



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRİGONOMETRİK BİR EĞRİ UYDURMA
YÖNTEMİ VE SERA İKLİM VERİLERİNE
UYGULANMASI

AYŞE BETÜL ÖNEM

DOKTORA TEZİ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2019

**T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TRİGONOMETRİK BİR EĞRİ UYDURMA
YÖNTEMİ VE SERA İKLİM VERİLERİNE
UYGULANMASI**


AYŞE BETÜL ÖNEM

**Bu tez,
Zootekni Anabilim Dalında
DOKTORA
derecesi için hazırlanmıştır.**

KAHRAMANMARAŞ 2019

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Ayşe Betül ÖNEM tarafından hazırlanan “TRİGONOMETRİK BİR EĞRİ UYDURMA YÖNTEMİ VE SERA İKLİM VERİLERİNE UYGULANMASI” adlı bu tez, jürimiz tarafından 22/11/2019 tarihinde oy birliği ile Zootekni Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ercan EFE (DANIŞMAN)
KSÜ, Zootekni (Biyometri ve Genetik) Anabilim Dalı



Prof. Dr. G. Tamer KAYAALP (ÜYE)
ÇÜ, Zootekni (Biyometri ve Genetik) Anabilim Dalı



Prof. Dr. Mustafa ŞAHİN (ÜYE)
KSÜ, Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı



Doç. Dr. Fatih ÜÇKARDEŞ (ÜYE)
Adıyaman Üniversitesi,
Biyostatistik ve Tıp Bilişimi Anabilim Dalı



Dr. Öğr. Üyesi Şenol ÇELİK (ÜYE)
Bingöl Üniversitesi,
Zootekni (Biyometri ve Genetik) Anabilim Dalı



Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa Yazıcı



Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ayşe Betül ÖNEM



Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2018/4-18 D

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

TRİGONOMETRİK BİR EĞRİ UYDURMA YÖNTEMİ VE SERA İKLİM VERİLERİNE UYGULANMASI

(DOKTORA TEZİ)

Ayşe Betül ÖNEM

ÖZET

Günlük yaşamda zamana göre belli aralıklarla azalan ve artan ve bunu ritmik olarak sürdüren olaylarla karşılaşmak olasıdır. Sağlıkta kan basıncı verileri, elektronikte sinyal işleme verileri, iklim olaylarından sıcaklık, nem, radyasyon verileri, ses frekans verileri bu tipte verilerdir. Bunlar gibi periyodik salınımlar gösteren veriler sinüs ve kosinüs içeren ve sinüzoidal olarak da adlandırılan matematik modellerle incelenebilir.

Sinyal işleme, kalp grafiği, ses frekans vb. çalışmaların aksine tarım alanında sinüzoidal model kullanımı çok yaygın değildir.

Bu çalışmada, tarımsal üretimde büyük önemi olan seraların iklim verileri sinüzoidal bir model yardımı ile Fourier 1, 2 ve 3 açılımları kullanılarak incelenmiştir. Bu amaçla Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarından alınan sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), bağıl nem (%) ve radyasyon (m/w^2) verileri kullanılmıştır. Sera içi ve dışında ölçülen bu veriler günlük olarak yarım, bir, iki, üç saat aralıklı ölçülmüş verilerdir. Ayrıca aylık, onbeş günlük ve haftalık ortalama ölçümler de kullanılmıştır. Ele alınan trigonometrik modelin parametre tahminleri en küçük kareler yöntemi ve Fourier açılımı ile yapılmıştır.

Tüm veri setlerinde Fourier 1 açılımı ile elde edilen üç parametrelili modele ait tahmin eşitlikleri elde edilmiştir. Sera içi sıcaklıkların üretim bakımından çok önemli olması, incelenen zaman aralığında gittikçe yükselen bir sıcaklık trendi göstermesi, bu durumun özellikle aylık ortalama ölçümlerde belirgin olması nedeniyle; sera içi aylık ortalama sıcaklık verilerine Fourier 2 ve 3 açılımları ile beş ve yedi parametrelili trigonometrik (sinüzoidal) model de uydurulmuş ve tahmin eşitlikleri elde edilmiştir.

Uydurulan modellerin regresyon ilişkileri ve parametre tahminlerinin önem testleri yapılmış, güven sınırları, belirleme katsayıları ve hata kareler ortalamaları hesaplanmıştır.

Bu istatistikler ile birlikte gözlenen ve tahmin grafikleri de incelenerek modelin uyumu yorumlanmaya çalışılmıştır.

Sonuç olarak tüm veri setlerinde regresyon ilişkileri ve parametre tahminleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.001$). En iyi uyum elde edilen veri setleri; iç bağıl nem ($R^2 = 0.874$, $\bar{R}^2 = 0.872$), dış bağıl nem ($R^2 = 0.787$, $\bar{R}^2 = 0.784$), dış sıcaklık ($R^2 = 0.503$, $\bar{R}^2 = 0.496$), iç radyasyon ($R^2 = 0.895$, $\bar{R}^2 = 0.894$), dış radyasyon ($R^2 = 0.895$, $\bar{R}^2 = 0.893$) için aylık ortalama ölçümler ile elde edilmiştir. Sera içi sıcaklık için ise yine aylık ortalama ölçümler ile elde edilen tahmin en iyi olmuştur ($R^2 = 0.916$, $\bar{R}^2 = 0.912$). Fourier 3 açılımı ile elde edilen yedi parametrelili eşitlik gittikçe artan sıcaklık trendine de uymuştur. Çünkü her periyotta artan maksimum ve minimumlar söz konusudur.

Bu çalışma ile tarım alanında çok rastlanamamış olan trigonometrik modeller için bir örnek uygulama yapılmıştır. Yalnızca sera ve iklim verileri değil, zamana bağlı olarak; balık popülasyonları, av avcı popülasyonları, toprak fiziksel değişimleri, bitki bünyesindeki mineral değişimleri, zararlı böcek popülasyonları değişimleri gibi pek çok periyodik salınımlı verilerle çalışan araştırmacılar için yararlı olması da beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sinüzoidal model, trigonometrik model, Fourier, sera, iklim.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Zootekni Anabilim Dalı, Kasım / 2019

Danışman: Prof. Dr. Ercan EFE

Sayfa sayısı: 120

**METHOD OF FITTING A TRIGONOMETRICAL CURVE AND ITS
APPLICATION TO GREENHOUSE CLIMATE DATA**

(PhD. THESIS)

Ayşe Betül ÖNEM

ABSTRACT

It is possible in daily life to encounter increasing and decreasing events in certain time intervals and keeping this movement rhythmically. Blood pressure data in health; signal processing data in electronics; temperature, humidity and radiation data in climate; sound frequency data can be given as examples for this kind of data. Such data showing periodical oscillation can be examined by using mathematical models that are called sinusoidal models and include sine and cosine.

Unlike the studies of signal operating, electrocardiograms, sound frequency and such, usage of sinusoidal models in agriculture is not that common.

In this study, climate data in greenhouses that take an important role in agricultural production is investigated by a sinusoidal model using Fourier 1, 2, and 3 expansions. For this purpose, temperature ($^{\circ}\text{C}$), relative humidity (%) and radiation (m/w^2) data derived from greenhouses of KSU Faculty of Agriculture are used. These data are daily measured inside and outside of the greenhouse by intervals of half an hour, 1, 2 and 3 hours. In addition, weekly, fortnightly and monthly average measurements are recorded. Parameter estimations of the trigonometrical model in question are done by least square estimation method and Fourier expansion.

In all datasets, estimation equations of three parameter model obtained by Fourier 1 expansion. The inside temperature of a greenhouse is very important for production. It shows an increasing trend in study time interval, especially in monthly average measurements. Therefore, trigonometrical (sinusoidal) models with five and seven parameters are fitted for monthly average temperature data inside the greenhouse and estimation equations are obtained using Fourier 2 and 3 expansions.

Significance tests for regression and parameter estimations are conducted and confidence limits, coefficients of determination and mean square errors are calculated.

Goodness of fit of the model is investigated interpreting these statistics along with observed and estimated graphs.

In conclusion, regression and parameter estimations are found statistically significant in all data sets ($P < 0.001$). Data sets yielding the best goodness of fit are: monthly averages of inside relative humidity ($R^2 = 0.874$, $\bar{R}^2 = 0.872$), outside relative humidity ($R^2 = 0.787$, $\bar{R}^2 = 0.784$), outside temperature ($R^2 = 0.503$, $\bar{R}^2 = 0.496$), inside radiation ($R^2 = 0.895$, $\bar{R}^2 = 0.894$) and outside radiation ($R^2 = 0.895$, $\bar{R}^2 = 0.893$). Also, inside temperature monthly average measurements gave the best estimation ($R^2 = 0.916$, $\bar{R}^2 = 0.912$). with seven parameter model. Seven parameter equation obtained by Fourier 3 expansion fits the increasing temperature trend, since there are increasing maximums and minimums in every period.

With this study, an application is performed for trigonometrical models that are used very rare in field of agriculture. It will be helpful not only for greenhouse climate data, but also data of fish populations, hunt versus hunting populations, physical soil changes, mineral changes in plants, insect pest population changes in time.

Key Words: Sinusoidal model, trigonometrical model, Fourier, greenhouse, climate.

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Animal Science, November / 2019

Supervisor: Prof. Dr. Ercan EFE

Page Numbers: 120

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince ve tez dönemim boyunca anlayışı, samimiyeti, beyefendiliği için, deneyimlerini benimle paylaşıp yol gösterdiği için, tez ve araştırmalarımındaki özverili yardımları için değerli hocam Prof. Dr. Ercan EFE'ye minnettarım.

Tüm bölüm hocalarımızın güler yüzlü ve hoşsohbetine, özellikle de değerli hocam Prof. Dr. Mustafa ŞAHİN'in tez ve araştırmalarımındaki katkıları için çok teşekkür ediyorum.

Bu süreçte yanımda olan, birbirimize destek verdiğimiz birlikte lisansüstü eğitim aldığım arkadaşlarıma da teşekkür etmek istiyorum.

Bilim adına sohbet edebildiğim iyiki kuzenim dediğim Mustafa ÖZTORUN'a da çok teşekkür ederim.

Son olarak heyecanla bitirmemi bekleyen aileme ve teyzem Prof. Dr. Leyla İDİKUT'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Ayşe Betül ÖNEM

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Fourier serileri ve Fourier dönüşümü	3
1.2. Sürekli Zamanlı Fourier Dönüşümü (Continuous Time Fourier Transform) ve Kesikli Zamanlı Fourier Dönüşümü (Discrete Time Fourier Transform)	5
1.3. Kesikli Zamanlı Fourier Dönüşümü (Discrete Time Fourier Transform) ve Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transform)	5
1.4. Fourier Serilerine Ait Bazı Özellikler	6
1.4.1. Ortogonalite bağıntısı	6
1.4.2. Dirichlet Koşulları	7
1.4.3. Parseval Teoremi	8
1.5. Fourier Dönüşümü ve Algoritma İlişkisi	8
1.6. Fourier Analizi ile Zaman Serileri Analizi İlişkisi	8
1.7. Fourier Analizi ile Harmonik Analiz İlişkisi	9
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	11
3. MATERYAL VE METOT	21
3.1. Materyal	21
3.2. Metot	21
3.2.1. Eğri uydurma yaklaşımı	22
3.2.2. Açık dönüşümü ve parametrelerin tahmini	23
3.2.3. Fourier analizinde varsayımlar	26
3.2.4. Uyum iyiliği	27
3.2.5. Anlamlılık testleri	27
3.2.5.1. Model için anlamlılık testi	27
3.2.5.2. Katsayılar için anlamlılık testi	28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
4.1. Sera İçi Verilerin Analizleri	29
4.1.1. Sera içi bağıl nem verileri analizi	29
4.1.2. Sera içi sıcaklık verileri analizi	35

4.1.3. Sera içi radyasyon verileri analizi	39
4.2. Sera Dışı Verilerin Analizleri	44
4.2.1. Sera dışı bağıl nem verileri analizi	44
4.2.2. Sera dışı sıcaklık verileri analizi	48
4.2.3. Sera dışı radyasyon verileri analizi	53
4.3. Sera İçi ve Dışı Aylık Ortalama Veri Analizleri	57
4.3.1. Sera içi aylık ortalama bağıl nem verileri analizi.....	58
4.3.2. Sera içi aylık ortalama sıcaklık verileri analizi	58
4.3.3. Sera içi aylık ortalama radyasyon verileri analizi	59
4.3.4. Sera dışı aylık ortalama bağıl nem verileri analizi.....	60
4.3.5. Sera dışı aylık ortalama sıcaklık verileri analizi	60
4.3.6. Sera dışı aylık ortalama radyasyon verileri analizi	61
4.4. Sera İçi ve Dışı 15 Günlük Ortalama Veri Analizleri.....	62
4.4.1. Sera içi 15 günlük ortalama bağıl nem verileri analizi.....	62
4.4.2. Sera içi 15 günlük ortalama sıcaklık verileri analizi	63
4.4.3. Sera içi 15 günlük ortalama radyasyon verileri analizi	63
4.4.4. Sera dışı 15 günlük ortalama bağıl nem verileri analizi.....	64
4.4.5. Sera dışı 15 günlük ortalama sıcaklık verileri analizi	64
4.4.6. Sera dışı 15 günlük ortalama radyasyon verileri analizi	65
4.5. Sera İçi ve Dışı 7 Günlük Ortalama Veri Analizleri.....	66
4.5.1. Sera içi 7 günlük ortalama bağıl nem verileri analizi.....	66
4.5.2. Sera içi 7 günlük ortalama sıcaklık verileri analizi	67
4.5.3. Sera içi 7 günlük ortalama radyasyon verileri analizi	68
4.5.4. Sera dışı 7 günlük ortalama bağıl nem verileri analizi.....	68
4.5.5. Sera dışı 7 günlük ortalama sıcaklık verileri analizi	69
4.5.6. Sera dışı 7 günlük ortalama radyasyon verileri analizi	70
4.6. Sera İçi ve Dışı Verilerin Aylık, 15 Günlük ve 7 Günlük Ortalama Analizlerinin Karşılaştırılmalı Değerlendirilmesi	70
4.7. Sera İçi ve Dışı Aralıklı lmlere Ait Veri Analizleri	77
4.7.1. Sera içi bir saat aralıklı bağıl nem verileri analizi.....	78
4.7.2. Sera içi iki saat aralıklı bağıl nem verileri analizi	79
4.7.3. Sera içi üç saat aralıklı bağıl nem verileri analizi	80
4.7.4. Sera içi bir saat aralıklı sıcaklık verileri analizi	81
4.7.5. Sera içi iki saat aralıklı sıcaklık verileri analizi	82
4.7.6. Sera içi üç saat aralıklı sıcaklık verileri analizi.....	83
4.7.7. Sera içi bir saat aralıklı radyasyon verileri analizi	84
4.7.8. Sera içi iki saat aralıklı radyasyon verileri analizi	85
4.7.9. Sera içi üç saat aralıklı radyasyon verileri analizi.....	86
4.7.10. Sera dışı bir saat aralıklı bağıl nem verileri analizi.....	87
4.7.11. Sera dışı iki saat aralıklı bağıl nem verileri analizi	88
4.7.12. Sera dışı üç saat aralıklı bağıl nem verileri analizi.....	89
4.7.13. Sera dışı bir saat aralıklı sıcaklık verileri analizi	90
4.7.14. Sera dışı iki saat aralıklı sıcaklık verileri analizi.....	91
4.7.15. Sera dışı üç saat aralıklı sıcaklık verileri analizi	92
4.7.16. Sera dışı bir saat aralıklı radyasyon verileri analizi	93
4.7.17. Sera dışı iki saat aralıklı radyasyon verileri analizi.....	94
4.7.18. Sera dışı üç saat aralıklı radyasyon verileri analizi	95
4.8. Sera İçi ve Dışı Verilerin Aralıklı lmlere Ait lm Analizlerinin Karşılaştırılmalı Değerlendirilmesi	96
4.9. Sera İçi Aylık Ortalama Sıcaklık Verilerinin ok Harmonikli Fourier Analizi.....	100

5. SONUÇLAR.....	105
KAYNAKLAR.....	109
EKLER	117
ÖZGEÇMİŞ.....	119



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Temel frekans ve katları	2
Şekil 1.2. Sinüzoid eğriyi oluşturan bileşenler	3
Şekil 1.3. Karmaşık eğri ve bileşenleri.....	4
Şekil 3.1. Parametrelerin radyan açı dönüşümü ile doğrusallığı	26
Şekil 4.1. Gözlenen ve tahmin edilen sera içi bağıl nem grafiği (t={0-2555; 14.5.2011-29.6.2011; 00:00-23:30} aralığı)	32
Şekil 4.1. Gözlenen ve tahmin edilen sera içi bağıl nem grafiği (Devam), (t={2556-4511; 30.06.2011-15.8.2011; 00:00-23:30} aralığı)	33
Şekil 4.2. Gözlenen ve tahmin edilen sera içi sıcaklık grafiği (t={0-2555; 14.5.2011-29.6.2011; 00:00-23:30} aralığı)	37
Şekil 4.2. Gözlenen ve tahmin edilen sera içi sıcaklık grafiği (Devam), (t={2556-4511; 30.06.2011-15.8.2011; 00:00-23:30} aralığı)	38
Şekil 4.3. Gözlenen ve tahmin edilen sera içi radyasyon grafiği (t={0-2555; 14.5.2011-29.6.2011; 00:00-23:30} aralığı)	41
Şekil 4.3. Gözlenen ve tahmin edilen sera içi radyasyon grafiği (Devam), (t={2556-4511; 30.06.2011-15.8.2011; 00:00-23:30} aralığı)	42
Şekil 4.4. Gözlenen ve tahmin edilen sera dışı bağıl nem grafiği (t={0-2555; 14.5.2011-29.6.2011; 00:00-23:30} aralığı)	46
Şekil 4.4. Gözlenen ve tahmin edilen sera dışı bağıl nem grafiği (Devam), (t={2556-4511; 30.06.2011-15.8.2011; 00:00-23:30} aralığı)	47
Şekil 4.5. Gözlenen ve tahmin edilen sera dışı sıcaklık grafiği (t={0-2555; 14.5.2011-29.6.2011; 00:00-23:30} aralığı)	50
Şekil 4.5. Gözlenen ve tahmin edilen sera dışı sıcaklık grafiği (Devam), (t={2556-4511; 30.06.2011-15.8.2011; 00:00-23:30} aralığı)	51
Şekil 4.6. Gözlenen ve tahmin edilen sera dışı radyasyon grafiği (t={0-2555; 14.5.2011-29.6.2011; 00:00-23:30} aralığı)	54
Şekil 4.6. Gözlenen ve tahmin edilen sera dışı radyasyon grafiği (Devam), (t={2556-4511; 30.06.2011-15.8.2011; 00:00-23:30} aralığı)	55
Şekil 4.7. Gözlenen ve tahmin edilen aylık ortalama sera içi bağıl nem grafiği.....	58
Şekil 4.8. Gözlenen ve tahmin edilen aylık ortalama sera içi sıcaklık grafiği	59

Şekil 4.9. Gözlenen ve tahmin edilen aylık ortalama sera içi radyasyon grafiği	59
Şekil 4.10. Gözlenen ve tahmin edilen aylık ortalama sera dışı bağıl nem grafiği	60
Şekil 4.11. Gözlenen ve tahmin edilen aylık ortalama sera dışı sıcaklık grafiği.....	61
Şekil 4.12. Gözlenen ve tahmin edilen aylık ortalama sera dışı radyasyon grafiği.....	61
Şekil 4.13. Gözlenen ve tahmin edilen 15 günlük ortalama sera içi bağıl nem grafiği.....	62
Şekil 4.14. Gözlenen ve tahmin edilen 15 günlük ortalama sera içi sıcaklık grafiği	63
Şekil 4.15. Gözlenen ve tahmin edilen 15 günlük ortalama sera içi radyasyon grafiği	63
Şekil 4.16. Gözlenen ve tahmin edilen 15 günlük ortalama sera dışı bağıl nem grafiği	64
Şekil 4.17. Gözlenen ve tahmin edilen 15 günlük ortalama sera dışı sıcaklık grafiği.....	65
Şekil 4.18. Gözlenen ve tahmin edilen 15 günlük ortalama sera dışı radyasyon grafiği.....	66
Şekil 4.19. Gözlenen ve tahmin edilen 7 günlük ortalama sera içi bağıl nem grafiği.....	67
Şekil 4.20. Gözlenen ve tahmin edilen 7 günlük ortalama sera içi sıcaklık grafiği	67
Şekil 4.21. Gözlenen ve tahmin edilen 7 günlük ortalama sera içi radyasyon grafiği	68
Şekil 4.22. Gözlenen ve tahmin edilen 7 günlük ortalama sera dışı bağıl nem grafiği	69
Şekil 4.23. Gözlenen ve tahmin edilen 7 günlük ortalama sera dışı sıcaklık grafiği.....	69
Şekil 4.24. Gözlenen ve tahmin edilen 7 günlük ortalama sera dışı radyasyon grafiği.....	70
Şekil 4.25. Gözlenen ve tahmin edilen bir saat aralıklı sera içi bağıl nem grafiği	78
Şekil 4.26. Gözlenen ve tahmin edilen iki saat aralıklı sera içi bağıl nem grafiği	79
Şekil 4.27. Gözlenen ve tahmin edilen üç saat aralıklı sera içi bağıl nem grafiği.....	80
Şekil 4.28. Gözlenen ve tahmin edilen bir saat aralıklı sera içi sıcaklık grafiği	81
Şekil 4.29. Gözlenen ve tahmin edilen iki saat aralıklı sera içi sıcaklık grafiği.....	82
Şekil 4.30. Gözlenen ve tahmin edilen üç saat aralıklı sera içi sıcaklık grafiği	83
Şekil 4.31. Gözlenen ve tahmin edilen bir saat aralıklı sera içi radyasyon grafiği	84
Şekil 4.32. Gözlenen ve tahmin edilen iki saat aralıklı sera içi radyasyon grafiği.....	85
Şekil 4.33. Gözlenen ve tahmin edilen üç saat aralıklı sera içi radyasyon grafiği	86
Şekil 4.34. Gözlenen ve tahmin edilen bir saat aralıklı sera dışı bağıl nem grafiği	87
Şekil 4.35. Gözlenen ve tahmin edilen iki saat aralıklı sera dışı bağıl nem grafiği	88

Şekil 4.36. Gözlenen ve tahmin edilen üç saat aralıklı sera dışı bağıl nem grafiği.....	89
Şekil 4.37. Gözlenen ve tahmin edilen bir saat aralıklı sera dışı sıcaklık grafiği.....	90
Şekil 4.38. Gözlenen ve tahmin edilen iki saat aralıklı sera dışı sıcaklık grafiği.....	91
Şekil 4.39. Gözlenen ve tahmin edilen üç saat aralıklı sera dışı sıcaklık grafiği	92
Şekil 4.40. Gözlenen ve tahmin edilen bir saat aralıklı sera dışı radyasyon grafiği.....	93
Şekil 4.41. Gözlenen ve tahmin edilen iki saat aralıklı sera dışı radyasyon grafiği.....	94
Şekil 4.42. Gözlenen ve tahmin edilen üç saat aralıklı sera dışı radyasyon grafiği	95



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Varyans analiz tablosu.....	27
Çizelge 4.1. Sera içi bağıl nem verileri, dönüşümler, ara hesaplamalar ve tahmin değerleri	29
Çizelge 4.2. Sera içi bağıl nem analiz sonuçları.....	34
Çizelge 4.3. Sera içi bağıl nem için R , R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri.....	34
Çizelge 4.4. Sera içi sıcaklık verileri, dönüşümler, ara hesaplamalar ve tahmin değerleri .	35
Çizelge 4.5. Sera içi sıcaklık analiz sonuçları	39
Çizelge 4.6. Sera içi sıcaklık için R , R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri	39
Çizelge 4.7. Sera içi radyasyon verileri, dönüşümler, ara hesaplamalar ve tahmin değerleri	40
Çizelge 4.8. Sera içi radyasyon analiz sonuçları	43
Çizelge 4.9. Sera içi radyasyon için R , R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri.....	43
Çizelge 4.10. Sera içi veriler için bulunan tahmin eşitlikleri	44
Çizelge 4.11. Sera dışı bağıl nem verileri, dönüşümler, ara hesaplamalar ve tahmin değerleri	44
Çizelge 4.12. Sera dışı bağıl nem analiz sonuçları	48
Çizelge 4.13. Sera dışı bağıl nem için R , R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri.....	48
Çizelge 4.14. Sera dışı sıcaklık verileri, dönüşümler, ara hesaplamalar ve tahmin değerleri	49
Çizelge 4.15. Sera dışı sıcaklık analiz sonuçları	52
Çizelge 4.16. Sera dışı sıcaklık için R , R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri	52
Çizelge 4.17. Sera dışı radyasyon verileri, dönüşümler, ara hesaplamalar ve tahmin değerleri.....	53
Çizelge 4.18. Sera dışı radyasyon analiz sonuçları	56
Çizelge 4.19. Sera dışı radyasyon için R , R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri	56
Çizelge 4.20. Sera dışı veriler için bulunan tahmin eşitlikleri.....	57

Çizelge 4.21. Sera içi ve dışı tahmin eşitlikleri, determinasyon katsayıları, HKO, F ve P değerleri.....	71
Çizelge 4.22. Sera içi bağıl nem parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi.....	72
Çizelge 4.23. Sera dışı bağıl nem parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi	73
Çizelge 4.24. Sera içi sıcaklık parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi	74
Çizelge 4.25. Sera dışı sıcaklık parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi.....	75
Çizelge 4.26. Sera içi radyasyon parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi	76
Çizelge 4.27. Sera dışı radyasyon parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi.....	77
Çizelge 4.28. Sera içi ve dışı aralıklı ölçümlere ait veriler için tahmin eşitlikleri, determinasyon katsayıları, HKO, F, P değerleri	97
Çizelge 4.29. Sera içi ve dışında aralıklı ölçümlere ait bağıl nem verileri için parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi.....	98
Çizelge 4.30. Sera içi ve dışında aralıklı ölçümlere ait sıcaklık verileri için parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi.....	99
Çizelge 4.31. Sera içi ve dışında aralıklı ölçümlere ait radyasyon verileri için parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi.....	100
Çizelge 4.32. Aylık ortalama sera içi sıcaklığı Fourier 2 açılımı için parametre tahminleri	101
Çizelge 4.33. Aylık ortalama sera içi sıcaklığın Fourier 2 açılımı için R, R ² , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri	102
Çizelge 4.34. Aylık ortalama sera içi sıcaklığı Fourier 3 açılımı için parametre tahminleri	103
Çizelge 4.35. Aylık ortalama sera içi sıcaklığın Fourier 3 açılımı için R, R ² , \bar{R}^2 , HKO istatistikleri.....	103
Çizelge 4.36. Tüm aralıklar ve Fourier 1, 2, 3 açılımları için R ² , \bar{R}^2 , HKO değerleri.....	104

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

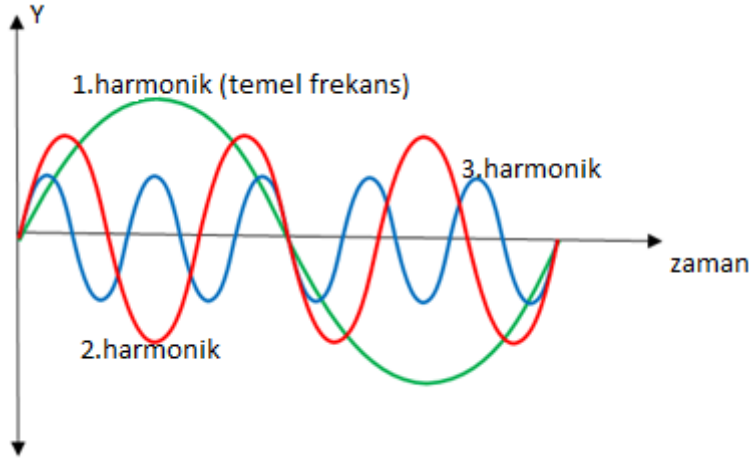
FFT	: fast Fourier transformation; hızlı Fourier dönüşümü
DTFT	: discrete time Fourier transformation; kesikli zamanlı Fourier dönüşümü
DFT	: discrete Fourier transformation; kesikli Fourier dönüşümü
DHR	: dinamik harmonik regresyon
RKO	: regresyon kareler ortalaması
HKO	: hata kareler ortalaması
RKT	: regresyon kareler toplamı
HKT	: hata kareler toplamı
GKT	: genel kareler toplamı

1. GİRİŞ

Bilimsel araştırmalarda trigonometrik fonksiyonların kullanım alanları çok geniştir. Bu araştırmada periyodik iklim verilerine uygulanan bir trigonometrik yaklaşım üzerinde durulmuştur. Matematik modeli oluşturan trigonometrik seri yani Fourier serisinin salınımlı verilere nasıl uygulandığı anlatılmıştır. Fourier analizinin avantajları; periyodik verilere rahatlıkla uygulanabilmesi ve herhangi bir dalgayı bileşenlerine ayırıp farklı frekanstaki sinüs veya kosinüs fonksiyonlarının (sinüzoidal) toplamı şeklinde gösterilmesine olanak vermesidir. Sinüs ve kosinüs periyodik fonksiyonları sinüzoidal veya sinüsel fonksiyonlar olarak da adlandırılırlar. Sinüsel fonksiyonlar, Fourier serileri ve Fourier dönüşümlerinin de temelini oluşturmaktadır. Fransız matematikçi ve fizikçi Jean Baptiste Joseph Fourier ısı akımı üzerinde çalışırken Fourier analizinin de temellerini oluşturmuştur. Fourier, karmaşık ısı akımlarını, dalgalardan oluşan çok basit bileşenlere ayırabilmiştir ve bu yöntem aynı řeyi sinyaller için de yapılmasına olanak sağlamıştır. Fourier kendi adını taşıyan seriyi Leonhard Euler, Jean le Rond d'Alembert ve Daniel Bernoulli'nin araştırmalarından esinlenerek keşfetmiştir. Fourier bu araştırmalara ek olarak ısı akımı çalışmaları ve sonuçlarını da ekleyerek 1807'de *Mémoire sur la propagation de la chaleur dans les corps solides* (katı cisimlerde ısıнын yayılmasıyla ilgili hafıza) ve 1822'de ise *Théorie analytique de la chaleur* (ısıнын analitik teorisi) adlı eserlerini yayınlamıştır. Fakat Fourier serilerinin modern halini alması ise Peter Gustav Lejeune Dirichlet ve Bernhard Riemann'ın çalışmaları ile tamamlanmıştır (Bracewell çev., Bultan, 1991).

Fourier serileri önce metal çubuk ve levhalardaki ısı denklemlerinin çözümlünde kullanılmıştır. Isı denklemleri diferansiyel bir denklemdir ve çözümlü oldukça zordur. Fourier karmaşık denklemleri basitleştirerek kosinüs ve sinüsleri katsayılarla birbirine ekleyerek karmaşık ısı denklemine ulaşmıştır. Fourier serisi bu denklemlerin belli katsayılarla sonsuz toplamıyla oluşur. Bu yöntemle dijital fotoğrafta görüntü verilerini sıkıştırarak, belli kapasitenin üzerinde görüntü depolanması sağlanır. Ayrıca biyolojide X-ışını kırınımı kullanılarak molekül yapılarına ulaşılabilir. Hasarlı ya da eski ses kayıtlarının ayırt edilmesinde ve büyük deprem verilerinin analizinde de kullanılır. İnsanın sesi parmak izine benzer, kişiye aittir. Eğer ses sinyali işlenir ise kişinin sesine ait özelliklere (sinüs ve kosinüslerin genliklerinin frekans fazına) ulaşılabilir. Böylece o sesle ilgili işlemlerde birinin yerine başkası konuşursa bu tespit edilebilir (Stewart, 2008).

Fourier, kendini belirli aralıklarla tekrar eden bir dalga şekli olan periyodik dalga şeklinin tanımını yapmıştır ve harmoniklere sahip sinüzoidin, tüm frekansları temel frekansının (birinci harmonik) katları olarak bulunabilen (Şekil 1.1), bir serisi olarak tanımlamıştır.



Şekil 1.1. Temel frekans ve katları

Sinüslü ve kosinüslü dalga gösteren periyodik hareketler; görüntü ve sinyal işlemede, haberleşmede, fizikte, biyoloji, matematikte, astronomide, ekonomide, tıpta, jeodezi ve elektrik elektronik gibi mühendislik bilim dallarında, tarımda, sıcaklık, nem, yağış gibi iklimsel verileri modellemede yaygın olarak kullanılmaktadır.

İklimsel değerlerin kontrolü, seralarda ürün verimi, kalitesi, hayvan barınaklarında ise hayvan sağlığı ve verimi için ekonomik öneme sahiptir.

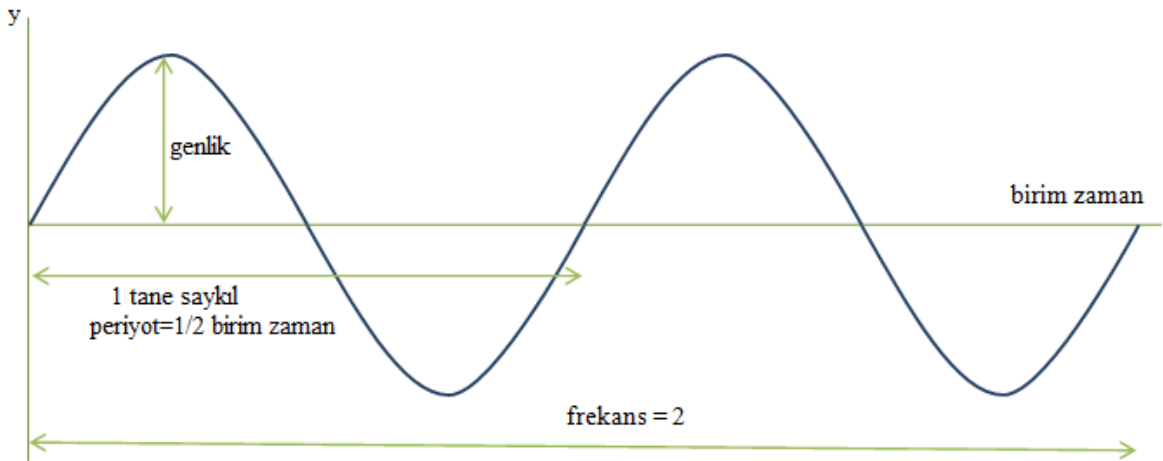
Seralarda ısının belirlenmesi bitkinin sıcaklık isteklerine, dış iklim koşullarına ve sera yönetimine bağlıdır (Akyüz ve ark., 2017). Ayrıca kanatlı hayvan üretiminde de optimum sıcaklık ve nem dengesini belirlemek önemlidir (Akyüz ve Boyacı, 2010).

Sıcaklık değerleri gündüz eğrisel artan gece ise eğrisel azalan karakterdedir. Bu eğriyi en iyi kosinüs ve sinüs fonksiyonlarından oluşan bir model ortaya koyabilir (Sopacı, 2013).

Bu çalışmada iklimsel değerlerin kısmen kontrol edilebilen seracılık faaliyetlerindeki sıcaklık, bağıl nem ve radyasyon gibi ölçüm verilerine uygun bir tahmin modeli bulunmuştur. Titreşim ve salınım hareketleri gibi periyodik durumları incelemede kullanılan periyodik fonksiyonlar Fourier serileriyle ifade edilir (Altın, 2011). Mevsimsel hareket gösteren bu değerler için Fourier analizi yapılmıştır.

1.1. Fourier serileri ve Fourier dönüşümü

Fourier serileri analizi titreşim ve salınım hareketleri gibi periyodik durumları incelemek için kullanılan periyodik bir fonksiyondur ve birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir sinyal bir veya daha fazla bağımsız değişkenin fonksiyonu olarak matematiksel olarak ifade edilebilir. Salınım gösteren bir fonksiyon kosinüs veya sinüs bileşenleri olarak ifade edilebilir. Fakat doğadaki pek çok sinyal tek bir fonksiyonla ifade edilemez. Farklı frekans ve farklı genliklerde birkaç sinüzoidal frekansın toplamı şeklinde ifade edilebilir. Fourier dönüşümü periyodik salınımlı bir eğrinin içindeki bilgilerin elde edilebilmesi için eğrinin işlenmesinde kullanılan oldukça önemli bir yöntemdir. Bu bilgiler Fourier dönüşümü ile yeniden kullanılmaya uygun bir veri formatına çevrilir. Fourier dönüşümüyle bir eğri farklı frekans, genlik ve fazlarda kosinüs ve sinüs bileşenlerinin toplamı olarak ifade edilir. Her bileşenin genlik ve frekansı ile birlikte tablolştırılması bilgisayarla verilerin işlenmesi sırasında kolaylık sağlar. Fourier dönüşümü her frekansa ait sinüs dalgası için evre ve genlik hesaplayan bir fonksiyondur (Cömert, 2015).

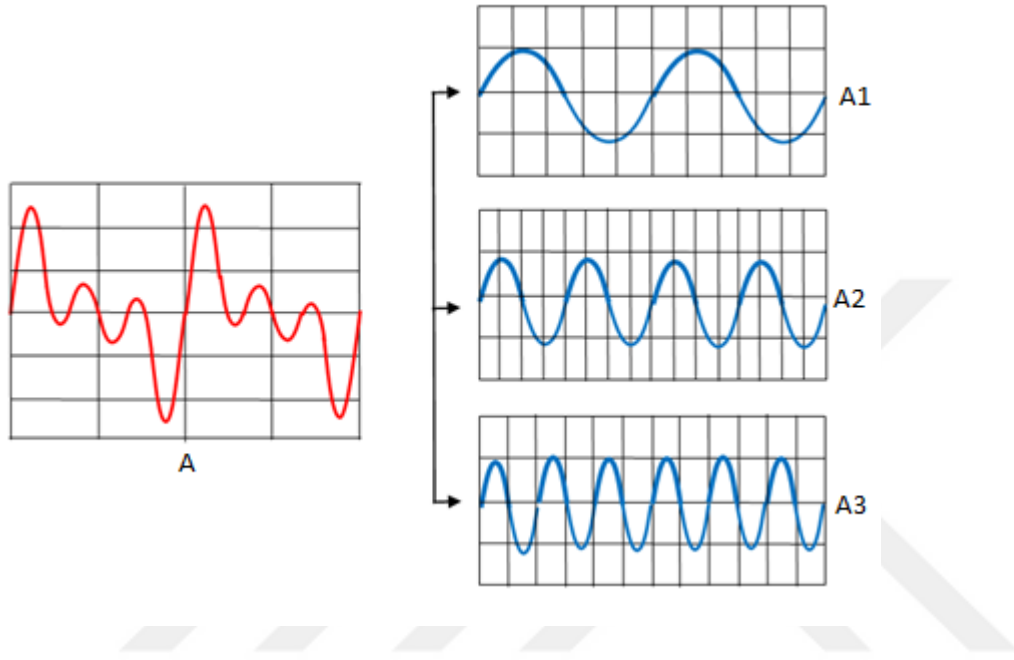


Şekil 1.2. Sinüzoid eğriyi oluşturan bileşenler

Sinüzoid eğribazı bileşenlerden oluşur (Şekil 1.2). Bunlardan frekans, bir olayın birim zaman içinde hangi sıklıkla, kaç defa tekrarlandığının ölçümüdür. Frekansını ölçmek için bir olayın bir zaman aralığında kaç kere tekrar ettiği sayılır sonra bu sayı zaman aralığına bölünerek frekans (F) elde edilir. Periyot ise frekans ile ters orantılıdır ($T=1/F$). Zaman, T harfi ile gösterilir ve birimi saniye, saat, gün, hafta, ay, yıl, vb. olabilir.

Bir tam dalgaya saykıl denir. Yani bir eğrinin sıfırdan başlayarak pozitif maksimum değere yükselmesi, tekrar düşerek sıfıra ve negatif maksimum değere inmesi, buradan da

tekrar sıfıra ulaşmasına saykıl (döngü) denir. Bir saykılın tamamlanması için geçen zaman periyottur. Yani saykıl bir tam dalga turuna verilen isim, periyot ise dalga turunun gerçekleştiği süredir. Genlik ise bir dalganın tepesinden çukuruna kadar olan düşey uzaklığın yarısıdır.



Şekil 1.3. Karmaşık eğri ve bileşenleri

Güncel hayatta bazı alanlarda daha karmaşık salınım eğrileri ile de karşılaşılabilir. Şekil 1.3’de kompleks bir fonksiyon grafiği olan A’yı daha basit fonksiyon grafikleri birleşimi şeklinde A_1 , A_2 , A_3 şeklinde oluşturmak mümkündür. Bu işlemin üç bileşeni yani 3 eğrinin toplamı tek eğriyi verir.

Fourier serilerinin periyodik ve ortogonal olması gibi özellikleri ve serinin kullanımda kolaylık sağlaması için dönüşüm sayesinde oldukça geniş kullanım alanına yayılmıştır. Fourier dönüşümlerinin lineerlik, zaman öteleme, frekans öteleme, ölçekleme çarpanı, simetri, konvolüsyon gibi özellikleri sayesinde belirli integrallerin hesaplanmasında, yakınsak serilerin toplanmasında, frekans spektrumunun belirlenmesinde, diferansiyel ve integral denklemlerin çözümünde, sınırsız zaman ve sınırsız bölgede başlangıç ve sınır değer problemlerinin çözümünde kullanılır (Altın, 2011).

Fourier dönüşümü; kesikli fonksiyonlarda, seriyi oluşturan evrelerin kesikli frekanslara bağlı listesidir, sürekli fonksiyonlar ise Fourier integralinin alınmasından

ortaya çıkan frekansa bağlı bir fonksiyondur. Fourier dönüşümü bazen Fourier spektrumu, Frekans spektrumu veya sadece spektrum olarak da ifade edilmektedir (Cömert, 2015).

Fourier serilerinin toplam sembol, integral, eksponansiyel (üstel) formu gösterim şekilleri vardır. Karmaşık sayıların gerçek kısımları sinyalin frekansı ile ilgili bilgilerin edinilmesini sağlarken, sanal kısımlar ise faz bilgisi ile ilgili verilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca çeşitli dönüşümler (transformasyon) yapılarak ilgili alanda kullanımı mümkündür. Analizde matlab kullanımı yaygındır.

1.2. Sürekli Zamanlı Fourier Dönüşümü (Continuous Time Fourier Transform) ve Kesikli Zamanlı Fourier Dönüşümü (Discrete Time Fourier Transform)

Kesikli zamanlı Fourier dönüşümü (DTFT), bir kesikli zaman işaretinin farklı frekanslardaki karmaşık üstel işaret bileşenlerini vermektedir. Kesikli zamanlı Fourier dönüşümü, kesikli zaman işareti sürekli frekans bileşenlerine ayrıştırmaktadır. Bu nedenle bir kesikli zamanlı işaretin kesikli zamanlı Fourier dönüşümü frekansa bağlı sürekli bir fonksiyondur. Fonksiyon kesikliyse, yani fonksiyon (saat, gün, hafta, ay, yıl) kesikli zaman aralıklarına ait değerlerden oluşuyorsa, kesikli frekanslardaki sinüzoidal fonksiyonların serisi şeklinde gösterilirler. Eğer fonksiyon sürekliyse, yani her gerçek sayı için tanımlı bir değeri varsa bu fonksiyon tüm frekanslardaki sinüslerin Fourier integraline indirgenebilir (Cömert, 2015). Yani sürekli (analog) zamanlı frekansların işlenmesi için bilgisayar ortamına sayısal olarak (digital) aktarılması ile sürekli zamanlı Fourier dönüşümünden (CTFT) kesikli zamanlı Fourier dönüşümüne (DTFT) geçilmiş olmaktadır.

1.3. Kesikli Zamanlı Fourier Dönüşümü (Discrete Time Fourier Transform) ve Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transform)

Kesikli zamanlı Fourier dönüşümünün (DTFT) veya kesikli Fourier dönüşümünün (Discrete Fourier Transform=DFT) bazı hesaplama gereksinimlerini hızlı algoritmalar (radix-2, karma radix, asal çarpan FFT) aracılığıyla yapılması Hızlı Fourier dönüşümü (FFT) olarak bilinir (Hayes çev. Akın, 1999).

FFT, Cooley ve Tukey tarafından keşfedilmiştir (Hamming, 1973). Her ne kadar FFT dönüşüm olarak ifade edilsede, FFT, DTFT farklı değildir. FFT, DTFT hesaplaması için etkili ve ekonomik bir yöntemdir. FFT zamanda ve frekansta örnek seyreltme

yöntemleri ile DFT'nin çok daha hızlı bir şekilde hesaplanmasına olanak sağlar (Cömert, 2015).

Dönüşüm hangi yöntemle hesaplanırsa hesaplınsın, her frekansta iki sayının hesaplanması gerekir. Bu iki sayı evre (faz) ve genlik olabilir veya aynı bilgiyi içeren farklı iki sayıda olabilir. Bu sayılar, bir karmaşık sayılı üstel ile gösterilebilir. Bu gösterim karmaşık cebir işlemlerine olanak sağladığından dolayı yaygın olarak kullanılır. Özellikle Fourier dönüşümünün karmaşık sayılı üstel formunun en yaygın kullanım alanları mekanik titreşim analizi, elektrik devresi tasarımı ve dalga yayılımı çalışmalarıdır.

Ne kadar aritmetik işlem yapılacağı fonksiyonu gösteren noktaların sayısına bağlıdır. Toplama işleminin sayısı nokta sayısına, çarpma işleminin sayısı ise nokta sayısının karesine yakındır. Örneğin 2000 düzenli aralıkla alınmış noktadan oluşan bir dalganın analizi için yaklaşık 2000 toplama ve 4 milyon çarpma işlemi gereklidir.

Bilgisayar teknolojisi ve programlar geliştikçe Fourier analiz hesaplamaları için çok daha pratik yöntemler ortaya çıkmıştır ve hesaplar çok kolaylaşmıştır. Bu yöntem hızlı Fourier dönüşümüdür ve hızlı Fourier dönüşümü, çarpmaların sayısını azaltarak zamandan kazanmaktadır. Hızlı Fourier dönüşümü, eğri üzerinde eşit aralıklarla çok sayıda örnek alır. Örnek sayısı yarıya düşürülürse analiz için gereken çarpma sayısı da yarıya düşer. Örneğin, 14 örnekten oluşan eğri için 14'ün karesi yani 196 çarpma gerekecektir. Eğer eğriyi 2 tane 7 örnekten oluşan parçaya ayırırsak, her parça için 7'nin karesi yani 49 çarpma gerekecektir. İki parça için toplam 98 çarpma olacaktır ki bu da önceki durumun yarısına eşittir (Cömert, 2015).

1.4. Fourier Serilerine Ait Bazı Özellikler

1.4.1. Ortogonalite bağıntısı

Sinüzoidal fonksiyonlar yardımıyla uygun verilere eğri uydurulabilir. Sinüs ve kosinüs fonksiyonları polinomların istenen birçok özelliğini paylaşır. Ayrıca bunlar hızlı yakınsayan serilerle kolaylıkla hesaplanırlar. Ardışık türevleri ve integralleri de yine sinüs ve kosinüslerdir. Üstelik ortogonalite özelliğine ve polinomların sahip olmadığı periyodikliğe de sahiptirler. Bu nedenlerden dolayı trigonometrik fonksiyonların yaklaşım teorisinde kullanılırlar (Scheid, 1989). Fourier serileri, Euler formülünden yola çıkılarak elde edilen trigonometrik polinomial bir yaklaşımdır (Mathews, 1992). Fakat

polinomial yaklaşım yerine Fourier yaklaşım kullanılarak polinomial yaklaşımın birçok sıkıntıları önlenmiş olur (Hamming, 1973).

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos nx \cos mxdx = 0, \quad m \neq n$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin nx \cos mxdx = 0, \quad \text{tüm } m, n \quad (3.5)$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin nx \sin mxdx = 0 \quad m \neq n$$

Sürekli fonksiyonlar olan $\sin x, \sin 2x, \dots, \sin nx, \cos x, \cos 2x, \dots, \cos nx$ dizileri $(0, 2\pi)$ aralığında birbirine ortogonal fonksiyonlardır (Prestly, 1981). Fourier serisi üzerinde $[-\pi, \pi]$ aralığında terim terime integral alınarak ve Eşitlik 3.5'te verilen ortogonallik bağıntıları da dikkate alınarak a_n, b_n katsayıları Eşitlik 3.6'daki gibi hesaplanır (Rudin, 1953).

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nxdx \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nxdx \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$
(3.6)

1.4.2. Dirichlet Koşulları

Herhangi bir $f(x)$ periyodik fonksiyonunun Fourier serisine açılabilmesi için yakınsak olarak ifade edilebilmelidir (Bayram, 2002). Bu koşullara dirichlet koşulları denir.

- i. İstenilen aralıkta sürekli olduğu her noktada fonksiyonun tek değerli olması,
- ii. İstenilen aralıkta sonlu ve sürekli olması,
- iii. İstenilen aralıkta sonlu sayıda maksimum veya minimum değerleri almasıdır.

Bu koşullarla Fourier serileri, fonksiyonun sürekli olduğu yerde $f(x)$ 'e yakınsar. Süreksizlik noktalarında ise seri fonksiyonun soldan ve sağdan limitlerinin aritmetik ortalamasına yakınsar (Buttkus, 2000).

1.4.3. Parseval Teoremi

Parseval teoremi ya da ilişkisi periyodik bir sinyalin ortalama gücü ile bu sinyali oluşturan harmonik bileşenlerine ait güçlerin toplamının eşit olduğunu ifade etmektedir. $f(x)$ fonksiyonuna ait Fourier katsayıları a_0 , a_n ve b_n olmak üzere Eşitlik 3.7'deki özdeşlik sağlanır (Spiegel, 1963; Yarasa, 1976; Altın, 2011).

$$\frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} (f(x))^2 dx = \frac{a_0^2}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k^2 + b_k^2) \quad (3.7)$$

1.5. Fourier Dönüşümü ve Algoritma İlişkisi

Fourier serileri periyodik fonksiyonların spektrumunu araştırmada oldukça elverişlidir. Periyodik olmayan fonksiyonların analizinde ise Fourier dönüşümü kullanılır. Periyodiklik olmadığında tüm dalga tek bir periyot olarak kabul edilerek Fourier dönüşümü yapılmaktadır. Mühendislik araştırmalarında veriler çoğunlukla ayrık formatta toplanır ve dönüştürülürler. Fourier analizi yapılırken birçok algoritmaya ihtiyaç duyulur. En çok kullanılan analiz birçok algoritmanın kullanıldığı FFT' dir. FFT' de en sık kullanılan algoritma ise Sande-Tukey'dir (Kara, 2009).

Chapra ve Canale (2006), FFT, DFT'yi hızlı ve ekonomik hesaplamak için Sande-Tukey, Cooley-Tukey algoritmaları ile bütünleşmiş bir algoritma olduğunu belirtmiştir. Ayrıca başka algoritmalarında geliştirilmesine ön ayak olmuştur (Cömert, 2015).

1.6. Fourier Analizi ile Zaman Serileri Analizi İlişkisi

Zaman serileri rassal (stokastik) ve sistematik (deterministik) parçalardan oluşur. Deterministik kısmını döngü, trend ve mevsim bileşenleri oluşturur. Bu bileşenler düşük dereceli polinom, kısa Fourier serileri periyodik ve trigonometrik fonksiyonlarla incelenir (Olcan, 2015).

Periyodik durum söz konusu olduğunda Fourier serisi kullanılır. Fakat zaman serileri analizinde periyodiklik şart değildir. Zaman serileri analizi de Fourier analizi de zamana bağlı değişimleri inceler. Zaman serileri analizinde farklı bileşenler de vardır ve daha çok ekonomik olayların etkilerini araştırırken tercih edilir. Zaman serileri istatistik ve

ekonometri biliminin uygulama alanıdır. İktisadi ilişkilerde, finans piyasasında, jeofizik, meteoroloji gibi çalışma alanları vardır (Bozkurt, 2007).

Bir zaman serisinde hem trend hem de mevsimsel dalgalanma var ise bu seriye sinüslü ve kosinüslü terimleri içeren regresyon analizi uygulanır. Ya da harmonik analiz, Fourier analizi gibi yöntemler uygulanabilir. Zaman serilerinde Fourier serilerinin ayrı bir önemi vardır ve çeşitli uygulamaları vardır. Periyodik durum söz konusu olduğunda Fourier serisi kullanılır (Kadılar, 2009).

Değişken aralıklı zaman serisi verilerinde, yöntemi doğrudan uygulamak mümkün değildir ancak zaman serisi sinüzoidal bir dalga biçimine sahipse Fourier analizi rahatlıkla uygulanabilmektedir (Beauchamp, 1984). Fourier yaklaşımı zaman serileri analizinde kullanılır. Periyodik terimlerden oluşan zaman serilerinin modellenmesinde etkili ve faydalıdır. Üstelik elde edilen parametrelerin yorumlanması kolaydır (Bartfai, 2002).

Zaman serileri veri madenciliğinde, finansal, bilimsel ve tıbbi verilerin analizinde kullanılır. Zaman serileri, zamana göre değişen verileri kesikli dalgacık dönüşümü veya kesikli Fourier dönüşümü yöntemleriyle çok boyutlu noktalara dönüştürürler. Benzerlik arama işlemleri ise dönüştürülmüş veriler üzerinde yapılır (Bilgin ve Çamurcu, 2008).

Sinyaller genellikle zaman fonksiyonu olarak gösterilir. Fourier analizi yardımıyla bir sinyal zaman alanından frekans alanına aktarılır. Periyodiklik dışı geçici durumlarda ise istenilen neticeyi verememektedir. Bu nedenle kısa zamanlı Fourier dönüşümleri (Short Time Fourier Transform=STFT) kullanılmaktadır. Yani Fourier dönüşümleri belirli bir zaman dilimi içerisinde kullanılabilir. Bu metot ile frekansın görüldüğü zaman dilimi tespit edilemez ancak ilgili zaman aralığındaki frekans bileşenleri tespit edilebilir (Cömert, 2015).

1.7. Fourier Analizi ile Harmonik Analiz İlişkisi

Sinüs ve kosinüs fonksiyonlarıyla ifade edilen periyodik hareketlere harmonik hareket denir. Titreşim zamana bağlı bir harekettir. Dalga hareketi oluşumunun ana kaynağı titreşimdir yani dalga titreşimin bir yerden başka bir yere taşınmasıdır. Her harmonik hareket bir periyodik harekettir fakat her periyodik hareket bir harmonik hareket olmayabilir. Fourier analizinin temelinde bir dalga farklı frekanstaki harmonik veya sinüzoidal dalgaların toplamı şeklinde ifade edilebilir. Fourier analizi, herhangi bir dalgayı veya titreşimi elde etmek için hangi harmoniklerden oluştuğunu, dalga bileşenlerine

ayrılması yani bir dalganın birkaç harmonik bileşenle nasıl oluştuğunu inceler (Budak ve Özdemir, 2011).

Chapra ve Canale (2006), salınım yapan, titreten sistemler için Fourier serilerini önermektedir. Fourier analizini en önemli özelliklerinden biri hem zaman hem de frekans alanlarıyla ilgilenmesidir. Sinüzoid terimi kosinüs, sinüs ya da her ikisiyle tanımlanabilen herhangi bir dalga biçimini temsil eder. Sinyal işlemede yaygın olarak kullanılır.

Bir sinyalin zaman alanından frekans alanına ayrışması ile kosinüs ve sinüs dalgalar olarak temsil edilir (Moody ve Johnson, 2001) Fourier analizi için veriler eşit aralıklı gözlemlerden ve sinüzoidal bir düzende periyodik bileşenlerden oluşmalıdır (Canisius ve ark., 2007). Fourier analizi zamana bağlı bir periyodik sinyali her biri benzersiz bir genlik ve faz değeri ile tanımlanan bir dizi sinüzoidal fonksiyona ayrıştırır (Jakubauskas ve ark., 2002).

Periyodik seriler, birçok alanda sıklıkla görülmektedir. Bu tür analizler genellikle Fourier analizi, dinamik harmonik regresyon ve zaman serileri analizleridir (Yarasa, 1976). Harmonik analiz, periyodik bir fonksiyonun frekans bileşenlerine ayrılması işlemidir (Abbak, 2005). Fourier serilerinin akımlarda kullanılan genel formu kompleks değerli üstel halidir. Bu formu harmonik analizin de temelini oluşturmuştur.

Dinamik harmonik regresyon (DHR) modelinin ana özelliği mevsimsellik veya periyodik bileşenlerdir. Bu nedenle DHR modeli Fourier analiziyle benzerlik gösterir (Bo ve ark., 2010). Artis ve ark. (2007) ise 5 harmonik yöntemi incelemiş ve bu yöntemlerin ortak özelliğinin Fourier analizindeki trigonometrik yaklaşım fonksiyonu olduğunu ortaya koymuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yapılan literatür taramasına göre konuyla ilgili bazı araştırmalara ulaşılmıştır. Görüntü işleme ve haberleşme tekniklerinde Fourier dönüşümü kullanımı oldukça yaygındır. Bunlardan bazıları şunlardır;

İşçimen ve ark. (2014), bilgisayar görmesi ile robot kol uygulamasını birleştirerek gören, bulan, tanıyan ve görevi gerçekleştiren akıllı bir robot kol uygulaması gerçekleştirmiştir. Yemek servisinde kullanılan malzemeleri tanıyan ve servis düzenine göre dizen ve toplayan akıllı bir robot kol tasarlamıştır. Böylece yemek servisindeki kullanılan malzemelerin resimleri görüntü işleme teknikleri kullanarak sınıflandırılıp etiketlenerek her objenin koordinatı robot kola gönderilmektedir. Verilerin sınıflandırılması sırasında kNN algoritması ile %90 başarı elde etmiştir. Ardından eklem açıları gradyan iniş yöntemi ile hesaplanarak robot kolun hareketini yapması sağlanmıştır.

Durğay ve ark. (2014), silah sistemlerinde hedefe yönelik esnekliği ve entegrasyonu yüksek bir takip mekanizmasının tasarımı ve üretimini yapmışlardır. Fourier yöntemi kullanılan görüntü işleme teknikleri ile hedefin belirlenmesi ve ayırt edilmesi sağlanmış servo kontrol teknikleri ile de iki eksenle hedefin izlenip işaretlenmesini sağlamışlardır. Sistemin mekanik tasarımını ve örnek üretimini yapmış, yazılım ve elektronik bağıntıları tamamlanarak testler yapmışlardır. İki farklı hedef için sistemin hedef takip başarımını sağlamışlardır.

Günlü ve Bilge (2006), kayıplı görüntü sıkıştırma yönteminin iyileştirilmesi için global ayırık kosinüs dönüşümünü (GAKD) kullanmışlardır. Sıkılaştırma oranını arttırmak için AKD (ayırık kosinüs dönüşümü) terimleri belli bir noktadan ikiye ayrılmıştır. Her bir grup için Huffman kodlama yapmıştır. İki gruba ayırmak için seçilen ayırma noktasının sıkıştırma oranına ve hızına olan etkisini inceleyerek en iyi ayırma noktasının bulunması için yöntem geliştirmiştir. Böylece GAKD yöntemine işlem karmaşası eklemekten işlem süresinde %50, sıkıştırma oranında %8'e varan başarı elde etmişlerdir.

Kurt ve Deniz (2010), çalışmalarında sabit GPS istasyonlarının periyodik etkileri zaman serileri analiziyle hesapıp Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) hızlarına düzeltme olarak getirilip daha gerçekçi hıza ulaşılmaya çalışmışlardır. 6 GPS istasyonundan elde edilen veriler kullanılarak EBOK analiziyle (En Büyük Olabilirlik Analizi) en uygun model kırpışma gürültüsü ile beyaz gürültünün birleşiminden elde edilmiştir. Tüm istasyonlarda altı aylık ve senelik etkilerin baskın olduğu tespit edilmiş bu

durumda TUTGA hızlarına düzeltme olarak getirilecek periyodik etkilerin hangilerinin modelleneceğine karar verilmiştir. Altı aylık ve senelik etkilerin, TUTGA hızlarına ilavesine dair algoritma geliştirilip, hız alanının iyileştirilmesi için model önerilmiştir. Türkiye’de ve bölgesel olarak nasıl uygulanabilirliğine dair düşey ve yatay hızlar için öneriler verilmiştir. Çalışmada Fourier analizi yerine lomb scargle yöntemini kullanmıştır. Bunun sebebi ise Fourier analiz yönteminin bir kısıtlaması olan boşluklu verinin spektral analizi sıkıntısından lomb scargle yöntemiyle üstesinden gelinmesidir.

Bağcı ve Günel (2011), alıcı-verici yer istasyonu ve frekans dönüştürücü yer eş zamanlı yörünge uydusu arasında tek yönlü uygu haberleşme link tasarımı yapmışlardır. Link, farklı polarizasyonların kullanımıyla çift yönlü olarak da kullanılabilir. Modülasyonun türü olarak ikili faz kaydırmalı anahtarlama (BPSK) ve kuadratür faz kaydırmalı anahtarlama (QPSK) modülasyonları kullanılmış, 72 MHz ve 36 MHz uydu transponder band genişlikleri için haberleşme araştırmaları yapılmış ve sürekli parametrelili genetik algoritma yardımıyla en iyileme gerçekleştirmişlerdir. Sinüs ve kosinüs sinyallerinden yararlanarak birbirinden ayrı iki bölgede bulunan alıcı ve verici yer istasyonları arasında, yer eşzamanlı yörünge uydusu aracılığıyla kurulacak tek yönlü linke ait en hatasız iletişimi sağlayacak link parametreleri bulunmuştur.

Mühendislik alanlarında periyodikliği belirlemede Fourier regresyon modelleri kullanılmaktadır. Yüksek frekanslara karşılık gelen katsayıları tahmin etme tasarımların aksine düşük frekanslara karşılık gelen katsayıları tahmin etmeye çalışmışlardır (Dette ve ark., 2007).

Lise öğrencilerinin dinamik bir faaliyete girdikleri sırada vücut hareketlerinden grafik yazılımına bağlı uzaklık sensörü yardımıyla sinüzoidal fonksiyon üretmişlerdir (Ortega ve ark., 2017).

Elektrik akımdaki dalgalanma nedeniyle Fourier serileri elektriksel alanlarda kullanımı da oldukça yaygındır.

Elektriksel periyodik sinyaller karmaşık üstellerin bir dizi salınım fonksiyonunun toplamları şeklinde ayrıştırılabileceği için Fourier serisi alternatif akım ve gerilim gibi mühendislik alanlarında kullanılabilir (Anumaka, 2012).

Suak (2011) tezinde DC ve AC yalıtım deneylerine alternatif bir yöntem olan VLF yüksek gerilim deney tekniği ile yapılan yalıtım deneylerinin farklı koşullarda karşılaştırılmasını yaparken Fourier serilerinden yararlanmıştır.

Çabuk ve Kılınç (2009), elektromanyetik girişimleri (EMI) azaltma yöntemi olarak sinüs sinyalinin yararlanarak yayılmış spektrum frekans modülasyonu tekniğini kullanmışlardır. Çapraz çeviriciler düşük maliyet oranları, düşük güç harcamaları ve birçok çıkış gerilimi vermesi sebebiyle bilgisayarlar, cep telefonu şarj aletleri, masa üstü set cihazları ve televizyonlar gibi alanlarda kullanılması ve önemi artmıştır. Çapraz çevirici anahtarlamalı güç kaynaklarında, anahtarlama frekansına uygulanan yayılmış spektrum frekans modülasyonu tekniğinin EMI üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Hoekstra (1974), döngüsel nitelikteki veriler için sinüs ve kosinüs fonksiyonlarından oluşan ve bu fonksiyonların doğrusal regresyon analiziyle denkleme yerleştirilebilen trigonometrik bir analizi anlatmıştır. Yağışın şeker kamışı verilerine etkilerini kvadratik ve trigonometrik modellerle karşılaştırmıştır.

Robotik kodlamada canlıların sürü davranışlarının izlenmesi çok önemlidir. Bu nedenle Can ve Şen (2014), balık sürülerinin davranış hareketlerini simüle ederek kaydetmişlerdir. Simülasyon dört aşama içermektedir. Arama, besleme, sürü ve kaçış durumlarının simülasyonundan yola çıkılmıştır. Çalışmanın matematik modelini sinüs ve kosinüs fonksiyonları oluşturmaktadır. Yapılan çalışma daha sonraki çalışmalarda robotik balıkların kontrolünde kullanılacağı düşünülmektedir.

LAI (yaprak alan indeksi) bitki örtüsünün arazi üzerindeki dinamiklerini açıklamada önemli parametrelerdendir. Bo ve ark. (2010), LAI çalışmasında uzaktan algılama verilerinde DHR'yi kullanmıştır. Ayrıca uzaktan algılamada DHR'nin kullanışlı olduğunu savunmaktadırlar.

Somon çiftliklerinde deniz bitleri (*lepeophtheirus salmonis*) maddi kayıplara sebep olmaktadır. Rittenhouse ve ark. (2016), bu nedenle sıcaklık ve deniz tuzluluğunun deniz bitleri üzerine etkilerini sinüzoidal fonksiyonlar yardımıyla analiz etmiştir.

Neto ve ark. (2006), yaprak şekillerinden yabancı ot türlerinin tanımlanması için eliptik Fourier ve diskriminant analizlerini kullanmıştır.

Bansal ve ark. (2009), tarımsal atıkların karbonlarıyla kromun sulu çözeltiden uzaklaştırılması için yaptığı çalışmada metal emilim nedeniyle absorbanların fonksiyonel gruplarında titreşim frekansındaki değişiklikleri belirlemek için Fourier dönüşümü kızılötesi (FTIR) kullanmıştır.

FTIR gıda ürünlerinin kalite taranmasında kimyasal analizlere göre daha hızlı, ucuz ve faydalıdır. Bu nedenle kalite kontrolü amacıyla FTIR ve kısmi en küçük kareler

regresyonu ile ilek püresindeki hileleri bulmaya yönelik bir araştırma yapılmıştır (Holland ve ark., 1998).

Lai ve ark. (1994), FTIR Bitkisel yağın kalite kontrolünde, temel bileşen analizi ve diskriminant analiziyle birlikte kullanmıştır. FTIR kalite kontrolü için kullanışlı bir yöntemdir.

Briandet ve ark. (1996), FTIR ile dünya çapında ekonomik öneme sahip iki çeşit kahve çekirdeğinden elde edilen kahvenin, kaliteleri ve ayrımı için bir çalışma yapmıştır.

Periyodik davranışlara tarım alanında oldukça çok rastlanır (Cobanovic ve ark., 2006). Fakat yöntemin tarım alanında kullanımı yaygın değildir. Tarımı direkt etkileyen sıcaklık, nem, radyasyon gibi iklimsel olaylara bağlı durumlarda Fourier dönüşümleri, sinüzoidal fonksiyonlar rahatlıkla kullanılabilir. Aşağıda periyodik salınımlı veriler elde edilen ancak ülkemizde henüz kullanımına rastlamadığımız Fourier dönüşümleri sinüzoidal fonksiyonlar içeren trigonometrik modeller kullanılabilir olduğu halde bu gibi analizlerin yapılmadığı bazı çalışmalar örneklenmiştir.

Yaz aylarında yüksek sıcaklıkla birlikte ortaya çıkan buhar basıncı, seralarda üretilen ürünlerin miktarının ve kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Bu aylarda pazara kaliteli ürün yetiştirmek ve bitki stresini düşürmek için seraların serinletilmesi gerekmektedir.

Seralarda ortaya çıkan yüksek sıcaklıkların etkisinin azaltılması ve seraya ulaşan radyasyonu azaltarak sera iç ortamındaki yüksek sıcaklıkları düşürmeye yardımcı olmak amacıyla kullanılan havalandırma (doğal ve zorunlu), gölgelendirme ve evaporatif serinletme gibi yöntemler vardır (Boyacı ve ark., 2017; Baytorun ve ark., 2017).

Sera ısı tüketiminin belirlenmesinde daha çok günlük ortalama sıcaklık değerleriyle hesaplamalar yapılmaktadır. Bu durum gerçek değerlerden farklılıklar göstermektedir. Ancak saatlik iklim değerleriyle daha sağlıklı sonuçlara ulaşılmaktadır (Baytorun ve ark., 2018).

Akdeniz iklim ülkelerinde yaz aylarındaki sıcaklık artışı ve buhar basıncı açığı, seralardaki bitkilerin miktar ve kalitesinin azalmasına sebep olmaktadır. Bu sıkıntıyı gidermek için seraların serinletilmesi gerekmektedir. Seralarda serinletme işlemi amacıyla kullanılan gölgelendirme, havalandırma (doğal, zorunlu) ve evaporatif yöntemler vardır (Boyacı ve ark., 2017).

Türkiye’de klasik seracılık yapılan bölgeler dışında son yıllarda gelişen jeotermal enerji kaynaklarından yararlanılarak ısıtma sorunu olan bölgelerde de seracılığa başlanmıştır. Buna jeotermal seracılık denilmektedir. İç Anadolu Bölgesinde karasal iklim hakim olmasına karşın Kırşehir ilinin sahip olduğu jeotermal potansiyel sayesinde jeotermal seracılık yapılabilir. Boyacı ve ark. (2016), Kırşehir ilinin 1960 ile 2015 yılları arası bağıl nem ve sıcaklık değerlerinden faydalanarak Quadratik bir tahmin fonksiyonu bulmuşlardır. Üretim ekonomisi için jeotermal ve biyogaz gibi alternatif enerji kaynakları kullanılarak yapılan seralarda Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı işletmeye % 50 hibe desteği vermektedir.

Çaylı ve Akyüz (2019), ocak ve nisan ayları arasında farklı plastik örtü malzemelerinin üç farklı marul seraları üzerine ısı tüketim yapısını araştırmışlardır.

Çaylı ve ark. (2018), Tarımsal üretimi etkileyen iklimsel değerlerin izlenmesi ve takibi için düşük maliyetli ve ölçeklenebilir bir sistem tasarlamışlardır. Bu sistem sensörlerle oransal nem ve sıcaklık ölçümlerini kablosuz bir ağ ile veri sunucusuna aktarmışlardır. Bu veriler referans cihazlarla karşılaştırılarak istatistiksel olarak değerlendirilmişlerdir.

Walker ve Duncan (1974)’a göre seraların havalandırılmasının nedeni, güneş radyasyonu sebebiyle serada oluşan aşırı sıcaklığı kontrol altına almak, serada oluşan bağıl nemi optimal düzeyde tutabilmek ve sera havasının karbondioksit düzeyini normal düzeyde tutabilmektir.

Çelik (2016), Ankara’da Sincan, Çankaya, Cebeci ve Demetevler’ de havadaki sıcaklık ve bağıl nem oranındaki dalgalanmayı Fourier analiziyle değerlendirmiştir.

Akyüz (2009), Kahramanmaraş’ta yaz ve kış aylarında ticari piliç broiler performansına aydınlatma, bağıl nem ve sıcaklık gibi çevre koşullarının belirlenmesi üzerine çalışmıştır.

Akyüz ve ark. (2010), süt inekleri için ahırların sıcaklık ve nem seviyelerini belirlemiş ve mayıs ayı ortasında ve ekim ayı sonlarında ineklerin ısı stresi yaşadığını tespit etmişlerdir.

Önem ve ark. (2018), sürü süt verimine üç parametrelili sinüzoid bir eğri uydurmuş ve periyodik veriler elde edilen tarım alanlarında kullanımını tavsiye etmişlerdir.

Beşel ve Kayıkçı (2016), Karadeniz bölgesinde günlük maksimum sıcaklık verileriyle zaman serileri trend analizi yapmış ve iklimsel değişimler hakkında yorum yapmıştır.

Ekberli ve Gürsel (2015), toprak yüzeyinde sıcaklığın heterojen yayılması durumunda, ortamda ısı kaynağını dikkate almayan iki boyutlu ısı iletkenliği denklemini incelemiştir. Yöntem kullanılarak toprakta sıcaklık değişiminin tahmini yapılmıştır.

Toprak sıcaklığı üzerinde yetişen bitkilere direkt etkiler. Öztekin ve ark. (2008), toprak üstü günlük minimum sıcaklık, günlük ortalama bağıl nem, günlük ortalama radyasyon, günlük ortalama hava sıcaklığı, günlük ortalama rüzgar hızı ve 5 ve 10 cm toprak derinliğinden elde edilen ölçüm verileri olan günlük ortalama toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkilerini araştırmışlardır. Elde edilen değerler gün boyunca değişen saatlik toprak sıcaklıklarının tespiti amacıyla, periyodik bir sinüs dalga oluşturulmuştur.

Kusuda (1967), farklı derinliklerde yeryüzü toprak sıcaklık döngüsünün harmonik analizini yapmıştır. Harmonik analizin ya da Fourier analizinin derinlik sıcaklıklarının döngüsel desenini elde etmede diğer yöntemlerden daha kullanışlı olduğunu ifade etmektedir. Bu döngüsel desenin elde edilmesi durumunda diğer gök cisimlerinin de yüzey katmanlarının termal yayılımının hesaplanmasında fayda sağlayacağını ifade etmiştir.

Neuenschwander ve Crews (2008), Botswana'da Okavango deltasının iklimsel yapısını uzaktan algılamaya ile elde edilen ekosistem sinyallerini harmonik regresyon ile ayırıştırıp gözlemlenen sel ve yangın ile ilişkilendirilip yerleşim alanları, tarım ve arazi yönetimi için kullanılması sağlanmıştır.

Boland (1995), iklim değişkenleri için güneş ışınımı ve çevre sıcaklığı gibi bileşenleri tanımlamada zaman serileri ile Fourier serilerini bir arada kullanmıştır.

Üstün (2008) çalışmasında, Işıklı Gölü verilerini kullanarak iklim değişiminin etkilerini incelemek amacıyla sıcaklığa Fourier serisi modellenmesi yapmıştır. Yapılan araştırmayla yatırım projelerinin planlamasında iklim değişiminin ve su kaynaklarına etkilerinin plana dahil edilmesi gerektiğini belirlenmiştir.

Xu ve Shen (2013), arazi yüzey sıcaklığını elde etmede kullanılan uzaktan uydu algılamada bulutların etkisini kaldırmak için radyometre (MODIS) yardımıyla alınan görüntüleri zaman serisinin harmonik analizini (HANTS) kullanmıştır. Zaman serisindeki aykırı değerleri kaldırmada HANTS'ın FFT'den daha kullanışlı olduğunu vurgulamıştır.

Çetin ve ark. (1999) araştırmalarında Doğu Akdeniz Bölgesindeki yağış gözlem istasyonlarının aylık ve yıllık noktasal yağış gözlemlerinin uzaysal değişim yapısını jeostatistiksel metotla belirlemişlerdir.

Abbak (2005) araştırmasında, Antalya ve Menteş mareograf istasyonun saatlik gözlem verileriyle en küçük kareler spektral analiz yöntemiyle deniz düzeyi gözlemlerini değerlendirmiştir. Çalışma neticesinde istasyonlar bölgesinde gel-git sebebiyle oluşan 5 adet gizli periyodiklik bulunmuştur.

Autin ve Edwards (2010), su kalitesi değişkenlerine harmonik regresyon analizi ile Gam'ın kubik spline'ını uygulayıp karşılaştırmıştır. Partal (2018), Orta Karadeniz Bölgesindeki Sinop ve Amasya illerinin yıllık ve mevsimsel toplam yağışlarının periyodikliğini sürekli dalgacık dönüşümü ve global dalgacık dönüşümü yöntemlerini kullanarak analiz etmiştir.

Yurtcu ve İçağa (2005) araştırmalarında, Akarçay havzasındaki 4 adet buharlaşma, 4 adet yağış, 5 adet kuyu ve 6 adet akış gözlem istasyonu verileri kullanarak yağış, kuyu su seviyesi, akım ve buharlaşma gözlemleriyle verilerin periyodik bileşenleri incelenmiştir. Yıl içinde verilerde periyodik davranış araştırmak için yapılan periyodogram analizine göre, Selevir (11004), Seyitler (11001) yağış gözlem istasyon verilerinde (2); Çay (11021), Afyon (1034) yağış gözlem istasyonu verilerinde (1) periyot tespit edilmiştir. Yıl içinde mevsimsel değişimi de göstereniki periyot dört ayda birlik değişimi ifade eder. Akım ve Kuyu su seviyesi verilerinin periyodogram analizinde 1 periyodik bileşen, buharlaşma verileri için ise 3 periyodik bileşen olduğu düşünülmektedir.

Sinüzoidal modeller, tıp alanında elde edilen sinyallere ya da hastadaki bazı periyodik etkileri incelemede kullanılabilir.

Altan ve ark. (2014), Fourier dönüşümü yerine lineer olmayan ve sabit olmayan sinyaller için uygulanan Hilbert-Huang dönüşüm (HHD) yöntemini kalp ritim sinyallerine uygulamışlardır. Ayrıca konjestif kalp yetmezliği olan hastaların kontrol grubundan ayırmak için de HHD'yi kullanmışlardır. Araştırmada kalp hızı değişkenlerinden elde edilen RR sinyalleri, HHD işlemine girdirilerek içsel mod fonksiyonları (IMF) bulunmuş, istatistiksel bilgiler çıkarılmıştır. Bu bilgiler, yapay sinir ağları (YSA) ile sınıflandırma başarımı elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda elde edilen son sinyallerle istatistiksel olarak %95.65 sınıflama başarımı gerçekleştirilmiştir.

Barnett ve ark. (2012), insan sağlığını etkileyen mevsimsel hastalıkları sinüzoidal olan kosinüs modeli kullanmıştır.

Tukiendorf ve ark. (2013), kanser hastalarında radyo terapi tedavisinden sonraki zamanda radyasyona bağlı mukoziti sinüzoidal fonksiyonlarla modellemiştir.

Preud'homme ve ark. (2008), sağlıklı genç erkeklerde gece uyku homeostazisini 7 parametrelili çalışmışlardır. Yöntem tek bir gece verileri için uygun olmamakta ve simüle edilen veriler için sinüs modelinin uygunluğu tespit edilmiştir.

Sobel ve ark. (1987), mevsim sıcaklıklarının insanlardaki beyin kanaması ve inme ile etkisini araştırmıştır. 18 aylık verilere ki-kare testi uygun olmayıp aylık periyotlar halinde sinüzoidal modelle ifade etmiştir.

Fourier dönüşümleri jeodezi ölçümlerinin analizinde kullanımı da yaygındır.

Demir ve Tanyıldızı (2017), optimizasyon problemlerinin çözümü için farklı bir popülasyon tabanlı optimizasyon algoritması olan sinüs kosinüs algoritmasını (SKA) tanıtmıştır. SKA, kosinüs ve sinüs fonksiyonlarına dayalı bir istatistiksel model ile dışa ve içe doğru dalgalanma yaparak en iyi çözümü bulmaya çalışan bir algoritmadır. Çalışmada SKA'nın performansını değerlendirmek amacıyla kalite testi fonksiyonları üzerine uygulanmıştır. Ayrıca algoritma mühendislik tasarım sorunlarından biri olan sıkıştırma/germe yay tasarım sorunu çözümünde kullanılarak algoritmanın kısıtlı problemler üzerindeki kullanılrlığı da test edilmiştir. Deneme sonuçlarına göre SKA'nın metasezgisel algoritmalara göre daha hızlı sonuca ulaştığı görülmüştür. Buna ek olarak SKA'nın az sayıda parametre içermesi ve yeni bir algoritma olması nedeniyle gelecekteki çalışmalarda iyileştirmeler yapılmasına fırsat vermektedir.

Çınar (2013) tezinde hidrolik silindirin hassas bir şekilde konumlandırılması için oransal valf ve solenoid kullanarak deneyler yapmıştır. Konum kontrolünde ise bulanık mantık yöntemi kullanmıştır. Deneyler sinüzoidal sinyaller ve birim basamak ile gerçekleştirilmiştir. Sinüs sinyalleriyle yapılan deneylerden solenoid valf ile yapılan deneylerden daha iyi sonuç elde edilmiştir.

Ceylan (1993) doktora tezinde yükseklik farklarını, jeodezik ölçme yöntemlerinden prezisyonlu nivelman ve trigonometrik nivelman yöntemi ile karşılaştırmıştır. Prezisyonlu nivelman tekniğinin uygulaması pahalı, zor, yavaş ve her yerde uygulanması mümkün değildir. Buna karşın trigonometrik nivelman tekniğinin her türlü arazi tipinde

uygulanabilir olması, çok yüksek ölçme hızına ulaşması ve düşük maliyetli olması bakımından tercih edilebilir olduğunu uygulamasıyla ortaya koymuştur.

Köprü salınımlarının zaman serisi analizi olan FFT tekniği ile salınım hareketi incelenebilir (Görmüş ve ark., 2006).

Mekik ve ark. (2005) çalışmalarında trafiğin ve ağır tonajlı araçların en seyrek ve en yoğun geçtiği zamanlarda 1 saniye ölçü aralığında GPS ile ölçümler yapmışlardır. Analiz sonucunda oluşan hareketin gün içinde oluşturduğu titreşim ve salınım değişimleri yapay sinir ağları ve hızlı Fourier dönüşümü kullanılarak modellenmiştir.

Bıyık ve ark. (2016), bağlantı elemanlarının (cıvata) titreşim altında gevşemeleri sorununa çözüm getirmişlerdir. Gevşeme mekanizması sayısal simülasyon yöntemi ile modellenmiş, deneysel çalışma sonucu etkili olan parametreler dahil edilerek deney seti hazırlanmıştır. Sonuçlar üzerinden genetik programlama ve regresyon yöntemleri ile tahmin modelleri bulunmuştur. Sonuçta genetik programlama yöntemiyle regresyon analizi yöntemine göre daha iyi sonuca ulaşılmıştır.

Alp ve ark. (2008), Hatay bölgesi Bouger gravite anomali haritasını ve jeofiziksel veri olarak deprem kayıtlarını kullanarak dalgacık dönüşümü ile Fourier dönüşümü arasında kıyaslama yapmışlardır.

Öğüt (1998), günlük trafik akımlarının spektral analiz yöntemi ile analizini yaparken, Çelik (2018), trafik kazalarına sinüzoidal eğri uydurmuştur. Çodur ve ark. (2013) ise, trafik kaza değişkenlerinin kaza sayısını tahmin etmede genelleştirilmiş lineer regresyon modelini uygun bulmuştur. Atalay ve ark. (2012), trafik kazalarının Box-Jenkins (ARIMA 4.1.4) modeliyle çalışmıştır.

Fourier yaklaşımı, matematik ve fizik gibi teorik alanlarda da kullanılmıştır.

Sönmezoğlu ve Kaplan (2010), çalışmalarında $(-\pi, \pi)$ aralığında 2π periyotlu Lebesgue integrallenebilen, periyodik bir f fonksiyonunun Fourier serisinin kısmi toplamlar dizisinin mutlak genelleştirilmiş nöründ toplanabilmesi şeklinde teorik bir çalışma yapmışlardır.

Song ve Li (2011), en küçük kareler yardımıyla elde edilen, doğrusal olmayan bir regresyon modeli üzerine çalışmışlardır. Bu regresyon fonksiyonu, frekans ve genlikleri bilinmeyen sinüzoidlerin toplamından oluşmaktadır.

Eubank ve Speckman (1990), parametrik olmayan regresyonun yerine kullanılabilir polinom-trigonometrik regresyon modelini tanıtmıştır. Bu yöntemin normal lineer regresyon ile benzer yönlerini ortaya koymuştur. Ve bu yöntem Fourier analiziyle oldukça benzerdir.

GPS sinyalleri HFD ile frekans bölgesine dönüştürülebilir ve ana sinyal alt sinyallere ayrıştırılıp, hangi şiddette hangi frekansta periyodik bileşen olduğu belirlenebilir. HFD ile karmaşık sinyaller içinden periyodik olanlar tespit edilip harmonik bileşenlerine ayrılırken tekrarlanmayan sinyaller ise dikkate alınmaz. Böylece ölçümler yorumlanabilen bir şekle dönüşür (Pehlivan, 2012).

Fourier serileri periyodik durumların spektrumunu belirlemede kullanışlı olmasıyla birlikte rastgele ve sistematik gürültüler sebebiyle tekrarsız fonksiyonlarda kullanılamaz. Bu durumda Fourier dönüşümünden yararlanılır (Abbak ve Yerci, 2012).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu araştırmanın materyali, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Avşar Kampüsünde 14.5.2011-15.08.2011 tarihleri arasında, sera içinde ve sera dışında ölçülen 4512'şer adet sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), bağıl nem (%) ve radyasyon (m/w^2) miktarlarıdır (Boyacı, 2014). İklim istasyonundan elde edilen ve her yarım saatte alınan ölçüm değerlerine bir sinüzoidal model uygulaması yapılmıştır. Ayrıca bu veriler içerisinde 1, 2 ve 3 saat aralıklı veriler ile günün aynı saatinde alınan bir aylık, 15 günlük ve 7 günlük ortalama veriler de kullanılmıştır.

3.2. Metot

Bu çalışmada sera içinde ve sera dışında ölçülen sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), bağıl nem (%) ve radyasyon (m/w^2) miktarlarının tahmini eşitliğini oluşturmak için sinüzoidal bir modelin Fourier açılımından yararlanılmıştır. Modeldeki parametre tahmini için EKK yöntemiyle katsayılar tahmin edilmiştir. Sonrasında 3, 5, 7 parametrelili model için analiz ve çözümler gösterilmiştir. Üç parametrelili modelin Fourier 1 açılımı (birinci harmonik) ile elde edilen tahmin eşitlikleri günlük yarım saatlik, 1 saatlik, 3 saatlik aralıklarla elde edilmiş verilere ve aylık, 15 günlük, 7 günlük ortalama verilere uydurulmuştur. Özellikle sera içi aylık ortalama sıcaklıklar için gittikçe artan eğilimli sıcaklıklar sözkonusu olduğundan yani diğer bir ifade ile tahmin eğrisine göre birinci periyotta düşük, ikinci periyoda uyumlu ve üçüncü periyoda yüksek sıcaklıklar gözlemlendiğinden 3 parametrelili modelden başka Fourier 2 ve 3 açılımı ile 5 ve 7 parametrelili modeller de uydurulmuştur.

Regresyon ilişkileri F testi, parametre tahminleri t testi ile test edilmiştir. Uydurulan modelin uyumu için R^2 , düzeltilmiş R^2 , hata kareler ortalaması (HKO) hesaplanmıştır. Gözlenen ve tahmin grafikleri incelendiğinde ve incelenen değişkenlerin her biri için kendi içerisinde HKO değerleri birbirine çok benzer olduğundan determinasyon katsayılarının kullanılmasının yeterli olabileceği düşünülmüştür. R^2 'ler ile, düzeltilmiş R^2 'ler birbirine çok çok yakın, bazılarında matematiksel olarak da eşit olduğundan doğrudan R^2 'ler üzerinden yorumlar yapılmıştır.

Analizler IBM SPSS 23 istatistik paket programının deneme sürümü ile yapılmıştır.

3.2.1. Eğri uydurma yaklaşımı

Doğrusal eğri uydurma (doğrusal regresyon), polinomla eğri uydurma (polynomial), çok değişkenli doğrusal fonksiyonlarla (çok değişkenli doğrusal regresyon) ve trigonometrik fonksiyonlarla eğri uydurma (sinüzoidal) yaklaşımları vardır (Karaboğa, 2012).

Sinüzoidal olan bir seriye trigonometrik seri denir. Eğer seri yakınsak ise periyodu 2π olan $f(x)$ fonksiyonu söz konusudur. Çünkü serinin terimleri 2π ve 2π ' nin katlarını periyot kabul eden $\cos nx$ ve $\sin nx$ fonksiyonlarından oluşur (Altan, 1971). Bu tip doğrusal (linear) regresyonlara Fourier yaklaşımı denir (Türker ve Can, 1997).

Kadılar (2009)'a göre bir seride hem trend hem de mevsimsel dalgalanma varsa bu seriye uygulanacak regresyon modeli 3.1'deki gibidir.

$$Y_t = a + \sum_{i=1}^m b_i t^i + \sum_{i=1}^{\lfloor s/2 \rfloor} \left[c_j \sin\left(\frac{2\pi jt}{s}\right) + d_j \cos\left(\frac{2\pi jt}{s}\right) \right] + e_t \quad (3.1)$$

şeklindedir. Burada; a, b, c, d: Fourier katsayıları, e: hata terimi ve $\sum_{i=1}^m b_i t^i$ toplamı serinin trend bileşenini açıklanmaktadır. İlk toplam sembolünün üstündeki m, serinin polinom derecesini belirtmektedir. Bu eşitlikte ikinci toplam sembolünün üstündeki s, periyodu belirtmek üzere $\lfloor s/2 \rfloor$ periyodun yarısının tamsayı kısmını gösterir. Burada j indisli toplam serinin mevsimsel bileşenini açıklamaktadır. Bu bilgilerle birlikte sinüs ve kosinüs fonksiyonu çiftine harmonik denir. Birinci harmonik (temel bileşen); j=1 için, ikinci harmonik; j=2 için sağlanırken, $j = \lfloor s/2 \rfloor$ oluncaya kadar regresyon denkleminde harmonikler eklenerek devam edilir. Her eklemeye sonra c_j ve d_j regresyon katsayılarının önemlilik kontrolü yapılır. Bu regresyon katsayılarından biri önemli olmadığında ilgili harmonik modele eklenmez ve harmonik ekleme işlemine son verilir. Sonuç olarak serinin tahmininde katsayıların hepsi önemli olan regresyon modeli kullanılır. Uygulamada genellikle sadece birinci harmonikler yani temel bileşen seriyi açıklamada yeterli olmaktadır ve diğer harmonikler regresyon modeline eklenmemektedir.

Bir $f(x)$ fonksiyonu; $(-L, L)$ aralığında tanımlı ve bu aralık dışında $2L$ periyoduna sahip, $f(x+2L) = f(x)$ ile tanımlanmış olsun. $f(x)$ 'e karşılık gelen Fourier açılımı veya Fourier serisi Eşitlik 3.2'deki gibi verilir. Burada a_0 , a_n ve b_n Fourier katsayılarıdır.

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right) \quad (3.2)$$

Fourier katsayıları Eşitlik 3.3'te verilmiştir. Burada sabit terim, $\frac{a_0}{2} = \frac{1}{2L} \int_{-L}^L f(x) dx$ e eşittir. Yani sabit terim, bir periyot üzerinde $f(x)$ 'in ortalamasıdır. $f(x)$ fonksiyonunu $2L$ periyotlu tanımlandığı için $L = \pi$ ise fonksiyon 2π periyoduna sahiptir (Spiegel, 1963).

$$a_0 = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(x) dx$$

$$\begin{cases} a_n = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(x) \cos \frac{n\pi x}{L} dx \\ b_n = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(x) \sin \frac{n\pi x}{L} dx \end{cases} \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (3.3)$$

Eşitlik 3.3, Eşitlik 3.4'te yerine koyulursa, herhangi bir $f(x)$ fonksiyonu Eşitlik 3.4 şeklinde Fourier serisine açılabilir. Bu şekildeki seriye trigonometrik seri denir (Khuri, 2003).

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \quad (3.4)$$

3.2.2. Açı dönüşümü ve parametrelerin tahmini

Eşitlik 3.3'teki aynı parametre tahminleri açı dönüşümü ile, Θ_i cinsinden de yapılabilir. Eğer $f(x)$ fonksiyonu sürekli olmayan, n tane eşit aralıklı ve kesikli noktalardaki değerleri olarak verilmiş ise integral işlemlerinin yerine toplam sembolleri kullanılır. Özellikle x değişkeninin artan değerleri karşısında y değişkeni periyodik bir değişim gösteriyorsa, matematiksel model olarak Fourier'in toplam sembollü formu yani kesikli Fourier serisi seçilecektir. Serinin herhangi bir parametresindeki (katsayı) birim zamanlı periyodun etkisi ile oluşan periyodik bileşen, Eşitlik 3.5 ile belirlenmektedir.

$$y_i = a_0 + \sum_{k=1}^m \left[a_k \cos \left(\frac{2\pi}{T} kx_i \right) + b_k \sin \left(\frac{2\pi}{T} kx_i \right) + e_i \right] \quad (3.5)$$

Buradaki y_i : Parametrenin ortalama değeri, m: Önemli harmonik sayısı, a_0, a_k, b_k : Fourier katsayıları, T: Periyottur (Salas ve Yevjevich, 1972). Eşitlik 3.5'te verilen e_i , i zamandaki artık (hata) değeridir (Bloomfield, 2000).

$$\theta_i = \frac{2\pi}{T} x_i \quad i=1,2,\dots,n \quad (3.6)$$

Eşitlik 3.6'daki gibi dönüşüm yapıldığında fonksiyon Eşitlik 3.7 gibi ifade edilebilir (Türker ve Can, 1997).

$$s = \sum_{i=1}^n \left\{ y_i - \left[a_0 + \sum_{k=1}^m (a_k \cos k\theta_i + b_k \sin k\theta_i) \right] \right\}^2 \quad (3.7)$$

Bu ifade minimum yapmak için a_0, a_k ve b_k parametrelerine göre kısmi türevleri alınır Eşitlik 3.8'deki gibi katsayı formülleri elde edilir.

$$\begin{aligned} \hat{a}_0 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \\ \hat{a}_k &= \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \cos k\theta_i \\ \hat{b}_k &= \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \sin k\theta_i \end{aligned} \quad (3.8)$$

Eşitlik 3.5'teki model, Θ dönüşümüyle birlikte Eşitlik 3.8'deki katsayı formüllerinde k=1 kabul edilirse, Eşitlik 3.9'daki matematiksel model ortaya çıkar.

$$y_i = a_0 + a_1 \cos \theta_i + b_1 \sin \theta_i + e_i, \quad i=1,2,\dots,n \quad (3.9)$$

Bu model matris formunda tekrar oluşturulabilir. Eşitlik 3.7'de k=1 kabul edersek Eşitlik 3.10'a dönüşür.

$$s = \sum_{i=1}^n [y_i - a_0 - a_1 \cos \theta_i - b_1 \sin \theta_i]^2 \quad (3.10)$$

Bu ifade minimum olduğunda, a_0, a_1 ve b_1 parametrelerine göre kısmi türevleri alınır Eşitlik 3.11 elde edilir.

$$na_0 + a_1 \sum_{i=1}^n \cos \theta_i + b_1 \sum_{i=1}^n \sin \theta_i = \sum_{i=1}^n y_i$$

$$a_0 \sum_{i=1}^n \cos \theta_i + a_1 \sum_{i=1}^n \cos^2 \theta_i + b_1 \sum_{i=1}^n \cos \theta_i \sin \theta_i = \sum_{i=1}^n y_i \cos \theta_i \quad (3.11)$$

$$a_0 \sum_{i=1}^n \sin \theta_i + a_1 \sum_{i=1}^n \sin \theta_i \cos \theta_i + b_1 \sum_{i=1}^n \sin^2 \theta_i = \sum_{i=1}^n y_i \sin \theta_i$$

Bu denklemler matris formunda ifade etmek gerekirse Eşitlik 3.12 gibi yazılır.

$$\begin{bmatrix} n & \sum \cos \theta_i & \sum \sin \theta_i \\ \sum \cos \theta_i & \sum \cos^2 \theta_i & \sum \cos \theta_i \sin \theta_i \\ \sum \sin \theta_i & \sum \cos \theta_i \sin \theta_i & \sum \sin^2 \theta_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum y_i \cos \theta_i \\ \sum y_i \sin \theta_i \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

Katsayılar matrisindeki toplamlar için elde edilen sistem 3.13'teki eşitlikler gibi çözümlenip matriste yerine konulursa, matris eşitliği 3.14'teki gibi ifade edilir (Bayram, 2013; Chapra ve Canale, 2006; Türker ve Can, 1997).

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sin \theta_i = 0 \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cos \theta_i = 0 \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sin^2 \theta_i = \frac{1}{2} \quad (3.13)$$

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cos^2 \theta_i = \frac{1}{2} \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sin \theta_i \cos \theta_i = 0$$

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/n & 0 & 0 \\ 0 & 2/n & 0 \\ 0 & 0 & 2/n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum y_i \cos \theta_i \\ \sum y_i \sin \theta_i \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

Daha önce Eşitlik 3.8'deki katsayı formüllerinde k=1 seçilmişti, şimdi ise k=2 ve k=3 için Fourier açılımı verilecektir. Eşitlik 3.6'daki $\theta_i = \frac{2\pi}{T} x_i$ formülünde $w = \frac{2\pi}{T}$ seçilirse $\theta_i = wx_i$ 'ye dönüşür. Bu yeni dönüşüm Eşitlik 3.15'e yerleştirilirse;

$$y_i = a_0 + \sum_{k=1}^m [a_k \cos(wx_i) + b_k \sin(wx_i) + e_i] \quad (3.15)$$

elde edilir.

Eşitlik 3.15'te hatayı atıp, y yerine F yazıldığında elde edeceğimiz tahmin modelinde k'ya farklı değerler vererek çözüme ulaşılabilir. Bu bilgiler ışığında Eşitlik 3.15'ten, Eşitlik 3.16'daki tahmin modeli elde edilir.

$$\hat{F}_i = \hat{a}_0 + \sum_{k=1}^m [\hat{a}_k \cos(wkx_i) + \hat{b}_k \sin(wkx_i)] \quad (3.16)$$

Aylık ortalama sera içi sıcaklığı için k=2 seçilirse Fourier 2 açılımı;

$$\hat{F}_2 = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 \cos(wt) + \hat{b}_1 \sin(wt) + \hat{a}_2 \cos(2wt) + \hat{b}_2 \sin(2wt) \quad (3.17)$$

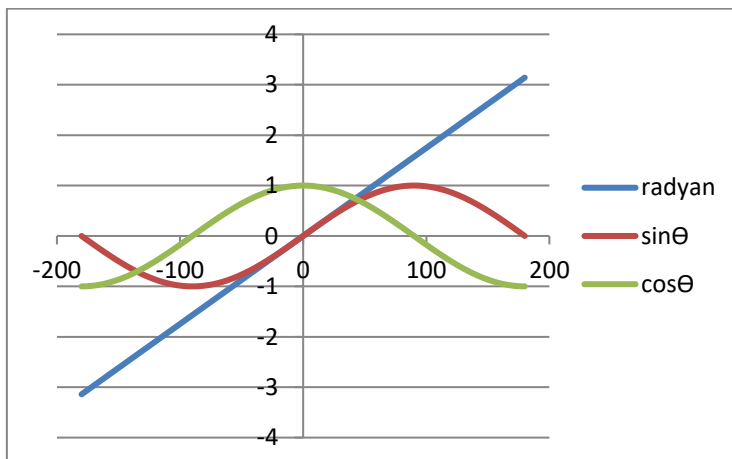
şeklinde olur. k=3 seçilirse Fourier 3 açılımı;

$$\hat{F}_3 = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 \cos(wt) + \hat{b}_1 \sin(wt) + \hat{a}_2 \cos(2wt) + \hat{b}_2 \sin(2wt) + \hat{a}_3 \cos(3wt) + \hat{b}_3 \sin(3wt) \quad (3.18)$$

şeklinde olur.

3.2.3. Fourier analizinde varsayımlar

Fourier analizi doğrusal çok değişkenli regresyon analizi yaklaşımı olduğundan ilgili varsayımları sağlaması gerekir. Modelde önemli olan bu varsayımların hepsini sağlayıp, gerçeğe en yakın olan değere ulaşmaktır. Bu varsayımlar için normal dağılım testine, hata terimleri arasında ardışık bağımlılığa, oluşturulan modelin uyum iyiliğine, kurulan modelin ve en küçük kareler yöntemiyle elde edilen katsayıların anlamlılığına (önem kontrolüne) bakılması gereklidir.



Şekil 3.1. Parametrelerin radyan açı dönüşümü ile doğrusallığı

Fourier analizi Şekil 3.1'de görüldüğü gibi parametre bakımından doğrusal olup açı (radyan) dönüşümü yardımıyla periyodik bir regresyon modeli bulunur.

3.2.4. Uyum iyiliği

Uyum iyiliği (R^2); determinasyon, açıklama veya belirleme katsayısı olarak ifade edilir. R^2 , y 'deki değişmelerin yüzde kaçının regresyon doğrusu ile açıklanabildiğini gösterir. R^2 'nin değişim aralığı 0 ile 1 arasındadır ($0 \leq R^2 \leq 1$) ve Eşitlik 3.15'teki formülden hesaplanır. Belirleme katsayısı bire yakın bulunur ise, bağımlı değişkendeki değişimin büyük bir kısmı bağımsız değişken tarafından açıklanabilir yorumu yapılabilmektedir.

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{y}-\bar{y})^2}{\sum(y-\bar{y})^2} = \text{RKT/GKT} \quad (3.15)$$

3.2.5. Anlamlılık testleri

Fourier analizinde doğrusal regresyon analizinde olduğu gibi hipotez testi yapılır. İlk olarak kurulan modelin anlamlı (önemli, geçerli) olup olmadığının hipotezi kurulur. Daha sonra da katsayıların anlamlı olup olmadığının hipotezi kurulur. Ve bu hipotezler test edilir.

3.2.5.1. Model için anlamlılık testi

Uydurulan modelin regresyon ilişkisini sınamak için hipotez kurulur. Modele kurulacak hipotez testi için Çizelge 3.1'deki varyans analiz tablosuna ihtiyaç duyulur.

Çizelge 3.1. Varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F hesap istatistiği
regresyon	2	$\text{RKT} = \sum(\hat{y} - \bar{y})^2$	$\text{RKO} = \text{RKT} / 2$	$\text{F} = \text{RKO} / \text{HKO}$
hata	n-3	$\text{HKT} = \text{GKT} - \text{RKT}$	$\text{HKO} = \text{HKT} / (n - 3)$ $= S^2$	
genel	n-1	$\text{GKT} = \sum y^2 - (\sum y)^2 / n$		

1. Model için hipotez kurulur.

H_0 : Gözlenen noktaların regresyon doğrusuna uyumu anlamsızdır (Model geçersizdir).

H_1 : Gözlenen noktaların regresyon doğrusuna uyumu anlamlıdır (Model geçerlidir).

Bu hipotezi test etmek için RKO ve HKO varyanslarının oranı uygun test istatistiğidir. İki varyansın oranı F dağılımına yakınsayacağı için kullanılacak test dağılımı F'dir.

2. $F_{\text{hesap}}=(RKO / HKO)$ değeri hesaplanır. Ve regresyon serbestlik derecesi, hata serbestlik derecesi ve belirlenen α anlamlılık düzeyinde yani $F_{(2;n-3;\alpha)}$ tablo değeri ile karşılaştırılır.

3. Eğer; $F_{\text{hesap}} > F_{(2;n-3;\alpha)}$ ise, H_0 hipotezi red edilir.

3.2.5.2. Katsayılar için anlamlılık testi

Kurulan modelde H_0 red edilip H_1 kabul edildiğinde yani modelin regresyon ilişkisi anlamlı bulunduğu parametreler için yeni bir hipotez kurulur.

1. Parametreler için hipotez kurulur.

$H_0: a_0 = 0$; a_0 parametresi anlamsızdır.

$H_1: a_0 \neq 0$; a_0 parametresi anlamlıdır.

2. T değeri hesaplanır. Ve hata serbestlik derecesi ve $\alpha/2$ anlamlılık düzeyinde yani $t_{(n-3;\alpha/2)}$ tablo değeri ile karşılaştırılır (Eşitlik 3.16).

$$t = \frac{\hat{a}_0 - a_0}{s_{\hat{a}_0}} \sim t_{(n-3;\alpha/2)} \quad (3.16)$$

3. Eğer; $t_{\text{hesap}} > t_{(n-3;\alpha/2)}$ ise, H_0 hipotezi red edilir. Yani a_0 parametresi anlamlıdır. Diğer parametreler için de hipotez aynı sırayla kurulur (Üçkardeş, 2006).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sera içinde 14.5.2011-15.08.2011 tarihleri arasında günde her yarım saatte bir ölçülen 4512'şer adet sıcaklık (°C), bağıl nem (%) ve radyasyon (m/w²) verileri kullanılarak sinüzoidal model uydurulmuştur.

4.1. Sera İçi Verilerin Analizleri

Analiz için $\hat{y}_i = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 \cos \theta_i + \hat{b}_1 \sin \theta_i$ şeklinde bir eğri uyumu yapılacaktır. Serinin periyodunu bir günde her yarım saatte yapılan ölçüm nedeniyle T=48 kabul edilmiştir.

$$\theta_i = \frac{2\pi}{48} t_i = \frac{\pi}{24} t_i, \quad i=0,1,2,\dots,47$$

dönüşümü yapılır.

4.1.1. Sera içi bağıl nem verileri analizi

Parametre tahmini için 4512 adet sera içi bağıl nem verileri ve ara hesaplamalar Çizelge 4.1'de oluşturulmuştur. Elde edilen değerler parametre tahmin denkleminde (Eşitlik 3.8) yerine koyulup hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1. Sera içi bağıl nem verileri, dönüşümler, ara hesaplamalar ve tahmin değerleri

Tarih (gün)	Saat	%Bağıl nem (y_i)	t_i	θ_i	$\cos \theta_i$	$\sin \theta_i$	$y_i \cos \theta_i$	$y_i \sin \theta_i$	%Bağıl nem tahmin \hat{y}_i
14.5.2011	00:00	61.30	0	0	1	0	61.300	0	88.098
14.5.2011	00:30	63.80	1	$\pi/24$	0.991	0.131	63.254	8.328	89.572
14.5.2011	01:00	66.40	2	$\pi/12$	0.966	0.259	64.137	17.186	90.518
14.5.2011	01:30	68.10	3	$\pi/8$	0.924	0.383	62.916	26.061	90.92
14.5.2011	02:00	68.60	4	$\pi/6$	0.866	0.500	59.409	34.300	90.77
14.5.2011	02:30	69.10	5	$5\pi/24$	0.793	0.609	54.821	42.065	90.072
14.5.2011	03:00	69.60	6	$\pi/4$	0.707	0.707	49.215	49.215	88.837
14.5.2011	03:30	70.20	7	$7\pi/24$	0.609	0.793	42.735	55.693	87.086
14.5.2011	04:00	71.60	8	$\pi/3$	0.500	0.866	35.800	62.007	84.85
14.5.2011	04:30	71.70	9	$9\pi/24$	0.383	0.924	27.438	66.242	82.167
14.5.2011	05:00	72.80	10	$5\pi/12$	0.259	0.966	18.842	70.319	79.082
14.5.2011	05:30	73.80	11	$11\pi/24$	0.131	0.991	9.633	73.169	75.648

Çizelge 4.1. Devamı

Tarih (gün)	Saat	%Bağlı nem (y_i)	ti	θ_i	$\cos \theta_i$	$\sin \theta_i$	$y_i \cos \theta_i$	$y_i \sin \theta_i$	%Bağlı nem tahmin \hat{y}_i
14.5.2011	06:00	73.10	12	$\pi/2$	0.000	1.000	0.000	73.100	71.925
14.5.2011	06:30	62.20	13	$13\pi/24$	-0.131	0.991	-8.119	61.668	67.975
14.5.2011	07:00	37.00	14	$7\pi/12$	-0.259	0.966	-9.576	35.739	63.867
14.5.2011	07:30	28.10	15	$15\pi/24$	-0.383	0.924	-10.753	25.961	59.67
14.5.2011	08:00	24.40	16	2.094	-0.500	0.866	-12.200	21.131	55.457
14.5.2011	08:30	24.00	17	$17\pi/24$	-0.609	0.793	-14.610	19.040	51.299
14.5.2011	09:00	25.00	18	$3\pi/4$	-0.707	0.707	-17.678	17.678	47.269
14.5.2011	09:30	23.60	19	$19\pi/24$	-0.793	0.609	-18.723	14.367	43.433
14.5.2011	10:00	26.90	20	$5\pi/6$	-0.866	0.500	-23.296	13.450	39.86
14.5.2011	10:30	24.40	21	$21\pi/24$	-0.924	0.383	-22.543	9.337	36.608
14.5.2011	11:00	23.90	22	$11\pi/12$	-0.966	0.259	-23.086	6.186	33.735
14.5.2011	11:30	23.80	23	$23\pi/24$	-0.991	0.131	-23.596	3.107	31.289
14.5.2011	12:00	23.70	24	π	-1.000	0.000	-23.700	0.000	29.312
14.5.2011	12:30	24.60	25	$25\pi/24$	-0.991	-0.131	-24.390	-3.211	27.838
...
15.8.2011	12:00	31.90	4488	187π	-1.000	0.000	-31.900	0.000	29.312
15.8.2011	12:30	31.80	4489	$4489\pi/24$	-0.991	-0.131	-31.528	-4.151	27.838
15.8.2011	13:00	28.30	4490	$2245\pi/12$	-0.966	-0.259	-27.336	-7.325	26.892
15.8.2011	13:30	33.50	4491	$1497\pi/8$	-0.924	-0.383	-30.950	-12.820	26.49
15.8.2011	14:00	27.40	4492	$1123\pi/6$	-0.866	-0.500	-23.729	-13.700	26.64
15.8.2011	14:30	27.40	4493	$4493\pi/24$	-0.793	-0.609	-21.738	-16.680	27.338
15.8.2011	15:00	26.80	4494	$749\pi/4$	-0.707	-0.707	-18.950	-18.950	28.573
15.8.2011	15:30	26.60	4495	$4495\pi/24$	-0.609	-0.793	-16.193	-21.103	30.324
15.8.2011	16:00	27.20	4496	$562\pi/3$	-0.500	-0.866	-13.600	-23.556	32.56
15.8.2011	16:30	27.30	4497	$1499\pi/8$	-0.383	-0.924	-10.447	-25.222	35.244
15.8.2011	17:00	33.20	4498	$2249\pi/12$	-0.259	-0.966	-8.593	-32.069	38.329
15.8.2011	17:30	40.70	4499	$4499\pi/24$	-0.131	-0.991	-5.312	-40.352	41.762
15.8.2011	18:00	39.50	4500	$375\pi/2$	0.000	-1.000	0.000	-39.500	45.486
15.8.2011	18:30	51.70	4501	$4501\pi/24$	0.131	-0.991	6.748	-51.258	49.435
15.8.2011	19:00	66.60	4502	$2251\pi/12$	0.259	-0.966	17.237	-64.331	53.543
15.8.2011	19:30	79.00	4503	$1501/8\pi$	0.383	-0.924	30.232	-72.986	57.74
15.8.2011	20:00	83.50	4504	$563\pi/3$	0.500	-0.866	41.750	-72.313	61.953
15.8.2011	20:30	85.40	4505	$4505\pi/24$	0.609	-0.793	51.988	-67.752	66.111
15.8.2011	21:00	85.30	4506	$751\pi/4$	0.707	-0.707	60.316	-60.316	70.142

Çizelge 4.1. Devamı

Tarih (gün)	Saat	%Bağıl nem (y_i)	ti	θ_i	$\cos \theta_i$	$\sin \theta_i$	$y_i \cos \theta_i$	$y_i \sin \theta_i$	%Bağıl nem tahmin \hat{y}_i
15.8.2011	21:30	85.30	4507	$4507\pi/24$	0.793	-0.609	67.673	-51.927	73.977
15.8.2011	22:00	87.30	4508	$1127\pi/6$	0.866	-0.500	75.604	-43.650	77.55
15.8.2011	22:30	85.30	4509	$1503\pi/8$	0.924	-0.383	78.807	-32.643	80.802
15.8.2011	23:00	85.30	4510	$2255\pi/12$	0.966	-0.259	82.393	-22.077	83.675
15.8.2011	23:30	87.30	4511	$4511\pi/24$	0.991	-0.131	86.553	-11.395	86.121
Toplam		264877.2					66310.86	29823.19	

Eşitlik 3.8'deki formüller kullanılarak, elde hesaplama yapılmak istendiğinde parametre tahminleri aşağıdaki gibi bulunabilir;

$$\hat{a}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i = \frac{264877.20}{4512} = 58.705$$

$$\hat{a}_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \cos k\theta_i = \frac{2}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i \cos \theta_i = \frac{2 * 66310.86}{4512} = 29.393$$

$$\hat{b}_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \sin k\theta_i = \frac{2}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i \sin \theta_i = \frac{2 * 29823.19}{4512} = 13.219$$

Parametre tahminleri $\hat{y}_i = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 \cos \theta_i + \hat{b}_1 \sin \theta_i$ formülünde yerine koyulursa sera içi bağıl nem için sinüzoidal eğrinin tahmin eşitliği bulunur. Tahmin eşitliği;

$$\hat{y}_{i\text{bağılnem}} = 58.705 + 29.393 \cos \theta + 13.219 \sin \theta$$

şeklindedir. Burada örneğin t=25. (14.5.2011 tarihinde saat 12:30) tahmin değeri elde edilmek istenirse;

$$\hat{y}_{25} = 58.705 + 29.393 \cos \theta_{25} + 13.219 \sin \theta_{25}$$

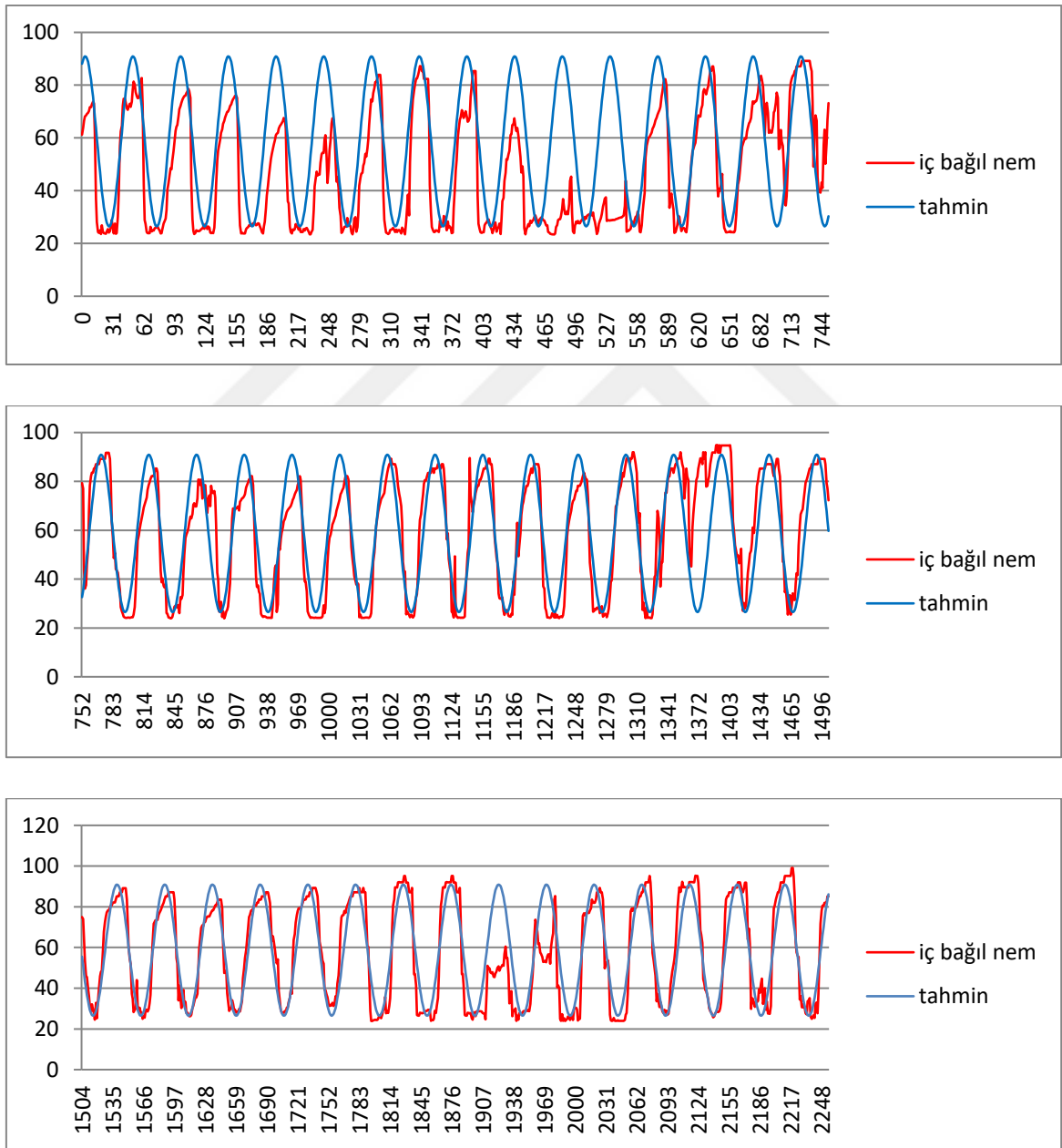
$$\hat{y}_{25} = 58.705 + 29.393 * (-0.991) + 13.219 * (-0.131)$$

$$\hat{y}_{25} = 27.838 \text{ olarak bulunur.}$$

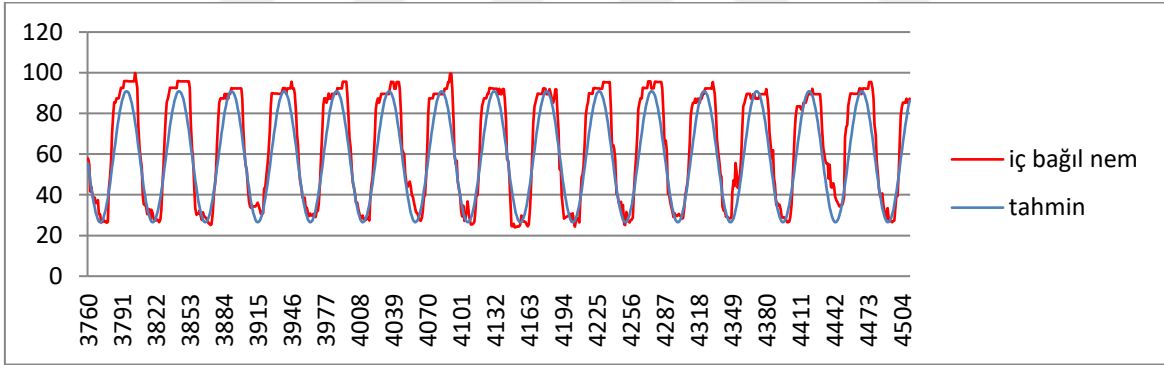
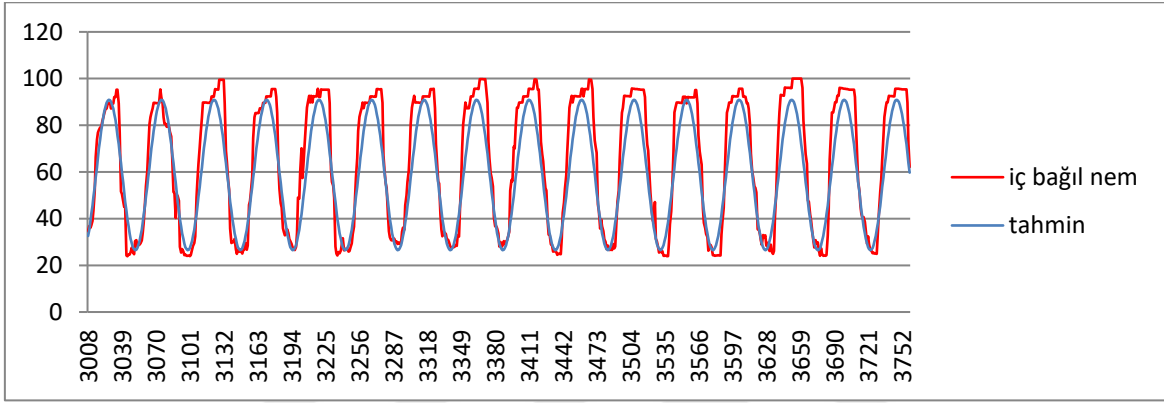
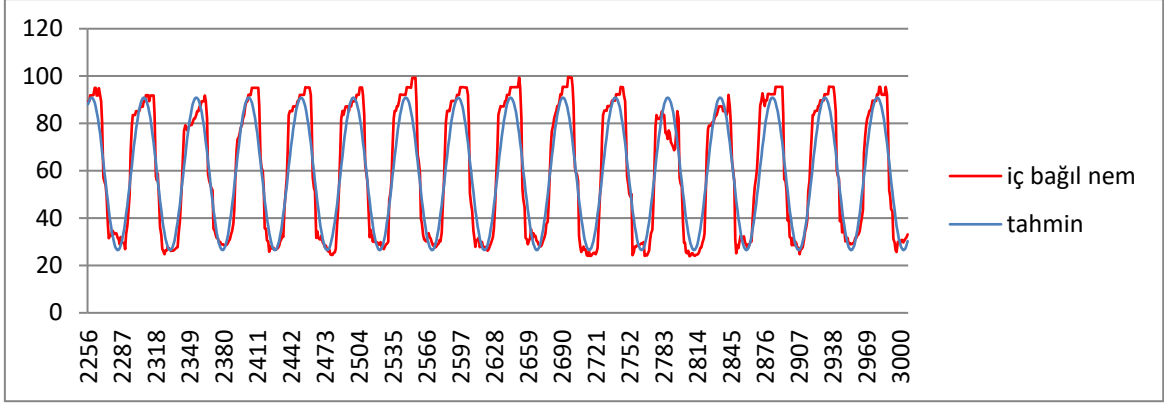
Yani sera içinde 14.5.2011 tarihinde saat 12:30 için tahmin edilen sera içi bağıl nem (%) miktarı 27.838'dir.

Sera içi 4512 adet bağıl nem verileri gözlenen ve tahmin eşitliği ile elde edilen tahmin değerlerine ait grafik 6 eş parçada verilmiştir (Şekil 4.1).

Tüm sera içi bağıl nem verilerden elde edilen tahmin grafiğinde, ilk parçada ölçüm verilerine göre biraz yüksek tahmin elde edilmiştir. Özellikle de $t=460-550$; 1910-1934; 1962-1976 arasında gözlenen bağıl nem düzeyleri düşük gerçekleşmiştir. Bu durum havanın normalden kuru olduğunu göstermektedir. Bunun dışında sera içi bağıl nem ve tahmin grafiğinin uyumu iyi görülmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Gözlenen ve tahmin edilen sera içi bağıl nem grafiği ($t=\{0-2555$; 14.5.2011- 29.6.2011; 00:00-23:30} aralığı)



Şekil 4.1. Gözlenen ve tahmin edilen sera içi bağıl nem grafiği (Devam), ($t=\{2556-4511; 30.06.2011-15.8.2011; 00:00-23:30\}$ aralığı)

Sera içi bağıl nem için parametrelerin tahminleri, standart hatalar, t istatistiği ve anlamlılık olasılıkları Çizelge 4.2' de özetlenmiştir.

Çizelge 4.2. Sera içi bağıl nem analiz sonuçları

Parametreler	Parametre tahmini	Tahminin standart hatası	t istatistiği	P anlamlılık
a_0	58.705	0.199	294.885	P <0.001
a_1	29.393	0.282	104.402	P <0.001
b_1	13.219	0.282	46.955	P <0.001

Sera içinde 14.5.2011-15.08.2011 tarihleri arasında günde her yarım saatte bir ölçülen bağıl nem (%) miktarına ait yapılan analizde Çizelge 4.2'deki çıkan sonuçlara göre; a_0 , a_1 , b_1 parametreleri sırasıyla 58.705; 29.393; 13.219 olarak tahmin edilmiştir. Parametrelerin anlamlılık testleri yapıldığında her üç parametrenin de istatistiksel olarak çok anlamlı (P<0.001) olduğu görülmüştür. Çizelge 4.3'te R , R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri özetlenmiştir.

Çizelge 4.3. Sera içi bağıl nem için R , R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri

R	R^2	\bar{R}^2	HKO
0.863	0.744	0.744	178.819

Çizelge 4.3'e göre yüksek bir R^2 değeri (0.744) elde edilmiştir. R^2 ve Şekil 4.1'deki grafik birlikte değerlendirildiğinde tahmin edilen eşitliğin sera içi bağıl nem verilerine iyi bir uyum sağladığı söylenebilir.

4.1.2. Sera içi sıcaklık verileri analizi

Parametre tahmini için 4512 adet sera içi sıcaklık verileri ve ara hesaplamalar Çizelge 4.4'te oluşturulmuştur. Elde edilen değerler parametre tahmin denkleminde (Eşitlik 3.8) yerine koyulup hesaplanmıştır.

Çizelge 4.4. Sera içi sıcaklık verileri, dönüşümler, ara hesaplamalar ve tahmin değerleri

Tarih (gün)	Saat	İç sıcaklık (y_i)	t_i	θ_i	$\cos \theta_i$	$\sin \theta_i$	$y_i \cos \theta_i$	$y_i \sin \theta_i$	İç sıcaklık tahmini \hat{y}_i
14.5.2011	00:00	9.82	0	0	1	0	9.820	0	20.427
14.5.2011	00:30	9.82	1	$\pi/24$	0.991	0.131	9.736	1.282	19.931
14.5.2011	01:00	9.42	2	$\pi/12$	0.966	0.259	9.099	2.438	19.592
14.5.2011	01:30	9.82	3	$\pi/8$	0.924	0.383	9.072	3.758	19.415
14.5.2011	02:00	9.42	4	$\pi/6$	0.866	0.500	8.158	4.710	19.403
14.5.2011	02:30	9.03	5	$5\pi/24$	0.793	0.609	7.164	5.497	19.558
14.5.2011	03:00	8.63	6	$\pi/4$	0.707	0.707	6.102	6.102	19.875
14.5.2011	03:30	8.23	7	$7\pi/24$	0.609	0.793	5.010	6.529	20.350
14.5.2011	04:00	8.23	8	$\pi/3$	0.500	0.866	4.115	7.127	20.974
14.5.2011	04:30	7.83	9	$9\pi/24$	0.383	0.924	2.996	7.234	21.737
...
15.8.2011	21:30	39.93	4507	$4507\pi/24$	0.609	-0.793	21.516	-16.510	24.875
15.8.2011	22:00	38.69	4508	$1127\pi/6$	0.707	-0.707	22.811	-13.170	23.771
15.8.2011	22:30	39.33	4509	$1503\pi/8$	0.793	-0.609	24.335	-10.080	22.758
15.8.2011	23:00	39.58	4510	$2255\pi/12$	0.866	-0.500	25.066	-6.716	21.853
15.8.2011	23:30	38.50	4511	$4511\pi/24$	0.924	-0.383	25.728	-3.387	21.071
Toplam		131238.94					-19536.1	-9853.79	

Eşitlik 3.8'deki formüller kullanılarak, hesaplama yapılmak istendiğinde sera içi sıcaklık için parametre tahminleri aşağıdaki gibi bulunabilir;

$$\hat{a}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i = \frac{131238.94}{4512} = 29.087$$

$$\hat{a}_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \cos k\theta_i = \frac{2}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i \cos \theta_i = \frac{2 \cdot -19536.1}{4512} = -8.66$$

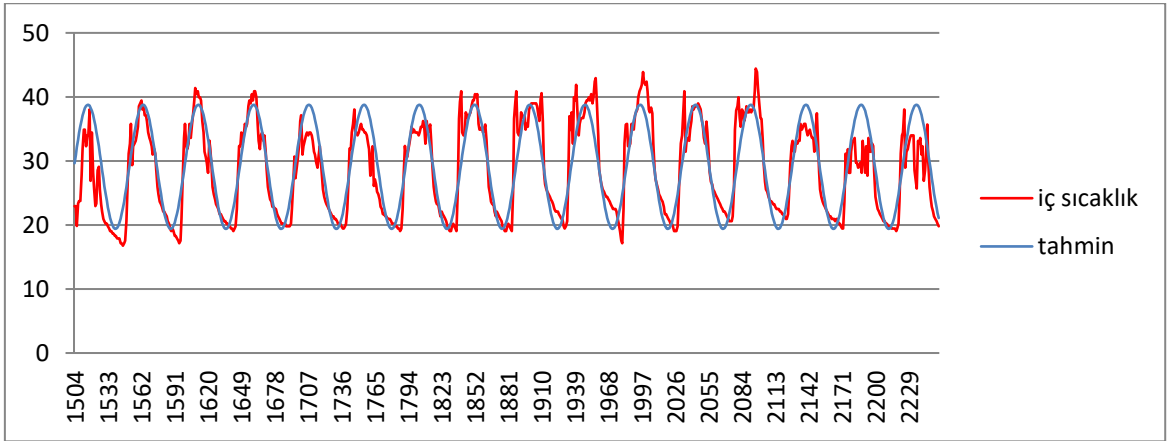
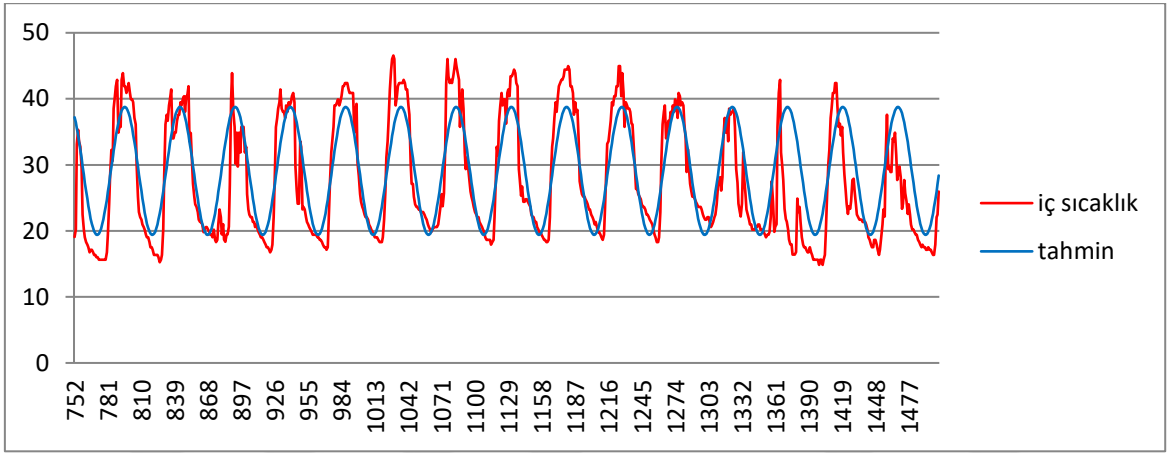
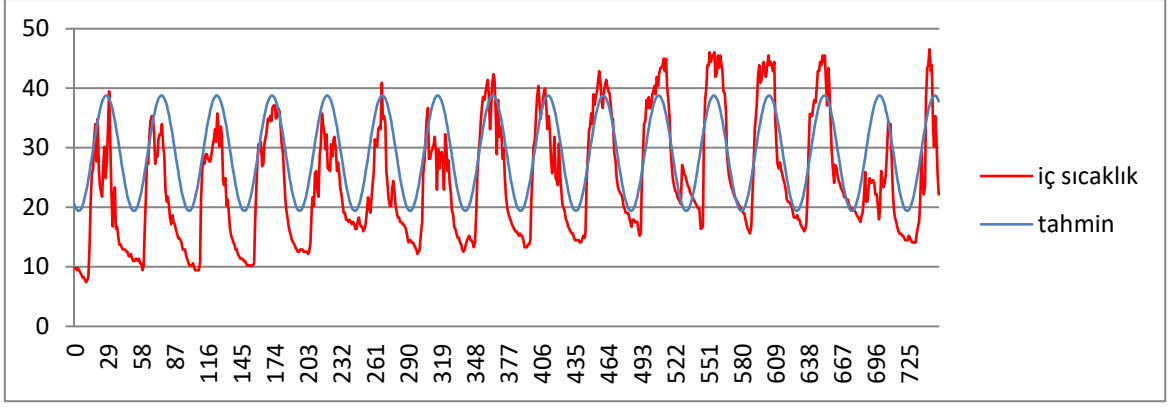
$$\hat{b}_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \sin k\theta_i = \frac{2}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i \sin \theta_i = \frac{2 \cdot -9853.79}{4512} = -4.368$$

Parametre tahminleri $\hat{y}_i = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 \cos \theta_i + \hat{b}_1 \sin \theta_i$ formülünde yerine koyulursa sera içi sıcaklık için sinüzoidal eğrinin tahmin eşitliği bulunur. Tahmin eşitliği;

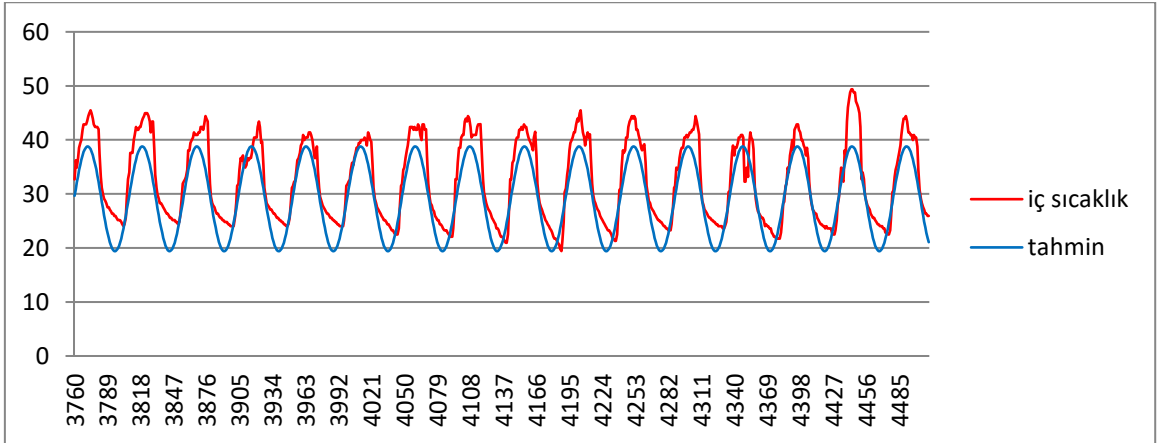
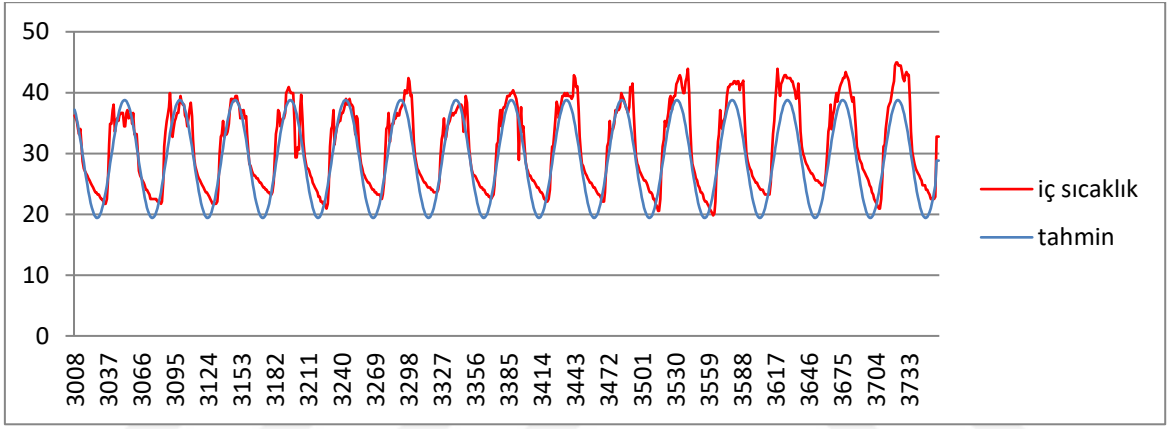
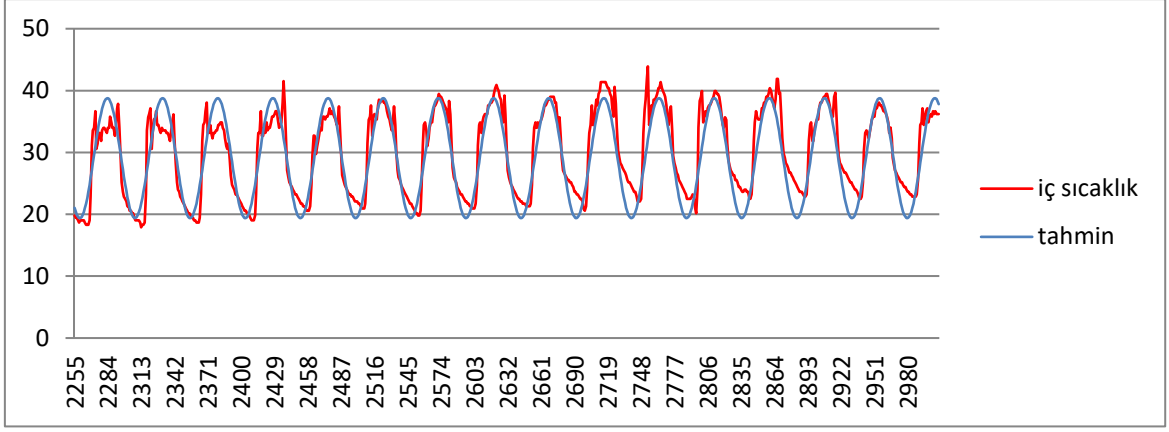
$$\hat{y}_{i\text{sıcaklık}} = 29,087 - 8.66 \cos \theta - 4.398 \sin \theta \text{ şeklindedir.}$$

Sera içi 4512 adet sıcaklık verileri gözlenen ve tahmin eşitliği ile elde edilen tahmin değerlerine ait grafik 6 eş parçada verilmiştir (Şekil 4.2).

t=0-348 noktaları arasında gözlenen sıcaklıklar tahminlerden daha düşük gerçekleşmektedir. Özellikle minimum sıcaklık noktaları arasındaki gözlenen ve tahmin farkları daha yüksektir. t=348-440 noktaları arasında ise yalnızca düşük sıcaklıklarda gözlenen tahmin farkları bir miktar yüksek olup diğer noktalarda daha iyi uyum gözlenmektedir. t=2335. noktadan itibaren günün en düşük sıcaklıklarında bir miktar gözlenen-tahmin farkları söz konusudur. Genel olarak minimum tahminler minimum gözlemlerden daha düşük sıcaklıkları göstermektedir. Tahminler ile gözlemlerin genel uyumuna bakılırsa iyi bir uyum olduğu söylenebilir ($R^2 = 0.670$).



Şekil 4.2. Gözlenen ve tahmin edilen sera içi sıcaklık grafiği ($t=\{0-2555; 14.5.2011-29.6.2011; 00:00-23:30\}$ aralığı)



Şekil 4.2. Gözlenen ve tahmin edilen sera içi sıcaklık grafiği (Devam), ($t=\{2556-4511;$
30.06.2011-15.8.2011; 00:00-23:30} aralığı)

Sera içi sıcaklık için parametre tahmini, standart hata, t istatistiği ve anlamlılık olasılıkları Çizelge 4.5'te özetlenmiştir.

Çizelge 4.5. Sera içi sıcaklık analiz sonuçları

Parametreler	Parametre tahmini	Tahminin standart hatası	t istatistiği	P anlamlılık
a_0	29.087	0.072	405.402	P < 0.001
a_1	-8.660	0.101	-85.345	P < 0.001
b_1	-4.368	0.101	-43.047	P < 0.001

Sera içinde 14.5.2011-15.08.2011 tarihleri arasında günde her yarım saatte bir ölçülen sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) miktarına ait yapılan analizde Çizelge 4.5'teki çıkan sonuçlara göre; a_0 , a_1 , b_1 parametreleri sırasıyla 29.087; -8.66; -4.368 olarak tahmin edilmiştir. Parametrelerin anlamlılık testleri yapıldığında her üç parametrenin de istatistiksel olarak çok anlamlı (P<0.001) olduğu görülmüştür. Çizelge 4.6'da R, R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri özetlenmiştir.

Çizelge 4.6. Sera içi sıcaklık için R, R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri

R	R^2	\bar{R}^2	HKO
0.818	0.670	0.669	23.227

Çizelge 4.6'ya göre nispeten yüksek bir R^2 değeri (0.670) elde edilmiştir. R^2 ve Şekil 4.2'deki grafik birlikte değerlendirildiğinde tahmin edilen eşitliğin sera içi sıcaklık verilerine iyi bir uyum sağladığı söylenebilir.

4.1.3. Sera içi radyasyon verileri analizi

Parametre tahmini için 4512 adet sera içi radyasyon verileri ve ara hesaplamalar Çizelge 4.7'de oluşturulmuştur. Elde edilen değerler parametre tahmin denkleminde (Eşitlik 3.8) yerine koyulup hesaplanmıştır.

Çizelge 4.7. Sera içi radyasyon verileri, dönüşümler, ara hesaplamalar ve tahmin değerleri

Tarih (gün)	Saat	İç radyasyon (y_i)	t_i	θ_i	$\cos \theta_i$	$\sin \theta_i$	$y_i \cos \theta_i$	$y_i \sin \theta_i$	İç radyasyon tahmini \hat{y}_i
14.5.2011	00:00	0	0	0	1	0	0	0	-128.375
14.5.2011	00:30	0	1	$\pi/24$	0.991	0.131	0	0	-115.117
14.5.2011	01:00	0	2	$\pi/12$	0.966	0.259	0	0	-94.909
...
29.6.2011	7:30	465	2223	$2223\pi/24$	-0.383	0.924	-177.948	429.604	416.317
29.6.2011	8:00	511	2224	$2224\pi/24$	-0.500	0.866	-255.500	442.539	452.273
29.6.2011	8:30	563	2225	$2225\pi/24$	-0.609	0.793	-342.733	446.658	484.479
29.6.2011	9:00	600	2226	$2226\pi/24$	-0.707	0.707	-424.264	424.264	512.382
29.6.2011	9:30	634	2227	$2227\pi/24$	-0.793	0.609	-502.986	385.955	535.506
29.6.2011	10:00	665	2228	$2228\pi/24$	-0.866	0.500	-575.907	332.500	553.455
29.6.2011	10:30	675	2229	$2229\pi/24$	-0.924	0.383	-623.619	258.311	565.921
29.6.2011	11:00	688	2230	$2230\pi/24$	-0.966	0.259	-664.557	178.068	572.692
...
15.8.2011	22:30	0	4509	$1503\pi/8$	0.793	-0.609	0	0	-124.806
15.8.2011	23:00	0	4510	$2255\pi/12$	0.866	-0.500	0	0	-133.262
15.8.2011	23:30	0	4511	$4511\pi/24$	0.924	-0.383	0	0	-134.459
Toplam		1051529					-757412	133781.2	

Eşitlik 3.8'deki formüller kullanılarak, hesaplama yapılmak istendiğinde sera içi radyasyon için parametre tahminleri aşağıdaki gibi bulunabilir;

$$\hat{a}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i = \frac{1051529}{4512} = 233.052$$

$$\hat{a}_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \cos k\theta_i = \frac{2}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i \cos \theta_i = \frac{2 \cdot -757412}{4512} = -335.732$$

$$\hat{b}_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \sin k\theta_i = \frac{2}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i \sin \theta_i = \frac{2 \cdot 133781.2}{4512} = 59.300$$

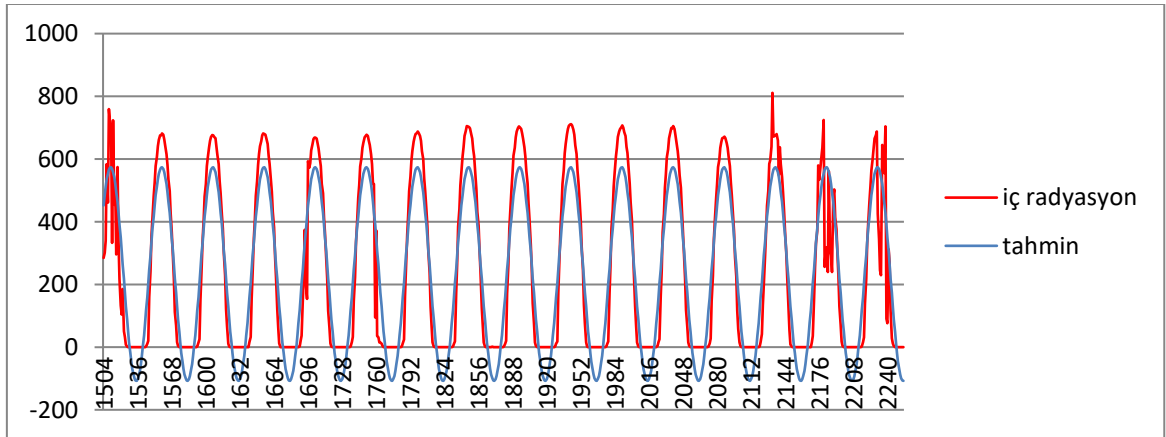
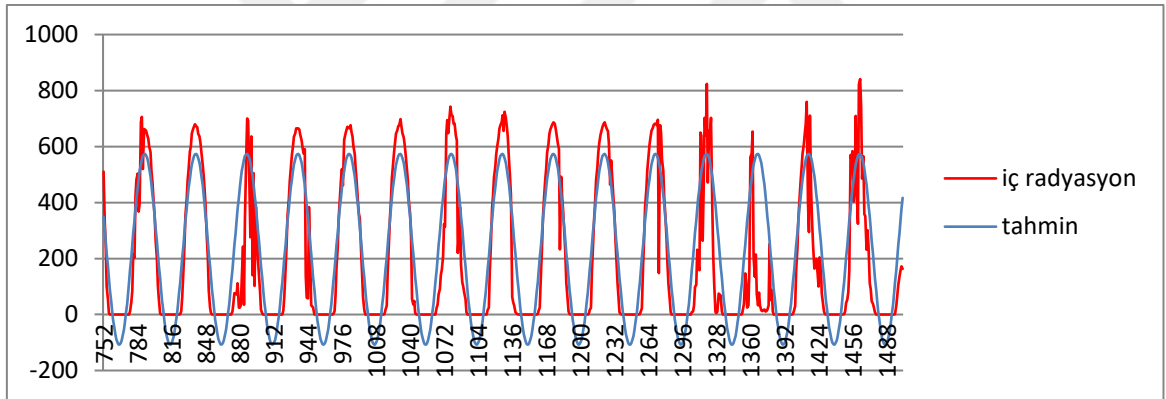
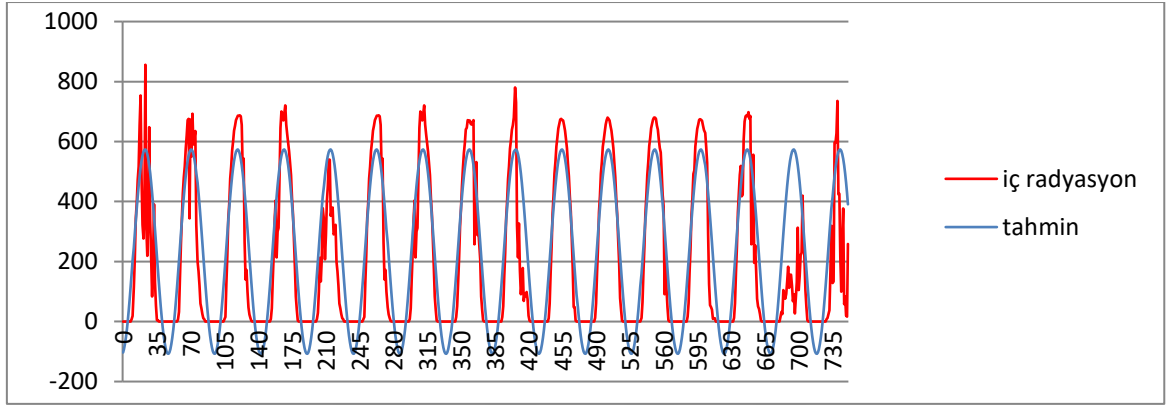
Parametre tahminleri $\hat{y}_i = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 \cos \theta_i + \hat{b}_1 \sin \theta_i$ formülünde yerine koyulursa sera içi radyasyon için sinüzoidal eğrinin tahmin eşitliği bulunur. Tahmin eşitliği;

$$\hat{y}_{\text{içradyasyon}} = 233.052 - 335.732 \cos \theta + 59.300 \sin \theta \text{ şeklindedir.}$$

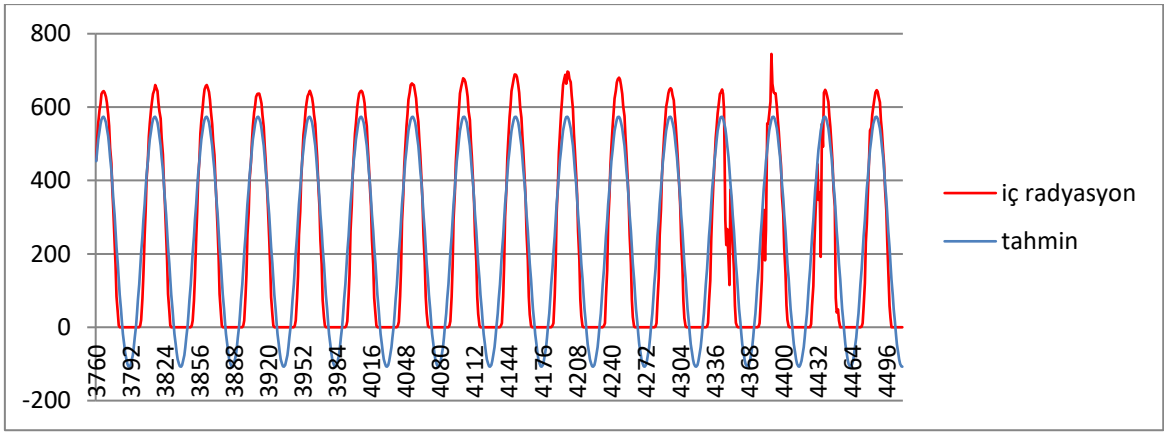
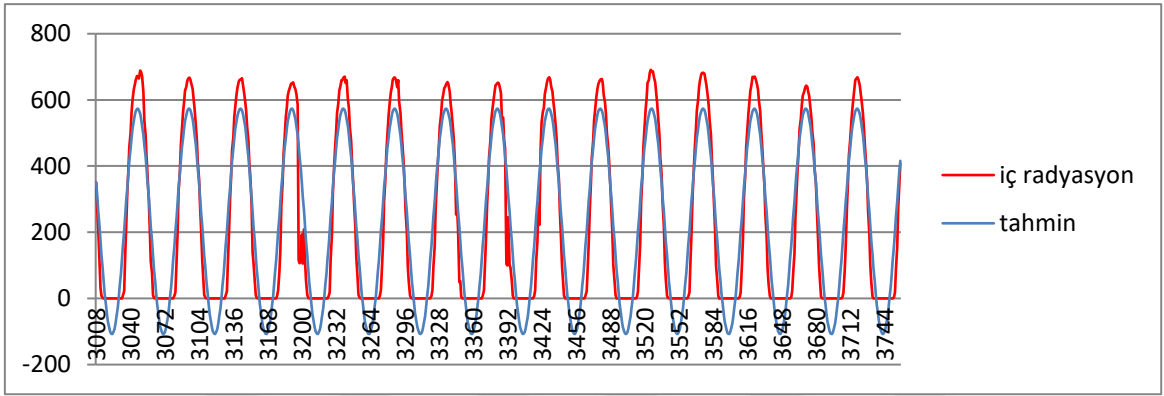
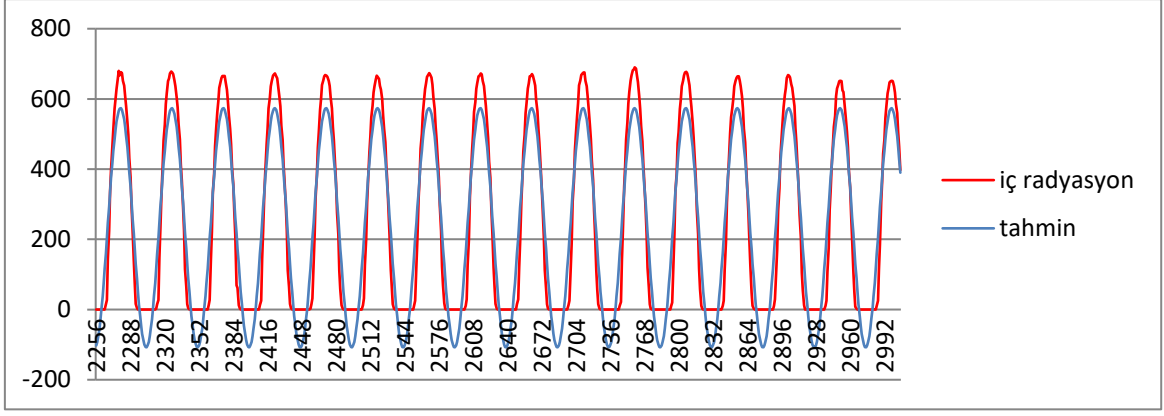
Sera içi 4512 adet radyasyon verileri gözlenen ve tahmin eşitliği ile elde edilen tahmin değerlerine ait grafik 6 eş parçada verilmiştir (Şekil 4.3).

Şekil 4.3 incelendiğinde tüm sera içi radyasyon verilerden elde edilen tahmin grafiğinde, ilk parçanın sondan ikinci periyodunda ölçüm verilerine göre biraz yüksek tahmin elde edilmiştir. Bu durum sıcaklıktaki ani düşüşten kaynaklanmaktadır. Aslında

beklenen de tahmin değeri civarında olup, o günkü hava şartlarına göre ekstrem bir durum gerçekleşmiştir. Bunun dışında periyotların üst noktalarında biraz düşük tahmin elde edilmiştir. Ayrıca gece güneş batımından sonra radyasyonun sıfır olacağı da unutulmamalıdır. Bu nedenle tahmin denkleminin negatif değerleri göz ardı edilmeli ve sıfır kabul edilmelidir. Bunun dışında gece ve öğle arasındaki değerlerde sera içi radyasyon ve tahmin grafiğinin uyumu oldukça iyi görülmektedir ($R^2= 0.830$).



Şekil 4.3. Gözlenen ve tahmin edilen sera içi radyasyon grafiği ($t=\{0-2555; 14.5.2011-29.6.2011; 00:00-23:30\}$ aralığı)



Şekil 4.3. Gözlenen ve tahmin edilen sera içi radyasyon grafiği (Devam), ($t=\{2556-4511; 30.06.2011-15.8.2011; 00:00-23:30\}$ aralığı)

Sera içi radyasyon için parametre tahmini, standart hata, t istatistiği ve anlamlılık olasılıkları Çizelge 4.8’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.8. Sera içi radyasyon analiz sonuçları

Parametreler	Parametre tahmini	Tahminin standart hatası	t istatistiği	P anlamlılık
a_0	233.052	1.627	143.246	P < 0.001
a_1	-335.732	2.301	-145.918	P < 0.001
b_1	59.300	2.301	25.774	P < 0.001

Sera içinde 14.5.2011-15.08.2011 tarihleri arasında günde her yarım saatte bir ölçülen radyasyon (m/w^2) miktarına ait yapılan analizde Çizelge 4.3’teki çıkan sonuçlara göre; a_0 , a_1 , b_1 parametreleri sırasıyla 233.052; -335.732; 59.300 olarak tahmin edilmiştir. Parametrelerin anlamlılık testleri yapıldığında her üç parametrenin de istatistiksel olarak çok anlamlı ($P < 0.001$) olduğu görülmüştür. Çizelge 4.9’da R , R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri özetlenmiştir.

Çizelge 4.9. Sera içi radyasyon için R , R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri

R	R^2	\bar{R}^2	HKO
0.911	0.830	0.830	11942.789

Çizelge 4.9’a göre yüksek bir R^2 değeri (0.830) elde edilmiştir. R^2 ve Şekil 4.3’teki grafik birlikte değerlendirildiğinde tahmin edilen eşitliğin sera içi radyasyon verilerine oldukça iyi bir uyum sağladığı söylenebilir.

Çizelge 4.10. Sera içi veriler için bulunan tahmin eşitlikleri

İç bağıl nem (%)	$\hat{y}_{i\text{bağılnem}} = 58.705 + 29.393 \cos \theta + 13.219 \sin \theta$
İç sıcaklık (°C)	$\hat{y}_{i\text{sıcaklık}} = 29.087 - 8.66 \cos \theta - 4.398 \sin \theta$
İç radyasyon (m/w ²)	$\hat{y}_{i\text{radyasyon}} = 233.052 - 335.732 \cos \theta + 59.300 \sin \theta$

Sera içi sıcaklık, sera içi bağıl nem ve sera içi radyasyon için tahmin eşitlikleri Çizelge 4.10’da bir arada verilmiştir.

4.2. Sera Dışı Verilerin Analizleri

4.2.1. Sera dışı bağıl nem verileri analizi

Parametre tahmini için 4512 adet sera dışı bağıl nem verileri ve ara hesaplamalar Çizelge 4.11’de oluşturulmuştur. Elde edilen değerler parametre tahmin denkleminde (Eşitlik 3.8) yerine koyulup hesaplanmıştır.

Çizelge 4.11. Sera dışı bağıl nem verileri, dönüşümler, ara hesaplamalar ve tahmin değerleri

Tarih (gün)	Saat	Dış bağıl nem (y_i)	t_i	θ_i	$\cos \theta_i$	$\sin \theta_i$	$y_i \cos \theta_i$	$y_i \sin \theta_i$	Dış bağıl nem tahmini \hat{y}_i
14.5.2011	00:00	98	0	0	1	0	98	0	81.215
14.5.2011	00:30	99	1	$\pi/24$	0.991	0.131	98.153	12.922	81.767
14.5.2011	01:00	99	2	$\pi/12$	0.966	0.259	95.627	25.623	81.99
14.5.2011	01:30	99	3	$\pi/8$	0.924	0.383	91.464	37.886	81.878
14.5.2011	02:00	99	4	$\pi/6$	0.866	0.500	85.737	49.5	81.435
14.5.2011	02:30	99	5	$5\pi/24$	0.793	0.609	78.542	60.267	80.667
14.5.2011	03:00	99	6	$\pi/4$	0.707	0.707	70.004	70.004	79.589
14.5.2011	03:30	99	7	$7\pi/24$	0.609	0.793	60.267	78.542	78.218
14.5.2011	04:00	99	8	$\pi/3$	0.500	0.866	49.5	85.737	76.577
14.5.2011	04:30	99	9	$9\pi/24$	0.383	0.924	37.886	91.464	74.696
...
15.8.2011	21:30	71	4507	$4507\pi/24$	0.609	-0.793	56.328	-43.222	74.023
15.8.2011	22:00	72	4508	$1127\pi/6$	0.707	-0.707	62.354	-36	75.977
15.8.2011	22:30	73	4509	$1503\pi/8$	0.793	-0.609	67.443	-27.936	77.701
15.8.2011	23:00	72	4510	$2255\pi/12$	0.866	-0.500	69.547	-18.635	79.165
15.8.2011	23:30	74	4511	$4511\pi/24$	0.924	-0.383	73.367	-9.659	80.343
Toplam		281941					42251.02	12311.67	

Eşitlik 3.8'deki formüller kullanılarak, hesaplama yapılmak istendiğinde sera dışı bağıl nem için parametre tahminleri aşağıdaki gibi bulunabilir;

$$\hat{a}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i = \frac{281941}{4512} = 62.487$$

$$\hat{a}_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \cos k\theta_i = \frac{2}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i \cos \theta_i = \frac{2 * 42251.02}{4512} = 18.728$$

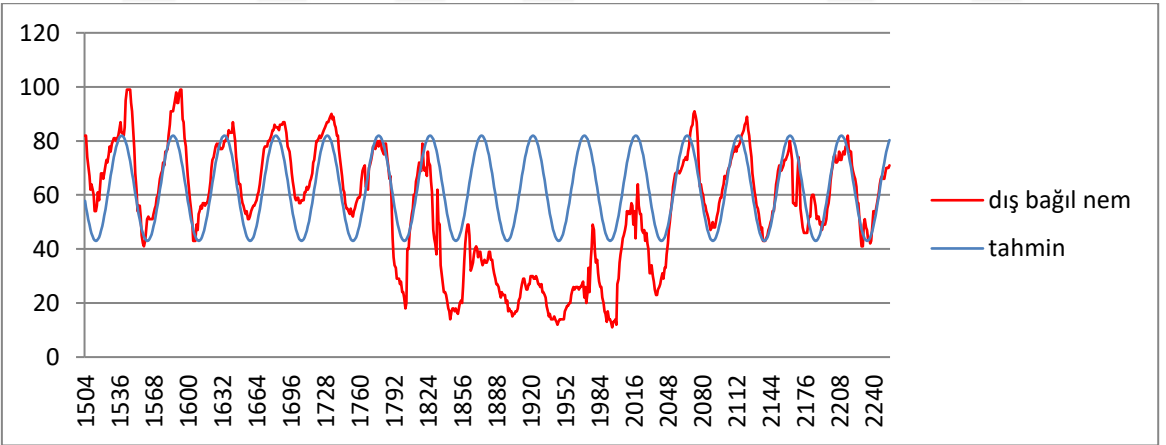
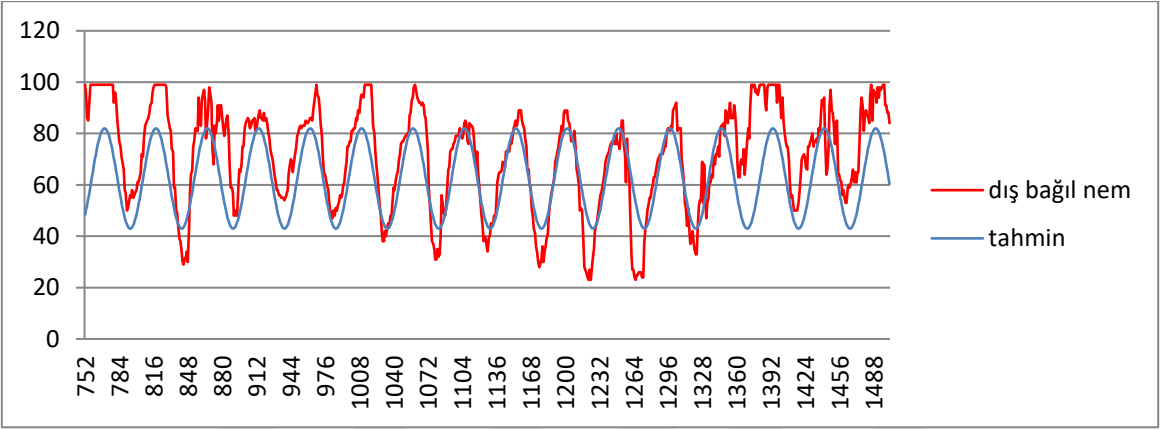
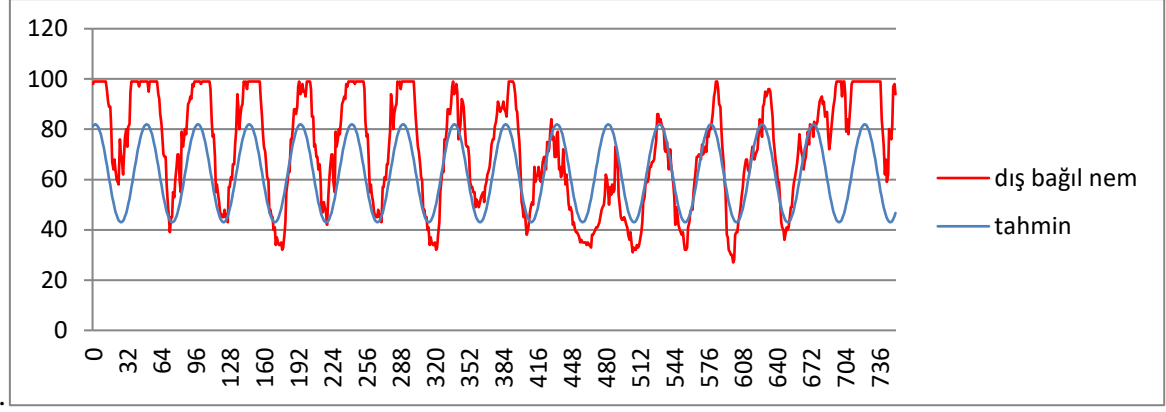
$$\hat{b}_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \sin k\theta_i = \frac{2}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i \sin \theta_i = \frac{2 * 12311.67}{4512} = 5.457$$

Parametre tahminleri $\hat{y}_i = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 \cos \theta_i + \hat{b}_1 \sin \theta_i$ formülünde yerine koyulursa sera dışı bağıl nem için sinüzoidal eğrinin tahmin eşitliği bulunur. Tahmin eşitliği;

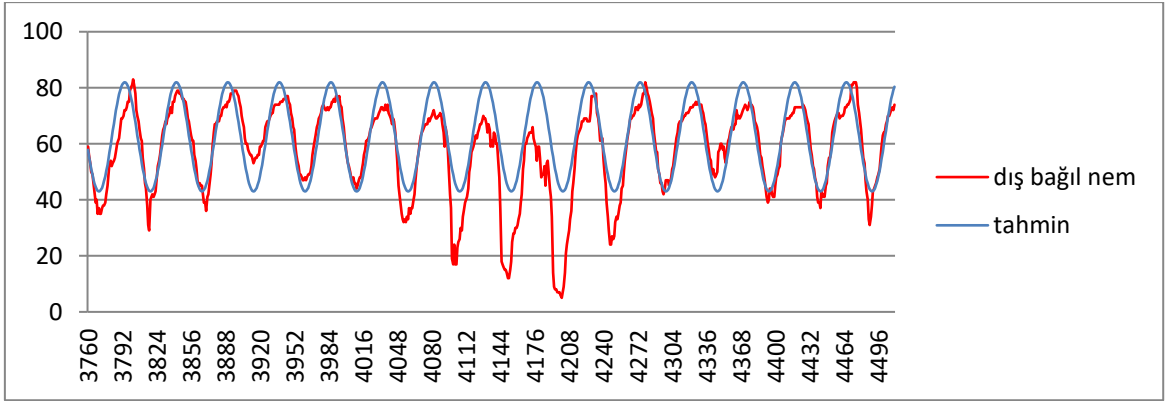
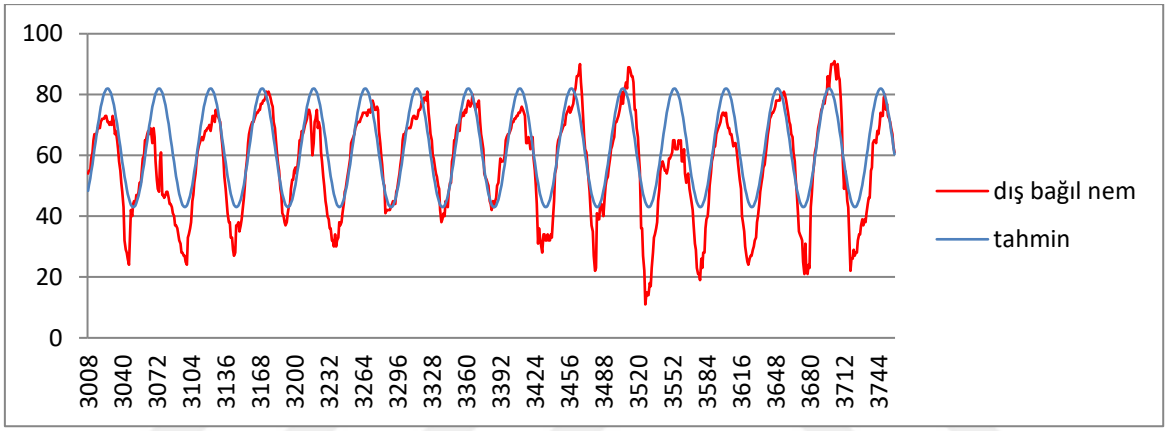
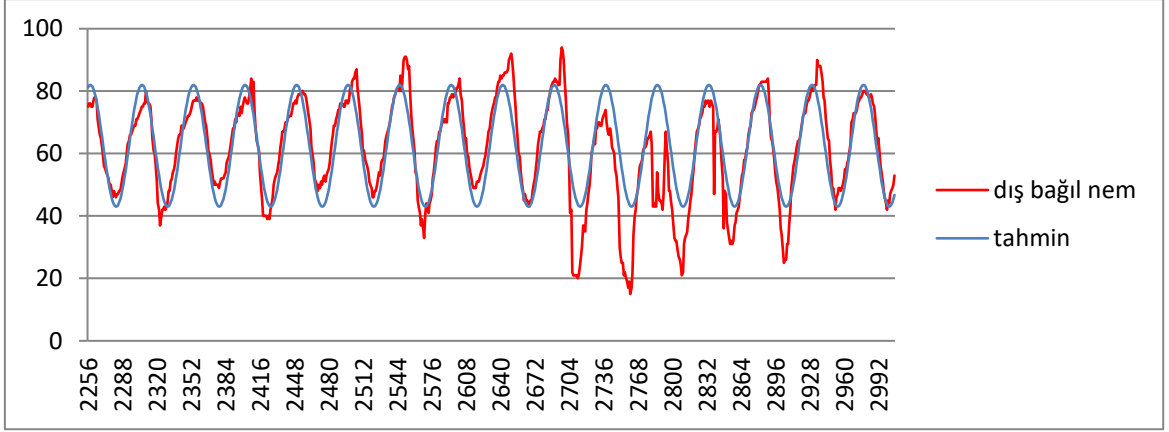
$$\hat{y}_{\text{dışbağılnem}} = 62.487 + 18.728 \cos \theta + 5.457 \sin \theta \text{ şeklindedir.}$$

Sera dışı 4512 adet bağıl nem verileri gözlenen ve tahmin eşitliği ile elde edilen tahmin değerlerine ait grafik 6 eş parçada verilmiştir (Şekil 4.4).

Tüm sera dışı bağıl nem verilerden elde edilen tahmin grafiğinde, determinasyon katsayısından da anlaşılacağı gibi orta düzey bir uyum sağlanmıştır ($R^2 = 0.470$). Bunun nedeni sera dışında kontrol edilemeyen iklim şartlarının geçerli olmasıdır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Gözlenen ve tahmin edilen sera dışı bağıl nem grafiği ($t=\{0-2555; 14.5.2011-29.6.2011; 00:00-23:30\}$ aralığı)



Şekil 4.4. Gözlenen ve tahmin edilen sera dışı bağıl nem grafiği (Devam), ($t = \{2556-4511; 30.06.2011-15.8.2011; 00:00-23:30\}$ aralığı)

Sera dışı bağıl nem için parametre tahmini, standart hata, t istatistiği ve anlamlılık olasılıkları Çizelge 4.12’ de özetlenmiştir.

Çizelge 4.12. Sera dışı bağıl nem analiz sonuçları

Parametreler	Parametre tahmini	Tahminin standart hatası	t istatistiği	P anlamlılık
a_0	62.487	0.217	288.060	P < 0.001
a_1	18.728	0.307	61.049	P < 0.001
b_1	5.457	0.307	17.789	P < 0.001

Sera dışında 14.5.2011-15.08.2011 tarihleri arasında günde her yarım saatte bir ölçülen bağıl nem (%) miktarına ait yapılan analizde Çizelge 4.12'deki çıkan sonuçlara göre; a_0 , a_1 , b_1 parametreleri sırasıyla 62.487; 18.728; 5.457 olarak tahmin edilmiştir. Tahmin denklemi;

$$\hat{y}_{\text{dışbağılnem}} = 62.487 + 18.728 \cos \theta + 5.457 \sin \theta \text{ şeklindedir.}$$

Parametrelerin anlamlılık testleri yapıldığında her üç parametrenin de istatistiksel olarak çok anlamlı (P<0.001) olduğu görülmüştür. Çizelge 4.13'te R, R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri özetlenmiştir.

Çizelge 4.13. Sera dışı bağıl nem için R, R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri

R	R^2	\bar{R}^2	HKO
0.688	0.473	0.473	212.315

Çizelge 4.13'e göre orta düzeyde bir R^2 değeri (0.473) elde edilmiştir. R^2 istatistiği uyum iyiliğinin belirlenmesinde her zaman tek başına yeterli olmayıp Şekil 4.4'teki gözlenen ve tahmin verilerine ait grafik incelendiğinde orta düzey bir uyum sağladığı söylenebilir. Ayrıca literatürde düşük uyum iyiliğine sahip araştırmalar da mevcuttur (Erdoğan, 2007; Çelik ve ark., 2014).

4.2.2. Sera dışı sıcaklık verileri analizi

Parametre tahmini için 4512 adet sera dışı sıcaklık verileri ve ara hesaplamalar Çizelge 4.14'te oluşturulmuştur. Elde edilen değerler parametre tahmin denkleminde (Eşitlik 3.8) yerine koyulup hesaplanmıştır.

Çizelge 4.14. Sera dışı sıcaklık verileri, dönüşümler, ara hesaplamalar ve tahmin değerleri

Tarih (gün)	Saat	Dış sıcaklık (y_i)	t_i	θ_i	$\cos \theta_i$	$\sin \theta_i$	$y_i \cos \theta_i$	$y_i \sin \theta_i$	Dış sıcaklık tahmini \hat{y}_i
14.5.2011	00:00	10.17	0	0	1	0	10.17	0	20.763
14.5.2011	00:30	9.94	1	$\pi/24$	0.991	0.131	9.855	1.297	20.503
14.5.2011	01:00	9.94	2	$\pi/12$	0.966	0.259	9.601	2.573	20.326
14.5.2011	01:30	10.17	3	$\pi/8$	0.924	0.383	9.396	3.892	20.233
14.5.2011	02:00	9.47	4	$\pi/6$	0.866	0.500	8.201	4.735	20.228
14.5.2011	02:30	9.24	5	$5\pi/24$	0.793	0.609	7.331	5.625	20.309
14.5.2011	03:00	8.53	6	$\pi/4$	0.707	0.707	6.032	6.032	20.476
14.5.2011	03:30	8.53	7	$7\pi/24$	0.609	0.793	5.193	6.767	20.725
14.5.2011	04:00	8.68	8	$\pi/3$	0.500	0.866	4.34	7.517	21.053
14.5.2011	04:30	7.83	9	$9\pi/24$	0.383	0.924	2.996	7.234	21.453
...
15.8.2011	21:30	26.03	4507	$4507\pi/24$	0.609	-0.793	20.651	-15.846	23.093
15.8.2011	22:00	25.79	4508	$1127\pi/6$	0.707	-0.707	22.335	-12.895	22.514
15.8.2011	22:30	25.79	4509	$1503\pi/8$	0.793	-0.609	23.827	-9.869	21.983
15.8.2011	23:00	25.79	4510	$2255\pi/12$	0.866	-0.500	24.911	-6.675	21.509
15.8.2011	23:30	25.32	4511	$4511\pi/24$	0.924	-0.383	25.103	-3.305	21.1
Toplam		114167.47					-10243.1	-5158.47	

Eşitlik 3.8'deki formüller kullanılarak, hesaplama yapılmak istendiğinde sera dışı sıcaklık için parametre tahminleri aşağıdaki gibi bulunabilir;

$$\hat{a}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i = \frac{114167.47}{4512} = 25.303$$

$$\hat{a}_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \cos k\theta_i = \frac{2}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i \cos \theta_i = \frac{2 \cdot -10243.1}{4512} = -4.540$$

$$\hat{b}_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \sin k\theta_i = \frac{2}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i \sin \theta_i = \frac{2 \cdot -5158.47}{4512} = -2.286$$

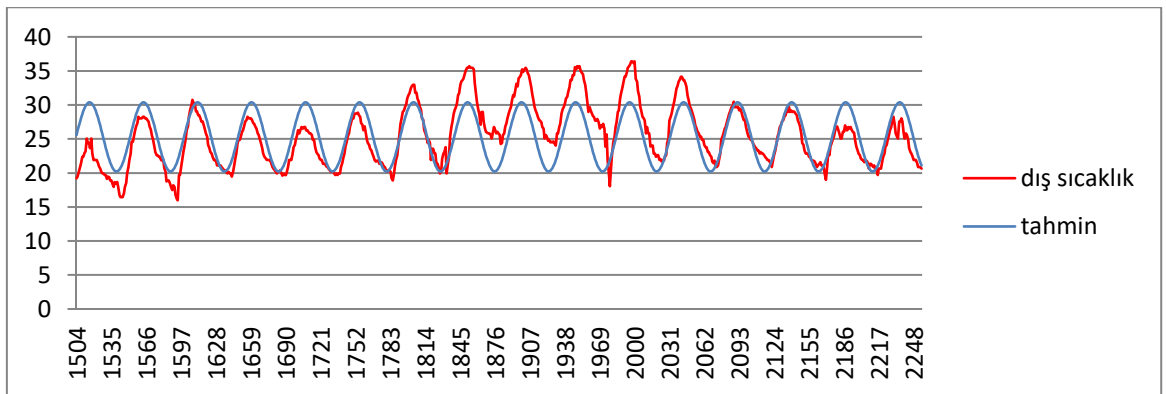
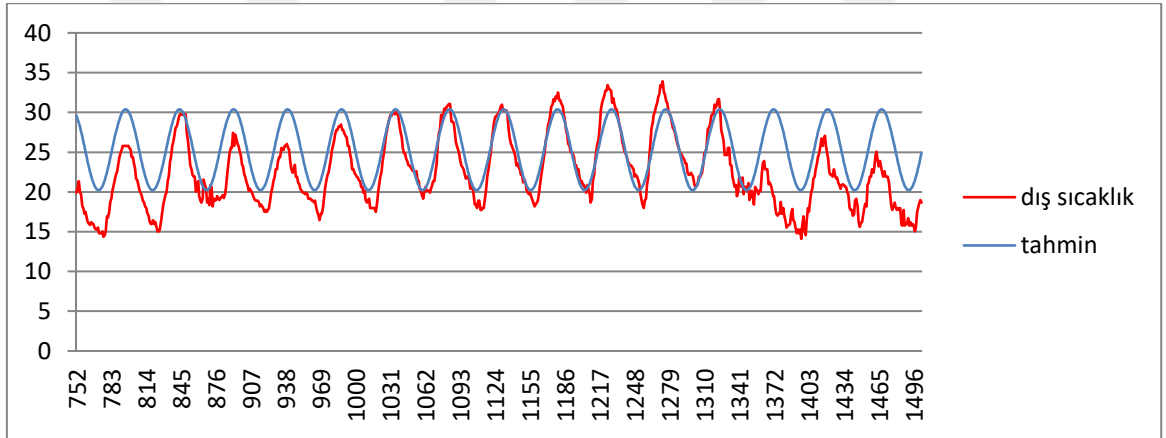
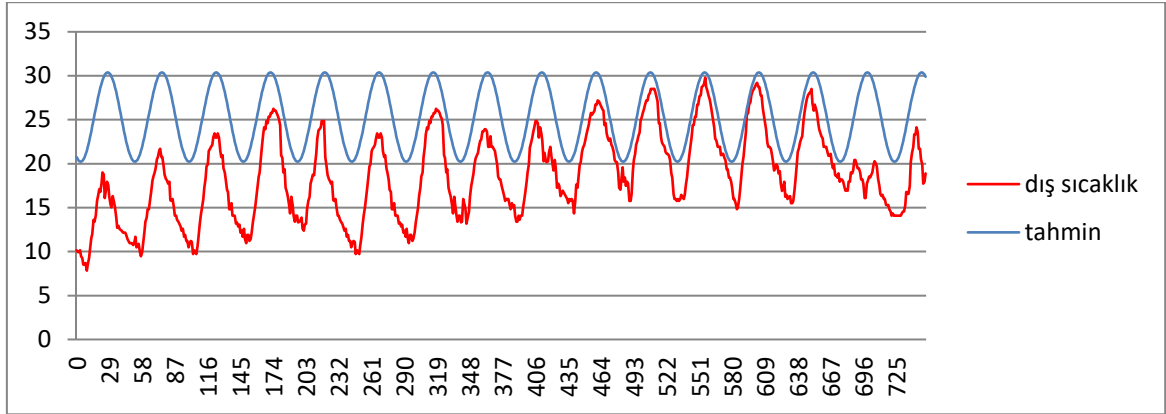
Parametre tahminleri $\hat{y}_i = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 \cos \theta_i + \hat{b}_1 \sin \theta_i$ formülünde yerine koyulursa sera dışı sıcaklık için sinüzoidal eğrinin tahmin eşitliği bulunur. Tahmin eşitliği;

$$\hat{y}_{\text{dışsıcaklık}} = 25.303 - 4.540 \cos \theta - 2.287 \sin \theta \text{ şeklindedir.}$$

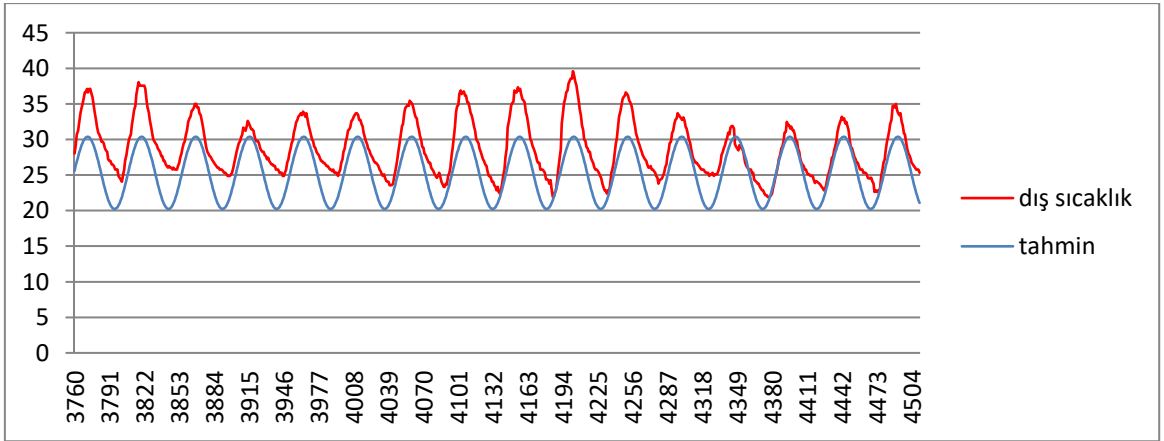
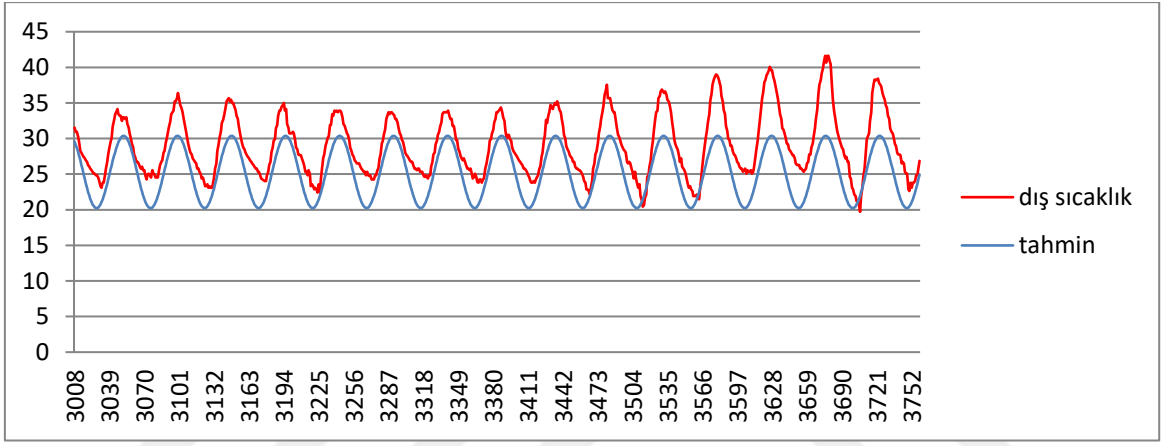
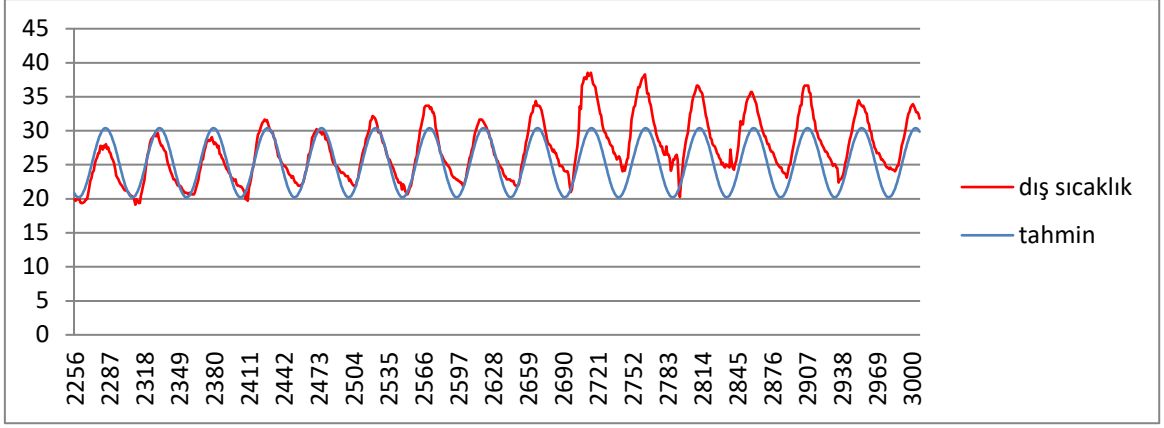
Sera dışı 4512 adet sıcaklık verileri gözlenen ve tahmin eşitliği ile elde edilen tahmin değerlerine ait grafik 6 eş parçada verilmiştir (Şekil 4.5).

Tüm sera dışı sıcaklık verilerden elde edilen tahmin grafiğinde, ilk parçada ölçüm verilerine göre biraz yüksek tahmin elde edilmiştir. Son iki parçada ise ölçüm verilerine göre biraz düşük tahmin elde edilmiştir. Bu durum mevsim değişikliğinden kaynaklanmaktadır. Arada kalan diğer parçalarda ise daha iyi uyum sağlandığı

görülmektedir. Sera dışında kontrol edilemeyen ani sıcaklık artış veya düşüşlerin olabileceği unutulmamalıdır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Gözlenen ve tahmin edilen sera dışı sıcaklık grafiği (t={0-2555; 14.5.2011-29.6.2011; 00:00-23:30} aralığı)



Şekil 4.5. Gözlenen ve tahmin edilen sera dışı sıcaklık grafiği (Devam), ($t=\{2556-4511; 30.06.2011-15.8.2011; 00:00-23:30\}$ aralığı)

Sera dışı sıcaklık için parametre tahmini, standart hata, t istatistiği ve anlamlılık olasılıkları Çizelge 4.15'te özetlenmiştir.

Çizelge 4.15. Sera dışı sıcaklık analiz sonuçları

Parametreler	Parametre tahmini	Tahminin standart hatası	t istatistiği	P anlamlılık
a_0	25.303	0.068	374.100	P < 0.001
a_1	-4.540	0.096	-47.467	P < 0.001
b_1	-2.287	0.096	-23.905	P < 0.001

Sera dışında 14.5.2011-15.08.2011 tarihleri arasında günde her yarım saatte bir ölçülen sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) miktarına ait yapılan analizde Çizelge 4.15'teki çıkan sonuçlara göre; a_0 , a_1 , b_1 parametreleri sırasıyla 25.303; -4.54; -2.287 olarak tahmin edilmiştir. Tahmin eşitliği;

$$\hat{y}_{\text{dışsıcaklık}} = 25.303 - 4.540 \cos \theta - 2.287 \sin \theta \text{ şeklindedir.}$$

Parametrelerin anlamlılık testleri bakıldığında her üç parametrenin de istatistiksel olarak çok anlamlı (P<0.001) olduğu görülmüştür. Çizelge 4.16'da R, R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri özetlenmiştir.

Çizelge 4.16. Sera dışı sıcaklık için R, R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri

R	R^2	\bar{R}^2	HKO
0.621	0.385	0.385	20.641

Çizelge 4.16'ya göre R^2 (0.385) değeri orta düzeyin altındadır. Ayrıca literatürde de düşük uyum iyiliğine sahip araştırmalar da mevcuttur (Erdoğan, 2007; Çelik ve ark., 2014). Çok değişken olan sera dışı sıcaklıkların elde edilen tahmin eşitliği ile kullanılmasında dikkatli olunmalıdır. Arzu edilirse geleceğe dair yaklaşık bir dış sıcaklık ön fikri amacıyla kullanılabilir.

4.2.3. Sera dışı radyasyon verileri analizi

Parametre tahmini için 4512 adet sera dışı radyasyon verileri ve ara hesaplamalar Çizelge 4.17’de oluşturulmuştur. Elde edilen değerler parametre tahmin denkleminde (Eşitlik 3.8) yerine koyulup hesaplanmıştır.

Çizelge 4.17. Sera dışı radyasyon verileri, dönüşümler, ara hesaplamalar ve tahmin değerleri

Tarih (gün)	Saat	Dış radyasyon (y_i)	t_i	θ_i	$\cos \theta_i$	$\sin \theta_i$	$y_i \cos \theta_i$	$y_i \sin \theta_i$	Dış radyasyon tahmini \hat{y}_i
14.5.2011	00:00	0	0	0	1	0	0	0	-128.375
14.5.2011	00:30	0	1	$\pi/24$	0.991	0.131	0	0	-115.117
14.5.2011	01:00	0	2	$\pi/12$	0.966	0.259	0	0	-94.909
...
29.6.2011	7:30	581	2223	$2223\pi/24$	-0.383	0.924	-222.339	536.774	519.941
29.6.2011	8:00	638	2224	$2224\pi/24$	-0.500	0.866	-319.000	552.524	564.855
29.6.2011	8:30	703	2225	$2225\pi/24$	-0.609	0.793	-427.959	557.727	605.082
29.6.2011	9:00	749	2226	$2226\pi/24$	-0.707	0.707	-529.623	529.623	639.936
29.6.2011	9:30	792	2227	$2227\pi/24$	-0.793	0.609	-628.336	482.139	668.819
29.6.2011	10:00	831	2228	$2228\pi/24$	-0.866	0.500	-719.667	415.500	691.237
29.6.2011	10:30	843	2229	$2229\pi/24$	-0.924	0.383	-778.830	322.602	706.808
29.6.2011	11:00	859	2230	$2230\pi/24$	-0.966	0.259	-829.730	222.326	715.263
...
15.8.2011	22:30	0	4509	$1503\pi/8$	0.793	-0.609	0	0	-124.806
15.8.2011	23:00	0	4510	$2255\pi/12$	0.866	-0.500	0	0	-133.262
15.8.2011	23:30	0	4511	$4511\pi/24$	0.924	-0.383	0	0	-134.459
Toplam		1312995					-946113	167152.1	

Eşitlik 3.8’deki formüller kullanılarak, hesaplama yapılmak istendiğinde sera dışı radyasyon için parametre tahminleri aşağıdaki gibi bulunabilir;

$$\hat{a}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i = \frac{1312995}{4512} = 291.001$$

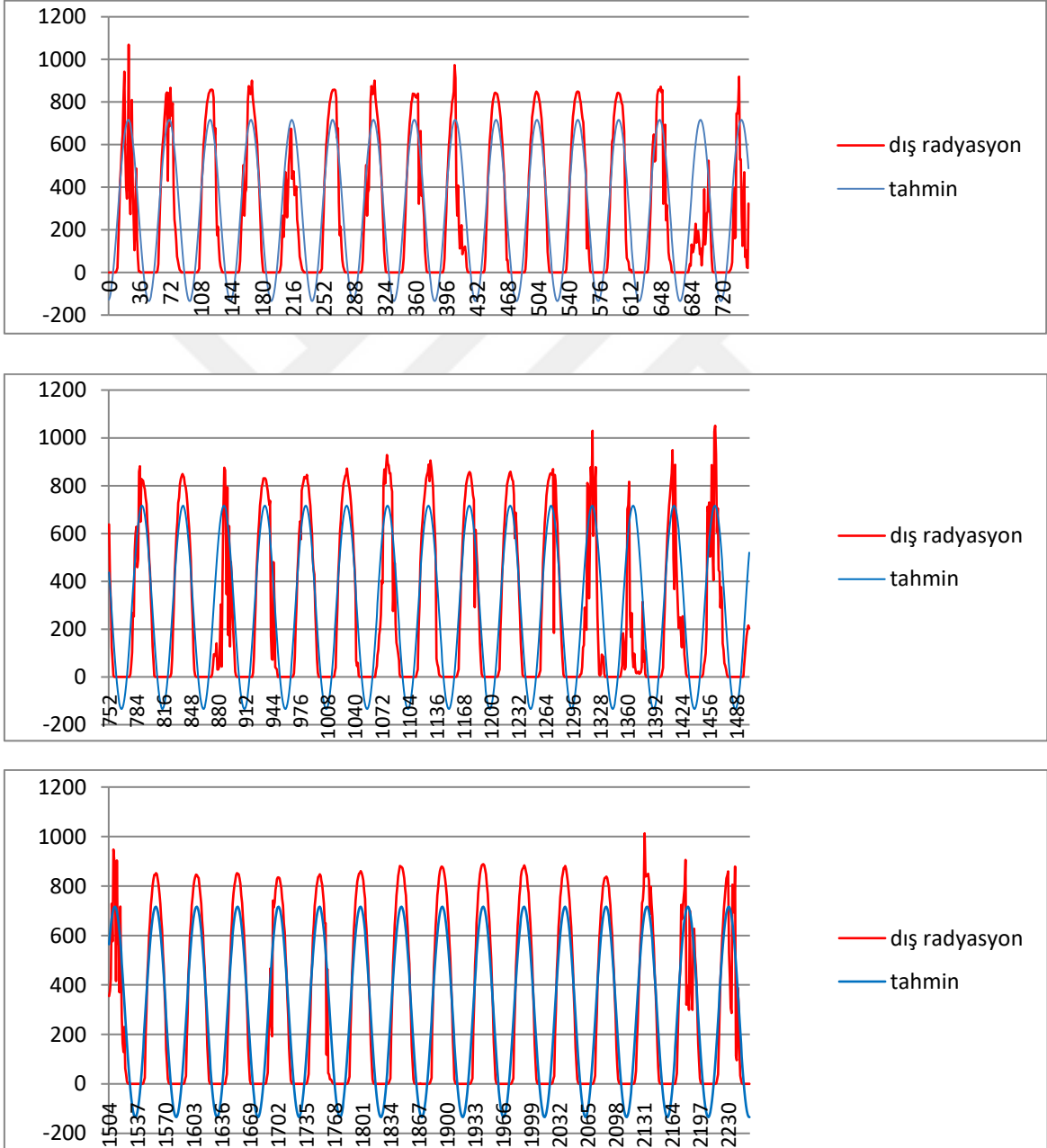
$$\hat{a}_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \cos k\theta_i = \frac{2}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i \cos \theta_i = \frac{2 * -946113}{4512} = -419.376$$

$$\hat{b}_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \sin k\theta_i = \frac{2}{4512} \sum_{i=1}^{4512} y_i \sin \theta_i = \frac{2 * 167152.1}{4512} = 74.092$$

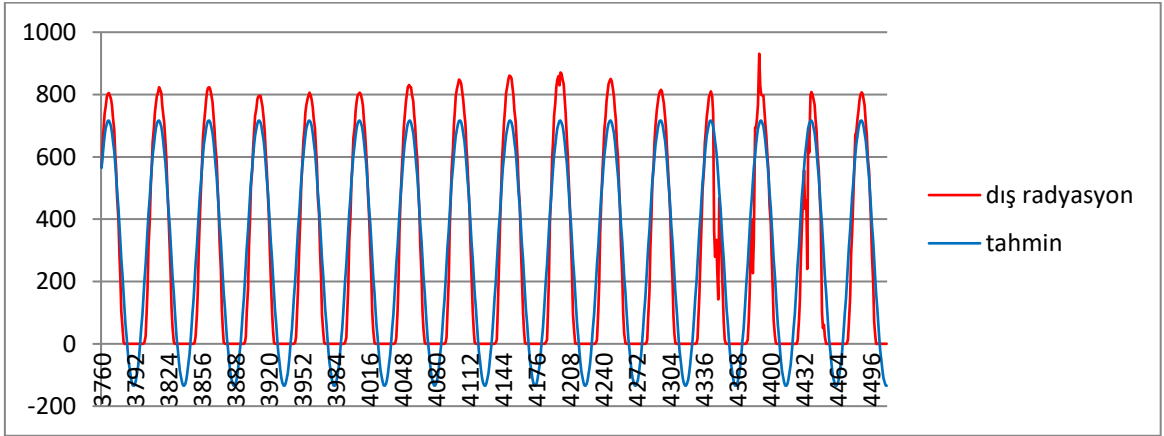
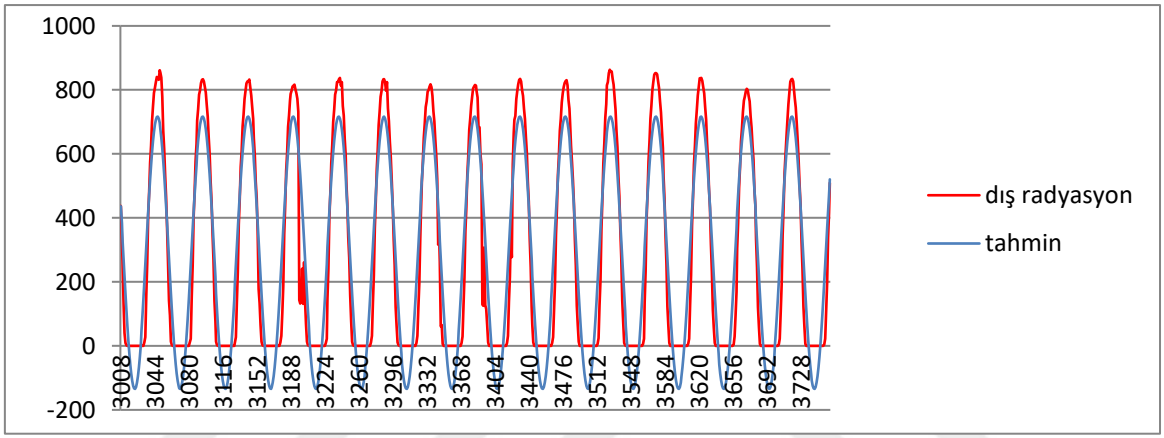
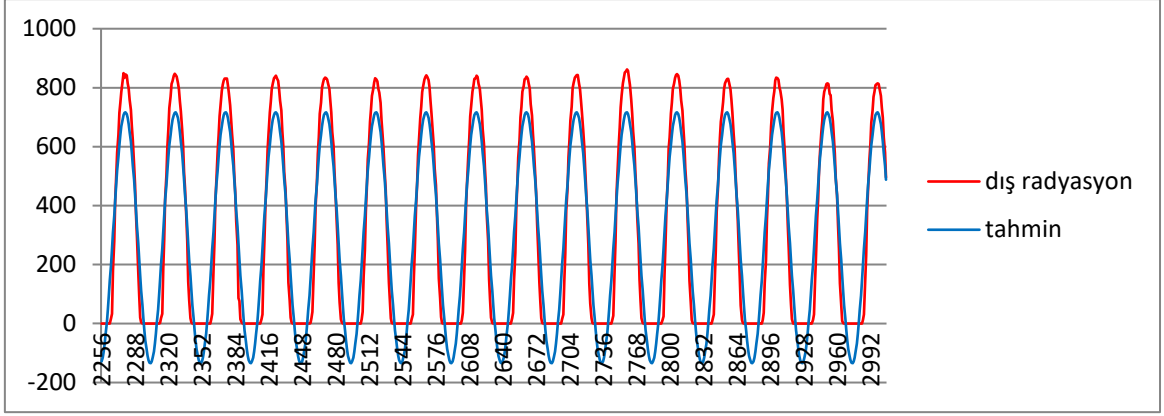
Parametre tahminleri $\hat{y}_i = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 \cos \theta_i + \hat{b}_1 \sin \theta_i$ formülünde yerine koyulursa sera dışı radyasyon için sinüzoidal eğrinin tahmin eşitliği bulunur. Tahmin eşitliği;

$$\hat{y}_{\text{dışradyasyon}} = 291.001 - 419.376 \cos \theta + 74.092 \sin \theta \text{ şeklindedir.}$$

Sera dışı 4512 adet radyasyon verileri gözlenen ve tahmin eşitliği ile elde edilen tahmin değerlerine ait grafik 6 eş parçada verilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Gözlenen ve tahmin edilen sera dışı radyasyon grafiği ($t=\{0-2555; 14.5.2011-29.6.2011; 00:00-23:30\}$ aralığı)



Şekil 4.6. Gözlenen ve tahmin edilen sera dışı radyasyon grafiği (Devam), ($t=\{2556-4511; 30.06.2011-15.8.2011; 00:00-23:30\}$ aralığı)

Tüm sera dışı radyasyon verilerden elde edilen gözlem grafiğinde, ilk parçanın sondan ikinci periyodunda ($t=684-705$) düşük radyasyon söz konusudur. Ayrıca gece güneş batımından sonra radyasyonun sıfır olacağı da unutulmamalıdır. Bu nedenle tahmin denkleminin negatif değerleri göz ardı edilmelidir. Bunun dışında gece ve öğle arasındaki

değerlerde sera içi radyasyon ve tahmin grafiğinin uyumu çok iyi görülmektedir ($R^2=0,895$). Bağıl nem ve sıcaklık için sera içi gözlemler ve tahminler iyi bir uyum sağlarken sera dışı bağıl nem ve sıcaklık gözlemleri çok iyi uyuma sahip değildir. Radyasyonda ise hem sera içinde hem sera dışında iyi uyum söz konusudur. Bunun nedeni bağıl nem ve sıcaklık dışarıda çok değişken olabilirken radyasyon, fiziksel özellikleri gereği daha stabil ve hem içerde hem dışarıda benzer özellikler göstermektedir. Diğer ifade ile sera, radyasyona bazı engelleyici veya koruyucu herhangi bir etkiye sahip değildir. Bu nedenle de sera içinde ve dışında benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Sera dışı radyasyon için parametre tahmini, standart hata, t istatistiği ve anlamlılık olasılıkları Çizelge 4.18’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.18. Sera dışı radyasyon analiz sonuçları

Parametreler	Parametre tahmini	Tahminin standart hatası	t istatistiği	P anlamlılık
a_0	291.001	2.035	143.027	P <0.001
a_1	-419.376	2.877	-145.752	P <0.001
b_1	74.092	2.877	25.750	P <0.001

Sera dışında 14.5.2011-15.08.2011 tarihleri arasında günde her yarım saatte bir ölçülen radyasyon (m/w^2) miktarına ait yapılan analizde Çizelge 4.18’deki çıkan sonuçlara göre; a_0 , a_1 , b_1 parametreleri sırasıyla 291.001; -419.376; 74.092 olarak tahmin edilmiştir. Parametrelerin anlamlılık testleri yapıldığında her üç parametrenin de istatistiksel olarak çok anlamlı ($P<0.001$) olduğu görülmüştür. Çizelge 4.19’da R , R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri özetlenmiştir.

Çizelge 4.19. Sera dışı radyasyon için R , R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri

R	R^2	\bar{R}^2	HKO
0.911	0.829	0.829	18677.541

Çizelge 4.19'a göre yüksek bir R^2 değeri (0.829) elde edilmiştir. R^2 ve Şekil 4.6'daki grafik birlikte değerlendirildiğinde tahmin edilen eşitliğin sera dışı radyasyon verilerine çok iyi bir uyum sağladığı söylenebilir.

Sera dışı sıcaklık, bağıl nem ve radyasyon için tahmin eşitlikleri bir arada Çizelge 4. 20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Sera dışı veriler için bulunan tahmin eşitlikleri

Dış bağıl nem (%)	$\hat{y}_{dışbağılnem} = 62.487 + 18.728 \cos \theta + 5.457 \sin \theta$
Dış sıcaklık (°C)	$\hat{y}_{dışsıcaklık} = 25.303 - 4.540 \cos \theta - 2.287 \sin \theta$
Dış radyasyon (m/w ²)	$\hat{y}_{dışradyasyon} = 291.001 - 419.376 \cos \theta + 74.092 \sin \theta$

4.3. Sera İçi ve Dışı Aylık Ortalama Veri Analizleri

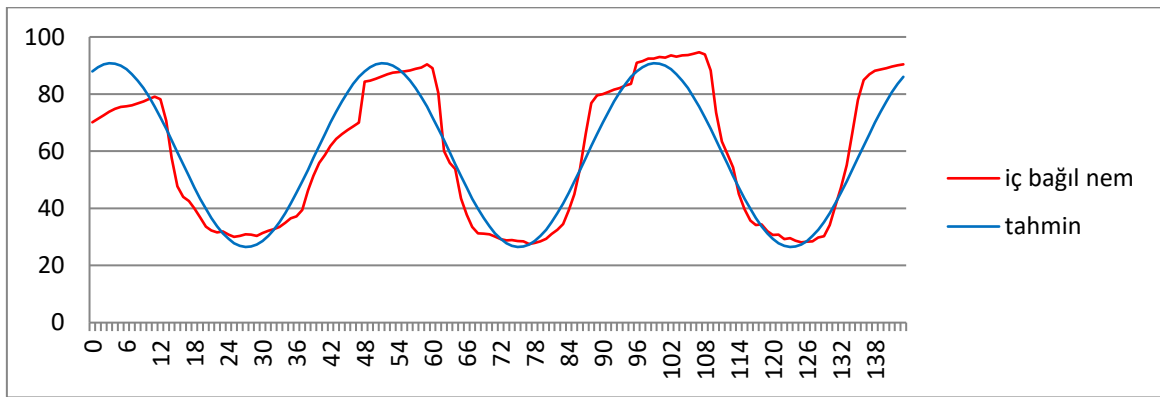
Buraya kadar hergün her yarım saatte bir alınan üç aylık (15.05.2011-14.08.2011), toplam 4512 adet gözlemden yararlanılarak tahminler ve incelemeler yapılmıştır. Grafiklerden de görüleceği üzere; toplam periyot (gün) sayısı 94 adettir. Bu durumda iki sorunla karşılaşmaktadır. Birincisi, grafikte periyotlar çok sıkışmaktadır. Bu önemli bir sorun değildir ve Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da da görüldüğü gibi altı parçaya bölünmek şartı ile gözle görülebilir ve incelenebilir şekle sokulabilmektedir. İkinci sorun ise, günlük veriler doğrudan kullanıldığında tahmin grafiği ile gözlenen grafik arasında, bazı zamanlarda aşırı sapmalar (hatalar) oluşabilmektedir. Sinüzoidal eğri tahmini tek düze gözlenen bir dalgalanma gösterirken, iklim şartları, yani gözlenen veriler denemenin başında örneğin negatif bağıl nem ve sıcaklık sapmaları (-e_i'ler); denemenin sonlarında pozitif bağıl nem ve sıcaklık sapmaları (+e_i'ler) gözlenmektedir. İklimsel verilerle çalışırken bu oldukça normal bir durumdur. Bu oluşumda, akla 'acaba belli aralıklarla alınan ortalamalar üzerinden analiz yapılır ise daha doğru iyi bir uyum elde edilebilir mi?' sorusu gelmektedir. Bu amaçla günün aynı saatinde bir ay boyunca alınan gözlemlerin ortalaması alınarak yeniden analize tabi tutulmuştur. Bu sistemde veriler yalnızca üç periyoda indirgenmiş olmaktadır. Benzer

şekilde 15 günlük ortalamalar kullanılarak 6 periyotlu haftalık ortalamalar alınarak 14 periyotlu tahminler yapılmış ve yorumlanmıştır.

4.3.1. Sera içi aylık ortalama bağıl nem verileri analizi

Sera içi aylık ortalama bağıl nem verileri analiz edilmiş ve tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{içbağılnem} = 58.643 + 29.342 \cos \theta + 13.211 \sin \theta$ olarak bulunmuştur. Sera içi aylık ortalama bağıl nem verileri gözlenen ile tahmin grafiği Şekil 4.7’de verilmiştir.



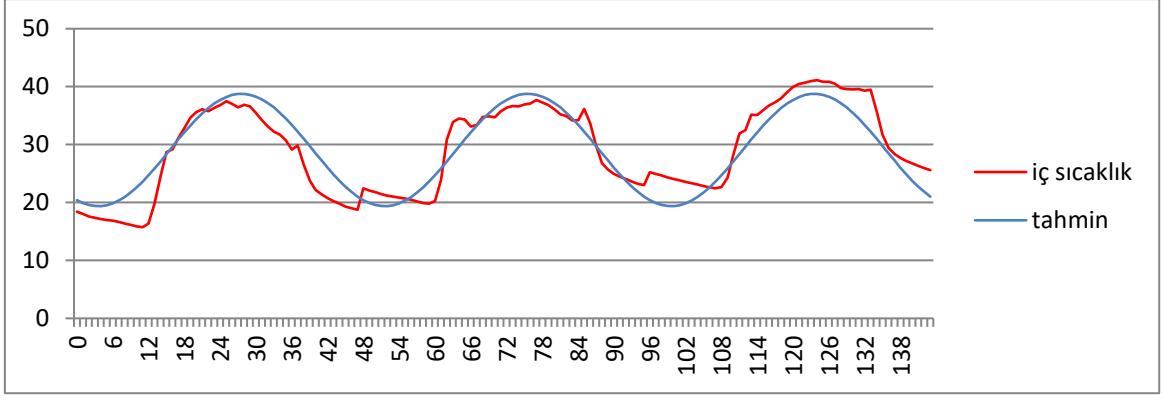
Şekil 4.7. Gözlenen ve tahmin edilen aylık ortalama sera içi bağıl nem grafiği

Sera içi aylık ortalama bağıl nem verilerden elde edilen tahmin ve gözlem grafikleri incelendiğinde Şekil 4.1’de görülen uyumsuzluklar ortadan kalkmış görünmektedir. Nitekim uyumun bir göstergesi olan R^2 değeri daha önce 0.744 iken 0.874’e yükselmiştir. Bu da yeni durumda yüksek derecede bir uyum demektir.

4.3.2. Sera içi aylık ortalama sıcaklık verileri analizi

Sera içi aylık ortalama sıcaklık verileri analiz edilmiş ve tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{içsıcaklık} = 29.057 - 8.667 \cos \theta - 4.358 \sin \theta$ olarak bulunmuştur. Sera içi aylık ortalama sıcaklık verileri gözlenen ve tahmin grafikleri Şekil 4.8’de verilmiştir.

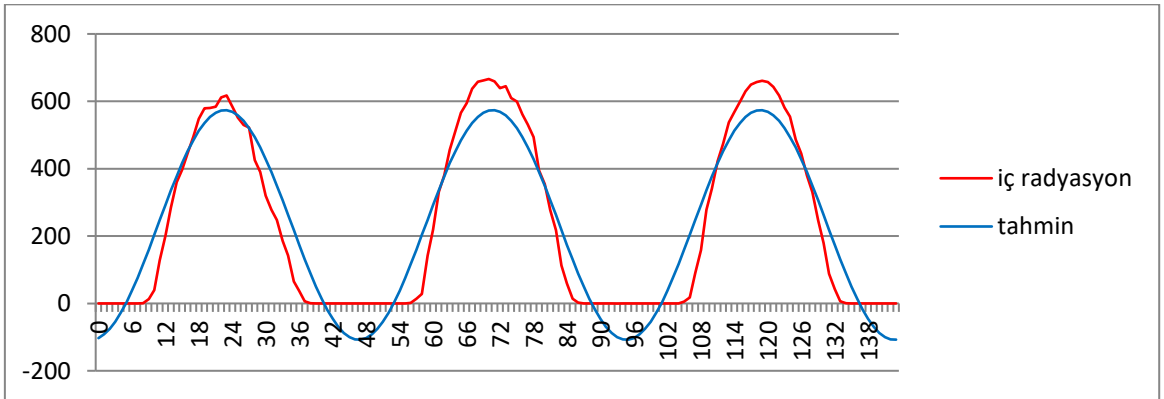


Şekil 4.8. Gözlenen ve tahmin edilen aylık ortalama sera içi sıcaklık grafiği

Gerek grafiklerin incelenmesinden gerekse R^2 değerinden (0.827) anlaşılacağı gibi çok iyi bir uyum elde edilmiştir. Şekil 4.2’de deneme başlarındaki ve sonlarındaki, özellikle de maksimum ve minimum noktalarındaki uyumsuzluklar ortadan kalkmıştır. R^2 , 0.670’den 0.827’ye yükselmiştir.

4.3.3. Sera içi aylık ortalama radyasyon verileri analizi

Sera içi aylık ortalama radyasyon verileri analiz edilmiş ve tahmin eşitliği; $\hat{y}_{\text{ıçradyasyon}} = 233.016 - 335.624 \cos \theta + 59.396 \sin \theta$ olarak bulunmuştur. Sera içi aylık ortalama radyasyon verileri gözlenen ve tahmin grafikleri Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9. Gözlenen ve tahmin edilen aylık ortalama sera içi radyasyon grafiği

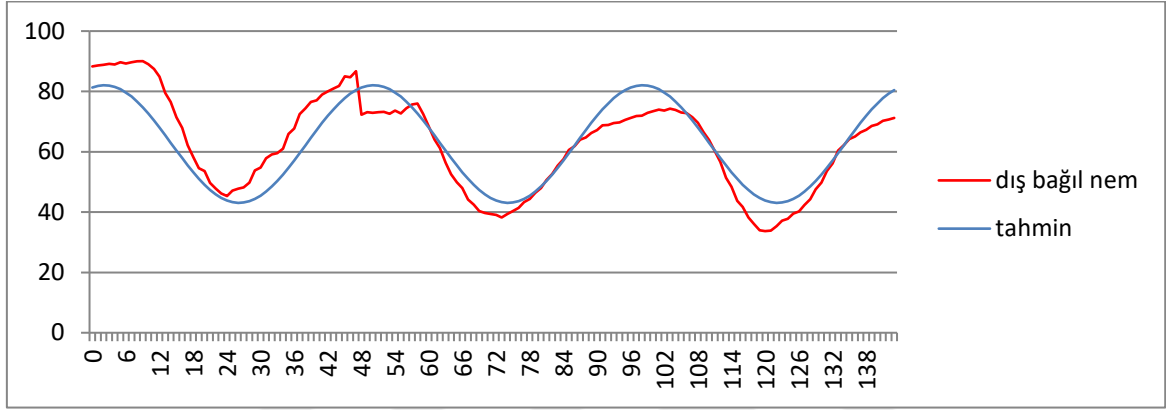
Şekil 4.9’da görüldüğü gibi, sera içi aylık ortalama radyasyon için gözlenen ve tahmin grafikleri oldukça uyumludur. Yine hatırlanması gereken önemli husus, negatif radyasyon söz konusu olmadığı için, tahmin eşitliğinden elde edilen negatif tahminler sıfır

olarak alınmalıdır. Şekil 4.2'deki uyum zaten çok iyi ($R^2=0.830$) iken aylık ortalama sera içi radyasyon analizinde bu uyum daha da artmaktadır ($R^2=0.895$).

4.3.4. Sera dışı aylık ortalama bağıl nem verileri analizi

Sera dışı aylık ortalama bağıl nem verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{dışbağılnem} = 62.539 + 18.730 \cos \theta + 5.456 \sin \theta$ olarak elde edilmiştir. Sera dışı aylık ortalama bağıl nem verileri gözlenen ve tahmin grafikleri Şekil 4.10'da verilmiştir.



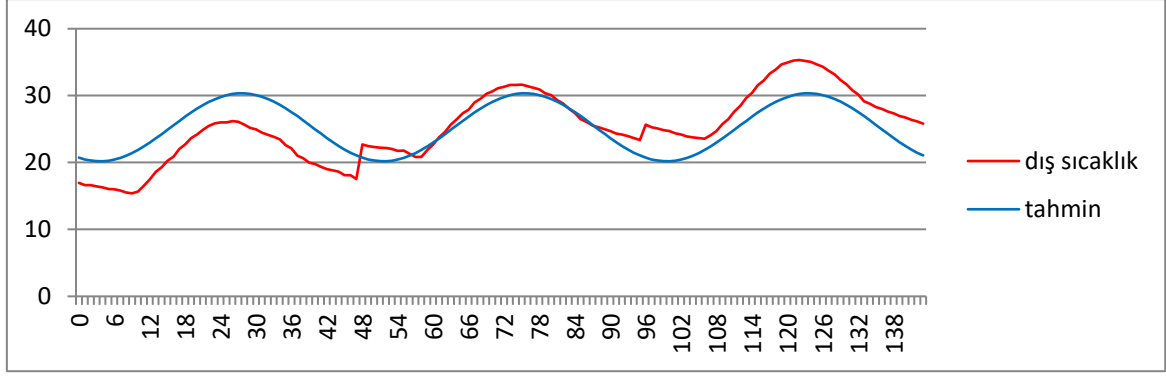
Şekil 4.10. Gözlenen ve tahmin edilen aylık ortalama sera dışı bağıl nem grafiği

Şekil 4.10'da görüldüğü gibi sera dışı aylık ortalama bağıl nem gözlenen ve tahmin grafikleri çok iyi bir uyum göstermektedir ($R^2=0.787$). Sera dışı günlük bağıl nem için Şekil 4.4'deki uyumsuzluklar ortadan kalkmış görülmektedir. R^2 değeri orta düzey bir uyumu ($R^2= 0.473$) gösterirken $R^2= 0.787$ 'ye yükselmiştir.

4.3.5. Sera dışı aylık ortalama sıcaklık verileri analizi

Sera dışı aylık ortalama sıcaklık verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{dışsıcaklık} = 25.264 - 4.539 \cos \theta - 2.284 \sin \theta$ olarak elde edilmiştir. Sera dışı aylık ortalama sıcaklık verileri gözlenen ve tahmin grafikleri Şekil 4.11'de verilmiştir.



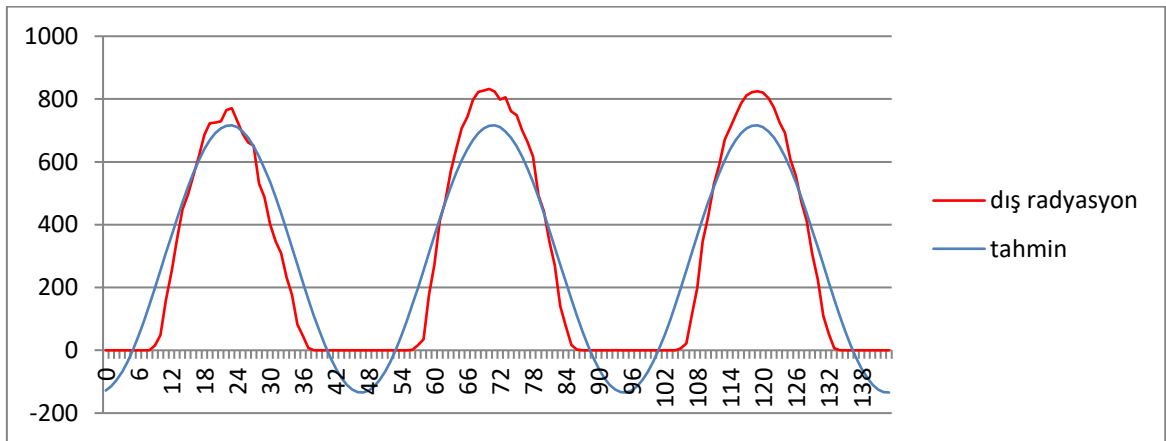
Şekil 4.11. Gözlenen ve tahmin edilen aylık ortalama sera dışı sıcaklık grafiği

Şekil 4.11 incelendiğinde ilk ay (15.05.2011 ile 14.06.2011) için elde edilen periyotta, tahmin değerleri için gözlem değerlerinden yüksek çıkacağı görülmektedir. Yani negatif sapmalar (-e'ler) söz konusudur. İkinci periyotta uyum iyidir. Yine son periyotta ters bir durum söz konusudur. Yani (15.07.2011 ile 14.08.2011) aralığında pozitif sapmalar söz konusudur. Aynı durum günlük verilerin analizinde de görülmektedir (Şekil 4.5). Belirlilik katsayısı R^2 günlük verilerde 0.383 gibi ortanın altında bir düzeydeyken aylık ortalama verilerde orta düzeye ($R^2= 0.503$) yükselmiştir.

4.3.6. Sera dışı aylık ortalama radyasyon verileri analizi

Sera dışı aylık ortalama radyasyon verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{dışradyasyon} = 290.956 - 419.240 \cos \theta + 74.213 \sin \theta$ olarak elde edilmiştir. Sera dışı aylık ortalama radyasyon verileri gözlenen ve tahmin grafikleri Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12. Gözlenen ve tahmin edilen aylık ortalama sera dışı radyasyon grafiği

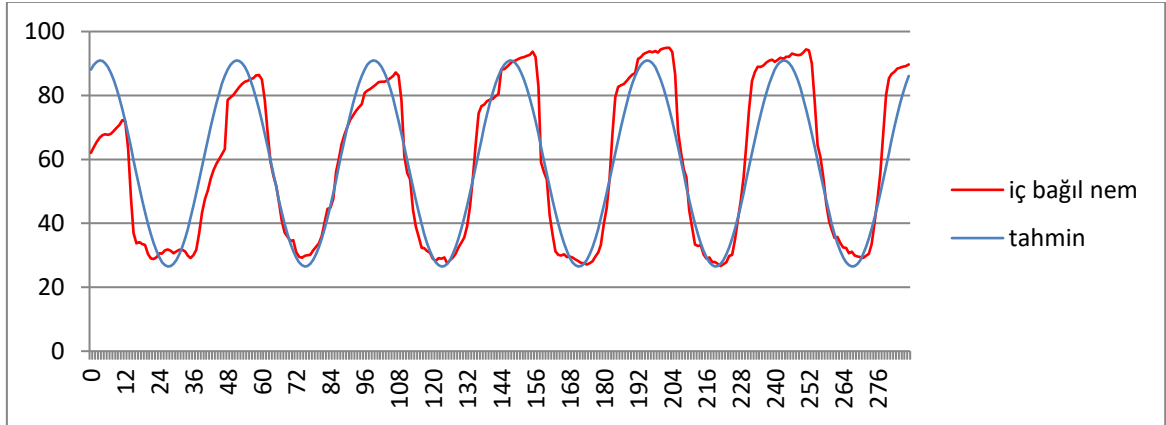
Aylık ortalama sera içi ve sera dışı radyasyon verilerinde birbirine çok benzer olarak her ikisinde de uyumun bir ölçüsü olan ($R^2=0.895$) bulunmuştur. Günlük sera içi radyasyon için ($R^2=0.895$) olduğu da hatırlanır ise her dört durumda da radyasyon verileri için çok yüksek ve benzer durum var demektir. Bu radyasyonun fiziksel özelliğinden ileri gelen bir durumdur. Sera, radyasyonu engelleyememektedir ve dışarıdaki radyasyon içeride de aynen gerçekleşiyor demektir.

4.4. Sera İçi ve Dışı 15 Günlük Ortalama Veri Analizleri

Serada 14.5.2011-15.08.2011 tarihleri arası 15'er günlük altı parçaya bölünmüştür. Herbir parçadaki yarım saatlik verilerden örneğin, sera içi bağıl nem verileri için 00:00'daki 15 günlük ortalaması alınmıştır. Bu işlem tüm ölçüm noktaları için ve tüm 15 günlük aralıklar için yapılmıştır. Elde edilen 15 günlük ortalama verilerin analizleri aşağıda verilmiştir. Bu şekildeki analizler artık altı periyottadır.

4.4.1. Sera içi 15 günlük ortalama bağıl nem verileri analizi

Sera içi 15 günlük ortalama bağıl nem verilerinin analizi sonucunda tahmin eşitliği; $\hat{y}_{i\text{bağılnem}} = 58.720 + 29.404 \cos \theta + 13.235 \sin \theta$ olarak elde edilmiştir. Gözlenen ve tahmin grafikleri Şekil 4.13'te verilmiştir.

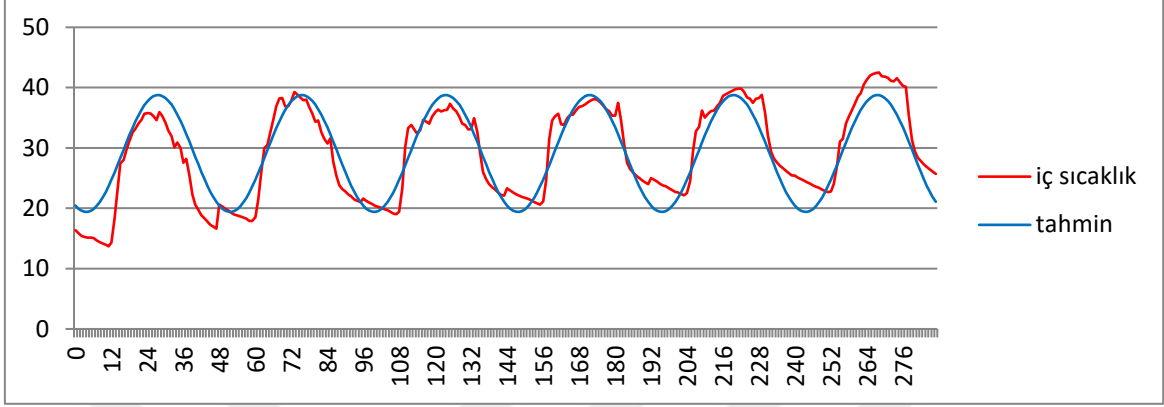


Şekil 4.13. Gözlenen ve tahmin edilen 15 günlük ortalama sera içi bağıl nem grafiği

Günlük verilere göre, aylık ve 15 günlük ortalama sera içi bağıl nem uyumu daha iyi olmuştur. Günlük verilerde ($R^2=0.744$) aylık verilerde ($R^2=0.874$) iken ($R^2=0.851$) olmuştur.

4.4.2. Sera içi 15 günlük ortalama sıcaklık verileri analizi

Sera içi 15 günlük ortalama sıcaklık verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;
 $\hat{y}_{içsıcaklık} = 29.084 - 8.662 \cos \theta - 4.357 \sin \theta$ olarak elde edilmiştir. Sera içi 15 günlük ortalama sıcaklık verileri gözlenen ve tahmin grafikleri Şekil 4.14'te verilmiştir.

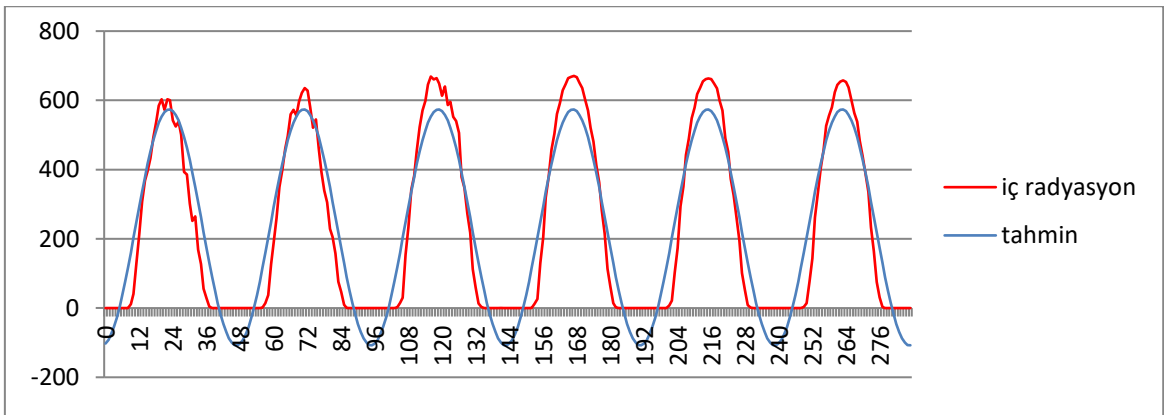


Şekil 4.14. Gözlenen ve tahmin edilen 15 günlük ortalama sera içi sıcaklık grafiği

Şekil 4.14'te Sera içi 15 günlük ortalama sıcaklık verilerinin gözlenen ve tahmin edilen grafikleri ($R^2=0.806$) ile çok iyi bir uyum göstermiştir. Günlük verilerde ($R^2=0.670$) ve aylık ortalama verilerde ($R^2=0.827$) olduğu dikkate alınırsa aylık ortalama verilerle benzer bir uyum olduğu ve günlük verilere göre 0.13' lk bir iyileŐme sağladığı görülebilir.

4.4.3. Sera içi 15 günlük ortalama radyasyon verileri analizi

Sera içi 15 günlük ortalama radyasyon verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;
 $\hat{y}_{içradyasyon} = 233.065 - 335.727 \cos \theta + 59.300 \sin \theta$ olarak bulunmuştur. Sera içi 15 günlük ortalama radyasyon verilerinin gözlenen ve tahmin grafikleri Şekil 4.15'de verilmiştir.



Şekil 4.15. Gözlenen ve tahmin edilen 15 günlük ortalama sera içi radyasyon grafiği

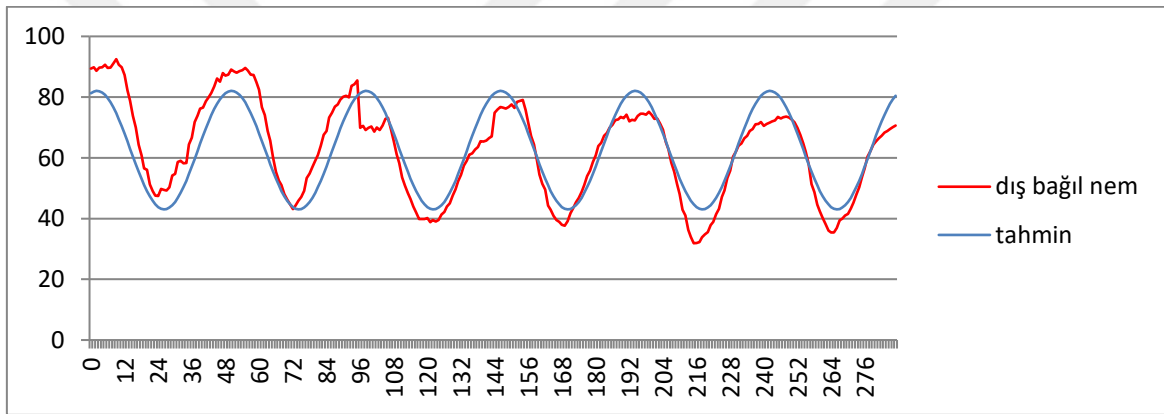
Şekil 4.15'te görüldüğü gibi sera içi 15 günlük ortalama radyasyon gözlenen ve tahmin grafikleri oldukça iyi uyum sağlamıştır ($R^2=0.894$). Aylık ortalamalar ile ($R^2=0.895$) neredeyse aynı, günlük verilerden ($R^2=0.830$) daha iyi bir uyum söz konusudur. Negatif tahminlerin sıfır sayılması gerektiği unutulmamalıdır.

4.4.4. Sera dışı 15 günlük ortalama bağıl nem verileri analizi

Sera dışı 15 günlük ortalama bağıl nem verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$$\hat{y}_{dışbağılnem} = 62.556 + 18.751 \cos \theta + 5.438 \sin \theta \text{ olarak elde edilmiştir.}$$

Sera dışı 15 günlük ortalama bağıl nem gözlenen tahmin grafikleri Şekil 4.16'da verilmiştir.



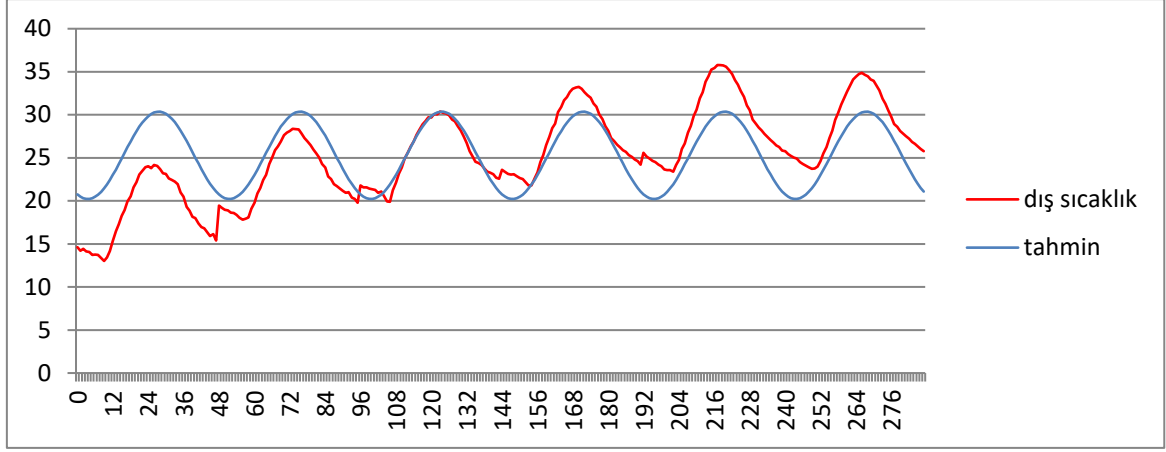
Şekil 4.16. Gözlenen ve tahmin edilen 15 günlük ortalama sera dışı bağıl nem grafiği

Şekil 4.16'da sera dışı 15 günlük bağıl nem gözlenen ve tahmin grafikleri iyi bir uyum ($R^2=0.776$) sağlanmıştır. Aylık ortalama veriler ile ($R^2=0.787$) benzer bir uyum göstermiştir. Günlük verilere göre ($R^2=0.473$) oldukça yüksek bir uyum elde edildiği görülmektedir.

4.4.5. Sera dışı 15 günlük ortalama sıcaklık verileri analizi

Sera dışı 15 günlük ortalama sıcaklık verilerinin analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{dışsıcaklık} = 25.297 - 4.539 \cos \theta - 2.281 \sin \theta$ olarak elde edilmiştir. Sera dışı 15 günlük ortalama sıcaklık verileri gözlenen ve tahmin grafikleri Şekil 4.17'de verilmiştir.



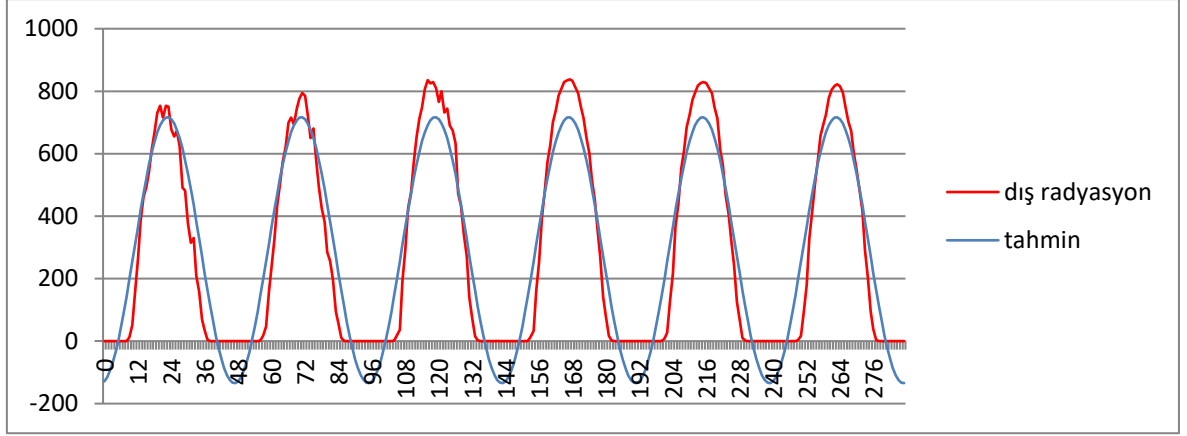
Şekil 4.17. Gözlenen ve tahmin edilen 15 günlük ortalama sera dışı sıcaklık grafiği

Şekil 4.17’de ilk iki periyotta (ilk ayda) gözlenen ve tahmin arası negatif sapmaları ($-e_i$ ’ler), son iki periyotta (son ay) ise pozitif sapmalar ($+e_i$ ’ler) göze çarpmaktadır. Yani ilk ay gözlenen sıcaklıklar tahminlerden az, son iki periyotta ise gözlenen sıcaklıklar tahminlerden yüksek demektir. Bu Mayıs ayında daha serin olan hava sıcaklıkları Ağustos’ta daha sıcak düzeylere doğru yükselmesinden ileri gelmektedir. Bu sorunu gidermek için ileride Fourier 2 ve 3 açılımları incelenmektedir. 15 günlük ortalama dış sıcaklık verilerine tahminlerin uyumu ($R^2=0.472$) aylık ortalamaların uyumu ($R^2=0.503$) ile yakındır ve orta düzeydedir.

4.4.6. Sera dışı 15 günlük ortalama radyasyon verileri analizi

Sera dışı 15 günlük ortalama radyasyon verilerinin analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{dışradyasyon} = 291.017 - 419.369 \cos \theta + 74.092 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera dışı 15 günlük ortalama radyasyon verileri gözlenen ve tahmin grafikleri Şekil 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.18. Gözlenen ve tahmin edilen 15 günlük ortalama sera dışı radyasyon grafiği

Şekil 4.18’de gözlenen ve tahmin grafiklerinin uyumu $R^2=0.893$ ile aylık tahminindeki uyuma ($R^2=0.895$) çok benzer ve yüksek bulunmuştur. Negatif tahminlerin sıfır sayılması gerektiği unutulmamalıdır.

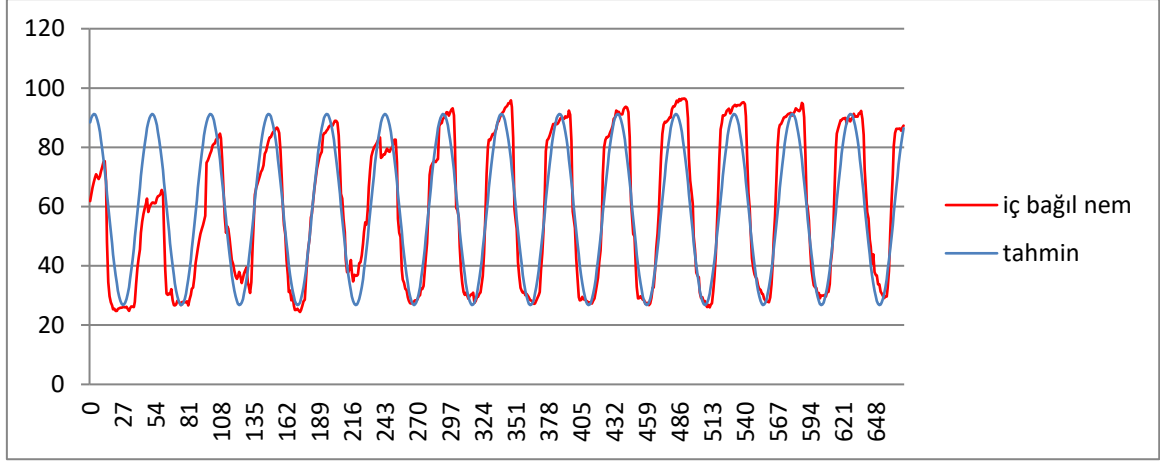
4.5. Sera İçi ve Dışı 7 Günlük Ortalama Veri Analizleri

Serada 14.5.2011-15.08.2011 tarihleri arasında her yarım saatte alınan ölçüm değerleri 7 günlük parçalara ayrılıp her parçanın kendi içerisinde örneğin 00:00 zaman noktasındaki 7 adet ölçümün ortalaması alınmış, aynı işlem 00:30, 01:00 şeklinde diğer zaman noktaları için sürdürülmüştür. Sonuçta elde edilen haftalık ortalama veriler neticesinde analizler yapılarak aşağıda ayrıntılı verilmiştir.

4.5.1. Sera içi 7 günlük ortalama bağıl nem verileri analizi

Sera içi 7 günlük ortalama bağıl nem verilerinin analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{içbağılnem} = 58.999 + 29.388 \cos \theta + 13.282 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera içi 7 günlük ortalama bağıl nem verileri gözlenen ve tahmin grafikleri Şekil 4.19’da verilmiştir.



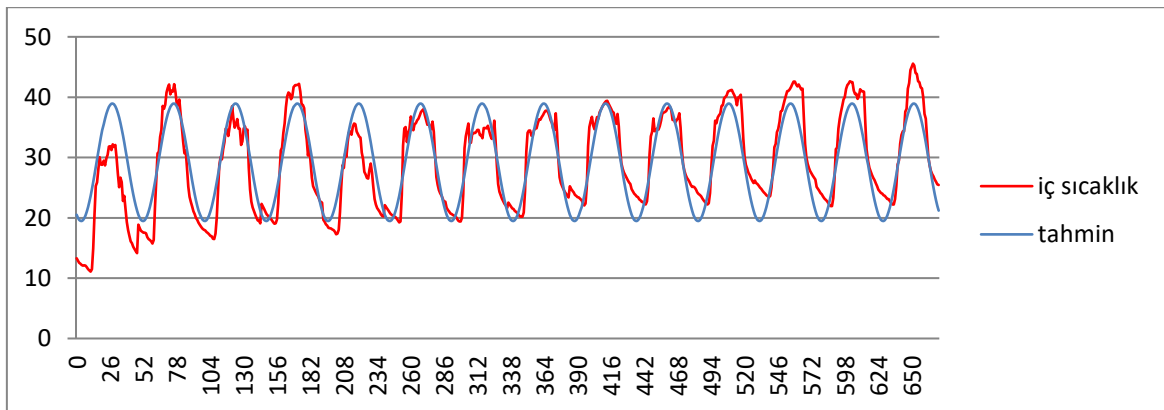
Şekil 4.19. Gözlenen ve tahmin edilen 7 günlük ortalama sera içi bağıl nem grafiği

Şekil 4.19’da ilk üç hafta maksimum bağıl nemlerin tahminleri gözlenenlerden yüksek olup diğer haftalarda ise gözlenen ve tahmin birbirine çok yakın görünmektedir. Nitekim $R^2=0.821$, oldukça iyi bir uyum olduğunu teyit etmektedir. Günlük ölçümlere göre ($R^2=0.744$) daha iyi, aylık ($R^2=0.874$) ve 15 günlük ($R^2=0.851$) ölçümlere göre ise yakın bir uyum elde edilmiştir.

4.5.2. Sera içi 7 günlük ortalama sıcaklık verileri analizi

Sera içi 7 günlük ortalama sıcaklık verilerinin analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{içsıcaklık} = 29.202 - 8.677 \cos \theta - 4.444 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera içi 7 günlük ortalama sıcaklık verileri gözlenen ve tahmin grafikleri Şekil 4.20’de verilmiştir.



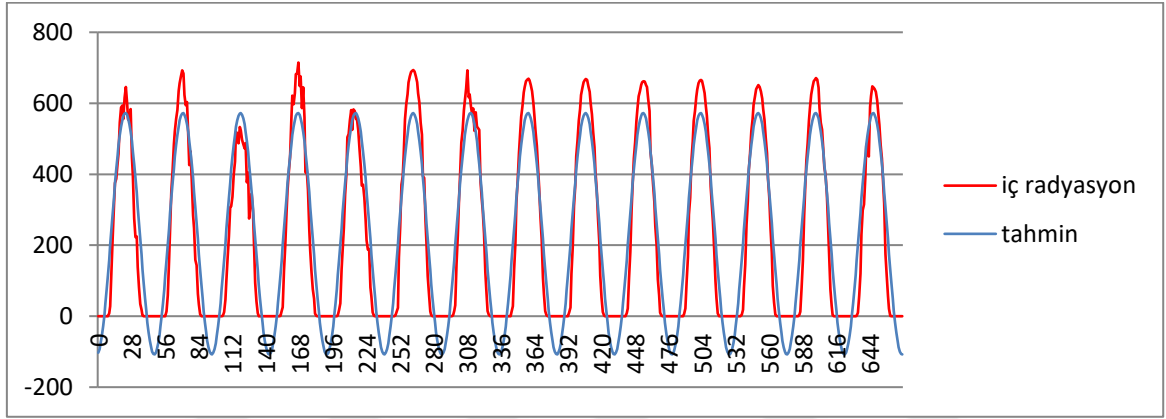
Şekil 4.20. Gözlenen ve tahmin edilen 7 günlük ortalama sera içi sıcaklık grafiği

Şekil 4.20’de gözlenen ve tahminlerin uyumu iyi görülmektedir ($R^2=0.758$). Günlük verilere göre ($R^2=0.670$) daha iyi, aylık ($R^2=0.827$) ve 15 günlük ($R^2=0.806$) verilerine göre ise yakın bir uyum elde edilmiştir.

4.5.3. Sera içi 7 günlük ortalama radyasyon verileri analizi

Sera içi 7 günlük ortalama radyasyon verilerinin analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{\text{ıçradyasyon}} = 232.311 - 335.275 \cos \theta + 58.349 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera içi 7 günlük ortalama radyasyon verileri gözlenen ve tahmin grafikleri Şekil 4.21’de verilmiştir.



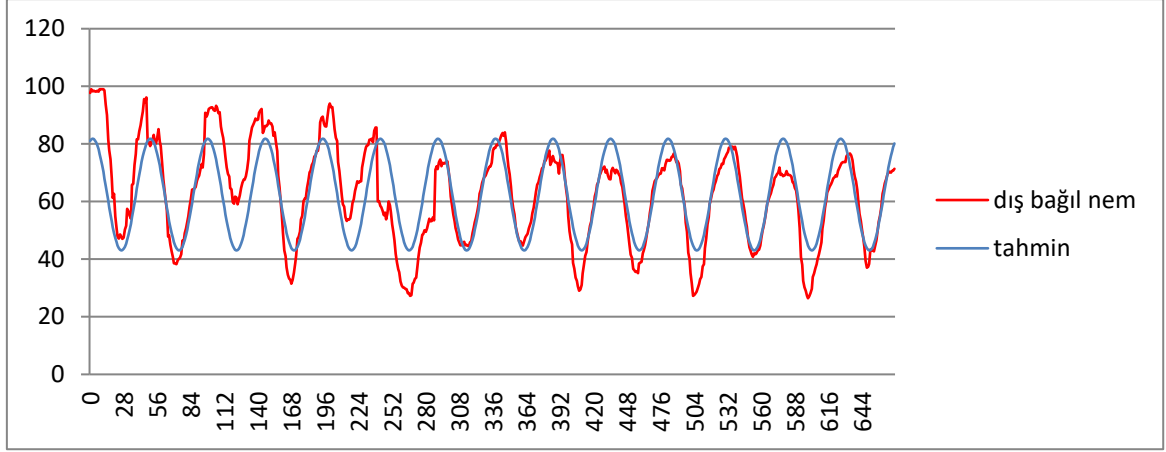
Şekil 4.21. Gözlenen ve tahmin edilen 7 günlük ortalama sera içi radyasyon grafiği

Şekil 4.21’de gözlenen ve tahmin grafiklerinin uyumu $R^2=0.885$ olup çok iyidir. Günlük verilere ($R^2=0.830$) göre daha iyi, aylık ($R^2=0.895$) ve 15 günlük ($R^2=0.894$) veriler göre ise hemen hemen aynı uyum düzeyi elde edilmiştir. Maksimum tahminler gözlenenlerden hep düşük, minimum tahminler ise negatif olup, radyasyonun negatif olamayacağı ve bütün negatif tahminlerin sıfır sayılması gerektiği unutulmamalıdır.

4.5.4. Sera dışı 7 günlük ortalama bağıl nem verileri analizi

Sera dışı 7 günlük ortalama bağıl nem verilerinin analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{\text{dışbağılnem}} = 62.427 + 18.609 \cos \theta + 5.517 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera dışı 7 günlük ortalama bağıl nem verileri gözlenen ve tahmin grafikleri Şekil 4.22’de verilmiştir.



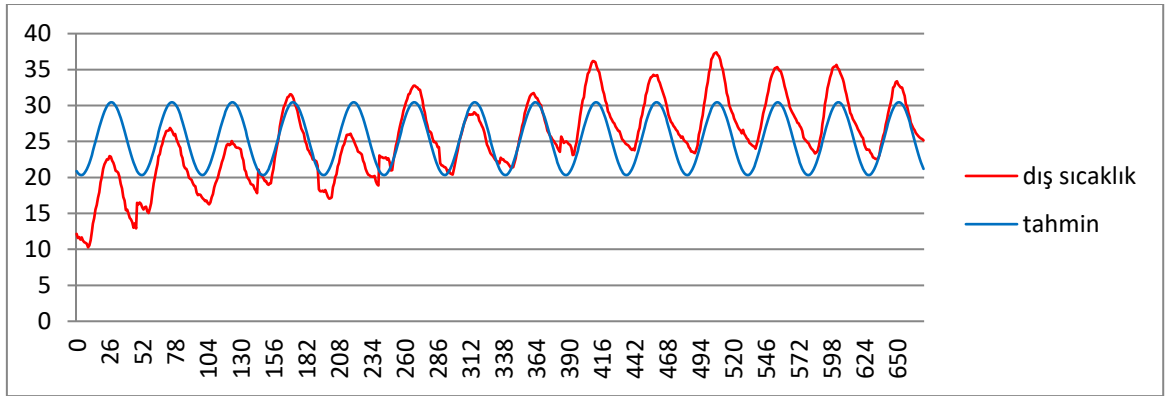
Şekil 4.22. Gözlenen ve tahmin edilen 7 günlük ortalama sera dışı bağıl nem grafiği

Şekil 4.22’de sera dışı 7 günlük ortalama bağıl nem grafiği incelendiğinde, orta düzeyin az üzerinde bir uyum ($R^2=0.639$) elde edilmiştir. Günlük verilere ($R^2=0.473$) göre daha iyi bir uyum, aylık ($R^2=0.787$) ve 15 günlük ($R^2=0.776$) verilere göre ise daha düşük bir uyum gerçekleşmiştir.

4.5.5. Sera dışı 7 günlük ortalama sıcaklık verileri analizi

Sera dışı 7 günlük ortalama sıcaklık verilerinin analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{dışsıcaklık} = 25.385 - 4.518\cos\theta - 2.295\sin\theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera dışı 7 günlük ortalama sıcaklık verileri gözlenen ve tahmin grafikleri Şekil 4.23’te verilmiştir.



Şekil 4.23. Gözlenen ve tahmin edilen 7 günlük ortalama sera dışı sıcaklık grafiği

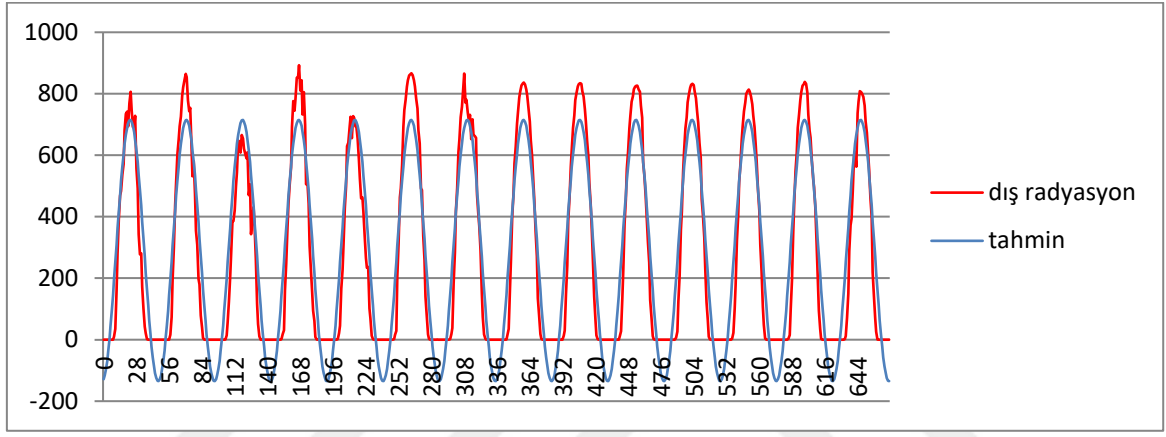
Şekil 4.23’te ilk haftalarda tahminler gözlenenlere göre daha yüksek olup negatif sapmalar ($-e_i$ ’ler) ve son haftalarda ise pozitif sapmalar ($+e_i$ ’ler) elde edileceği görülebilir. Bu, sıcaklıkların mayıs ayında daha düşük düzeydeyken gittikçe artarak ağustos ayında daha yüksek seviyelere doğru giderek artmasından ileri gelmektedir. Bu durum için Fourier 2 ve Fourier 3 açılımları önerilerek daha iyi uyum sağlanabileceği ilerleyen konularda

incelenecektir. 7 günlük verilere uyum ($R^2=0.431$) olup ortanın altındadır. Günlük verilerden ($R^2=0.385$) uyumundan az yüksek, aylık ($R^2=0.503$) ve 15 günlük ($R^2=0.472$) verilere göre daha yüksek bir uyum olduğu söylenebilir.

4.5.6. Sera dışı 7 günlük ortalama radyasyon verileri analizi

Sera dışı 7 günlük ortalama radyasyon verilerinin analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{dışradyasyon} = 290.076 - 418.804 \cos \theta + 72.899 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera dışı 7 günlük ortalama radyasyon verileri gözlenen ve tahmin grafikleri Şekil 4.24'te verilmiştir.



Şekil 4.24. Gözlenen ve tahmin edilen 7 günlük ortalama sera dışı radyasyon grafiği

Şekil 4.24'te $R^2=0.885$ 'lik çok iyi bir uyum elde edildiği görülmektedir. Aylık ($R^2=0.895$) ve 15 günlük ($R^2=0.893$) veriler ile çok benzer bir uyum elde edilmiştir. Maksimum tahminler diğer bütün radyasyon tahminlerinde olduğu gibi gözlenene göre yüksektir. Minimum tahminler negatif olup sıfır kabul edilmesi gerektiği unutulmamalıdır.

4.6. Sera İçi ve Dışı Verilerin Aylık, 15 Günlük ve 7 Günlük Ortalama Analizlerinin Karşılaştırılmalı Değerlendirilmesi

Yapılan çalışma sonucu elde edilen sera içi ve sera dışı sıcaklık, bağıl nem ve radyasyona ait tahmin eşitlikleri, R (korelasyon), R^2 (determinasyon), F istatistiği ve anlamlılık (P) düzeyleri Çizelge 4.21'de düzenlenmiştir. Tüm günlük verilerin analizine ek olarak aylık, 15 günlük ve haftalık ortalamalar da ayrıca analiz edilmiş ve tahmin eşitlikleri, R, R^2 , \bar{R}^2 , F, P değerleri çizelgeye eklenmiştir. Tahmin eşitlikleri verilen bütün çoklu regresyon ilişkileri F testi sonucunda anlamlı ($P<0.001$) bulunmuşlardır. Determinasyon katsayıları genellikle sera içi veriler için yüksek fakat sera dışı veriler için ise bir miktar düşük bulunmuştur.

Çizelge 4.21 ayrıntılı incelendiğinde aylık ortalamalara yapılan sera içi ve sera dışı tüm verilerle yapılan analizlerin R²'leri diğer analizlere göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca sera içi verilerle yapılan analizlerin R²'leri sera dışı verilere göre daha yüksek, radyasyon verilerinin R²'leri ise sera içi ve sera dışı için hemen hemen aynı bulunmuştur.

Çizelge 4.21. Sera içi ve dışı tahmin eşitlikleri, determinasyon katsayıları, HKO, F ve P değerleri

Tahmin eşitliği	$\hat{y}_i = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 \cos \theta + \hat{b}_1 \sin \theta$	R	R ²	\bar{R}^2	HKO	F	P
Günlük veriler	$\hat{y}_{i\text{çbağlınem}} = 58.705 + 29.393 \cos \theta + 13.219 \sin \theta$	0.863	0.744	0.744	178.8	6552	P<0.001
	$\hat{y}_{dışbağlınem} = 62.487 + 18.728 \cos \theta + 5.457 \sin \theta$	0.688	0.473	0.473	212.3	2021	P<0.001
	$\hat{y}_{içsıcaklık} = 29.087 - 8.660 \cos \theta - 4.368 \sin \theta$	0.818	0.670	0.669	23.2	4568	P<0.001
	$\hat{y}_{dışsıcaklık} = 25.303 - 4.540 \cos \theta - 2.287 \sin \theta$	0.621	0.385	0.385	20.6	1412	P<0.001
	$\hat{y}_{içradyasyon} = 233.052 - 335.732 \cos \theta + 59.300 \sin \theta$	0.911	0.830	0.830	11942.8	10978	P<0.001
	$\hat{y}_{dışradyasyon} = 291.001 - 419.376 \cos \theta + 74.092 \sin \theta$	0.911	0.829	0.829	18677.5	10953	P<0.001
Aylık ortalama	$\hat{y}_{içbağlınem} = 58.643 + 29.342 \cos \theta + 13.211 \sin \theta$	0.935	0.874	0.872	76.1	489	P<0.001
	$\hat{y}_{dışbağlınem} = 62.539 + 18.730 \cos \theta + 5.456 \sin \theta$	0.887	0.787	0.784	52.6	260	P<0.001
	$\hat{y}_{içsıcaklık} = 29.057 - 8.667 \cos \theta - 4.358 \sin \theta$	0.909	0.827	0.825	10.1	336	P<0.001
	$\hat{y}_{dışsıcaklık} = 25.264 - 4.539 \cos \theta - 2.284 \sin \theta$	0.709	0.503	0.496	13	71	P<0.001
	$\hat{y}_{içradyasyon} = 233.016 - 335.624 \cos \theta + 59.396 \sin \theta$	0.946	0.895	0.894	6954.9	601	P<0.001
	$\hat{y}_{dışradyasyon} = 290.956 - 419.240 \cos \theta + 74.213 \sin \theta$	0.946	0.895	0.893	10883.9	599	P<0.001
15günlük ortalama	$\hat{y}_{içbağlınem} = 58.720 + 29.404 \cos \theta + 13.235 \sin \theta$	0.922	0.851	0.850	92.3	811	P<0.001
	$\hat{y}_{dışbağlınem} = 62.556 + 18.751 \cos \theta + 5.438 \sin \theta$	0.881	0.776	0.774	55.6	493	P<0.001
	$\hat{y}_{içsıcaklık} = 29.084 - 8.662 \cos \theta - 4.357 \sin \theta$	0.898	0.806	0.805	11.4	593	P<0.001
	$\hat{y}_{dışsıcaklık} = 25.297 - 4.539 \cos \theta - 2.281 \sin \theta$	0.687	0.472	0.469	14.6	127	P<0.001
	$\hat{y}_{içradyasyon} = 233.065 - 335.727 \cos \theta + 59.300 \sin \theta$	0.945	0.894	0.893	6989.8	1197	P<0.001
	$\hat{y}_{dışradyasyon} = 291.017 - 419.369 \cos \theta + 74.092 \sin \theta$	0.945	0.893	0.893	10938.4	1193	P<0.001
Haftalık ortalama	$\hat{y}_{içbağlınem} = 58.999 + 29.388 \cos \theta + 13.282 \sin \theta$	0.906	0.821	0.821	113.5	1539	P<0.001
	$\hat{y}_{dışbağlınem} = 62.427 + 18.609 \cos \theta + 5.517 \sin \theta$	0.799	0.639	0.638	107	591	P<0.001
	$\hat{y}_{içsıcaklık} = 29.202 - 8.677 \cos \theta - 4.444 \sin \theta$	0.871	0.758	0.757	15.2	1047	P<0.001
	$\hat{y}_{dışsıcaklık} = 25.385 - 4.518 \cos \theta - 2.295 \sin \theta$	0.657	0.431	0.430	17	253	P<0.001
	$\hat{y}_{içradyasyon} = 232.311 - 335.275 \cos \theta + 58.349 \sin \theta$	0.941	0.885	0.884	7570	2570	P<0.001
	$\hat{y}_{dışradyasyon} = 290.076 - 418.804 \cos \theta + 72.899 \sin \theta$	0.941	0.885	0.884	11844.4	2563	P<0.001

Çizelge 4.22. Sera içi bağıl nem parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi

Sera içi veriler	Parametreler	Parametre tahminleri	Tahminin standart hatası	t istatistiği	P anlamlılık	%95'lik Güven sınırları	
						Alt	Üst
Günlük veriler	a_0	58.705	0.199	294.885	P <0.001	58.315	59.095
	a_1	29.393	0.282	104.402	P <0.001	28.841	29.945
	b_1	13.219	0.282	46.955	P <0.001	12.668	13.771
Aylık ortalama	a_0	58.643	0.727	80.655	P <0.001	57.206	60.081
	a_1	29.342	1.028	28.535	P <0.001	27.309	31.374
	b_1	13.211	1.028	12.848	P <0.001	11.178	15.243
15günlük ortalama	a_0	58.720	0.566	103.745	P <0.001	57.606	59.834
	a_1	29.404	0.800	36.734	P <0.001	27.828	30.979
	b_1	13.235	0.800	16.534	P <0.001	11.659	14.810
Haftalık ortalama	a_0	58.999	0.411	143.557	P <0.001	58.192	59.806
	a_1	29.388	0.581	50.563	P <0.001	28.246	30.529
	b_1	13.282	0.581	22.853	P <0.001	12.141	14.424

Sera içi bağıl nem verileri için yapılan analiz sonucunda parametre tahminleri (a_0, a_1, b_1), tahminin standart hatası, t istatistiği, anlamlılık (P) düzeyi ve yorumu, %95'lik alt ve üst güven sınırları Çizelge 4.22'de düzenlenmiştir. Sera içi günlük bağıl nem verilerinin analizine ek olarak aylık, 15 günlük ve haftalık ortalama sera içi bağıl nem analiz sonuçları da çizelgeye eklenmiştir. Parametreler dört durumda da anlamlı (P<0.001) bulunmuştur. Bütün durumlarda a_0 'lar, a_1 'ler ve b_1 'ler kendi içlerinde birbirine çok benzer elde edilmişlerdir.

Çizelge 4.23. Sera dışı bağıl nem parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi

Sera dışı veriler	Parametreler	Parametre tahminleri	Tahminin standart hatası	t istatistiği	P anlamlılık	%95'lik Güven sınırları	
						Alt	Üst
Günlük veriler	a_0	62.487	0.217	288.060	P < 0.001	62.062	62.912
	a_1	18.728	0.307	61.049	P < 0.001	18.127	19.330
	b_1	5.457	0.307	17.789	P < 0.001	4.856	6.059
Aylık ortalama	a_0	62.539	0.604	103.484	P < 0.001	61.344	63.733
	a_1	18.730	0.855	21.915	P < 0.001	17.040	20.419
	b_1	5.456	0.855	6.384	P < 0.001	3.766	7.145
15günlük ortalama	a_0	62.556	0.439	142.407	P < 0.001	61.691	63.420
	a_1	18.751	0.621	30.183	P < 0.001	17.528	19.973
	b_1	5.438	0.621	8.754	P < 0.001	4.216	6.661
Haftalık ortalama	a_0	62.427	0.399	156.431	P < 0.001	61.643	63.211
	a_1	18.609	0.564	32.973	P < 0.001	17.501	19.717
	b_1	5.517	0.564	9.776	P < 0.001	4.409	6.625

Sera dışı bağıl nem verileri için yapılan analiz sonucunda parametre tahminleri (a_0, a_1, b_1), tahminin standart hatası, t istatistiği, anlamlılık (P) düzeyi ve yorumu, %95'lik alt ve üst güven sınırları Çizelge 4.23'te düzenlenmiştir. Sera dışı günlük bağıl nem verilerinin analizine ek olarak aylık, 15 günlük ve haftalık ortalama sera dışı bağıl nem analiz sonuçları da çizelgeye eklenmiştir. Parametreler dört durumda da anlamlı (P < 0.001) bulunmuştur. Bütün durumlarda a_0 'lar, a_1 'ler ve b_1 'ler kendi içlerinde birbirine çok benzer elde edilmişlerdir.

Çizelge 4.24. Sera içi sıcaklık parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi

Sera içi veriler	Parametreler	Parametre tahminleri	Tahminin standart hatası	t istatistiği	P anlamlılık	%95'lik Güven sınırları	
						Alt	Üst
Günlük veriler	a_0	29.087	0.072	405.402	P <0.001	28.946	29.227
	a_1	-8.660	0.101	-85.345	P <0.001	-8.859	-8.461
	b_1	-4.368	0.101	-43.047	P <0.001	-4.567	-4.169
Aylık ortalama	a_0	29.057	0.264	109.963	P <0.001	28.535	29.579
	a_1	-8.667	0.374	-23.193	P <0.001	-9.406	-7.928
	b_1	-4.359	0.374	-11.663	P <0.001	-5.097	-3.620
15günlük ortalama	a_0	29.084	0.199	146.140	P <0.001	28.692	29.476
	a_1	-8.662	0.281	-30.775	P <0.001	-9.216	-8.108
	b_1	-4.357	0.281	-15.479	P <0.001	-4.911	-3.803
Haftalık ortalama	a_0	29.202	0.151	193.946	P <0.001	28.906	29.498
	a_1	-8.677	0.213	-40.748	P <0.001	-9.095	-8.259
	b_1	-4.444	0.213	-20.868	P <0.001	-4.862	-4.025

Sera içi sıcaklık verileri için yapılan analiz sonucunda parametre tahminleri (a_0, a_1, b_1), tahminin standart hatası, t istatistiği, anlamlılık (P) düzeyi ve yorumu, %95'lik alt ve üst güven sınırları Çizelge 4.24'te düzenlenmiştir. Sera içi günlük sıcaklık verilerinin analizine ek olarak aylık, 15 günlük ve haftalık ortalama sera içi sıcaklık analiz sonuçları da çizelgeye eklenmiştir. Parametreler dört durumda da anlamlı ($P < 0.001$) bulunmuştur. Bütün durumlarda a_0 'lar, a_1 'ler ve b_1 'ler kendi içlerinde birbirine çok benzer elde edilmişlerdir.

Çizelge 4.25. Sera dışı sıcaklık parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi

Sera dışı veriler	Parametreler	Parametre tahminleri	Tahminin standart hatası	t istatistiği	P anlamlılık	%95'lik Güven sınırları	
						Alt	Üst
Günlük veriler	a_0	25.303	0.068	374.100	$P < 0.001$	25.170	25.436
	a_1	-4.540	0.096	-47.467	$P < 0.001$	-4.728	-4.353
	b_1	-2.287	0.096	-23.905	$P < 0.001$	-2.474	-2.099
Aylık ortalama	a_0	25.264	0.301	84.036	$P < 0.001$	24.669	25.858
	a_1	-4.539	0.425	-10.675	$P < 0.001$	-5.379	-3.698
	b_1	-2.284	0.425	-5.371	$P < 0.001$	-3.124	-1.443
15günlük ortalama	a_0	25.297	0.225	112.503	$P < 0.001$	24.854	25.740
	a_1	-4.539	0.318	-14.274	$P < 0.001$	-5.165	-3.913
	b_1	-2.281	0.318	-7.174	$P < 0.001$	-2.907	-1.655
Haftalık ortalama	a_0	25.385	0.159	159.564	$P < 0.001$	25.072	25.697
	a_1	-4.518	0.225	-20.081	$P < 0.001$	-4.960	-4.076
	b_1	-2.295	0.225	-10.202	$P < 0.001$	-2.737	-1.854

Sera dışı sıcaklık verileri için yapılan analiz sonucunda parametre tahminleri (a_0, a_1, b_1), tahminin standart hatası, t istatistiği, anlamlılık (P) düzeyi ve yorumu, %95'lik alt ve üst güven sınırları Çizelge 4.25'te düzenlenmiştir. Sera dışı günlük sıcaklık verilerinin analizine ek olarak aylık, 15 günlük ve haftalık ortalama sera dışı sıcaklık analiz sonuçları da çizelgeye eklenmiştir. Parametreler anlamlı dört durumda da ($P < 0.001$) bulunmuştur. Bütün durumlarda a_0 'lar, a_1 'ler ve b_1 'ler kendi içlerinde birbirine çok benzer elde edilmişlerdir.

Çizelge 4.26. Sera içi radyasyon parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi

Sera içi veriler	Parametreler	Parametre tahminleri	Tahminin standart hatası	t istatistiği	P anlamlılık	%95'lik Güven sınırları	
						Alt	Üst
Günlük veriler	a_0	233.052	1.627	143.246	P < 0.001	229.862	236.241
	a_1	-335.732	2.301	-145.918	P < 0.001	-340.243	-331.222
	b_1	59.300	2.301	25.774	P < 0.001	54.790	63.811
Aylık ortalama	a_0	233.016	6.950	33.529	P < 0.001	219.277	246.755
	a_1	-335.624	9.828	-34.149	P < 0.001	-355.054	-316.194
	b_1	59.396	9.828	6.043	P < 0.001	39.966	78.826
15günlük ortalama	a_0	233.065	4.926	47.309	P < 0.001	223.368	242.761
	a_1	-335.727	6.967	-48.187	P < 0.001	-349.440	-322.013
	b_1	59.300	6.967	8.511	P < 0.001	45.586	73.013
Haftalık ortalama	a_0	232.311	3.356	69.216	P < 0.001	225.721	238.901
	a_1	-335.275	4.747	-70.636	P < 0.001	-344.595	-325.955
	b_1	58.349	4.747	12.293	P < 0.001	49.029	67.669

Sera içi radyasyon verileri için yapılan analiz sonucunda parametre tahminleri (a_0, a_1, b_1), tahminin standart hatası, t istatistiği, anlamlılık (P) düzeyi ve yorumu, %95'lik alt ve üst güven sınırları Çizelge 4.26'da düzenlenmiştir. Sera içi günlük radyasyon verilerinin analizine ek olarak aylık, 15 günlük ve haftalık ortalama sera içi radyasyon analiz sonuçları da çizelgeye eklenmiştir. Parametreler dört durumda da anlamlı (P<0.001) bulunmuştur. Bütün durumlarda a_0 'lar, a_1 'ler ve b_1 'ler kendi içlerinde birbirine çok benzer elde edilmişlerdir.

Çizelge 4.27. Sera dışı radyasyon parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi

Sera dışı veriler	Parametreler	Parametre tahminleri	Tahminin standart hatası	t istatistiği	P anlamlılık	%95'lik Güven sınırları	
						Alt	Üst
Günlük veriler	a_0	291.001	2.035	143.027	P < 0.001	287.012	294.989
	a_1	-419.376	2.877	-145.752	P < 0.001	-425.017	-413.735
	b_1	74.092	2.877	25.750	P < 0.001	68.451	79.733
Aylık ortalama	a_0	290.956	8.694	33.467	P < 0.001	273.769	308.143
	a_1	-419.240	12.295	-34.099	P < 0.001	-443.547	-394.934
	b_1	74.213	12.295	6.036	P < 0.001	49.907	98.519
15günlük ortalama	a_0	291.017	6.163	47.221	P < 0.001	278.886	303.147
	a_1	-419.369	8.716	-48.117	P < 0.001	-436.524	-402.214
	b_1	74.092	8.716	8.501	P < 0.001	56.937	91.247
Haftalık ortalama	a_0	290.076	4.198	69.094	P < 0.001	281.833	298.320
	a_1	-418.804	5.937	-70.538	P < 0.001	-430.462	-407.146
	b_1	72.899	5.937	12.278	P < 0.001	61.241	84.557

Sera dışı radyasyon verileri için yapılan analiz sonucunda parametre tahminleri (a_0, a_1, b_1), tahminin standart hatası, t istatistiği, anlamlılık (P) düzeyi ve yorumu, %95'lik alt ve üst güven sınırları Çizelge 4.27'de düzenlenmiştir. Sera dışı günlük radyasyon verilerinin analizine ek olarak aylık, 15 günlük ve haftalık ortalama sera dışı radyasyon analiz sonuçları da çizelgeye eklenmiştir. Parametreler dört durumda da anlamlı (P<0.001) bulunmuştur. Bütün durumlarda a_0 'lar, a_1 'ler ve b_1 'ler kendi içlerinde birbirin çok benzer bulunmuşlardır.

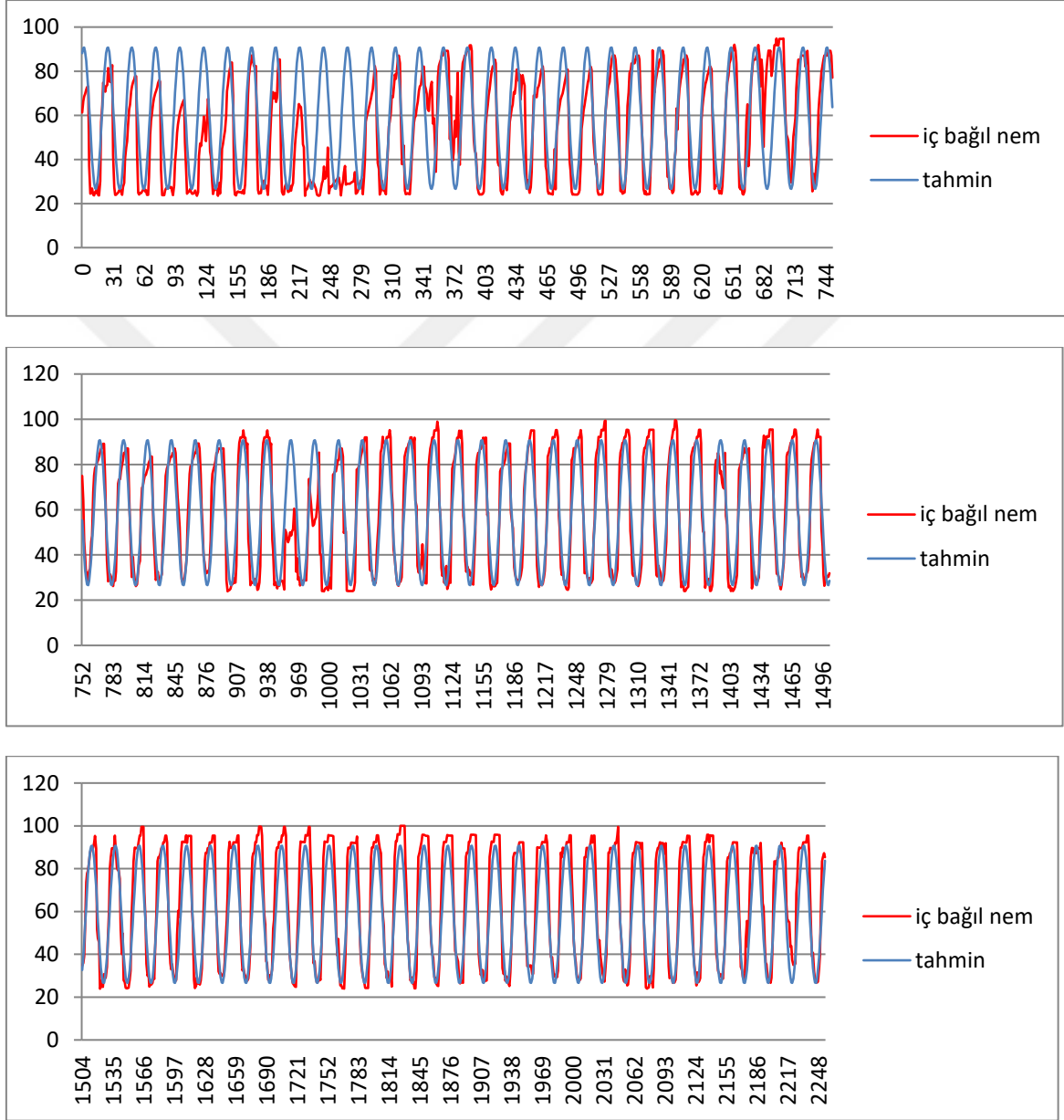
4.7. Sera İçi ve Dışında Aralıklı Ölçümlere Ait Veri Analizleri

Çalışmada orijinal veriler 14.05.2011'de 00:00'dan başlayarak her yarım saatte, günde 48 ölçüm yapılarak 15.08.2011'de 23:30'a kadar sürmektedir. Gerek yarım saatlik günlük verilerin, gerekse aylık, 15 günlük ve haftalık ortalamaların analizlerinde bu ölçümler esas alınmıştır. 'Her yarım saatte ölçüm almak yerine saatlik, iki saatlik veya üç saatlik aralar ile ölçüm yapılırsa benzer sonuçlara ulaşılabilir mi?' sorusuna yanıt aramak için 14.05.2011, 00:00 başlangıç noktasına göre her üç aralık için analizler yapılarak sonuçlar aşağıdaki başlıklarda verilmiştir.

4.7.1. Sera içi bir saat aralıklı bağıl nem verileri analizi

Sera içi bir saat aralıklı bağıl nem verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{ibağıl\ nem} = 58.688 + 29.434 \cos \theta + 13.102 \sin \theta$ Şeklinde elde edilmiştir. Sera içi bir saat aralıklı bağıl nem verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri Şekil 4.25'te verilmiştir.



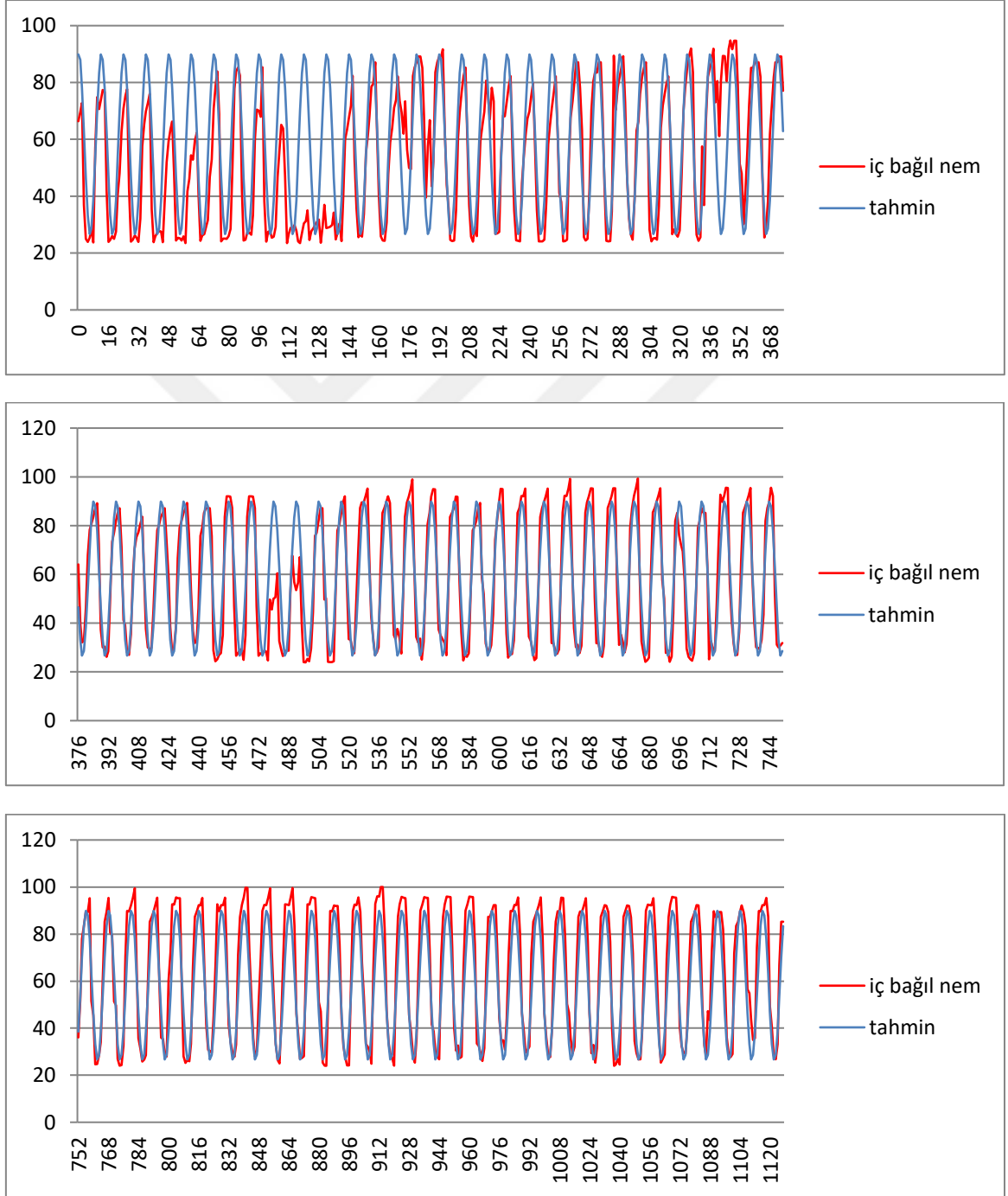
Şekil 4.25. Gözlenen ve tahmin edilen bir saat aralıklı sera içi bağıl nem grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük verilerle elde edilen ile benzer özellikler göstermiştir. Uyum hem günlük hem bir saat aralıklı veriler için aynı bulunmuştur ($R^2=0.744$).

4.7.2. Sera içi iki saat aralıklı bağıl nem verileri analizi

Sera içi iki saat aralıklı bağıl nem verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{ibağıl\ nem} = 58.281 + 31.597 \cos \theta + 4.613 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera içi iki saat aralıklı bağıl nem verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri şekil 4.26'da verilmiştir.



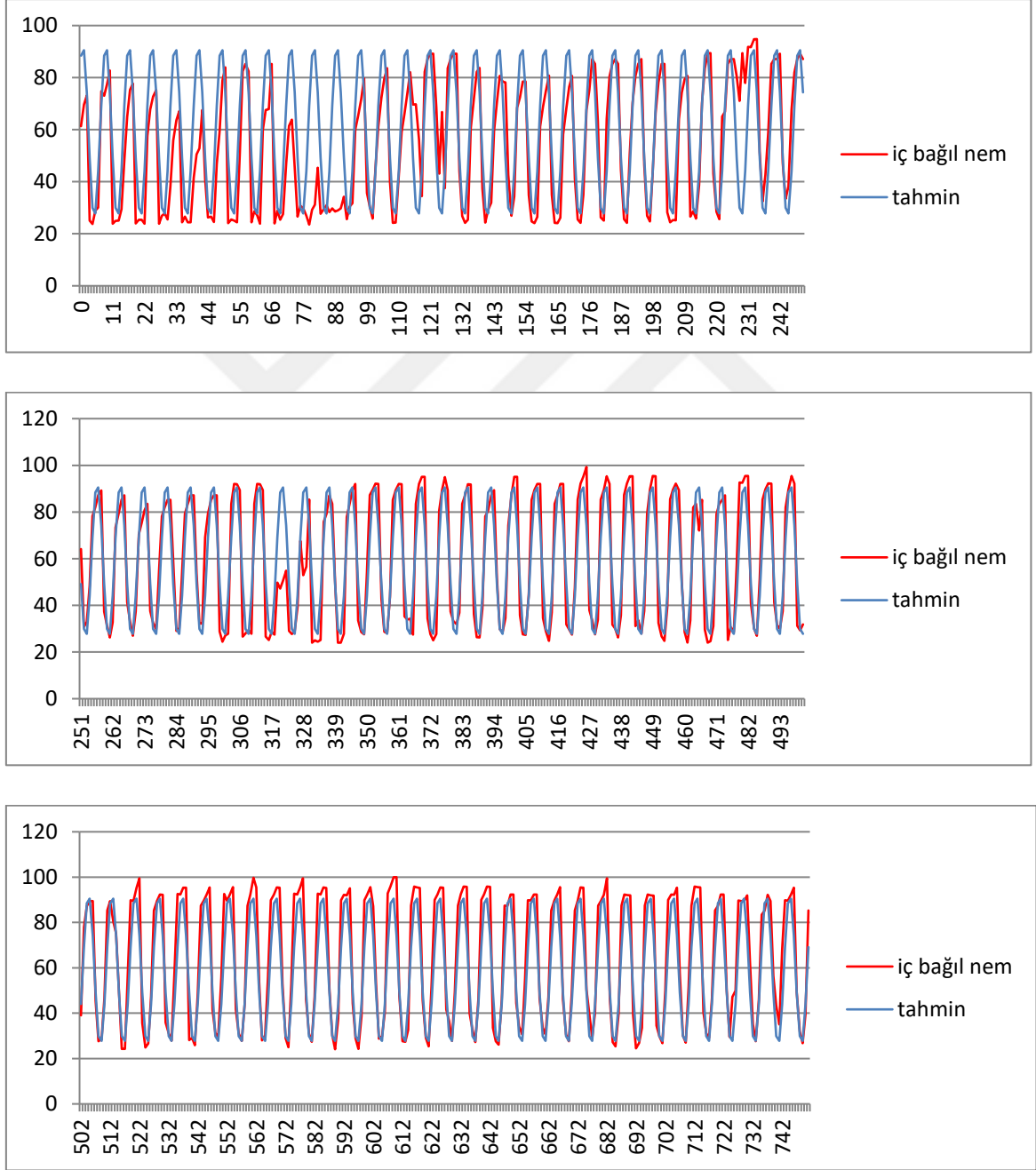
şekil 4.26. Gözlenen ve tahmin edilen iki saat aralıklı sera içi bağıl nem grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.744$) ile benzer uyumu ($R^2=0.748$) göstermektedir.

4.7.3. Sera içi üç saat aralıklı bağıl nem verileri analizi

Sera içi üç saat aralıklı bağıl nem verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{içbağılnem} = 59.161 + 29.239 \cos \theta + 15.114 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera içi üç saat aralıklı bağıl nem verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri Şekil 4.27’de verilmiştir.



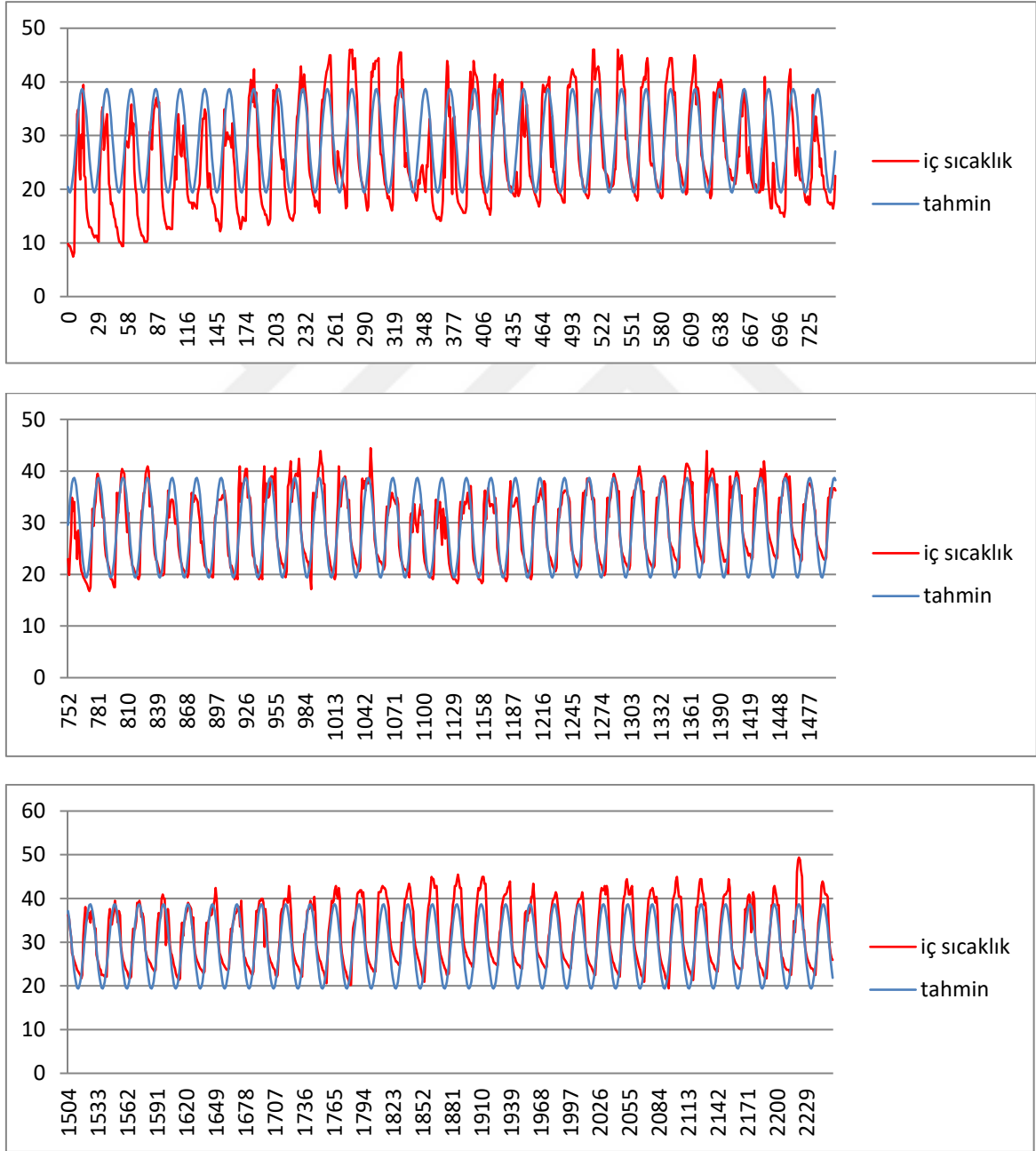
Şekil 4.27. Gözlenen ve tahmin edilen üç saat aralıklı sera içi bağıl nem grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.744$) ile benzer uyumu ($R^2=0.743$) göstermektedir.

4.7.4. Sera içi bir saat aralıklı sıcaklık verileri analizi

Sera içi bir saat aralıklı sıcaklık verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{içsıcaklık} = 29.033 - 8.632 \cos \theta - 4.351 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera içi bir saat aralıklı sıcaklık verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri Şekil 4.28’de verilmiştir.



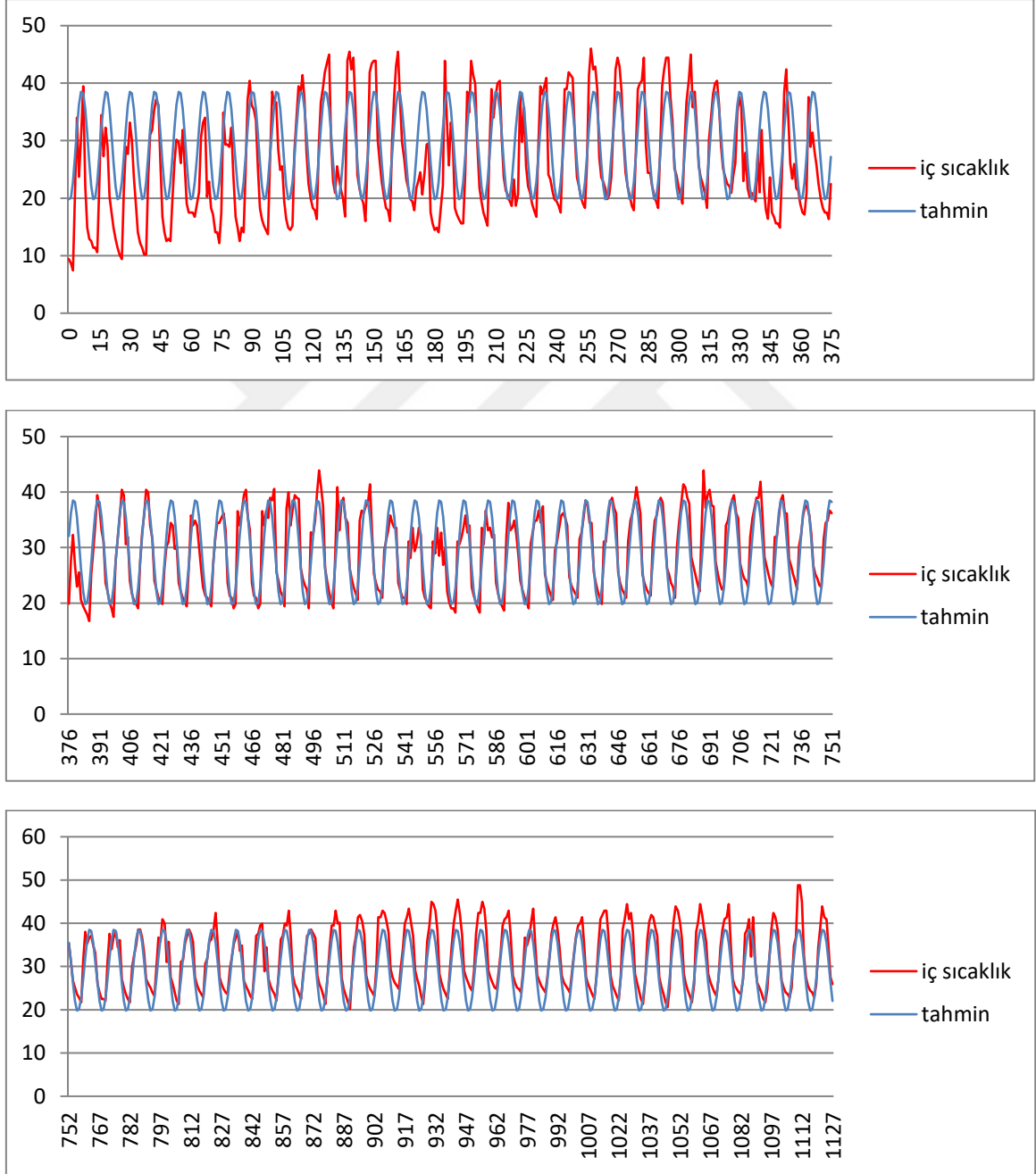
Şekil 4.28. Gözlenen ve tahmin edilen bir saat aralıklı sera içi sıcaklık grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.670$) ile benzer uyumu ($R^2=0.668$) göstermektedir.

4.7.5. Sera içi iki saat aralıklı sıcaklık verileri analizi

Sera içi iki saat aralıklı sıcaklık verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{\text{icsıcaklık}} = 29.154 - 9.339 \cos \theta - 1.986 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera içi iki saat aralıklı sıcaklık verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri Şekil 4.29'da verilmiştir.



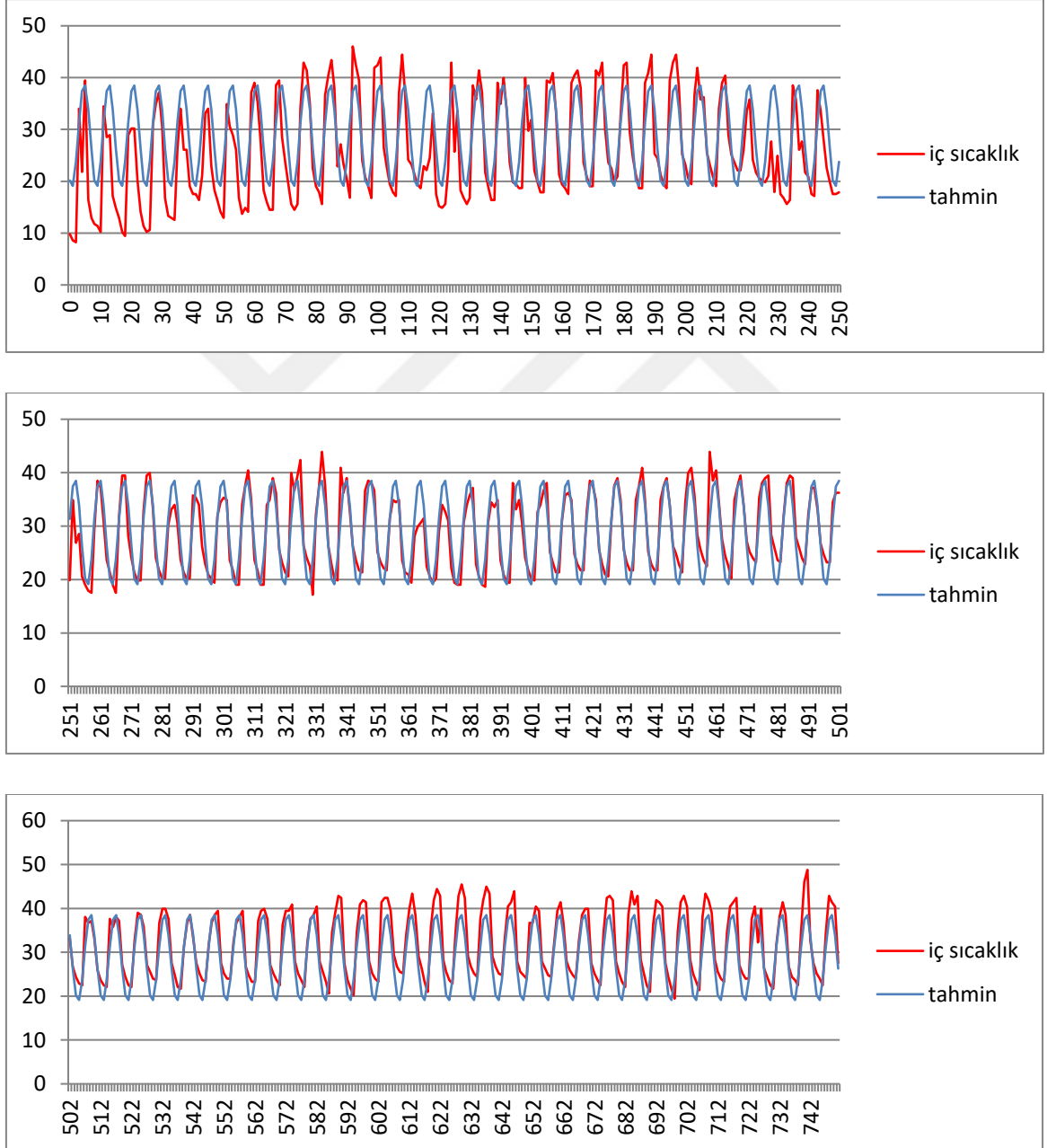
Şekil 4.29. Gözlenen ve tahmin edilen iki saat aralıklı sera içi sıcaklık grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.670$) ile aynı ($R^2=0.670$) bulunmuştur.

4.7.6. Sera içi üç saat aralıklı sıcaklık verileri analizi

Sera içi üç saat aralıklı sıcaklık verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{içsıcaklık} = 28.797 - 8.628 \cos \theta - 5.062 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera içi üç saat aralıklı sıcaklık verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri Şekil 4.30'da verilmiştir.



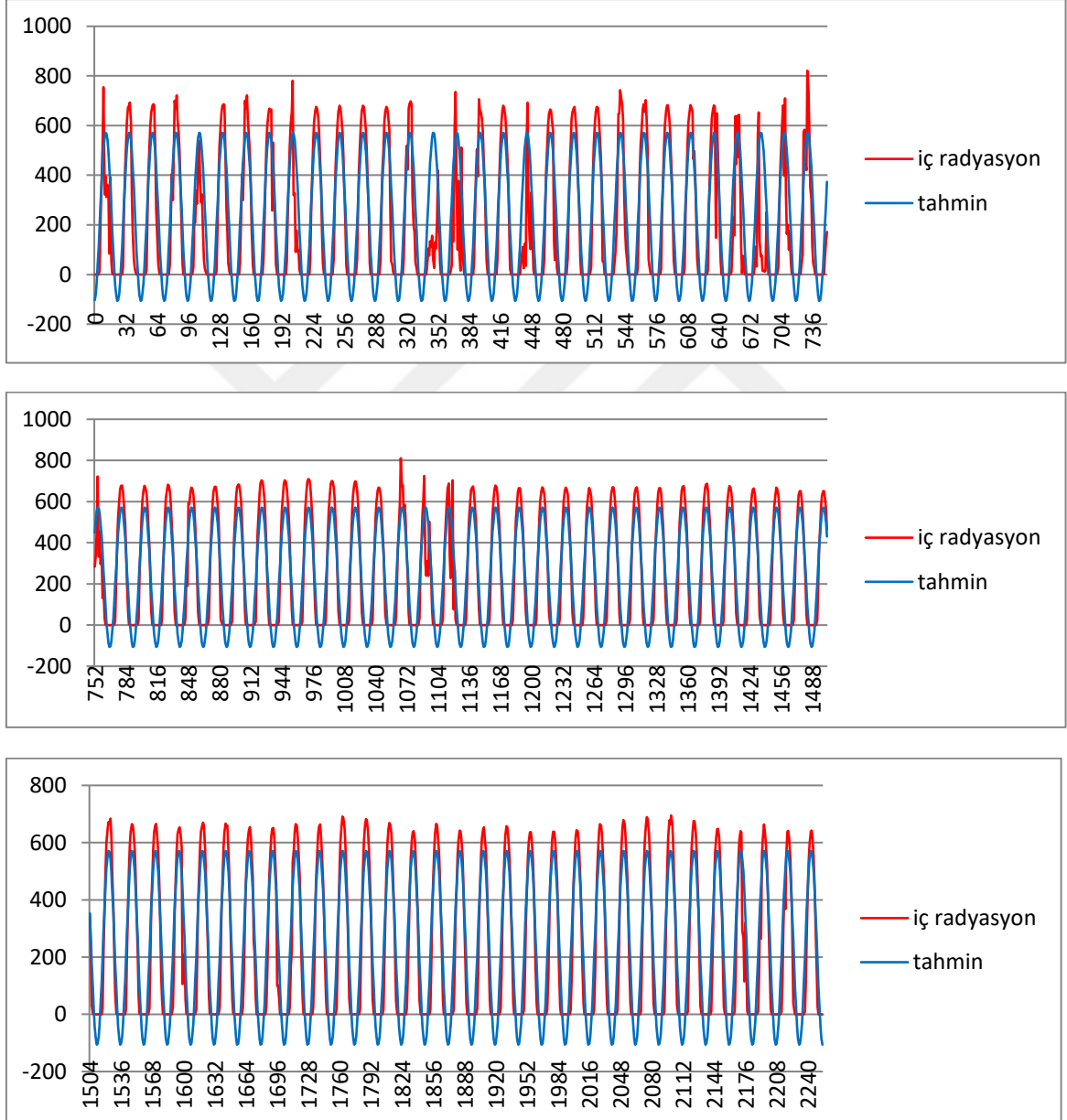
Şekil 4.30. Gözlenen ve tahmin edilen üç saat aralıklı sera içi sıcaklık grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.670$) ile benzer uyumu ($R^2=0.673$) göstermektedir.

4.7.7. Sera içi bir saat aralıklı radyasyon verileri analizi

Sera içi bir saat aralıklı radyasyon verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{\text{icradyasyon}} = 232.586 - 335.596 \cos \theta + 55.643 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera içi bir saat aralıklı radyasyon verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri Şekil 4.31’de verilmiştir.



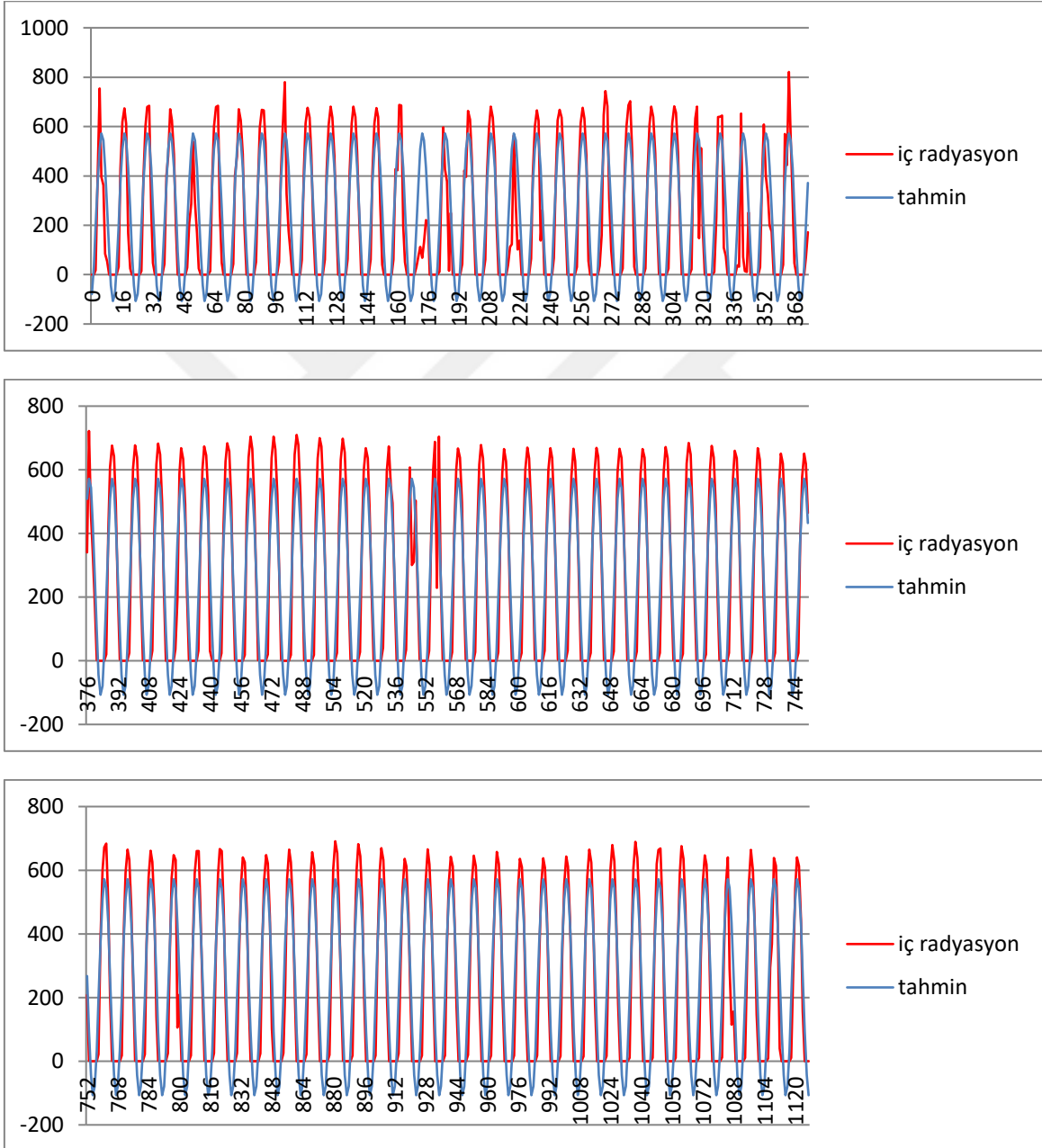
Şekil 4.31. Gözlenen ve tahmin edilen bir saat aralıklı sera içi radyasyon grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.830$) ile benzer uyumu ($R^2=0.828$) göstermektedir.

4.7.8. Sera içi iki saat aralıklı radyasyon verileri analizi

Sera içi iki saat aralıklı radyasyon verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{iiradyasyon} = 232.517 - 311.545 \cos \theta + 139.109 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera içi iki saat aralıklı radyasyon verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri şekil 4.32'de verilmiştir.



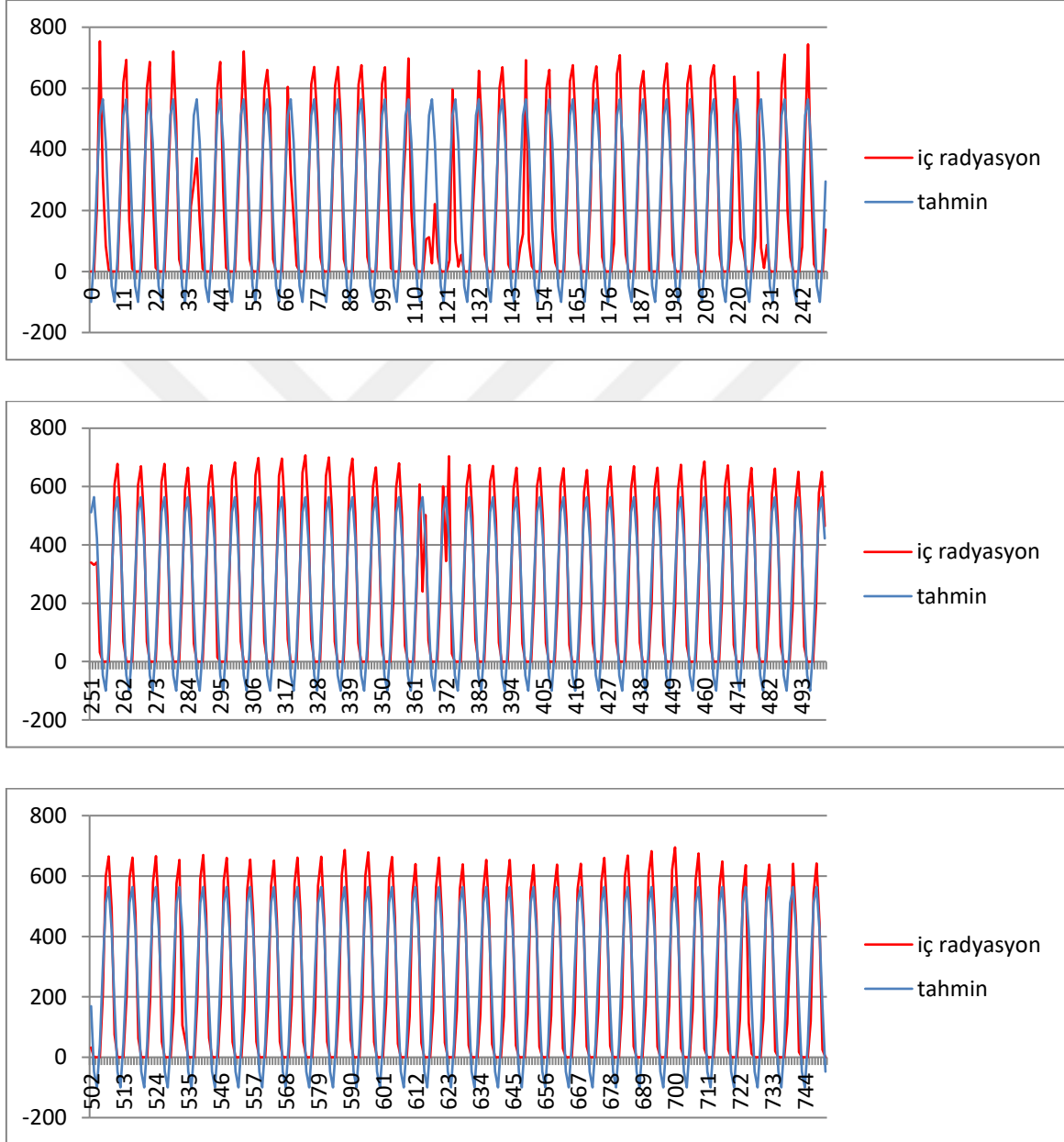
şekil 4.32. Gözlenen ve tahmin edilen iki saat aralıklı sera içi radyasyon grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.830$) ile benzer uyumu ($R^2=0.829$) göstermektedir.

4.7.9. Sera içi u saat aralıklı radyasyon verileri analizi

Sera içi u saat aralıklı radyasyon verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{içradyasyon} = 232.049 - 331.824 \cos \theta + 63.164 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera içi u saat aralıklı radyasyon verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri şekil 4.33'te verilmiştir.



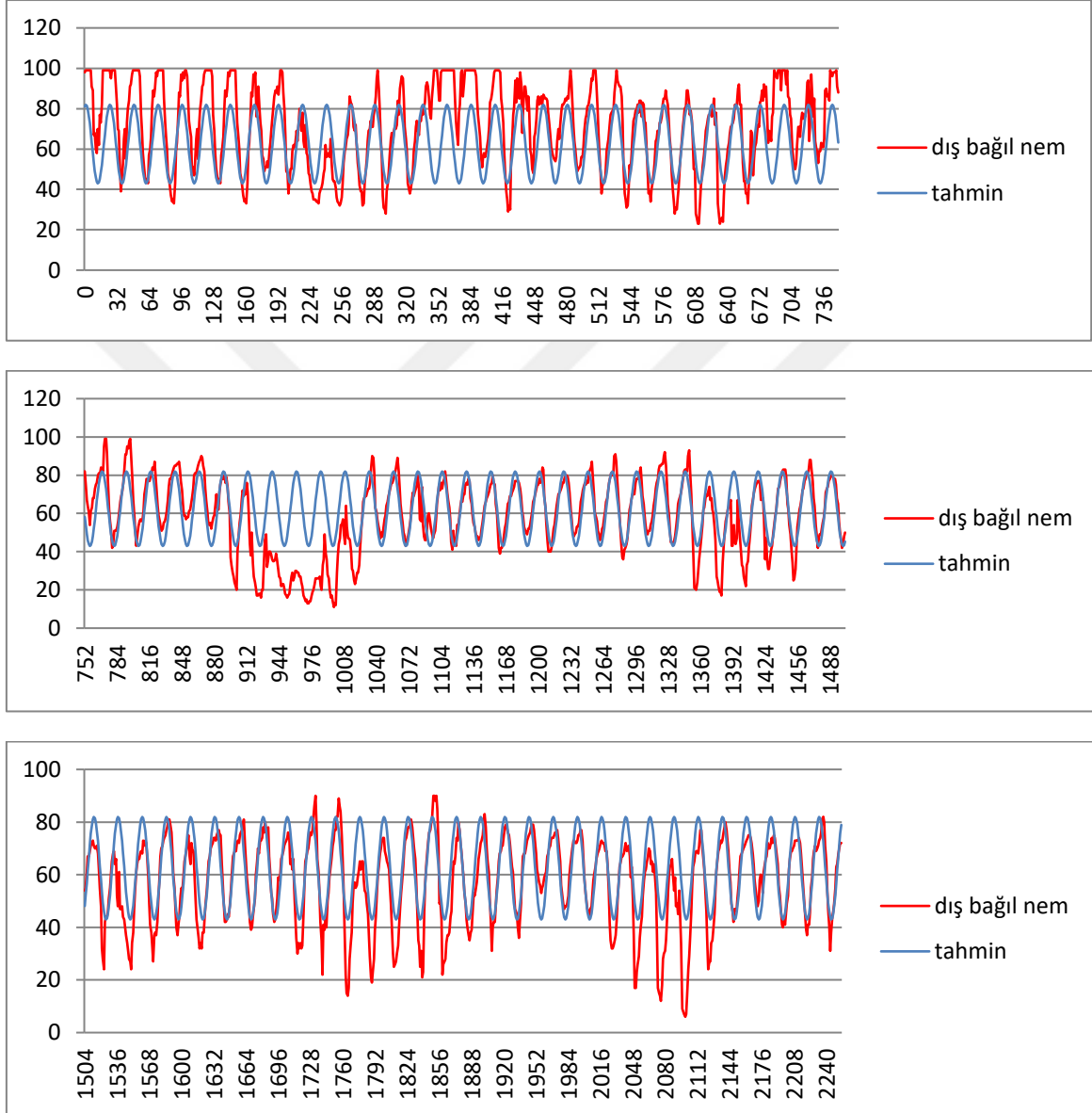
şekil 4.33. Gözlenen ve tahmin edilen u saat aralıklı sera içi radyasyon grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.830$) ile benzer uyumu ($R^2=0.827$) göstermektedir.

4.7.10. Sera dışı bir saat aralıklı bağıl nem verileri analizi

Sera dışı bir saat aralıklı bağıl nem verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{dışbağılnem} = 62.456 + 18.628 \cos \theta + 5.762 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera dışı bir saat aralıklı bağıl nem verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri Şekil 4.34'te verilmiştir.



Şekil 4.34. Gözlenen ve tahmin edilen bir saat aralıklı sera dışı bağıl nem grafiği

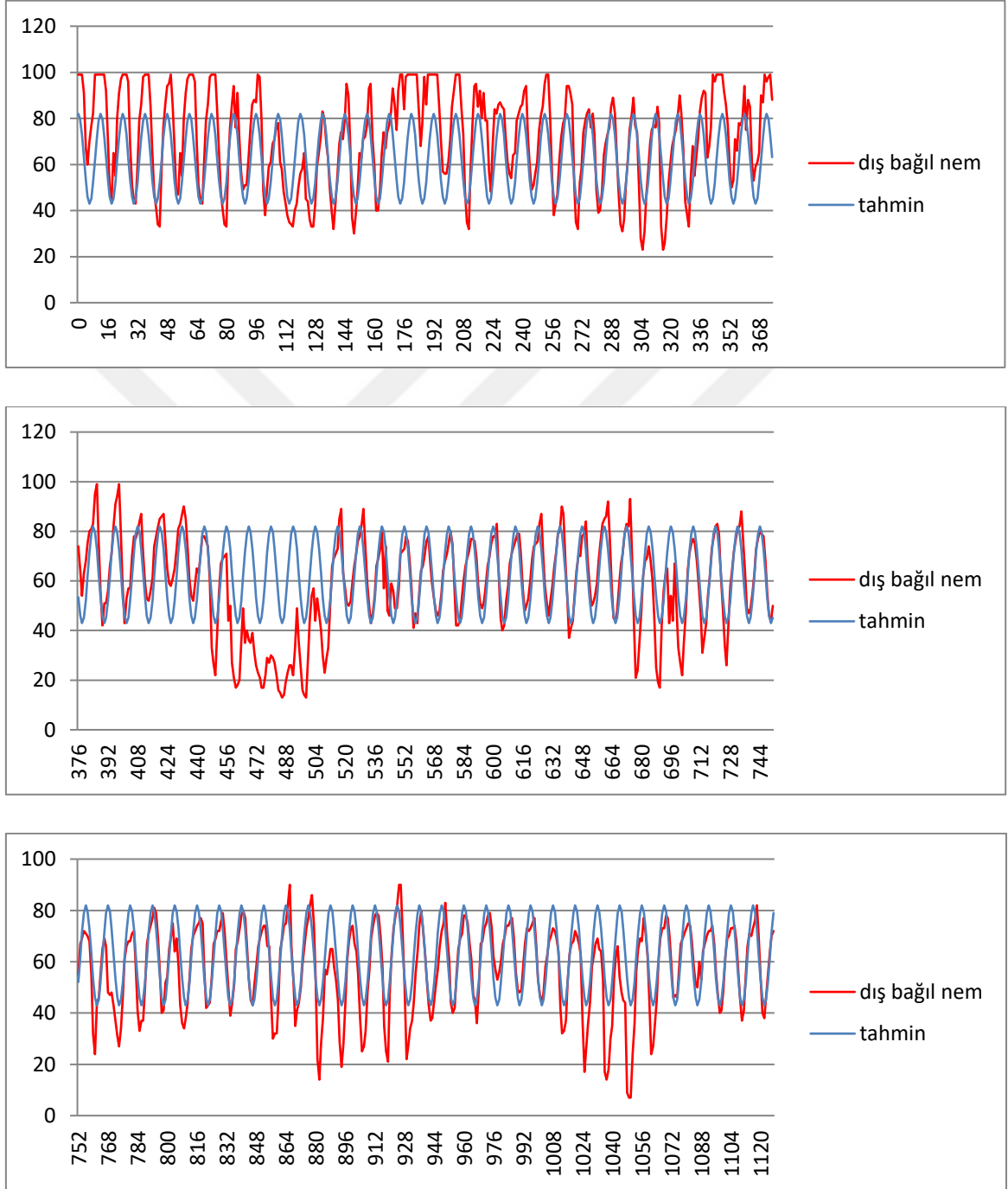
Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.473$) ile aynı ($R^2=0.473$) ve orta düzey bir uyum göstermektedir.

4.7.11. Sera dışı iki saat aralıklı bağıl nem verileri analizi

Sera dışı iki saat aralıklı bağıl nem verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$$\hat{y}_{\text{dışbağılnem}} = 62.470 + 19.478 \cos \theta + 0.751 \sin \theta \text{ şeklinde elde edilmiştir. Sera dışı iki saat}$$

aralıklı bağıl nem verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri Şekil 4.35'te verilmiştir.



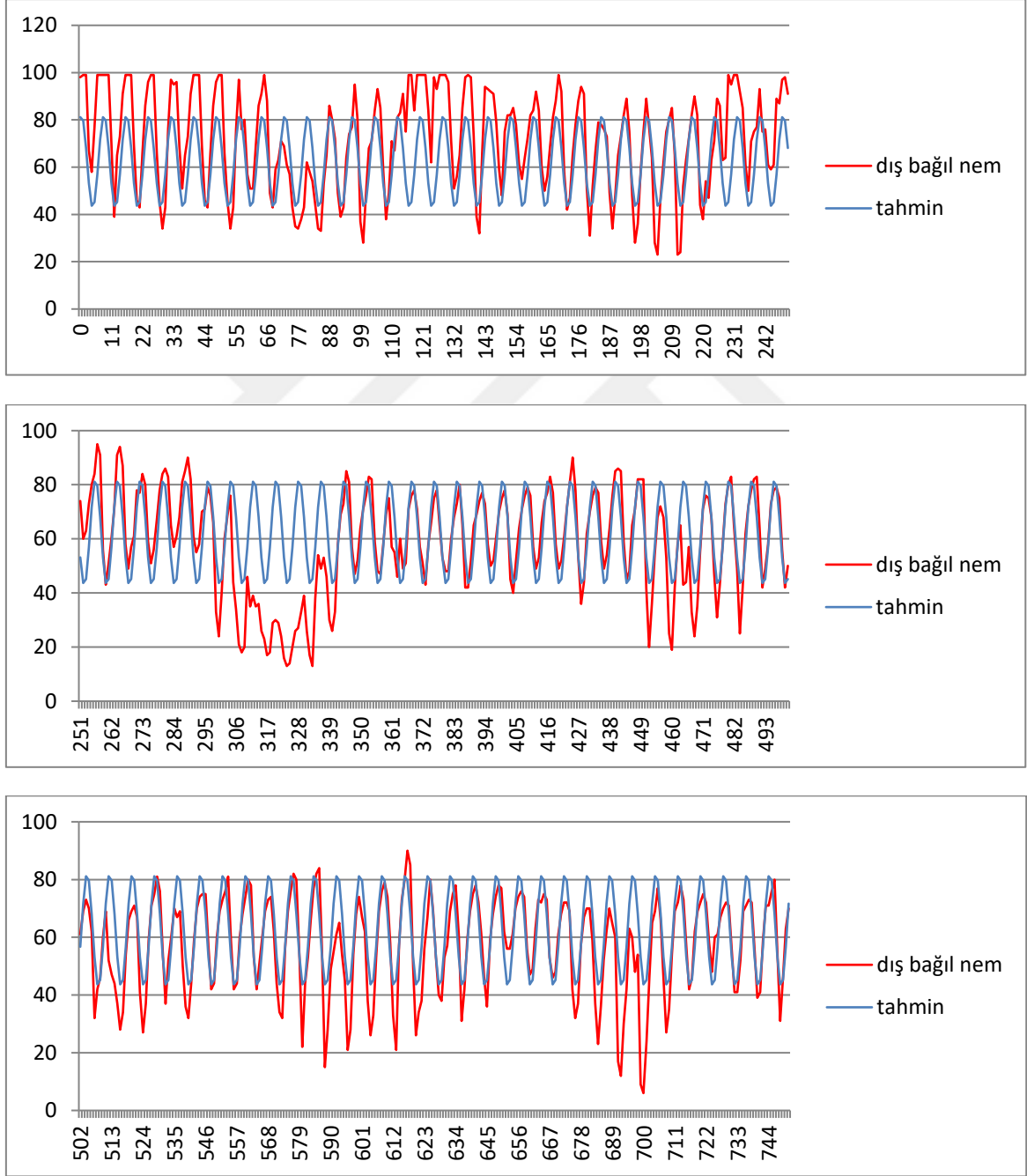
Şekil 4.35. Gözlenen ve tahmin edilen iki saat aralıklı sera dışı bağıl nem grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.473$) ile benzer uyumu ($R^2=0.475$) göstermektedir.

4.7.12. Sera dışı üç saat aralıklı bağıl nem verileri analizi

Sera dışı üç saat aralıklı bağıl nem verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{dışbağılnem} = 62.412 + 18.730 \cos \theta + 5.656 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera dışı üç saat aralıklı bağıl nem verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri Şekil 4.36'da verilmiştir.



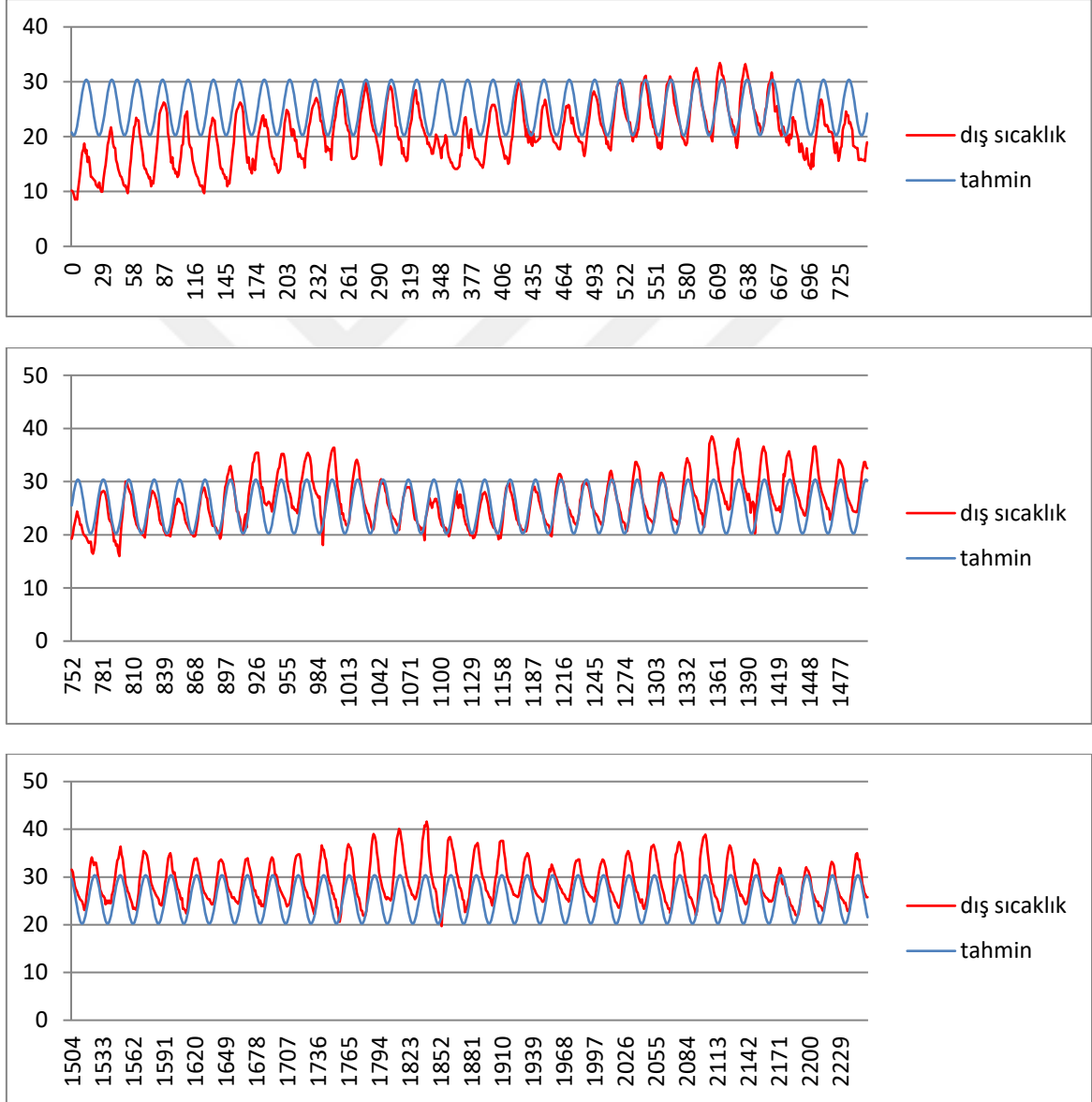
Şekil 4.36. Gözlenen ve tahmin edilen üç saat aralıklı sera dışı bağıl nem grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.473$) ile benzer uyumu ($R^2=0.474$) göstermektedir.

4.7.13. Sera dışı bir saat aralıklı sıcaklık verileri analizi

Sera dışı bir saat aralıklı sıcaklık verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{\text{dışsıcaklık}} = 25.301 - 4.514 \cos \theta - 2.354 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera dışı bir saat aralıklı sıcaklık verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri Şekil 4.37'de verilmiştir.



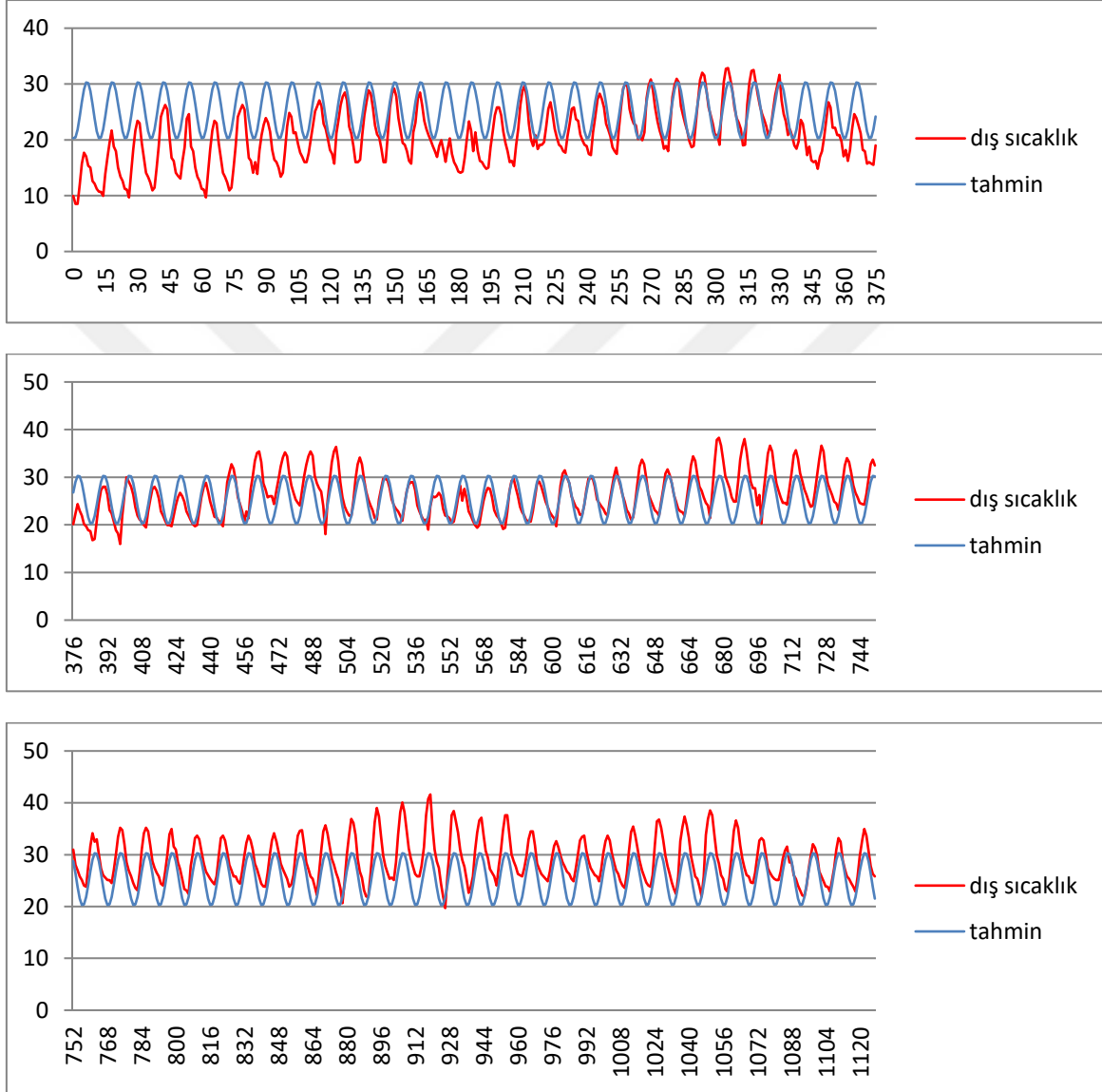
Şekil 4.37. Gözlenen ve tahmin edilen bir saat aralıklı sera dışı sıcaklık grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.385$) ile benzer ($R^2=0.387$) ve orta düzeyin altında bir uyum göstermektedir.

4.7.14. Sera dışı iki saat aralıklı sıcaklık verileri analizi

Sera dışı iki saat aralıklı sıcaklık verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{dışsıcaklık} = 25.291 - 4.986 \cos \theta - 1.128 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera dışı iki saat aralıklı sıcaklık verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri Şekil 4.38’de verilmiştir.



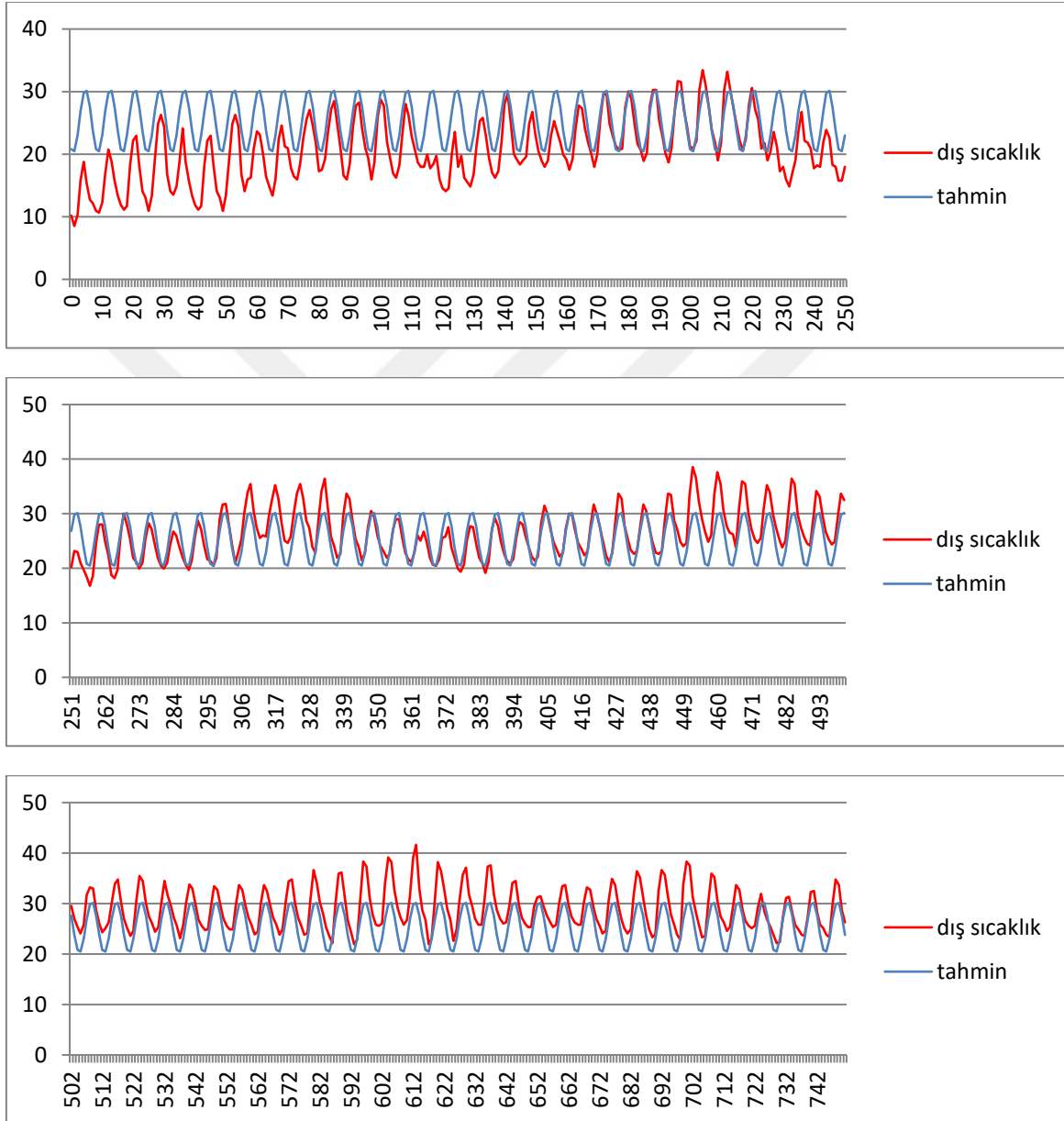
Şekil 4.38. Gözlenen ve tahmin edilen iki saat aralıklı sera dışı sıcaklık grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.385$) ile benzer uyumu ($R^2=0.390$) göstermektedir.

4.7.15. Sera dışı üç saat aralıklı sıcaklık verileri analizi

Sera dışı üç saat aralıklı sıcaklık verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{\text{dışsıcaklık}} = 25.302 - 4.502 \cos \theta - 2.317 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera dışı üç saat aralıklı sıcaklık verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri Şekil 4.39'da verilmiştir.



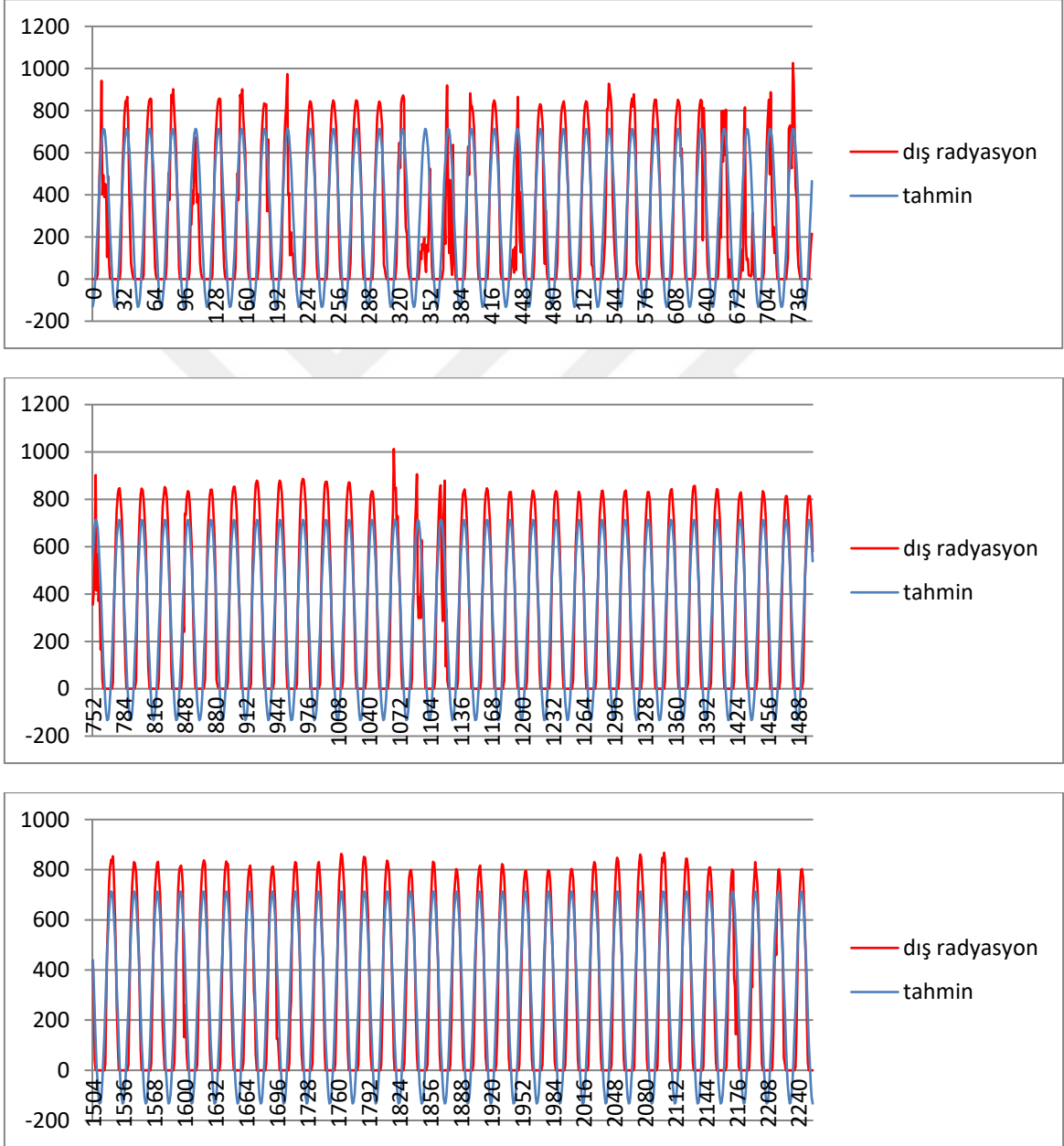
Şekil 4.39. Gözlenen ve tahmin edilen üç saat aralıklı sera dışı sıcaklık grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.385$) ile benzer uyumu ($R^2=0.384$) göstermektedir.

4.7.16. Sera dışı bir saat aralıklı radyasyon verileri analizi

Sera dışı bir saat aralıklı radyasyon verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{\text{dışradyasyon}} = 290.426 - 419.209 \cos \theta + 69.525 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera dışı bir saat aralıklı radyasyon verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri Şekil 4.40'ta verilmiştir.



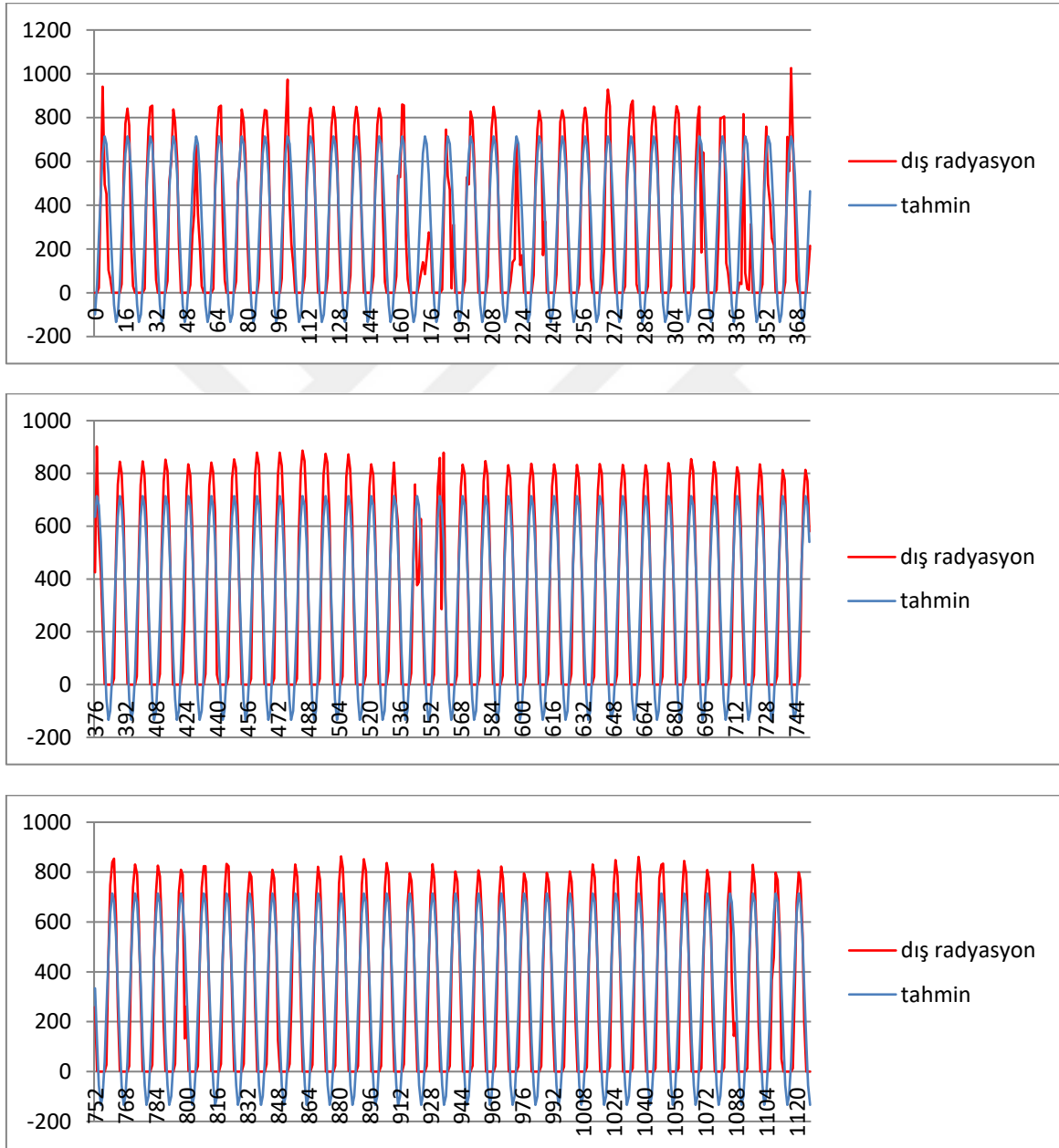
Şekil 4.40. Gözlenen ve tahmin edilen bir saat aralıklı sera dışı radyasyon grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.829$) ile benzer uyumu ($R^2=0.828$) göstermektedir.

4.7.17. Sera dışı iki saat aralıklı radyasyon verileri analizi

Sera dışı iki saat aralıklı radyasyon verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{dışradyasyon} = 290.332 - 389.163 \cos \theta + 173.784 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera dışı iki saat aralıklı radyasyon verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri Şekil 4.41’de verilmiştir.



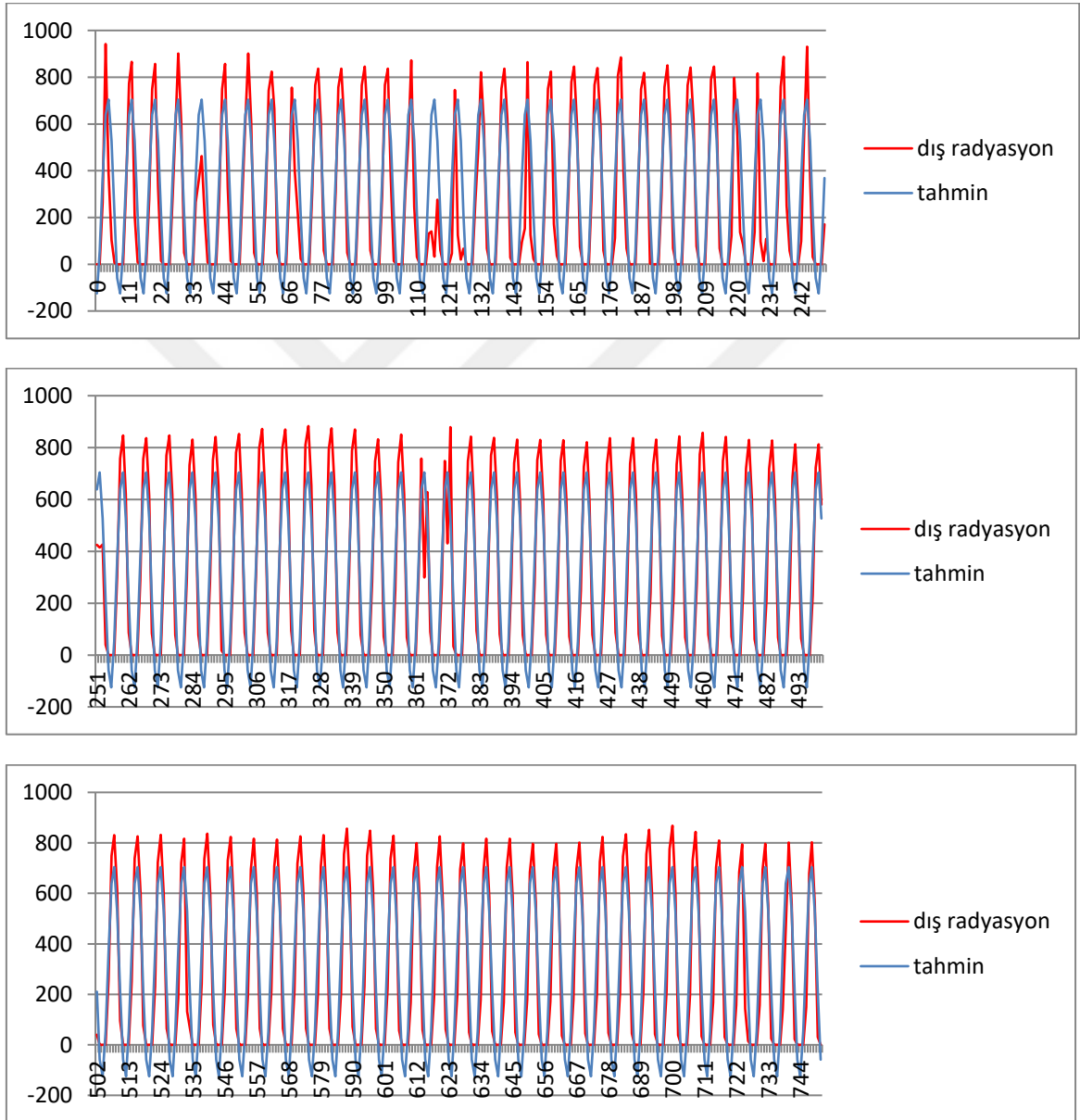
Şekil 4.41. Gözlenen ve tahmin edilen iki saat aralıklı sera dışı radyasyon grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.829$) ile aynı uyumu ($R^2=0.829$) göstermektedir.

4.7.18. Sera dışı üç saat aralıklı radyasyon verileri analizi

Sera dışı üç saat aralıklı radyasyon verileri analizi sonucunda tahmin eşitliği;

$\hat{y}_{\text{dışradyasyon}} = 289.747 - 414.489 \cos \theta + 78.956 \sin \theta$ şeklinde elde edilmiştir. Sera dışı üç saat aralıklı radyasyon verileri gözlenen ve tahmin edilen grafikleri Şekil 4.42’de verilmiştir.



Şekil 4.42. Gözlenen ve tahmin edilen üç saat aralıklı sera dışı radyasyon grafiği

Gözlenen ve tahmin edilen grafikleri yarım saat aralıklı günlük veriler ($R^2=0.829$) ile benzer uyumu ($R^2=0.827$) göstermektedir.

4.8. Sera İçi ve Dışı Verilerin Aralıklı Ölçümlere Ait Ölçüm Analizlerinin Karşılaştırılmalı Değerlendirilmesi

Yapılan çalışma sonucu elde edilen sera içi ve sera dışı yarım saat aralıklı, bir saat aralıklı, iki saat aralıklı ve üç saat aralıklı kaydedilen sıcaklık, bağıl nem ve radyasyon verileri analize ait tahmin eşitlikleri, R (korelasyon), R^2 (determinasyon), F istatistiği ve anlamlılık (P) test sonuçları Çizelge 4.28'de düzenlenmiştir. Çizelge 4.28 incelendiğinde, incelenen regresyon ikilisine ait bütün F istatistikleri anlamlı ($P < 0.001$) bulunmuştur.

Çizelge 4.28 incelendiğinde, yarım saat, bir saat ve iki saat aralıklı veriler için elde edilen sera içi ve dışı bağıl nem, sıcaklık ve radyasyon tahmin denklemleri (yani a_0 , a_1 , b_1 parametre tahminleri) çok benzer bulunmuştur. Yalnızca iki saat aralıklı veriler için elde edilen tahmin denklemlerinin kat sayılarında farklılıklar göze çarpmaktadır. İki saat aralıklı iç bağıl nem diğer aralıklılar için yine benzer katsayılar vermiştir. Ancak iki saat aralıklı dış bağıl nem, iç sıcaklık ve dış sıcaklık için b_1 katsayıları (sırayla 0.751; -1.986 ve -1.128) diğer aralıklılar için elde edilenlerden mutlak değer olarak oldukça küçük çıkmıştır. İki saat aralıklı iç ve dış radyasyon için ise b_1 katsayıları (sırayla 139.109 ve 173.784) diğer aralıklılar için elde edilenlerden yaklaşık iki buçuk kat yüksek çıkmıştır.

Determinasyon katsayıları incelendiğinde hangi aralıklı ölçüm olursa olsun R^2 'leri sırayla 0.740 ve 0.470, iç ve dış sıcaklık R^2 'leri sırayla 0.670 ve 0.390, iç ve dış radyasyon R^2 'lerinin her ikisi de 0.830 civarında elde edilmiştir. Görüleceği gibi ölçüm aralıkları gözlenen ve tahmin edilenler arasındaki uyum düzeyini etkilememektedir. Diğer ifade ile ölçüm aralığı hangisi olursa olsun zaman noktalarının, yani $\cos\Theta$ ve $\sin\Theta$ bağımsız değişkenlerinin Y'deki değişimi açıklama miktarları değişmemektedir.

Diğer göze çarpan önemli bir husus da, radyasyon için ölçüm aralığı ne olursa olsun hem sera içinde hem sera dışında aynı ve yaklaşık 0.830'lük yüksek bir R^2 elde edilmiş olmasıdır. Bu radyasyonun fiziksel özelliklerinden ve sera içi ve dışında aynı radyasyonun gerçekleşmesinden olabilir. Bağıl nem ve sıcaklık için ise tüm aralıklı ölçümlerde sera içinde daha yüksek dışında daha düşük R^2 'ler elde edilmiş olması göze çarpmaktadır. Bağıl nem için içeride 0.740 ve dışarıda 0.470; sıcaklık için içeride 0.670 ve dışarıda 0.390 yaklaşık değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.28. Sera içi ve dışı aralıklı ölçümlere ait veriler için tahmin eşitlikleri, determinasyon katsayıları, HKO, F, P değerleri

Tahmin eşitliği	$\hat{y}_i = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 \cos \theta + \hat{b}_1 \sin \theta$	R	R ²	\bar{R}^2	HKO	F	P
Yarım saat aralıklı	$\hat{y}_{i\text{çbağılnem}} = 58.705 + 29.393 \cos \theta + 13.219 \sin \theta$	0.863	0.744	0.744	178.8	6552	<0.001
	$\hat{y}_{dışbağılnem} = 62.487 + 18.728 \cos \theta + 5.457 \sin \theta$	0.688	0.473	0.473	212.3	2021	<0.001
	$\hat{y}_{içsıcaklık} = 29.087 - 8.660 \cos \theta - 4.368 \sin \theta$	0.818	0.670	0.669	23.2	4568	<0.001
	$\hat{y}_{dışsıcaklık} = 25.303 - 4.540 \cos \theta - 2.287 \sin \theta$	0.621	0.385	0.385	20.6	1412	<0.001
	$\hat{y}_{içradyasyon} = 233.052 - 335.732 \cos \theta + 59.300 \sin \theta$	0.911	0.830	0.830	11942.8	10978	<0.001
	$\hat{y}_{dışradyasyon} = 291.001 - 419.376 \cos \theta + 74.092 \sin \theta$	0.911	0.829	0.829	18677.5	10953	<0.001
Bir saat aralıklı	$\hat{y}_{içbağılnem} = 58.688 + 29.434 \cos \theta + 13.102 \sin \theta$	0.863	0.744	0.744	178.9	3272	<0.001
	$\hat{y}_{dışbağılnem} = 62.456 + 18.628 \cos \theta + 5.762 \sin \theta$	0.688	0.473	0.472	212.3	1010	<0.001
	$\hat{y}_{içsıcaklık} = 29.033 - 8.632 \cos \theta - 4.351 \sin \theta$	0.817	0.668	0.667	23.3	2262	<0.001
	$\hat{y}_{dışsıcaklık} = 25.301 - 4.514 \cos \theta - 2.354 \sin \theta$	0.622	0.387	0.386	20.6	711	<0.001
	$\hat{y}_{içradyasyon} = 232.586 - 335.596 \cos \theta + 55.643 \sin \theta$	0.910	0.828	0.828	12014.8	5432	<0.001
	$\hat{y}_{dışradyasyon} = 290.426 - 419.209 \cos \theta + 69.525 \sin \theta$	0.910	0.828	0.828	18788.1	5420	<0.001
İki saat aralıklı	$\hat{y}_{içbağılnem} = 58.281 + 31.597 \cos \theta + 4.613 \sin \theta$	0.865	0.748	0.748	171.9	1672	<0.001
	$\hat{y}_{dışbağılnem} = 62.470 + 19.478 \cos \theta + 0.751 \sin \theta$	0.689	0.475	0.474	210.9	508	<0.001
	$\hat{y}_{içsıcaklık} = 29.154 - 9.339 \cos \theta - 1.986 \sin \theta$	0.819	0.670	0.670	22.5	1142	<0.001
	$\hat{y}_{dışsıcaklık} = 25.291 - 4.986 \cos \theta - 1.128 \sin \theta$	0.625	0.390	0.389	20.5	359	<0.001
	$\hat{y}_{içradyasyon} = 232.517 - 311.545 \cos \theta + 139.109 \sin \theta$	0.910	0.829	0.829	12040.4	2726	<0.001
	$\hat{y}_{dışradyasyon} = 290.332 - 389.163 \cos \theta + 173.784 \sin \theta$	0.910	0.829	0.828	18825.8	2720	<0.001
Üç saat aralıklı	$\hat{y}_{içbağılnem} = 59.161 + 29.239 \cos \theta + 15.114 \sin \theta$	0.862	0.743	0.742	188.3	1081	<0.001
	$\hat{y}_{dışbağılnem} = 62.412 + 18.730 \cos \theta + 5.656 \sin \theta$	0.688	0.474	0.472	213.6	336	<0.001
	$\hat{y}_{içsıcaklık} = 28.797 - 8.628 \cos \theta - 5.062 \sin \theta$	0.820	0.673	0.672	24.4	771	<0.001
	$\hat{y}_{dışsıcaklık} = 25.302 - 4.502 \cos \theta - 2.317 \sin \theta$	0.620	0.384	0.382	20.6	233	<0.001
	$\hat{y}_{içradyasyon} = 232.049 - 331.824 \cos \theta + 63.164 \sin \theta$	0.910	0.827	0.827	11950.1	1794	<0.001
	$\hat{y}_{dışradyasyon} = 289.747 - 414.489 \cos \theta + 78.956 \sin \theta$	0.909	0.827	0.827	18692.6	1790	<0.001

Sera içi ve dışı bağıl nem verileri için yapılan analiz sonucunda parametre tahminleri (a_0, a_1, b_1), tahminin standart hatası, t istatistiği, anlamlılık (P) testi ve yorumu, %95'lik alt ve üst güven sınırları Çizelge 4.29'da düzenlenmiştir. Sera içi ve dışı bağıl nem verilerinin analizine ek olarak bir saat aralıklı, iki saat aralıklı ve üç saat aralıklı kaydedilen sera içi ve dışı bağıl nem verileri analiz sonuçları da çizelgeye eklenmiştir. Parametreler anlamlı (P<0.001) bulunmuştur.

Çizelge 4.29. Sera içi ve dışında aralıklı ölçümlere ait bağıl nem verileri için parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi

Farklı zamanda kaydedilen sera verileri		Parametreler	Parametre tahminleri	Tahminin standart hatası	t istatistiği	P anlamlılık	%95'lik Güven sınırları	
							Alt	Üst
Yarım saat aralıklı	Sera içi	a_0	58.705	0.199	294.885	P <0.001	58.315	59.095
		a_1	29.393	0.282	104.402	P <0.001	28.841	29.945
		b_1	13.219	0.282	46.955	P <0.001	12.668	13.771
	Sera dışı	a_0	62.487	0.217	288.060	P <0.001	62.062	62.912
		a_1	18.728	0.307	61.049	P <0.001	18.127	19.330
		b_1	5.457	0.307	17.789	P <0.001	4.856	6.059
Bir saat aralıklı	Sera içi	a_0	58.688	0.282	208.418	P <0.001	58.135	59.240
		a_1	29.434	0.398	73.914	P <0.001	28.653	30.215
		b_1	13.102	0.398	32.901	P <0.001	12.321	13.883
	Sera dışı	a_0	62.456	0.307	203.586	P <0.001	61.855	63.058
		a_1	18.628	0.434	42.937	P <0.001	17.778	19.479
		b_1	5.762	0.434	13.282	P <0.001	4.912	6.613
İki saat aralıklı	Sera içi	a_0	58.281	0.390	149.291	P <0.001	57.515	59.047
		a_1	31.597	0.552	57.231	P <0.001	30.513	32.680
		b_1	4.613	0.552	8.355	P <0.001	3.530	5.696
	Sera dışı	a_0	62.470	0.432	144.467	P <0.001	61.621	63.318
		a_1	19.478	0.612	31.851	P <0.001	18.278	20.678
		b_1	0.751	0.612	1.228	P <0.001	-0.449	1.951
Üç saat aralıklı	Sera içi	a_0	59.161	0.500	118.224	P <0.001	58.179	60.143
		a_1	29.239	0.708	-33.870	P <0.001	27.849	30.628
		b_1	15.114	0.708	41.315	P <0.001	13.725	16.503
	Sera dışı	a_0	62.412	0.533	117.115	P <0.001	61.366	63.458
		a_1	18.730	0.754	24.852	P <0.001	17.250	20.209
		b_1	5.656	0.754	7.504	P <0.001	4.176	7.135

Sera içi ve dışı sıcaklık verileri için yapılan analiz sonucunda parametre tahminleri (a_0, a_1, b_1), tahminin standart hatası, t istatistiği, anlamlılık (P) testi ve yorumu, %95'lik alt ve üst güven sınırları Çizelge 4.30'da düzenlenmiştir. Sera içi ve dışı sıcaklık verilerinin analizine ek olarak bir saat aralıklı, iki saat aralıklı ve üç saat aralıklı kaydedilen sera içi ve dışı sıcaklık verileri analiz sonuçları da çizelgeye eklenmiştir. Parametreler anlamlı (P<0.001) bulunmuştur.

Çizelge 4.30. Sera içi ve dışında aralıklı ölçümlere ait sıcaklık verileri için parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi

Farklı zamanda kaydedilen sera verileri		Parametreler	Parametre tahminleri	Tahminin standart hatası	t istatistiği	P anlamlılık	%95'lik Güven sınırları	
							Alt	Üst
Yarım saat aralıklı	Sera içi	a_0	29.087	0.072	405.402	P <0.001	28.946	29.227
		a_1	-8.660	0.101	-85.345	P <0.001	-8.859	-8.461
		b_1	-4.368	0.101	-43.047	P <0.001	-4.567	-4.169
	Sera dışı	a_0	25.303	0.068	374.100	P <0.001	25.170	25.436
		a_1	-4.540	0.096	-47.467	P <0.001	-4.728	-4.353
		b_1	-2.287	0.096	-23.905	P <0.001	-2.474	-2.099
Bir saat aralıklı	Sera içi	a_0	29.033	0.102	285.693	P <0.001	28.833	29.232
		a_1	-8.632	0.144	-60.065	P <0.001	-8.914	-8.350
		b_1	-4.351	0.144	-30.277	P <0.001	-4.633	-4.069
	Sera dışı	a_0	25.301	0.095	265.041	P <0.001	25.114	25.488
		a_1	-4.514	0.135	-33.440	P <0.001	-4.779	-4.250
		b_1	-2.354	0.135	-17.437	P <0.001	-2.619	-2.089
İki saat aralıklı	Sera içi	a_0	29.154	0.141	206.449	P <0.001	28.877	29.431
		a_1	-9.339	0.200	-46.765	P <0.001	-9.731	-8.948
		b_1	-1.986	0.200	-9.944	P <0.001	-2.378	-1.594
	Sera dışı	a_0	25.291	0.135	187.668	P <0.001	25.027	25.556
		a_1	-4.986	0.191	-26.161	P <0.001	-5.360	-4.612
		b_1	-1.128	0.191	-5.918	P <0.001	-1.502	-0.754
Üç saat aralıklı	Sera içi	a_0	28.797	0.180	159.875	P <0.001	28.444	29.151
		a_1	-8.628	0.255	-33.870	P <0.001	-9.128	-8.128
		b_1	-5.062	0.255	-19.871	P <0.001	-5.562	-4.562
	Sera dışı	a_0	25.302	0.166	152.724	P <0.001	24.976	25.627
		a_1	-4.502	0.234	-19.216	P <0.001	-4.962	-4.042
		b_1	-2.317	0.234	-9.890	P <0.001	-2.777	-1.857

Sera içi ve dışı radyasyon verileri için yapılan analiz sonucunda parametre tahminleri (a_0, a_1, b_1), tahminin standart hatası, t istatistiği, anlamlılık (P) testi ve yorumu, %95'lik alt ve üst güven sınırları Çizelge 4.31'de düzenlenmiştir. Sera içi ve dışı radyasyon verilerinin analizine ek olarak bir saat aralıklı, iki saat aralıklı ve üç saat aralıklı kaydedilen sera içi ve dışı radyasyon verileri analiz sonuçları da çizelgeye eklenmiştir. Parametreler anlamlı (P<0.001) bulunmuştur.

Çizelge 4.31. Sera içi ve dışında aralıklı ölçümlere ait radyasyon verileri için parametre tahminleri ve anlamlılık düzeyi

Farklı zamanda kaydedilen sera verileri		Parametreler	Parametre tahminleri	Tahminin standart hatası	t istatistiği	P anlamlılık	%95'lik Güven sınırları	
							Alt	Üst
Yarım saat aralıklı	Sera içi	a_0	233.052	1.627	143.246	P <0.001	229.862	236.241
		a_1	-335.732	2.301	-145.918	P <0.001	-340.243	-331.222
		b_1	59.300	2.301	25.774	P <0.001	54.790	63.811
	Sera dışı	a_0	291.001	2.035	143.027	P <0.001	287.012	294.989
		a_1	-419.376	2.877	-145.752	P <0.001	-425.017	-413.735
		b_1	74.092	2.877	25.750	P <0.001	68.451	79.733
Bir saat aralıklı	Sera içi	a_0	232.586	2.308	100.785	P <0.001	228.060	237.111
		a_1	-335.596	3.264	-102.829	P <0.001	-341.996	-329.196
		b_1	55.643	3.264	17.049	P <0.001	49.243	62.044
	Sera dışı	a_0	290.426	2.886	100.638	P <0.001	284.766	296.085
		a_1	-419.209	4.081	-102.717	P <0.001	-427.212	-411.206
		b_1	69.525	4.081	17.035	P <0.001	61.522	77.528
İki saat aralıklı	Sera içi	a_0	232.517	3.267	71.169	P <0.001	226.106	238.927
		a_1	-311.545	4.620	-67.428	P <0.001	-320.611	-302.480
		b_1	139.109	4.620	30.107	P <0.001	130.044	148.175
	Sera dışı	a_0	290.332	4.085	71.068	P <0.001	282.317	298.348
		a_1	-389.163	5.777	-67.359	P <0.001	-400.499	-377.827
		b_1	173.784	5.777	30.080	P <0.001	162.448	185.120
Üç saat aralıklı	Sera içi	a_0	232.049	3.986	58.211	P <0.001	224.223	239.875
		a_1	-331.824	5.638	-58.860	P <0.001	-342.892	-320.757
		b_1	63.164	5.638	11.204	P <0.001	52.097	74.231
	Sera dışı	a_0	289.747	4.986	58.116	P <0.001	279.960	299.535
		a_1	-414.489	7.051	-58.786	P <0.001	-428.331	-400.647
		b_1	78.956	7.051	11.198	P <0.001	65.115	92.798

4.9. Sera İçi Aylık Ortalama Sıcaklık Verilerinin Çok Harmonikli Fourier Analizi

Buraya kadar bütün analizler k=1 için 1. harmonik şeklinde yapılmıştır. Sera içi sıcaklık verileri için elde edilen bütün gözlenen ve tahmin grafiklerinde, özellikle de aylık sera içi sıcaklık grafiğinde (Şekil 4.8) belirgin olan bir durum, ilk periyotta gözlenenlerin tahmin edilenlerden düşük, ikinci periyotta yaklaşık eşit ve üçüncü periyotta ise

gözlenenlerin tahminlerden yüksek olmasıdır. Bu mevsim gereği doğal bir durumdur. Yani 15.08.2011'e kadar gözlenen sera içi sıcaklıklar düzenli bir artış trendi gösterirken, sinüzoidal tahmin eğrisi sabit maksimum ve minimumlar arasında değişir. Bu duruma bir çözüm getirebilmek amacı ile aylık sera içi ortalama sıcaklık verilerine 2. ve 3. harmonikler uydurulmuştur.

Sera içi aylık ortalama sıcaklık verilerinin analizi 1. harmonik için yapılmıştı. Eşitlik 3.16'dan yararlanılarak 1. harmoniğin üzerine 2. ve 3. harmonik eklenerek çözüm yapılmıştır.

Aylık ortalama sera içi sıcaklığı için $k=2$ seçilirse Fourier 2 açılımı ile tahmin eşitliği Eşitlik 3.16 dan yararlanılarak;

$$\hat{F}_2 = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 \cos(\omega t) + \hat{b}_1 \sin(\omega t) + \hat{a}_2 \cos(2\omega t) + \hat{b}_2 \sin(2\omega t)$$

şeklinde elde edilir. Aylık ortalama sera içi sıcaklık verileri için tahmin eşitliği elde edilirse parametreler Çizelge 4.32'deki gibi bulunur. Çizelge 4.32'de bulunan parametreler yerine koyulduğunda tahmin eşitliği;

$$\hat{F}_2 = 28.950 - 9.216 \cos(\omega t) - 3.133 \sin(\omega t) + 0.934 \cos(2\omega t) - 0.409 \sin(2\omega t)$$

elde edilir.

Çizelge 4.32. Aylık ortalama sera içi sıcaklığı Fourier 2 açılımı için parametre tahminleri

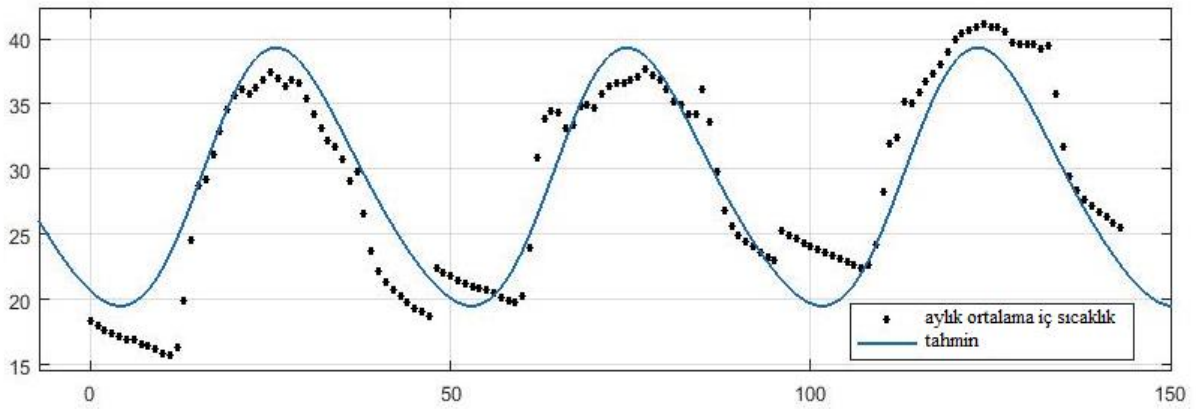
Parametreler	Parametre tahminleri	%95'lik Güven sınırları	
		Alt	Üst
w	0.129	0.1272	0.1308
a ₀	28.950	28.430	29.470
a ₁	-9.216	-10.050	-8.379
b ₁	-3.133	-4.555	-1.712
a ₂	0.934	0.212	1.657
b ₂	-0.409	-1.150	0.332

Serada 14.5.2011-15.08.2011 tarihleri arasında elde edilen sera içi aylık ortalama sıcaklık verilerine, $k=2$ seçerek yapılan çözümde, $w=0.129$ bulunmuştur. Bulunan w her açılımda k bağlı olarak değişmektedir. Elde edilen parametre tahminleri ve %95'lik güven sınırları Çizelge 4.32'de verilmiştir.

Çizelge 4.33. Aylık ortalama sera içi sıcaklığın Fourier 2 açılımı için R , R^2 , \bar{R}^2 ve HKO istatistikleri

R	R^2	\bar{R}^2	HKO
0.916	0.840	0.834	9.446

Çizelge 4.33'e göre yüksek bir R^2 değeri (0.840) elde edilmiştir. R^2 ve Şekil 4.43'deki grafik birlikte değerlendirildiğinde tahmin edilen eşitliğin sera içi sıcaklık verilerine çok daha iyi bir uyum sağladığı söylenebilir. Sera içi aylık ortalama sıcaklık ve $k=2$ seçilerek elde edilen tahmin grafiği Şekil 4.43'de verilmiştir.



Şekil 4.43. Aylık ortalama sera içi sıcaklık için gözlenen ve Fourier 2 tahmin değeri grafiği

Yine Eşitlik 3.16'dan yararlanılarak $k=3$ seçilirse Fourier 3 açılımı;

$\hat{F}_3 = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 \cos(\omega t) + \hat{b}_1 \sin(\omega t) + \hat{a}_2 \cos(2\omega t) + \hat{b}_2 \sin(2\omega t) + \hat{a}_3 \cos(3\omega t) + \hat{b}_3 \sin(3\omega t)$ şeklinde olur. Çizelge 4.35'te bulunan parametreler yerine koyulduğunda tahmin eşitliği;

$$\hat{F}_3 = 28.610 - 1.250 \cos(\omega t) - 2.612 \sin(\omega t) - 1.619 \cos(2\omega t) - 1.091 \sin(2\omega t) - 9.846 \cos(3\omega t) - 0.620 \sin(3\omega t)$$

elde edilir.

Elde edilen parametre tahminleri ve %95'lik güven sınırları Çizelge 4.34'te verilmiştir.

Çizelge 4.34. Aylık ortalama sera içi sıcaklığı Fourier 3 açılımı için parametre tahminleri

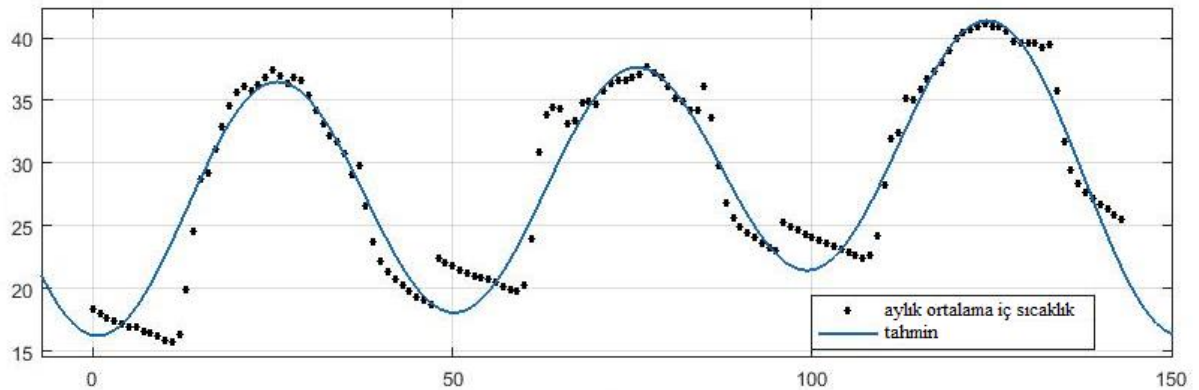
Parametreler	Parametre tahminleri	%95'lik Güven sınırları	
		Alt	Üst
w	0.0418	0.0412	0.0425
a ₀	28.610	28.180	29.040
a ₁	-1.250	-2.053	-0.446
b ₁	-2.612	-3.128	-2.096
a ₂	-1.619	-2.507	-0.730
b ₂	-1.091	-1.648	-0.534
a ₃	-9.846	-10.400	-9.290
b ₃	-0.620	-2.285	1.045

Serada 14.5.2011-15.08.2011 tarihleri arasında elde edilen sera içi aylık ortalama sıcaklık verilerine, k=3 seçerek yapılan çözümde, w=0.0418 bulunmuştur. Gözlenen ve tahmin verilerinin (Şekil 4.44) uyumu ya da diğer ifade ile tahmin eşitliğinde bağımsız değişkenlerin F'deki değişimini açıklama miktarı Çizelge 4.35'te verilmiştir.

Çizelge 4.35. Aylık ortalama sera içi sıcaklığın Fourier 3 açılımı için R, R², \bar{R}^2 , HKO istatistikleri

R	R ²	\bar{R}^2	HKO
0.957	0.916	0.912	5.004

Çizelge 4.35'e göre yüksek bir R² değeri (0.916) elde edilmiştir. R² ve Şekil 4.44'deki grafik birlikte değerlendirildiğinde tahmin edilen eşitliğin sera içi sıcaklık verilerine çok iyi bir uyum sağladığı söylenebilir. Sera içi aylık ortalama sıcaklık ve k=3 seçilerek elde edilen tahmin grafiği Şekil 4.44'te verilmiştir.



Şekil 4.44. Aylık ortalama sera içi sıcaklık için gözlenen ve Fourier 3 tahmin değeri grafiği

Sera içi aylık ortalama sıcaklık verilerine, Eşitlik 3.16’da k=1 seçerek yapılan çözümde, $R^2=0.827$; k=2 seçerek yapılan çözümde, $R^2=0.840$; k=3 seçerek yapılan çözümde, $R^2=0.916$ elde edilmiştir. Sera içi aylık ortalama sıcaklık veriler için k’nın farklı değerlerine göre elde edilen tahmin eğrisi uyumu, tahmin eşitliğinde k=1 den k=3 seçilerek elde edilen tahminlere doğru gidildikçe artış göstermektedir. Bu durum, Şekil 4.8, Şekil 4.43 ve Şekil 4.44’teki grafiklerde gözle de görülebilmektedir. Özellikle 3. harmoniğin uydurulduğu Şekil 4.44’te gözlenen verilere ait grafiğin minimum noktalar dışında neredeyse üst üste çakıştığı söylenebilir.

Tüm aralıklar (yarım, bir, iki ve üç), ortalama ölçümler (aylık, 15 günlük ve 7 günlük) ve Fourier 1, 2 ve 3 açılımları için yapılan tahminlere ait belirlilik katsayıları (R^2 ’ler) ve HKO’lar Çizelge 4.36’da verilmiştir.

Çizelge 4.36. Tüm aralıklar ve Fourier 1, 2, 3 açılımları için R^2 , \bar{R}^2 , HKO değerleri

		Günlük ölçümler				Ortalama ölçümler				
		Yarım saat	Bir saat	İki saat	Üç saat	Aylık			15 günlük	7 günlük
		\hat{y}	\hat{y}	\hat{y}	\hat{y}	\hat{y}	\hat{F}_2	\hat{F}_3	\hat{y}	\hat{y}
İç bağıl nem	R^2	0.744	0.740	0.748	0.748	0.874			0.851	0.821
	\bar{R}^2	0.744	0.744	0.748	0.742	0.872			0.850	0.821
	HKO	178.8	178.9	171.9	188.3	76.1			92.3	113.5
Dış bağıl nem	R^2	0.473	0.478	0.475	0.474	0.787			0.776	0.639
	\bar{R}^2	0.473	0.472	0.474	0.472	0.784			0.774	0.638
	HKO	212.3	212.3	212.3	213.6	52.6			55.6	107
İç sıcaklık	R^2	0.670	0.668	0.670	0.673	0.827	0.840	0.916	0.806	0.758
	\bar{R}^2	0.669	0.667	0.670	0.672	0.825	0.834	0.912	0.805	0.757
	HKO	23.2	23.3	22.5	24.4	10	9.446	5.004	11.4	15.2
Dış sıcaklık	R^2	0.385	0.387	0.390	0.384	0.503			0.492	0.431
	\bar{R}^2	0.385	0.386	0.389	0.382	0.496			0.469	0.430
	HKO	20.6	20.6	20.5	20.6	13			14.6	17
İç radyasyon	R^2	0.830	0.828	0.829	0.827	0.895			0.894	0.885
	\bar{R}^2	0.830	0.828	0.829	0.827	0.894			0.893	0.884
	HKO	11943	12014.8	12040.4	11950	6954.9			6989.8	7570
Dış radyasyon	R^2	0.829	0.828	0.829	0.827	0.895			0.893	0.885
	\bar{R}^2	0.829	0.828	0.828	0.827	0.893			0.893	0.884
	HKO	18677	18788.1	18825.8	18692.6	10883.9			10938.4	11844.4

\hat{y} : Fourier 1 açılımı, \hat{F}_2 : Fourier 2 açılımı, \hat{F}_3 : Fourier 3 açılımı

5. SONUÇLAR

Sera içinde 14.5.2011-15.08.2011 tarihleri arasında günde her yarım saatte bir ölçülen 4512'şer adet bağıl nem (%), sıcaklık (°C) ve radyasyon (m/w²) verilerle sinüzoidal bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada ilgili tarihlerde sırayla bağıl nem, sıcaklık ve radyasyon için; yine sırayla her yarım saatte alınan, aylık ortalama, 15 günlük ortalama ve 7 günlük ortalama verilere sinüzoidal model uygulanmıştır. Sinüzoidal yaklaşımda EKK yöntemiyle parametreler tahmin edilmiştir. Bu dört durum için parametre tahminleri tahminin standart hatası, t istatistiği, anlamlılık düzeyleri ve güven sınırları tablolaştırılıp karşılaştırılmalı incelenmiştir. Yine bu dört durum için tahmin eşitlikleri, R, R², \bar{R}^2 , F ve modelin anlamlılık düzeyi tablo halinde karşılaştırılmalı incelenmiştir.

Yapılan çalışma farklı bir açıdan sırayla bağıl nem, sıcaklık ve radyasyon için şu şekilde değerlendirilmiştir. Sırayla yarım saat aralıklı, bir saat aralıklı, iki saat aralıklı ve üç saat aralıklı verilere sinüzoidal model bulunmuştur. Sinüzoidal yaklaşımda EKK yöntemiyle parametreler tahmin edilmiştir. Bu dört durum için parametre tahminleri tahminin standart hatası, t istatistiği, anlamlılık düzeyleri ve güven sınırları tablolaştırılıp karşılaştırılmalı incelenmiştir. Yine bu dört durum için tahmin eşitlikleri, R, R², \bar{R}^2 , F ve modelin anlamlılık düzeyi tablo halinde karşılaştırılmalı incelenmiştir.

Tüm bu çalışmalara ek olarak, aylık ortalama sera içi sıcaklık için, 1. harmonik ile Fourier 1; 1 ve 2. harmonikler ile Fourier 2 ve 1, 2 ve 3. harmonikler ile Fourier 3 açılımı bulunmuştur.

Çizelge 5.1 incelendiğinde **bağıl nem için** hem sera içinde hem sera dışında en iyi uyum sağlayan tahmin eşitlikleri aylık ortalama ölçümlerde ve Fourier 1 açılımı ile elde edilmiştir (R²=0.874 ve R²=0.787).

Yarım saat, bir saat, iki saat ve üç saat aralıklı ölçümler için Fourier 1 açılımı ile sera içinde 0.740 ile 0.748 aralığında, sera dışında 0.473 ile 0.475 aralığında R² değerleri elde edilmiştir. Sera dışına göre sera içinde her durumda daha yüksek ve iyi uyum elde edilmiştir. Bu durum, için kontrollü şartlara sahip olması ile açıklanabilir. İç ve dış bağıl nem için en iyi uyum sağlayan tahmin eşitlikleri;

$$\hat{y}_{\text{ayltkort.ıçbağılnem}} = 58.643 + 29.342 \cos \theta + 13.211 \sin \theta$$

ve

$$\hat{y}_{\text{aylıkort.dışbağılmem}} = 62.539 + 18.730 \cos \theta + 5.456 \sin \theta$$

şeklindedir.

Sıcaklık için Fourier 1 açılımı ile hem sera içinde hem de sera dışında en iyi uyum sağlayan tahmin eşitlikleri yine aylık ortalama ölçümlerle elde edilmiştir ($R^2=0.827$ ve $R^2=0.503$). Yarım saat, bir saat, iki saat ve üç saat aralıklı ölçümler için Fourier 1 açılımı ile sera içinde 0.668 ile 0.673 aralığında, sera dışında ise 0.384 ile 0.390 aralığında R^2 değerleri elde edilmiştir. Sera içinde orta düzeyin üzerinde bir uyum gerçekleşirken sera dışında orta düzeyin altında bir uyum söz konusudur. Sera dışı sıcaklık çok değişken iken sera içi sıcaklık daha kontrollü şartlar söz konusu olduğu için daha az değişkendir ve daha iyi uyum gerçekleşmiştir. Fourier 1 açılımı ile aylık, 15 günlük ve 7 günlük ortalama ölçümle analiz edildiğinde sera içinde sırayla 0.827; 0.806 ve 0.758'lik R^2 değerleri elde edilmiştir. Bu değerler dört farklı aralıklı günlük ölçümlere göre oldukça yüksek uyum göstermektedir. Ortalama sıcaklıkların dikkate alınması sıcaklıktaki aşırı değişkenliği ve dalgalanmaları nispeten stabil hale getirmektedir. Sera dışı sıcaklıklarda ise 15 günlük ve 7 günlük ($R^2=0.472$ ve $R^2=0.431$) uyum düzeyleri bir miktar yükselme gösterse de aylık ortalamalar için $R^2=0.503$ ile orta düzey bir uyuma yükselmiştir.

Sıcaklıklarda gerek sera içinde gerekse sera dışında günlük (dört farklı aralıklı), aylık, 15 günlük ve 7 günlük tüm analizlere ait grafiklerde gözlenen sıcaklıklar ilk kısımlarda düşük, ortalarda uyumlu ve sonlarda yüksek olacak şekilde artan bir eğim göstermektedir. Seracılıkta özellikle sıcaklık verim ilişkisinin önemine binaen bu trendin de dikkate alınabilmesi için sera içi aylık ortalama sıcaklık verilerine Fourier 2 ve Fourier 3 açılımları ile sinüzoidal model uydurulmuştur. Bunun sonucunda Fourier 3'de çok iyi bir uyum ($R^2=0.916$) düzeyine erişilmiştir. Çünkü Fourier 3 ile her periyotta her biri farklı minimum ve maksimuma sahip, gözlenen noktalara daha iyi uyum sağlayan bir tahmin eşitliği elde edilmiştir. Sera içi sıcaklık için önerilebilecek en iyi tahmin eşitliği;

$$\hat{F}_{\text{3aylıkort.içsıcaklık}} = 28.610 - 1.250 \cos(\omega t) - 2.612 \sin(\omega t) - 1.619 \cos(2\omega t) - 1.091 \sin(2\omega t) - 9.846 \cos(3\omega t) - 0.620 \sin(3\omega t)$$

ve sera dışı sıcaklık için önerilebilecek en iyi tahmin eşitliği;

$$\hat{y}_{\text{aylıkort.dışsıcaklık}} = 25.264 - 4.539 \cos \theta - 2.284 \sin \theta$$

şeklindedir.

Radyasyon için göze çarpan en önemli husus tüm durumlarda, sera içerisinde elde edilen uyumun hemen hemen aynısı sera dışında da geçerlidir. Bu radyasyonun (ışımının) fiziksel özelliğinden ileri gelmektedir. Radyasyon açısından seranın herhangi bir kontrol etkisi yoktur. Radyasyon için göze çarpan ikinci önemli sonuç; tüm durumlarda, sera içinde ve dışında R^2 değerleri 0.827 ile 0.895 aralığında elde edildiği ve uydurulan modellerin çok iyi uyum gösterdiği'dir. En iyi uyum ise hem sera içinde hemde sera dışında $R^2=0.895$ 'lik bir uyum ile yine aylık ortalama ölçümlerden elde edilmiştir. Buna göre önerilen tahmin eşitlikleri;

$$\hat{y}_{\text{aylıkort.ıçradyasyon}} = 233.016 - 335.624 \cos \theta + 59.396 \sin \theta$$

ve

$$\hat{y}_{\text{aylıkort.dışradyasyon}} = 290.956 - 419.240 \cos \theta + 74.213 \sin \theta$$

şeklindedir.

Radyasyon ile ilgili olarak önerilen tahmin eşitliği ile negatif radyasyon tahminler elde edilebileceği yeniden hatırlanmalıdır. Radyasyonun en az sıfır olacağından sinüzoidal tahmin eşitlikleri ile gecelere denk gelen negatif tahminler yerine 'sıfır' değerinin dikkate alınması gerekir. Gerek gözlenen ve tahmin grafiklerinden izlenebileceği gerekse $R^2=0.895$ 'lik yüksek uyum düzeyinden dolayı tahmin eşitlikleri (küçük bir gece düzeltmesi ile) gayet işe yarar olarak düşünülebilir.

Dış sıcaklıklar ve dış bağıl nem düzeyleri tamamen çevre şartları ile ilgili olduğundan daha değişkendir ve bu nedenle daha düşük bir uyum elde edilmesine neden olmuş olabilir. Bu yüzden sera içi veriler için elde edilen tahmin eşitlikleri rahatlıkla kullanılabilir. Ancak sera dışı tahminler yapılırken tahminlere fikir vermesi bakımından yaklaşım, dikkatli olunması gerektiği unutulmamalıdır.

Çalışmada elde edilen bu tahmin eşitlikleri yardımı ile araştırmacının veya üreticinin bu bölgede ve mayıs-ağustos üretim sezonunda, herhangi bir zamandaki bağıl nem, sıcaklık ve radyasyon tahminlerini yaparak üretimini planlamasına olanak sağlanmıştır.

Ayrıca, tarım alanında faaliyet gösteren ilgili araştırmacılara trigonometrik yaklaşımlar kullanarak, periyodik salınımlı verilere uygulayabileceği gösterilmiştir. Bu veriler yalnızca seracılık alanında ve iklim verileri olmayabilir. Hayvan barınaklarındaki iklim verileri ve biriken gaz kontrolü için de kullanılabilir. Ayrıca zamana bağlı olacak

örneğin; topraktaki nem, besin içeriklerinin değişimi, bitki bünyesindeki besin maddeleri, mineraller, elementlerin değişimi, balık popülasyonlarındaki değişimler, av-avcı popülasyonlarındaki değişimler, çiftlik hayvanlarının sürü verimleri, hastalık sayıları gibi değişimler trigonometrik model yaklaşımları ile incelenebilir. Bu çalışmanın, ilgili alanlardaki araştırmacılara kaynak olması da beklenen yararlıdır.



KAYNAKLAR

- Abbak, R.A., (2005). *Deniz düzeyi gözlemlerinin en küçük kareler yöntemiyle spektral analizi*. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya. 80s.
- Abbak, R.A., Yerci, M., (2012). En küçük karelerle spektral analiz ve Fourier tekniğinin karşılaştırılması. *Selçuk Teknik Dergisi*, 11(1), 32-47.
- Akkaya, Ş., Pazarlıoğlu, V., (1995). *Ekonometri I*. Anadolu Matbaacılık, İzmir, 542s.
- Akyüz, A., (2009). Effects of some climates parameters of environmentally uncontrollable broiler houses on broiler performance. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(12), 2608-2612.
- Akyüz, A., Baytorun, A.N., Çaylı, A., Üstün, S., Önder, D., (2017). Seralarda Isıtma Sistemlerinin Projelenmesinde Gerekli Olan Isı Gücünün Belirlenmesinde Yeni Yaklaşımlar. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(3), 209-217.
- Akyüz, A., Boyacı, S., (2010). Determination of heat and moisture balance for broiler house. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(14), 1899-1901.
- Akyüz, A., Boyacı, S., Çaylı, A., (2010). Determination of critical period for dairy cows using temperature humidity index. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(13), 1824-1827.
- Alp, H., Akıncı, T.Ç., (2008). Albora M. Jeofizik uygulamalarında Fourier ve dalgacık dönüşümlerinin karşılaştırılması. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(1), 67-76.
- Altan, M.E., (1971). *Yüksek matematik II*. Fen Fakültesi Döner Sermaye Basımevi, İstanbul, 270s.
- Altan, G., Yayık, A., Kutlu, Y., Yıldırım, S., Yıldırım, E., (2014). Konjestif kalp yetmezliğinin hilbert-huang dönüşüm ile analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 16(48), 94-103.
- Altın, A., (2011). *Fourier analizi*, Gazi Kitapevi, Ankara, 126s.
- Anumaka, M.C., (2012). Analysis of electric circuits using Fourier series. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 1 (5), 125-128.
- Artis, M., Clavel, J.G., Hoffmann, M., Nachane, D., (2007). Harmonic regression models: A comparative review with applications. *Working Paper Series*, Institute for Empirical Research in Economics. University of Zurich, 333.
- Atalay, A., Tortum, A., Gökdağ, M., (2012). Türkiye’de 1977-2006 yılları arasında meydana gelen aylık trafik kazalarının zamansal analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(3), 221-229.
- Autin, M.A., Edwards, D., (2010). Nonparametric harmonic regression for estuarine water quality data. *Environmetrics*, 21(6), 588-605.

- Bağcı, M., Günel, T., (2011). Sürekli parametrelili genetik algoritma ile uydu tasarımı. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 5(2), 43-58.
- Bansal, M., Singh, D., Garg, V.K., (2009). A Comparative Study for the removal of hexavalent chromium from aqueous solution by agriculture wastes' carbons. *Journal of Hazardous Materials*, 171 (1-3), 83-92.
- Barnett, A.G., Baker, P., Dobson, A.J., (2012). Analysing seasonal data. *The R Journal*, 4 (1), 5-10.
- Bartfai, I., (2002). An illustration of harmonic regression based on the results of the fast Fourier transformation. *Yugoslav Journal of Operations Research*, 12(2), 185-201.
- Bayram, M., (2002). *Fen ve mühendislik için nümerik analiz*. Aktif Yayınevi, İstanbul, 500s.
- Bayram, M., (2013). *Nümerik analiz*. Sürat Üniversite Yayınları, İstanbul, 358s.
- Baytorun, A.N., Akyüz, A., Üstün, S., Çaylı, A., (2018). Sera ısı gereksinimi hesaplama modelinin "ısıger-sera" Çukurova koşullarında test edilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(5), 699-707.
- Baytorun, A.N., Üstün, S., Akyüz, A., Önder, D., (2017). Determination of ventilation openings ratio in greenhouses under mediterranean climate conditions. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(4), 409-415.
- Beauchamp, K.G., (1984). *Applications of walsh and relatead functions*. London Academic Press, 308s.
- Beşel, C., Kayıkçı, E.T., (2016). Meteorolojik verilerin zaman serisi ve tanımlayıcı istatistikler ile yorumlanması; Karadeniz Bölgesi örneği. *TÜCAUM Uluslar Arası Coğrafya Sempozyumu*, Ankara, 13-14.
- Bıyık, A., Baykasoğlu, A., Erbil, E., İnce U., (2016). Cıvatalı bağlantıların titreşim altında gevşemesinin genetik programlama ve regresyon analizi ile tahmini. *8.Otomotiv Teknolojileri Kongresi 23-24 mayıs*, Bursa Otekon.
- Bilgin, T.T., Çamurcu, A.Y., (2008). Çok boyutlu veri görselleştirme teknikleri. *Akademik Bilişim*, 30, 107-112.
- Bloomfield, P., (2000). *Fourier analysis of time series an introduction*. John Wiley and Sons, Inc, USA, 261s.
- Bo, J., Shun-lin, L., Jin-di, W., Zhi-qiang, X., (2010). Analysis and prediction of Modis Lai time series with dynamic harmonic regression model. *Journal of Remote Sensing*, 14(1), 13-32.
- Boland, J., (1995). Time-series analysis of climatic variables. *Solar Energy*, 55(5), 377-388.

- Boyacı, S., (2014). Kahramanmaraş yöresi için plastik seralarda uygun serinletme sisteminin belirlenmesi. Doktora tezi. Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş. 184 s.
- Boyacı, S., Akyüz, A., Baytorun, A.N., Çaylı, A., (2016). Kırşehir ilinin örtüaltı tarım potansiyelinin belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 142-157.
- Boyacı, S., Akyüz, A., Üstün, S., Baytorun, A.N., Güğercin, Ö., (2017). Seralarda yüksek sıcaklıkların azaltılmasında kullanılan yöntemler. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 89-95.
- Bozkurt, H., (2007). *Zaman serileri analizi*. Ekin Yayınevi, Bursa, 176s.
- Bracewell, R.N. çev. Bultan, A., (1991). *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 380(4), 109-118.
- Briandet, R., Kemsley, E.K., Wilson, R.H., (1996). Discrimination of arabia and robusta in instant coffe by Fourier transform infrared spectroscopy and chemometrics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(1), 170-174.
- Buttkus, B., (2000). Spectral analysis and filter theory in applied geophysics. *Springer Verlag, Berlin Heidelberg*, 639s.
- Budak, G., Özdemir, Y., (2011). *Titreşimler ve dalgalar*. Nobel, Ankara, 298s.
- Can, F.C., Şen, H., (2014). Sürü simülasyon programı geliştirilmesi ve performansının incelenmesi. *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu*, 09-10 ekim, İzmir.
- Canisius, F., Turrall, H., Molden, D., (2007). Fourier analysis of historical NOAA time series data to estimate bimodal agriculture. *International Journal of Remote Sensing*, 28(24), 5503-5522.
- Chapra, S.C., Canale, R.P., (2006). *Numerical methods for engineers*, 10/ed. McGraw-Hill, Singapore, 926s.
- Ceylan, A., (1993). *Prezisyonlu nivelman yerine trigonometrik nivelman yönteminin kullanılabilirliği üzerine bir çalışma*. Doktora tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya. 112s.
- Cobanovic, K., Lozanov-Crvenkovic, Z., Nikolic-Doric, E., (2006). Periodic regression. *ICOTS-7*, c207.
- Cömert, Z., (2015). Fourier dönüşümü matlab uygulamalı, <http://www.zafercomert.com>. (Erişim tarihi:26.08.2019)
- Çabuk, G., Kılınç, S., (2009). Çapraz (flyback) çeviricilerde frekans modülasyonu tekniği kullanılarak elektromanyetik girişimlerin azaltılması. *Elektrik, Elektronik, Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği 13.Ulusal Kongresi*, 23-26 aralık, Ankara.
- Çaylı, A., Akyüz, A., (2019). The experimental determination of the impact of overall heat consumption coefficient and thermal screens on heat saving in plastic greenhouses.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 22 (2), 271-281.

- Çaylı, A., Akyüz, A., Baytorun, A.N., Üstün, S., Mercanlı, A.S., (2018). Açık kaynaklı donanım ile bulut tabanlı ve düşük maliyetli bir çevre koşulları izleme sisteminin seralarda uygulanabilirliği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(3), 323-338.
- Çelik, Ş., (2016). Trigonometric curve fitting and an application. *International Journal of Information Research and Review*, 3(5), 2422-2427.
- Çelik, Ş., (2018). Modelling the data of traffic accidents with sinusoids curve fitting. *International Journal of Trend in Research and Development*, 5(5), ISSN: 2394-9333.
- Çelik, M., Turunç, Ö., Bilgin, N., (2014). Çalışanların örgütsel adalet algılarının psikolojik sermaye üzerine etkisi: çalışanların iyilik halinin düzenleyici rolü. *Dokuz Eylül University Journal of Graduate School of Social Sciences*, 16(4).
- Çınar, E., (2013). *Hidrolik silindirin bulanık mantık yöntemi ile konum kontrolü*. Yüksek lisans tezi. Makine Eğitimi Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.104s.
- Çetin, M., Topaloğlu, F., Tülücü, K., (1999). Doğu Akdeniz Bölgesinde aylık alansal yağışların jeostatistiksel yöntemle saptanması ve stokastik olarak modellenmesi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(3), 691-698.
- Çodur, M.Y., Tortum, A., Çodur, M., (2013). Genelleştirilmiş lineer regresyon ile Erzurum kuzey çevre yolu kaza tahmin modeli. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi*, 3(1), 79-84.
- Demir G., Tanyıldızı E., (2017). Optimizasyon problemlerinin çözümünde sinüs kosinüs algoritması (ska)'nın kullanılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 29(1), 225-236.
- Detle, H., Melas, V.B., Schpilev, P., (2007). Optimal desing for estimating the coefficients of the lower frequencies in trigonometric regression models. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 59(4), 655-673.
- Durğay, M.A., Ulusoy, O., Deniz, M.E., Kara, T., (2014). Otomatik tanımlanmış hedef takip sistemi. *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu*, 09-10 ekim, İzmir.
- Ekberli, İ., Gürsel, C., (2015). İki Boyutlu ısı iletkenliği denkleminde bağlı olarak toprak sıcaklığının matematiksel modellenmesi. *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*, 30(3), 287-291.
- Erdoğan, M. Y., (2007). Ana-baba tutumları ve öğretmen davranışları ile öğrencilerin akademik başarıları arasındaki ilişkiler. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (14), 33-46.
- Eubank, R.L. ve Speckman, P., (1990). Curve fitting by polynomial-trigonometric regression. *Biometrika*, 77(1), 1-9.

- Görmüş, K.S., Mekik, Ç., Kutoğlu Ş. H., (2006). Gerçek zamanlı kinematik GPS ile ölçülen köprü salınımlarının zaman serisi analizi. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2(95), 25-35.
- Günlü, G., Bilge, H.Ş., (2006). Global ayrık kosinüs dönüşümü ile görüntü sıkıştırma başarımlarının iyileştirilmesi. *11. Conference for Computer Aided Engineering and System Modeling*. Bolu.
- Hamming, R.W., (1973). *Numerical Methods for Scientists and Engineers*. McGraw-Hill, Newyork, 721s.
- Hayes, M. H. çev. Akın, E., (1999). *Sayısal işaret işleme*. Nobel yayın dağıtım, 431s.
- Hoekstra, R.G., (1974). The use of trigonometric functions in agronomic analysis. Proceeding of the South African Sugar Technologists. *Proceedings of The South African Sugar Technologists Association*, 48, 99-106.
- Holland, J.K., Kemsley, E.K., Wilson, R.H., (1998). Use of Fourier transform infrared spectroscopy and partial least squares regression for the detection of adulteration of strawberry purees. *Journal of Science Food Agriculture*, 76(2), 263-269.
- İşçimen, B., Atasoy, H., Kutlu, Y., Yıldırım, S., Yıldırım, E., (2014). Bilgisayar görmesi ve gradyan iniş algoritması kullanılarak robot kol uygulaması. *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu*, 09-10 ekim, İzmir.
- Jakubauskas, M.E., Legates, D.R., Kastens, J.H., (2002). Crop identification using harmonic analysis of time-series AVHRR NDVI data. *Computer and Electronics in Agriculture*, 37(1-3), 127-139.
- Kadılar, C., (2009). *SPSS uygulamalı zaman serileri analizine giriş*. Bizim büro yayınevi, Ankara, 294s.
- Kara, S., (2009). *Sabit GPS istasyonlarında zaman serileri analizi*. Yüksek lisans tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya. 157s.
- Karaboğa, N., (2012). *Sayısal yöntemler ve matlab uygulamaları*. Nobel akademik yayıncılık, Ankara, 384s.
- Khuri, A. I., (2003). *Advanced calculus with applications in statistics*. John Wiley Sons, Inc., Canada, 471.
- Kurt, A.İ., Deniz, R., (2010). Deformasyon hızlarının iyileştirilmesinde sabit gps istasyonları zaman serileri analizinden yararlanması. *Harita Dergisi*, temmuz, sayı 144.
- Kusuda, T., (1967). Least squares technique for the analysis of periodic temperatures of the earth's surface region. *Journal of Research of the National Bureau of Standards, C. Engineering and Instrumentation*, 71C(1).

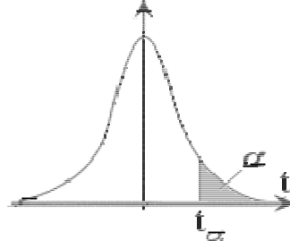
- Lai, Y.W., Kemsley, E.K., Wilson, R.H., (1994). Potential of Fourier transform infrared spectroscopy for the authentication of vegetable oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(5), 1154-1159.
- Mathews, J.H., (1992). *Numerical methods for mathematics, science, and engineering*. Prentice-Hall Englewood Cliffs, New Jersey, 646s.
- Mekik, Ç., Görmüş, K.S., Kutoğlu, H., (2005). Gerçek zamanlı kinematik gps ile köprü salınım ve titreşimlerinin belirlenmesi. *Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, İTÜ-İstanbul, 161-176.
- Moody, A., Johnson, D.M., (2001). Land-surface phenologies from AVHRR using the discrete Fourier transform. *Remote Sensing of Environment*, 75(3), 305-323.
- Neto, J.C., Meyer, G.E., Jones, D.D., Samal, A.K., (2006). Plant species identification using elliptic Fourier leaf shape analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 50(2), 121-134.
- Neuenschwander, A.L., Crews, K.A., (2008). Disturbance, management, and landscape Dynamics: harmonic regression of vegetation indices in the lower Okavango Delta, Botswana. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 74(6), 753-764.
- Olcan, C., (2015). *Güneş radyasyon tahmini için bulanık zaman serisi yöntemleri ve fotovoltaik sulama sistemi optimizasyonunda uygulanması*. Doktora tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul. 394s.
- Ortega, M.M., Babb, A.P.P., Velasco, H.R.M., (2017). Making meaning of periodic function through body movements. *Selected Proceedings of the IDEALS Conference: Learning Educational Change*, Calgary, Canada, 159-168.
- Öğüt, K.S., (1998). Trafik Akımlarının Spektral Analiz Yöntemi ile Modellenmesi, *4.Ulaştırma Kongresi*, 1-9, Denizli.
- Önem, A.B., Karaokur, Ö.F., Yenipinar, A., Koç, Ş., (2018). A curve fitting with the aid of trigonometric functions on animal dataset. *International Congress on Domestic Animal Breeding, Genetics and Husbandry, ICABGEH-18*. Antalya, 26 – 28 September.
- Öztekin, T., Öztekin, S., Oğuz, İ., (2008). Tokat-Kazova koşullarında saatlik toprak sıcaklıklarının periyodik sinüs dalga eşitliği ile tahmini. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(1), 55-60.
- Partal, T., (2018). Orta Karadeniz Bölgesinde yağışların periyodik analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(3), 495-503.
- Pehlivan, H., (2012). Gerçek Zamanlı Kinematik GPS Verisinin Spektral Analizi. *Harita Dergisi*, sayı 148.
- Prestly, M.B., (1981). *Spectral analysis and time series*. Academic Press, London, New York, 890s.

- Preud'homme, X.A., Lanquart, J.P. Krystal, A.D., Bogaerts, P., Linkowski, P., (2008). Modelling slow-wave activity Dynamics: Does an exponentially dampened periodic function really fit a single night of normal human sleep? *Clinical Neurophysiology*, 119(12), 2753-2761.
- Rittenhouse, M.A., Revie, C.W., Hurford, A., (2016). A model for sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) dynamics in a seasonally changing environment. *Epidemics*, 16, 8-16.
- Rudin, W., (1953). *Pinciples of mathematical analysis*. McGraw-Hill Book Company, Inc., USA, 154.
- Salas, J.D., Yevjevich, V., (1972). Stochastic structure of water use time series, *Hydrology Papers*, Colorado State University, Fort Collins-Colorado, 52, 71.
- Scheid, F., (1989). *Schaum's outline series theory and problems of numerical analysis*. McGraw-Hill, U.S.A., 471s.
- Sobel, E., Zhang, Z., Alter, M., Lai, S., Davanipour, Z., Friday, G., Mccoy, R., Isack, T., Levitt, L., (1987). Stroke in the lehigh valley: seasonal variation in the incidence rates. *Stroke*, 18(1), 38-42.
- Song, K.S., Li, T.H., (2011). Asymptotics of least squares for nonlinear harmonic regression. *Statistics*, 45(4), 309-318.
- Sopacı, E., (2013). *Jeodezik amaçlı uyum iyiliği testleri uygulanması: VLBI/GPS ortak yerleşkeleri sıcaklık verileri analizi örneği*. Yüksek lisans tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon. 98s.
- Sönmezoğlu, A., (2007). Fourier serilerinin mutlak genelleştirilmiş nörlund toplanabilirliği. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 23(1), 208-214.
- Spiegel, M.R., (1963). *Advanced Calculus*. Mc-Graw Hill Inc., New York, 298-300.
- SPSS, 2019. IBM SPSS 23 statistics for Windows, Deneme sürümü. IBM Corp., New York.
- Stewart, L., (2009). *Professor Stewart's cabinet of mathematical curiosities*, Basic Books, Newyork, USA, 320s.
- Suak, O., (2011). *Çok düşük frekanslı yüksek gerilim işaretlerinin analizi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 111s.
- Tukiendorf, A., Mischczyk, L., Bojarski, J., (2013). Damped sinusoidal function to model acute irradiation in radiotherapy patients. *Physica Medica*, 29(5), 513-519.
- Türker, E.S., Can, E., (1997). *Bilgisayar uygulamalı sayısal analiz yöntemleri*. Değişim Yayınları, Adapazarı, 479s.
- Üçkardeş, F., (2006). *İstatistik testler üzerine bir çalışma*. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş. 298s.

- Üstün, H.G., (2008). *İklim değişiminin su kaynakları üzerine etkisi*. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.132s.
- Walker, J.W., Duncan, G.A., (1974). Greenhouse Ventilation System. *Tennessee Valley, Greenhouse Vegetable Workshop*, aen30(1).
- Xu, Y., Shen, Y., (2013). Reconstruction of the land surface temperature time series using harmonic regression. *Elsevier Computers and Geosciences*. 61, 126-132.
- Yarasa, R., (1976). *Analiz*. Çağlayan Basımevi, İstanbul, 224s.
- Yurtcu, S., İçağa, Y., (2005). Akarçay havzası yeraltı suyu periyodik davranışının modellenmesi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1(2), 21-28.



EKLER



EK -1. Student t- Kritik Cetvel Değeri

Tek Yönlü Testte (α)							
	0.250	0.100	0.050	0.025	0.010	0.00833	0.005
Çift Yönlü Testte (α)							
S.D	0.500	0.200	0.100	0.050	0.020	0.01666	0.010
1	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	38.190	63.657
2	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	7.649	9.925
3	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	4.857	5.841
4	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	3.961	4.604
5	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	3.534	4.032
6	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.287	3.707
7	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.128	3.499
8	0.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.016	3.355
9	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	2.933	3.250
10	0.700	1.372	1.812	2.228	2.764	2.870	3.169
11	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	2.820	3.106
12	0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	2.779	3.055
13	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	2.746	3.012
14	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.718	2.977
15	0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.694	2.947
16	0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.673	2.921
17	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.655	2.898
18	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.639	2.878

19	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.625	2.861
20	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.613	2.845
21	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.601	2.831
22	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.591	2.819
23	0.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.582	2.807
24	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.574	2.797
25	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.566	2.787
26	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.559	2.779
27	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.552	2.771
28	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.546	2.761
29	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.541	2.756
30	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.536	2.750
40	0.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.499	2.704
60	0.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.463	2.660
120	0.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.428	2.617
<u>∞</u>	<u>0.674</u>	<u>1.282</u>	<u>1.645</u>	<u>1.960</u>	<u>2.326</u>	<u>2.394</u>	<u>2.576</u>

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLERİM

Adı soyadı : Ayşe Betül ÖNEM
Uyruk : T.C
Doğum Yeri : Kadirli/Osmaniye
Doğum Tarihi : 21/03/1983
e-posta : betul_onem@hotmail.com
İletişim : 0 506 123 88 07

EĞİTİM BİLGİLERİ

LİSANS : Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, (2002 – 20.07.2006)
Y. LİSANS : Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım
Ekonomisi Ana Bilim Dalı, (2007-16.09.2009)
Y.Lisans tez konusu : Kahramanmaraş İl Merkezinde Ailelerin Tarhana Tüketim Yapısı

EĞİTİM ve BELGELER

- * 2010-MEB Okul Öncesi Eğitimi
- * 2011-2012 KSÜ Pedagojik Formasyon
- * 16.11.2012 KOSGEB Uygulamalı Girişimcilik Eğitimi
- * 2013 Sakarya Üniversitesi İş Meslek Danışmanlığı Eğitimi
- * 18.02.2015-MEB, HEM Motorlu Taşıtların Direksiyon Usta Öğretici Belgesi
- * 28.09.2017-MEB İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı Programı
- * 07.11.2017- ZMO Bilir Kişilik Temel Eğitimi

AKADEMİK ÇALIŞMALAR

- *İdikut, L., Erol, A. ve **Önem, A.B.**, 2007. Bir Bölgede Kurulan Bir Tesisin Çevrede Oluşturduğu Bazı Etkileşimler. 7. *Ulusal ve Ekoloji Kongresi*, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- ***Önem, A. B.**, 2009. *Kahramanmaraş İl Merkezinde Ailelerin Tarhana Tüketim Yapısı*. Yüksek lisans tezi. Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- *Kaya, F., **Önem, A. B.** ve Efe E., 2016. Basit Dönüşümlü Ekstra Periyotlu Deneme Planları ve Online Analiz İçin Bir Web Sitesi. 12. *Ulusal Zootekni Öğrenci Kongresi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta
- *İdikut, L., Zulkadir, G., Polat, C., Çiftçi S. ve **Önem, A. B.**, 2018. The Effect of Different Location and Sowing Times on the Quality Criteria of Cowpea. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi 1. International Agricultural Science Congresses*.
- *İdikut, L., Zulkadir, G., Polat, C. ve **Önem, A. B.**, 2018. Investigation of Different Location and Sowing Dates Effects on Agromorphological Characteristics of Cowpea. *UGAP, 1.Uluslararası GAP Tarım ve Hayvancılık Kongresi*, Şanlıurfa.
- ***Önem, A. B.**, Karaokur, Ö. F., Yenipınar, A., Koç, Ş., 2018. A Curve Fitting With The Aid of Trigonometric Functions on Animal Dataset. *International Congress on Domestic Animal Breeding, Genetics and Husbandry, ICABGEH-18*. Antalya, 26 – 28 September.
- *Çanga, D., Yenipınar, A., Karaokur, Ö. F., **Önem, A. B.** ve Efe, E., 2019. Contrast Analysis on Single Factorial Studies and Solution with SPSS. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 2(1), 1-6.
- *Yavuz, E., **Önem, A. B.**, Kaya, F., Çanga, D. ve Şahin, M., 2019. Modeling of Individual Growth Curves in Japanese Quails. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 2(1), 11-15.
- *Koç, Ş., Çanga, D., **Önem, A. B.**, Yavuz, E. ve Şahin, M., 2019. A Monte Carlo Simulation Study Robustness of Manova Test Statistics in Bernoulli and Uniform Distribution. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 2(2), 42-51.
- *Çanga, D., Yenipınar, A., Karaokur, Ö. F., **Önem, A. B.** ve Efe, E., 2018. Contrast Analysis on Single Factorial Studies and Solution with SPSS. *International Congress on Domestic Animal Breeding, Genetics and Husbandry, ICABGEH-18*. Antalya, 26 – 28 September.
- *Yavuz, E., **Önem, A. B.**, Kaya, F., Çanga, D. ve Şahin, M., 2018. Modeling of Individual Growth Curves in Japanese Quails. *International Congress on Domestic Animal Breeding, Genetics and Husbandry, ICABGEH-18*. Antalya, 26 – 28 September.
- *Koç, Ş., Çanga, D., **Önem, A. B.**, Yavuz, E. ve Şahin, M., 2018. A Monte Carlo Simulation Study Robustness of Manova Test Statistics in Bernoulli and Uniform Distribution. *International Congress on Domestic Animal Breeding, Genetics and Husbandry, ICABGEH-18*. Antalya, 26 – 28 September.
- ***Önem, A.B.**, 2019. Dış Hekimine Başvurma Davranışı Üzerinde Etkili Olan Faktörlerin İncelenmesi. *Avrasya 5. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi*, Adana.