



T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Neriman DUMAN

**COĞRAFİK VE METEOROLOJİK VERİLER
KULLANILARAK DOĞU VE GÜNEYDOĞU
ANADOLU'DAKİ BAZI İLLER İÇİN
ANGSTROM-PRESCOTT DENKLEM
KATSAYILARININ BELİRLENMESİ**

FİZİK ANABİLİM DALI

OSMANİYE – 2024

T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

COĞRAFİK VE METEOROLOJİK VERİLER
KULLANILARAK DOĞU VE GÜNEYDOĞU
ANADOLU'DAKİ BAZI İLLER İÇİN ANGSTROM-
PRESCOTT DENKLEM KATSAYILARININ
BELİRLENMESİ

Neriman DUMAN

FİZİK
ANABİLİM DALI

OSMANİYE
ŞUBAT-2024

TEZ ONAYI

COĞRAFİK VE METEOROLOJİK VERİLER KULLANILARAK DOĞU VE GÜNEYDOĞU ANADOLU'DAKİ BAZI İLLER İÇİN ANGSTROM-PRESCOTT DENKLEM KATSAYILARININ BELİRLENMESİ

Neriman DUMAN tarafından Prof. Dr. Muhittin ŞAHAN danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Fizik** Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Muhittin ŞAHAN
Fizik Anabilim Dalı, OKÜ

.....

Üye: Prof. Dr. Eyyüp TEL
Fizik Anabilim Dalı, OKÜ

.....

Üye: Doç. Dr. Nuri EMRAHOĞLU
Eğitim Fakültesi, Çukurova Ü.

.....

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun// tarih ve/ sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Eyyüp TEL

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Neriman DUMAN



ÖZET

COĞRAFİK VE METEOROLOJİK VERİLER KULLANILARAK DOĞU VE GÜNEYDOĞU ANADOLU'DAKİ BAZI İLLER İÇİN ANGSTROM-PRESCOTT DENKLEM KATSAYILARININ BELİRLENMESİ

Neriman DUMAN
Yüksek Lisans, Fizik Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Muhittin ŞAHAN

Şubat 2024, 138 sayfa

Bu çalışmada, Türkiye'nin Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinden seçilen on bir farklı yerleşim yeri (Gaziantep, Adıyaman, Kilis, Şanlı Urfa, Batman, Siirt, Tunceli, Mardin, Bingöl, Elazığ ve Diyarbakır) için yatay yüzeydeki aylık ortalama toplam güneş ışıınımı tahmin edilmiştir. Bu amaçla, coğrafi ve meteorolojik parametrelere bağlı Angström-Prescott tipi denklemlerin kullanıldığı on farklı tahmin modeli (M_1 - M_{10}) geliştirilmiş ve Angstrom-Prescott formüllerinin ampirik katsayıları belirlenmiştir. R^2 , yüzde hata (e), RMSE, MBE ve t-ist gibi bazı istatistiksel göstergeler kullanılarak Angström-Prescott tipi denklemlerden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve kalibre edilen modellerin uygulanabilirliği ve performansı ölçülen değerlerle karşılaştırılmıştır. İstatistiksel göstergeler, modellerden (M_1 - M_{10}) tahmin edilen toplam güneş ışıınımının, ölçülen değerler ile oldukça uyumlu olduğunu göstermektedir. Böylece, geliştirilen modellerin Doğu ve Güneydoğu Anadolu'daki her bölge için güneş ışıınımı tahmini için hesaplanabileceğini öneriyoruz.

Anahtar Kelimeler: Güneş Işıınımı, Güneş Işıınım Tahmin Modelleri, Angström-Prescott Eşitliği, Korelasyon, İstatistiksel Göstergeler

ABSTRACT

DETERMINATION OF ANGSTROM-PRESCOTT EQUATION COEFFICIENTS FOR SOME PROVINCES IN EASTERN AND SOUTHEASTERN ANATOLIA USING GEOGRAPHICAL AND METEOROLOGICAL DATA

Neriman DUMAN
M.Sc., Department of Physics
Supervisor: Prof. Dr. Muhittin ŞAHAN

February 2024, 138 pages

In this study, monthly average global solar radiation on a horizontal surface for eleven different locations selected in Eastern and Southeastern Anatolia Regions of Turkey (Gaziantep, Adıyaman, Kilis, Şanlı Urfa, Batman, Siirt, Tunceli, Mardin, Bingöl, Elazığ ve Diyarbakır) was estimated. For this purpose, ten different predictive models (M_1 - M_{10}) used Angström-Prescott type equations depend on geographical and meteorological parameters were developed and empirical coefficients of the Angstrom-Prescott formulae were determined. By using some statistical indicators, i.e., R^2 , percentage error (e), RMSE, MBE and t-statistic, the obtained results from Angström-Prescott type equations were evaluated and compared the applicability and performance of the calibrated models with the measured values. Statistical indicators show that the total solar irradiance estimated from the models (M_1 - M_{10}) is in good agreement with the measured values. Therefore, we suggest that the developed models can be calculated for estimation of solar radiation for every location in Eastern and Southeastern Anatolia.

Key Words: Solar radiation, Solar radiation estimation models, Angström-Prescott equation, Correlation, Statistical Analysis



Çok kıymetli aileme...

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez konumun belirlenerek tez çalışmamın yürütülmesini üstlenen, çalışmalarım süresince değerli bilgi ve tecrübeleriyle katkılarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Muhittin ŞAHAN'a ve manevi olarak desteğini esirgemeyen hocamın değerli eşi Sayın Prof. Dr. Halide ŞAHAN hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Yüksek Lisans tezi çalışmalarım boyunca desteğini esirgemeyen sevgili eşim Yahya DUMAN'a, çocuklarım Alperen DUMAN ve Muhammed Efe DUMAN'a sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
TEZ BİLDİRİMİ	
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İTHAF SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
3. MALZEME ve YÖNTEM	24
3.1. Malzeme	24
3.1.1 Güneş	25
3.1.2 Angstrom Tipi Eşitlikler Kullanılarak Yatay Yüzeye Gelen Toplam Güneş Işınımı Hesaplanması	27
3.2. Yöntem	30
3.2.1 Doğu ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri İçin Yeni Modellerin Geliştirilmesi	43
3.2.2 Parlaklık İndeksi (Cleraness Index)	46
3.2.3 İstatistiksel Analiz Metotları ve Sıralama (Rank)	47
3.2.3.1 Korelasyon (R^2)	47
3.2.3.2 Bağıl yüzde hata (e)	48
3.2.3.3 Ortalama Bias Hata (MBE)	48
3.2.3.4 Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü (RMSE)	48
3.2.3.5 t-istatistik metodu	49
3.2.3.6 Rank Skoru Metodu	50
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	51
4.1. Gaziantep İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri	60
4.2. Adıyaman İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri	65
4.3. Kilis İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri	70
4.4.Şanlı Urfa İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri	75

4.5. Batman İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri	80
4.6. Siirt İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri	85
4.7. Tunceli İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri	90
4.8. Mardin İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri	95
4.9. Bingöl İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri	100
4.10. Elazığ İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri	104
4.11. Diyarbakır İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri	109
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	114
KAYNAKLAR	118
ÖZGEÇMİŞ.....	124



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.	Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı potansiyeli (YEGM)	4
Çizelge 2.1.	Gaziantep, Antakya ve Kahramanmaraş bölgeleri için geliştirilen Angstrom tipi yarı ampirik formüller	22
Çizelge 3.1.	Aylar için önerilen ortalama günler ve aylara göre n değerleri (Duffie ve Beckman, 2013)	28
Çizelge 3.2.	Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden seçilen on bir yerleşim yerine ait meteorolojik verilerinin alındığı istasyonun adı, istasyon kodları, enlem ve boylamları	31
Çizelge 4.1.	Gaziantep ili için aylık ortalama atmosfer dışı (H_0) güneş ışıınımı ve diğer meteorolojik girdi parametreleri	53
Çizelge 4.2.	Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Adıyaman ili için girdi parametreleri	53
Çizelge 4.3.	Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Kilis ili için girdi parametreleri	53
Çizelge 4.4.	Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Şanlı Urfa ili için girdi parametreleri	54
Çizelge 4.5.	Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Batman ili için girdi parametreleri	54
Çizelge 4.6.	Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Siirt ili için girdi parametreleri ...	54
Çizelge 4.7.	Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Tunceli ili için girdi parametreleri ..	55
Çizelge 4.8.	Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Mardin ili için girdi parametreleri ..	55
Çizelge 4.9.	Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Bingöl ili için girdi parametreleri ..	55
Çizelge 4.10.	Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Elazığ ili için girdi parametreleri ..	56
Çizelge 4.11.	Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Diyarbakır ili için girdi parametreleri	56
Çizelge 4.12.	Eşitlik (3.6) ile Eşitlik (3.15) arasında denklemlerin katsayıları	59
Çizelge 4.13.	Gaziantep iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan güneş ışıınımı	61
Çizelge 4.14.	Gaziantep iline ait modellerden hesaplanan korelasyon ve istatistiksel hata sonuçları.	61
Çizelge 4.15.	Adıyaman iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan güneş ışıınımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)	66
Çizelge 4.16.	Adıyaman iline ait modellerden hesaplanan korelasyon ve istatistiksel hata sonuçları	67

Çizelge 4.17.	Kilis iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan güneş ışınlımı ($MJm^{-2}g^{-1}$) ...	71
Çizelge 4.18.	Kilis iline ait modellerden hesaplanan korelasyon ve istatistiksel hata sonuçları	73
Çizelge 4.19.	Şanlı Urfa iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan güneş ışınlımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)	76
Çizelge 4.20.	Şanlı Urfa iline ait modellerden hesaplanan korelasyon ve istatistiksel hata sonuçları	79
Çizelge 4.21.	Batman iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan güneş ışınlımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)	81
Çizelge 4.22.	Batman iline ait modellerden hesaplanan korelasyon ve istatistiksel hata sonuçları	83
Çizelge 4.23.	Siirt iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan güneş ışınlımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)	86
Çizelge 4.24.	. Siirt iline ait modellerden hesaplanan korelasyon ve istatistiksel hata sonuçları	86
Çizelge 4.25.	Tunceli iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan güneş ışınlımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)	92
Çizelge 4.26.	Tunceli iline ait modellerden hesaplanan korelasyon ve istatistiksel hata sonuçları	92
Çizelge 4.27.	Mardin iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan güneş ışınlımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)	96
Çizelge 4.28.	Mardin iline ait modellerden hesaplanan korelasyon ve istatistiksel hata sonuçları	97
Çizelge 4.29.	Bingöl iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan güneş ışınlımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)	101
Çizelge 4.30.	Bingöl iline ait modellerden hesaplanan korelasyon ve istatistiksel hata sonuçları	101
Çizelge 4.31.	Elazığ iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan güneş ışınlımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)	105
Çizelge 4.32.	Elazığ iline ait modellerden hesaplanan korelasyon ve istatistiksel hata sonuçları	108
Çizelge 4.33.	Diyarbakır iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan güneş ışınlımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)	110
Çizelge 4.34.	Diyarbakır iline ait modellerden hesaplanan korelasyon ve istatistiksel hata sonuçları	111

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Güneş	26
Şekil 3.2.	Enlem (ϕ), güneşin doğuş/batış saat açısı (ω) ve güneş deklinasyon açısı	29
Şekil 3.3.	Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)	30
Şekil 3.4.	Gaziantep ili a) güneş ışınlam haritası, b) aylara göre güneş ışınlam değerleri ($\text{KWh/m}^2\text{-gün}$), c) aylara göre Güneşlenme Süreleri (saat)	32
Şekil 3.5.	Şekil 3.4 ile aynı, fakat Adıyaman ili için	33
Şekil 3.6.	Şekil 3.4 ile aynı, fakat Kilis ili için	34
Şekil 3.7.	Şekil 3.4 ile aynı, fakat Şanlı Urfa ili için	35
Şekil 3.8.	Şekil 3.4 ile aynı, fakat Batman ili için	36
Şekil 3.9.	Şekil 3.4 ile aynı, fakat Siirt ili için	37
Şekil 3.10.	Şekil 3.4 ile aynı, fakat Tunceli ili için	38
Şekil 3.11.	Şekil 3.4 ile aynı, fakat Mardin ili için	39
Şekil 3.12.	Şekil 3.4 ile aynı, fakat Bingöl ili için	40
Şekil 3.13.	Şekil 3.4 ile aynı, fakat Elazığ ili için	41
Şekil 3.14.	Şekil 3.4 ile aynı, fakat Diyarbakır ili için	42
Şekil 4.1.	Gaziantep iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlamı ($\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$)	62
Şekil 4.2.	Gaziantep iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi	64
Şekil 4.3.	Adıyaman iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlamı ($\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$)	68
Şekil 4.4.	Adıyaman iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi	69
Şekil 4.5.	Kilis iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlamı ($\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$)	72
Şekil 4.6.	Kilis iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi	74
Şekil 4.7.	Şanlı Urfa iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlamı ($\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$)	77

Şekil 4.8.	Şanlı Urfa iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi	78
Şekil 4.9.	Batman iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)	82
Şekil 4.10.	Batman iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi	84
Şekil 4.11.	Siirt iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)	88
Şekil 4.12.	Siirt iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi	89
Şekil 4.13.	Tunceli iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)	93
Şekil 4.14.	Tunceli iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi	94
Şekil 4.15.	Mardin iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)	98
Şekil 4.16.	Mardin iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi	99
Şekil 4.17.	Bingöl iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)	102
Şekil 4.18.	Bingöl iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi	103
Şekil 4.19.	Elazığ iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)	106
Şekil 4.20.	Elazığ iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi	107
Şekil 4.21.	Diyarbakır iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)	112
Şekil 4.22.	Diyarbakır iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi	113

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte tüm dünyada önemi giderek artan enerji; konutlarda, sanayide, ulaşımda ve daha bir çok alanda en önemli girdilerinden birisi olmuştur. Enerjiye olan talebin giderek artması sonucu yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Buna bağlı olarak da yapısında yüksek miktarda karbondioksit (CO_2), karbon monoksit (CO) ve kükürt (S) bulunduran kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil kaynaklardan elde edilen ve yenilemeyen enerji kaynaklarının da giderek azalması sonucu, son yıllarda tüm dünyada yeni yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeye başlanılmıştır.

Yenilenebilir enerjiler; güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, nükleer enerji, hidroelektrik enerji gibi doğal kaynaklardan ya da doğal olarak yenilebilen kaynaklardan elde edilebilen ve doğa dostu olan enerjilerdir. Yenilenebilir enerji kaynakları yenilenemeyen fosil enerji kaynaklarına olan bağımlılığın da azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi tüm canlılar için hayati öneme sahiptir. Bitkilerdeki fotosentetik süreçlerin güneş enerjisini kullanması, güneş radyasyonunun bitki büyümesinde merkezi bir aşama olduğunun kanıtıdır. Ölü bitkilerin ise güneş enerjisi ile olan etkileşimi sonucunda, petrol ve kömür gibi insan yaşamı için hayati önem taşıyan diğer maddeleri üretir. Yeryüzüne gelen güneş radyasyonu yeryüzündeki iklimin de belirleyici bir faktördür. Ayrıca, Güneş enerjisi verileri; güneşlenme haritalarını geliştirmek, tarım ürünlerinin büyümesi için gerekli olan analizleri kolaylaştırmak ve güneş sistemlerinin özelliklerinin geliştirilmesinin simülasyonlarını yapmak ve böylece yerleşim yerlerinin düzenini ve boyutunu en iyi şekilde düzenlemek ve daha bir çok alanda kullanılabilir (Tei vd., 1996; Pinde vd., 2002; Hammer vd., 2003; Mubiru vd., 2007).

Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları başında gelir ve alışlagelmiş enerji kaynaklarına bir alternatif olarak ekonomik öneme sahiptir. Güneş enerjisi, dünyadaki tüm ülkelerin ekonomik kalkınmasında da önemli rol oynayarak enerji gereksinimi bakımından diğer ülkelere bağımlılığı azaltmaktadır. Sınırsız, çevre dostu ve ekonomik öneme sahip olmasından dolayı, güneş enerjisine olan talebi ve bundan yararlanma amaçlı yatırımları arttırmaktadır. Başlangıçta güneş enerjisi

sistemlerinin yapımı ve montajı yüksek maliyetler gerektirdiğinden, daha ekonomik ve uygulanabilir mühendislik çalışmalarının geliştirilmesi gerekmektedir. Güneş enerjisinden en ekonomik maliyetle en yüksek verim elde etmek için yeryüzündeki her hangi bir bölgeye gelen güneş ışıını şiddetinin ölçümünün doğru ve güvenilir bir şekilde yapılması ve yatırımların buna göre yapılması gerekir (Gopinath vd., 1992; Şahan, 1996; Mosalam vd., 1998; Bannani vd., 2006; Şahan vd., 2010; AbdulAzeez vd., 2011).

Bir bölge için yüzeye gelen toplam güneş enerji miktarı ve dağılımı, güneş enerjisi kullanımı için birincil değişkendir. Bu nedenle, her zaman ilgilenilen bölgenin güneş radyasyonu verilerinin iyi incelenmesi gerekmektedir (Angstrom, 1924; Prescott, 1940; Rietveld, 1978; Benson vd., 1984; Bristow ve Campbell, 1984; Ogelman ve Ecevit, 1984; Akınoğlu ve Ecevit, 1990; De Jong ve Stewart, 1993; Toğrul ve Toğrul, 2002; Almorox ve Hontoria, 2004; Jin vd., 2005; Ballı vd., 2007; Mubiru vd., 2007; Duffie ve Beckman, 2013; Gana ve Akpootu, 2013; Namrata vd., 2013).

Belirli bir coğrafik konumdaki bir bölge için doğru ve güvenilir güneş radyasyonu dağılım bilgisine sahibi olmak, birçok güneş enerjisi cihazının geliştirilmesi ve bu cihazların performanslarının tahmin edilmesi için hayati öneme sahiptir. Fakat güneş enerjisi ölçüm cihazlarının satın alınması ve ilgilenilen bölgelere kurulması ve güneş enerjisi verilerinin ölçülmesi teknik olarak çok pahalı olduğundan, birçok bölge için güneş enerjisi verileri mevcut olmayabilir. Bununla birlikte, herhangi bir bölge için güneş enerjisi verilerinin elde edilmesinin alternatif bir yolu da o bölge için uygun güneş enerjisi modelleri geliştirmek ve bölgenin güneş enerjisini tahmin etmektir. Bu nedenle, güneş radyasyonunu tahmin etmek için meteorolojik parametreleri kullanan yöntemler geliştirmek oldukça önemlidir (Chegaar ve Chibani, 2000).

Uzun yıllar boyunca, çeşitli meteorolojik parametreler kullanılarak güneş radyasyonu miktarını tahmin etmek için birçok model önerilmiştir (Angstrom, 1924; Prescott, 1940; Rietveld, 1978; Benson vd., 1984; Bristow ve Campbell, 1984; Ogelman ve Ecevit, 1984; Akınoğlu ve Ecevit, 1990; De Jong ve Stewart, 1993; Toğrul ve Toğrul, 2002; Almorox ve Hontoria, 2004; Jin vd., 2005; Ballı vd., 2007; Mubiru vd., 2007; Duffie ve Beckman, 2013; Gana ve Akpootu, 2013; Namrata vd., 2013). Ne yazık ki, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonomik nedenlere bağlı olarak bu parametrelerin ölçümü sadece birkaç meteoroloji istasyonunda yapılmaktadır. Bu

nedenle, global güneş radyasyonu ile güneşlenme süresi arasındaki ilişkinin incelenmesine yönelik çok sayıda araştırmalar yapılmıştır ve bu araştırmalara ilişkin veriler daha fazla sayıda meteoroloji istasyonunda mevcuttur (Chegaar ve Chibani, 2000).

Toplam güneş radyasyon tahmininde ampirik tabanlı hesaplamaların basitliği ve uygunluğu araştırmacıların ilgisini çekmektedir (Namrata vd., 2013). Daha önceki çalışmalar, güneşlenme sürelerini kullanarak toplam (global) güneş radyasyonunu tahmin etmeye çalışılmıştır (Angstrom, 1924; Prescott, 1940). En yaygın kullanılan model güneşlenme süresine bağlı Angstrom modelidir ($H/H_0 = a + b(S/S_0)$) (Angstrom, 1924). Daha sonra, bir çok araştırmacı dünyanın değişik bölgelerindeki pek çok yerleşim yeri için güneşlenme süresi verilerini kullanarak aylık olarak ortalama günlük toplam güneş radyasyonu tahmin etmek amacıyla bir çok yarı ampirik formüller geliştirmişlerdir. Çalışılan tüm yerleşim yerleri için elde edilen sonuçlar, %95'in üzerinde yüksek korelasyona sahip olduğunu göstermiştir (Angstrom, 1924; Prescott, 1940; Rietveld, 1978; Benson vd., 1984; Bristow ve Campbell, 1984; Ogelman ve Ecevit, 1984; Akınoglu ve Ecevit, 1990; De Jong ve Stewart, 1993; Almorox ve Hontoria, 2004; Jin vd., 2005; Ballı vd., 2007; Mubiru vd., 2007; Gana ve Akpootu, 2013).

Bazı araştırmacılar, Angstrom modelinde (Angstrom, 1924) sadece güneşlenme süresini kullanırken, bazıları ortalama, maksimum ve minimum sıcaklığa, bağıl neme, gündüz bulut örtüsüne, yağmurlu gün sayısına, güneşlenme saatlerine, enleme, yüksekliğe, deklinasyon açısına vb. meteorolojik ve coğrafik verilere bağlı faktörleri kullanmışlardır (Chegaar ve Chibani, 2000).

Güneşten uzaya yayılan ve atmosferi geçerek yeryüzüne gelen bu enerji ülkelere göre farklılık göstermektedir. Güneş enerjisinden yararlanma bakımından Türkiye orta zenginlikte ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'nin bölgelere göre güneşlenme süresi (saat/yıl) ve toplam güneş enerjisi (KWh/m²-yıl) değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. MGM'den (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) alınan global güneş radyasyonu ise yaklaşık otuz beş (1985 - 2020) yıl ve güneşlenme sürelerinin ölçüm periyodu ise on dört (1987 - 2021) yıldır. Çizelge 1'de görüldüğü gibi Güney Doğu Anadolu, Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri güneş enerjisi bakımından oldukça iyi durumdadır.

Çizelge 1. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı potansiyeli (YEGM)¹.

BÖLGE	Güneşlenme Süresi (saat/yıl)	Toplam Güneş Enerjisi (KWh/m ² -yıl)
Güney Doğu Anadolu	2993	1460
Akdeniz	2956	1390
Doğu Anadolu	2664	1365
İç Anadolu	2628	1314
Ege	2738	1304
Marmara	2409	1168
Karadeniz	1971	1120

Bu çalışmada, Türkiye'nin Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinden seçilen bazı iller (Gaziantep, Adıyaman, Kilis, Şanlı Urfa, Batman, Siirt, Tunceli, Mardin, Bingöl, Elazığ ve Diyarbakır) için yatay yüzeydeki aylık olarak ortalama yıllık toplam güneş ışınlamını tahmin etmek amacıyla Bölüm 3.2.1'de detaylı olarak tartışılan Angstrom-Prescott tipi yarı ampirik modeller geliştirilmiştir. Dünya yüzeyine ulaşan güneş radyasyonu, bir güneş enerjisi sisteminin tahmini ve tasarımı için gerekli olan bir yerin iklim koşullarına bağlıdır. Bu nedenle, bu modellerde bağıl güneşlenme süresi oldukça önemlidir. Buna ek olarak, geliştirilecek modellerde enlem, boylam, bağıl nem, ortalama, maksimum ve minimum hava sıcaklık değerleri, güneşlenme süresi ve denklinasyon açısı gibi bazı coğrafik ve meteorolojik veriler kullanılmıştır. Uzun yıllar (1985-2020) boyunca ölçülen toplam güneş enerjisi ve diğer meteorolojik veriler, MGM'den alınmış ve model hesaplamaları için hazır hale getirilerek geliştirilen modellerde kullanılmıştır. Modellerden tahmin edilen toplam güneş ışınlamı değerleri MGM'den alınan ölçülmüş toplam güneş ışınlamı verileriyle her bölge için tek tek karşılaştırılmıştır. Geliştirilen modellerin doğruluğunu test etmek için Bölüm 3.2.1'de verilen R^2 korelasyon, bağıl yüzde hata (e, % Hata), RMSE, MBE ve t-ist gibi istatistiksel değerlerle kullanılmıştır.

¹ EİE Genel Müdürlüğü

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Prescott tarzında güneş radyasyonunu güneşlenme süreleriyle ilişkilendiren çoğu regresyon denklemi, $a + b \frac{S}{S_0}$ faktörünü içermektedir. Burada “a” ve “b” katsayıları iklime ve bölgeye bağlı sabitlerdir ve $\frac{S}{S_0}$ ise gerçek güneş ışığının potansiyel süreye oranını temsil eder. Rietveld (1978), toplam güneş radyasyonunun tahmininde en yaygın kullanılan ve $\frac{S}{S_0}$ 'nin ikinci dereceden kuvvetine bağlı olan Angstrom modelindeki a ve b katsayılarının yayınlanmış birkaç değerini incelemişler ve

$$\frac{H}{H_0} = 0.1 + 1.02 \frac{S}{S_0} - 0.44 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (2.1)$$

eşitliği ile verilen bir model geliştirmişlerdir. Buradaki H yatay yüzeye gelen güneş enerjisi ve H_0 ve atmosfer dışı güneş enerjisidir. a'nın S'nin ortalama değeriyle doğrusal olarak ve b'nin hiperbolik olarak ilişkili olduğunu ve bu eşitliğin dünyanın herhangi bir yerinde uygulanabileceğine ve bulutlu koşullar için üstün sonuçlar verdiğini kaydetmişlerdir.

Glover ve McCulloch, (1958) yaptıkları çalışmada, $\frac{H}{H_0} = a + b \frac{S}{S_0}$ ile verilen Angstrom tipi geleneksel eşitlikte regresyon “a” ve “b” parametrelerinin enlem (ϕ) ile değişimi kullanarak yatay bir yüzeydeki toplam güneş radyasyonu (H) ile parlak güneşlenme saatleri (S) arasındaki fark incelemişlerdir. “a” değeri enlemin bir fonksiyonu iken, “b” sabit olduğu kabul etmişlerdir. Angstrom eşitliğindeki “a” terimine enlem ekleyerek

$$\frac{H}{H_0} = 2.09 \cos(\phi) + 0.52 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (2.2)$$

olarak düzenlemişlerdir. $0^\circ - 60^\circ$ aralığındaki her enlem (ϕ) için Angstrom eşitliğine yol açan ampirik bir ilişki türetilir ve önceki deneyimlerle makul bir uyum içinde değerler verdiği göstermişlerdir.

Ogelman vd., (1984) yaptıkları bir çalışmada, Adana ve Ankara'daki 3 yıllık ölçümler için gün uzunluğunun bir bölümü olarak parlak güneşlenme sürelerinin aylık ortalamaları ($\langle sS_0 \rangle$) ve standart sapmaları (σ_{sS_0}) kullanarak H/H_0 değerini belirlemek için aşağıda verilen quadratic formdaki (ikinci dereceden) eşitliği geliştirmişlerdir.

$$\frac{H}{H_0} = 0.204 + 0.758\langle sS_0 \rangle - 0.250 \times [\langle sS_0 \rangle^2 - \sigma_{sS_0}^2] \quad (2.3)$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.195 + 0.675 \frac{S}{S_0} - 0.142 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (2.4)$$

Verilen bu eşitliğin tahminlerinin Türkiye'nin farklı bölgelerinden alınan ölçümlerle karşılaştırılması sonucu % 5'den daha az bağıl hatanın mümkün olduğunu gösterdiğini görmüşlerdir.

Reid vd., (1986) yaptığı çalışmada, Güney Afrika'da 11 noktabölgedeki (Alexander Bay, Bloemfontein, CapeTown, Durban, Port Elizabeth, Nelspruit, Graotfontein, Upington, Pretoria, Bien Donne ve Roodeplaat) Güneş radyasyonu ve güneşlenme süresi verileri kullanmışlardır. K_0 ve N değerlerinin Smithsonian Meteorolojik tablolarından elde edildiğini belirtmiştir. Başlangıçta, veriler biri n/N değeri 0.5'ten küçük ve diğeri n/N değeri 0.5'ten büyük olmak üzere iki alt gruba ayırmıştır. Doğrusal regresyon analizleri, her bir n/N kategorisi (yani < 0.5 , > 0.5 ve tümü n/N) için konum başına 12 çift a ve b değeri elde etmek üzere her aylık grup ve alt grup üzerinde gerçekleştirilmiştir. Başlangıçta tüm iklim koşullarında sabit olarak kabul edilen modifiye edilmiş bir Angstrom formülünün regresyon katsayılarının, yaygın kullanımla, sadece mekansal olarak değil, aynı zamanda değişken güneşlenme süresi koşullarından dolayı da değiştiği gösterilmiştir. $K/K_0 = a + b(n/N)$ formülündeki a ve b katsayılarının varyasyonlarını değerlendirmek için Güney Afrika'da için günlük güneşlenme süresi ve güneş radyasyonu veri setleri analiz edilmiştir. Sonuçlar, a katsayısının güneşlenme süresi ile doğrusal olarak ilişkili olma eğilimindeyken, b katsayısının hiperbolik tipte bir ilişki sergilediğini göstermektedir.

Akinoğlu ve Ecevit, (1990) yaptıkları bir çalışmada, aylık ortalama günlük küresel güneş radyasyonunun tahmini için yeni bir yaklaşım eşitliklerinin geliştirmişler ve Rietveld (1978), Benson vd. (1984), Ogelman vd. (1984) ve Gopinathan (1988)

tarafından geliştirilen eşitliklerden elde edilen değerlerle karşılaştırılmasını yapmışlardır. H/H_0 ile güneşlenme süresi (S/S_0) oranı arasında aşağıda verilen ikinci dereceden bir korelasyon eşitliği önermişlerdir.

$$\frac{H}{H_0} = 0.145 + 0.845 \left(\frac{S}{S_0} \right) - 0.280 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (2.5)$$

Elde ettikleri genel sonuçların, ikinci dereceden formun küresel uygulanabilirlik açısından daha iyi performans verdiğini göstermiştir. Yeni ikinci dereceden model, parlak güneşlenme saatleri için veriler mevcut olduğunda, aylık ortalama küresel güneş radyasyonu tahmini için tercih edilebilir olduğunu önermişlerdir. Modellerin doğruluğunu test etmek için MBE, MABE ve RMSE istatistiksel hata değerlerini kullanmışlar ve bu değerleri sırasıyla 0.084, 1.449 ve 1.859 olarak bulmuşlardır. Elde ettikleri ikinci dereceden eşitliğin güneşlenme süreleri belli olan yerler için aylık olarak ortalama günlük global radyasyonun tahmininde kullanılabileceğini önemişlerdir.

Toğrul ve Onat, (1999) yaptıkları bir çalışmada, Elazığ'da aylık ortalama global güneş radyasyonu üzerindeki etkisini araştırmak için coğrafi ve meteorolojik parametrelerini kullanmışlardır. Aylık ortalama atmosfer dışı güneş ışınlamından, güneşlenme süresinden, ortamdan (T), toprak sıcaklıklarından (Ts), nemden (H_{Nem}) ve deklinasyon açısından (δ) oluşan altı coğrafi ve meteorolojik veri setine çoklu doğrusal regresyonu uygulamışlar ve 10 farklı model geliştirmişlerdir. Daha sonra da bu modellerden hesaplanan global güneş radyasyonu, Kipp-Zonen piranometresi ile Nisan 1994 - Mart 1995 arasında ölçülen global güneş radyasyon değerleriyle karşılaştırmıştır. Geliştirdikleri altı parametrelili 10 modelden tahmin ettikleri güneş radyasyonu sonuçlarını karşılaştırmak için en yaygın kullanılan ortalama karekök hatası (RMSE) ve ortalama sapma hatası (MBE) istatistiksel yöntemlerini kullanmışlardır. Önerdikleri altı parametrelili modeller için, Elazığ'daki aylık ortalama küresel güneş ışınlamını yüksek bir korelasyon katsayısıyla ($r = 0.9932$) elde edildiğini göstermişlerdir.

Elagib vd., (2000) yaptıkları bir çalışmada, Sudan genelinde global güneş radyasyonunu aylık olarak tahmin etmek için özel yedi tane model geliştirmişlerdir. Yarı nemli, yarı kurak, kurak ve aşırı kurak bölgeler boyunca uzanan 16 meteoroloji

istasyondan elde edilen meteorolojik verileri kullanarak modeller geliştirilmiş ve enlem (ϕ , radyan), yükseklik (h, km) ve güneşlenme sürelerini (S/S_0) kullanarak global güneş radyasyonu tahmin etmişlerdir. Hesaplamalarda kullanılan eşitlikler için doğrusal, üstel, kuvvet, polinom ve çoklu doğrusal olmak üzere beş çeşit regresyon denemişlerdir. Modellerin doğruluğunu test etmek için MABE, MBE, RMSE, MAPE ve MPE AMPE istatistiksel hata değerlerini kullanmışlardır. Önerilen eşitliklerden kaynaklanan hatalar, MABE'nin 0.0295'i aşmaması, RMSE'nin maksimum 0.0379'a sahip olması, MAPE'nin yaklaşık % 4.74'ün oldukça altında kalması ve MPE'nin yaklaşık % 0.36'nın ötesine geçmemesi şeklinde olmuştur.

Toğrul ve Toğrul, (2002) yaptıkları çalışmada, Türkiye'deki yedi meteoroloji istasyonu (Antalya, İzmir, Ankara, Yenihisar/Aydın, Yumurtalık/Adana ve Elazığ)

aylık ortalama güneş ışıınımını tahmin etmek için $\frac{S}{S_0}$ ve $\frac{S}{S_{0nh}}$ kullanılarak çeşitli regresyon analizleri uygulamışlardır. Ayrıca bu parametreler kullanılarak yılın kış ve yaz olmak üzere iki dönemini temsil eden eşitlikler geliştirilmiştir. Ayrıca, $\frac{S}{S_0}$ ve

$\frac{S}{S_{0nh}}$ parametreleri kullanılarak yılın kış ve yaz olmak üzere iki dönemini temsil

eden eşitlikler geliştirmişlerdir. $\frac{S}{S_{0nh}}$ oranı kullanılarak geliştirilen eşitlikler tüm

ülke için iyi sonuçlar verirken, farklı şehirlerde $\frac{S}{S_0}$ oranını içerenler daha iyi

sonuçlar vermiştir. Modeller yaz ve kış aylarında uygulandığında daha da iyi sonuçlar elde edildiğini görmüşlerdir. RMSE ve MBE istatistiklerine ek olarak, sonuçların güvenilir olduğunu kanıtlamak için t-ist yöntemi ve harmonik analizi kullanmışlardır.

Almorox ve Hontoria, (2004) yaptıkları bir çalışmada, İspanya'dan seçilen 16 meteoroloji istasyonu için güneş radyasyonunu tahmin etmek için aşağıda verilen güneşlenme sürelerine bağlı orijinal Angstrom-Prescott tipi birinci dereceden doğrusal ve ikinci dereceden, üçüncü dereceden logaritmik ve exponansiyel fonksiyonlar olmak üzere beş farklı eşitlik geliştirmişlerdir.

$$\frac{H}{H_0} = 0.217 + 0.4553 \frac{S}{S_0} \quad (2.6)$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.184 + 0.3809 \frac{S}{S_0} - 0.1228 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (2.7)$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.230 + 0.3809 \frac{S}{S_0} + 0.4694 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 - 0.3657 \left(\frac{S}{S_0} \right)^3 \quad (2.8)$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.6902 + 0.6142 \log \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (2.9)$$

$$\frac{H}{H_0} = -0.0271 + 0.3096 e^{\left(\frac{S}{S_0} \right)} \quad (2.10)$$

Denklemlerden elde edilen değerler, belirleme katsayısı (coefficient of determination: R^2), tahminin standart hatası (standard error of the estimate: SEE) ve ortalama mutlak hata (mean absolute error: MAE) açısından ölçülen değerlerle karşılaştırmışlardır. Güneşlenme sürelerine bağlı olan tüm modellerin oldukça iyi olduğunu olduğu ve toplam güneş radyasyonunu tahmin etmek için kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Belirledikleri modellerden üçüncü derece modelinin diğer modellerden daha iyi performans gösterdiğini, ancak daha basit olması ve daha geniş uygulama alanı nedeniyle İspanya'daki toplam güneş radyasyonunu tahmin etmek için doğrusal (birinci dereceden) modelin tercih edildiğini bulmuşlardır.

Ahmad ve Ulfat, (2004) yaptıkları çalışmada, Karaçi'de (Pakistan, Enlem 24°54' K, Boylam 67°80'D). Kaydedilen güneşlenme süresi verileri kullanılarak, aylık ortalama günlük toplam güneş radyasyonunu tahmin etmek için aşağıda verilen birinci ve ikinci dereceden Angstrom tipi korelasyon için yeni bir sabitler seti elde etmişlerdir.

$$\frac{H}{H_0} = 0.324 + 0.405 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (2.11)$$

$$\frac{H}{H_0}=0.348+0.320\left(\frac{S}{S_0}\right)+0.070\left(\frac{S}{S_0}\right)^2 \quad (2.12)$$

Bu sabitlerin hassasiyet değerleri için en küçük kareler regresyonu kullanılarak elde edilmiştir. Aylık ortalama günlük toplam güneş radyasyonunu hesaplamak için geliştirilen korelasyon eşitlikleri kullanmışlardır. Bu sonuçlar daha sonra çeşitli diğer mevcut korelasyonlar ve ölçülen verilerle karşılaştırmışlardır. Hesaplanan ve ölçülen değerler arasında mükemmel bir uyum bulunmuştur.

Jin vd., (2005) yaptıkları çalışmada, Çin'deki 69 meteoroloji istasyon için yatay yüzeydeki aylık ortalama günlük toplam radyasyonu tahmin etmek için aşağıda verilen toplam dokuz tane model geliştirmişlerdir. Modellerde, güneşlenme süresinin oranı $\left(\frac{S}{S_0}\right)$, enlem (ϕ) ve yükseklik (h) gibi değişkenleri kapsayan çeşitli parametreler kullanmışlardır.

$$\frac{H}{H_0} = 0.1332 + 0.6471 \frac{S}{S_0} \quad (2.13)$$

$$\frac{H}{H_0}=0.1404+0.6126\left(\frac{S}{S_0}\right)+0.6126\left(\frac{S}{S_0}\right)^2 \quad (2.14)$$

$$\frac{H}{H_0}=0.1275+0.7251\left(\frac{S}{S_0}\right)-0.2299\left(\frac{S}{S_0}\right)^2+0.1837\left(\frac{S}{S_0}\right)^3 \quad (2.15)$$

$$\frac{H}{H_0}=0.0855+0.002\phi+0.003h+0.5654\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (2.16)$$

$$\frac{H}{H_0}=2.1186-2.0014\phi+0.03h+0.5622\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (2.17)$$

$$\frac{H}{H_0}=0.1094+0.0014\phi+0.0212h+(0.55176+0.0012\phi+0.0015h)\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (2.18)$$

$$\frac{H}{H_0}=1.879-1.7516\cos\phi+0.0205h+(1.0819-0.5409\cos\phi+0.0169h)\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (2.19)$$

$$\frac{H}{H_0} = (0.0218 + 0.00336 \phi + 0.0443 h) + (0.9979 - 0.0092 \cos \phi - 0.0852 h) \left(\frac{S}{S_0} \right) + (-0.5579 + 0.012 \phi + 0.1005 h) \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (2.20)$$

$$\frac{H}{H_0} = (4.2510 - 4.1878 \cos \phi + 0.0437 h) + (-10.5774 + 11.4512 \cos \phi - 0.0832 h) \left(\frac{S}{S_0} \right) + (12.7247 - 13.0994 \cos \phi + 0.1000 h) \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (2.21)$$

Geliştirdikleri modellerin hangisinin daha iyi olduğuna karar vermek için istatistiksel hata testleri kullanılarak karşılaştırmalar yapmışlardır. Yaptıkları karşılaştırma sonucunda, her istasyon için tek değişkenli güneşlenme süresine $\left(\frac{S}{S_0} \right)$ bağlı olan üçüncü derece biçiminde ifade edilen en doğru eşitliğinin en uygun olduğuna karar vermişlerdir. Bu eşitlik için, MPE (% 1.206), MAPE (% 8.054), MBE (0.024 MJ/m²), MABE (1.027 MJ/m²) ve RMSE (1.404 MJ/m²) değerleri elde edilmiş ve Çin için yatay bir yüzeyde küresel güneş radyasyonunun en iyi tahmin gösterdiğini belirmişlerdir. Belirledikleri bu eşitliğin, güneş radyasyon verilerinin eksik veya hiç olmadığı alanlarda küresel güneş radyasyonunu tahmin etmek için kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Bakırcı, (2007) yaptığı çalışmada, Erzurum ili (39°.55 D, 41°.16 K, 1869m) için yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük global güneş ışıınımı hesaplamak için Türkiye için literatürde elde ettiği dokuz farklı lineer (doğrusal), ikinci (kuadratik) ve üçüncü dereceden polinom eşitliklerini kullanılarak Erzurum ili için hesaplamalar yapmış ve elde ettiği sonuçları karşılaştırmıştır. Ayrıca, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden elde ettiği 2000-2004 yılları arasındaki ölçümlerinden yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük global güneş ışıınımı ve güneşlenme süresi değerleri kullanılarak Erzurum ili için aylık ortalama günlük global güneş ışıınımı için üçüncü dereceden eşitlik geliştirmiştir. Aylık ortalama güneş radyasyonu Klein'in (1977) önerdiği her ayın ortalama değerini veren günler kullanılmıştır. Sonuçlar çeşitli mukayese metotları ile karşılaştırmıştır. Geliştirilen modellerin doğruluğunu MBE, RMSE ve t-istatistik değerlerini kullanarak test etmiştir.

Ballı vd., (2007) yaptıkları çalışmada, Türkiye nüfusunun % 33.4'ünü kapsayan İzmir, Samsun, Ankara, Van, İstanbul, Antalya ve Şanlı Urfa illeri için yatay bir

yüzeyde aylık ortalama günlük global güneş radyasyonunu (H) tahmin etmek için lineer, kuadratik ve kübik olan ampirik modeller geliştirmişlerdir. Geliştirilen modeller, MPE, MAPE, RSE, MBE, SSRE, RMSE ve R^2 istatistiksel analiz yöntemleri kullanılmıştır. Geliştirilen modellerin, incelenen bu iller ve yaklaşık benzer iklim koşullarına sahip başka yerler için oldukça iyi olan H değerlerini tahmin etmede kullanılabileceğini önermişlerdir.

Mubiru vd., (2007), Afrika'nın Ekvator bölgesinde yer alan Kampala'da (Uganda) toplam güneş radyasyonu tahmin etmek için on üç tane ampirik formül geliştirdiler. En iyi performans gösteren formülleri, rank (sıralama) yöntemi kullanılarak belirlemişlerdir. Rank işleminde MBE RMSE ve t-istatistik değerlerini kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmada aşağıda verilen sadece güneşlenme süresine $\left(\frac{S}{S_0}\right)$ bağlı olan ikinci dereceden olan modelin MBE = 8 0.004, RMSE = 1.670 ve t-ist = 0.006 istatistiksel değerler ile en yüksek ranka (sıralamaya) sahip olduğunu göstermiştir.

$$\frac{H}{H_0} = 0.288 + 0.154 \left(\frac{S}{S_0} \right) + 0.448 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (2.22)$$

Bu nedenle, Kampala (Uganda) ve benzer iklim ve araziye sahip diğer Afrika Ekvator bölgelerindeki aylık ortalama toplam güneş ışınlamının tahmini için önerilen ampirik eşitlik olduğunu göstermiştir.

Bakırcı, (2017) yaptığı çalışmada, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesinden seçilen bazı iller (Ağrı, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Hakkari, Iğdır, Malatya, Muş ve Tunceli) için yatay düzlemde günlük toplam güneş radyasyonunu tahmin etmek amacıyla eşitlik (2.23), (2.24) ve (2.25) ile verilen lineer, ikinci dereceden ve üçüncü dereceden eşitlikleri türetmiştir. Buradaki katsayılar tüm iller için ortalama değerlerdir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) alınan 1991–2005 dönemi için yatay düzlemde ölçülen veriler analiz edilmiştir. MBE, MPE, RMSE ve t-ist gibi çeşitli istatistiksel test yöntemleri kullanarak formüllerden hesaplanan ve ölçülen değerlerin karşılaştırmasını yapmış ve sonuçları yorumlamıştır.

$$\frac{H}{H_0}=0.3438+0.3224\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (2.23)$$

$$\frac{H}{H_0}=0.2816+0.5724\left(\frac{S}{S_0}\right)-0.2240\left(\frac{S}{S_0}\right)^2 \quad (2.24)$$

$$\frac{H}{H_0}=0.1425+1.498\left(\frac{S}{S_0}\right)-2.0695\left(\frac{S}{S_0}\right)^2+1.1276\left(\frac{S}{S_0}\right)^3 \quad (2.25)$$

Razmjoo vd., (2007) yaptıkları çalışmada, Kashan bölgesindeki şehirlerde (Enlem 51.27°, Boylam 33.59°, yükseklik = 982.3m, Isfahan, İran) şehri için MJ/m² biriminde yatay yüzeydeki aylık olarak güneş enerjisini, maksimum güneş enerjisini, belirli ampirik sabit katsayılarını (Angstrom eşitliğindeki a ve b katsayıları gibi) hesaplamak için Angstrom-Prescott (A-P) yöntemini ve MATLAB yazılımını kullanmışlardır. İlk olarak, Kaşan bölgesinde bulunan tüm şehirlerdeki güneş radyasyonunun ile ilgili veriler, İran'ın ulusal meteorolojisinden alınmıştır. Daha sonra, MATLAB yazılımı ile birlikte Angstrom-Prescott (A-P) yöntemi kullanılarak belirlenen alanlar için aylık radyasyon miktarını ve aylık maksimum olası radyasyon miktarını belirlemek için eşitliklerdeki sabit katsayıları hesaplamışlardır. Yatay yüzeyde aylık ortalama günlük atmosfer dışı radyasyon (MJ/ m²gün), Yatay yüzeyde aylık ortalama günlük küresel radyasyon (MJm⁻²g⁻¹) belirlenmiştir. Yaptıkları analizlerden sonra, Kaşan şehirleri için yıllık ortalama güneş radyasyonu miktarını günde 8.32 saat olarak hesaplamışlardır. Kaşan için elde edilen sabit katsayıları 0.30 ve 0.49 olarak belirlemişlerdir. Ayrıca, olası maksimum günlük ve aylık ortalama güneş enerji değerlerini 14.23 ve 9.79 (KJ/m²-gün) olarak hesaplamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre Kaşan bölgesinin yüksek bir güneş radyasyonuna ve dolayısıyla güneş enerjisi üretim potansiyeline sahip olduğunu gösterdiğini belirtmişlerdir.

Falayi vd., (2008) yaptıkları çalışmada, Nijerya'nın Iseyin bölgesi için beş yıllık (1995-1999) berraklık indeksi ($K_t = H/H_0$), günlük sıcaklık ortalaması (T), maksimum ve minimum günlük sıcaklık oranı (θ), nispi nem (RH) ve nispi güneşlenme süresini (S/S_0) içeren verilerden bir veya daha fazla bölgesindeki hava

parametrelerinin kombinasyonunu kullanarak global güneş radyasyonları arasındaki ilişkiyi tahmin etmek için Angstrom eşitliğini değiştirerek bir dizi doğrusal regresyon eşitliği (toplam 12 eşitlik) geliştirmişlerdir. Korelasyon katsayısı (r) değeri ve Ortalama Karekök Hatası (RMSE), Ortalama Bias Hatası (MBE) ve Ortalama Yüzde Hatası (MPE) değerleri kullanılarak her bir eşitliğin doğruluğunu test etmişlerdir. En yüksek r değerine ve en küçük RMSE, MPE ve MBE değerine sahip eşitlik;

$$\frac{H}{H_0} = 1.3467 + 0.5305 \left(\frac{S}{S_{\max}} \right) - 1.567(\theta) + 0.0033(RH) - 0.00806(T) \quad (2.26)$$

ile vermişlerdir. Geliştirdikleri bu modelin Nijerya'da ilgi görmekte olan güneş enerjisi uygulamaları sisteminin tasarımında ve performans tahmininde kullanılabileceğini önermişlerdir.

Mubiru ve Banda, (2008) yaptıkları çalışmada, güneşlenme süresi, maksimum sıcaklık, bulut örtüsü, enlem, boylam, yükseklik gibi verileri kullanarak Uganda'daki dört farklı yerleşim yeri (Mbarara Lira Tororo Kampala) için yatay bir yüzeyde aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımını tahmin etmek için tahmin modeli geliştirmeye çalışmışlardır. Ayrıca, güneş enerjisini tahmin etmek için yapay sinir ağları (YSA) kullanarak aşağıda verilen ikinci dereceden ampirik formül geliştirmişlerdir.

$$\frac{H}{H_0} = 0.019 + 1.291 \left(\frac{S}{S_0} \right) - 0.548 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (2.27)$$

Toplam güneş enerjisi ölçümlerini Nisan 1993 - Aralık 2005 tarihleri arasında gerçekleştirmişlerdir. Ölçülen verilerin bir kısmını YSA'nın eğitilmesinde bir kısmını da sonuçların test edilmesinde kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçlardan, ölçülen ve hesaplanan toplam güneş ışıınımının değerleri arasında iyi bir uyum olduğunu görmüşlerdir. 0.059 MJ/m² ortalama sapma hatası (MBE) ve 0.385 MJ/m² kök ortalama kare hatası (RMSE) ile 0.974 korelasyon katsayısı (R²) elde etmişlerdir. YSA ve ampirik yöntem arasındaki karşılaştırma, önerilen YSA tahmin modelinin üstünlüğünün daha yüksek olduğunu vurgulamışlardır.

Öztürk vd., (2012) yaptıkları çalışmada, Isparta ilinin yatay düzlemine gelen aylık ortalama günlük global güneş radyasyonu ve güneşlenme süresinin 11 yıllık verilerini kullanmışlardır. 2000 -2010 yılları içerisindeki veriler Devlet Meteoroloji

İşleri Genel Müdürlüğünden alınmıştır. Günlük global güneş radyasyonu (H) ve gün uzunluğu (S) değerleri 11 yıllık verilerin ortalaması hesaplanarak bulunmuştur. Aylık ortalama günlük dünyanın dış yüzeyine gelen radyasyon (H_0) ve maksimum güneşlenme süresini (S_0) hesaplanmıştır. Elde ettikleri sonuçları bazı istatistiksel hata testlerin sonucuna göre kıyaslamışlar.

Rahimia vd., (2012) yaptıkları çalışmada, Mashhad Synoptic istasyonunun 1993-2007 yılları arasındaki günlük güneş radyasyonu ve günlük güneşlenme süresi verilerini (4765 günlük veri) kullanarak Angstrom eşitlik katsayılarını belirlemek için MATLAB 2010'da kullandıkları Harmony Search (HS) Aalgoritması geliştirmişlerdir. HS algoritması, bir met-sezgisel optimizasyon algoritmasıdır (meta-heuristic optimization algorithm). Mashhad (Enlem $36^{\circ} 16' K$, Boylam $59^{\circ} 38' D$, yükseklik = 999.2m). İran İslam Cumhuriyeti Meteoroloji Örgütü'nden (IRIMIO) alınan günlük güneş radyasyonu ve güneşlenme süresi verilerini kullanmışlardır. Ayrıca tüm aylar için Angstrom eşitlik katsayılarını tahmin etmişlerdir. Verilerin % 70'ini eğitim ve kalan %30'unu ise test amacıyla kullanmışlardır. Modelin doğruluğunu ve hata değerlerini tahmin etmek için Ortalama Kare Hatası (RMSE), Ortalama Bias Hatası (MBE) ve Doğruluk indeksi (Index of agreement, d) olan üç istatistiksel parametre kullanmışlardır. Sonuçlar, HS algoritması için RMSE, MBE ve d değerlerinin sırasıyla 0.1265, -0.0280 ve 0.8323 olduğunu göstermiştir. HS yönteminde Mashhad istasyonu için Angstrom katsayılarının a ve b katsayı değerlerini sırasıyla 0.2657 ve 0.4743 olarak belirlemişlerdir. Bu yöntemde korelasyon (R) değerini 0.9047 olarak elde etmişlerdir. İstatistiksel testlere göre, tüm belirli aylık eşitlikler çok iyi sonuçlar verdiğini ve RMSE, d ve MBE değerleri kabul edilebilir aralıklarda olduğunu göstermişlerdir. Bu modelin aylık, mevsimsel ve yıllık Angstrom-PreScott katsayıları arasındaki farklar bu modelin uygulanmasının veya her ay için ayrı ayrı kullanılması gerektiğini göstermişlerdir.

Gana ve Akpootu, (2013) yaptıkları çalışmada, Nijerya'nın Kuzey-Doğusunda bulunan altı bölge (Bauchi, Dutse, Ibitaraba, Maiduguri, Nguru ve Yola) için on beş yıl boyunca yatay yüzeylerde alınan küresel güneş radyasyonu ve güneşlenme süreleri analiz etmişlerdir. Bu bölgelerin her hangi birindeki güneş radyasyonu üretebilen lineer regresyon modelini kurmak için Angstrom tipi korelasyon için bir dizi sabit parametreler elde etmişlerdir. Çalışmada, altı meteorolojik istasyonun her biri için ilgili Angstrom lineer regresyon modelleri geliştirilmiştir. Ayrıca,

çalışmalarında güneşlenme süresi verilerini (1990-2005) kullanılarak yıllık ortalama küresel güneş radyasyonunu tahmin etmek için birinci, ikinci ve üçüncü dereceden üç model de elde etmişlerdir. Genel olarak, Kuzey Doğu Nijerya'da güneş ışığına dayalı bu üç model, doğrusal Angstrom-Prescott tarafından verilen model ile $R^2 = \%99.74$ ile belirleme katsayıları açısından iyi performans gösterdiği, Ogelman ve diğerleri tarafından (1984) verilen model ile $R^2 = \%99.89$ ve Samuel (1991) modeli ile $R^2 = \%99.93$ ile en iyi şekilde tahmin edilmiştir. Hesaplanan global güneş radyasyonu, güneş ışığına dayalı üç modelle iyi bir uyum içinde olduğunu görmüşlerdir. Modellerin doğruluğunun hassasiyetini görmek için istatistiksel anlamlılık performansını test etmek için, ortalama bias hatası (MBE), ortalama karekök hatası (RMSE), ortalama yüzde hatası (MPE) ve t-ist istatistiksel hata değerlerini kullanmışlardır. Sonuçların hem % 95 hem de % 99 güven düzeyinde oldukça iyi düzeyde anlamlılık bulunduğunu göstermişlerdir. Belirleme katsayısının sonuçları, hesaplanan parlaklık indeksi ve bağıl güneşlenme süresinin mükemmel veriler gösterdiğini göstermektedir.

Namrata vd., (2013) yaptıkları çalışmada, farklı deneysel modellerin yardımıyla, tropikal bir bölge olan Ranchi ($23^{\circ}.35K$, $85^{\circ}.33D$, Jharkhand, Hindistan) için aylık ortalama küresel güneş ışıınının değerini tahmini için Angstrom (1924), Prescott (1940), Rietveld (1978), Ogelman ve Ecevit (1984), Akinoglu ve Ecevit (1990) , Glover (1958) ve Gopinathan (1988) tarafından önerilen lineer (doğrusal) ve ikinci dereceden farklı modeller kullanmışlardır. MATLAB'de hesaplanan ve ölçülen verilerin simülasyonunu yapmışlardır. Yaptıkları karşılaştırmalarda, ikinci dereceden modellerin genel olarak daha doğru olduğunu, ancak Angstrom-Prescott modeli de ayların çoğu için daha iyi varyans gösterdiğini gözlemlemişlerdir.

Ouali vd., (2014) Bejaia (Cezayir) sahası için Oregon Bilimsel Meteoroloji istasyonundan elde edilen meteorolojik parametrelere (güneşlenme süresi, ortam sıcaklığı, hava basıncı, bağıl nem ve yağış) dayalı küresel güneş radyasyonunu modellemek için, her sekiz dakikada bir güneş ışıınının ve meteorolojik parametrelerin kaydedilmesiyle 100.000'den fazla veri örneği yararlanmışlardır. Dört yıllık dönemde (2010-2013) ölçülen Güneş enerjisi değerleri Data logger TARCOM kullanılarak kaydedilmiştir. Güneşli saatler, güneş ışıınının 120 W/m^2 'den büyük olduğu zamanlar olarak kullanmışlardır. Farklı kombinasyonlarda kullanılan bu beş meteorolojik parametrenin çoklu lineer regresyon analizi, küresel güneş

radyasyonunu tahmin etmek için 100'lerce farklı ilişki vermiştir. 2, 3, 4 ve 5 parametrelili modelleri test etmek için günlük ortalamalar kullanmışlar ve en yüksek korelasyon katsayısı ile ilişkisini seçmişlerdir. Modeli oluşturmak için verilerin üçte ikisi ve modelin doğrulunu test etmek için üçte birini kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçların performansını literatürde verilen dört modelle (Angstrom-Prescott, Bahel, Newland ve Abdalla) ve çeşitli istatistiksel test hataları (MBE, MPE ve RMSE) formülleriyle karşılaştırmışlardır. Angstrom-Prescott modeli için katsayıları $a = 0,00801589$; $b = 0.7092$ olarak, Bahel model için katsayıları $a = 0.16$, $b = 0.87$, $c = -0.16$, $d = 0.34$ olarak, Newland katsayıları $a = 0.34$, $b = -0.4$, $c = 0.17$ ve Abdalla model için katsayıları $a = 0.5289$, $b = 0.459$, $c = 0.4073$, $d = -6.481 \times 10^{-3}$ olarak belirlemişlerdir. Korelasyon katsayısı değerleri iki değişkenli ilişkiler için % 0.86, beş değişkenli ilişkiler için % 0.96 arasında değiştiğini vermişlerdir. Ortalama sapma hatası ($MBE = 0.1722 \text{ M/m}^2\text{g}^{-1}$), ortalama karekök hata ($RMSE = 2.0317 \text{ MJm}^2\text{g}^{-1}$) ve ayrıca ortalama hata yüzdesi ($MPE = 2.198$) değerlerde olduğunu ve bunların da kabul edilebilir aralıklarda olduklarını ve bu değerlerin de Bejaia'daki global güneş radyasyonu yoğunluğunu tahmin etmek için bu modeli kullanmanın geçerliliğini gösterdiğini belirtmişlerdir.

Kallioğlu vd., (2017) Adıyaman ilinin global güneş ışıınımını incelemek beş farklı model (M1-M5) geliştirilmiştir.

$$M1: \quad \frac{H}{H_0} = 0.1561 + 0.5236 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (2.28)$$

$$M2: \quad \frac{H}{H_0} = -0.3164 + 2.0327 \left(\frac{S}{S_0} \right) - 0.1463 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (2.29)$$

$$M3: \quad \frac{H}{H_0} = 0.6516 + 0.3392 \ln \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (2.30)$$

$$M4: \quad \frac{H}{H_0} = 0.678 \left(\frac{S}{S_0} \right)^{0.7151} \quad (2.31)$$

$$M5: \frac{H}{H_0} = 0.2393 \exp^{1.0989 \left(\frac{S}{S_0} \right)} \quad (2.32)$$

Sonuçların doğruluğunu karşılaştırırken e, R^2 , MPE, MAPE, SSRE, RSE, MBE, RMSE ve t- t-sat istatistiksel yöntemlerini kullanmıştır.

Soulouknga vd., (2017) Sahelian (Çad) bölgesinden seçtikleri altı istasyon (Bokoro, Mongo, Abeche, N'Djamena, Ati ve Moussoro) için küresel güneş radyasyonunun yatay düzeyde değerlendirilmesi konusunda bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, Angstrom-Prescott, Allen ve Sabbagh matematiksel modellerini kullanmışlardır. Hesaplamalarını yaparken MATLAB ve Excel kullanmışlardır. Modellerin seçiminde, bölgenin dikkate alınan iklim özelliklerin büyük ölçüde göz önüne alınmıştır. Modellerin doğruluğu MPE, NSE, RMSE ve MBE istatistiksel yöntemler kullanılarak değerlendirmişlerdir. Modelleme sonucunda, Angstrom-Prescott modelinin 5.887 kWh/m^2 değerleriyle Mongo bölgelerindeki küresel güneş radyasyonunun hesaplanması için en uygun model olduğunu görmüşlerdir. Bokoro bölgesi için, Allen modeli, (5.872 kWh/m^2) küresel güneş radyasyonunun hesaplanması için en çok uyarlanan modeldir. Sabbagh modelinin ise Abeche (6.354 kWh/m^2), N'Djamena (5.742 kWh/m^2), Ati (5.523 kWh/m^2) ve Moussoro (6.126 kWh/m^2) sahaları en uygun model olduğunu görmüşlerdir. Elde ettikleri sonuçlardan, Çad'ın Sahel bölgesinin iyi bir güneş potansiyeline sahip olduğunu ve dolayısıyla güneş enerjisi sistemlerinin işletilmesi için uygun olduğunu göstermektedir. Ortalama küresel maksimum güneş radyasyonu Abeche'de (6.354 kWh/m^2), en düşük ortalama ise Ati'de (5.523 kWh/m^2) kaydetmişlerdir. Maksimum atmosfer dışı güneş radyasyonunun ortalaması N'Djamena'da (8.936 kWh/m^2) ve minimum Abeche'de (8.723 kWh/m^2) kaydedilir. Elde edilen sonuçlardan, Angstrom-Prescott modelinin -1.8291 hatası ile Mongo şehri için uygun olduğunu göstermektedir. Allen modelinin Bokoro şehri için uygun görüldüğünü (% 1.1811) belirtmişlerdir. Sabbagh modeli ise Abeche (hata % 3.7042), N'Djamena (hata % -0.3477), Ati (hata % 0.3564) ve Moussoro (hata % 3.4003) şehirleri için en uygun olduğunu görmüşlerdir.

Keawsang vd., (2018) yaptıkları çalışmada, Tayland'daki 11 meteoroloji istasyonundaki güneş radyasyonunu tahmin etmek için Angstrom-Prescott modelini kullanmışlardır. Bangkok istasyonunda gözlemlenen güneşlenme saatleri ve güneş

radasyonu 1995 yılından bu yana toplanmış ve çalışmada 20 yıl (1995-2014) için analiz etmişlerdir. Bu araştırmada en küçük kareler modeli kullanılarak ampirik katsayıları (a ve b) belirlemişlerdir. Hesaplanan değerler ölçülen değerlerle karşılaştırılarak RMSE ve R^2 gibi istatistiksel değerlere bakılarak güneş radyasyonu tahmini için en iyi model belirlenmiştir. Tayland genelindeki ampirik katsayılar, coğrafi bilgi sistemi (CBS) kullanılarak enterpolasyona tabi tutulmuştur. Bu teknik, Tayland'daki her bölgedeki güneş radyasyonunun tahmini için hesaplanabilir olduğu vurgulanmıştır. Bu istasyonları için ampirik "a" katsayısı sırasıyla 0.468, 0.448, 0.525, 0.282, 0.442, 0.452, 0.503, 0.386, 0.385, 0.395 ve 0.311 olarak ve "b" katsayısı ise sırasıyla 0.282, 0.313, 0.239, 0.387, 0.275, 0.302, 0.296, 0.398, 0.357, 0.415 ve 0.377 olarak belirlenmiştir. Güneş radyasyonunun RMSE'si yaklaşık 3 $MJm^{-2}gün^{-1}$ olduğunu bulmuşlardır. Korelasyonun 0.6-0.7 aralığında olduğunu bulmuşlar ve bu tahminin güneş radyasyonu yeteneğinin gözlemle iyi bir ilişkisi olduğunu gösterdiğini görmüşlerdir. Keawsang ve arkadaşlarının (2018) yaptıkları bu çalışma, Tayland'daki güneş radyasyonunu tahmin etmek için veri setlerinde güneşlenme saatlerinin veri setlerini kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Anis vd., (2019) yaptıkları çalışmada, literatürden elde ettikleri toplam 104 model kullanarak Hindistan'daki ortalama aylık toplam güneş radyasyonunu tahmin etmişlerdir. Meteorolojik veri olarak Hindistan Meteoroloji bölümünden aldıkları 15 yıllık bir dönem için (1986-2000) veri kullanmışlar, Pune'den yirmi üç yerleşim yeri için kullanmışlardır. Literatür seçilen tüm modeller (M1-M104) için karşılaştırma yaparak aşağıda verilen kendilerine ait birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü dereceden, logaritmik, exponansiyel ve üstel fonksiyonlar olmak üzere toplam yedi farklı (T1-T7) model geliştirmişlerdir. Tüm modellerin karşılaştırması ve performans değerlendirmeleri için iyi bilinen bazı istatistiksel göstergeler kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçların karşılaştırılması sonucuna göre Global Performans göstergesi -7.2627 ile 0.9065 arasında değerler aldığını görmüşlerdir. MBE değerinin seçilen modeller için elde edilen -10.6650 (M17) ile 14.5929 (M93) aralığında ve geliştirdikleri modeller için ise -0.0853 (T6) ile 0.0423 (T5) arasında olduğunu bulmuşlardır. MBE açısından T4 modelinden elde edilen 0.0001 $MJ/m^2-gün$ değeri sıfıra en yakın bulunmuştur. Bu nedenle MBE'ye dayalı en iyi model T4 model olduğunu görmüşlerdir. Benzer şekilde, T4 modeli, MAE = 1.3800 $MJ/m^2-gün$, RMSE = 1.7925 $MJ/m^2-gün$, U95 = 4.9684 $MJ/m^2-gün$, RRMSE = 0.0352, MARE =

0.0807 ve t-ist = 0.0011 istatistiksel göstergeleri için anlamlı değerlere (sıfıra en yakın) sahiptir. Ayrıca, T4 modeli için korelasyon katsayısı (R) değeri en yüksek 0.8596 olarak bulunmuştur.

$$T1: \quad \frac{H}{H_0} = 0.203 + 0.4836 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (2.33)$$

$$T2: \quad \frac{H}{H_0} = 0.4114 - 0.2163 \left(\frac{S}{S_0} \right) + 0.5469 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (2.34)$$

$$T3: \quad \frac{H}{H_0} = 0.6949 - 1.8976 \left(\frac{S}{S_0} \right) + 3.5126 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 - 1.6201 \left(\frac{S}{S_0} \right)^3 \quad (2.35)$$

$$T4: \quad \begin{aligned} \frac{H}{H_0} = & -0.0877 + 4.338 \left(\frac{S}{S_0} \right) - 13.487 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \\ & + 17.7210 \left(\frac{S}{S_0} \right)^3 - 7.8622 \left(\frac{S}{S_0} \right)^4 \end{aligned} \quad (2.36)$$

$$T5: \quad \frac{H}{H_0} = 0.6433 + 0.257 \ln \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (2.37)$$

$$T6: \quad \frac{H}{H_0} = 0.277 e^{0.9324 \left(\frac{S}{S_0} \right)} \quad (2.38)$$

$$T7: \quad \frac{H}{H_0} = 0.6499 + \left(\frac{S}{S_0} \right)^{0.5013} \quad (2.39)$$

Şahan ve Emrahoğlu, (2021) yaptıkları çalışmada, 8-48 Model Black&White pironometresi kullanılarak 2014-2020 yılları arasında Osmaniye’de toplam ışıınımı ölçmüşlerdir. Elde ettikleri sonuçları kullanarak Angstrom tipi yarı ampirik formüller yardımıyla Osmaniye için güneş enerjisini tahmin etmeye çalışmışlardır. Bunun için güneşlenme süresine, maksimum ve minimum sıcaklığa, denklinasyon açısına ve enlem açısına bağlı aşağıda verilen yedi tane ampirik model (M1-M7) geliştirmişlerdir. Modellerden elde ettikleri güneş enerjisi sonuçlarını Osmaniye için

ölçtükleri ortalama sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Karşılaştırmalarda R^2 , RMSE, MBE, MAPE, MPE, MARE ve MAE istatistiksel yöntemleri kullanılarak modellerin performanslarını ölçmüşlerdir. Ayrıca, aylık olarak ortalama berraklık indekslerini ($K_T = H/H_0$) ölçmüşlerdir. Buna göre hangi modelin daha iyi olduğuna karar vermişlerdir. Sonuç olarak MBE, MPE, MAPE, MARE ve MAE için en iyi performans göstergesinin M5 ile temsil edilen model olduğuna karar vermişlerdir.

$$M1: \quad \frac{H_{M1}}{H_0} = 0.199 + 0.856 \left(\frac{S}{S_0} \right) + 0.021 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 - 0.362 \left(\frac{S}{S_0} \right)^3 \quad (2.40)$$

$$M2: \quad \frac{H_{M2}}{H_0} = 0.4446 + 0.265 \left(\frac{S}{S_0} \right) + 0.086 \sin^2(\delta) \quad (2.41)$$

$$M3: \quad \frac{H_{M3}}{H_0} = 0.486 + 0.073 \left(\frac{S}{S_0} \right) + 0.003T \quad (2.42)$$

$$M4: \quad \frac{H_{M4}}{H_0} = 0.157 + 0.426 \left(\frac{S}{S_0} \right) + 0.343 \cos^2(\phi) \quad (2.43)$$

$$M5: \quad \frac{H_{M5}}{H_0} = 0.443 + 0.127 \left(\frac{S}{S_0} \right) + 0.278 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 + 0.011 \left(\frac{T_{\max}}{T_{\min}} \right) \quad (2.44)$$

$$M6: \quad \frac{H_{M6}}{H_0} = 0.138 + 0.275 \left(\frac{S}{S_0} \right) + 0.026 (T_{\max} - T_{\min}) \quad (2.45)$$

$$M7: \quad \frac{H_{M7}}{H_0} = 0.213 + 0.003T + 0.026 (T_{\max} - T_{\min}) \quad (2.46)$$

Şahan, (2021) yaptığı çalışmada, Gaziantep (37°.06 K, 37°.35 D, 750m), Antakya (36°.15 K, 36°.08 D, 100 m) ve Kahramanmaraş (37°.35 K, 36°.55 D, 572 m) bölgeleri için güneş enerjisini tahmin etmek için yapay sinir ağları ve Angstrom-Prescott tipi yarı ampirik formüller kullanmışlardır. Angstrom-Prescott tipi yarı ampirik formüllerde güneşlenme süresi, sıcaklık, denklasyon açısı ve bağıl nem

verileri kullanılmış ve Çizelge 2.1’de verilen beş adet model (H_{M1}-H_{M5}) geliştirmiştir.

Çizelge 2.1. Gaziantep, Antakya ve Kahramanmaraş bölgeleri için geliştirilen Angstrom tipi yarı ampirik formüller

Model	Eşitlikler	Katsayılar		
		Gaziantep	Antakya	Kahramanmaraş
H_{M1}	$\frac{H}{H_0} = a + b\left(\frac{S}{S_0}\right)$	$\underline{a=0.23172}$ $\underline{b=0.3483}$	$\underline{a=0.176}$ $\underline{b=0.382}$	$\underline{a=0.258}$ $\underline{b=0.470}$
H_{M2}	$\frac{H_{M1}}{H_0} = a + b\left(\frac{S}{S_0}\right) + c\left(\frac{S}{S_0}\right)^2$	$\underline{a=0.15}$ $\underline{b=0.62}$ $\underline{c=-0.23}$	$\underline{a=0.229}$ $\underline{b=0.454}$ $\underline{c=-0.212}$	$\underline{a=0.192}$ $\underline{b=0.686}$ $\underline{c=-0.18}$
H_{M3}	$\frac{H_{M1}}{H_0} = a + b\left(\frac{S}{S_0}\right) + c\left(\frac{S}{S_0}\right)^2 + d\left(\frac{S}{S_0}\right)^3$	$\underline{a=0.05}$ $\underline{b=0.753}$ $\underline{c=0.0045}$ $\underline{d=-0.29}$	$\underline{a=0.12}$ $\underline{b=0.58}$ $\underline{c=-0.0024}$ $\underline{d=-0.21}$	$\underline{a=0.13}$ $\underline{b=0.77}$ $\underline{c=-0.0038}$ $\underline{d=-0.25}$
H_{M4}	$\frac{H}{H_0} = a + b\left(\frac{S}{S_0}\right) + d \sin \delta + eT$	$\underline{a=0.33}$ $\underline{b=0.56}$ $\underline{d=0.55}$ $\underline{e=-1.5 \times 10^{-3}}$	$\underline{a=0.299}$ $\underline{b=0.522}$ $\underline{d=0.453}$ $\underline{e=-1.75 \times 10^{-3}}$	$\underline{a=0.43}$ $\underline{b=0.57}$ $\underline{d=0.54}$ $\underline{e=1.4 \times 10^{-3}}$
H_{M5}	$\frac{H}{H_0} = a + b\left(\frac{S}{S_0}\right) + fBN$	$\underline{a=0.472}$ $\underline{b=0.256}$ $\underline{f=0.0032}$	$\underline{a=0.740}$ $\underline{b=0.156}$ $\underline{f=0.0072}$	$\underline{a=0.376}$ $\underline{b=0.4214}$ $\underline{f=-0.0015}$

Angstrom-Prescott tipi yarı ampirik formüllerden elde ettikleri toplam güneş enerjisi değerlerinin doğruluğunu MGM’den elde edilen ölçülmüş değerler karşılaştırmış ve performanslarını R², RMSE, MAPE ve MSE istatistiksel yöntemlerle ölçmüşlerdir. Buna göre Gaziantep, Antakya ve Kahramanmaraş için R² değerleri sırasıyla 0.990, 0.997 ve 0.997 olarak, RMSE değerleri sırasıyla 0.586, 0.287 ve 0.414 olarak, MAPE değerleri sırasıyla 4.105, 2.584 ve 2.445 olarak ve MSE değerleri de sırasıyla 0.343, 0.083 ve 0.171 olarak belirlenmiştir. Yapılan karşılaştırma sonuçlarına göre

Gaziantep ve Kahramanmaraş için en iyi performansı M3, modelinin, Antakya için ise en iyi performansı M5 modelinin gösterdiğini belirtmiştir.



3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 Malzeme

Güneş enerjisi, alternatif enerji kaynakları arasında en önemlilerinden biridir. Güneş enerjisi teknolojileri temiz, yenilenebilir ve yerli bir enerji kaynağı sunmakta ve sürdürülebilir bir enerji geleceğinin temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Global güneş enerjisi (toplam ışıınım) miktarı ve dağılımı, güneş enerjisi kullanımı için birincil değişkendir. Güneş enerjisi araştırma programının geliştirilmesi için öncelikle her zaman ilgilenilen yer veya bölgedeki güneş ışıınımı verilerinin incelenmesi önem arz etmektedir.

Belirli bir coğrafik konumdaki her hangi bir bölge için güneş ışıınımı dağılımı hakkında bilgi sahibi olunması o bölgede kurulacak olan güneş enerji sistemleri için hayati öneme sahiptir. Ne yazık ki, bu parametrelerin ölçümü, özellikle gelişmekte olan ülkelerde hem tarihsel hem de ekonomik nedenlerle sadece birkaç meteoroloji istasyonunda yapılmaktadır. Gelişmekte olan birçok ülke için güneş ışıınımı ölçümleri, gerekli ölçüm ekipmanlarının yetersizliği ya da pahalılığı nedeniyle kolayca elde edilememektedir. Bu nedenle, gerekli meteorolojik ve coğrafik verilere dayalı olarak güneş ışıınımını tahmin etmek için belirli yöntemler geliştirmek oldukça önemlidir (Chegaar ve Chibani 2000). Bu amaçla, bir çok araştırmacı tarafından, her hangi bir yerleşim yeri için uzun yıllar boyunca çeşitli parametreler kullanılarak güneş ışıınımı miktarını tahmin etmek amacıyla birçok Angstrom tipi ampirik model önerilmiştir. Araştırmacılar, modellerinde başta güneşlenme süresi olmak üzere bulutluluğu, bağıl nemi ve maksimum ve minimum sıcaklığı, yağmurlu gün sayısını, enlem ve yüksekliğe bağılı olan faktörleri kullanmışlardır (Angstrom, 1924; Prescott, 1940; Rietveld, 1978; Benson vd., 1984; Bristow ve Campbell, 1984; Ogelman vd., 1984; Akınoglu ve Ecevit, 1990; De Jong ve Stewart, 1993; Chegaar ve Chibani, 2000; Almorox ve Hontoria, 2004; Jin vd., 2005; Ballı vd., 2007; Mubiru vd., 2007; Gana ve Akpootu, 2013; Şahan ve Okur, 2016; Şahan, 2021; Şahan ve Emrahoğlu, 2021).

Bu tez çalışmasında, Türkiye'nin Doğu ve Güney Doğu Anadolu bölgelerinden seçilen bazı meteoroloji istasyonlarındaki (Gaziantep, Adıyaman, Kilis, Şanlı Urfa, Batman, Siirt, Tunceli, Mardin, Bingöl, Elazığ ve Diyarbakır) aylık ortalama güneş ışıınımı şiddetini tahmin etmek için Angstrom-Prescott tipi yarı ampirik formüller

geliştirilmiştir. Hesaplamalarda Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) alınan aylık ortalama güneş ışıınımı, güneşlenme süresi, bağıl nemi, ortalama sıcaklık, minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık ve enleme gibi meteorolojik ve coğrafik verileri kullanılmıştır.

3.1.1 Güneş

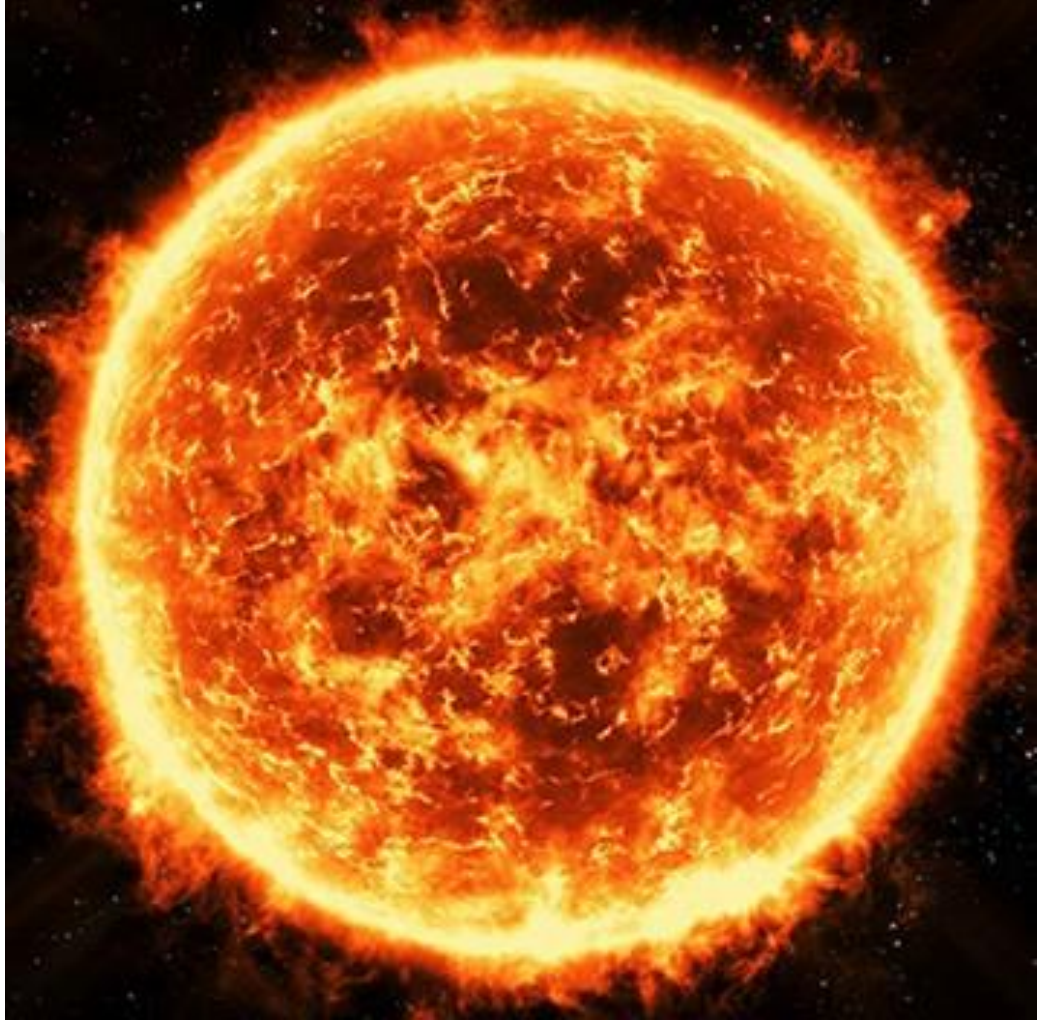
Dünyamızdan milyonlarca km uzaklıkta olan ve tüm canlılar için ısı, ışık ve yaşam kaynağı olan güneş, yaydığı güneş radyasyonu ile yeryüzündeki doğal enerjisinin büyük bir çoğunluğunu oluşturmaktadır. Dünyanın çapının yaklaşık 10^9 katına (1.3 milyon km) sahip olan güneşin iç yapısında çok yoğun gazlar bulunmaktadır. Kütlesinin yaklaşık %74'ü hidrojen (H), %25'i helyum (He) ve diğer kalan %1'lik kısmı ise ağır elementlerden (Fe, Cr, O, Si, S, C, Ni, Ne, Ca, ve Mg) oluşmaktadır. Merkezi sıcaklığı 15.6×10^6 °C olan Güneş'in yaklaşık 4.5 milyar yıl önce oluştuğu ve Wien Yasasına göre ($\lambda_{\max} T = 2.89 (mK)$) yüzey sıcaklığı yaklaşık 5700 K olan bir kara cisim ışıması yapan ve yüzeyi sarı renkli olan genç bir yıldız olduğu bilinmektedir (Şekil 3.1). Güneşin yüzeyinden çıkan ışık ($c = 300000$ km/s) yaklaşık 8.33 dakika sonra yeryüzüne ulaşmaktadır.

Güneşin çekirdeğinde dört tane hidrojen (H) atomunun bir tane helyum (He) atomuna dönüştüğü bir takım füzyon reaksiyonları gerçekleşmektedir ($4H_1^1 \rightarrow 1He_2^4 + E$). Bu reaksiyonlar sonucu gerçekleşen kütle farkı, ısı enerjisi yoluyla uzaya yayılır. Güneş saniyede 10^{-38} füzyon reaksiyonuna uğrayarak bu yüksek enerjiyi ortaya çıkartır.

Güneş, tükenmeyen, temiz ve gerçekleşen füzyon olayları sonucu sürekli kendi enerjisini yenileyebilen enerji kaynağıdır. Güneşin toplam yüzeyinden birim zamanda yaklaşık 4×10^{26} W değerindeki bir enerji tüm uzaya yayılmakta ve enerjinin çok az miktarı dünya atmosferinin dışına ulaşmaktadır. Atmosferin birim yüzeye ulaşan enerji yılın günlerine bağılı olarak 1310 W/m^2 ile 1420 W/m^2 (ortalama 1367 W/m^2) arasında değişmektedir. Bu ortalama 1367 W/m^2 değeri güneş sabiti olarak adlandırılır (Iqbal, 1983; Duffie ve Beckman, 2013; Kalogirou, 2014).

Atmosfer dışına gelen güneş enerjisinin atmosferde soğrulma ve saçılmalar sonucu oldukça az miktarı yeryüzüne ulaşır. Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi, yılın günlerine ve yerleşim yerinin coğrafik konumuna göre farklılık gösterir. Özellikle, ekvator

bölgesinde -40° (güney) ile $+40^{\circ}$ (kuzey) arasında kalan kısımda yer alan Afrika, Orta Doğu, Güney Amerika ve Avusturalya gibi bölgeler güneş enerjisi bakımından en zengin ülkelerdir. Türkiye de güneş enerjisi bakımından orta zenginliktedir. Özellikle, Türkiye'nin güney bölgelerindeki yerleşim yerleri güneş enerjisi bakımından oldukça iyi konumdadır.



Şekil 3.1 Güneş

3.1.2 Angstrom Tipi Eşitlikler Kullanılarak Yatay Yüzeye Gelen Toplam Güneş Işınımı Hesaplanması

Güneş ışıınım ölçüm sistemlerinin yokluğunda, bölgenin mevcut güneşlenme süresi verilerinden yararlanarak güneş enerjisinin tahmin edilmesi mümkündür. Güneşten gelen radyasyon ile güneşlenme süresi arasında lineer bir korelasyon olduğunu ilk kez Angstrom (1924) tarafından önerilmiştir. Daha sonra, literatürde pek çok ülkede araştırmacılar ilgili bölgeye ait meteorolojik ve coğrafik parametreleri (güneşlenme süresi, sıcaklık, bağıl nem, deklinasyon açısı, enlem, boylam gibi) kullanarak global güneş ışıınımını tahmin etmek için pek çok lineer model geliştirilmiştir (Angstrom, 1924; Prescott, 1940; Glover ve McGulloch, 1958; Page, 1964; Rietveld, 1978; Bristow ve Campbell, 1984; Ogelman vd., 1984; Akinoglu ve Ecevit, 1990; De Jong ve Stewart, 1993; Almorox ve Hontoria, 2004; Benson vd., 1984; Jin vd., 2005; Ballı vd., 2007; Mubiru vd., 2007; Gana ve Akpootu, 2013). Araştırmacılar, toplam güneş ışıınımını tahmin etmek için Angstrom tipi regresyon modelinin oldukça iyi uygulanabilir olduğunu belirlemiştir.

Angstrom (1924), güneşlenme süresine bağılı olarak birim yüzeye gelen güneş enerjisinin belirlemesi için,

$$\frac{H}{H_0} = a + b\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (3.1)$$

ile verilen bir model önermiştir. Burada H, yer yüzünde her hangi bir yatay düzleme gelen aylık olarak ortalama toplam güneş radyasyonu ($\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) ve H_0 ise atmosfer dışına (extraterrestrial) birim yüzeye gelen aylık ortalama güneş ışıınımıdır ($\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) (Duffie ve Beckman, 2013).

H/H_0 güneşlenme süresinin (S) ve olası gün uzunluğuna (S_0) oranına (S/S_0) bağılıdır. Burada a ve b değerleri Angstrom katsayıları olarak bilinir. Bu çalışmada kullanılan saat cinsinden ölçülen güneşlenme süresi (S) verileri MGM'nin web sayfasından alınmıştır.

Atmosfer dışına gelen güneş ışıınımı (H_0) Çizelge (3.1)'de verilen gün sayılarının

$$H_0 = \frac{24 \cdot 3600 \cdot I_{sc}}{\pi} \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360n}{365} \right) \right] \cdot \left[\cos \phi \cos \delta \sin w_s + \frac{\pi w_s}{180} \sin \phi \sin \delta \right] \quad (3.2)$$

eşitliğinde kullanılarak hesaplanır. Burada, “ I_{sc} ” güneş sabitidir (1367 W/m^2), “ n ”, 1 Ocak ile 31 Aralık arasındaki yılın günleridir. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi “ ϕ ” ölçüm yapılan yerin enlemi (derece), δ deklinasyon açısı (dünyanın eğiklik açısı) (derece), ω_s güneşin doğuş/batış saat açısıdır (derece) (Klein, 1977; Iqbal, 1983; Duffie ve Beckman, 2013; Kalogirou, 2014; Goswami, 2015).

Eşitlik 3.2’de verilen “ δ ” deklinasyon açısı ve ω_s saat açısı değerleri sırasıyla,

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{360(284 + n)}{365} \right] \quad (3.3)$$

$$w_s = \cos^{-1} [-\tan(\delta) \tan(\phi)] \quad (3.4)$$

eşitlikleriyle hesaplanmaktadır. “ δ ” deklinasyon açısı sadece yılın günlerine ($n = 1, 2, 3, \dots, 365$) bağlı olarak değişmekte ve Çizelge 3.1’de verilen gün sayılarını kullanarak hesaplanmaktadır. Çizelge 3.1’de her ay için yılın ortalama günlerini kullanarak hesaplanan deklinasyon açıları verilmektedir (Iqbal, 1983; Duffie ve Beckman, 2013).

Çizelge 3.1. Aylar için önerilen ortalama günler ve aylara göre n değerleri (Duffie ve Beckman, 2013)

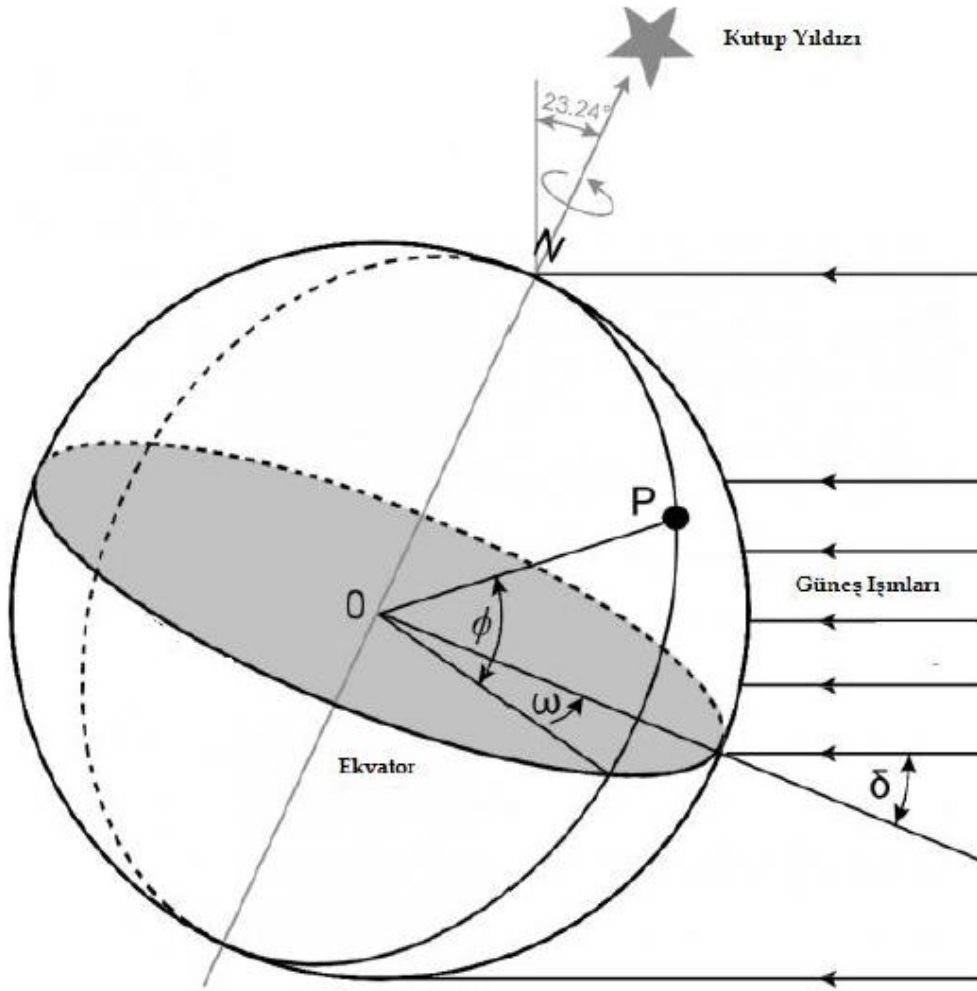
Aylar	Ayın i.inci günü için n	Ayın ortalama günleri için		
		Tarih	n	δ
Ocak	i	17	17	-20.9
Şubat	31 + i	16	47	-13
Mart	59 + i	16	75	-2.4
Nisan	90 + i	15	105	9.4
Mayıs	120 + i	15	135	18.8
Haziran	151 + i	11	162	23.1
Temmuz	181 + i	17	198	21.2
Ağustos	212 + i	16	228	13.5
Eylül	243 + i	15	258	2.2
Ekim	273 + i	15	288	-9.6
Kasım	304 + i	14	318	-18.9
Aralık	334 + i	10	344	-23

ω_s güneşin doğuş/batış saat açısı ise ölçüm yapılan bölgenin enlemine ve deklinasyon açısına dolayısıyla yılın günlerine bağlıdır.

Aylık ortalama gün uzunluğu (S_0) (saat/gün) Eşitlik 3.4 ile verilen saat açısı (ω_s) cinsinden

$$S_0 = \frac{2}{15} \omega_s \quad (3.5)$$

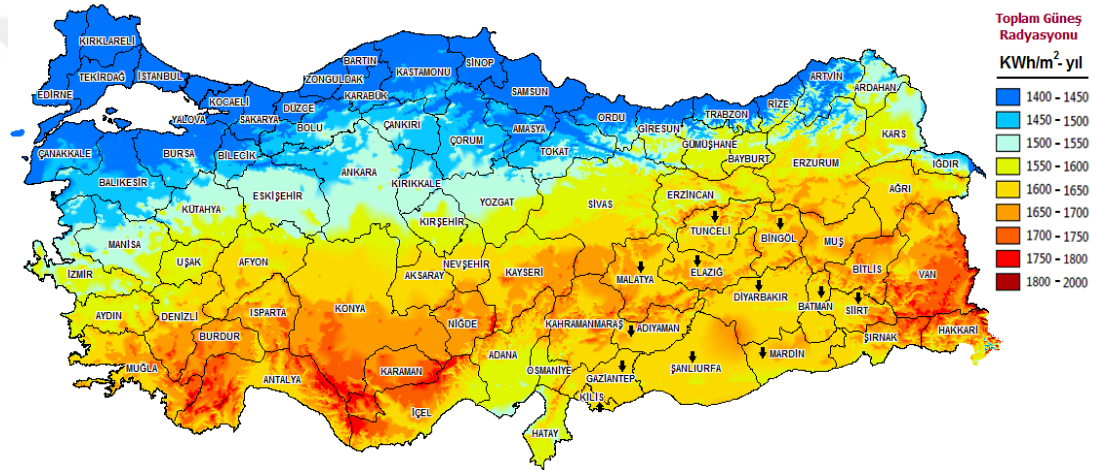
eşitliği ile hesaplanır (Howell vd., 1982; Iqbal, 1983; Duffie ve Beckman, 2013).



Şekil 3.2. Enlem (ϕ), güneşin doğuş/batış saat açısı (ω) ve güneş deklinasyon açısı

3.2 Yöntem

Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığının resmi web sitesinden alınan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) Şekil 3.3’de verilmiştir. Türkiye’nin Dünya üzerindeki konumu 36°.0- 42°.0 arası kuzey enleminde ve 26°.0 - 45°.0 arası doğu boylamında bulunmaktadır. Şekil 3.3’den de görüldüğü gibi Türkiye’nin Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri güneş enerjisi potansiyeli bakımından diğer gölgelere göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Çizelge 3.2’de belirtilen on bir il GEPA haritası üzerinde işaretlenmiştir.



Şekil 3.3. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)²

Bu tez çalışmasında, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinden seçilen on bir yerleşim yerinin (Gaziantep, Adıyaman, Kilis, Şanlı Urfa, Batman, Siirt, Tunceli, Mardin, Bingöl, Elazığ, Diyarbakır) farklı iklim ve coğrafik koşullarına sahip illerdeki aylık ortalama toplam güneş radyasyonunun şiddetinin tahmin edilmesi için Angstrom-Prescott tipi yarı ampirik formüller kullanılmıştır.

Seçilen illere ait uzun yıllar (1985-2020) boyunca ölçülen toplam güneş enerjisi, güneşlenme süresi, maksimum, ortalama ve minimum hava sıcaklığı, bağıl (nispi) nem, enlem ve boylam gibi meteorolojik ve coğrafik veriler MGM’nden alınmıştır. Seçilen yerleşim yerleri bu yerleşim yerlerine ait meteorolojik verilerin alındığı

² <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/>

meteoroloji istasyonlarının istasyon adı, istasyon kodları, istasyonların coğrafik enlem ve boylam değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

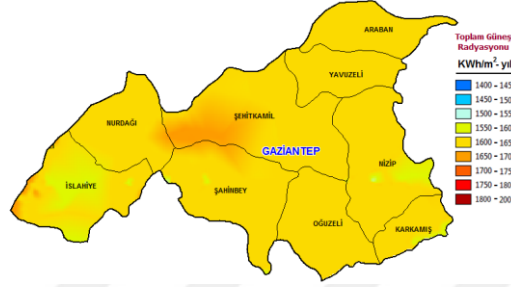
Şekil 3.3’de verilen Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) üzerinde hangi illere ait güneş enerjisi verisine ulaşmak isteniyorsa, o ilin üzerine çift tıklayarak o ile ait güneş enerjisi haritasına, aylara göre saatlik olarak ortalama günlük güneş enerjisi (KW-h/m²-gün) grafiğine ve aylara göre ortalama güneşlenme süresi (saat) grafiğine ulaşılmaktadır. Buna göre Çizelge 3.2’de verilen ölçüm istasyonlarına ait yerleşim yerlerinin güneş enerjisi haritaları (a), aylara göre saatlik olarak ortalama günlük güneş enerjisi (KW-h/m²-gün) grafikleri (b) ve aylara göre ortalama güneşlenme süresi (saat) grafikleri (c) Şekil 3.4 ile Şekil 3.14 arasında verilmiştir.

Çizelge 3.2. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nden seçilen on bir yerleşim yerine ait meteorolojik verilerinin alındığı istasyonun adı, istasyon kodları, enlem ve boylamları³

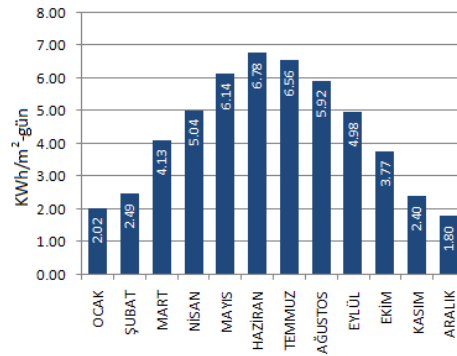
İstasyon Adı	İstasyon No	Enlem (°) K	Boylam (°) D
Gaziantep	17261	37.06	37.35
Adıyaman	17265	37.76	38.28
Kilis	17262	36.71	37.11
Şanlı Urfa	17270	37.16	38.79
Batman	17282	37.86	41.16
Siirt	17210	37.93	41.94
Tunceli	17165	39.11	39.54
Mardin	17275	37.31	40.73
Bingöl	17203	38.88	40.50
Elazığ	17201	38.64	39.26
Diyarbakır	17281	37.91	40.21

³<https://www.mgm.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx?il=Gaziantep>

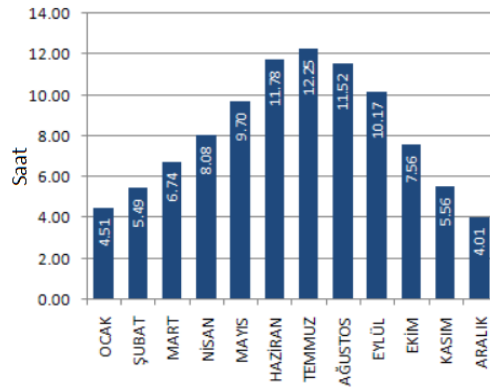
Şekil 3.4’de görüldüğü gibi Gaziantep iline ait güneş enerjisi grafiğinde en düşük Aralık ayı ($1.8 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) en yüksek Haziran ayı ($6.78 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) olarak gözlenmiştir. Güneşlenme süresine bakıldığında en düşük Aralık ayı (4.01 saat) en yüksek Temmuz ayı (12.25 saat) olarak verilmiştir.



(a)



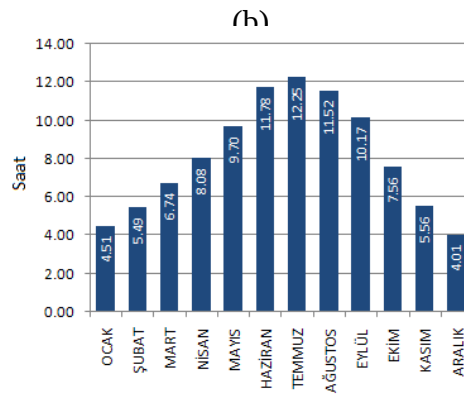
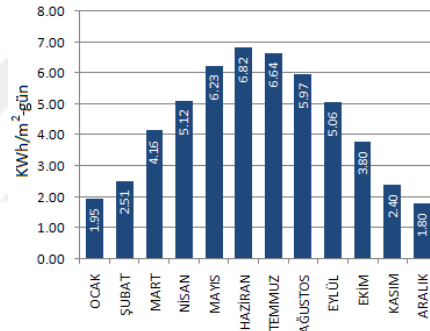
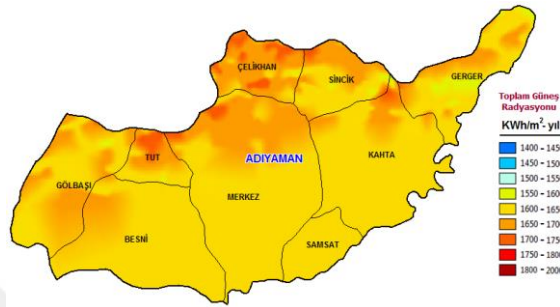
(b)



(c)

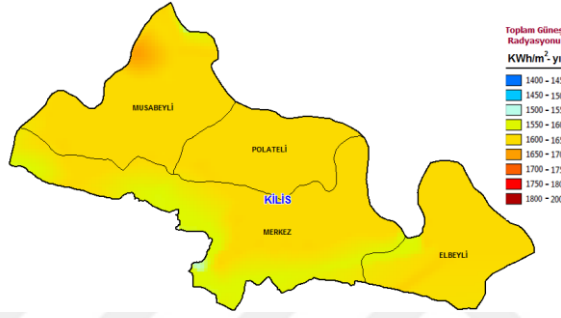
Şekil 3.4. Gaziantep ili a) güneş ışınım haritası, b) aylara göre güneş ışınım değerleri (KWh/m²-gün), c) aylara göre Güneşlenme Süreleri (saat)

Şekil 3.5’de görüldüğü gibi Adıyaman iline ait güneş enerjisi grafiğinde en düşük Aralık ayı (1.8 kwh/m²-gün) en yüksek Haziran ayı (6.82 kwh/m²-gün) olarak gözlenmiştir. Güneşlenme süresine bakıldığında en düşük Aralık ayı (4.01 saat) en yüksek Temmuz ayı (12.25 saat) olarak verilmiştir.

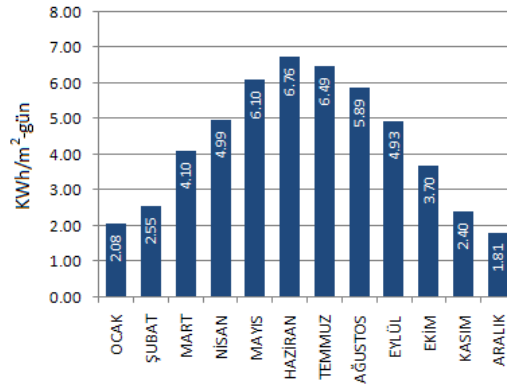


Şekil 3.5. Şekil 3.4 ile aynı, fakat Adıyaman ili için

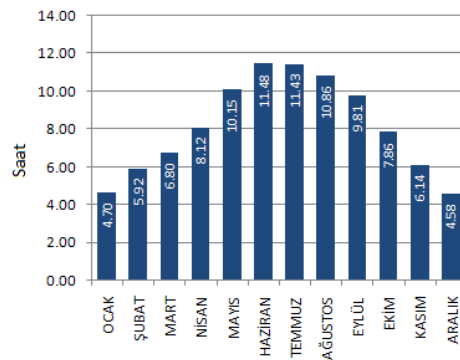
Kilis iline ait güneş enerjisi grafiğinde (Şekil 3.6) en düşük Aralık ayı ($1.81 \text{ kwh/m}^2\text{-gün}$) en yüksek Haziran ayı ($6.76 \text{ kwh/m}^2\text{-gün}$) olarak gözlenmiştir. Güneşlenme süresine bakıldığında en düşük Aralık ayı (4.58 saat) en yüksek Haziran ayı (11.48 saat) olarak verilmiştir.



(a)



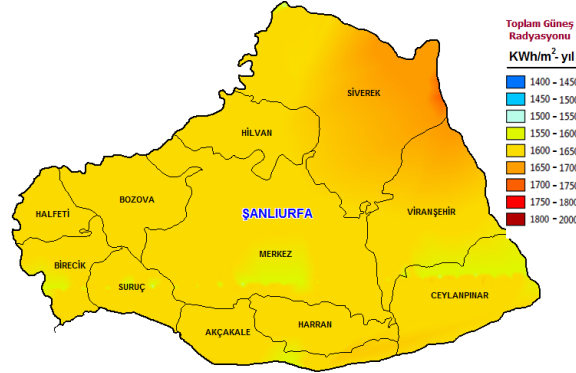
(b)



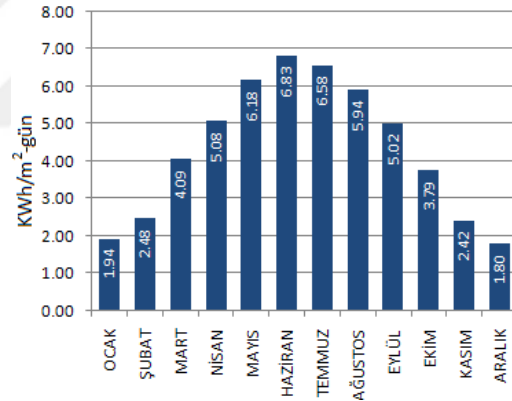
(c)

Şekil 3.6. Şekil 3.4 ile aynı, fakat Kilis ili için.

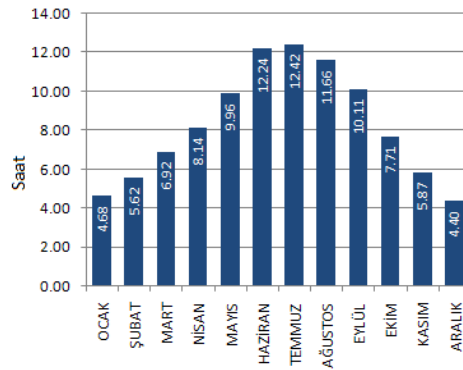
Şekil 3.7 incelendiğinde Şanlı Urfa iline ait güneş enerjisi en düşük Aralık ayı ($1.80 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) en yüksek Haziran ayı ($6.83 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) olarak gözlenmiştir. Güneşlenme süresine bakıldığında en düşük Aralık ayı (4.40 saat) en yüksek Temmuz ayı (12.42 saat) olarak verilmiştir.



(a)



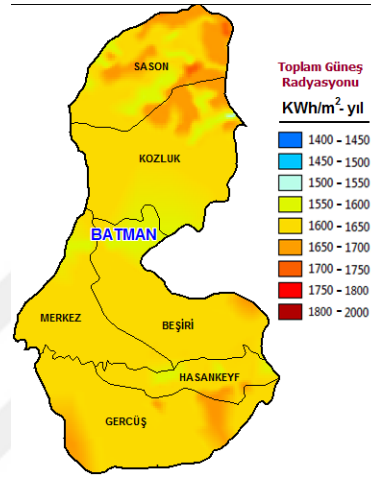
(b)



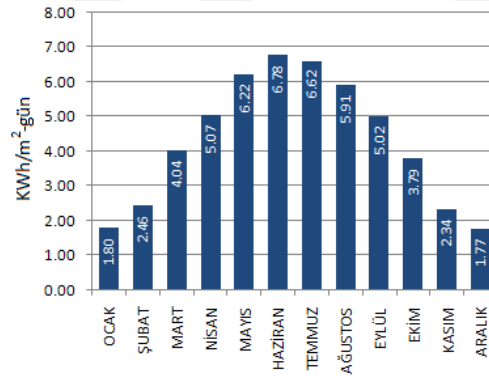
(c)

Şekil 3.7. Şekil 3.4 ile aynı, fakat Şanlı Urfa ili için

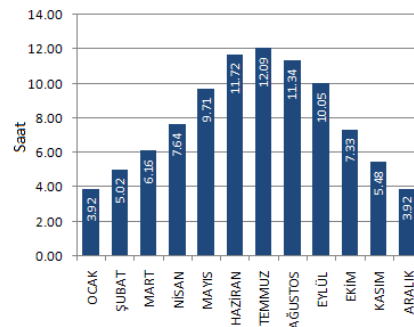
Batman iline ait güneş enerjisi grafiğinde Şekil 3.8’de verilmiştir. En düşük Aralık ayı ($1.77 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) ve en yüksek Haziran ayı ($6.78 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) olduğu görülmektedir. Güneşlenme süresine bakıldığında en düşük Aralık ve Ocak ayı (3.92 saat) en yüksek Temmuz ayı (12.09 saat) olarak verilmiştir.



(a)



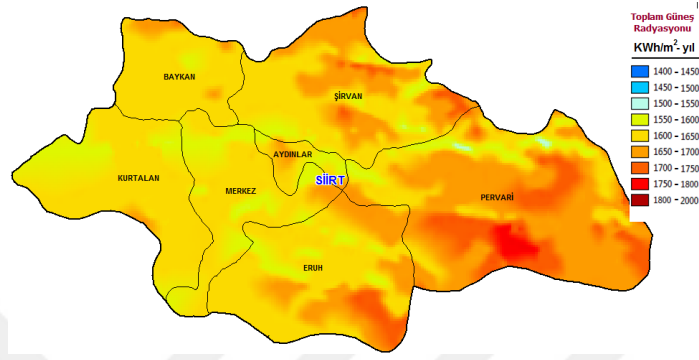
(b)



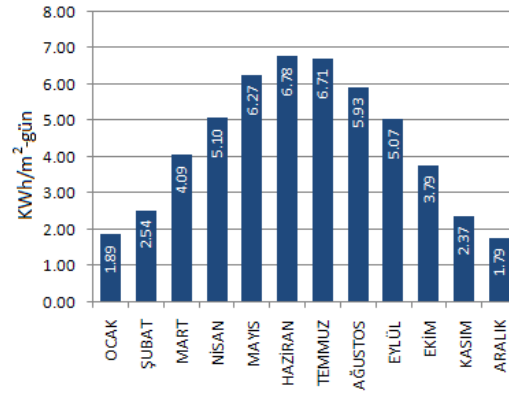
(c)

Şekil 3.8. Şekil 3.4 ile aynı, fakat Batman ili için

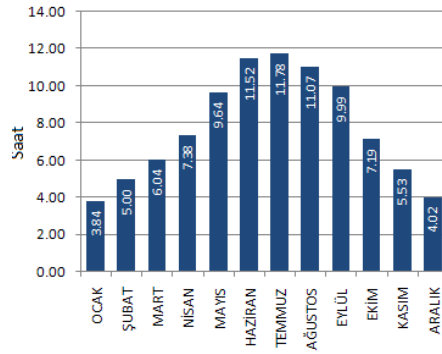
Şekil 3.9’da görüldüğü gibi Siirt iline ait güneş enerjisi grafiğinde en düşük Aralık ayı ($1.79 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) en yüksek Haziran ayı ($6.78 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) olarak gözlenmiştir. Güneşlenme süresine bakıldığında en düşük Ocak ayı (3.84 saat) en yüksek Temmuz ayı (11.78 saat) olarak verilmiştir.



(a)



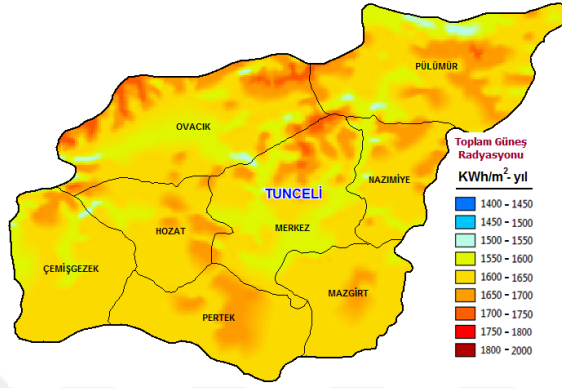
(b)



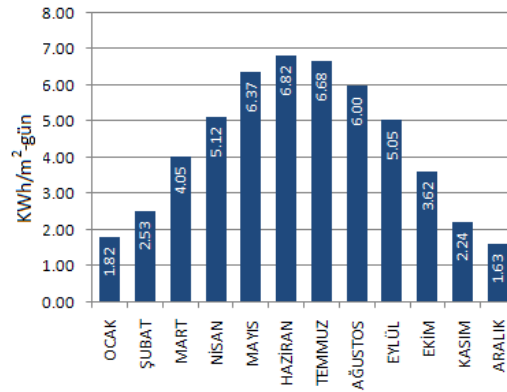
(c)

Şekil 3.9. Şekil 3.4 ile aynı, fakat Siirt ili için

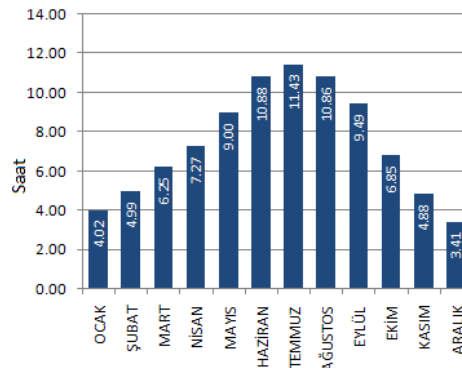
Şekil 3.10'da görüldüğü gibi Tunceli iline ait güneş enerjisi grafiğinde en düşük Aralık ayı ($1.63 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) en yüksek Haziran ayı ($6.82 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) olarak gözlenmiştir. Güneşlenme süresine bakıldığında en düşük Aralık ayı (3.41 saat) en yüksek Temmuz ayı (11.43 saat) olarak verilmiştir.



(a)



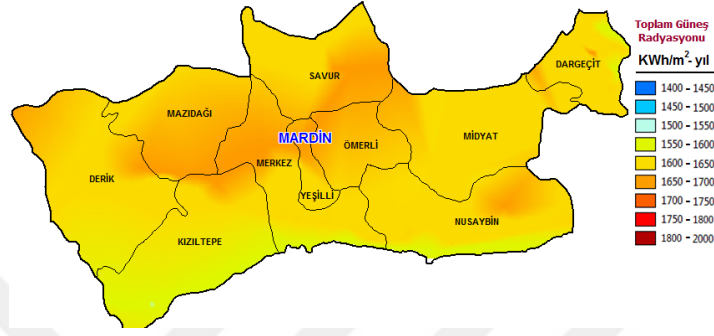
(b)



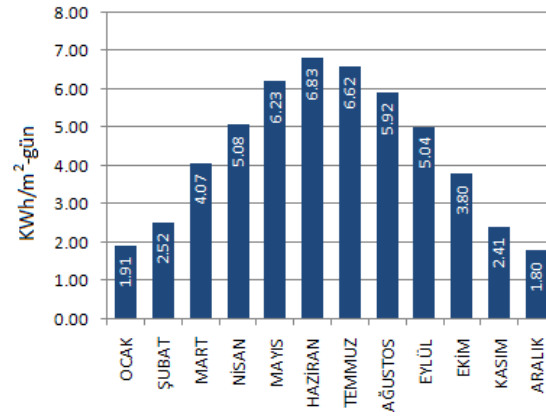
(c)

Şekil 3.10. Şekil 3.4 ile aynı, fakat Tunceli ili için

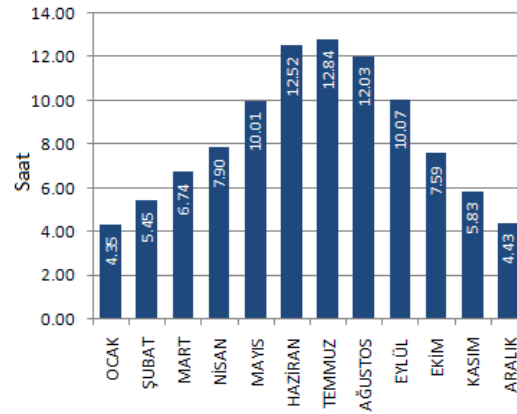
Şekil 3.11’de görüldüğü gibi Mardin iline ait güneş enerjisi grafiğinde en düşük Aralık ayı ($1.80 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) en yüksek Haziran ayı ($6.83 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) olarak gözlenmiştir. Güneşlenme süresine bakıldığında en düşük Ocak ayı (4.35 saat) en yüksek Temmuz ayı (12.84 saat) olarak verilmiştir.



(a)



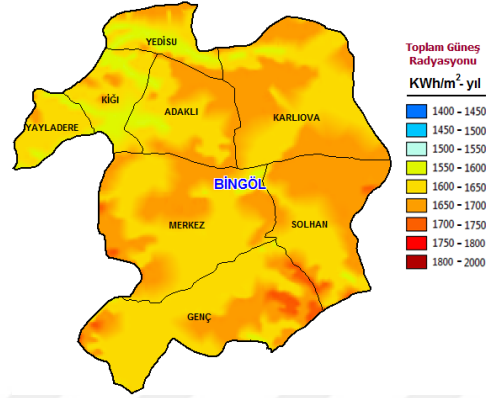
(b)



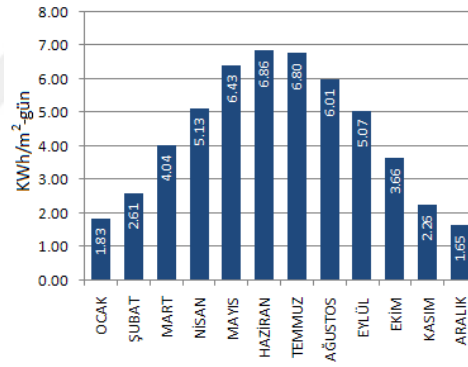
(c)

Şekil 3.11. Şekil 3.4 ile aynı, fakat Mardin ili için

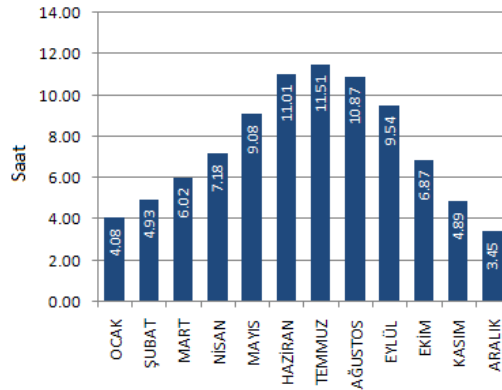
Şekil 3.12’de görüldüğü gibi Bingöl iline ait güneş enerjisi grafiğinde en düşük Aralık ayı ($1.65 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) en yüksek Haziran ayı ($6.86 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) olarak gözlenmiştir. Güneşlenme süresine bakıldığında en düşük Aralık ayı (3.45 saat) en yüksek Temmuz ayı (11.51 saat) olarak verilmiştir.



(a)



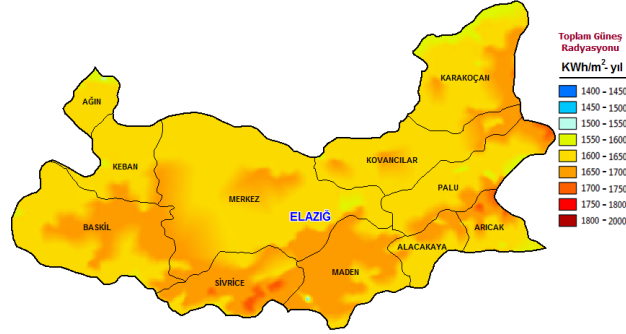
(b)



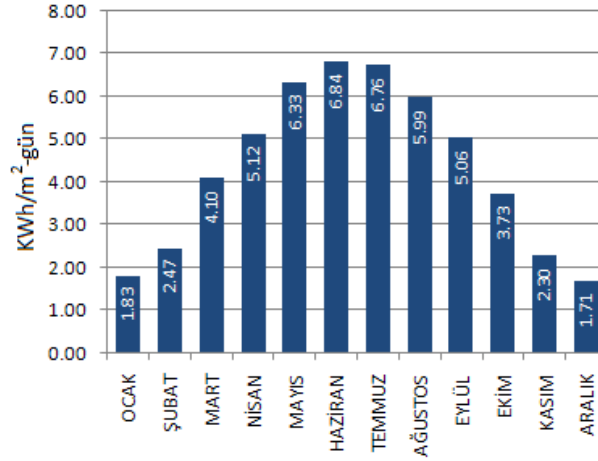
(c)

Şekil 3.12. Şekil 3.4 ile aynı, fakat Bingöl ili için

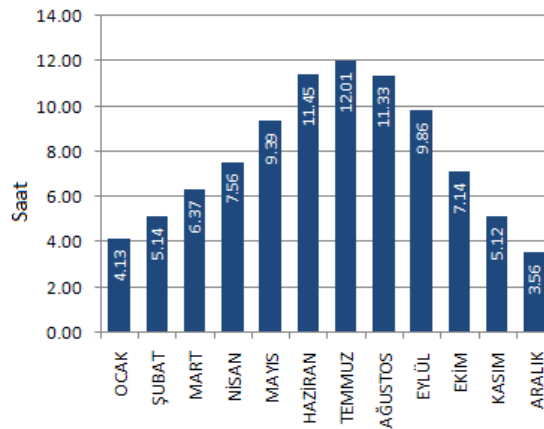
Şekil 3.13'de görüldüğü gibi Elazığ iline ait güneş enerjisi grafiğinde en düşük Aralık ayı ($1.71 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) en yüksek Haziran ayı ($6.84 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) olarak gözlenmiştir. Güneşlenme süresine bakıldığında en düşük Aralık ayı (3.56 saat) en yüksek Temmuz ayı (12.01 saat) olarak verilmiştir



(a)



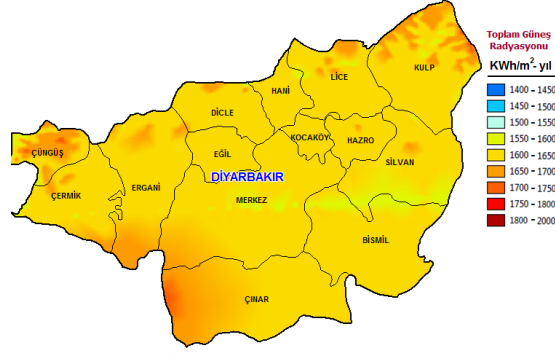
(b)



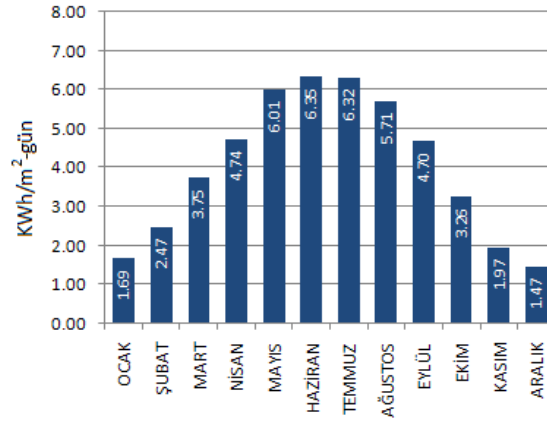
(c)

Şekil 3.13. Şekil 3.4 ile aynı, fakat Elazığ ili için

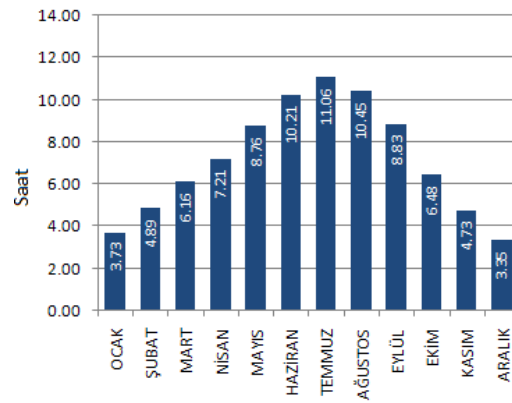
Şekil 3.14’de görüldüğü gibi Diyarbakır iline ait güneş enerjisi grafiğinde en düşük Aralık ayı ($1.47 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) en yüksek Haziran ayı ($6.35 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$) olarak gözlenmiştir. Güneşlenme süresine bakıldığında en düşük Aralık ayı (3.35 saat) en yüksek Temmuz ayı (11.06 saat) olarak verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.14. Şekil 3.4 ile aynı, fakat Diyarbakır ili için

3.2.1 Doğu ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri İçin Yeni Modellerin Geliştirilmesi

Literatürde yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımını tahmin etmek amacıyla geliştirilen birçok farklı ampirik model sunulmaktadır. Bunların bir kısmı Bölüm 2’de verilmiştir (Angstrom, 1924; Prescott, 1940; Rietveld, 1978; Bristow ve Campbell, 1984; Ogelman vd., 1984; Akınoglu ve Ecevit, 1990; De Jong ve Stewart, 1993; Almorox ve Hontoria, 2004; Benson vd., 1984; Jin vd., 2005; Ballı vd., 2007; Mubiru vd., 2007; Gana ve Akpootu, 2013; Şahan, 2021; Şahan ve Emrahoğlu, 2021).

Bu tez çalışmasında, MGM’den elde edilen coğrafik ve meteorolojik veriler kullanılarak seçilen ve Çizelge 3.2’de verilen iller için yatay bir yüzeydeki aylık olarak ortalama yıllık toplam güneş ışıınımını tahmin etmek için güneşlenme süresine, sıcaklığa, bağıl neme, deklinasyon açısına ve ölçüm yerinin boylamına dayalı olarak geliştirilmiş Angstrom-Prescott denklemleri kullanılmış ve toplam on tane yeni model geliştirilmiştir.

Geliştirilen matematiksel Angstrom-Prescott model denklemleri aşağıda açıklanmıştır.

Angstrom tipi regresyon denkleminden türetilen modellere lineer modeller adı verilmiştir (Ahmad ve Tiwari, 2010). Güneşlenme süresine bağlı eşitliklerin genel formülü, yatay yüzeydeki toplam (global) güneş ışıınımın (H), (3.2) eşitliği ile hesaplanan yatay bir yüzeydeki atmosfer dışı global güneş ışıınımın (H₀), MGM’den alınan saat cinsinden ölçülen güneşlenme süresi (S) ve (3.5) eşitliğinden hesaplanan aylık ortalama olası maksimum güneşlenme süresi (S₀) (saat/gün) olmak üzere birinci dereceden doğrusal (lineer) model;

$$\frac{H_{M1}}{H_0} = a_1 + b_1 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (3.6)$$

olarak verilmektedir. Global güneş ışıınımı ile güneşlenme süresi (S) arasındaki ilişki ilk kez Angstrom (1924) tarafından verilmiştir. H₀, (3.2) eşitliğinden hesaplanan atmosfer dışı toplam güneş ışıınımındır. H ve H₀ değerleri MJm⁻²g⁻¹ birimindedir.

Sadece S/S_0 'a bağılı olan (3.6) eşitliği basit lineer (doğrusal) formda olması ve ayrıca güneşlenme süresinin en yaygın kullanılan meteorolojik parametre olması durumu göz önüne alındığı için bu çalışmaya dahil edilmiştir. Eşitlik (3.6), dünyada pek çok yerleşim yerinde test edilmiş ve uygulanabilir olduğu bulunmuştur (Angstrom,1924; Prescott, 1940; Elagib vd., 2000; Ahmad ve Ulfat, 2004; Almorox ve Hontoria, 2004; Jin vd., 2005; Bakırcı, 2017; Anis vd., 2019).

Eşitlik (3.6) ile verilen ve sadece S/S_0 'a bağılı olan lineer eşitlik yaygın olarak kullanılmasına rağmen, S/S_0 'a bağılı bu lineer denklemin ikinci, üçüncü ve dördüncü dereceden varyasyonları da pek çok bölgede daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür (Rietveld, 1978; Ogelman vd., 1984; Akinoğlu ve Ecevit, 1990; Aksoy, 1997; Elagib vd., 2000; Toğrul ve Toğrul, 2002; Ahmad ve Ulfat, 2004; Almorox ve Hontoria, 2004; Jin vd., 2005; Bakırcı, 2017; Mubiru vd., 2007; Mubiru ve Banda, 2008; Anis vd., 2019; Şahan, 2021). Örneğin, Mubiru vd. (2007) Afrika'nın Ekvator bölgesinde yer alan Kampala'da (Uganda) toplam güneş ışıınımı tahmin etmek için on üç tane ampirik formül geliştirdiler. En iyi performansı güneşlenme süresine bağılı ikinci dereceden eşitlik olduğunu belirlemişlerdir.

Bu çalışmada, H/H_0 ile güneşlenme süresi (S/S_0) oranı arasında aşağıda verilen ikinci dereceden (kuadratik), üçüncü dereceden (kübik) ve dördüncü dereceden (kuartik) bir korelasyon eşitlikleri önerilmiştir (Almorox ve Hontoria, 2004; Jin vd., 2005; Mubiru vd., 2007; Bakırcı, 2017; Anis vd., 2019).

$$\frac{H_{M2}}{H_0} = a_2 + b_2 \left(\frac{S}{S_0} \right) + c_2 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (3.7)$$

$$\frac{H_{M3}}{H_0} = a_3 + b_3 \left(\frac{S}{S_0} \right) + c_3 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 + d_3 \left(\frac{S}{S_0} \right)^3 \quad (3.8)$$

$$\frac{H_{M4}}{H_0} = a_4 + b_4 \left(\frac{S}{S_0} \right) + c_4 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 + d_4 \left(\frac{S}{S_0} \right)^3 + e_4 \left(\frac{S}{S_0} \right)^4 \quad (3.9)$$

Elagib vd. (2000) yaptıkları çalışmada, Sudan'daki küresel güneş ışınlamını tahmin etmek için S/S_0 'a bağlı eksponansiyel (üstel) bir model kullanmış ve hesaplanan modelden elde edilen sonuçlar ile ölçülen sonuçları karşılaştırdıklarında %4.9'dan daha düşük bir ortalama mutlak hata olduğunu görmüşlerdir. Benzer çalışma da, H/H_0 ile güneşlenme süresine (S/S_0) bağlı olan logaritmik ve eksponansiyel bir korelasyon eşitlikleri önerilmiştir (Anis vd., 2019).

$$\frac{H_{M5}}{H_0} = a_5 + b_5 \log\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (3.10)$$

$$\frac{H_{M6}}{H_0} = a_6 + b_6 \exp\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (3.11)$$

Sıcaklığın maksimum ve minimum değerleri ile güneşlenme süresine (S/S_0) arasında güçlü bir ilişki olduğu varsayımına dayalı olduğu göz önünde bulundurularak bu çalışmada toplam global güneş ışınlamı için bu iki parametrenin birlikte kullanıldığı bir korelasyon eşitliği önerilmiştir.

$$\frac{H_{M7}}{H_0} = a_7 + b_7 \left(\frac{S}{S_0}\right) + c_7 \sqrt{T_{mak} - T_{min}} \quad (3.12)$$

Yatay yüzeye gelen toplam güneş ışınlamı ile bağıl nem arasında bir ilişki bulunduğundan, bu çalışmada bağıl nem (BN) parametresinin kullanıldığı bir korelasyon eşitliği önerilmiştir.

$$\frac{H_{M8}}{H_0} = a_8 + b_8 (BN) \quad (3.13)$$

Toplam güneş ışınlamı yeryüzündeki enlemlere göre ve güneşin deklinasyon açısına bağlı olarak değiştiğinden, bu çalışmada coğrafik enlem, deklinasyon açısı ve güneşlenme süresine (S/S_0) parametrelerinin birlikte kullanıldığı bir korelasyon

eşitliği önerilmiştir (Glover ve McCulloch, 1958; Şahan ve Emrahoğlu, 2021; Şahan, 2021).

$$\frac{H_{M9}}{H_0} = a_9 \cos \phi + b_9 \sin \delta + c_9 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (3.14)$$

Ayrıca, yatay yüzeye gelen toplam güneş ışınımının hem bağıl nem ve hem de sıcaklık arasında bir ilişkisi bulunduğundan, bu çalışmada sıcaklığın maksimum ve minimum değerleri ile bağıl nem (BN) değerlerinin birlikte kullanıldığı bir korelasyon eşitliği önerilmiştir (Şahan, 2021).

$$\frac{H_{M10}}{H_0} = a_{10} + b_{10} (BN) + c_{10} \left(\frac{T_{mak}}{T_{min}} \right) + d_{10} (T_{mak} - T_{min}) \quad (3.15)$$

Yukarıda önerilen model eşitliklerinde Burada a_i , b_i , c_i , d_i ve e_i ampirik katsayıları Angstrom-Prescott denklem katsayılarını temsil etmektedirler (Çizelge 4.12).

3.2.2 Parlaklık İndeksi (Cleraness Index)

Yeryüzüne gelen güneş ışınımının şiddetini atmosferik koşullardan etkilemektedir. Bu nedenle güneş ışınım şiddetinin kaybını ölçmek için basit bir sayısal yaklaşım yolu benimsenmiştir. Yer yüzünde yatay bir yüzeye gelen aylık olarak ortalama global güneş ışınımının (H) atmosfer dışında yatay yüzeye gelen aylık olarak ortalama günlük toplam güneş ışınımına (H_0) oranı berraklık (parlaklık) indeksi olarak da bilinmek ve

$$K_t = \frac{H}{H_0} \quad (3.16)$$

ile ifade edilmektedir. Böylece, parlaklık İndeksi yer yüzünde her hangi bir yerde ölçülen global güneş ışınımının atmosfer dışında yatay yüzeyde hesaplanan/hesaplanan global güneş ışınımına oranıdır. Parlaklık indeksi genel olarak açık ve güneşli hava şartlarında 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Birçok araştırmacı parlaklık indeksi ampirik korelasyonlar geliştirmek için kullanmıştır

(Angstrom, 1924; Prescott, 1940; Rietveld, 1978; Bristow ve Campbell, 1984; Ogelman vd., 1984; Akınoglu ve Ecevit, 1990; Toğrul ve Toğrul, 2002; Almorox ve Hontoria, 2004; Jin vd., 2005; Ballı vd., 2007; Mubiru vd., 2007; Razmjoo vd., 2007; Falayi vd., 2008; Gana ve Akpootu, 2013; Namrata vd., 2013; Ouali vd., 2014; Bakırcı, 2017; Anis vd., 2019; Mabasa vd., 2020; Şahan 2021).

3.2.3 İstatistiksel Analiz Metotları ve Sıralama (Rank)

Modellerden hesaplanan ve ölçülen güneş ışınlamı değerleri arasındaki ilişkiyi incelerken sık sık Korelasyon Katsayısı (Correlation Coefficient: R^2) ve Bağlı Yüzde Hatası (Relative Percentage Error: e) ilişkileri kullanılmaktadır. Hesaplanan ve ölçülen güneş ışınlamı değerleri arasındaki farkları belirlenmesinde en yaygın kullanılan istatistiksel göstergeler ise Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü (Root Mean Square Error: RMSE), Ortalama Bias (Yanlılık) Hatası (Mean Bias Error: MBE) ve t-ist metodu gibi bazı istatistiksel test yöntemleri kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, hesaplanan değerlerin doğruluğu ölçülen değerler ile kıyaslanmış ve hesaplanan değerlerin doğruluğunun test edilmesi amacıyla aşağıda verilen R^2 , e, RMSE, MBE ve t-ist istatistik metotları kullanılmıştır.

Bu nicel göstergeler aşağıda kısaca özetlenmiştir.

3.2.3.1 Korelasyon (R^2)

Ölçülen ve modellerden hesaplanan değerler arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisini belirlemekte kullanılmaktadır. 0 ile 1 arasında ($0 < R^2 < 1$) değer almakta 1'e yaklaşması hesaplanan değerlerin ölçülen değerlere uyumlu olduğu anlamına gelmektedir.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (H_{i\bar{O}} - H_{iM})^2}{\sum_{i=1}^N (H_{i\bar{O}} - \bar{H}_{\bar{O}})^2} \quad (3.17)$$

Burada, i bir indeksi temsil etmektedir. $H_{i\bar{O}}$ ve H_{iM} sırasıyla i. inci ölçülen ve hesaplanan güneş ışınlamı değerlerini göstermektedir. N ise veri noktası (ölçüm)

sayısıdır (Mubiru vd., 2007; Despotovic vd., 2015; Şahan ve Okur, 2016; Şahan, 2021; Şahan ve Emrahaoğlu, 2021).

3.2.3.2 Bağlı yüzde hata (e)

Bağlı yüzde hata (Relative Percentage Error: e), hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki yüzde sapma verilerini sağlar. Bir ölçümün bağlı hatası aşağıdaki ifade ile verilir.

$$e = \left(\frac{H_{Mi} - H_{Öi}}{H_{Öi}} \right) \times 100, \quad (\%) \quad (3.18)$$

e'nin ideal değeri sıfıra eşittir.

3.2.3.3 Ortalama Bias Hata (MBE)

Ortalama Yanlılık Hata (Mean Bias Error: MBE), bir modelin uzun vadeli performansı hakkında bilgi sağlar. MBE'un pozitif değeri, tahmini değerlerdeki ortalamadan daha fazla tahmin edildiğini gösterirken bunun tersi de geçerlidir. MBE'nin mutlak değeri sıfıra ne kadar yakın olursa, model performansının o kadar iyi olduğu söylenir (Jacovides ve Kontoyiannis, 1995; Ahmad ve Tiwari, 2010).

$$MBE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (H_{iM} - H_{iÖ}), \quad (\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}) \quad (3.19)$$

3.2.3.4 Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü (RMSE)

RMSE (Root Mean Square Error) testi, hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki gerçek sapmanın dönem dönem karşılaştırılmasını sağlar.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (H_{iÖ} - H_{iM})^2}, \quad (\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}) \quad (3.20)$$

RMSE, hesaplanan değer ile ölçülen değer arasındaki gerçek farkın terim bazında karşılaştırılmasına izin vererek bir modelin kısa vadeli performansı hakkında bilgi sağlar. RMSE her zaman pozitifdir. RMSE değeri ne kadar küçük olursa, modelin performansı o kadar iyidir. En ideal değeri sıfır olmasıdır. Ancak, bu test eksik ve

fazla tahmin arasında ayrım yapmaz (Jacovides ve Kontoyiannis, 1995; Mubiru vd., 2007; Ahmad ve Tiwari, 2010).

3.2.3.5 t-istatistik metodu

RMSE ve MBE istatistiksel göstergeleri, güneş ışınlı tahmin modellerinin karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanılan iki parametredir. Yukarıda belirtildiği gibi MBE bir model denkleminin uzun vadeli performansını gösterirken, RMSE ise bir denklemin kısa vadeli performansını göstermektedir. RMSE ve MBE'nin ayrı ayrı kullanılması en iyi modelin belirlenmesinde yeterli kabul edilebilir (Jacovides ve Kontoyiannis, 1995). Ancak, RMSE ve MBE testlerinin tek tek kullanılması model tahminlerinin model performanslarının karşılaştırmalarında kabul edilebilir yöntemler olsalar da, bir modelin tahminlerinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını nesnel olarak göstermezler. Yani, MBE ve RMSE testlerinin ayrı ayrı kullanılması, bir modelin yanlış değerlendirilmesine yol açabilir. Bir modelin test edilirken RMSE test değerinin büyük değer almasına rağmen MBE testindeki küçük değerli olabilir. Bu nedenle, bu analiz t-ist istatistiği olarak adlandırılan ek bir istatistiksel gösterge içerir. Model performansını daha hızlı ve daha güvenilir bir şekilde test etmek için t-istatistiğinin MBE ve RMSE ile birlikte kullanılması tavsiye edilmektedir (Walpole ve Myers, 1989; Stone, 1993; Jacovides ve Kontoyiannis, 1995; Almorox, 2005; Mubiru vd., 2007; Bakırcı, 2017).

$$t - ist = \sqrt{(N - 1) \frac{MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2}} \quad (3.21)$$

t-istatistiği, MBE ve RMSE değerlerini birleştirdiği için daha bilgilendirici ve korelasyona (R^2) karşı bir hipotez testi için bir gösterge olarak seçilir. Ayrıca, t-ist değeri ne kadar küçükse modelin verimi o kadar iyidir.

t-ist istatistiğinin örnekleme dağılımı standart normale benzer. Model performansını daha hızlı ve daha güvenilir bir şekilde test etmek için t-istatistiğini MBE ve RMSE ile birlikte kullanılması önerilir.

Sonuç olarak, t-ist göstergesi, bir modelin tahminlerinin belirli bir güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için modeller yapılırken MBE ve RMSE hatalarının bir tamamlayıcısı olarak görülebilir.

3.2.3.6 Rank Skoru Metodu

Rank Skoru (sıralama puanı), en iyi performans gösteren ampirik formülasyonlar, bir sıralama yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Hipotez testlerinde en kapsamlı olarak kullanılan yöntemlerden biri olan t-ist ile iki grubun ortalamaları karşılaştırılarak, aradaki farkın rastlantısal mı yoksa istatistiksel olarak mantıklı olup olmadığına karar verilir. RMSE ve MBE değerlerinin ortalamalara oranları ile t-istatistiği toplamları kullanılarak şu şekilde tanımlanır;

$$RankSkor = \frac{|MBE|}{ort} + \frac{RMSE}{ort} + t_{ist} \quad (3.22)$$

Eşitlik (3.22) kullanılarak her bir formülasyon için rank skoru (sıralama puanı) elde edilmiştir. En düşük rank skoru en iyi sıralamayı gerektirir.

Modelden elde edilen tahminlerin istatistiksel olarak anlamlı olabilmesi için kritik bir t-ist değerinin belirlenmesi gerekir. Kritik t değeri, standart istatistiksel tablolardan, yani $t_{\alpha/2}$ 'den elde edilir ve önem düzeyine (α) ve serbestlik derecelerine (N-1) bağlıdır. Model tahminlerinin $1-\alpha$ güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olarak değerlendirilebilmesi için, hesaplanan t değerinin kritik t değerinden küçük olması gerekir. Anlamlılık düzeyi 0 ile 1 arasında değişebilir, ancak genellikle 0.005 veya 0.01'dir. Anlamlılık düzeyi, doğru olduğunda boş (null: sıfır) hipotezi reddetme olasılığının α olduğu anlamına gelirken, güven düzeyi $1-\alpha$, doğru olduğunda boş hipotezin reddedilmeme olasılığıdır (Jacovides ve Kontoyiannis, 1995; Toğrul ve Toğrul, 2002).

Angstrom tipi modellerden (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} ..., H_{M10}) hesaplanan toplam güneş ışınlımının değerlerinin doğruluğunu MGM'den alınan ölçülmüş değerler ile kıyaslayarak hangi modelin daha başarılı olduğunu belirlemek için MBE ve RMSE değerleri kullanılarak t-istatistiği elde edilmiş ve modellerin t-istatistik değerleri de küçükten büyüğe rank skoru kullanılarak rankların sıralamaları belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bugün, dünyanın pek çok bölgesinde güneş enerjisi ölçüm cihazlarının yetersiz olması nedeniyle bu bölgelerde mevcut güneş enerjisi verilerine ulaşmak oldukça zordur. Bu nedenle tarım ürünlerin verimli ve ucuz elde edilmesi, güneş enerjisinden elektrik ve ısı enerjilerinin elde edilmesi, binaların ısıtılması, aydınlatılması ve sıcak su temini gibi önemli pek çok alanda verimli çalışmalar yapılamamaktadır (Tei vd., 1996; Pinde vd., 2002; Hammer vd., 2003; Mubiru vd., 2007). Güneş enerjisi verilerinin olmadığı yerleşim yerlerinde meteorolojik ve coğrafik veriler kullanılarak bölgeye en uygun güneş enerjisi modelleri geliştirilerek güneş enerjisi tahmin etme çalışmaları yapılmaktadır.

Literatürde, pek çok araştırmacı tarafından toplam güneş ışıınımını tahmin etmek için yapay sinir ağları (YSA) (Kumar ve Umanand, 2005; Mubiru ve Banda, 2008; Fadare, 2009; Ahmed ve Adam, 2013; Şahan ve Okur, 2016; Şahan, 2021) ya da Angstrom-Prescott tipi ampirik formüller (Angstrom, 1924; Prescott, 1940; Rietveld, 1978; Benson vd., 1984; Ogelman vd., 1984; Bristow ve Campbell, 1984; Akinoglu ve Ecevit, 1990; De Jong ve Stewart, 1993; Almorox ve Hontoria, 2004; Jin vd., 2005; Ballı vd., 2007; Mubiru vd., 2007; Gana ve Akpootu, 2013; Şahan, 2021; Şahan ve Emrahoğlu, 2021) geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Her iki yöntemden de elde edilen sonuçlar incelendiğinde çalışılan tüm yerleşim yerleri için %95'den daha yüksek hassasiyette korelasyon elde edildiği görülmüştür.

Bu tez çalışmasında, Türkiye'nin Doğu ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerinden seçilen on bir yerleşim yeri (Gaziantep, Adıyaman, Kilis, Şanlı Urfa, Batman, Siirt, Tunceli, Mardin, Bingöl, Elazığ, Diyarbakır) için yatay yüzeye gelen aylık ortalama toplam güneş ışıınım şiddetini tahmin etmek amacıyla Angstrom-Prescott denklemi kullanılmıştır. Angstrom-Prescott denklemlerinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) alınan uzun yıllara ait (1985-2010) güneşlenme süresi, ortalama, maksimum ve minimum hava sıcaklığı, bağıl nem, enlem ve boylam gibi meteorolojik ve coğrafik veriler kullanılmıştır.

Seçilen meteorolojik istasyonların adları, istasyonların kodları, bu istasyonların enlem, boylam ve yükseklik değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Seçilen iller Şekil

3.3’de verilen Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA ⁴) üzerinde işaretlenmiştir. Ayrıca her il için Güneş Enerjisi haritası ve toplam güneş enerjisi grafiği (kwh/m²-gün) ile güneşlenme süresi (saat) grafiği Şekil 3.4 ile Şekil 3.14 aralığında ayrı ayrı verilmiştir.

Toplam on bir istasyon için aylık olarak ortalama toplam güneş ışıyım şiddetleri MJm⁻²g⁻¹ cinsinden tahmin etmek amacıyla Bölüm 3.2.1’de (3.6), (3.7), (3.8), (3.9), (3.10), (3.11), (3.12), (3.13), (3.14) ve (3.15) ile verilen toplam on tane Angstrom- Prescott denklem modeli (H_{M1}, H_{M2}, H_{M3}, H_{M4}, H_{M5}, H_{M6}, H_{M7}, H_{M8}, H_{M9}, H_{M10}) geliştirilmiştir.

Angstrom- Prescott tipi modellerin (H_{M1}, H_{M2}, H_{M3}, ..., H_{M10}) geliştirilmesinde her il için sırasıyla Çizelge 4.1 ile Çizelge 4.11 arasında verilen parametreler kullanılmıştır. Çizelgelerde aylara göre deklinasyon açısı, atmosfer dışı (H₀) güneş ışıyımı, aylık olarak günlük olası en yüksek güneşlenme süresi aylık ortalama gün uzunluğu (S₀), ortalama günlük güneşlenme süresi (S), sıcaklık (°C), bağıl nem (%) ve bunların yıllık ortalamaları verilmiştir. Atmosfer dışı güneş ışıyımı H₀ (MJ/m²g⁻¹), deklinasyon açısı δ (°) ve aylık gün uzunluğu S₀ (sa), sırasıyla (3.2), (3.3) ve (3.5) eşitlikleri kullanılarak her il için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplanan aylık gün uzunluğu (S₀) değerleri ölçüm yapılan bölgenin coğrafik konumuna ve enlemine bağlıdır. Gerçek güneşlenme süresi, S (sa), minimum sıcaklık (T_{min}), ortalama sıcaklık (T_{ort}), maksimum sıcaklık (T_{mak}) (°C) ve bağıl nem BN (%), değerleri uzun yıllar boyunca meteoroloji istasyonlarında ölçülmüş olup MGM’den alınmıştır. S/S₀ oranı, güneş ışıyımı seviyesini ölçmek ve hava durumunu sınıflandırmak için bir gösterge olarak kabul edilebilir.

⁴ <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/>

Çizelge 4.1. Gaziantep ili için aylık ortalama meteorolojik girdi parametreleri

AY	δ	H_0	S	S_0	S/S_0	T_{ort}	T_{mak}	T_{min}	B.Nem
Ocak	-20.92	16.23	3.60	9.76	0.37	3.10	7.50	-0.60	73.19
Şubat	-12.96	21.19	4.30	10.67	0.40	4.50	9.50	0.20	65.53
Mart	-2.42	28.62	5.50	11.76	0.47	8.20	13.90	3.00	66.77
Nisan	9.42	34.48	6.90	12.96	0.53	13.40	19.70	7.30	62.18
Mayıs	18.79	41.29	8.60	13.99	0.62	18.80	25.50	12.00	59.50
Haziran	23.09	41.71	10.40	14.50	0.72	24.20	31.20	17.10	50.34
Temmuz	21.18	43.25	10.80	14.27	0.76	28.00	35.20	21.10	49.07
Ağustos	13.46	38.25	10.10	13.39	0.75	27.80	35.30	21.00	51.19
Eylül	2.22	30.33	8.80	12.22	0.72	23.40	31.10	16.30	52.50
Ekim	-9.60	24.09	7.00	11.02	0.64	16.70	24.30	10.10	62.48
Kasım	-18.91	18.31	5.40	10.00	0.54	9.90	16.30	4.50	68.62
Aralık	-23.05	15.61	3.60	9.50	0.38	5.00	9.70	1.10	75.65
Ort.		30.65	7.40	12.21	0.59	16.35	22.88	10.34	60.35

Çizelge 4.2. Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Adıyaman ili için girdi parametreleri

AY	δ	H_0	S	S_0	S/S_0	T_{ort}	T_{mak}	T_{min}	B.Nem
Ocak	-20.92	15.82	3.80	9.70	0.39	4.60	8.70	1.40	66.12
Şubat	-12.96	20.81	4.60	10.63	0.43	6.00	10.40	2.40	59.29
Mart	-2.42	28.32	5.80	11.75	0.49	10.00	15.00	5.60	58.62
Nisan	9.42	34.32	7.30	12.98	0.56	15.10	20.70	9.90	53.27
Mayıs	18.79	41.25	9.30	14.04	0.66	20.60	26.80	14.40	47.29
Haziran	23.09	41.74	11.60	14.57	0.80	26.70	33.30	19.70	32.63
Temmuz	21.18	43.25	12.10	14.33	0.84	31.00	37.90	23.70	28.43
Ağustos	13.46	38.13	11.30	13.42	0.84	30.70	37.70	23.50	30.82
Eylül	2.22	30.09	9.70	12.23	0.79	26.00	33.10	19.10	33.38
Ekim	-9.60	23.73	7.20	11.00	0.66	19.30	25.60	13.80	48.58
Kasım	-18.91	17.89	5.40	9.95	0.54	11.80	17.10	7.60	59.03
Aralık	-23.05	15.18	3.80	9.43	0.40	6.60	10.70	3.40	67.98
Ort.		30.43	8.01	12.21	0.64	18.53	24.39	13.01	47.21

Çizelge 4.3. Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Kilis ili için girdi parametreleri

AY	δ	H_0	S	S_0	S/S_0	T_{ort}	T_{mak}	T_{min}	B.Nem
Ocak	-20.92	16.431	3.80	9.79	0.39	5.80	9.80	2.30	65.63
Şubat	-12.96	21.372	4.80	10.68	0.45	7.10	11.70	3.30	58.57
Mart	-2.42	28.775	6.20	11.76	0.53	10.70	16.20	6.00	57.81
Nisan	9.42	34.563	7.70	12.95	0.60	15.40	21.50	10.00	52.23
Mayıs	18.79	41.311	9.30	13.96	0.67	20.70	27.60	14.30	47.75
Haziran	23.09	41.697	11.20	14.47	0.77	25.30	32.90	18.40	42.80
Temmuz	21.18	43.252	11.60	14.24	0.82	28.10	36.30	21.20	45.86
Ağustos	13.46	38.307	11.00	13.37	0.82	28.10	36.30	21.30	48.84
Eylül	2.22	30.455	9.90	12.22	0.81	25.10	32.80	18.60	44.24
Ekim	-9.60	24.271	7.20	11.03	0.65	20.00	26.40	14.30	46.92
Kasım	-18.91	18.523	5.40	10.03	0.54	12.90	18.30	8.30	54.46
Aralık	-23.05	15.825	3.70	9.53	0.39	7.60	11.70	4.10	67.13
Ort.		30.76	8.00	12.20	0.64	18.27	24.70	12.71	51.51

Çizelge 4.4. Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Şanlı Urfa ili için girdi parametreleri

AY	δ	H_0	S	S_0	S/S_0	T_{ort}	T_{mak}	T_{min}	B.Nem
Ocak	-20.92	16.17	4.10	9.76	0.42	5.60	9.90	2.10	70.91
Şubat	-12.96	21.13	5.10	10.66	0.48	7.10	12.00	2.90	62.38
Mart	-2.42	28.58	6.40	11.76	0.54	10.90	16.40	5.80	62.04
Nisan	9.42	34.46	7.80	12.96	0.60	16.20	22.30	10.30	56.72
Mayıs	18.79	41.29	10.00	13.99	0.72	22.30	28.80	15.30	47.55
Haziran	23.09	41.72	12.10	14.51	0.83	28.10	34.70	20.50	36.37
Temmuz	21.18	43.25	12.30	14.28	0.86	32.00	38.80	24.30	34.85
Ağustos	13.46	38.23	11.30	13.39	0.84	31.60	38.40	24.00	38.24
Eylül	2.22	30.30	10.00	12.22	0.82	27.20	34.00	20.00	40.09
Ekim	-9.60	24.04	7.90	11.02	0.72	20.60	27.10	14.60	51.58
Kasım	-18.91	18.25	5.80	9.99	0.58	13.10	18.80	8.50	60.72
Aralık	-23.05	15.55	4.00	9.49	0.42	7.60	12.00	4.00	72.63
Ort.		30.62	8.43	12.21	0.67	19.70	25.75	13.65	51.20

Çizelge 4.5. Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Batman ili için girdi parametreleri

AY	δ	H_0	S	S_0	S/S_0	T_{ort}	T_{mak}	T_{min}	B.Nem
Ocak	-20.92	15.76	4.10	9.76	0.42	5.60	9.90	2.10	73.34
Şubat	-12.96	20.76	5.10	10.66	0.48	7.10	12.00	2.90	64.21
Mart	-2.42	28.28	6.40	11.76	0.54	10.90	16.40	5.80	65.63
Nisan	9.42	34.29	7.80	12.96	0.60	16.20	22.30	10.30	62.05
Mayıs	18.79	41.25	10.00	13.99	0.72	22.30	28.80	15.30	56.55
Haziran	23.09	41.75	12.10	14.51	0.83	28.10	34.70	20.50	40.29
Temmuz	21.18	43.25	12.30	14.28	0.86	32.00	38.80	24.30	35.47
Ağustos	13.46	38.11	11.30	13.39	0.84	31.60	38.40	24.00	36.41
Eylül	2.22	30.05	10.00	12.22	0.82	27.20	34.00	20.00	40.44
Ekim	-9.60	23.67	7.90	11.02	0.72	20.60	27.10	14.60	57.20
Kasım	-18.91	17.83	5.80	9.99	0.58	13.10	18.80	8.50	64.39
Aralık	-23.05	15.11	4.00	9.49	0.42	7.60	12.00	4.00	73.55
Ort.			8.43	12.21	0.67	19.70	25.75	13.65	54.20

Çizelge 4.6. Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Siirt ili için girdi parametreleri

AY	δ	H_0	S	S_0	S/S_0	T_{ort}	T_{mak}	T_{min}	B.Nem
Ocak	-20.92	15.72	3.60	9.69	0.37	2.70	6.70	-0.50	72.51
Şubat	-12.96	20.72	4.40	10.62	0.41	4.30	8.80	0.60	62.22
Mart	-2.42	28.25	5.40	11.75	0.46	8.40	13.40	4.10	62.55
Nisan	9.42	34.28	6.50	12.99	0.50	13.80	19.20	9.00	56.96
Mayıs	18.79	41.24	9.00	14.05	0.64	19.50	25.30	13.70	50.91
Haziran	23.09	41.75	11.60	14.59	0.80	26.00	32.30	19.10	35.24
Temmuz	21.18	43.25	12.10	14.34	0.84	30.70	37.10	23.50	30.37
Ağustos	13.46	38.10	11.30	13.43	0.84	30.40	37.00	23.30	29.50
Eylül	2.22	30.03	9.90	12.23	0.81	25.50	32.30	18.80	34.10
Ekim	-9.60	23.64	7.20	10.99	0.66	18.30	24.50	12.80	50.69
Kasım	-18.91	17.79	5.20	9.94	0.52	10.50	15.50	6.40	61.91
Aralık	-23.05	15.07	3.60	9.42	0.38	4.80	8.80	1.70	72.62
Ort.			7.84	12.21	0.62	17.47	23.11	12.09	49.73

Çizelge 4.7. Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Tunceli ili için girdi parametreleri

AY	δ	H_0	S	S_0	S/S_0	T_{ort}	T_{mak}	T_{min}	B.Nem
Ocak	-20.92	15.03	3.40	9.59	0.36	-1.90	3.00	-5.40	74.67
Şubat	-12.96	20.09	4.30	10.56	0.41	-0.20	5.10	-4.00	72.25
Mart	-2.42	27.72	5.30	11.74	0.45	5.60	11.40	1.00	63.85
Nisan	9.42	33.98	6.50	13.03	0.50	11.70	18.20	6.20	60.90
Mayıs	18.79	41.16	8.50	14.14	0.60	16.80	24.10	10.20	57.29
Haziran	23.09	41.79	10.80	14.70	0.74	22.50	30.10	14.50	49.04
Temmuz	21.18	43.23	11.50	14.45	0.80	27.10	35.10	18.90	41.58
Ağustos	13.46	37.89	10.70	13.50	0.79	26.70	35.40	18.50	39.56
Eylül	2.22	29.60	9.30	12.24	0.76	21.60	30.60	13.40	45.79
Ekim	-9.60	23.02	6.70	10.95	0.61	14.60	22.80	8.20	62.30
Kasım	-18.91	17.08	5.00	9.84	0.51	6.90	13.70	2.00	71.45
Aralık	-23.05	14.34	3.10	9.30	0.33	1.00	5.70	-2.30	74.79
Ort.			7.43	12.22	0.59	14.03	21.11	7.87	58.07

Çizelge 4.8. Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Mardin ili için girdi parametreleri

AY	δ	H_0	S	S_0	S/S_0	T_{ort}	T_{mak}	T_{min}	B.Nem
Ocak	-20.92	16.08	4.50	9.74	0.46	3.00	5.8	0.60	67.89
Şubat	-12.96	21.05	5.10	10.65	0.48	4.20	7.3	1.40	61.30
Mart	-2.42	28.52	6.00	11.75	0.51	8.00	11.6	4.70	55.31
Nisan	9.42	34.42	7.30	12.97	0.56	13.40	17.3	9.70	47.88
Mayıs	18.79	41.28	9.70	14.00	0.69	19.50	24	15.10	42.36
Haziran	23.09	41.72	12.10	14.53	0.83	25.60	30.6	20.30	25.91
Temmuz	21.18	43.25	12.40	14.29	0.87	29.80	35	24.50	19.79
Ağustos	13.46	38.21	11.40	13.40	0.85	29.60	34.7	24.70	21.09
Eylül	2.22	30.25	10.30	12.23	0.84	25.30	30.1	20.80	24.94
Ekim	-9.60	23.96	7.70	11.01	0.70	18.60	22.9	14.70	38.86
Kasım	-18.91	18.16	5.90	9.98	0.59	11.10	14.5	8.10	53.53
Aralık	-23.05	15.45	4.40	9.48	0.46	5.40	8.1	2.90	61.83
Ort.		30.57	8.39	12.21	0.67	17.32	21.46	13.35	41.16

Çizelge 4.9. Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Bingöl ili için girdi parametreleri

AY	δ	H_0	S	S_0	S/S_0	T_{ort}	T_{mak}	T_{min}	B.Nem
Ocak	-20.92	15.16	3.40	0.35	9.61	-2.30	2.30	-5.90	71.41
Şubat	-12.96	20.21	4.40	0.42	10.58	-1.10	3.90	-4.90	70.62
Mart	-2.42	27.83	4.90	0.42	11.74	4.20	9.50	-0.10	65.73
Nisan	9.42	34.04	5.50	0.42	13.02	10.80	16.70	5.80	61.10
Mayıs	18.79	41.18	7.10	0.50	14.12	16.30	22.90	10.20	55.28
Haziran	23.09	41.78	9.10	0.62	14.68	22.00	29.40	14.70	45.13
Temmuz	21.18	43.24	9.40	0.65	14.43	26.70	34.60	19.00	39.36
Ağustos	13.46	37.93	9.00	0.67	13.48	26.50	34.70	18.70	38.98
Eylül	2.22	29.68	8.10	0.66	12.24	21.30	29.80	13.60	44.10
Ekim	-9.60	23.14	6.10	0.56	10.96	14.20	21.60	8.30	59.83
Kasım	-18.91	17.22	4.50	0.46	9.86	6.80	12.60	2.20	67.13
Aralık	-23.05	14.48	3.20	0.34	9.33	0.60	5.10	-2.80	73.74
Ort.		30.07	6.48	0.52	12.22	13.48	20.07	7.70	56.45

Çizelge 4.10. Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Elazığ ili için girdi parametreleri

AY	δ	H_0	S	S_0	S/S_0	T_{ort}	T_{mak}	T_{min}	B.Nem
Ocak	-20.92	15.30	2.70	0.28	9.63	-0.80	3.00	-3.9	74.78
Şubat	-12.96	20.34	3.80	0.36	10.59	0.70	5.10	-3	70.43
Mart	-2.42	27.93	5.20	0.44	11.74	5.60	10.90	1	62.71
Nisan	9.42	34.10	6.60	0.51	13.02	11.90	17.80	6.4	57.31
Mayıs	18.79	41.20	8.70	0.62	14.11	17.20	23.70	10.9	52.35
Haziran	23.09	41.77	11.00	0.75	14.66	22.80	29.80	15.4	40.69
Temmuz	21.18	43.24	11.80	0.82	14.41	27.20	34.30	19.4	33.49
Ağustos	13.46	37.97	11.10	0.82	13.47	26.90	34.30	19.2	32.94
Eylül	2.22	29.77	9.60	0.79	12.24	22.00	29.50	14.6	37.99
Ekim	-9.60	23.27	6.90	0.63	10.96	15.00	21.70	9	54.89
Kasım	-18.91	17.36	4.60	0.47	9.88	7.50	12.80	3.2	68.74
Aralık	-23.05	14.63	2.40	0.26	9.35	1.70	5.50	-1.3	74.86
Ort.		30.14	7.43	0.59	12.22	14.41	20.49	8.62	53.31

Çizelge 4.11. Çizelge 4.1 ile aynı, fakat Diyarbakır ili için girdi parametreleri

AY	δ	H_0	S	S_0	S/S_0	T_{ort}	T_{mak}	T_{min}	B.Nem
Ocak	-20.92	15.74	3.90	9.69	0.40	1.80	6.7	-2.20	74.52
Şubat	-12.96	20.74	4.90	10.63	0.46	3.70	9.2	-1.00	70.43
Mart	-2.42	28.26	5.60	11.75	0.48	8.30	14.5	2.50	65.09
Nisan	9.42	34.28	7.20	12.99	0.55	13.80	20.4	7.00	63.68
Mayıs	18.79	41.24	9.60	14.05	0.68	19.30	26.7	11.30	55.87
Haziran	23.09	41.75	12.20	14.58	0.84	26.10	33.6	16.60	36.25
Temmuz	21.18	43.25	12.40	14.34	0.87	31.00	38.4	21.70	27.04
Ağustos	13.46	38.11	11.70	13.43	0.87	30.50	38.2	21.10	27.00
Eylül	2.22	30.04	10.00	12.23	0.82	25.10	33.3	16.00	32.45
Ekim	-9.60	23.65	7.50	10.99	0.68	17.50	25.4	10.10	50.90
Kasım	-18.91	17.81	5.50	9.94	0.55	9.70	16.3	4.20	66.00
Aralık	-23.05	15.09	3.90	9.42	0.41	4.00	9.2	-0.20	74.77
Ort.		30.38	8.23	12.21	0.66	17.18	24.11	9.94	51.77

Seçilen on bir yerleşim yeri için aylık ortalama günlük toplam güneş ışıyım şiddetleri $MJm^{-2}g^{-1}$ cinsinden tahmin etmek amacıyla, yukarıda belirtildiği gibi Angstrom- Prescott denklemleri kullanılmış ve Bölüm 3.2.1’de (3.6), (3.7), (3.8), (3.9), (3.10), (3.11), (3.12), (3.13), (3.14) ve (3.15) eşitlikleri ile verilen toplam toplam on tane model (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) geliştirilmiştir. Yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışıyımının tahmini için geliştirilen modelleri (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) oluşturmak için ampirik Angstrom- Prescott denklem katsayıları (yani a_i , b_i , c_i , d_i ve e_i) belirlenmiştir. Model hesaplamalarında yatay yüzeyde ölçülen aylık ortalama günlük toplam güneş ışıyımı ($MJm^{-2}g^{-1}$) ile birlikte Çizelge 4.1 ile Çizelge 4.11 arasında verilen deklinasyon açısı (δ), atmosfer dışı (H_0) güneş ışıyımı, S/S_0 , T_{min} , T_{ort} , T_{mak} ve BN ile enlem (ϕ) değerleri kullanılmıştır. Geliştirilen modellerin

regresyon analizleri yapılarak modellerin a , b , c , d ve e regresyon katsayıları en küçük kareler yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Geliştirilen Angstrom-Prescott denklemlerinin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) katsayıları (a_i , b_i , c_i , d_i , e_i) Çizelge 4.12’de verilmiştir. Çizelge 4.12’den görüldüğü gibi, dört model (H_{M1} , H_{M5} , H_{M6} ve H_{M8}) sadece a_i ve b_i katsayılarına, üç model (H_{M2} , H_{M7} ve H_{M9}) a_i , b_i ve c_i katsayılarına, iki model (H_{M3} ve H_{M10}) a_i , b_i , c_i ve d_i katsayılarına ve bir model de (H_{M4}) a_i , b_i , c_i , d_i ve e_i katsayılarına bağlıdır.

Geliştirilen modellerden (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) hesaplanan güneş ışıınımı değerlerinin ölçülmüş toplam güneş ışıınım değerleri (MGM’den) ile karşılaştırmak ve doğruluklarını test etmek amacıyla, Bölüm 3.2.1’de verilen (3.17) ve (3.18) eşitlikleri kullanılarak R^2 korelasyon ve bağıl yüzde hata (e , % Hata) değerlerinin yanı sıra (3.19), (3.20) ve (3.21) eşitlikleri kullanılarak MBE, RMSE ve t-istatistik (t-ist) metodu gibi istatistiksel test yöntemlerine başvurulmuştur. Eşitlik (3.21)’de verildiği t-istatistik formülü RMSE ve MBE istatistiksel değerlerine bağlıdır. RMSE ve MBE değerlerinin ortalamalara oranları ile t-istatistiği toplamaları kullanılarak elde edilen istatistiksel sıralama puanları “Rank Skor” belirlenmiş (Eşitlik 3.22) ve elde edilen sıralama puanlarına göre modeller küçükten büyüğe doğru sıralanmış ve buna göre her il için en iyi modelin hangisi olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. MBE’nin negatif değer olması elde edilen hesaplanmış tahmini değerlerin ortalamadan daha düşük tahmin miktarına sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle karşılaştırma yapılırken MBE’nin mutlak değeri alınmakta ve mutlak MBE’nin sıfıra en yakın değer performansın en iyi sonuç verdiğini gösterir (Ahmad ve Tiwari, 2010).

İstatistiksel hesaplamalar yapılırken literatürde verilen t-istatistik tabloları kullanılmış ve bu tablolardaki t-kritik değerlerine bakılmıştır. Tüm modeller için güven sınırları (manidarlık düzeyleri, Confidence limit) olarak %95 alınmıştır. t değerleri tablolarından tek yönlü (one-tail) ya da iki yönlü (two-tails) hipotezler kullanılarak serbestlik derecesine (df) ($N-1$) göre t-kritik değeri belirlenmektedir. Buna göre, her modelden $N=12$ ay olarak hesaplanan güneş ışıınım değerleri için t-kritik değerleri, t değerleri tablosundan serbestlik derece ($N-1 = 11$) satırına karşılık gelen 11. satır ile %95 güven sınırın bulunduğu (tek yönlü test için $\alpha_{1/2} = 0.025$ ve iki yönlü test için $\alpha = 0.05$) sütunun kesiştiği noktadaki t-kritik değeri 2.201 olarak verilmektedir. Burada N yılın aylarını temsil etmektedir. Geliştirilen tüm güneş

ışınım modelleri (H_{Mi}) için t-istatistik değerlerinin güvenilir olup olmadığına bu istatistik tablolarındaki t-kritik değerine bakılarak karar verilmiştir. Eğer her modeller için belirlenen t değerleri t-kritik değerinden küçükse modelin güvenli olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, MGM'den 1985-2010 (26 yıl) yılları arasında alınan ölçülmüş aylık ortalama değerleri (H_{MGM}) her il için geliştirilen modeller (H_{Mi}) ile tek tek karşılaştırılmış ve aşağıda detaylı olarak çizelgeler ve grafikler ile verilmiş ve sonuçlar tartışılmıştır. Grafiklerde ölçülen H_{MGM} değişimleri kırmızı renkli içi dolu çemberle temsil edilirken, modellerden hesaplanan H_{Mi} değişimleri ise mavi renkli içi boş çemberle temsil edilmişlerdir. Her grafiğin sol üst köşesinde illerin isimleri ve hesaplanan H_{Mi} (H_{M1} , H_{M2} , H_M , ..., H_{M10}) isimleri verilmiştir.

Ayrıca, her ölçüm istasyonu için ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan (H_{Mi}) toplam güneş ışıınım değerleri arasındaki korelasyon ilişkilerine de bakılmış ve grafikler elde edilmiştir. Grafiklerin yatay eksenleri ölçülen (H_{MGM}) ve dikey eksenler ise hesaplanan (H_{Mi}) aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımını göstermektedir. Grafiklerin sol üst köşelerinde illerin isimleri, hesaplanan H_{Mi} isimleri, regresyon eşitlikleri ($y = mx+n$) ve korelasyon (R^2) verilmiştir. Burada x, ölçülen (H_{MGM}) değerlerini gösterirken y ise modellerden $MJm^{-2}g^{-1}$ cinsinden hesaplanan (H_{Mi}) değerleri göstermektedir.

Çizelge 4.12. Eşitlik (3.6) ile Eşitlik (3.15) arasında denklemlerin katsayıları

		H_{M1}	H_{M2}	H_{M3}	H_{M4}	H_{M5}	H_{M6}	H_{M7}	H_{M8}	H_{M9}	H_{M10}
Gaziantep	a	0.273	0.150	0.260	0.300	0.560	0.170	0.100	0.755	0.520	0.140
	b	0.280	0.620	0.220	-0.024	0.490	0.150	0.098	-0.527	0.145	0.015
	c	-	-0.230	0.125	0.500	-	-	0.080	-	0.025	0.100
	d	-	-	0.005	0.020	-	-	-	-	-	0.020
	e	-	-	-	-0.250	-	-	-	-	-	-
Adıyaman	a	0.230	0.180	0.240	0.340	0.530	0.130	0.100	0.560	0.510	0.350
	b	0.310	0.565	0.190	0.015	0.490	0.160	0.098	-0.267	0.110	-0.160
	c	-	-0.250	0.124	0.280	-	-	0.080	-	0.036	0.024
	d	-	-	0.010	0.028	-	-	-	-	-	0.012
	e	-	-	-	-0.190	-	-	-	-	-	-
Kilis	a	0.380	0.310	0.300	0.340	0.670	0.210	0.200	0.940	0.540	0.484
	b	0.280	0.190	0.260	-0.021	0.620	0.180	0.098	-0.750	0.125	-0.280
	c	-	0.230	0.160	0.510	-	-	0.080	-	0.150	0.125
	d	-	-	0.020	0.140	-	-	-	-	-	0.013
	e	-	-	-	-0.260	-	-	-	-	-	-
Şanlı Urfa	a	0.380	0.260	0.340	0.350	0.620	0.190	0.180	0.730	0.660	0.140
	b	0.250	0.520	0.320	0.040	0.400	0.180	0.090	-0.325	0.150	0.150
	c	-	-0.140	-0.025	0.620	-	-	0.090	-	0.035	0.160
	d	-	-	0.021	0.024	-	-	-	-	-	0.020
	e	-	-	-	-0.500	-	-	-	-	-	-
Batman	a	0.370	0.280	0.340	0.350	0.530	0.190	0.110	0.565	0.560	0.180
	b	0.150	0.270	0.130	-0.023	0.310	0.140	0.078	-0.195	0.120	0.070
	c	-	0.010	0.070	0.430	-	-	0.085	-	0.013	0.021
	d	-	-	0.010	0.023	-	-	-	-	-	0.020
	e	-	-	-	-0.290	-	-	-	-	-	-
Siirt	a	0.390	0.360	-	0.350	0.540	0.190	0.160	0.564	0.570	0.160
	b	0.160	0.170	-	-0.028	0.261	0.150	0.098	-0.151	0.130	0.154
	c	-	0.030	-	0.500	-	-	0.080	-	0.014	0.060
	d	-	-	-	0.029	-	-	-	-	-	0.020
	e	-	-	-	-0.360	-	-	-	-	-	-
Tunceli	a	0.440	0.340	-	0.340	0.750	0.200	0.187	0.850	0.620	0.370
	b	0.230	0.280	-	-0.028	0.800	0.200	0.095	-0.490	0.180	-0.147
	c	-	0.130	-	0.820	-	-	0.090	-	0.104	0.015
	d	-	-	-	0.024	-	-	-	-	-	0.020
	e	-	-	-	-0.450	-	-	-	-	-	-
Mardin	a	0.490	0.350	-	0.370	0.720	0.300	0.190	0.700	0.680	0.430
	b	0.180	0.290	-	-0.029	0.710	0.150	0.090	-0.250	0.130	-0.177
	c	-	0.100	-	0.650	-	-	0.120	-	0.071	0.110
	d	-	-	-	0.027	-	-	-	-	-	0.020
	e	-	-	-	-0.320	-	-	-	-	-	-
Bingöl	a	0.440	0.350	-	0.420	0.700	0.340	0.210	0.670	0.640	0.290
	b	0.220	0.260	-	-0.024	0.600	0.120	0.098	-0.250	0.190	-0.100
	c	-	0.180	-	0.500	0.600	-	0.080	-	0.040	0.020
	d	-	-	-	0.020	-	-	-	-	-	0.023
	e	-	-	-	-0.250	-	-	-	-	-	-
Elazığ	a	0.410	0.370	-	0.470	0.690	0.300	0.240	0.700	0.690	0.340
	b	0.270	0.200	-	-0.040	0.520	0.150	0.098	-0.250	0.170	-0.050
	c	-	0.160	-	0.350	-	-	0.080	-	0.026	0.020
	d	-	-	-	0.120	-	-	-	-	-	0.020
	e	-	-	-	-0.250	-	-	-	-	-	-
Diyarbakır	a	0.490	0.380	-	0.423	0.680	0.210	0.220	0.700	0.592	0.340
	b	0.160	0.220	-	-0.029	0.500	0.190	0.098	-0.250	0.150	-0.110
	c	-	0.115	-	0.500	-	-	0.080	-	0.131	0.010
	d	-	-	-	0.020	-	-	-	-	-	0.020
	e	-	-	-	-0.250	-	-	-	-	-	-

4.1 Gaziantep İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri

Gaziantep iline ait meteorolojik verilerin aylara göre yıllık ortalamaları izelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde aylık ortalama günlük güneşlenme süresi (S) Ocak ve Aralık aylarında 3.6 saat ile en düşük olarak ölçülürken Haziran (10.4 saat) ve Temmuz (10.8 saat) aylarında en yüksek (yılılık ortalama 7.4 saat) olarak kaydedilmiştir. Benzer şekilde, Eşitlik (3.5) kullanılarak aylık ortalama maksimum gün uzunluğu (S_0) en düşük Ocak (9.76 saat) ve Aralık (9.50 saat) aylarında ölçülürken Haziran (14.50 saat) ve Temmuz (14.27 saat) (yılılık ortalama 12.21 saat) en yüksek olarak hesaplanmıştır. S/S_0 oranı 0.37–0.76 aralığındadır. Aylık ortalama sıcaklık Ocak ayında 3.1°C ile Temmuz ayında 28.0 °C arasında değişmekte olup, yıllık ortalama 16.35 °C’dır. Aylık ortalama bağıl nem %49.07’den (Temmuz) %75.65’a (Aralık) kadar (yılılık ortalama değer %60.35) değişmektedir.

Gaziantep ili için (3.6), (3.7), (3.8), (3.9), (3.10), (3.11), (3.12), (3.13), (3.14) ve (3.15) eşitlikleri ile verilen modellerin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) Angstrom-Prescott denklem katsayıları (a , b , c , d ve e) izelge 4.12’de verilmiştir.

Gaziantep iline ait yatay yüzeyde llen (H_{MGM}) ve modellerden (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışınım değerleri aylara göre değişimi izelge 4.13’de verilmiştir. Çizelge 4.13’de verilen değerler kullanılarak, ölçülen ve hesaplanan (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) aylık ortalama günlük toplam güneş ışınım ($MJm^{-2}g^{-1}$) grafikleri ayrı ayrı elde edilmiş ve şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.13 ve şekil 4.1 incelendiğinde, ölçülen toplam güneş ışınımı (H_{MGM}) 4.97 $MJm^{-2}g^{-1}$ (Aralık ayında) ile 20.78 $MJm^{-2}g^{-1}$ (Temmuz ayında) (ortalama 13.12 $MJm^{-2}g^{-1}$) arasında değişir. Eşitlik 3.16’dan belirlenen Parlaklık indeksi ($K_T = H_{MGM}/H_0$) 0.32 ile 0.48 aralığında değişmiştir. Benzer şekilde, izelge 4.13 incelendiğinde modellerden hesaplanan toplam güneş ışınımı değerlerinin Aralık ve Ocak aylarında en düşük değerler alırken Haziran ve Temmuz aylarında en yüksek değerler aldığı görülmektedir.

Gaziantep ili için geliştirilen modellerin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) performansı için R^2 ve bağıl yüzde hataları, istatistiksel test sonuçlarını ve sıralama puanlarını izelge 4.14’de verilmiştir. Çizelge 4.14 incelendiğinde, Gaziantep ili için korelasyon

değerlerinin % 98.0 (H_{M9}) ile % 99.8 (H_{M7}) aralığında ve bağıl yüzde hata değerlerinin ise %0.222 (H_{M8}) ile %1.479 (H_{M2}) aralığında olduğu görülmektedir. Korelasyon katsayıları ile bağıl yüzde hata değerleri göz önüne alındığında yapılan modellerin oldukça uyumlu olduğu görülmektedir.

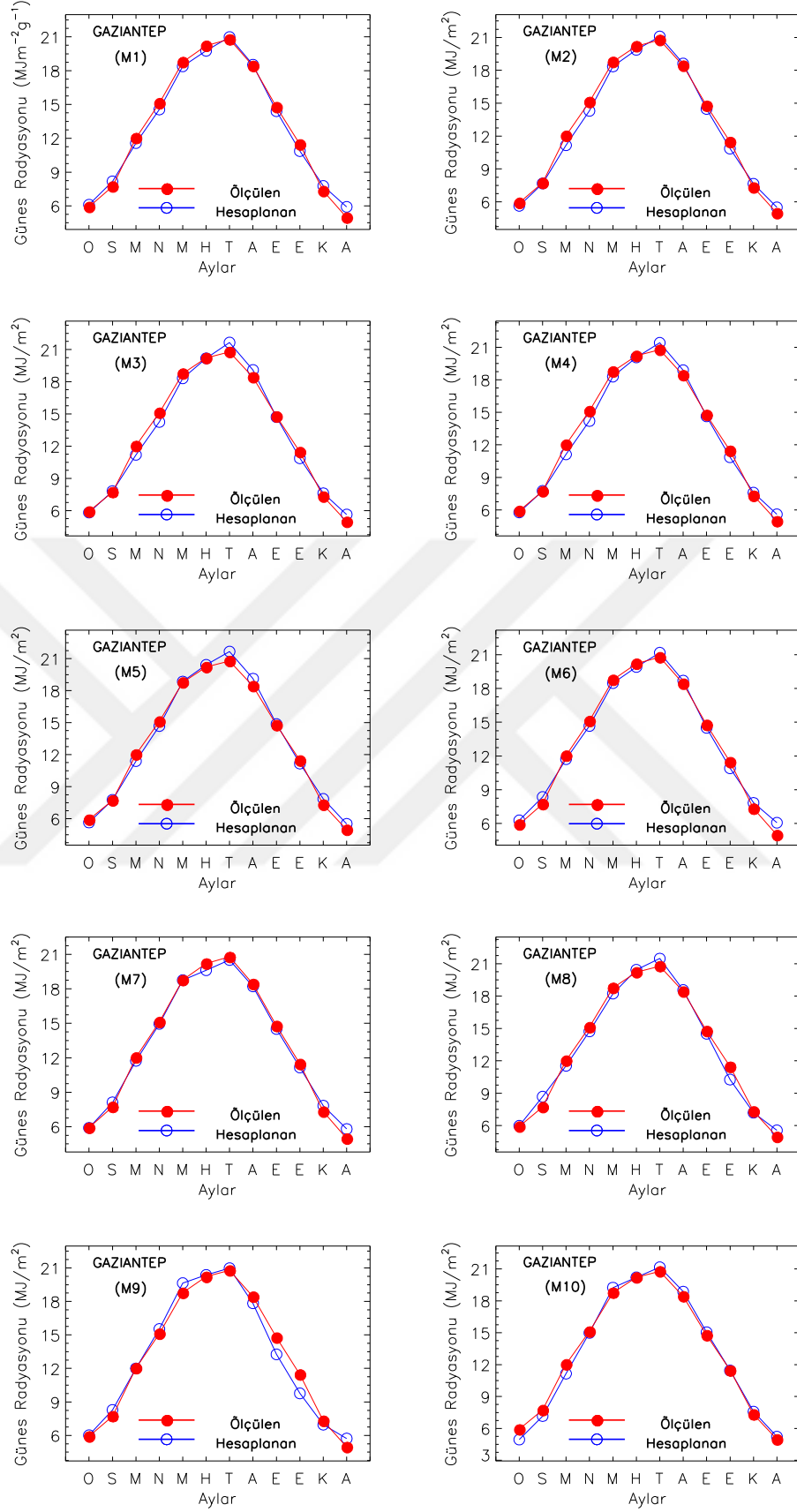
Çizelge 4.13. Gaziantep iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama güneş ışınlamı ($MJm^{-2}g^{-1}$)

AY	H_{MGM}	H_{M1}	H_{M2}	H_{M3}	H_{M4}	H_{M5}	H_{M6}	H_{M7}	H_{M8}	H_{M9}	H_{M10}
Ocak	5.92	6.11	5.64	5.82	5.77	5.64	6.28	5.90	5.99	6.02	4.95
Şubat	7.73	8.17	7.68	7.82	7.76	7.77	8.36	8.12	8.68	8.28	7.16
Mart	12.03	11.57	11.16	11.19	11.12	11.40	11.72	11.73	11.54	12.00	11.15
Nisan	15.12	14.55	14.30	14.25	14.20	14.68	14.67	14.95	14.73	15.53	14.98
Mayıs	18.77	18.38	18.35	18.32	18.30	18.85	18.48	18.75	18.23	19.64	19.24
Haziran	20.21	19.76	19.87	20.18	20.07	20.41	19.91	19.62	20.43	20.37	20.20
Temmuz	20.78	20.98	21.09	21.64	21.41	21.66	21.18	20.51	21.47	20.97	21.16
Ağustos	18.43	18.52	18.62	19.09	18.89	19.12	18.70	18.21	18.56	17.83	18.86
Eylül	14.77	14.40	14.47	14.71	14.63	14.87	14.50	14.50	14.51	13.26	15.05
Ekim	11.46	10.86	10.86	10.87	10.86	11.16	10.91	11.16	10.26	9.76	11.44
Kasım	7.32	7.77	7.65	7.62	7.59	7.85	7.83	7.83	7.20	6.96	7.58
Aralık	4.97	5.92	5.49	5.64	5.60	5.52	6.07	5.80	5.56	5.72	5.22
Ort.	13.12	13.08	12.93	13.10	13.02	13.24	13.22	13.09	13.10	13.03	13.08

Çizelge 4.14 incelendiğinde, t-ist değerleri en düşük 0.168 (H_{M8}) ve en yüksek 1.467 (H_{M2}) aralığında değişmektedir. Bu değerler t-istatistik tablolarında verilen t-kritik değerinden (t-kritik = 2.201) daha küçük olduğundan Gaziantep için geliştirilen modellerin tamamının (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) güvenli olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.14. Gaziantep iline ait modellerden hesaplanan korelasyon ve istatistiksel hata sonuçları

Model	R^2	e	RMSE	MBE	t-ist	Rank Skor	Rank
H_{M1}	0.994	0.330	0.481	-0.043	0.300	0.340	5
H_{M2}	0.994	1.479	0.480	-0.194	1.467	1.520	10
H_{M3}	0.990	0.229	0.559	-0.030	0.178	0.223	2
H_{M4}	0.991	0.832	0.532	-0.109	0.695	0.745	8
H_{M5}	0.994	0.902	0.470	0.118	0.863	0.907	9
H_{M6}	0.994	0.698	0.506	0.092	0.610	0.656	7
H_{M7}	0.998	0.273	0.393	-0.036	0.304	0.337	3
H_{M8}	0.989	0.222	0.578	-0.029	0.168	0.214	1
H_{M9}	0.980	0.743	0.792	-0.098	0.412	0.480	6
H_{M10}	0.995	0.330	0.485	-0.043	0.298	0.338	4

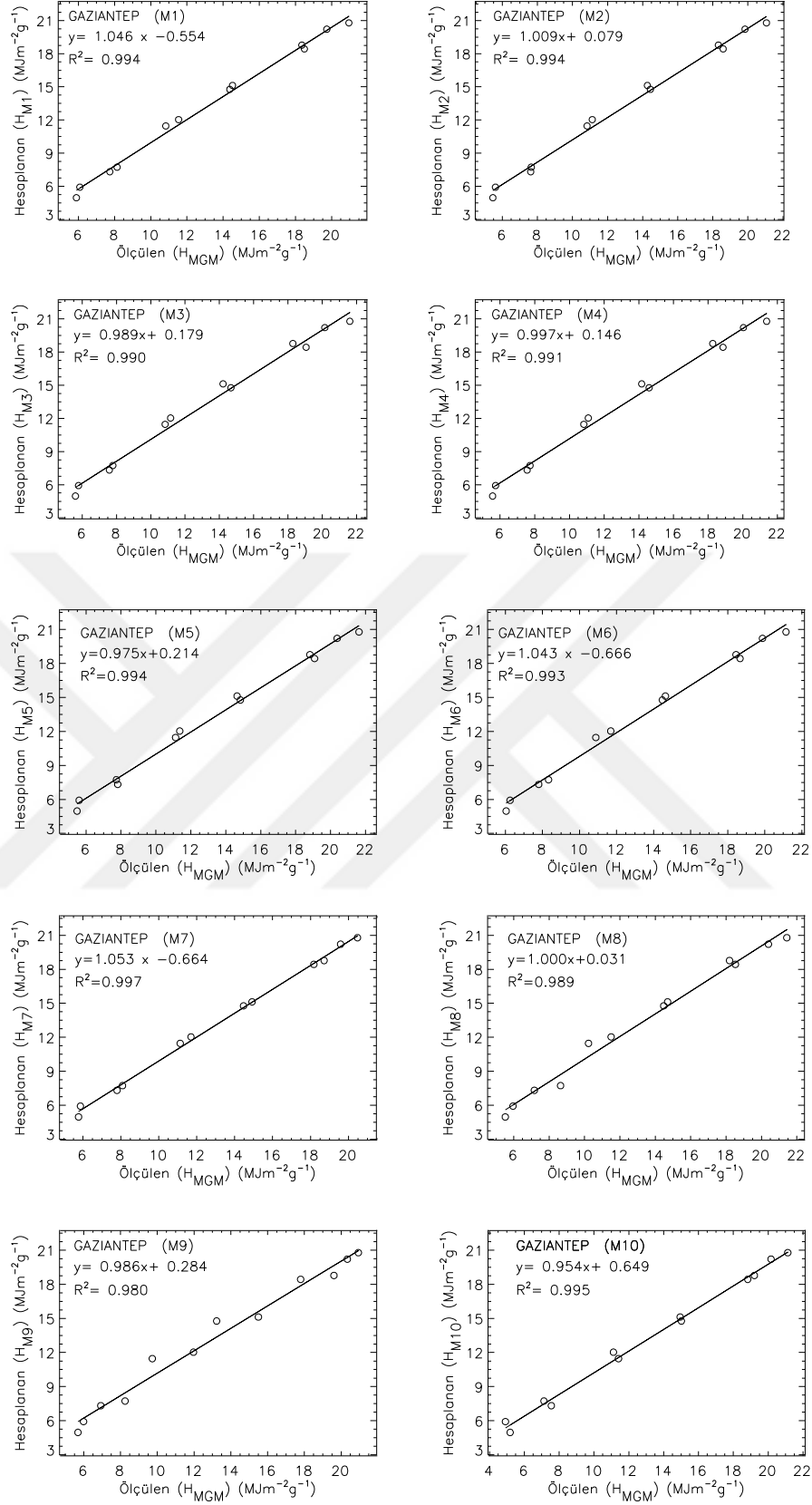


Şekil 4.1. Gaziantep iline ait ölçülen (HMGM) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlamı ($\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$)

Çizelge 4.14 incelendiğinde, modellerden hesaplanan RMSE istatistiksel değerleri en düşük $0.393 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (H_{M7}) ile en yüksek $0.792 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (H_{M9}) aralığında iken mutlak MBE değerlerinin ise $0.029 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (H_{M8}) ile $0.194 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (H_{M2}) arasında değiştiği görülmektedir. RMSE istatistiksel değerleri göz önüne alındığında, geliştirilen modellerden en iyi performansı Model-7 (H_{M7}) gösterirken, en zayıf performansı ise Model-9 (H_{M9}) göstermektedir. Mutlak MBE'ye göre ise en iyi performansı Model-8 (H_{M8}) gösterirken, en zayıf performansı da Model-2 (H_{M2}) göstermektedir. Ancak, Bölüm 3.2.3.5'de belirtildiği gibi daha güvenilir sonuç almak için MBE ve RMSE'nin birlikte kullanıldığı t-istatistiği (Eş. 3.21) ve buna bağlı olarak Rank Skoru (sıralama puanı) (Eş. 3.22) kullanılmalıdır (Stone, 1993; Jacovides, 1995; Almorox, 2005; Mubiru vd., 2007; Bakırcı, 2017).

Bu modellerden en iyi performansın hangi model olduğu göstermek için sıralama (rank) yöntemine bakılmıştır. Buna göre, Çizelge 4.14'deki son sütunda verilen sıralama puanlarına göre 1 numaralı en iyi performansın Model-8 ($t\text{-ist} = 0.168$) ve daha sonra en iyi ikinci sıralamanın ise Model-3 ($t\text{-ist} = 0.178$) olduğu gözlenmiştir. Gaziantep için en zayıf performansın Model-2 ($t\text{-ist} = 1.467$) (H_{M2}) (10 numaralı) olduğu görülmüştür.

Eşitlik (3.13) ile verilen Model 8 (H_{M8}), yüzde olarak Bağıl Neme (BN) bağlı doğrusal bir eşitliktir. Ayrıca, (3.8) eşitliği ile verilen Model-3 (H_{M3}) S/S_o 'ın üçüncü dereceden kübik eşitliğine de bağlıdır. Dolayısıyla güneş ışıınımı değerlerinin BN (%) ve S/S_o ile yakın ilişkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.2. Gaziantep iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi

Sonuç olarak, Gaziantep için Çizelge 4.13’den ölçülen (H_{MGM}) toplam güneş ışıını değelerinin $4.97 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Aralık) ile $20.78 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Temmuz) arasında (ort. = $13.12 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) olduğunu ve Model 8’den (H_{M8}) hesaplanan en iyi toplam güneş ışıını değelerinin $5.56 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Aralık) ile $21.47 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Temmuz) arasında (ort. = $13.10 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de görüldüğü gibi aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınının ölçülen (H_{MGM}) ve Model 8’den (H_{M8}) hesaplanan değelerinin bir birine oldukça benzer olduğu ve aralarında $H_{M8} = H_{MGM} + 0.031$ ile verilen doğrusal bir ilişki olduğu ve korelasyonun (R^2) % 98.9 olduğu görülmektedir. Ayrıca, Çizelge 4.14 hesaplanan H_{M8} ile H_{MGM} değelerinin mutlak yüzde hatası oldukça düşüktür ($e = \% 0.222$).

4.2 Adıyaman İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri

Adıyaman iline ait meteorolojik verilerin aylara göre yıllık ortalamaları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde aylık ortalama günlük güneşlenme süresi (S) Ocak ve Aralık aylarında 3.8 saat ile en düşük olarak ölçülürken Haziran (11.60 saat) ve Temmuz (12.10 saat) aylarında en yüksek (yıllık ortalama 8.01 saat) olarak kaydedilmiştir. Benzer şekilde, Eşitlik (3.5) kullanılarak aylık olarak günlük olası maksimum güneşlenme süresi (S_0), en düşük Ocak (9.70 saat) ve Aralık (9.43 saat) aylarında ölçülürken Haziran (14.57 saat) ve Temmuz (14.33 saat) (yıllık ortalama 12.21 saat) en yüksek olarak hesaplanmıştır. S/S_0 oranı 0.39–0.84 aralığındadır. Aylık ortalama sıcaklık Ocak ayında 4.60°C ile Temmuz ayında 31.0°C arasında değişmekte olup, yıllık ortalama 18.53°C ’dir. Aylık ortalama bağıl nem %28.43’den Aralık %67.98’a kadar değişir ve yıllık ortalama değer %47.21’dir.

Adıyaman ili için Angstrom-Prescott denklemlerinin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) katsayıları (a , b , c , d ve e) Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Adıyaman iline ait yatay yüzeyde ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıını değeleri aylara göre değişimi Çizelge 4.15’de verilmiştir. Çizelge 4.15’de verilen değeler kullanılarak, ölçülen ve hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıını ($\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) grafikleri ayrı ayrı elde edilmiş ve Şekil 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Adıyaman iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama güneş ışıınımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)

AY	H_{MGM}	H_{M1}	H_{M2}	H_{M3}	H_{M4}	H_{M5}	H_{M6}	H_{M7}	H_{M8}	H_{M9}	H_{M10}
Ocak	4.67	5.56	5.74	5.29	6.11	5.23	5.80	5.61	6.07	5.98	5.31
Şubat	7.78	7.58	7.86	7.21	8.21	7.32	7.84	7.67	8.36	8.21	7.42
Mart	11.46	10.85	11.27	10.35	11.55	10.76	11.11	11.14	11.43	11.79	10.70
Nisan	14.55	13.87	14.36	13.30	14.51	13.98	14.09	14.34	14.34	15.15	13.93
Mayıs	18.70	17.97	18.35	17.47	18.34	18.26	18.17	18.42	17.89	19.08	17.99
Haziran	19.99	19.90	19.67	19.82	19.50	20.10	20.23	19.73	19.74	19.83	19.83
Temmuz	20.03	21.26	20.71	21.40	20.44	21.36	21.72	20.93	20.94	20.48	21.19
Ağustos	18.14	18.72	18.25	18.83	18.01	18.81	19.12	18.44	18.22	17.51	18.53
Eylül	15.11	14.32	14.17	14.25	14.04	14.46	14.55	14.34	14.17	13.12	14.39
Ekim	10.61	10.27	10.51	9.98	10.51	10.44	10.39	10.41	10.21	9.69	10.13
Kasım	7.50	7.13	7.39	6.82	7.49	7.16	7.25	7.15	7.20	6.93	6.80
Aralık	4.93	5.39	5.57	5.12	5.89	5.11	5.61	5.39	5.74	5.69	5.11
Ort.	12.79	12.74	12.82	12.49	12.88	12.75	12.99	12.80	12.86	12.79	12.61

Çizelge 4.15 ve Şekil 4.3 incelendiğinde, MGM'den elde edilen ölçülen toplam güneş ışıınımı (H_{MGM}) $4.67 MJm^{-2}g^{-1}$ (Ocak ayında) ile $20.03 MJm^{-2}g^{-1}$ (Temmuz ayında) (ortalama $12.79 MJm^{-2}g^{-1}$) arasında değişir. Parlaklık indeksi ($K_T = H_{MGM}/H_0$) 0.29 ile 0.50 aralığında değişmiştir. Benzer şekilde, Çizelge 4.15 incelendiğinde modellerden hesaplanan toplam güneş ışıınımı değerlerinin Aralık ve Ocak aylarında en düşük değerler alırken Haziran ve Temmuz aylarında en yüksek değeri aldığı görülmektedir.

Adıyaman ili için ölçülen ve hesaplanan toplam güneş ışıınım değerleri arasındaki korelasyon ilişkisine bakılmış ve doğrusal korelasyon ilişkileri Şekil 4.4'de verilmiştir. Modellerden hesaplanan değerlerin performansı için belirlenen R^2 ve bağıl yüzde hataları, istatistiksel test sonuçlarını ve sıralama puanlarını Çizelge 4.16'de verilmiştir. Çizelge 4.16 incelendiğinde, Adıyaman ili için korelasyon değerlerinin % 97.60 (H_{M9}) ile % 99.22 (H_{M2}) aralığında ve bağıl yüzde hata (e) değerlerinin ise % 0.007 (H_{M9}) ile %2.365 (H_{M3}) aralığında olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.16 incelendiğinde, modellerden hesaplanan RMSE istatistiksel değerleri en düşük $0.505 MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M7}) ile en yüksek $0.868 MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M3}) aralığında iken mutlak MBE değerlerinin ise $0.008 MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M9}) ile $0.303 MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M3}) arasında değiştiği görülmektedir. RMSE istatistiksel değerleri göz önüne alındığında, geliştirilen modellerden en iyi performansı Model-7 (H_{M7}) gösterirken, en zayıf performansı ise Model-9 (H_{M9}) göstermektedir. Mutlak MBE'ye göre ise en iyi performansı Model-9 (H_{M9}) gösterirken, en zayıf performansı da Model-3 (H_{M3})

göstermektedir. Ancak, Bölüm 3.2.3.5’de belirtildiği gibi daha güvenilir sonuç almak için MBE ve RMSE’nin birlikte kullanıldığı t-istatistiği (Eş. 3.21) ve buna bağlı olarak Rank Skoru (sıralama puanı) (Eş. 3.22) kullanılmalıdır (Stone, 1993; Jacovides, 1995; Almorox, 2005; Mubiru vd., 2007; Bakırcı, 2017).

Çizelge 4.16. Adıyaman iline ait modellerden hesaplanan korelasyon, istatistiksel hata ve rank sonuçları

Model	R ²	e	RMSE	MBE	t-ist	RankSkor	Rank
H _{M1}	0.986	0.424	0.655	-0.054	0.275	0.331	5
H _{M2}	0.992	0.248	0.520	0.032	0.203	0.246	3
H _{M3}	0.979	2.365	0.868	-0.303	1.234	1.327	10
H _{M4}	0.991	0.736	0.639	0.094	0.494	0.551	7
H _{M5}	0.989	0.313	0.603	-0.040	0.221	0.271	4
H _{M6}	0.983	1.570	0.745	0.201	0.929	1.002	8
H _{M7}	0.992	0.065	0.505	0.008	0.055	0.095	2
H _{M8}	0.986	0.547	0.688	0.070	0.339	0.398	6
H _{M9}	0.976	0.007	0.859	-0.001	0.003	0.070	1
H _{M10}	0.988	1.394	0.632	-0.178	0.975	1.039	9

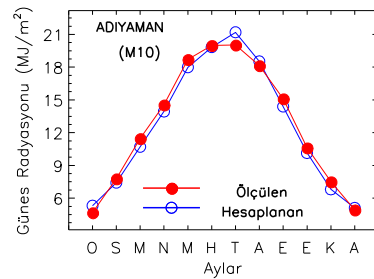
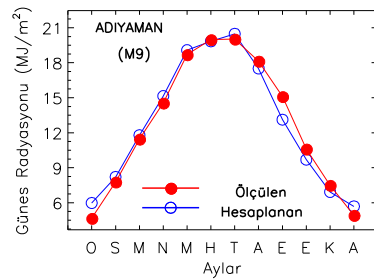
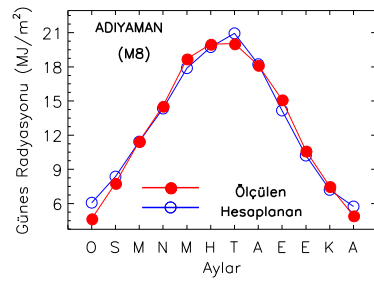
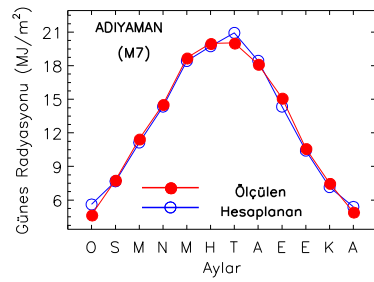
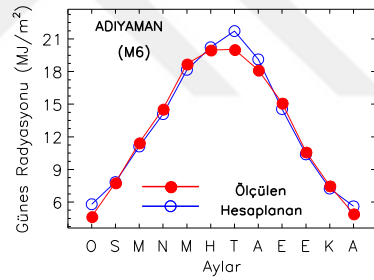
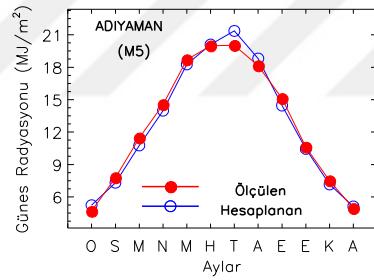
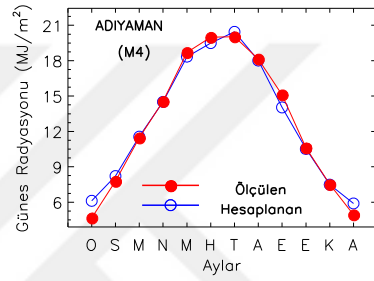
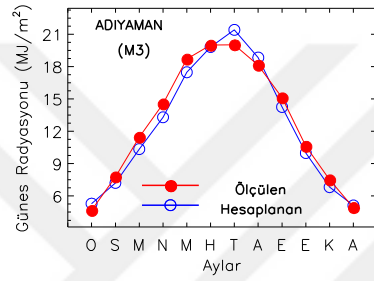
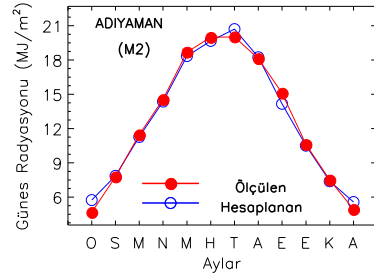
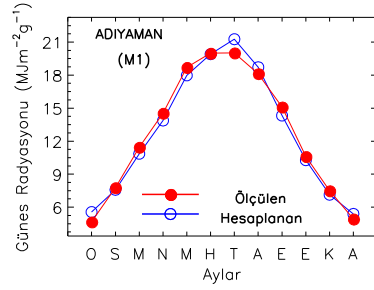
Çizelge 4.16 incelendiğinde, t-ist değerleri en düşük 0.0032 (H_{M9}) ve en yüksek 1.234 (H_{M3}) aralığında değişmektedir. Tüm modeller için elde edilen t-ist değerleri t-kritik değerinden (kritik-t = 2.201) daha küçük olduğundan, Adıyaman ili için geliştirilen modellerin tamamının (H_{M1}, H_{M2}, H_{M3}, ..., H_{M10}) güvenli olduğu söylenebilir.

En iyi performans gösteren modeli belirlemek için sıralama (rank) yöntemi kullanılmıştır. Buna göre, Çizelge 4.16’da son sütunda verilen sıralama puanlarına göre 1 numaralı en iyi performansı Model-9 (t-ist = 0.003) ve daha sonra 2 numaralı sıralama puanına bakıldığında Model-7 (t-ist = 0.056) olduğu gözlenmiştir. Adıyaman için en zayıf performansı Model-3 (t-ist = 1.234) (H_{M3}) (10 numaralı rank) göstermiştir.

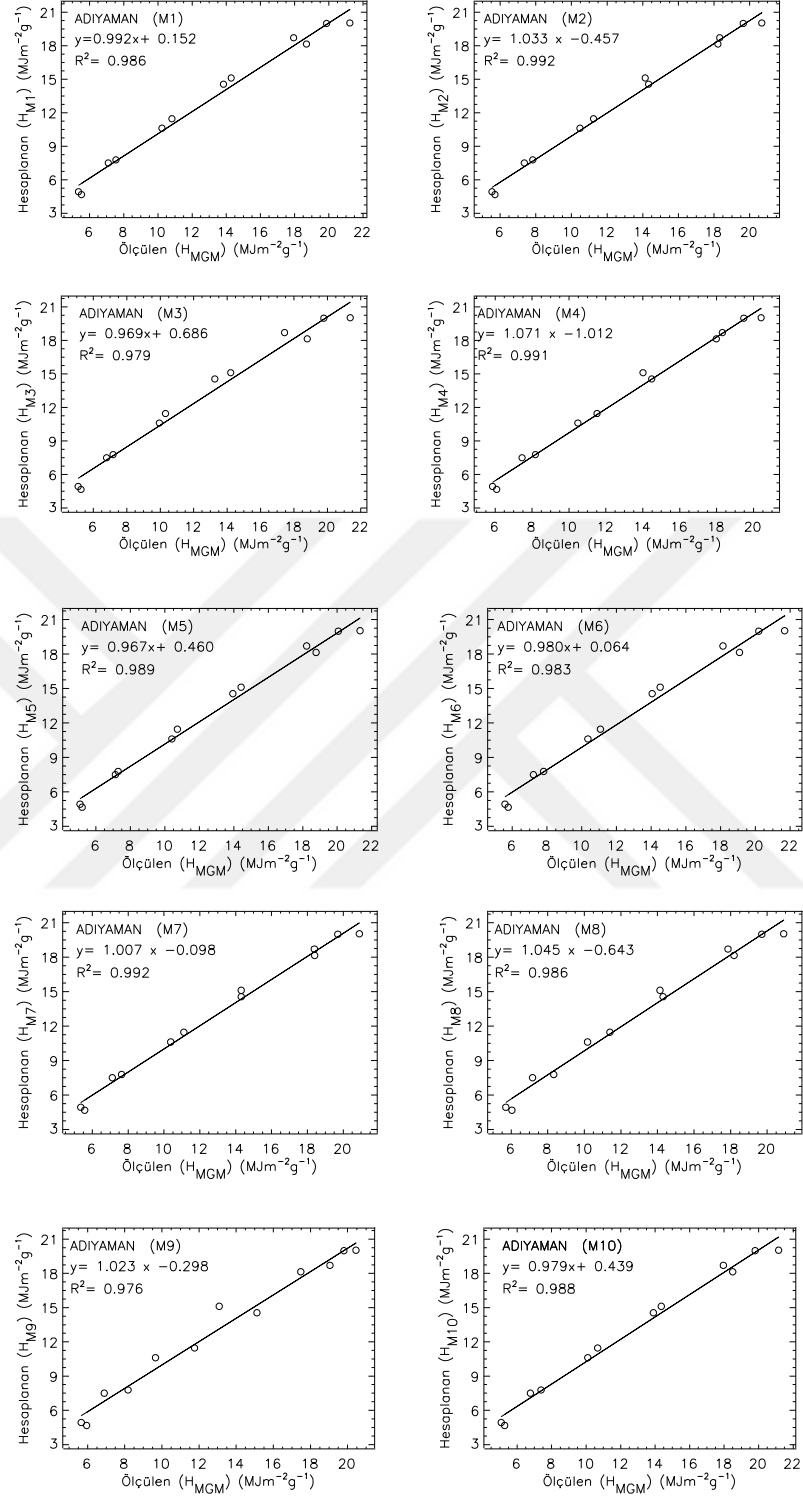
Eşitlik (3.14) ile verilen Model 9 (H_{M9}), ϕ , δ ve S/S_0 ’a bağlı bir eşitliktir. Ayrıca, (3.12) eşitliği ile verilen Model-7 (H_{M7}) S/S_0 ve sıcaklığa bağlıdır. Dolayısıyla güneş ışıınımı değerlerinin ϕ , δ ve S/S_0 ve sıcaklık ile yakın ilişkili olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, Adıyaman için Çizelge 4.15’den ölçülen (H_{MGM}) toplam güneş ışıınımı değerlerinin $4.67 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Ocak) ile $20.03 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Temmuz) arasında (ort. =

12.79 MJm⁻²g⁻¹) olduğunu ve Model 9'den (H_{M9}) hesaplanan en iyi toplam güneş ışıınımlı değerlerinin 5.69 MJm⁻²g⁻¹ (Aralık) ile 20.48 MJm⁻²g⁻¹ (Temmuz) arasında (ort. = 12.79 MJm⁻²g⁻¹) olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.3. Adıyaman iline ait ölçülen (HMGM) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlamı ($\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$)



Şekil 4.4. Adıyaman iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de görüldüğü gibi aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlamalarının ölçülen (H_{MGM}) ve Model 9’dan (H_{M9}) hesaplanan değerlerinin bir birine oldukça benzer olduğu ve aralarında $H_{M9} = 1.023H_{MGM} - 0.298$ ile verilen doğrusal bir ilişki olduğu ve korelasyonun (R^2) % 97.6 olduğu görülmektedir. Ayrıca, Çizelge 4.16 hesaplanan H_{M9} ile H_{MGM} değerlerinin mutlak yüzde hatası oldukça düşüktür ($e = \% 0.007$).

4.3 Kilis İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri

Kilis iline ait meteorolojik verilerin aylara göre yıllık ortalamaları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Çizelge 4.3 incelendiğinde aylık ortalama günlük güneşlenme süresi (S) Aralık ayında 3.7 saat ve Ocak ayında 3.8 saat ile en düşük olarak ölçülürken Haziran (11.20 saat) ve Temmuz (11.60 saat) aylarında en yüksek (yıllık ortalama 8.0 saat) olarak kaydedilmiştir. Benzer şekilde, Eşitlik (3.5) kullanılarak aylık olarak günlük olası güneşlenme süresi (S_0), en düşük Aralık (9.53 saat) ve Ocak (9.79 saat) aylarında ölçülürken Haziran (14.47 saat) ve Temmuz (14.24 saat) (yıllık ortalama 12.20 saat) en yüksek olarak hesaplanmıştır. S/S_0 oranı 0.39–0.82 aralığındadır. Aylık ortalama sıcaklık Ocak ayında 5.80 °C ile Temmuz ve Ağustos ayında 28.1 °C arasında değişmekte olup, yıllık ortalama 18.27 °C’dir. Aylık ortalama bağıl nem %42.80’den Aralık %67.13’e kadar değişir ve yıllık ortalama değer %51.51’dir.

Kilis ili için Angstrom-Prescott denklemlerinin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) katsayıları (a , b , c , d ve e) Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.17’de Kilis iline ait yatay yüzeyde ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlamaları aylara göre değişimi verilmiştir. Çizelge 4.17’de verilen değerler kullanılarak, ölçülen ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlamaları ($MJm^{-2}g^{-1}$) grafikleri Şekil 4.5’de verilmiştir.

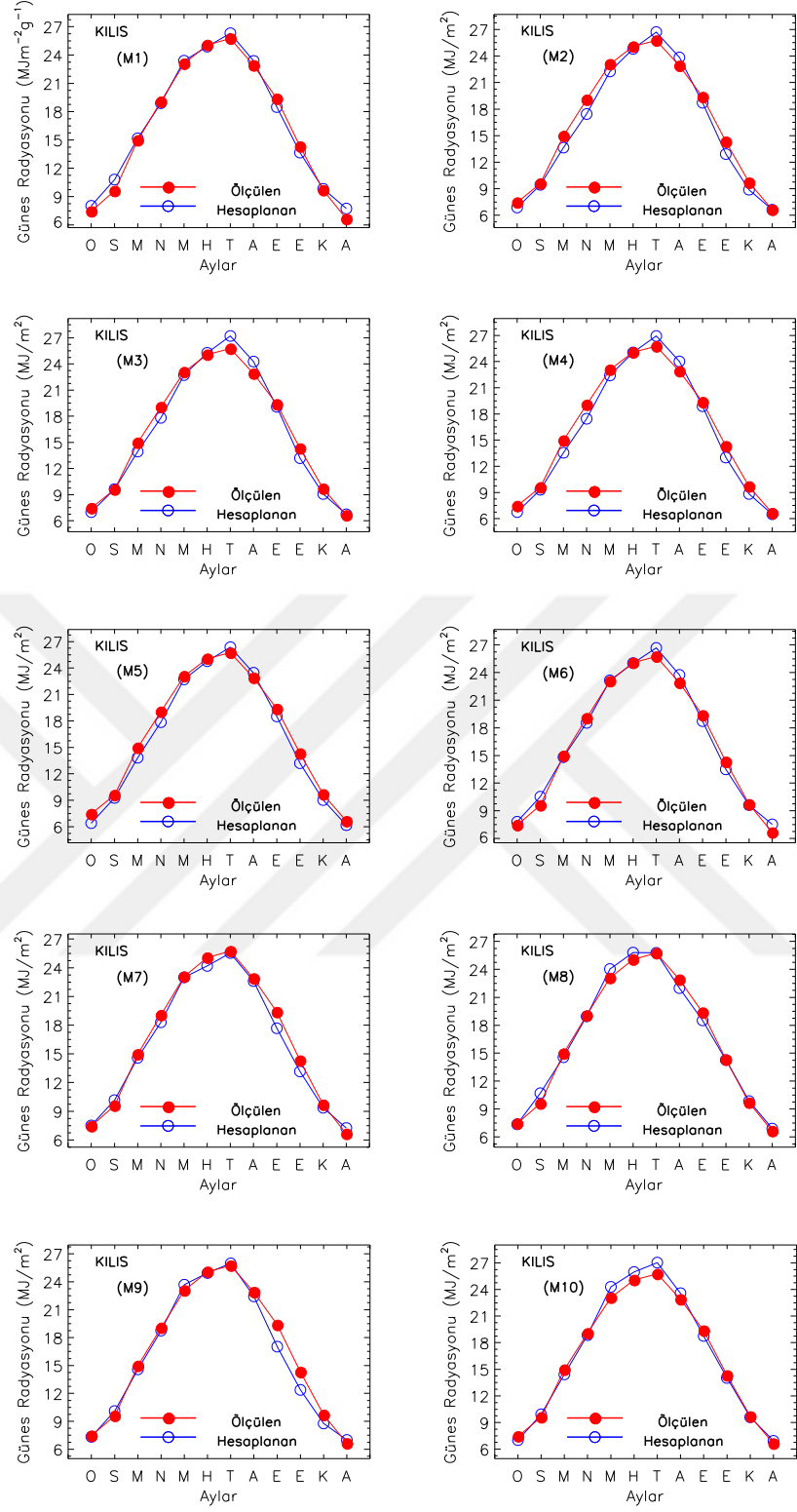
Çizelge 4.17 ve Şekil 4.5 incelendiğinde, ölçülen toplam güneş ışınlamaları (H_{MGM}) 6.64 $MJm^{-2}g^{-1}$ (Aralık ayında) ile 25.75 $MJm^{-2}g^{-1}$ (Temmuz ayında) (ortalama 16.49 $MJm^{-2}g^{-1}$) arasında değişir. Eşitlik 3.16 ile belirlenen Parlaklık indeksi ($K_T = H_{MGM} / H_0$) 0.42 ile 0.60 aralığında değişmiştir. Benzer şekilde, Çizelge 4.17 incelendiğinde modellerden hesaplanan toplam güneş ışınlamaları değerlerinin Aralık ve Ocak aylarında

en düşük değerler alırken Haziran ve Temmuz aylarında en yüksek değerler aldığı görülmektedir.

Çizelge 4.17. Kilis iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama güneş ışınlamı ($MJm^{-2}g^{-1}$)

AY	H_{MGM}	H_{M1}	H_{M2}	H_{M3}	H_{M4}	H_{M5}	H_{M6}	H_{M7}	H_{M8}	H_{M9}	H_{M10}
Ocak	7.45	8.03	6.87	7.00	6.75	6.82	7.81	7.51	7.36	7.34	7.02
Şubat	9.60	10.81	9.44	9.63	9.31	9.71	10.52	10.17	10.70	10.10	9.93
Mart	14.97	15.18	13.64	13.94	13.55	14.32	14.82	14.59	14.57	14.58	14.42
Nisan	19.06	18.89	17.44	17.82	17.45	18.33	18.54	18.30	18.95	18.76	18.85
Mayıs	23.08	23.40	22.25	22.72	22.41	23.16	23.15	23.00	24.04	23.68	24.29
Haziran	25.07	24.88	24.80	25.28	25.05	25.06	25.03	24.19	25.81	24.94	25.96
Temmuz	25.75	26.31	26.71	27.21	26.93	26.60	26.67	25.54	25.78	25.97	27.03
Ağustos	22.90	23.38	23.83	24.27	24.02	23.66	23.75	22.61	21.98	22.43	23.58
Eylül	19.37	18.48	18.72	19.07	18.88	18.68	18.72	17.68	18.52	17.03	18.75
Ekim	14.31	13.66	12.92	13.19	13.00	13.48	13.49	13.16	14.27	12.38	14.02
Kasım	9.69	9.83	8.88	9.07	8.83	9.33	9.61	9.37	9.85	8.77	9.60
Aralık	6.64	7.73	6.62	6.74	6.50	6.57	7.52	7.25	6.91	7.00	6.94
Ort.	16.49	16.72	16.01	16.33	16.06	16.31	16.63	16.11	16.56	16.08	16.70

Ölçülen ve modellerden hesaplanan toplam güneş ışınlamı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisine bakılmış ve doğrusal korelasyon ilişkileri Şekil 4.6'da verilmiştir. Kilis ili için geliştirilen modellerin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) performansı için R^2 ve bağıl yüzde hataları, istatistiksel test sonuçları ve sıralama puanları Çizelge 4.18'de verilmiştir. Çizelge 4.18 incelendiğinde, Kilis ili için korelasyon değerlerinin % 98.29 (H_{M9}) ile % 99.52 (H_{M5}) aralığında ve bağıl yüzde hata (e) değerlerinin ise %0.43 (H_{M8}) ile %2.91 (H_{M2}) aralığında olduğu görülmektedir. Korelasyon katsayıları ile bağıl yüzde hata değerleri göz önüne alındığında yapılan modellerin oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. Çizelge 4.18 incelendiğinde, modellerden hesaplanan RMSE istatistiksel değerleri en düşük 0.5752 $MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M5}) ile en yüksek 0.9715 $MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M9}) aralığında iken mutlak MBE değerlerinin ise 0.0708 $MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M8}) ile 0.4808 $MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M2}) arasında değiştiği görülmektedir. RMSE istatistiksel değerleri göz önüne alındığında, geliştirilen modellerden en iyi performansı Model-5 (H_{M5}) gösterirken, en zayıf performansı ise Model-9 (H_{M9}) göstermektedir. Mutlak MBE'ye göre ise en iyi performansı Model-8 (H_{M8}) gösterirken, en zayıf performansı da Model-2 (H_{M2}) göstermektedir.



Şekil 4.5. Kilis iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıını (MJm⁻²g⁻¹)

Çizelge 4.18 incelendiğinde, t-ist değerleri en düşük 0.385 (H_{M8}) ve en yüksek 2.012 (H_{M2}) aralığında değişmektedir. Tüm modeller için elde edilen t-ist değerleri t-kritik değerinden (kritik- $t = 2.201$) daha küçük olduğundan, Kilis ili için geliştirilen modellerin tamamının (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) güvenli olduğu söylenebilir.

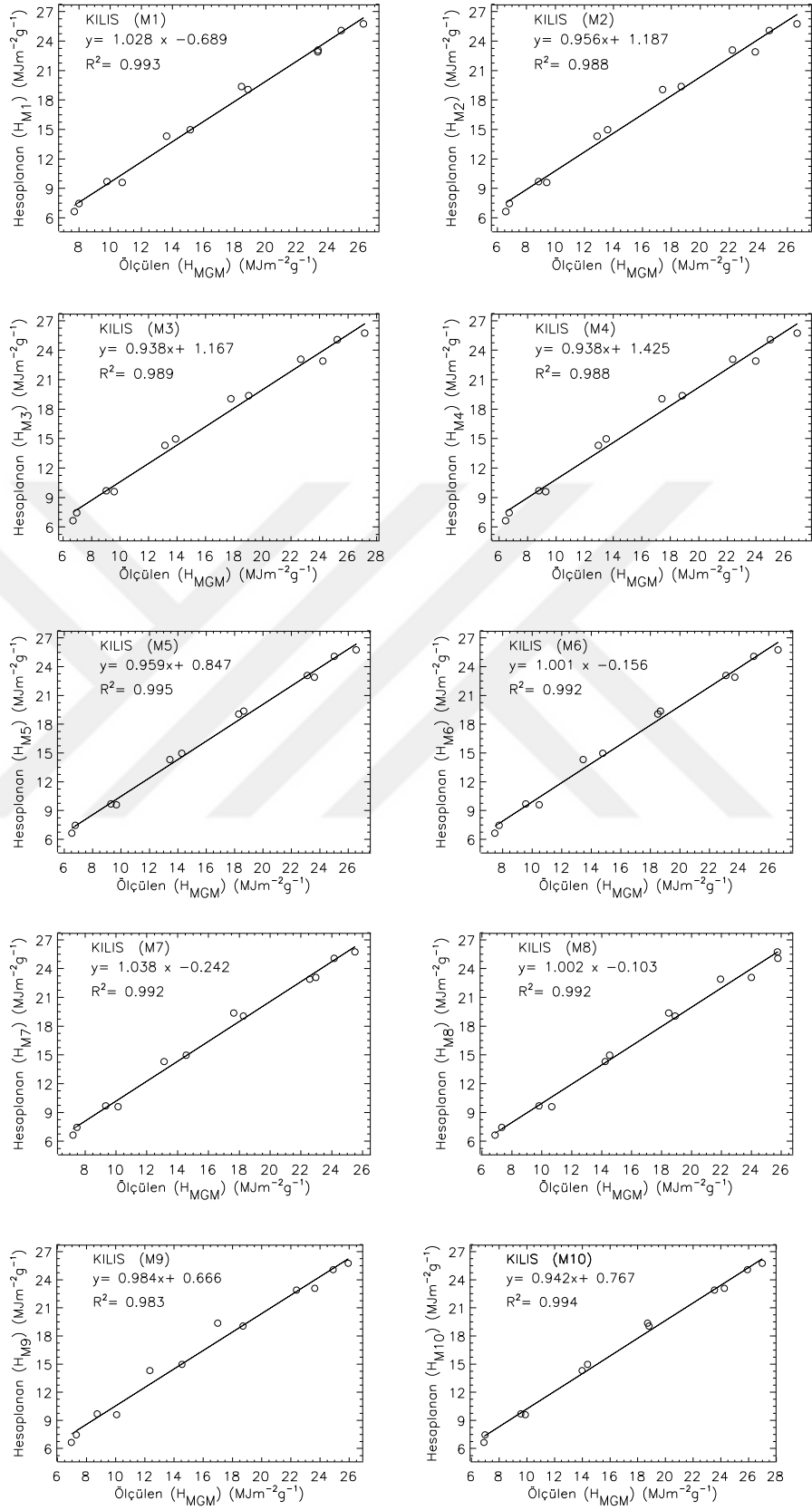
Bu modellerin içinde en iyi performans gösteren model için sıralama (rank) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Stone, 1993; Jacovides, 1995; Almorox, 2005; Mubiru vd., 2007; Bakırcı, 2017). Buna göre, Çizelge 4.18'deki son sütunda verilen sıralama puanlarına göre 1 numaralı en iyi performansı Model-8 (t-ist = 0.385) ve daha sonra 2 numaralı sıralama puanına bakıldığında Model-3 (t-ist = 0.64) olduğu gözlenmiştir. Kilis için en zayıf performansı Model-2 (t-ist = 2.012) (H_{M2}) (10 numaralı) göstermiştir.

Eşitlik (3.13) ile verilen Model 8 (H_{M8}), yüzde olarak Bağlı Neme (BN) bağlı doğrusal bir eşitliktir. Ayrıca, (3.8) eşitliği ile verilen Model-3 (H_{M3}) S/S_o 'ın üçüncü dereceden kübik eşitliğine de bağlıdır. Dolayısıyla güneş ışıınımı değerlerinin BN (%) ve S/S_o ile yakın ilişkili olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.18. Kilis iline ait modellerden hesaplanan korelasyon, istatistiksel hata ve rank sonuçları

Model	R^2	e	RMSE	MBE	t-ist	RankSkor	Rank
H_{M1}	0.993	1.359	0.644	0.224	1.231	1.283	6
H_{M2}	0.988	2.916	0.927	-0.481	2.012	2.100	10
H_{M3}	0.989	0.985	0.853	-0.163	0.644	0.706	2
H_{M4}	0.988	2.633	0.957	-0.434	1.688	1.775	8
H_{M5}	0.995	1.097	0.575	-0.181	1.098	1.145	5
H_{M6}	0.992	0.879	0.627	0.145	0.788	0.835	3
H_{M7}	0.992	2.284	0.742	-0.377	1.953	2.022	9
H_{M8}	0.992	0.430	0.614	0.071	0.385	0.426	1
H_{M9}	0.983	2.481	0.972	-0.409	1.540	1.626	7
H_{M10}	0.995	1.263	0.681	0.208	1.066	1.119	4

Sonuç olarak, Kilis için Çizelge 4.17'den ölçülen (H_{MGM}) toplam güneş ışıınımı değerlerinin $6.64 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Aralık) ile $25.75 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Temmuz) arasında (ort. = $16.49 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) olduğunu ve Model 8'den (H_{M8}) hesaplanan en iyi toplam güneş ışıınımı değerlerinin $6.91 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Aralık) ile $25.81 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Haziran) arasında (ort. = $16.56 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.6. Kilis iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi

Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’de görüldüğü gibi aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınının ölçülen (H_{MGM}) ve Model 8’den (H_{M8}) hesaplanan değerlerinin bir birine oldukça benzer olduğu ve aralarında $H_{M8} = H_{MGM} - 0.103$ ile verilen doğrusal bir ilişki olduğu ve korelasyonun (R^2) % 99.2 olduğu görülmektedir. Ayrıca, Çizelge 4.18 hesaplanan H_{M8} ile H_{MGM} değerlerinin mutlak yüzde hatası oldukça düşüktür ($e = \% 0.430$).

4.4 Şanlı Urfa İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri

Şanlı Urfa iline ait meteorolojik verilerin yıllık ortalamaları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Çizelge 4.4 incelendiğinde aylık ortalama günlük güneşlenme süresi (S) Ocak ayında (4.10 saat) ve Aralık ayında (4.00 saat) ile en düşük olarak ölçülürken Haziran (12.10 saat) ve Temmuz (12.30 saat) aylarında en yüksek (yıllık ortalama 8.43 saat) olarak kaydedilmiştir. Benzer şekilde, Eşitlik (3.5) kullanılarak aylık olarak günlük olası güneşlenme süresi (S_0), en düşük Ocak (9.76 saat) ve Aralık (9.49 saat) aylarında ölçülürken Haziran (14.51 saat) ve Temmuz (14.28 saat) (yıllık ortalama 12.21 saat) en yüksek olarak hesaplanmıştır. S/S_0 oranı 0.42–0.86 aralığındadır. Aylık ortalama sıcaklık Ocak ayında 5.60°C ile Temmuz ayında 32.00°C arasında değişmekte olup, yıllık ortalama 19.70°C ’dir. Aylık ortalama bağıl nem %34.85’den Aralık %72.63’a kadar değişir ve yıllık ortalama değer %51.20’dir.

Şanlı Urfa ili için Angstrom-Prescott denklemlerinin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) katsayıları (a , b , c , d ve e) Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Şanlı Urfa iline ait yatay yüzeyde ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıının değerleri aylara göre değişimi Çizelge 4.19’de verilmiştir. Çizelge 4.19’de verilen değerler kullanılarak, ölçülen ve modellerden hesaplanan (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) aylık ortalama günlük toplam güneş ışıının ($\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) grafikleri ayrı ayrı elde edilmiş ve Şekil 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.19 ve Şekil 4.7 incelendiğinde, MGM’den elde edilen ölçülen toplam güneş ışıınını (H_{MGM}) $6.07 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Aralık ayında) ile $25.72 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Haziran ayında) (ortalama $16.07 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) arasında değişir. Eşitlik 3.16 ile belirlenen Parlaklık indeksi ($K_T = H_{MGM}/H_0$) 0.38 ile 0.62 aralığında değiştiği görülmektedir. Benzer şekilde, Çizelge 4.19 incelendiğinde modellerden hesaplanan toplam güneş

ışınımı değerlerinin Aralık ve Ocak aylarında en düşük değerler alırken Haziran ve Temmuz aylarında en yüksek değerler aldığı görülmektedir.

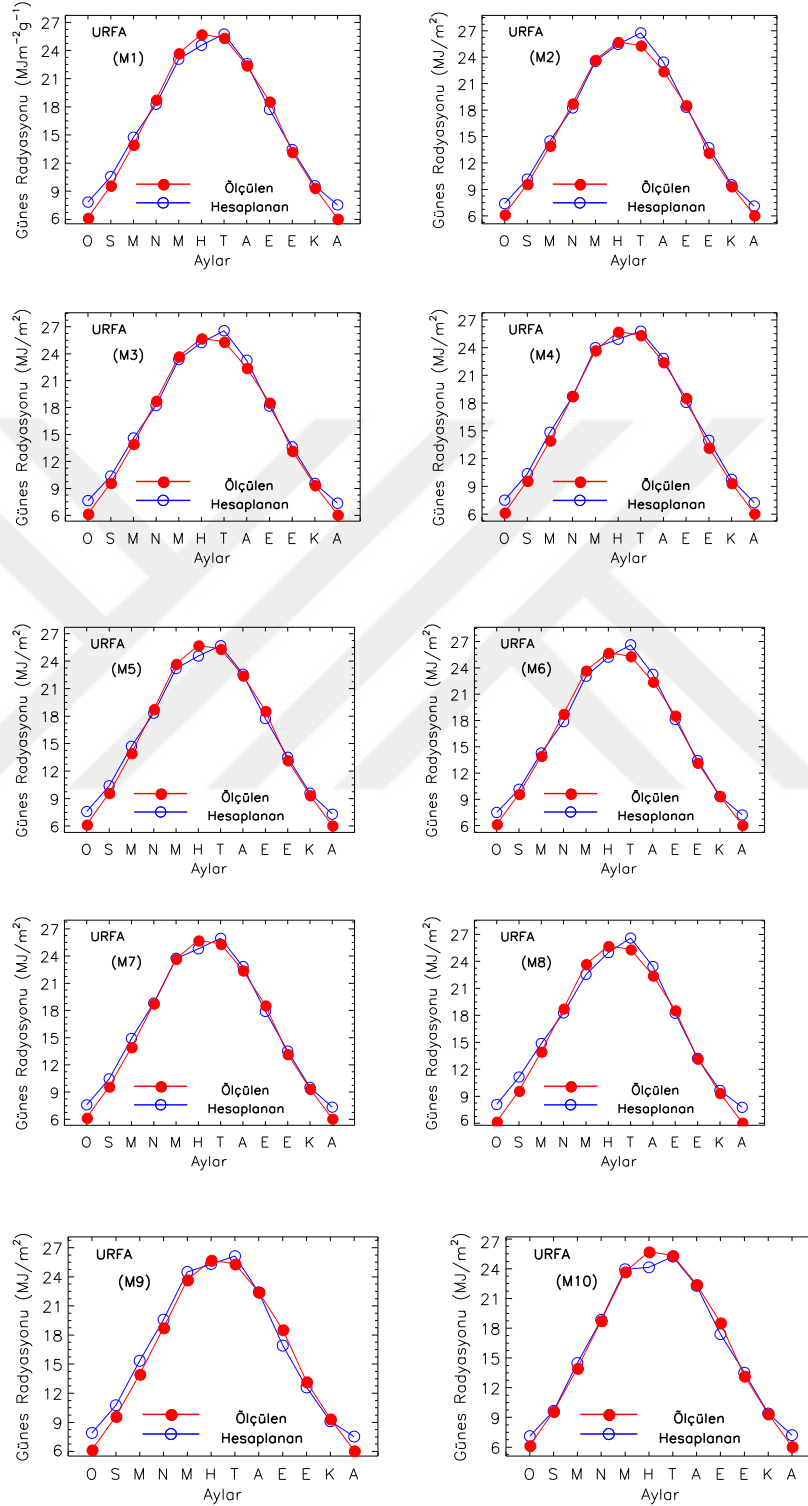
Çizelge 4.19. Şanlı Urfa iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama güneş ışınlımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)

AY	H_{MGM}	H_{M1}	H_{M2}	H_{M3}	H_{M4}	H_{M5}	H_{M6}	H_{M7}	H_{M8}	H_{M9}	H_{M10}
Ocak	6.17	7.84	7.34	7.62	7.48	7.59	7.50	7.59	8.08	7.91	7.11
Şubat	9.61	10.56	10.07	10.34	10.30	10.39	10.15	10.45	11.14	10.76	9.66
Mart	13.96	14.75	14.33	14.58	14.73	14.70	14.29	14.92	14.87	15.35	14.49
Nisan	18.76	18.28	18.00	18.20	18.55	18.33	17.87	18.81	18.26	19.59	18.85
Mayıs	23.70	23.07	23.13	23.27	23.68	23.19	23.04	23.74	22.56	24.49	23.94
Haziran	25.72	24.55	24.88	25.09	24.47	24.55	25.22	24.79	24.98	25.32	24.15
Temmuz	25.34	25.75	26.12	26.39	25.29	25.69	26.63	25.96	26.59	26.13	25.23
Ağustos	22.42	22.60	22.91	23.12	22.41	22.58	23.27	22.84	23.43	22.41	22.28
Eylül	18.56	17.71	17.93	18.07	17.78	17.73	18.11	17.89	18.23	16.92	17.41
Ekim	13.18	13.44	13.48	13.56	13.80	13.51	13.43	13.53	13.21	12.60	13.51
Kasım	9.36	9.58	9.39	9.51	9.67	9.59	9.34	9.51	9.65	9.11	9.40
Aralık	6.07	7.54	7.06	7.34	7.19	7.30	7.22	7.34	7.77	7.53	7.21
Ort.	16.07	16.31	16.22	16.42	16.28	16.26	16.34	16.45	16.56	16.51	16.10

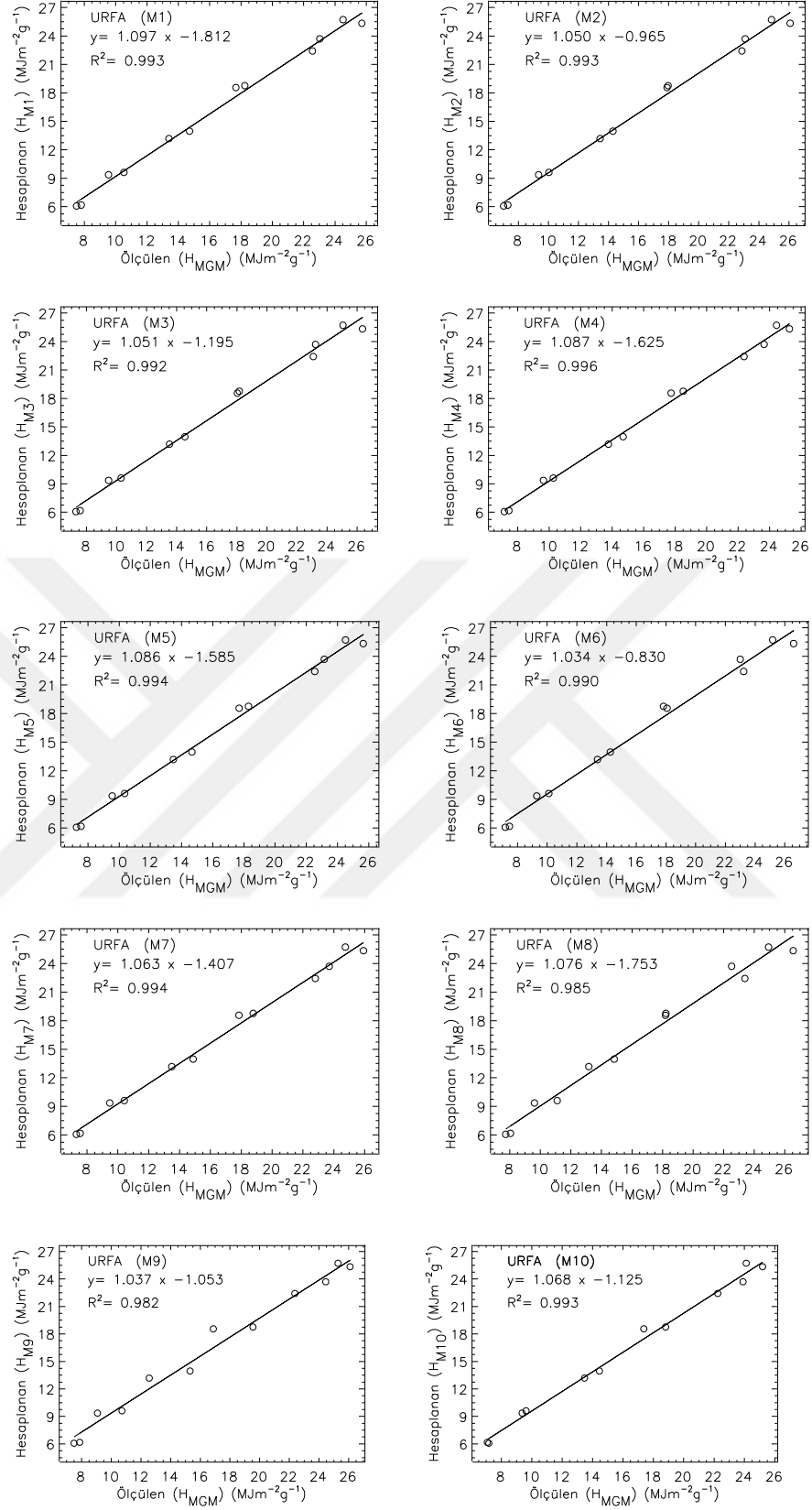
Şanlı Urfa ili için geliştirilen modeller ile (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) hesaplanan toplam güneş ışınlım değerleri ile ölçülen değerler arasındaki korelasyon ilişkisine bakılmış ve doğrusal korelasyon ilişkileri Şekil 4.8’de verilmiştir. Hesaplanan değerlerin performansı için R^2 ve bağıl yüzde hataları, istatistiksel test sonuçları ve sıralama puanları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Çizelge 4.20 incelendiğinde, Şanlı Urfa ili için korelasyon değerlerinin % 98.2 (H_{M9}) ile % 99.6 (H_4) aralığında ve bağıl yüzde hata (e) değerlerinin ise % 0.20 (H_{M10}) ile % 3.07 (H_{M2}) aralığında olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.20 incelendiğinde, modellerden hesaplanan RMSE istatistiksel değerleri en düşük $0.686 MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M2}) ile en yüksek $1.102 MJm^{-2}g^{-1}$ (H_8) aralığında iken mutlak MBE değerlerinin ise $0.033 MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M10}) ile $0.493 MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M8}) arasında değiştiği görülmektedir. RMSE istatistiksel değerleri göz önüne alındığında, geliştirilen modellerden en iyi performansı Model-2 (H_{M2}) gösterirken, en zayıf performansı ise Model-8 (H_{M8}) göstermektedir. Mutlak MBE’ye göre ise en iyi performansı Model-10 (H_{M10}) gösterirken, en zayıf performansı da Model-8 (H_{M8}) göstermektedir. Çizelge 4.20 incelendiğinde, t-ist değerleri en düşük 0.147 (H_{M10}) ve en yüksek 1.832 (H_{M7}) aralığında değişmektedir (Stone, 1993; Jacovides, 1995; Almorox, 2005; Mubiru vd., 2007; Bakırcı, 2017).

Tüm modeller için elde edilen t-ist değerleri t-kritik değerinden (kritik-t = 2.201) daha küçük olduğundan, Şanlı Urfa ili için geliştirilen modellerin tamamının (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) güvenli olduğu söylenebilir.



Şekil 4.7. Şanlı Urfa iline ait ölçülen (HMGM) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıması ($\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$)



Şekil 4.8. Şanlı Urfa iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi

Çizelge 4.20. Şanlı Urfa iline ait modellerden hesaplanan korelasyon, istatistiksel hata ve rank sonuçları

Model	R ²	e	RMSE	MBE	t-ist	RankSkor	Rank
H _{M1}	0.993	1.462	0.890	0.235	0.908	0.977	4
H _{M2}	0.993	0.928	0.686	0.149	0.739	0.791	2
H _{M3}	0.992	2.199	0.792	0.353	1.653	1.723	8
H _{M4}	0.996	1.296	0.749	0.208	0.960	1.019	5
H _{M5}	0.994	1.193	0.791	0.192	0.829	0.889	3
H _{M6}	0.990	1.670	0.797	0.268	1.186	1.251	6
H _{M7}	0.994	2.344	0.779	0.377	1.832	1.903	10
H _{M8}	0.985	3.070	1.102	0.493	1.660	1.756	9
H _{M9}	0.982	2.733	1.065	0.439	1.502	1.593	7
H _{M10}	0.993	0.202	0.734	0.033	0.147	0.195	1

Bu modellerin içinde en iyi performans gösteren model için sıralama (rank) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Buna göre, Çizelge 4.20'deki son sütunda verilen sıralama puanlarına göre 1 numaralı en iyi performansı Model-10 (t-ist = 0.147) ve daha sonra 2 numaralı sıralama puanına bakıldığında Model-2 (t-ist = 0.739) olduğu gözlenmiştir. Şanlı Urfa için en zayıf performansı Model-7 (t-ist = 1.832) (H_{M7}) (10 numaralı) göstermiştir (Stone, 1993; Jacovides, 1995; Almorox, 2005; Mubiru vd., 2007; Bakırcı, 2017).

Eşitlik (3.15) ile verilen Model 10 (H_{M10}), T_{mak} ve T_{min} sıcaklıklarına ve bağıl neme (BN) bağlı bir eşitliktir. Ayrıca, (3.7) eşitliği ile verilen Model-2 (H_{M2}) S/S_o'a bağlı ikinci dereceden (kuadratik) korelasyon eşitliğine bağlıdır. Dolayısıyla güneş ışıınımı değerlerinin T_{mak}, T_{min}, BN ve S/S_o'a ile yakın ilişkili olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, Şanlı Urfa için Çizelge 4.19'den ölçülen (H_{MGM}) toplam güneş ışıınımı değerlerinin 6.07 MJm⁻²g⁻¹ (Aralık) ile 25.72 MJm⁻²g⁻¹ (Haziran) arasında (ort. = 16.07 MJm⁻²g⁻¹) olduğunu ve Model 10'den (H_{M10}) hesaplanan en iyi toplam güneş ışıınımı değerlerinin 7.21 MJm⁻²g⁻¹ (Aralık) ile 25.23 MJm⁻²g⁻¹ (Temmuz) arasında (ort. = 16.10 MJm⁻²g⁻¹) olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de görüldüğü gibi aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımının ölçülen (H_{MGM}) ve Model 10'den (H_{M10}) hesaplanan değerlerinin bir birine oldukça benzer olduğu ve aralarında H_{M10} = 1.068H_{MGM} - 1.125 ile verilen doğrusal bir ilişki olduğu ve korelasyonun (R²) % 99.3 olduğu görülmektedir.

Ayrıca, Çizelge 4.20 hesaplanan H_{M10} ile H_{MGM} değerlerinin mutlak yüzde hatası oldukça düşüktür ($e = \% 0.202$).

4.5 Batman İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri

Batman iline ait meteorolojik verilerin aylara göre yıllık ortalamaları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Çizelge 4.5 incelendiğinde aylık ortalama günlük güneşlenme süresi (S) Ocak ve Aralık aylarında yaklaşık 4.0 saat ile en düşük olarak ölçülürken Haziran (12.10 saat) ve Temmuz (12.30 saat) aylarında en yüksek (yıllık ortalama 8.43 saat) olarak kaydedilmiştir. Benzer şekilde, Eşitlik (3.5) kullanılarak aylık olarak günlük ortalama güneşlenme süresi (S_0), en düşük Aralık (9.49 saat) ve Ocak (9.76 saat) aylarında ölçülürken Haziran (14.51 saat) ve Temmuz (14.28 saat) (yıllık ortalama 12.21 saat) en yüksek olarak hesaplanmıştır. S/S_0 oranı 0.42–0.86 aralığındadır. Aylık ortalama sıcaklık Ocak ayında 5.60 °C ile Temmuz ayında 32.00 °C arasında değişmekte olup, yıllık ortalama 19.70 °C’dir. Aylık ortalama bağıl nem %35.47’den Aralık %73.55’a kadar değişir ve yıllık ortalama değer %54.20’dir.

Batman ili için Angstrom-Prescott denklemlerinin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) katsayıları (a , b , c , d ve e) Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Batman iline ait yatay yüzeyde ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlam değerleri aylara göre değişimi Çizelge 4.21 ve Şekil 4.9’da verilmiştir. Çizelge 4.21 ve Şekil 4.9 incelendiğinde, MGM’den elde edilen ölçülen toplam güneş ışınlamı (H_{MGM}) 5.74 $MJm^{-2}g^{-1}$ (Aralık ayında) ile 21 $MJm^{-2}g^{-1}$ (Haziran ayında) (ortalama 13.61 $MJm^{-2}g^{-1}$) arasında değişir. Eşitlik 3.16 ile belirlenen Parlaklık indeksi ($K_T = H_{MGM}/H_0$) 0.38 ile 0.51 aralığında değişmiştir.

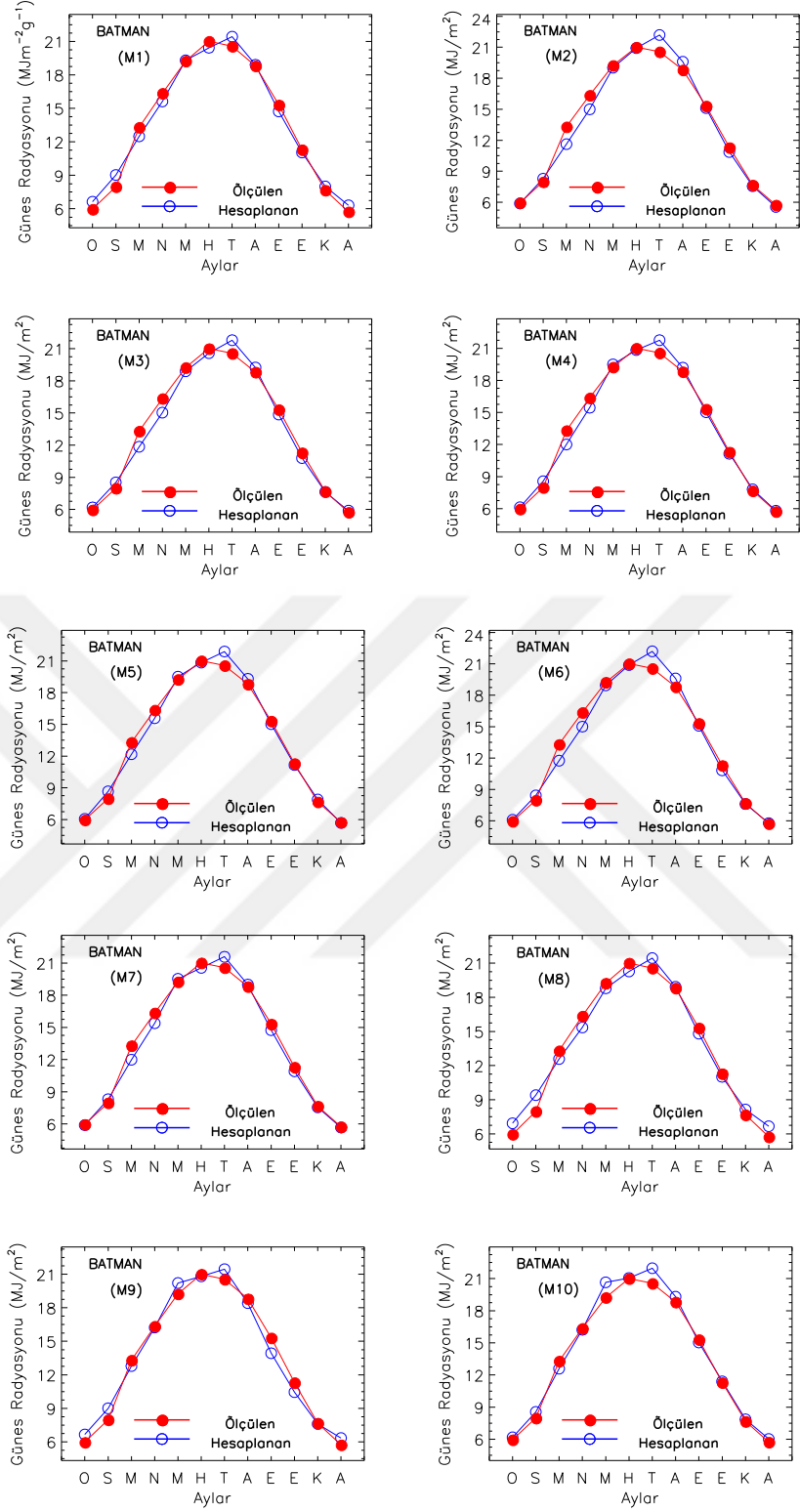
Batman ili için ölçülen ve modellerde hesaplanan toplam güneş ışınlam değerleri arasındaki korelasyon ilişkileri Şekil 4.10’da verilmiştir. Geliştirilen modellerin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) performansı için R^2 ve bağıl yüzde hataları, istatistiksel test sonuçlarını ve sıralama puanlarını Çizelge 4.22’de verilmiştir. Çizelge 4.22 incelendiğinde, korelasyon değerlerinin % 97.94 (H_{M5}) ile % 99.02 (H_9) aralığında ve bağıl yüzde hata (e) değerlerinin ise % 0.07 (H_{M4}) ile % 2.18 (H_{M10}) aralığında olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.21. Batman iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama güneş ışımasını ($MJm^{-2}g^{-1}$)

AY	H_{MGM}	H_{M1}	H_{M2}	H_{M3}	H_{M4}	H_{M5}	H_{M6}	H_{M7}	H_{M8}	H_{M9}	H_{M10}
Ocak	5.96	6.63	5.88	6.19	6.13	6.06	6.09	5.89	6.93	6.65	6.17
Şubat	7.98	9.03	8.28	8.52	8.56	8.66	8.43	8.31	9.40	9.00	8.55
Mart	13.3	12.49	11.62	11.85	12.00	12.17	11.75	11.99	12.58	12.78	12.59
Nisan	16.4	15.62	14.99	15.04	15.44	15.58	15.00	15.39	15.35	16.23	16.22
Mayıs	19.3	19.31	19.02	18.89	19.49	19.51	18.95	19.53	18.79	20.22	20.65
Haziran	21	20.43	20.92	20.58	20.84	20.84	20.89	20.55	20.28	20.82	21.06
Temmuz	20.6	21.43	22.19	21.79	21.76	21.89	22.20	21.58	21.45	21.46	21.97
Ağustos	18.8	18.91	19.60	19.24	19.19	19.31	19.61	18.99	18.92	18.42	19.31
Eylül	15.3	14.73	15.11	14.85	15.02	15.03	15.08	14.74	14.81	13.93	15.04
Ekim	11.3	11.05	10.86	10.79	11.13	11.15	10.82	10.91	11.01	10.45	11.40
Kasım	7.67	8.00	7.56	7.64	7.80	7.89	7.60	7.55	8.14	7.60	7.86
Aralık	5.74	6.31	5.54	5.88	5.80	5.68	5.78	5.67	6.67	6.33	6.02
Ort.	13.61	13.66	13.46	13.44	13.60	13.65	13.52	13.43	13.69	13.66	13.91

Modellerden hesaplanan RMSE istatistiksel değerleri en iyi $0.621 MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M4}) ile en zayıf $0.838 MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M10}) aralığında iken mutlak MBE değerlerinin ise $0.009 MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M3}) ile $0.297 MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M9}) arasında değiştiği görülmektedir. RMSE istatistiksel değerleri göz önüne alındığında, geliştirilen modellerden en iyi performansı Model-4 (H_4) gösterirken, en zayıf performansı ise Model-10 (H_{M10}) göstermektedir. Mutlak MBE'ye göre ise en iyi performansı Model-3 (H_{M3}) gösterirken, en zayıf performansı da Model-9 (H_{M9}) göstermektedir. MBE ve RMSE'nin birlikte kullanıldığı t-istatistiği (Eş. 3.21) ve buna bağlı olarak Rank Skoru (sıralama puanı) (Eş. 3.22) kullanılmıştır (Stone, 1993; Jacovides, 1995; Almorox, 2005; Mubiru vd., 2007; Bakırcı, 2017). t-ist değerleri en iyi 0.049 (H_{M3}) ve en zayıf 1.661 (H_{M9}) aralığında değişmektedir. Tüm modeller için elde edilen t-ist değerleri t-kritik değerinden (kritik-t = 2.201) daha küçük olduğundan, Batman ili için geliştirilen modellerin tamamının (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) güvenli olduğu söylenebilir.

Bu modellerin içinde en iyi performans gösteren model için sıralama (rank) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Buna göre, Çizelge 4.22'deki son sütunda verilen sıralama puanlarına göre 1 numaralı en iyi performansı Model-3 (t-ist = 0.049) ve daha sonra 2 numaralı sıralama puanına bakıldığında Model-4 (t-ist = 0.222) olduğu gözlenmiştir. Batman için en zayıf performansı Model-9 (t-ist = 1.661) (H_{M9}) (10 numaralı rank) göstermiştir.



Şekil 4.9. Batman iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıını (MJm⁻²g⁻¹)

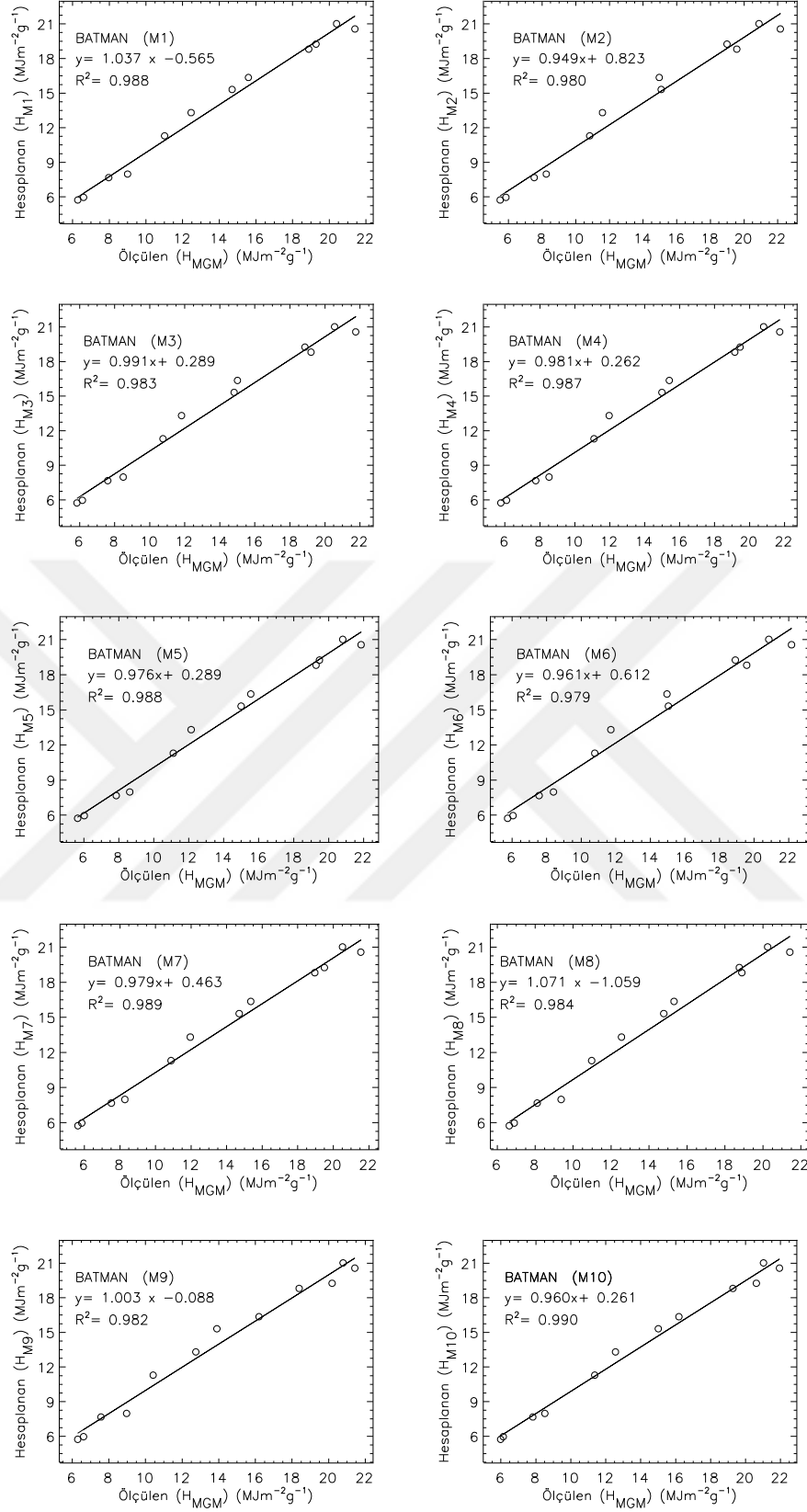
Çizelge 4.22. Batman iline ait modellerden hesaplanan korelasyon, istatistiksel hata ve rank sonuçları

Model	R ²	e	RMSE	MBE	t-ist	RankSkor	Rank
H _{M1}	0.989	0.409	0.627	0.056	0.296	0.346	4
H _{M2}	0.983	1.042	0.748	-0.168	0.763	0.831	8
H _{M3}	0.988	1.232	0.627	-0.009	0.049	0.096	1
H _{M4}	0.988	0.069	0.621	0.042	0.222	0.271	2
H _{M5}	0.979	0.305	0.827	-0.089	0.361	0.428	5
H _{M6}	0.989	0.657	0.622	-0.181	1.008	1.068	9
H _{M7}	0.984	1.330	0.790	0.088	0.373	0.437	6
H _{M8}	0.982	0.648	0.749	0.052	0.229	0.287	3
H _{M9}	0.990	0.379	0.664	0.297	1.661	1.730	10
H _{M10}	0.980	2.185	0.838	-0.142	0.570	0.642	7

Eşitlik (3.8) ile verilen Model 3 (H_{M3}), S/S_o'ın üçüncü dereceden kübik eşitliğine bağlı bir eşitliktir. Ayrıca, (3.9) eşitliği ile verilen Model-4 (H_{M4}) S/S_o'ın dördüncü dereceden (kuatrik) korelasyon eşitliğine de bağlıdır.

Sonuç olarak, Batman için Çizelge 4.21'den ölçülen (H_{MGM}) toplam güneş ışıınımı değerlerinin 5.74 MJm⁻²g⁻¹ (Aralık) ile 21.0 MJm⁻²g⁻¹ (Haziran) arasında (ort. = 13.61 MJm⁻²g⁻¹) olduğunu ve Model 3'den (H_{M3}) hesaplanan en iyi toplam güneş ışıınımı değerlerinin 5.88 MJm⁻²g⁻¹ (Aralık) ile 21.79 MJm⁻²g⁻¹ (Temmuz) arasında (ort.=13.44 MJm⁻²g⁻¹) olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'de görüldüğü gibi aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımının ölçülen (H_{MGM}) ve Model 3'den (H_{M3}) hesaplanan değerlerinin bir birine oldukça benzer olduğu ve aralarında H_{M3} = 0.991H_{MGM}+0.289 ile verilen doğrusal bir ilişki olduğu ve korelasyonun (R²) % 98.3 olduğu görülmektedir. Ayrıca, Çizelge 4.22 hesaplanan H_{M3} ile H_{MGM} değerlerinin mutlak yüzde hatası oldukça düşüktür (e = % 1.232).



Şekil 4.10. Batman iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi

4.6 Siirt İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri

Siirt iline ait meteorolojik verilerin aylara göre yıllık ortalamaları Çizelge 4.6'de verilmiştir. Çizelge 4.6 incelendiğinde aylık ortalama günlük güneşlenme süresi (S) Ocak ve Aralık aylarında 3.6 saat ile en düşük olarak ölçülürken Haziran (11.60 saat) ve Temmuz (12.10 saat) aylarında en yüksek (yıllık ortalama 7.84 saat) olarak kaydedilmiştir. Benzer şekilde, Eşitlik (3.5)'den hesaplanan aylık olarak günlük olası maksimum güneşlenme süresi (S_0), en düşük Ocak (9.69 saat) ve Aralık (9.42 saat) aylarında ölçülürken Haziran (14.59 saat) ve Temmuz (14.34 saat) (yıllık ortalama 12.21 saat) en yüksek olarak hesaplanmıştır. S/S_0 oranı 0.37–0.84 aralığındadır. Aylık ortalama sıcaklık Ocak ayında 2.70 °C ile Temmuz ayında 30.70 °C arasında değişmekte olup, yıllık ortalama 17.47 °C'dir. Aylık ortalama bağıl nem %29.50'den Aralık %72.62'e kadar değişir ve yıllık ortalama değer %49.73'dir.

Siirt ili için Angstrom-Prescott denklemlerinin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) katsayıları (a , b , c , d ve e) Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Siirt iline ait yatay yüzeyde ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlamı değerleri aylara göre değişimi Çizelge 4.23'de verilmiştir. Çizelge 4.23'de verilen değerler kullanılarak, ölçülen ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlamı ($MJm^{-2}g^{-1}$) grafikleri ayrı ayrı elde edilmiş ve Şekil 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.23 ve Şekil 4.11 incelendiğinde, ölçülen aylık ortalama toplam güneş ışınlamı (H_{MGM}) 4.89 $MJm^{-2}g^{-1}$ (Aralık ayında) ile 21.79 $MJm^{-2}g^{-1}$ (Haziran ayında) (ortalama 14.09 $MJm^{-2}g^{-1}$) arasında değişir. Eşitlik 3.16 ile belirlenen Parlaklık indeksi ($K_T = H_{MGM}/H_0$) 0.32 ile 0.53 aralığında değişmiştir. Benzer şekilde, Çizelge 4.23 incelendiğinde modellerden hesaplanan toplam güneş ışınlamı değerlerinin Aralık ayında en düşük değerler alırken Haziran ve Temmuz aylarında en yüksek değeri aldığı görülmektedir.

Çizelge 4.24 incelendiğinde, modellerden hesaplanan RMSE istatistiksel değerleri en iyi 0.574 $MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M10}) ile en zayıf 1.031 $MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M6}) aralığında iken mutlak MBE değerlerinin ise 0.022 $MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M2}) ile 0.347 $MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M9}) arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.23. Siirt iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama güneş ışıını (MJm⁻²g⁻¹)

AY	H ₀	H _{MGM}	H _{M1}	H _{M2}	H _{M3}	H _{M4}	H _{M5}	H _{M6}	H _{M7}	H _{M8}	H _{M9}	H _{M10}
Ocak	15.72	6.28	7.07	6.72	6.85	6.34	6.73	6.41	6.46	7.14	6.42	6.47
Şubat	20.72	8.71	9.45	9.03	9.17	8.61	9.12	8.64	8.90	9.74	8.84	8.79
Mart	28.25	13.37	13.09	12.56	12.70	12.14	12.77	12.08	12.68	13.26	12.73	13.02
Nisan	34.28	16.88	16.11	15.51	15.64	15.15	15.82	14.99	15.91	16.38	16.39	16.45
Mayıs	41.24	20.88	20.31	19.85	19.85	19.98	20.19	19.58	20.42	20.09	20.65	20.75
Haziran	41.75	21.79	21.59	21.46	21.39	21.48	21.46	21.80	22.05	21.32	21.38	21.45
Temmuz	43.25	21.64	22.71	22.70	22.63	22.37	22.52	23.31	23.24	22.41	22.00	22.35
Ağustos	38.10	19.50	19.99	19.97	19.91	19.71	19.83	20.49	20.51	19.79	18.74	19.71
Eylül	30.03	15.86	15.60	15.53	15.48	15.49	15.49	15.82	16.00	15.39	14.00	15.54
Ekim	23.64	11.81	11.70	11.45	11.44	11.54	11.63	11.32	11.76	11.52	10.34	11.90
Kasım	17.79	7.51	8.43	8.13	8.19	7.99	8.30	7.88	8.05	8.37	7.38	8.22
Aralık	15.07	4.89	6.80	6.47	6.59	6.12	6.49	6.18	6.19	6.85	6.09	6.41
Ort.	29.15	14.09	14.40	14.11	14.15	13.91	14.20	14.04	14.35	14.36	13.75	14.26

Ölçülen ve modellerden hesaplanan toplam güneş ışıını değerleri arasındaki korelasyon ilişkileri Şekil 4.12’de verilmiştir. Geliştirilen modellerin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) performansı için R^2 ve bağıl yüzde hataları, istatistiksel test sonuçlarını ve sıralama puanları Çizelge 4.24’de verilmiştir. Çizelge 4.24 incelendiğinde, Siirt ili için korelasyon değerlerinin % 97.0 (H_{M6}) ile % 99.3 (H_{M10}) aralığında ve bağıl yüzde hata (e) değerlerinin ise % 0.15 (H_{M2}) ile % 2.46 (H_{M9}) aralığında olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.24. Siirt iline ait modellerden hesaplanan korelasyon, istatistiksel hata ve rank sonuçları

Model	R^2	e	RMSE	MBE	t-ist	RankSkor	Rank
H_{M1}	0.987	2.2055	0.825	0.311	1.349	1.428	9
H_{M2}	0.982	0.1538	0.840	0.022	0.086	0.147	1
H_{M3}	0.983	0.4257	0.843	0.060	0.237	0.301	3
H_{M4}	0.983	1.3008	0.814	-0.183	0.767	0.838	5
H_{M5}	0.987	0.7273	0.746	0.103	0.460	0.520	4
H_{M6}	0.970	0.3666	1.031	-0.052	0.166	0.244	2
H_{M7}	0.985	1.8035	0.783	0.254	1.139	1.211	8
H_{M8}	0.989	1.8567	0.840	0.262	1.087	1.164	7
H_{M9}	0.984	2.4598	0.851	-0.347	1.479	1.566	10
H_{M10}	0.993	1.1471	0.574	0.162	0.973	1.025	6

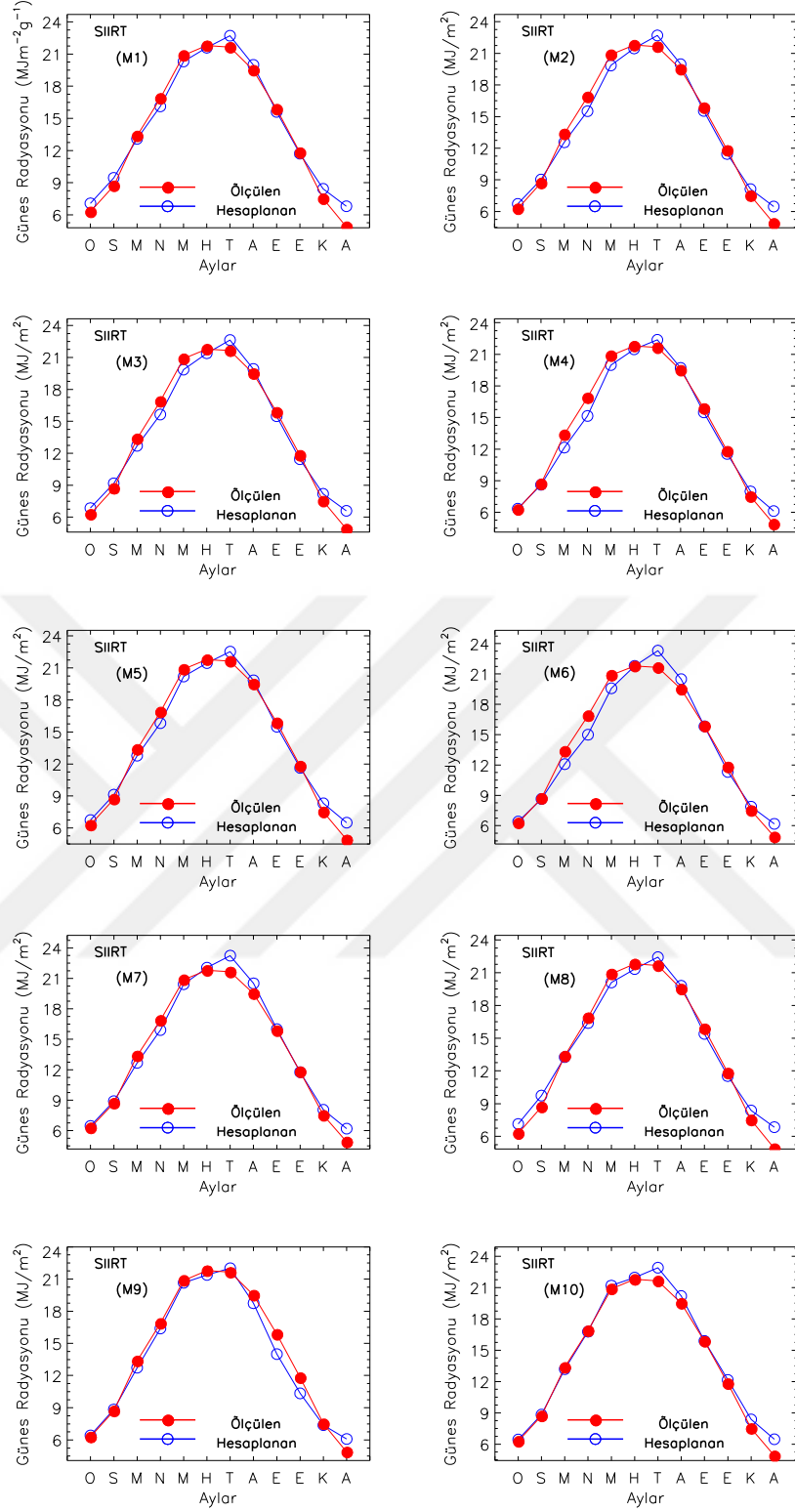
RMSE istatistiksel değerleri göz önüne alındığında, geliştirilen modellerden en iyi performansı Model-10 (H_{M10}) gösterirken, en zayıf performansı ise Model-6 (H_{M6}) göstermektedir. Mutlak MBE’ye göre ise en iyi performansı Model-2 (H_{M2}) gösterirken, en zayıf performansı da Model-9 (H_{M9}) göstermektedir. Ancak daha

güvenilir sonuç almak için t-istatistiğine (Eş. 3.21) ve buna bağlı olarak Rank Skoruna (sıralama puanı) (Eş. 3.22) bakılmıştır (Stone, 1993; Jacovides, 1995; Almorox, 2005; Mubiru vd., 2007; Bakırcı, 2017). Buna göre Çizelge 4.24 incelendiğinde, t-ist değerlerinin en iyi 0.086 (H_{M2}) ve en zayıf 1.479 (H_{M9}) aralığında değişmektedir. Tüm modeller için elde edilen t-ist değerleri t-kritik değerinden (kritik-t = 2.201) daha küçük olduğundan, modellerin tamamının (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) Siirt ili için güvenli olduğu söylenebilir.

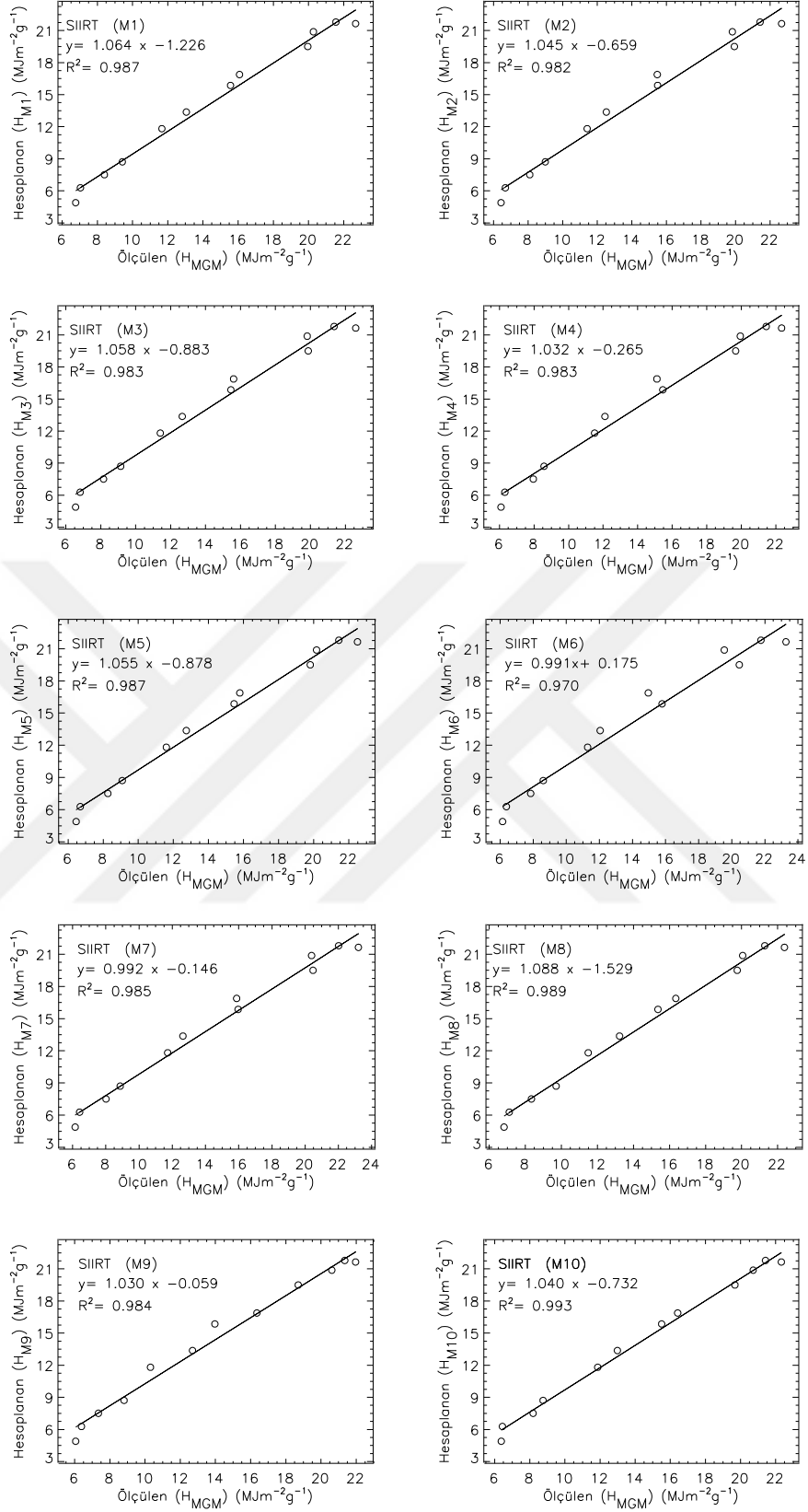
Rank yöntemine göre en iyi performans gösteren modelin rank=1 numaralı Model-2 (t-ist = 0.086) ve daha sonra 2 numaralı sıralama puanına bakıldığında Model-6 (t-ist = 0.166) olduğu gözlenmiştir. En zayıf performansı ise Model-9 (t-ist = 1.479) (H_{M9}) (10 numaralı rank) göstermiştir. Eşitlik (3.7) ile verilen Model 2 (H_{M2}), S/S_o 'ın ikinci dereceden (kuadratik) eşitliğine bağlı bir eşitliktir. Ayrıca, (3.11) eşitliği ile verilen Model-6 (H_{M6}) S/S_o 'a bağlı eksponansiyel (üstel) korelasyon eşitliğine de bağlıdır. Dolayısıyla S/S_o değerleri ile yakın ilişkili olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, Siirt için Çizelge 4.23'den ölçülen (H_{MGM}) toplam güneş ışıınımı değerlerinin $4.89 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Aralık) ile $21.79 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Haziran) arasında (ort. = $14.09 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) olduğunu ve Model 2'den (H_{M2}) hesaplanan en iyi toplam güneş ışıınımı değerlerinin $6.47 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Aralık) ile $22.70 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Temmuz) arasında (ort. = $14.11 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de görüldüğü gibi aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımının ölçülen (H_{MGM}) ve Model 2'den (H_{M2}) hesaplanan değerlerinin bir birine oldukça benzer olduğu ve aralarında $H_{M2}=1.045H_{MGM}-0.659$ ile verilen doğrusal bir ilişki olduğu ve korelasyonun (R^2) % 98.2 olduğu görülmektedir. Ayrıca, Çizelge 4.24 hesaplanan H_{M2} ile H_{MGM} değerlerinin mutlak yüzde hatası oldukça düşüktür (e = % 0.154).



Şekil 4.11. Siirt iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıını ($\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$)



Şekil 4.12. Siirt iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi

4.7 Tunceli İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri

Tunceli iline ait meteorolojik verilerin aylara göre yıllık ortalamaları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Çizelge 4.7 incelendiğinde aylık ortalama günlük güneşlenme süresi (S) Aralık ayında 3.10 saat ile en düşük olarak ölçülürken Temmuz (11.50 saat) ayında en yüksek (yıllık ortalama 7.43 saat) olarak kaydedilmiştir. Benzer şekilde, Eşitlik (3.5) kullanılarak aylık olarak günlük olası güneşlenme süresi (S_0), en düşük Ocak (9.59 saat) ve Aralık (9.30 saat) aylarında ölçülürken Haziran (14.70 saat) ve Temmuz (14.45 saat) (yıllık ortalama 12.22 saat) en yüksek olarak hesaplanmıştır. S/S_0 oranı 0.33–0.80 aralığındadır. Aylık ortalama sıcaklık Ocak ayında $-1.90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile Temmuz ayında $27.10\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişmekte olup, yıllık ortalama $14.03\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’dir. Aylık ortalama bağıl nem %39.56’dan Aralık %74.79’a kadar değişir ve yıllık ortalama değer %58.07’dir.

Tunceli ili için Angstrom-Prescott denklemlerinin (H_{M1} , H_{M2} , $H_{M3}, \dots$, H_{M10}) katsayıları (a , b , c , d ve e) Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Yatay yüzeyde ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden (H_{M1} , H_{M2} , $H_{M3}, \dots$, H_{M10}) hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınım değerleri aylara göre değişimi Çizelge 4.25’de verilmiştir. Çizelge 4.25’de verilen değerler kullanılarak, ölçülen ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınım ($\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) grafikleri ve Şekil 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.25 ve Şekil 4.13 incelendiğinde, MGM’den elde edilen ölçülen toplam güneş ışıınımı (H_{MGM}) $5.95\text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Aralık ayında) ile $26.74\text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Haziran ayında) (ortalama $16.41\text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) arasında değişir. Eşitlik 3.16 ile belirlenen Parlaklık indeksi ($K_T = H_{MGM}/H_0$) 0.41 ile 0.66 aralığında değişmiştir. Benzer şekilde, Çizelge 4.25 incelendiğinde modellerden hesaplanan toplam güneş ışıınım değerlerinin Aralık ve Ocak aylarında en düşük değerler alırken Haziran ve Temmuz aylarında en yüksek değerler aldığı görülmektedir.

Ölçülen ve hesaplanan toplam güneş ışıınım değerleri arasındaki korelasyon ilişkileri Şekil 4.14’de verilmiştir. Çizelge 4.26’de geliştirilen modellerin performansı için R^2 ve bağıl yüzde hataları, istatistiksel test sonuçlarını ve sıralama puanları verilmiştir. Çizelge 4.26 incelendiğinde, R^2 değerlerinin % 97.9 (H_{M3}) ile % 99.4 (H_7) aralığında

ve bağıl yüzde hata (e) değerlerinin ise % 0.16 (H_{M5}) ile % 2.52 (H_{M3}) aralığında olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.26 incelendiğinde, modellerden hesaplanan RMSE istatistiksel değerleri en düşük $0.688 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (H_{M7}) ile en yüksek $1.213 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (H_{M3}) aralığında iken mutlak MBE değerlerinin ise $0.026 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (H_{M5}) ile $0.414 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (H_{M3}) arasında değiştiği görülmektedir. RMSE istatistiksel değerleri göz önüne alındığında, geliştirilen modellerden en iyi performansı Model-7 (H_{M7}) gösterirken, en zayıf performansı ise Model-3 (H_{M3}) göstermektedir. Mutlak MBE'ye göre ise en iyi performansı Model-5 (H_{M5}) gösterirken, en zayıf performansı da Model-3 (H_{M3}) göstermektedir. Ancak, MBE ve RMSE'nin birlikte kullanıldığı t-istatistiği (Eş. 3.21) ve buna bağlı olarak Rank Skoruna (sıralama puanı) (Eş. 3.22) (Stone, 1993; Jacovides, 1995; Almorox, 2005; Mubiru vd., 2007; Bakırcı, 2017) bakıldığında t-ist değerleri en iyi 0.079 (H_{M5}) ve en zayıf 1.204 (H_{M3}) aralığında değişmektedir. Tüm modeller için elde edilen t-ist değerleri t-kritik değerinden (kritik-t = 2.201) daha küçük olduğundan, Tunceli ili için geliştirilen modellerin tamamının (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) güvenli olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.26'deki son sütunda verilen rank puanlarına göre 1 numaralı en iyi performansı gösteren model Model-5 (t-ist = 0.079) ve daha sonra 2 numaralı sıralama puanına bakıldığında Model-4 (t-ist = 0.116) olduğu gözlenmiştir. En zayıf performansı ise Model-3 (t-ist = 1.2044) (H_{M3}) (10 numaralı) göstermiştir. Eşitlik (3.10) ile verilen Model 5 (H_{M5}) denklemi, S/S_o 'a bağlı logaritmik bir eşitliktir. Ayrıca, (3.9) eşitliği ile verilen Model-4 (H_{M4}) S/S_o 'a bağlı dördüncü dereceden polinom eşitliğine bağlıdır.

Sonuç olarak, Tunceli için Çizelge 4.25'den ölçülen (H_{MGM}) toplam güneş ışıınımı değerlerinin $5.95 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Aralık) ile $26.74 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Haziran) arasında (ort. = $16.41 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) olduğunu ve Model 5'den (H_{M5}) hesaplanan en iyi toplam güneş ışıınımı değerlerinin $5.28 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Aralık) ile $29.00 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Temmuz) arasında (ort. = $16.39 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de görüldüğü gibi aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımının ölçülen (H_{MGM}) ve Model 5'den (H_{M5}) hesaplanan değerlerinin bir birine oldukça benzer olduğu ve aralarında $H_{M5} = 0.919H_{MGM} + 1.357$ ile verilen doğrusal bir ilişki olduğu ve korelasyonun (R^2) % 98.7 olduğu görülmektedir. Ayrıca, Çizelge

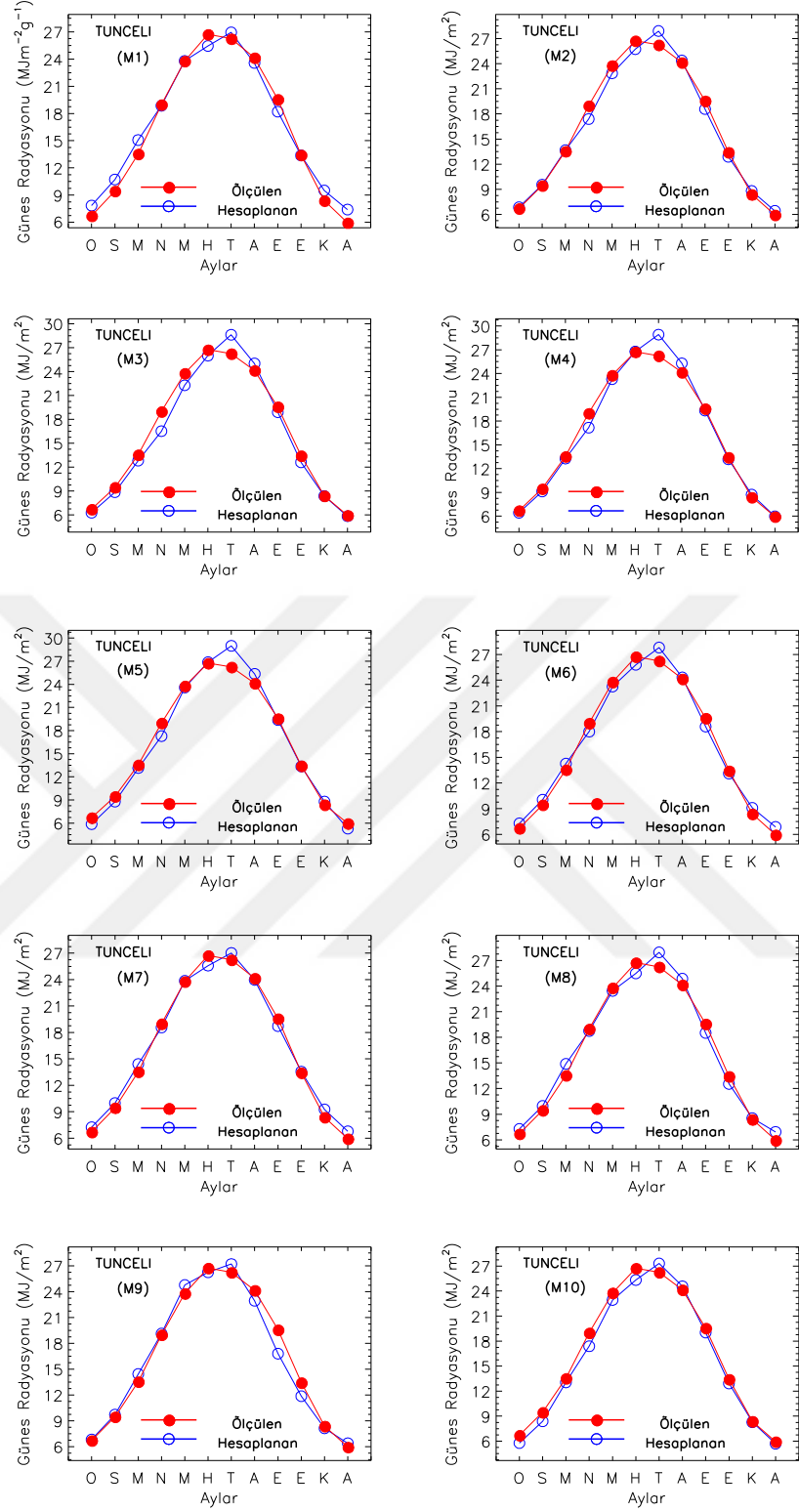
4.26 hesaplanan H_{M5} ile H_{MGM} değerlerinin mutlak yüzde hatası oldukça düşüktür ($e = \% 0.157$).

Çizelge 4.25. Tunceli iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama güneş ışınımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)

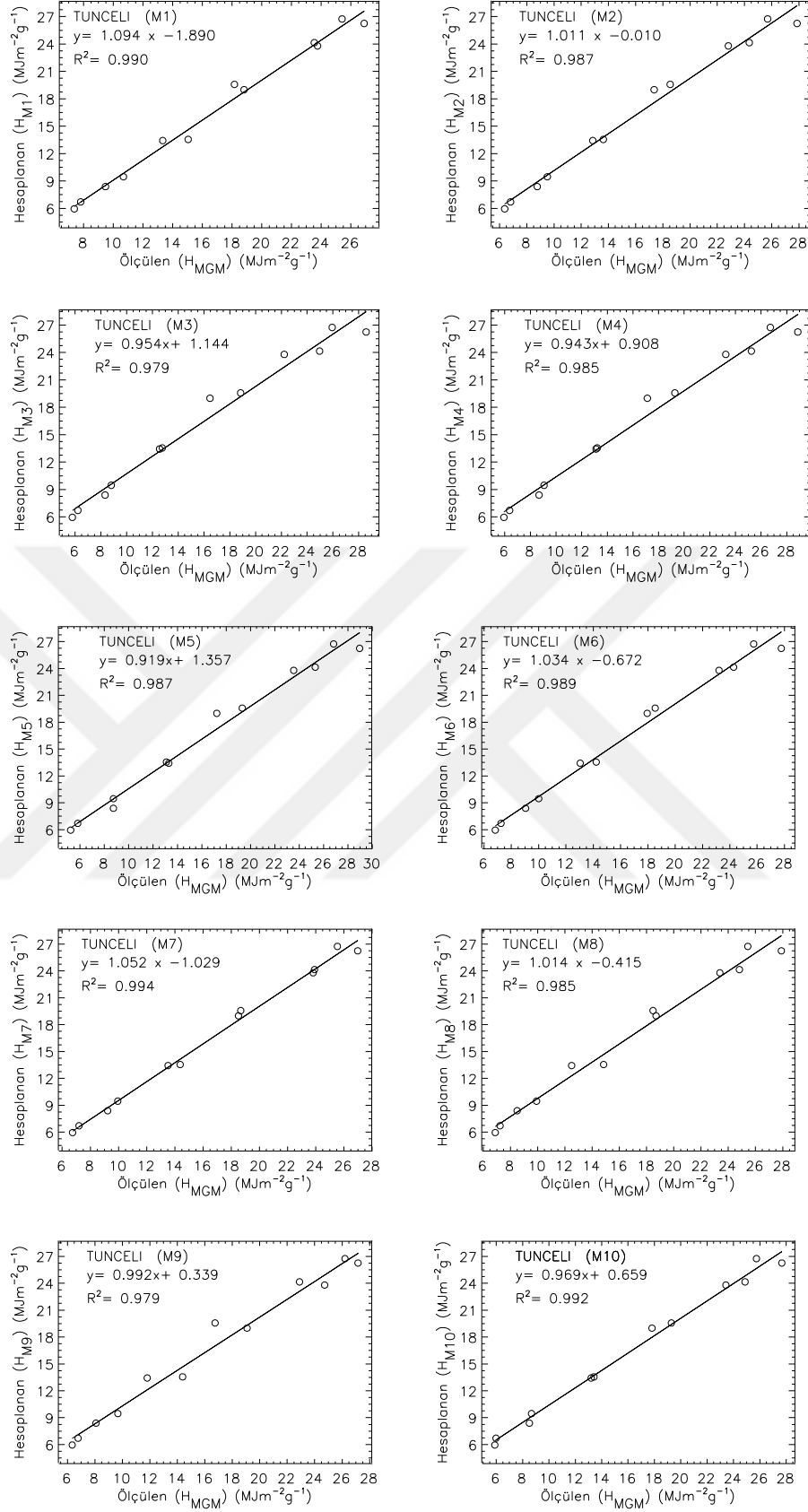
AY	H_{MGM}	H_{M1}	H_{M2}	H_{M3}	H_{M4}	H_{M5}	H_{M6}	H_{M7}	H_{M8}	H_{M9}	H_{M10}
Ocak	6.71	7.84	6.85	6.26	6.42	5.86	7.29	7.24	7.28	6.82	6.03
Şubat	9.46	10.72	9.55	8.85	9.11	8.79	10.05	9.99	9.96	9.71	8.72
Mart	13.55	15.08	13.67	12.81	13.26	13.14	14.26	14.42	14.89	14.43	13.46
Nisan	18.99	18.85	17.40	16.51	17.17	17.28	17.99	18.56	18.74	19.12	17.86
Mayıs	23.79	23.80	22.85	22.27	23.29	23.59	23.25	23.86	23.43	24.77	23.47
Haziran	26.74	25.45	25.74	25.99	26.77	26.87	25.79	25.58	25.48	26.25	25.79
Temmuz	26.25	26.94	27.90	28.62	28.91	29.00	27.81	27.02	27.94	27.20	27.71
Ağustos	24.15	23.58	24.39	25.01	25.29	25.36	24.32	23.96	24.86	22.94	24.92
Eylül	19.57	18.20	18.58	18.89	19.32	19.37	18.58	18.72	18.52	16.79	19.33
Ekim	13.43	13.37	12.89	12.60	13.17	13.34	13.09	13.56	12.54	11.85	13.25
Kasım	8.39	9.51	8.81	8.37	8.72	8.79	9.09	9.27	8.54	8.12	8.56
Aralık	5.95	7.41	6.42	5.83	5.98	5.28	6.87	6.78	6.93	6.39	5.94
Ort.	16.41	16.73	16.25	16.00	16.45	16.39	16.53	16.58	16.59	16.20	16.25

Çizelge 4.26. Tunceli iline ait modellerden hesaplanan korelasyon, istatistiksel hata ve rank sonuçları

Model	R^2	e	RMSE	MBE	t-ist	RankSkor	Rank
H_{M1}	0.990	1.914	1.039	0.314	1.052	1.133	9
H_{M2}	0.987	0.980	0.861	-0.161	0.630	0.693	4
H_{M3}	0.979	2.523	1.213	-0.414	1.204	1.306	10
H_{M4}	0.985	0.218	1.019	0.036	0.117	0.181	2
H_{M5}	0.987	0.157	1.080	-0.026	0.079	0.147	1
H_{M6}	0.989	0.716	0.831	0.118	0.474	0.531	3
H_{M7}	0.994	1.005	0.688	0.165	0.819	0.870	8
H_{M8}	0.985	1.081	0.930	0.178	0.645	0.711	5
H_{M9}	0.979	1.315	1.115	-0.216	0.654	0.736	6
H_{M10}	0.992	0.985	0.716	-0.162	0.769	0.823	7



Şekil 4.13. Tunceli iline ait ölçülen (HMG) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıını ($\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$)



Şekil 4.14. Tunceli iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi

4.8 Mardin İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri

Mardin iline ait a meteorolojik verilerin aylara göre yıllık ortalamaları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Çizelge 4.8 incelendiğinde aylık ortalama günlük güneşlenme süresi (S) Ocak ayında 4.50 ve Aralık ayında 4.50 saat ile en düşük olarak ölçülürken Haziran (12.10 saat) ve Temmuz (12.40 saat) aylarında en yüksek (yıllık ortalama 8.39 saat) olarak kaydedilmiştir. Benzer şekilde, Eşitlik (3.5) kullanılarak aylık olarak günlük olası güneşlenme süresi (S_0), en düşük Ocak (9.74 saat) ve Aralık (9.48 saat) aylarında ölçülürken Haziran (14.53 saat) ve Temmuz (14.29 saat) (yıllık ortalama 12.21 saat) en yüksek olarak hesaplanmıştır. S/S_0 oranı 0.46–0.87 aralığındadır. Aylık ortalama sıcaklık Ocak ayında 3.0°C ile Temmuz ayında 29.80 °C arasında değişmekte olup, yıllık ortalama 17.32 °C’dir. Aylık ortalama bağıl nem % 19.79’dan Ocak’ta % 67.89’a kadar değişir ve yıllık ortalama değer % 41.16’dır.

Mardin ili için Angstrom-Prescott denklemlerinin (H_{M1} , H_{M2} , $H_{M3}, \dots$, H_{M10}) katsayıları (a , b , c , d ve e) Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden (H_{M1} , H_{M2} , $H_{M3}, \dots$, H_{M10}) hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlam değerleri aylara göre değişimi Çizelge 4.27’de verilmiştir. Çizelge 4.27’de verilen değerler kullanılarak ölçülen ve aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlam ($MJm^{-2}g^{-1}$) grafikleri Şekil 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.27 ve Şekil 4.15 incelendiğinde, MGM’den elde edilen ölçülen toplam güneş ışınlamı (H_{MGM}) 6.95 $MJm^{-2}g^{-1}$ (Aralık ayında) ile 27.91 $MJm^{-2}g^{-1}$ (Temmuz ayında) (ortalama 17.73 $MJm^{-2}g^{-1}$) arasında değişir. Eşitlik 3.16 ile belirlenen Parlaklık indeksi ($K_T = H_{MGM}/H_0$) 0.45 ile 0.70 aralığında değişmiştir.

Ölçülen ve hesaplanan toplam güneş ışınlam değerleri arasındaki korelasyon ilişkileri Şekil 4.16’da verilmiştir. Geliştirilen modellerin performansı için R^2 ve bağıl yüzde hataları, istatistiksel test sonuçlarını ve sıralama puanlarını Çizelge 4.28’de verilmiştir. Çizelge 4.28 incelendiğinde, korelasyon değerlerinin % 97.3 (H_{M9}) ile % 99 (H_8) aralığında ve bağıl yüzde hata (e) değerlerinin ise % 0.042 (H_{M6}) ile % 2.13 (H_{M3}) aralığında olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.28 incelendiğinde, modellerden hesaplanan RMSE istatistiksel değerleri en iyi 0.772 $MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M6}) ile en zayıf 1.183 $MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M9}) aralığında iken mutlak MBE değerlerinin ise sırasıyla 0.008 $MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M6}) ile 0.378 $MJm^{-2}g^{-1}$ (H_{M3})

arasında değiştiği görülmektedir. RMSE istatiks l değerleri göz önüne alındığında, geliştirilen modellerden en iyi performansı Model-6 (H_{M6}) gösterirken, en zayıf performansı ise Model-9 (H_{M9}) göstermektedir. Mutlak MBE'ye göre ise en iyi performansı Model-6 (H_{M6}) gösterirken, en zayıf performansı da Model-3 (H_{M3}) göstermektedir. MBE ve RMSE'nin birlikte kullanıldığı t-istatistiği (Eş. 3.21) ve buna bağlı olarak Rank Skoru (sıralama puanı) (Eş. 3.22) (Stone, 1993; Jacovides, 1995; Almorox, 2005; Mubiru vd., 2007; Bakırcı, 2017) bakılarak en iyi performans gösteren model belirlenmiştir. t-ist değerleri en düşük 0.032 (H_{M6}) ve en yüksek 1.334 (H_{M3}) aralığında değiştiği görülmüş ve tüm modellerin t-kritik değerinden (kritik-t = 2.201) daha küçük olduğundan geliştirilen modellerin tamamının (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) güvenli olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.27. Mardin iline ait  l   len (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama güneş ışınımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)

AY	H_{MGM}	H_{M1}	H_{M2}	H_{M3}	H_{M4}	H_{M5}	H_{M6}	H_{M7}	H_{M8}	H_{M9}	H_{M10}
Ocak	8.11	9.22	8.13	7.88	7.77	7.75	8.65	8.12	8.53	8.48	6.84
şubat	11.90	12.13	10.78	10.44	10.34	10.38	11.41	11.04	11.51	11.49	9.70
Mart	16.14	16.59	14.94	14.47	14.43	14.61	15.68	15.72	16.02	16.31	14.68
Nisan	20.15	20.36	18.76	18.18	18.32	18.69	19.39	19.67	19.98	20.73	19.24
Mayıs	23.78	25.38	24.73	24.12	24.64	25.05	24.77	25.20	24.52	26.10	24.86
Haziran	27.17	26.70	27.58	27.28	27.46	27.69	26.91	27.12	26.50	27.17	27.67
Temmuz	27.91	27.95	29.28	29.10	28.99	29.25	28.43	28.42	28.14	28.10	29.50
Ağustos	25.28	24.57	25.57	25.35	25.39	25.61	24.88	24.68	24.73	24.14	25.64
Eyl��l	21.13	19.41	20.13	19.94	20.01	20.18	19.61	19.11	19.29	18.33	19.59
Ekim	14.08	14.76	14.41	14.07	14.37	14.61	14.42	14.29	14.44	13.64	14.28
Kasım	10.15	10.83	10.10	9.80	9.92	10.13	10.37	9.93	10.28	9.83	9.53
Aralık	6.95	8.86	7.82	7.58	7.48	7.47	8.32	7.81	8.43	8.08	7.17
Ort.	17.73	18.06	17.69	17.35	17.43	17.62	17.74	17.59	17.70	17.70	17.39

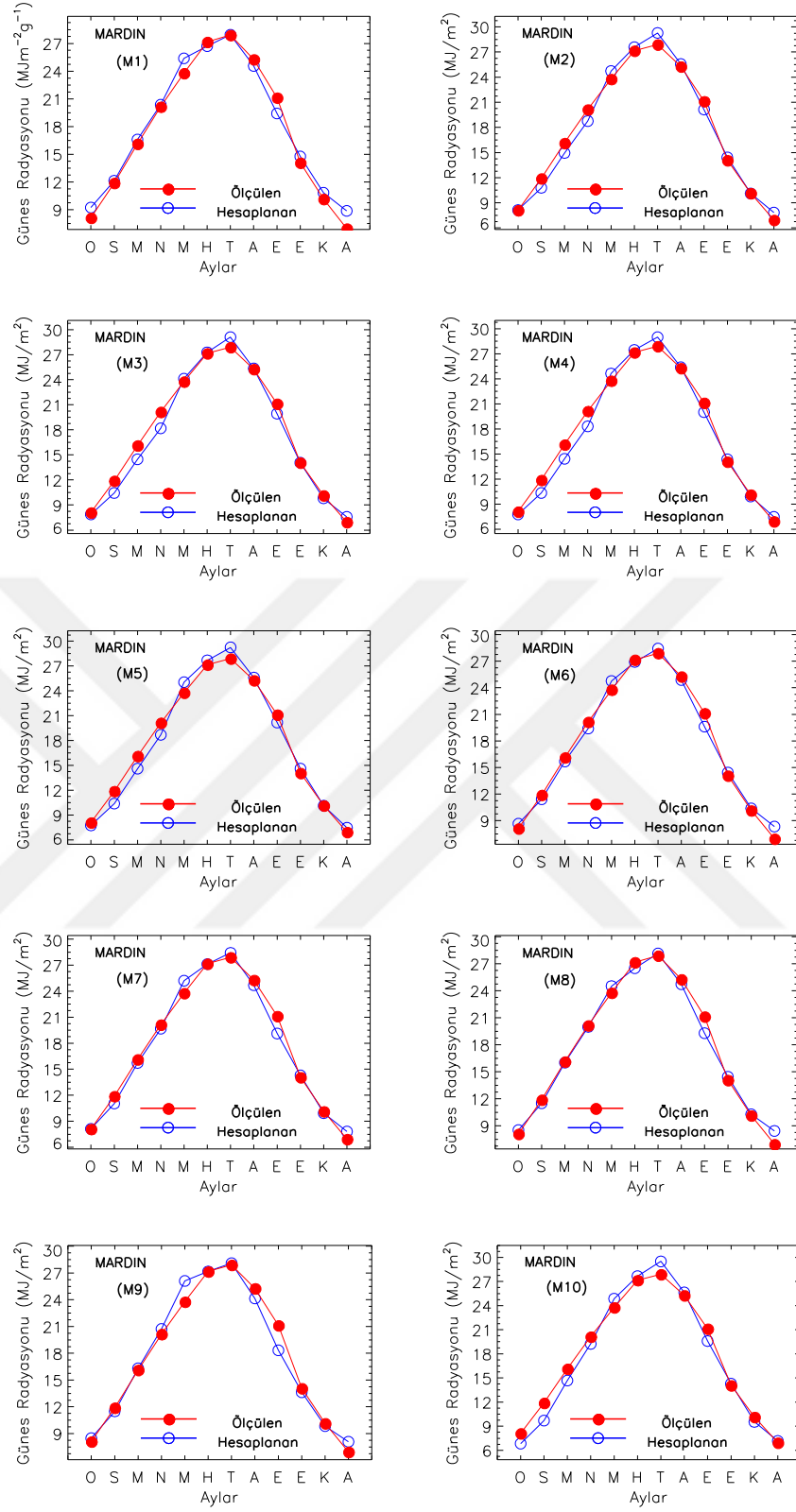
Çizelge 4.28'deki son sütunda verilen sıralama puanlarına göre en iyi performans gösteren modelin rankı 1 olan Model-6 (t-ist = 0.032) ve daha sonra rankı 2 olan Model-9 (t-ist = 0.082) olduğu gözlenirken en zayıf performansın Model-3 (t-ist = 1.334) (H_{M3}) (rank 10) olduğu gözlenmiştir. Eşitlik (3.11) ile verilen Model 6 (H_{M6}), S/S_0 'a bağlı eksponansiyel değerine eşittir. Ayrıca, (3.14) eşitliği ile verilen Model-9 (H_{M9}), ϕ , δ ve S/S_0 'a bağlı bir eşitliktir.

Çizelge 4.28. Mardin iline ait modellerden hesaplanan korelasyon, istatistiksel hata ve rank sonuçları

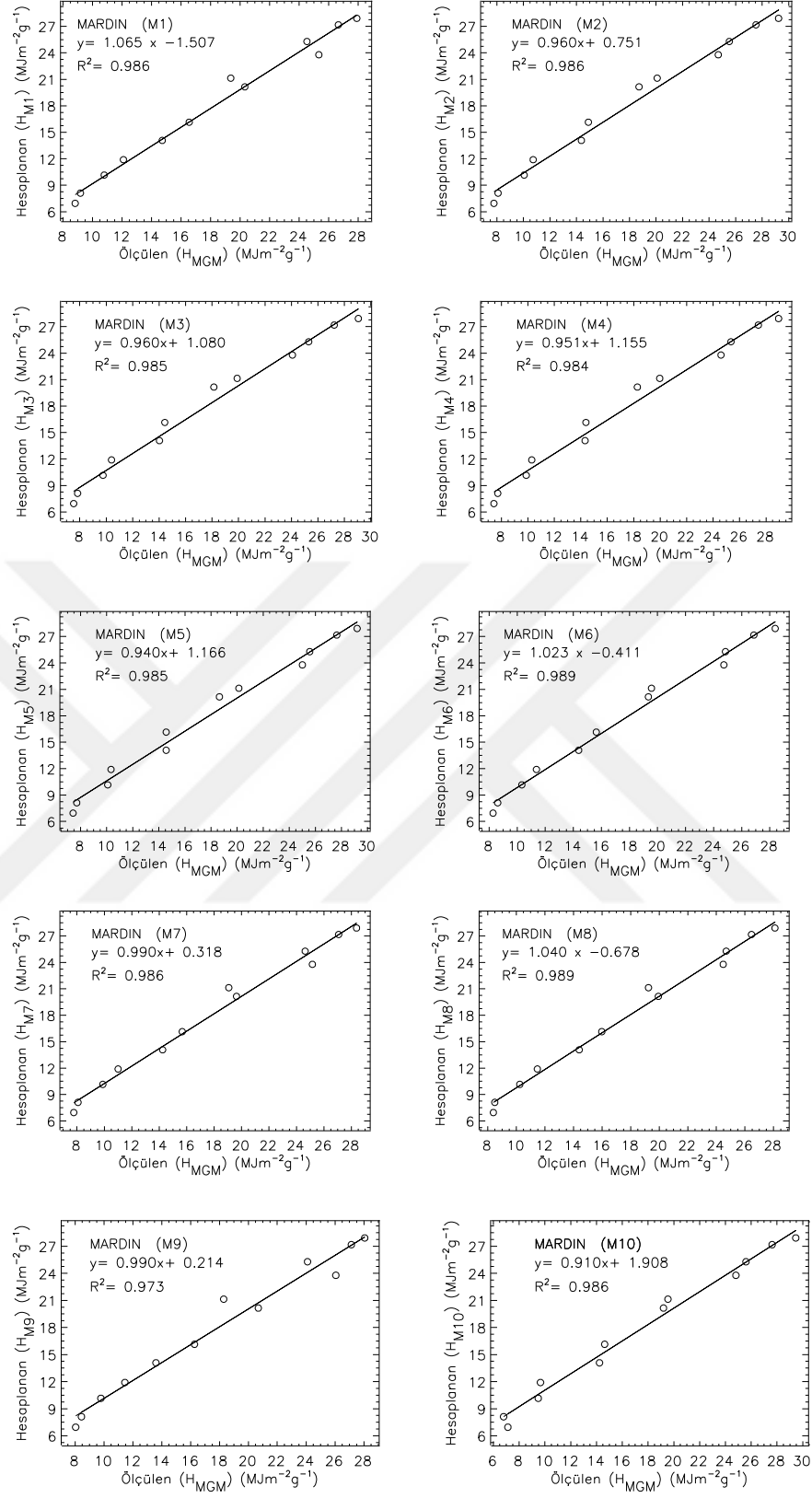
Model	R ²	e	RMSE	MBE	t-ist	RankSkor	Rank
H _{M1}	0.986	1.885	1.015	0.334	1.157	1.232	9
H _{M2}	0.986	0.244	0.891	-0.043	0.162	0.214	4
H _{M3}	0.985	2.134	1.014	-0.378	1.334	1.414	10
H _{M4}	0.984	1.706	1.021	-0.303	1.029	1.105	8
H _{M5}	0.985	0.625	1.006	-0.111	0.368	0.431	5
H _{M6}	0.989	0.042	0.772	0.008	0.032	0.076	1
H _{M7}	0.986	0.771	0.851	-0.137	0.539	0.596	6
H _{M8}	0.990	0.179	0.788	-0.032	0.133	0.180	3
H _{M9}	0.973	0.165	1.183	-0.029	0.082	0.150	2
H _{M10}	0.986	1.904	1.167	-0.338	1.002	1.089	7

Sonuç olarak, Çizelge 4.27’de ölçülen (H_{MGM}) toplam güneş ışıınımı değerlerinin 6.95 MJm⁻²g⁻¹ (Aralık) ile 27.91 MJm⁻²g⁻¹ (Temmuz) arasında (ort. = 17.73 MJm⁻²g⁻¹) olduğunu ve Model 6’dan (H_{M6}) hesaplanan en iyi toplam güneş ışıınımı değerlerinin 8.32 MJm⁻²g⁻¹ (Aralık) ile 28.43 MJm⁻²g⁻¹ (Temmuz) arasında (ort. = 17.74 MJm⁻²g⁻¹) olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’de görüldüğü gibi aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımının ölçülen (H_{MGM}) ve Model 6’dan (H_{M6}) hesaplanan değerlerinin bir birine oldukça benzer olduğu ve aralarında $H_{M6} = 1.023H_{MGM} - 0.411$ ile verilen doğrusal bir ilişki olduğu ve korelasyonun (R²) % 98.9 olduğu görülmektedir. Ayrıca, Çizelge 4.28 hesaplanan H_{M6} ile H_{MGM} değerlerinin mutlak yüzde hatası oldukça düşüktür (e = % 0.042).



Şekil 4.15. Mardin iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıını (MJm⁻²g⁻¹)



Şekil 4.16. Mardin iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi

4.9 Bingöl İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri

Bingöl iline ait meteorolojik verilerin aylara göre yıllık ortalamaları Çizelge 4.9’de verilmiştir. Çizelge 4.9 incelendiğinde aylık ortalama günlük güneşlenme süresi (S) Ocak ayında 3.40 ve Aralık ayında 3.20 saat ile en düşük olarak ölçülürken Haziran (9.10 saat) ve Temmuz (9.40 saat) aylarında en yüksek (yıllık ortalama 6.48 saat) olarak kaydedilmiştir. Benzer şekilde, Eşitlik (3.5) kullanılarak aylık olarak günlük olası güneşlenme süresi (S_0), en düşük Ocak (0.35 saat) ve Aralık (0.34 saat) aylarında ölçülürken Ağustos (0.67 saat) ve Eylül (0.66 saat) (yıllık ortalama 0.52 saat) en yüksek olarak hesaplanmıştır. S/S_0 oranı 9.33–14.68 aralığındadır. Aylık ortalama sıcaklık Ocak ayında $-2.30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile Temmuz ayında $26.70\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişmekte olup, yıllık ortalama $13.48\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’dir. Aylık ortalama bağıl nem %38.98’den Aralık % 73.74’a kadar değişir ve yıllık ortalama değer % 56.45’dir.

Bingöl ili için Angstrom-Prescott denklemlerinin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) katsayıları (a , b , c , d ve e) Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışınım Çizelge 4.29 ve verilmiştir. Çizelge 4.29’de verilen değerler kullanılarak, ölçülen ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışınım ($\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) grafikleri Şekil 4.17’de verilmiştir. Çizelge 4.29 ve Şekil 4.17 incelendiğinde ölçülen toplam güneş ışınımı (H_{MGM}) $5.40\text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Aralık ayında) ile $25.61\text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Temmuz ayında) (ortalama $15.46\text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) arasında değişir. Eşitlik 3.16 ile belirlenen Parlaklık indeksi ($K_T = H_{MGM}/H_0$) 0.37 ile 0.60 aralığında değişmiştir.

Şekil 4.18’de ölçülen ve hesaplanan toplam güneş ışınım değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkileri verilmiştir. Geliştirilen modellerin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) performansı için R^2 ve bağıl yüzde hataları, istatistiksel test sonuçlarını ve sıralama puanlarını Çizelge 4.30’de verilmiştir. Çizelge 4.30 incelendiğinde, korelasyon değerlerinin % 97.8 (H_{M10}) ile % 99.6 (H_5) aralığında ve bağıl yüzde hata (e) değerlerinin ise % 0.27 (H_{M8}) ile % 3.98 (H_{M1}) aralığında olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.30 incelendiğinde hesaplanan RMSE istatistiksel değerleri en iyi $0.718\text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (H_{M3}) ile en zayıf $1.165\text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (H_{M1}) aralığında iken mutlak MBE değerlerinin ise $0.042\text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (H_{M9}) ile $0.616\text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (H_{M1}) arasında değiştiği

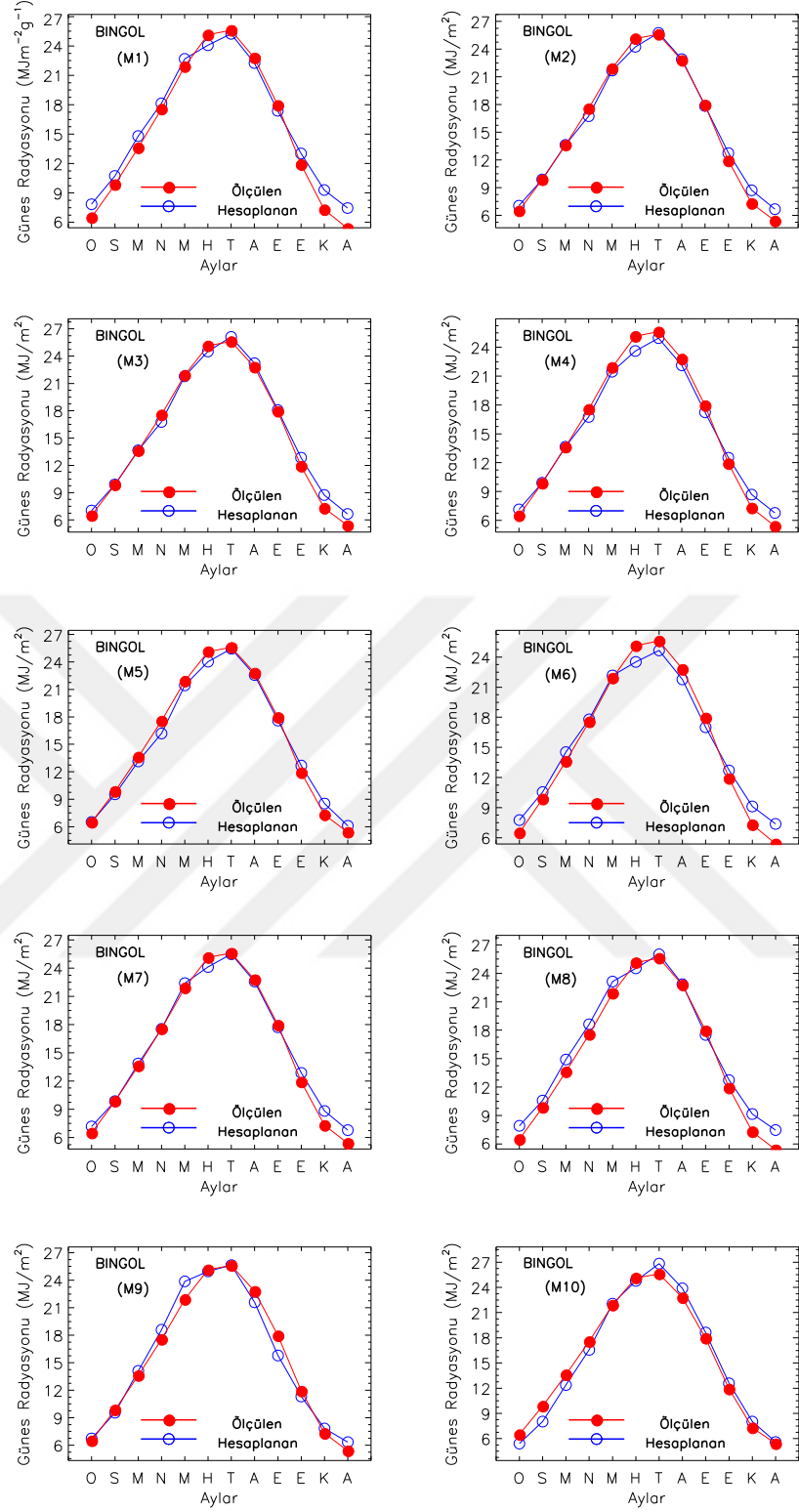
görülmektedir. RMSE istatistiksel değerleri göz önüne alındığında, geliştirilen modellerden en iyi performansı Model-3 (H_{M3}) gösterirken, en zayıf performansı ise Model-1 (H_{M1}) göstermektedir. Mutlak MBE'ye göre ise en iyi performansı Model-9 (H_{M9}) gösterirken, en zayıf performansı da Model-1 (H_{M1}) göstermektedir. Daha güvenilir sonuç için t-istatistiği (Eş. 3.21) ve buna bağlı olarak Rank Skoru (sıralama puanı) (Eş. 3.22) bakılmıştır (Stone, 1993; Jacovides, 1995; Almorox, 2005; Mubiru vd., 2007; Bakırcı, 2017) . Buna göre, 7 t-ist değerleri en iyi 0.134 (H_{M9}) ve en zayıf 2.066 (H_{M1}) aralığında değişmektedir. Tüm modeller için elde edilen t-ist değerleri t-kritik değerinden (kritik-t = 2.201) daha küçük olduğundan, geliştirilen modellerin tamamının (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) güvenli olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.29. Bingöl iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama güneş ışıınımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)

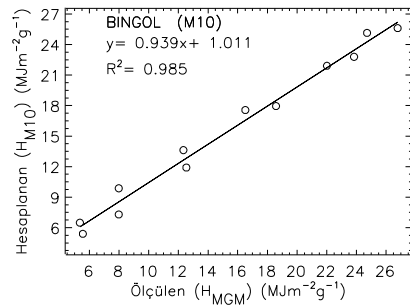
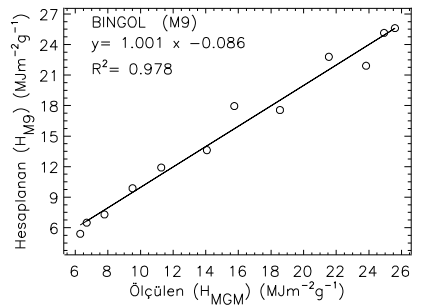
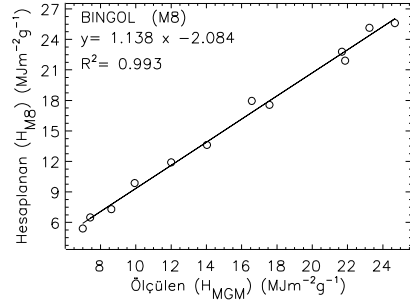
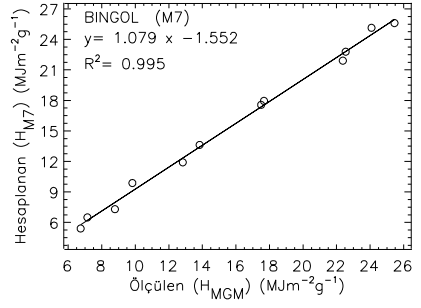
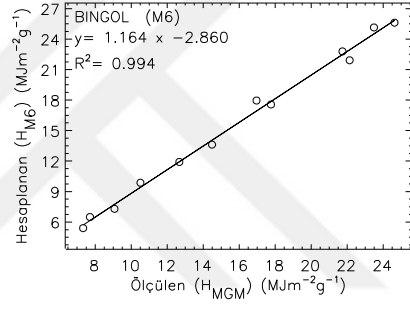
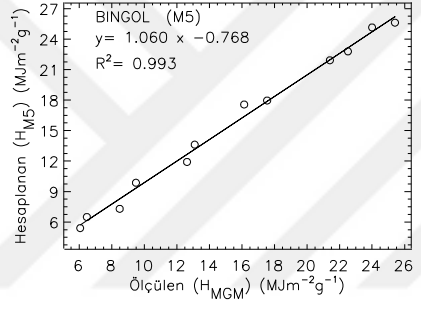
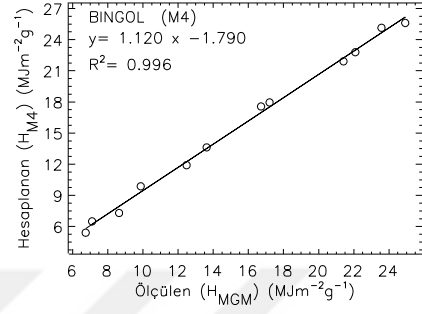
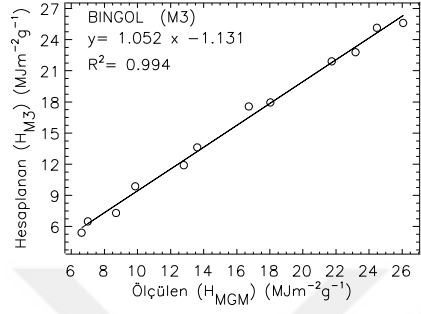
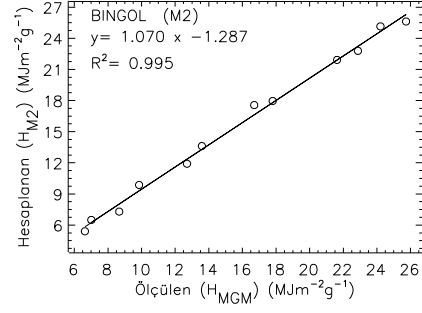
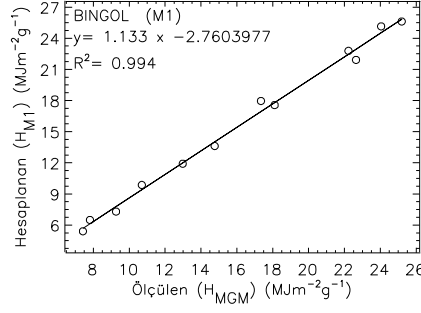
AY	H_{MGM}	H_{M1}	H_{M2}	H_{M3}	H_{M4}	H_{M5}	H_{M6}	H_{M7}	H_{M8}	H_{M9}	H_{M10}
Ocak	6.49	7.85	7.05	7.04	7.14	6.51	7.75	7.18	7.45	6.74	5.40
Şubat	9.87	10.74	9.89	9.90	9.91	9.53	10.55	9.86	9.97	9.55	8.02
Mart	13.62	14.80	13.63	13.65	13.66	13.14	14.53	13.87	14.07	14.11	12.38
Nisan	17.56	18.14	16.74	16.77	16.76	16.18	17.80	17.54	17.61	18.59	16.56
Mayıs	21.91	22.68	21.67	21.78	21.45	21.45	22.17	22.41	21.90	23.87	22.06
Haziran	25.14	24.08	24.25	24.51	23.61	24.04	23.52	24.12	23.28	24.97	24.77
Temmuz	25.61	25.23	25.77	26.10	24.96	25.45	24.66	25.49	24.72	25.64	26.83
Ağustos	22.79	22.26	22.91	23.22	22.12	22.56	21.77	22.58	21.72	21.59	23.89
Eylül	17.95	17.38	17.84	18.07	17.24	17.59	17.00	17.71	16.61	15.79	18.63
Ekim	11.91	13.02	12.74	12.84	12.52	12.67	12.71	12.87	12.04	11.31	12.58
Kasım	7.30	9.30	8.71	8.74	8.68	8.53	9.11	8.82	8.65	7.83	8.02
Aralık	5.40	7.46	6.67	6.66	6.78	6.10	7.37	6.78	7.03	6.34	5.60
Ort.	15.46	16.08	15.66	15.77	15.40	15.31	15.75	15.77	15.42	15.53	15.39

Çizelge 4.30. Bingöl iline ait modellerden hesaplanan korelasyon, istatistiksel hata ve rank sonuçları

Model	R^2	e	RMSE	MBE	t-ist	RankSkor	Rank
H_{M1}	0.994	3.983	1.165	0.616	2.066	2.177	10
H_{M2}	0.985	1.250	0.978	-0.068	0.230	0.297	4
H_{M3}	0.995	2.010	0.718	0.193	0.928	0.986	7
H_{M4}	0.994	0.388	0.725	0.311	1.574	1.640	9
H_{M5}	0.996	0.970	0.874	-0.060	0.228	0.289	3
H_{M6}	0.993	1.827	0.734	-0.150	0.693	0.750	5
H_{M7}	0.994	1.983	1.164	0.283	0.829	0.921	6
H_{M8}	0.995	0.270	0.768	0.307	1.444	1.512	8
H_{M9}	0.993	0.420	1.034	-0.042	0.134	0.204	1
H_{M10}	0.978	0.437	1.040	0.065	0.208	0.279	2



Şekil 4.17. Bingöl iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıını (MJm⁻²g⁻¹)



Şekil 4.18. Bingöl iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi

Çizelge 4.30'daki rank skorunun sıralamasına göre 1 numaralı en iyi performansı Model-9 ($t\text{-ist} = 0.134$) ve daha sonra ikinci en iyi sonuç 2 numaralı Model-10 ($t\text{-ist} = 0.208$) olduğu gözlenmiştir. En zayıf performansın ise Model-1 ($t\text{-ist} = 2.066$) (H_{M1}) (10 numaralı) göstermiştir. Eşitlik (3.14) ile verilen Model 9 (H_{M9}) ϕ , δ ve S/S_0 'a bağlı doğrusal bir eşitliktir. Ayrıca, (3.15) eşitliği ile verilen Model 10 (H_{M10}) sıcaklığın minimum ve maksimum değerleri ile bağlıdır.

Sonuç olarak, Bingöl için Çizelge 4.29'den ölçülen (H_{MGM}) toplam güneş ışıınımı değerlerinin $5.40 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Aralık) ile $25.61 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Temmuz) arasında (ort. = $15.46 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) olduğunu ve Model 9'den (H_{M9}) hesaplanan en iyi toplam güneş ışıınımı değerlerinin $6.34 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Aralık) ile $25.64 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Temmuz) arasında (ort. = $15.53 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'de görüldüğü gibi aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımının ölçülen (H_{MGM}) ve Model 9'den (H_{M9}) hesaplanan değerlerinin bir birine oldukça benzer olduğu ve aralarında $H_{M9} = 1.001H_{MGM} - 0.086$ ile verilen doğrusal bir ilişki olduğu ve korelasyonun (R^2) % 97.8 olduğu görülmektedir. Ayrıca, Çizelge 4.30 hesaplanan H_{M9} ile H_{MGM} değerlerinin mutlak yüzde hatası oldukça düşüktür ($e = \% 0.420$).

4.10 Elazığ İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri

Elazığ iline ait meteorolojik verilerin aylara göre yıllık ortalamaları Çizelge 4.10'da ve Angstrom-Prescott denklemlerinin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) katsayıları (a , b , c , d ve e) Çizelge 4.12'de verilmiştir. Çizelge 4.10 incelendiğinde aylık ortalama günlük güneşlenme süresi (S) Ocak ayında 2.70 saat ve Aralık aylarında 2.40 saat ile en düşük olarak ölçülürken Ağustos (11.10 saat) ve Temmuz (11.80 saat) aylarında en yüksek (yıllık ortalama 7.43 saat) olarak kaydedilmiştir. Benzer şekilde, Eşitlik (3.5) kullanılarak aylık olarak günlük olası güneşlenme süresi (S_0), en düşük Ocak (0.28 saat) ve Aralık (0.26 saat) aylarında ölçülürken Temmuz ve Ağustos aylarında (0.82 saat) (yıllık ortalama 0.59 saat) en yüksek olarak hesaplanmıştır. S/S_0 oranı 9.35–14.66 aralığındadır. Aylık ortalama sıcaklık Ocak ayında -0.80°C ile Temmuz ayında 27.20°C arasında değişmekte olup, yıllık ortalama 14.41°C 'dir. Aylık ortalama bağıl nem % 32.94'den Ocak % 74.78'a kadar değişir ve yıllık ortalama değer % 53.31'dir.

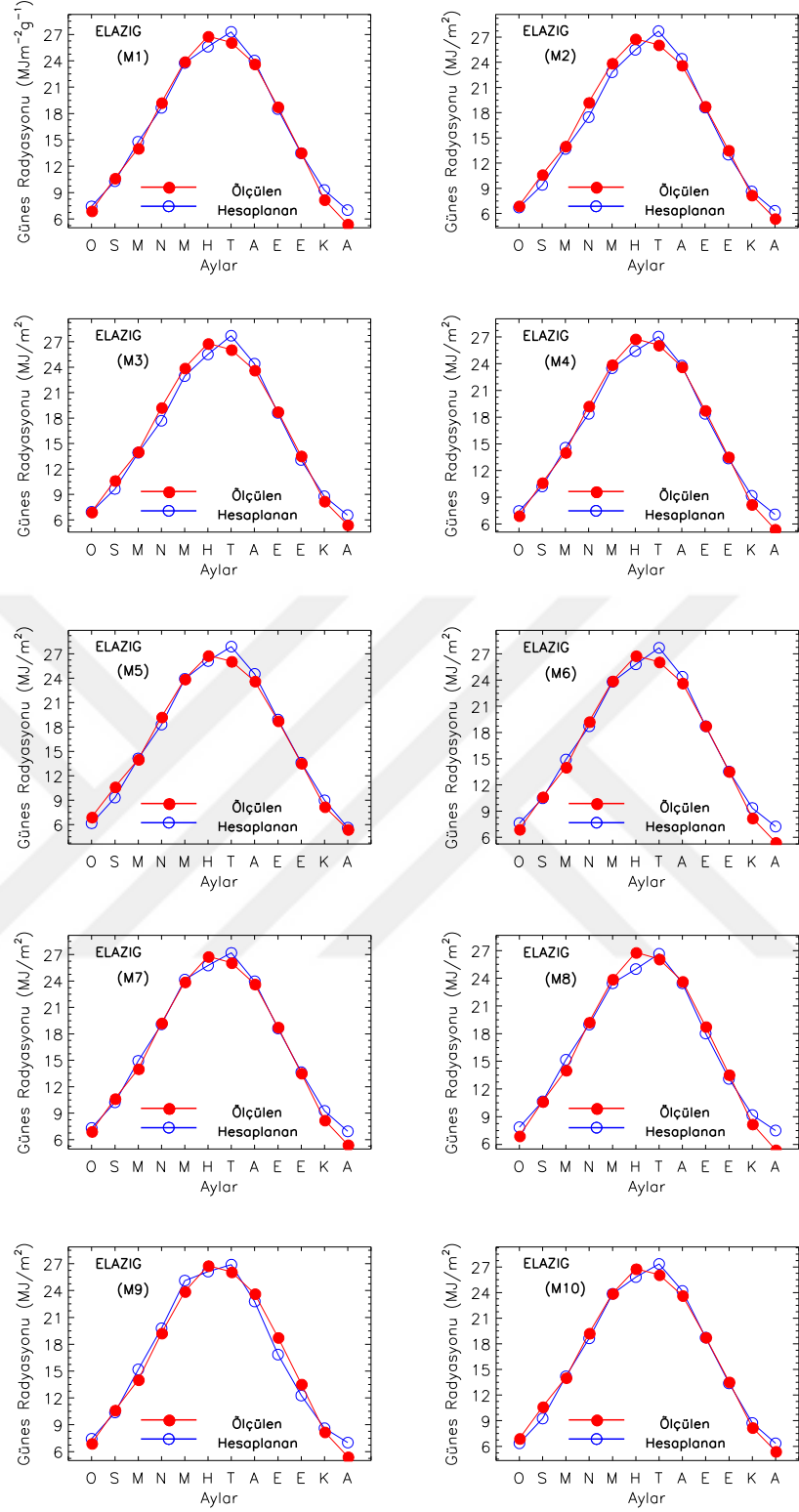
Ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışınım değerleri aylara göre değişimi Çizelge 4.31’de verilmiştir. Çizelge 4.31’de verilen değerler kullanılarak modellerden hesaplanan (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) aylık ortalama günlük toplam güneş ışınım ($MJm^{-2}g^{-1}$) grafikleri Şekil 4.19’de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Elazığ iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama güneş ışınımı ($MJm^{-2}g^{-1}$)

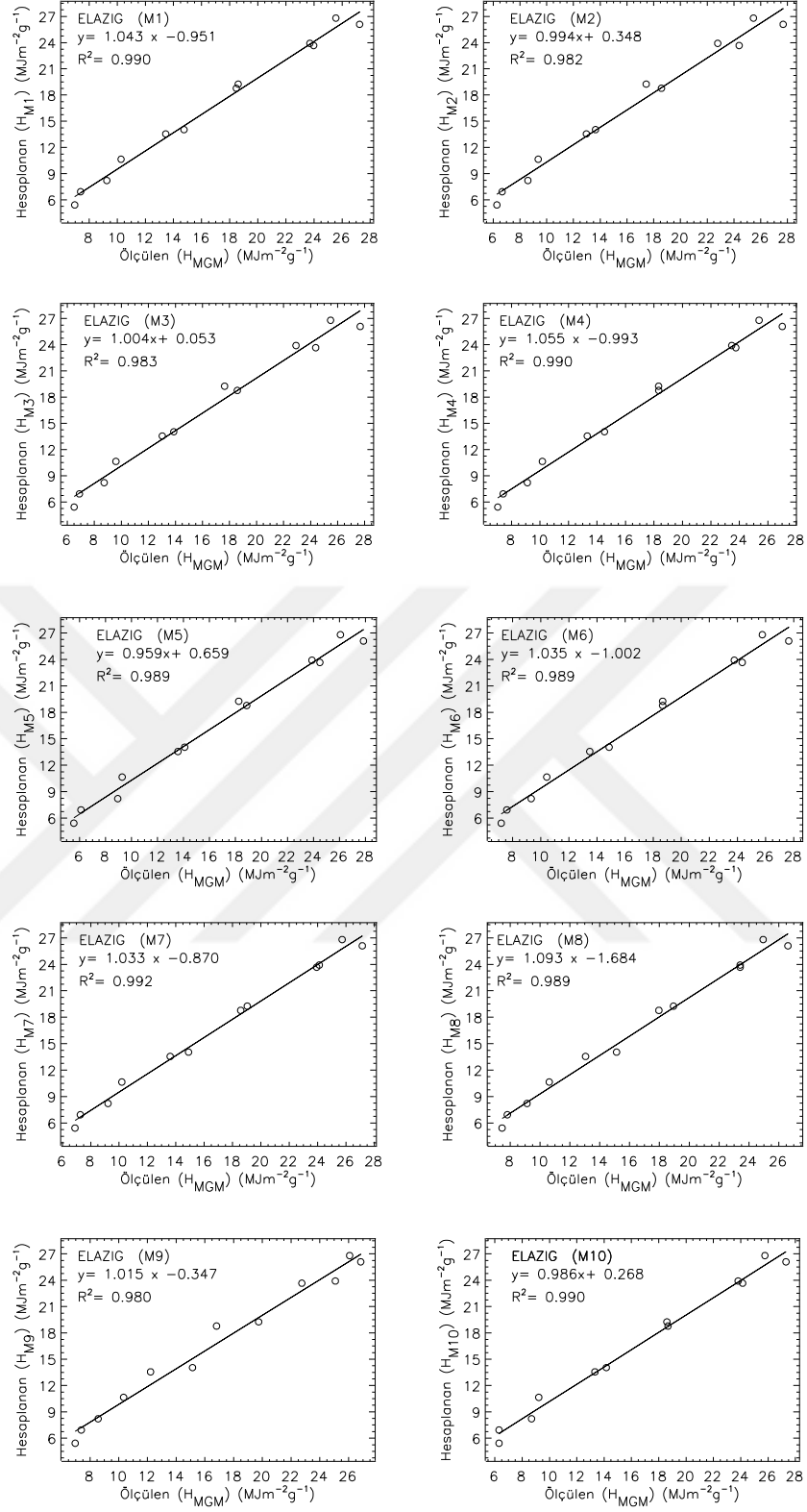
AY	H_{MGM}	H_{M1}	H_{M2}	H_{M3}	H_{M4}	H_{M5}	H_{M6}	H_{M7}	H_{M8}	H_{M9}	H_{M10}
Ocak	6.93	7.43	6.71	6.94	7.46	6.16	7.63	7.31	7.85	7.43	6.35
Şubat	10.65	10.31	9.41	9.64	10.21	9.33	10.47	10.23	10.66	10.38	9.26
Mart	14.04	14.79	13.69	13.92	14.57	14.14	14.91	14.94	15.17	15.18	14.20
Nisan	19.25	18.65	17.48	17.68	18.37	18.30	18.72	19.08	18.98	19.78	18.64
Mayıs	23.91	23.75	22.83	22.96	23.50	23.93	23.81	24.16	23.45	25.12	23.85
Haziran	26.80	25.60	25.50	25.52	25.42	26.12	25.81	25.77	24.99	26.12	25.81
Temmuz	26.09	27.29	27.72	27.71	27.05	27.89	27.69	27.19	26.65	26.89	27.35
Ağustos	23.66	24.02	24.43	24.42	23.79	24.54	24.38	23.97	23.45	22.79	24.18
Eylül	18.77	18.51	18.62	18.62	18.38	18.91	18.72	18.62	18.01	16.85	18.72
Ekim	13.55	13.49	13.01	13.07	13.36	13.62	13.53	13.64	13.09	12.26	13.37
Kasım	8.21	9.30	8.64	8.77	9.16	8.99	9.36	9.26	9.17	8.61	8.73
Aralık	5.42	7.01	6.32	6.55	7.08	5.61	7.23	6.93	7.50	7.01	6.35
Ort.	16.44	16.68	16.20	16.32	16.53	16.46	16.85	16.76	16.58	16.54	16.40

Ölçülen ve hesaplanan toplam güneş ışınım değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkileri Şekil 4.20’de verilmiştir. Geliştirilen modellerin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) performansı için R^2 ve bağıl yüzde hataları, istatistiksel test sonuçlarını ve sıralama puanları ise Çizelge 4.32’de verilmiştir. Çizelge 4.32 incelendiğinde, Elazığ ili için korelasyon değerlerinin % 98.00 (H_{M9}) ile % 99.21 (H_7) aralığında ve bağıl yüzde hata (e) değerlerinin ise % 0.13 (H_{M5}) ile % 2.52 (H_{M6}) aralığında olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.31 ve Şekil 4.19 incelendiğinde ölçülen toplam güneş ışınımı (H_{MGM}) 5.42 $MJm^{-2}g^{-1}$ (Aralık ayında) ile 26.80 $MJm^{-2}g^{-1}$ (Haziran ayında) (ortalama 16.44 $MJm^{-2}g^{-1}$) arasında değişir. Parlaklık indeksi ($K_T = H_{MGM}/H_0$) 0.37 ile 0.64 aralığında değişmiştir. Benzer şekilde, Çizelge 4.31 incelendiğinde modellerden hesaplanan toplam güneş ışınımı değerlerinin Aralık ve Ocak aylarında en düşük değerler alırken Haziran ve Temmuz aylarında en yüksek değerler aldığı görülmektedir.



Şekil 4.19. Elazığ iline ait ölçülen (HMGM) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıını (MJm⁻²g⁻¹)



Şekil 4.20. Elazığ iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi

Çizelge 4.32. Elazığ iline ait modellerden hesaplanan korelasyon, istatistiksel hata ve rank sonuçları

Model	R ²	e	RMSE	MBE	t-ist	RankSkor	Rank
H _{M1}	0.990	1.455	0.822	0.239	1.009	1.072	8
H _{M2}	0.982	1.480	1.011	-0.243	0.823	0.900	7
H _{M3}	0.983	0.750	0.961	-0.123	0.429	0.496	5
H _{M4}	0.990	0.542	0.836	0.089	0.356	0.412	4
H _{M5}	0.989	0.132	0.836	0.022	0.086	0.138	1
H _{M6}	0.989	2.524	0.923	0.415	1.669	1.748	10
H _{M7}	0.992	1.936	0.764	0.318	1.520	1.585	9
H _{M8}	0.989	0.857	1.003	0.141	0.470	0.539	6
H _{M9}	0.980	0.578	1.051	0.095	0.301	0.370	3
H _{M10}	0.990	0.238	0.746	-0.039	0.174	0.222	2

Çizelge 4.32 incelendiğinde hesaplanan RMSE istatistiksel değerleri en iyi 0.746 MJm⁻²g⁻¹ (H_{M10}) ile en zayıf 1.051 MJm⁻²g⁻¹ (H_{M9}) aralığında iken mutlak MBE değerlerinin ise 0.022 MJm⁻²g⁻¹ (H_{M5}) ile 0.415 MJm⁻²g⁻¹ (H_{M6}) arasında değiştiği görülmektedir. RMSE istatistiksel değerleri göz önüne alındığında, geliştirilen modellerden en iyi performansı Model-10 (H_{M10}) gösterirken, en zayıf performansı ise Model-9 (H_{M9}) göstermektedir. Mutlak MBE'ye göre ise en iyi performansı Model-5 (H_{M5}) gösterirken, en zayıf performansı da Model-6 (H_{M6}) göstermektedir. Daha güvenilir sonuç için MBE ve RMSE'nin birlikte kullanıldığı t-istatistiği (Eş. 3.21) ve buna bağlı olarak Rank Skoru (sıralama puanı) (Eş. 3.22) kullanılmıştır (Stone, 1993; Jacovides, 1995; Almorox, 2005; Mubiru vd., 2007; Bakırcı, 2017). Buna göre t-ist değerleri en iyi 0.086 (H_{M5}) ve en zayıf 1.669 (H_{M6}) aralığında değişmektedir. Tüm modeller için elde edilen t-ist değerleri t-kritik değerinden (kritik-t = 2.201) daha küçük olduğundan, modellerin tamamının (H_{M1}, H_{M2}, H_{M3},..., H_{M10}) Elazığ ili için güvenli olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.32'de verilen sıralama (rank) yöntemine göre en iyi performans gösteren modelin rankı 1 olan Model-5 (t-ist = 0.086) ve daha sonra Model-10 (t-ist = 0.174) (rank 2) olduğu gözlenirken en zayıf performansı gösteren Model-6 (t-ist = 1.669) (H_{M6}) (rank 10) olduğu gözlenmiştir. Eşitlik (3.10) ile verilen Model 5 (H_{M5}) S/S_o'a bağlı logaritmik eşitliktir. Ayrıca, (3.15) eşitliği ile verilen Model-10 (H_{M10}) sıcaklığın minimum ve maksimum değerleri ile bağlıdır.

Sonuç olarak, Elazığ için Çizelge 4.31'den ölçülen (H_{MGM}) toplam güneş ışıınımı değerlerinin 5.42 MJm⁻²g⁻¹ (Aralık) ile 26.80 MJm⁻²g⁻¹ (Haziran) arasında (ort. = 16.44 MJm⁻²g⁻¹) olduğunu ve Model 5'den (H_{M5}) hesaplanan en iyi toplam güneş

ışınımı değerlerinin $5.61 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Aralık) ile $27.89 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Temmuz) arasında (ort. = $16.46 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de görüldüğü gibi aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınının ölçülen (H_{MGM}) ve Model 5’den (H_{M5}) hesaplanan değerlerinin bir birine oldukça benzer olduğu ve aralarında $H_{\text{M5}} = 0.959H_{\text{MGM}} + 0.659$ ile verilen doğrusal bir ilişki olduğu ve korelasyonun (R^2) % 98.9 olduğu görülmektedir. Ayrıca, Çizelge 4.32 hesaplanan H_{M5} ile H_{MGM} değerlerinin mutlak yüzde hatası oldukça düşüktür ($e = \% 0.132$).

4.11 Diyarbakır İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınım Değerleri

Diyarbakır iline ait meteorolojik verilerin aylara göre yıllık ortalamaları ve Angstrom-Prescott denklemlerinin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) katsayıları (a , b , c , d ve e) sırasıyla Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12’de verilmiştir. Çizelge 4.11 incelendiğinde aylık ortalama günlük güneşlenme süresi (S) Ocak ve Aralık aylarında 3.9 saat ile en düşük olarak ölçülürken Haziran (12.20 saat) ve Temmuz (12.40 saat) aylarında en yüksek (yıllık ortalama 8.23 saat) olarak kaydedilmiştir. Benzer şekilde, Eşitlik (3.5) kullanılarak aylık olarak günlük olası güneşlenme süresi (S_0), en düşük Ocak (9.69 saat) ve Aralık (9.42 saat) aylarında ölçülürken Haziran (14.58 saat) ve Temmuz (14.34 saat) (yıllık ortalama 12.21 saat) en yüksek olarak hesaplanmıştır. S/S_0 oranı 0.40–0.87 aralığındadır. Aylık ortalama sıcaklık Ocak ayında 1.80°C ile Temmuz ayında 31.0°C arasında değişmekte olup, yıllık ortalama 17.18°C ’dir. Aylık ortalama bağıl nem % 27’den Aralık’da % 74.77’a kadar değişir ve yıllık ortalama değer % 51.77’dir.

Ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınınım değerleri aylara göre değişimi Çizelge 4.33’de ve Şekil 4.21’de verilmiştir. Çizelge 4.33 ve Şekil 4.21 incelendiğinde, ölçülen toplam güneş ışıınınım (H_{MGM}) $7.04 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Aralık ayında) ile $27.30 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (Haziran ayında) (ortalama $17.26 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$) arasında değişmektedir. Eşitlik 3.16 ile belirlenen Parlaklık indeksi ($K_T = H_{\text{MGM}}/H_0$) 0.45 ile 0.68 aralığında değişmiştir.

Çizelge 4.33. Diyarbakır iline ait ölçülen (H_{MGM}) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama güneş ışıını (MJm⁻²g⁻¹)

AY	H ₀	H _{MGM}	H _{M1}	H _{M2}	H _{M3}	H _{M4}	H _{M5}	H _{M6}	H _{M7}	H _{M8}	H _{M9}	H _{M10}
Ocak	15.74	7.04	8.72	7.66	7.83	7.66	7.59	7.77	7.84	8.08	7.63	6.81
Şubat	20.74	10.72	11.69	10.49	10.66	10.51	10.62	10.60	10.79	10.87	10.53	9.65
Mart	28.26	15.62	16.00	14.44	14.65	14.47	14.67	14.59	15.36	15.18	15.25	14.42
Nisan	34.28	19.67	19.84	18.42	18.56	18.52	18.92	18.53	19.44	18.54	19.69	18.56
Mayıs	41.24	24.35	24.72	24.08	24.07	24.27	24.63	24.18	24.77	23.11	24.90	24.37
Haziran	41.75	27.30	26.05	26.91	26.71	26.64	26.77	27.09	26.36	25.44	26.16	26.93
Temmuz	43.25	26.72	27.18	28.39	28.15	27.90	28.05	28.60	27.31	27.35	27.17	28.11
Ağustos	38.11	23.41	23.98	25.11	24.89	24.63	24.77	25.30	24.23	24.10	23.37	25.07
Eylül	30.04	20.48	18.65	19.13	19.00	19.01	19.11	19.24	19.00	18.59	17.64	19.68
Ekim	23.65	14.07	14.17	13.80	13.80	13.91	14.12	13.86	14.18	13.55	12.81	14.05
Kasım	17.81	9.60	10.30	9.56	9.64	9.61	9.82	9.62	9.83	9.53	9.06	9.12
Aralık	15.09	8.13	8.39	7.41	7.56	7.40	7.37	7.51	7.63	7.74	7.27	6.72
Ort.	29.16	17.26	17.47	17.12	17.13	17.04	17.20	17.24	17.23	16.84	16.79	16.96

Ölçülen ve hesaplanan toplam güneş ışıını değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkileri Şekil 4.22’de verilmiştir.

Geliştirilen modellerin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) performansı için R^2 ve bağıl yüzde hataları, istatistiksel test sonuçlarını ve sıralama puanlarını Çizelge 4.34’de verilmiştir. Çizelge 4.34 incelendiğinde, korelasyon değerlerinin % 98.25 (H_{M6}) ile % 99.11 (H_7) aralığında ve bağıl yüzde hata (e) değerlerinin ise % 0.11 (H_{M6}) ile % 2.43 (H_{M8}) aralığında olduğu görülmektedir. Modellerden hesaplanan RMSE istatistiksel değerleri en iyi 0.668 MJm⁻²g⁻¹ (H_{M7}) ile en zayıf 1.101 MJm⁻²g⁻¹ (H_{M9}) aralığında iken mutlak MBE değerlerinin ise 0.018 MJm⁻²g⁻¹ (H_{M6}) ile 0.419 MJm⁻²g⁻¹ (H_{M8}) arasında değiştiği görülmektedir. RMSE istatistiksel değerleri göz önüne alındığında, geliştirilen modellerden en iyi performansı Model-7 (H_{M7}) gösterirken, en zayıf performansı ise Model-9 (H_{M9}) göstermektedir. Mutlak MBE’ye göre ise en iyi performansı Model-6 (H_{M6}) gösterirken, en zayıf performansı da Model-8 (H_{M8}) göstermektedir.

Daha güvenilir sonuç almak için MBE ve RMSE’nin birlikte kullanıldığı t-istatistiği (Eş. 3.21) ve buna bağılı olarak Rank Skoru (sıralama puanı) (Eş. 3.22) kullanılmıştır (Stone, 1993; Jacovides, 1995; Almorox, 2005; Mubiru vd., 2007; Bakırcı, 2017). Çizelge 4.34 incelendiğinde, t-ist değerleri en iyi 0.061 (H_{M6}) en zayıf 1.498 (H_{M8}) aralığında değişmektedir. Tüm modeller için elde edilen t-ist değerleri t-kritik değerinden (kritik-t = 2.201) daha küçük olduğundan, geliştirilen modellerin tamamının (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) Diyarbakır ili için güvenli olduğu söylenebilir.

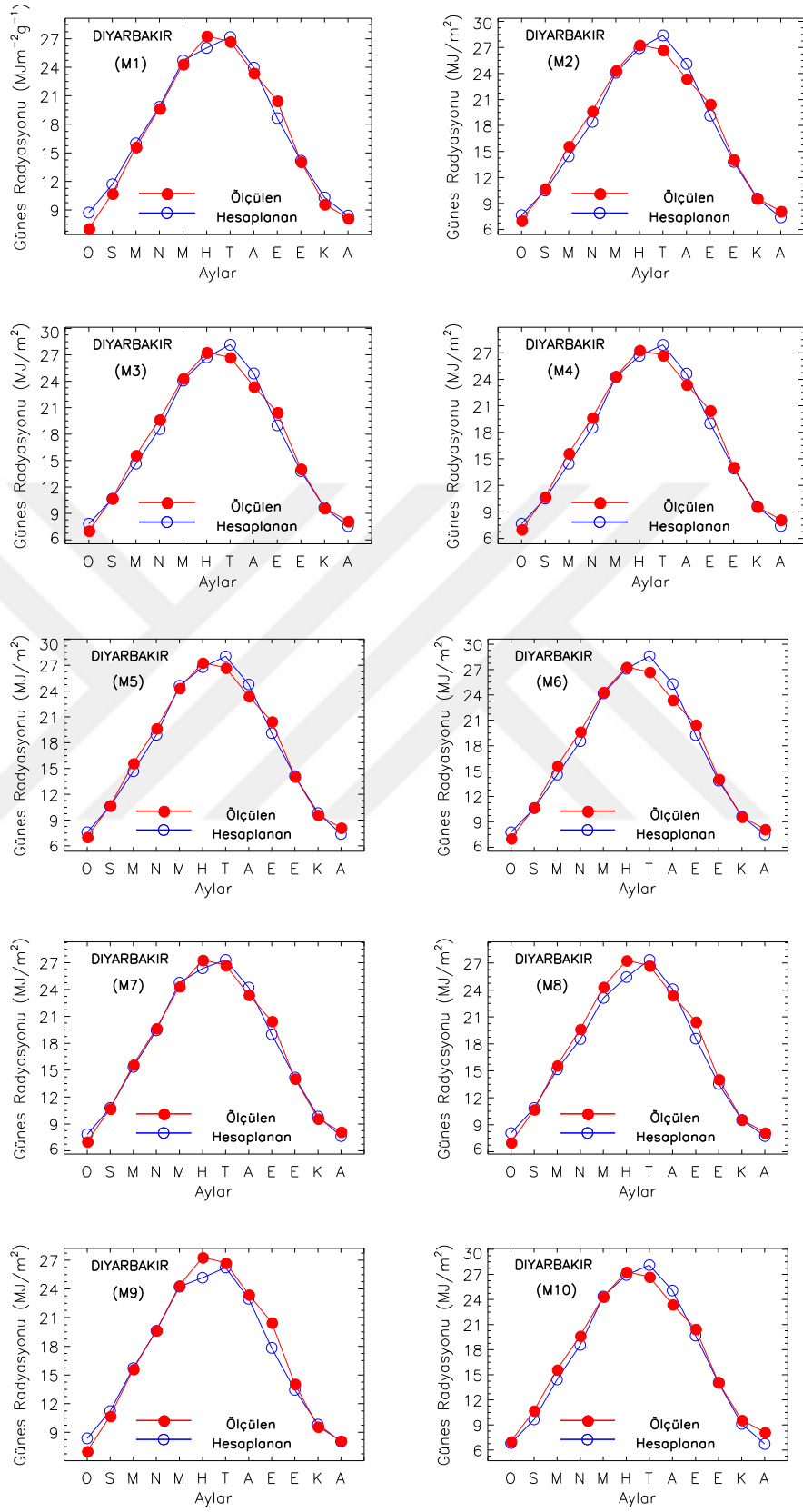
Çizelge 4.34. Diyarbakır iline ait modellerden hesaplanan korelasyon, istatistiksel hata ve rank sonuçları

Model	R ²	e	RMSE	MBE	t-ist	RankSkor	Rank
H _{M1}	0.987	1.246	0.917	0.215	0.800	0.865	6
H _{M2}	0.983	0.826	0.988	-0.143	0.484	0.550	5
H _{M3}	0.984	0.768	0.915	-0.133	0.485	0.546	4
H _{M4}	0.986	1.246	0.872	-0.215	0.844	0.908	7
H _{M5}	0.987	0.324	0.830	-0.056	0.224	0.275	3
H _{M6}	0.983	0.106	1.002	-0.018	0.061	0.120	1
H _{M7}	0.991	0.179	0.668	-0.031	0.153	0.194	2
H _{M8}	0.984	2.429	1.018	-0.419	1.498	1.583	10
H _{M9}	0.984	2.139	1.101	-0.369	1.180	1.267	9
H _{M10}	0.989	1.748	0.981	-0.302	1.072	1.147	8

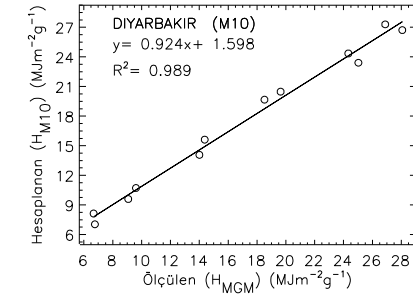
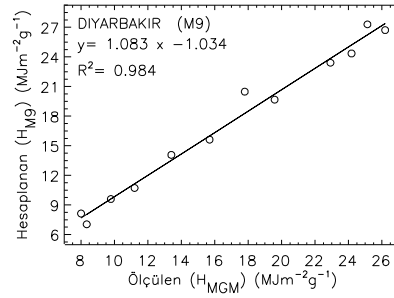
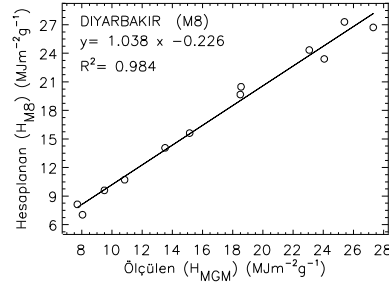
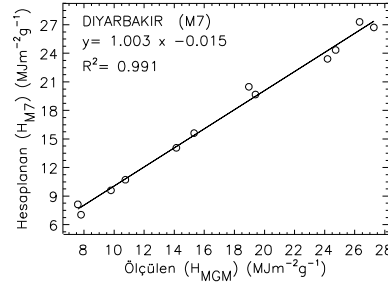
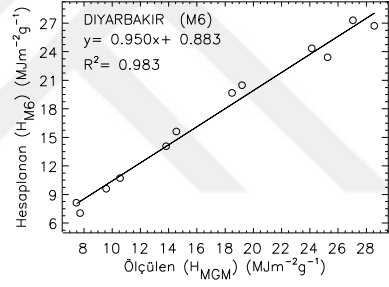
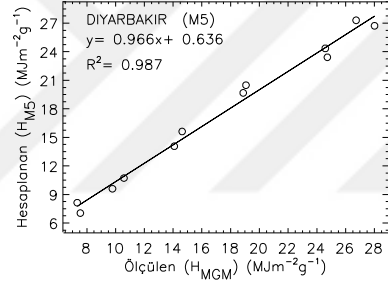
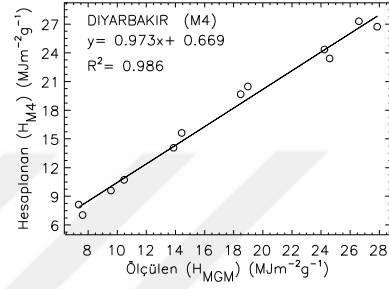
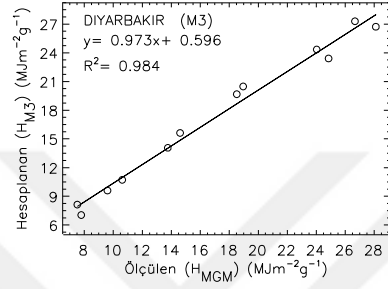
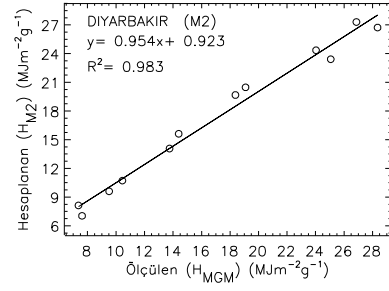
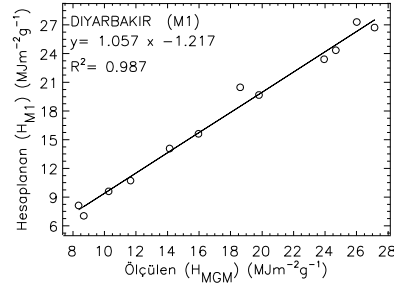
Çizelge 4.342’de verilen sıralama (rank) yöntemine göre en iyi performans gösteren modelin rankı 1 olan Model-6 (t-ist = 0.061) ve daha sonra Model-7 (t-ist = 0.153) (rank 2) olduğu gözlenirken en zayıf performansı gösteren Model-8 (t-ist = 1.498) (H_{M8}) (rank 10) olduğu gözlenmiştir. Eşitlik (3.11) ile verilen Model 6 (H_{M6}) S/S_o’a bağlı exponansiyel eşitliktir. Ayrıca, (3.12) eşitliği ile verilen Model-7 (H_{M7}) S/S_o’a ve sıcaklığın minimum ve maksimum değerlerine bağlıdır. En zayıf performansı Model-8 (t-ist = 1.498) (H_{M8}) (10 numaralı) göstermiştir.

Sonuç olarak, Diyarbakır için Çizelge 4.33’den ölçülen (H_{MGM}) toplam güneş ışıınımı değerlerinin 7.04 MJm⁻²g⁻¹ (Ocak) ile 27.30 MJm⁻²g⁻¹ (Haziran) arasında (ort. = 17.26 MJm⁻²g⁻¹) olduğunu ve Model 6’dan (H_{M6}) hesaplanan en iyi toplam güneş ışıınımı değerlerinin 7.51 MJm⁻²g⁻¹ (Aralık) ile 28.60 MJm⁻²g⁻¹ (Temmuz) arasında (ort. = 17.24 MJm⁻²g⁻¹) olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de görüldüğü gibi aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımının ölçülen (H_{MGM}) ve Model 6’dan (H_{M6}) hesaplanan değerlerinin bir birine oldukça benzer olduğu ve aralarında H_{M6} = 0.950H_{MGM}+0.883 ile verilen doğrusal bir ilişki olduğu ve korelasyonun (R²) % 98.3 olduğu görülmektedir. Ayrıca, Çizelge 4.34 hesaplanan H_{M6} ile H_{MGM} değerlerinin mutlak yüzde hatası oldukça düşüktür (e = % 0.106).



Şekil 4.21. Diyarbakır iline ait ölçülen (HMGM) ve modellerden hesaplanan aylık ortalama günlük toplam güneş ışıını ($\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$)



Şekil 4.22. Diyarbakır iline ait ölçülen ve modellerden hesaplanan değerleri arasındaki doğrusal korelasyon ilişkisi

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde her alanda gereksinim duyulan enerjiye olan talep günden güne önemi giderek artmaktadır. Bu da tüm ülkeleri güvenilir, ucuz, çevre dostu ve süreklilik sağlayan yeni enerji kaynaklarına gereksinimi arttırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yer alan güneş enerjisinin ekonomik, temiz ve güvenilir olması nedeniyle güneş enerjisi teknolojisine yapılan yatırımların önemi günden güne artmaya devam etmektedir.

Dünyada pek çok ülkede ekonomik nedenlerden dolayı meteoroloji istasyonların kurulamaması ya da kurulan meteoroloji istasyonlarda ölçüm cihazlarının yetersizliğinden dolayı güneş enerjisi ölçümleri yapılamamaktadır. Bu istasyonlarda sadece günlük güneşlenme süresi, sıcaklık, bağıl nem gibi bazı meteorolojik değerler ölçülmektedir. Güneş enerjisi ölçüm cihazlarının bulunmadığı istasyonlarda ise bu meteorolojik veriler kullanılarak güneş enerjisini tahmin etmek için uzun yıllardır yeni yeni yöntem veya modeller geliştirilmiştir. Bu modellerin başında da başlangıçta sadece güneşlenme süresine bağlı olarak geliştirilen Angstrom modeli (Angstrom, 1924) olmuştur. Daha sonradan güneşlenme süresinin dışında bazı meteorolojik ve coğrafik parametreler bağlı olan pek çok Angstrom tipi model geliştirilmiştir (Angstrom, 1924; Prescott, 1940; Rietveld, 1978; Benson vd., 1984; Ogelman vd., 1984; Akınoglu ve Ecevit, 1990; Toğrul ve Toğrul, 2002; Almorox ve Hontoria, 2004; Jin vd., 2005; Ballı vd., 2007; Mubiru vd., 2007; Falayi vd., 2008; Gana ve Akpootu, 2013; Anis vd., 2019).

Bu tez çalışmasında, Türkiye'nin Doğu ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerinden seçilen on bir yerleşim yeri için (Gaziantep, Adıyaman, Kilis, Şanlı Urfa, Batman, Siirt, Tunceli, Mardin, Bingöl, Elazığ, Diyarbakır) yatay yüzeye gelen aylık ortalama toplam güneş ışınım şiddetini tahmin etmek amacıyla toplam on tane Angstrom-Prescott tipi model (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) geliştirilmiştir (Bölüm 3.2.1). Bu modellerde bağıl güneşlenme süresi, enlem, boylam, bağıl nem, ortalama, maksimum ve minimum hava sıcaklık değerleri, güneşlenme süresi ve denklinasyon açısı gibi bazı coğrafik ve meteorolojik veriler kullanılmıştır. Meteorolojik ve coğrafik veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) alınmıştır. Seçilen meteorolojik istasyonların adları, istasyonların kodları, bu istasyonların enlem ve boylam ve yükseklik değerleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Modellerden hesaplanan güneş ışıınımı değęerlerinin ölçülen güneş ışıınım değęerleri ile karşılaştırmak ve doğruluklarını test etmek amacıyla, R^2 , bağıl yüzde hata (e, % Hata) RMSE, MBE ve t-istatistik (t-ist) metodu gibi istatistiksel test yöntemleri kullanılmıştır (Bölüm 3.2.3). her il için en iyi modele istatistiksel sıralama puanlarına “Rank Skor” bakılarak karar verilmiştir (Ahmad ve Tiwari, 2010).

Geliştirilen modeller (H_{Mi}) göz önüne alındığında her il için en iyi modelden elde edilen hesaplanan sonuçlar, bu sonuçlardan elde edilen hesaplanan sonuçlarla meteorolojiden elde edilen ölçülmüş sonuçların (H_{MGM}) kıyaslanması ve istatistiksel olarak karşılaştırılmaları aşağıda illere göre kısaca özetlenmiştir.

- Gaziantep ili için en iyi performans Model-8 (H_{M8}) (t-ist=0.168, RankSkor=0.214) ile elde edilmiştir. Buna göre ölçülen ve H_{M8} ’den hesaplanan aylık ortalama toplam güneş ışıınım değęerlerinin sırasıyla 13.12 $MJm^{-2}g^{-1}$ ve 13.10 $MJm^{-2}g^{-1}$ olduğu ve % 98.9’lik korelasyon (R^2) ile H_{M8} ’in ölçülen değere oldukça yakın olduğu görülmüştür.
- Adıyaman ili için en iyi performans Model-9 (H_{M9}) (t-ist=0.003, RankSkor=0.070) ile elde edilmiştir. Buna göre ölçülen ve H_{M8} ’den hesaplanan aylık ortalama toplam güneş ışıınım değęerlerinin sırasıyla 12.79 $MJm^{-2}g^{-1}$ ve 12.76 $MJm^{-2}g^{-1}$ olduğu ve % 98.6’lik korelasyon (R^2) ile H_{M9} ’un ölçülen değere oldukça yakın olduğu görülmüştür.
- Kilis ili için en iyi performans Model-8 (H_{M8}) (t-ist=0.385, RankSkor=0.426) ile elde edilmiştir. Buna göre ölçülen ve H_{M8} ’den hesaplanan aylık ortalama toplam güneş ışıınım değęerlerinin sırasıyla 16.49 $MJm^{-2}g^{-1}$ ve 16.56 $MJm^{-2}g^{-1}$ olduğu ve % 99.2’lik korelasyon (R^2) ile H_{M8} ’in ölçülen değere oldukça yakın olduğu görülmüştür.
- Şanlı Urfa ili için en iyi performans Model-10 (H_{M10}) (t-ist=0.147, RankSkor=0.195) ile elde edilmiştir. Buna göre ölçülen ve H_{M10} ’dan hesaplanan aylık ortalama toplam güneş ışıınım değęerlerinin sırasıyla 16.67 $MJm^{-2}g^{-1}$ ve 16.10 $MJm^{-2}g^{-1}$ olduğu ve % 98.5’lik korelasyon (R^2) ile H_{M10} ’un ölçülen değere oldukça yakın olduğu görülmüştür.
- Batman ili için en iyi performans Model-3 (H_{M3}) ile elde edilmiştir. Buna göre ölçülen ve H_{M3} ’dan hesaplanan aylık ortalama toplam güneş ışıınım

değerlerinin sırasıyla $13.61 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ ve $13.44 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ olduğu ve % 98.75'lik korelasyon (R^2) ile H_{M3} 'un ölçülen değere oldukça yakın olduğu görülmüştür.

- Siirt ili için en iyi performans Model-2 (H_{M2}) ile elde edilmiştir. Buna göre ölçülen ve H_{M2} 'dan hesaplanan aylık ortalama toplam güneş ışınlam değerlerinin sırasıyla $14.09 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ ve $14.11 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ olduğu ve % 98.20'lik korelasyon (R^2) ile H_{M2} 'un ölçülen değere oldukça yakın olduğu görülmüştür.
- Tunceli ili için en iyi performans Model-5 (H_{M5}) ($t\text{-ist}=0.079$, $\text{RankSkor}=0.147$) ile elde edilmiştir. Buna göre ölçülen ve H_{M5} 'dan hesaplanan aylık ortalama toplam güneş ışınlam değerlerinin sırasıyla $16.41 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ ve $16.39 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ olduğu ve % 98.67'lik korelasyon (R^2) ile H_{M5} 'un ölçülen değere oldukça yakın olduğu görülmüştür.
- Mardin ili için en iyi performans Model-6 (H_{M6}) ($t\text{-ist}=0.032$, $\text{RankSkor}=0.076$) ile elde edilmiştir. Buna göre ölçülen ve H_{M6} 'dan hesaplanan aylık ortalama toplam güneş ışınlam değerlerinin sırasıyla $17.73 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ ve $17.74 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ olduğu ve % 98.9'lik korelasyon (R^2) ile H_{M6} 'un ölçülen değere oldukça yakın olduğu görülmüştür.
- Bingöl ili için en iyi performans Model-9 (H_{M9}) ($t\text{-ist}=0.134$, $\text{RankSkor}=0.204$) ile elde edilmiştir. Buna göre ölçülen ve H_{M9} 'dan hesaplanan aylık ortalama toplam güneş ışınlam değerlerinin sırasıyla $15.46 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ ve $15.53 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ olduğu ve % 98.5'lik korelasyon (R^2) ile H_{M9} 'un ölçülen değere oldukça yakın olduğu görülmüştür.
- Elazığ ili için en iyi performans Model-5 (H_{M5}) ($t\text{-ist}=0.086$, $\text{RankSkor}=0.138$) ile elde edilmiştir. Buna göre ölçülen ve H_{M5} 'dan hesaplanan aylık ortalama toplam güneş ışınlam değerlerinin sırasıyla $16.44 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ ve $16.46 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ olduğu ve % 98.9'lik korelasyon (R^2) ile H_{M5} 'un ölçülen değere oldukça yakın olduğu görülmüştür.
- Diyarbakır ili için en iyi performans Model-6 (H_{M6}) ($t\text{-ist}=0.061$, $\text{RankSkor}=0.120$) ile elde edilmiştir. Buna göre ölçülen ve H_{M6} 'dan hesaplanan aylık ortalama toplam güneş ışınlam değerlerinin sırasıyla 17.26

$\text{MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ ve $17.24 \text{ MJm}^{-2}\text{g}^{-1}$ olduğu ve % 98.3'lik korelasyon (R^2) ile H_{M6} 'un ölçülen değere oldukça yakın olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, Doğu ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerinden seçilen yerleşim yeri için yatay yüzeye gelen aylık ortalama toplam güneş ışıınım şiddetini tahmin etmek amacıyla geliştirilen on farklı Angstrom-Prescott tipi modelin (H_{M1} , H_{M2} , H_{M3} , ..., H_{M10}) tamamı ile hesaplanan güneş enerjisi değerleri ile ölçülen (H_{MGM}) değerler arasında % 98.00'ın üzerindeki korelasyon olduğundan bu hesaplama modellerinin genel olarak uyumlu olduğu görülmektedir.

Tüm iller için geliştirilen modeller karşılaştırıldığında, en iyi performansı (rank=1) H_{M5} , H_{M6} , H_{M8} ve H_{M9} (ikişer kez) ve daha sonraki en iyi performansı (rank=2) H_{M3} , H_{M4} , H_{M7} ve H_{M10} (ikişer kez) modelleri gösterirken, en zayıf model ise H_{M1} ve H_{M2} (rank=10) olduğu görülmüştür.

Dolayısıyla, bu modellerin herbirinin bu iller için ayrı ayrı kullanılabilir olduğu görülmüştür. Geliştirilen bu modellerin benzer iklim koşullarına sahip olan farklı bölgeler için de kullanılabileceği önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- AbdulAzeez, M. A., Artificial neural network estimation of global solar radiation using meteorological parameters in Gusau, Nigeria, *Archives of Applied Science Research*, 3 (2), 586-595, 2011.
- Ahmed E. A., Adam, M. El-N., Estimate of global solar radiation by using artificial neural network in Qena, Upper Egypt, *Journal of Clean Energy Technologies*, 1 (2), 2013.
- Ahmad, M. J., Tiwari, G. N., Solar radiation models - review, *International Journal of Energy and Environment*, 1 (3), 513-532, 2010.
- Ahmad, F., Ulfat, I., Empirical models for the correlation of monthly average daily global solar radiation with hours of sunshine on a horizontal surface at Karachi, Pakistan, *Turkish Journal of Physics*, 28, 301, 307, 2004.
- Akınoğlu, B. G., Ecevit, A., Construction of a quadratic model using modified Ångström coefficients to estimate global solar radiation, *Solar Energy*, 45 (2), 85-92, 1990.
- Aksoy, B., Estimated monthly average global radiation for Turkey and its comparison with observations, *Renewable Energy*, 10 (4), 625-633, 1997.
- Almorox, J., Hontoria, C., Global solar radiation estimation using sunshine duration in Spain, *Energy Conversion and Management*, 45, 1529–1535, 2004.
- Almorox, J., Benito, M., Hontoria, C., Estimation of monthly Angstrom-Prescott equation coefficients from measured daily data, *Renewable Energy*, 30, 931-936, 2005.
- Angstrom, A., Solar and terrestrial radiation, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 50, 121-126, 1924.
- Anis Md. S., Jamil, B., Ansari Md. A., Bellos, E., Generalized models for estimation of global solar radiation based on sunshine duration and detailed comparison with the existing: A case study for India, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 31, 179–198, 2019.
- Bakırcı, K., Yatay yüzeye gelen global güneş ışıının tahmini, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 27 (1), 7- 11, 2007.
- Bakırcı, K., Prediction of global solar radiation and comparison with satellite data, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 152, 41-49, 2017.

- Ballı, O., Aras, H., Aras, N., Hepbaslı, A., Estimating and statistically analyzing the global solar radiation potential over big cities in Turkey, *Energy Exploration and Exploitation*, 25 (4), 301-311, 2007.
- Bannani, F. K., Sharif, T. A., Ben-Khalifa, A. O. R., Estimation of monthly average solar radiation in Libya, *Theoretical and Applied Climatology*, 83, 211–215, 2006.
- Benson, R. B., Paris, M.V., Sherry, J. E., Justus, C. G., Estimation of daily and monthly direct, diffuse and global solar radiation from sunshine duration measurements , *Solar Energy*, 32 (4), 523-535, 1984.
- Bristow, K. L., Campbell, G. S., On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature, *Agricultural and Forest Meteorology*, 31, 159–166, 1984.
- Chegaar, M., Chibani, A., A Simple method for computing global solar radiation, *Renewable Energy Ren.Chemss*, 111-115, 2000.
- De Jong, R., Stewart, D. W., Estimating global solar radiation from common meteorological observations in western Canada, *Can. J. Plant. Sci.* 73, 509–518, 1993.
- Despotovic, M., Nedic, V., Despotovic, D., Cvetanovic S., Review and statistical analysis of different global solar radiation sunshine models, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1869-1880, 2015.
- Duffie, J. A., Beckman, W. A., *Solar Engineering of Thermal Processes*, (4th ed.), John Wiley and Sons, Inc., New York, 2013.
- Elagib, N. A., Mansell, M. G., New approaches for estimating global solar radiation across Sudan, *Energy Conversion and Management*, 41, 419-434, 2000.
- Fadare, D. A., Modelling of solar energy potential in Nigeria using an artificial neural network model, *Applied Energy*, 86, 1410-1422 , 2009.
- Falayi, E. O., Adepitan, J .O., Rabi, A. B., Empirical models for the correlation of global solar radiation with meteorological data for Iseyin, Nigeria, *International Journal of Physical Sciences* , 3 (9), 210-216, 2008.
- Gana, N. N., Akpootu, D. O., Angstrom type empirical correlation for estimating global solar radiation in North-Eastern Nigeria, *The International Journal of Engineering And Science (IJES)*, 2 (11), 58-78, 2013.
- Glover, J., McGulloch, J. D. G., The empirical relation between solar radiation and hours of sunshine, *Q. J. Roy. Meteorol. Soc.*, 84, 172–175, 1958.

- Gopinathan, K. K., A simple method for predicting global solar radiation on a horizontal surface, *Solar and Wind Technology*, 5 (5), 581-583, 1988.
- Gopinathau, K. K., Solar sky radiation estimation techniques, *Solar Energy*, 49 (1), 9-11, 1992.
- Goswami, D. Y., *Principles of Solar Engineering*, 3th edition. CRC Press Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL., 2015.
- Hammer, A., Heinemann, D., Hoyer, C., Kuhlemann, R., Lorenz, E., Muller, R., Beyer, H. G., Solar energy assessment using remote sensing Technologies, *Remote Sensing Environ*, 86, 423–432, 2003.
- Howell, J. R., Bannerot, R. B., Vliet, G. C., *Solar-thermal energy systems analysis and design*, McGraw-Hill, Inc., New York, 1982.
- Iqbal, M., *An Introduction to Solar Radiation*, Academic Press, Toronto, Canada, 1983.
- Jacovides, C. P., Kontoyiannis, H., Statistical procedures for the evaluation of evapotranspiration computing models, *Agricultural Water Management*, 27 (3-4), 365-371, 1995.
- Jin, Z., Yezheng, W., Gang, Y., General formula for estimation of monthly average daily global solar radiation in China, *Energy Conversion and Management*, 46 (2), 257-268, 2005.
- Kallioğlu, M. A., Ercan, U., Avcı, A. S., Karakaya, H., Durmuş, A., Adıyaman ilinde yatay düzleme gelen global güneş ışıınım değerlerinin ampirik modeller ile geliştirilmesi, *Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi*, 29 (1), 151-159, 2017.
- Kalogirou, S. A., *Solar Energy Engineering Processes and Systems*, Second Edition, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo, Academic Press is an imprint of Elsevier, 2014.
- Keawsang, K., Ratjiranukool, S., Ratjiranukool, P., Estimation of solar radiation using Angstrom-Prescott model and interpolation of empirical coefficients in Thailand, *Journal of Physics: Conference Series*, 1144, 012049, 2018.
- Klein, S., Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces, *Solar Energy*, 19 (4), 325-329, 1977.

- Kumar, R., Umanand, L., Estimation of global radiation using clearness index model for sizing photovoltaic system, *Renewable Energy*, Elsevier, 30 (15), 2221-2233, 2005.
- Mabasa, B., Lysko, M. D., Tazvinga, H., Mulaudzi, S. T., Zwane, N., Moloi, S. J., The Angström–Prescott regression coefficients for six climatic zones in South Africa, *Energies*, 13, 5418, 2020.
- Mosalam, S. M. A., Hassan, A. H., Fathy, A. M., Studying ultraviolet and visible solar radiation over Cairo and Aswan and their correlations with environmental and climatological parameters. 4th International Conference, Solar Energy Storage and Applied Photochemistry, *Proc. Indian Acad. Sci. (Chem. Sci.)*; 110 (3), 361-371, 1998.
- Mubiru, J., Banda, E. J. K. B., D’Ujanga, F., Senyonga, T., Assessing the performance of global solar radiation empirical formulations in Kampala, Uganda, *Theoretical and Applied Climatology*, 87, 179-184, 2007.
- Mubiru, J., Banda, E. J. K. B., Estimation of monthly average daily global solar irradiation using artificial neural networks, *Solar Energy*, 82, 181–187, 2008.
- Namrata, K., Sharma, S. P., Saksena, S. B. L., Comparison of different models for estimation of global solar radiation in Jharkhand (India) region, *Smart Grid and Renewable Energy*, 4, 348-352, 2013.
- Ouali, K., Alkama, R., A new model of global solar radiation based on meteorological data in Bejaia City (Algeria), *Energy Procedia*, 50, 670–676, 2014.
- Ogelman, H., Ecevit, A., Tasdemiroglu, E., A new method for estimating solar radiation from bright sunshine data, *Solar Energy*, 33 (6), 19-625, 1984.
- Öztürk, M., Özek, N., Berkama, B., Isparta için aylık ortalama günlük global güneş radyasyonu tahmininde mevcut olan bazı modellerin karşılaştırılması, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18 (1), 13-27, 2012.
- Page, J. K., The estimation of monthly values of daily total short wave radiation on vertical and inclined surfaces from sunshine records for latitudes 40°N - 40°S, *Proceedings of the UN Conference on New Sources of Energy*, 598, 378-390, 1964.
- Pinde, F., Rich, P. M., A geometric solar radiation model with applications in agriculture and forestry, *Comp and Electr in Agric*, 37, 25–35, 2002.

- Prescott, J.A., Evaporation from a water surface in relation to solar radiation, Trans Roy Soc Austr, 64, 114-118, 1940.
- Rahimia, I., Bakhtiarib B., Qaderib K., Aghababaiec M., Calibration of Angstrom equation for estimating solar radiation using Meta-Heuristic Harmony Search Algorithm (Case study: Mashhad-East of Iran), Energy Procedia, 18, 644–651, 2012.
- Razmjoo, A., Heibati S. M., Ghadimi M., Qolipour M., Nasab J. R., Using Angstrom-Prescott (A-P) Method for estimating monthly global solar radiation in Kashan, Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications, 6 (5), 2007.
- Rietveld, M. R., A new method for estimating the regression coefficients in the formula relating, solar radiation to sunshine, Agricultural and Forest Meteorology, 19, 243-252, 1978.
- Reid, P. C. M., Evaluation of the coefficients of the Ångström formula for the estimation of solar radiation in South Africa, South African Journal of Plant and Soil, 3 (1), 45-48, 1986.
- Samuel, T. D. M. A., Estimation of global radiation for Sri Lanka, Solar Energy, 47, 333-337, 1991.
- Soulouknga, M. H., Coulibaly O., Doka S.Y., Kofane T. C., Evaluation of global solar radiation from meteorological data in the Sahelian zone, Renewables, 4 (4), 2-10, 2017.
- Stone, R. J., Improved statistical procedure for the evaluation of solar radiation estimation models, Solar Energy, 51 (4), 289-291, 1993.
- Şahan, M., Toplam ve ultraviyole (UV) güneş enerjisi verilerinin ölçülmesi, değerlendirilmesi ve değişiminin incelenmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tez Çalışması, Eylül 1996.
- Şahan, M., Sahan, H., Yegingil., İ., Yıllık toplam ve ultraviyole (UV) güneş enerjisi verilerinin ölçülmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14 (1) 10-16, 2010.
- Şahan, M., Okur, Y., akdeniz bölgesine ait meteorolojik veriler kullanılarak yapay sinir ağları yardımıyla güneş enerjisinin tahmini, SDU Journal of Science, 11(1), 61-71, 2016.

- Şahan, M., Emrahoğlu, N., Osmaniye’de yedi yıllık dönemde yatay yüzeydeki global güneş radyasyonu ölçümleri ve yeni ampirik modeller kullanılarak global güneş radyasyonunun tahmini, 16 (2), 349-367, 2021.
- Şahan, M., Yapay sinir ağları ve Angstrom-Prescott denklemleri kullanılarak Gaziantep, Antakya ve Kahramanmaraş için global güneş radyasyonu tahmini, 16 (2), 368-384, 2021.
- Tei, F., Scaife, A., Aikman, D. P., Growth of lettuce, onion and Red Beet I. Growth analysis, light interception and radiation use efficiency. Ann Botany 78, 633–643, 1996.
- Toğrul, I. T., Onat, E., A study for estimating solar radiation in Elazığ using geographical and meteorological data, Energy Conversion & Management, 40, 1577-1584, 1999.
- Toğrul, I. T., Toğrul, H., Global solar radiation over Turkey: comparison of predicted and measured data, Renewable Energy, 25, 55–67, 2002.
- Walpole, R. E., Myers, R. H., Probability and statistics for engineers and scientists, 4th ed. New York: Macmillan, 1989.

ÖZGEÇMİŞ

1. Adı Soyadı : Neriman DUMAN

2. Ünvanı : FİZİKÇİ

3. Öğrenim Durumu : Lisans

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Bitirme Yılı
Lisans	Fizik	Erciyes Üniversitesi	2002
Yüksek Lisans	Fizik Anabilim Dalı	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi	Devam Ediyor



T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI BENZERLİK RAPORU FORMU
(SAVUNMA SONRASI)

FORM
TEZLİ YL-24

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ

Adı ve Soyadı	NERİMAN DUMAN
Öğrenci Numarası	2212103105
Ana Bilim/ Ana Sanat Dalı	FİZİK
Bilim / Sanat Dalı	FİZİK
Danışman Unvanı, Adı-Soyadı	Prof. Dr. Muhittin ŞAHAN
Tez Başlığı (Türkçe)	Coğrafik ve Meteorolojik Veriler Kullanılarak Doğu ve Güneydoğu Anadolu'daki Bazı İller İçin Angstrom-Prescott Denklem Katsayılarının Belirlenmesi

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam sayfalık kısmına ilişkin,/...../..... tarihinde Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 'tür.

Filtreleme Tip 1 (maksimum %30) ☐

Filtreleme Tip 2 (maksimum %10) ☐

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- 2- Kaynakça dâhil,
- 3- Alıntılar dâhil.

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- 2- Kaynakça hariç,
- 3- Alıntılar dâhil,
- 4- 5 Kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Tarih ve İmza

Neriman DUMAN

Danışman Onayı
UYGUNDUR

Enstitü Onayı
UYGUNDUR

Prof. Dr. Muhittin ŞAHAN
(İmzası)

Adı Soyadı
(İmzası)

AÇIKLAMALAR

- Lisansüstü tezler, savunma öncesinde intihal program raporu ile birlikte Enstitüye teslim edilir.
- İntihal raporu ile ilgili olarak etik kurallar dâhilindeki benzerlik oranları ilgili Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenir. (Enstitü Yönetim Kurulu tarafından tezin, intihal kapsamı dışında değerlendirilmesi için TURNITIN'den alınan raporda "benzerlik oranı"nın, "alıntılar dahil" en fazla %10, "alıntılar dahil" % 30'u geçmemesi şeklinde kabul edilmiştir).