T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİSİ İLE İLGİLİ METEOROLOJİK VERİLERİN TAHMİNİ İÇİN YÖNTEM GELİŞTİRİLMESİ

Hibetullah KILIÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Bilal GÜMÜŞ

İkinci Danışman: Yrd. Doç. Dr. Musa YILMAZ

DİYARBAKIR

HAZİRAN-2016

T.C. DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

DİYARBAKIR

Hibetullah KILIÇ tarafından yapılan "Güneş Enerjisi ile ilgili Meteorolojik Verilerin Tahmini için Yöntem Geliştirilmesi" konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. İbrahim KAYA

Üye : Yrd. Doç. Dr. Bilal GÜMÜŞ

Üye : Doç. Dr. Sezai ASUBAY

Üye :Yrd. Doç. Dr. Musa YILMAZ

Üye :Yrd. Doç. Dr. M. Ali ARSERİM

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 01/06/2016

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../...../.....

Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bana sunduğu her türlü destek ile başarıya ulaşmamı sağlayan saygıdeğer hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Bilal Gümüş' e ve özellikle çalışma konusunu belirleme aşamasında bana bu çalışma ve sonrası için vizyon katan Sayın Yrd. Doç. Dr. Musa YILMAZ hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

		Sayfa
TEŞEKKÜR……		I
İÇİNDEKİLER…….....		II
ÖZET…….....		IV
ABSTRACT…….....		V
ÇİZELGE LİSTESİ…….....		VI
ŞEKİL LİSTESİ…….....		VII
KISALTMA VE SİMGELER……		X
1.	**GİRİŞ**…….....	1
1.1	Enerji Kaynakları…….	2
1.2	Enerji Açısından Dünyanın Durumu……..…….	4
1.3	Enerji Açısından Türkiye'nin Durumu……	6
1.4	Güneş Enerjisi Açısından Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki Durum……...	13
1.5	Güneş Enerji Parametrelerinin Tanımlanması ve Modellenmesi……	16
1.6	Tezin Amacı……	17
1.7	Tezin Yapısı…….....	18
2.	**KAYNAK ÖZETLERİ**……..	21
3.	**MATERYAL ve METOT**…….	24
3.1.	Kullanılan Veriler .…….....	24
3.2.	Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama(ÜAHO) Metodu …….....	25
3.3.	Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama Gaussian Dağılım(ÜAHO-GD) Metodu….	28
3.4.	İstatistiksel Analiz Araçları …….…….	33
4.	**ARAŞTIRMA BULGULARI**…….…….	36
4.1.	ÜAHO İle Yapılan Tahminler ……..…….…….....	36
4.2.	ÜHAO-GD İle Yapılan Tahminler ……..…….…….....	47

4.3 ÜAHO ve ÜHAO-GD Yöntemlerinin Karşılaştırılması…….. 60

5. TARTIŞMA VE SONUÇ……. 73

6. KAYNAKLAR……..... 75

ÖZGEÇMİŞ……... 80

ÖZET

GÜNEŞ ENERJİSİ İLE İLGİLİ METEOROLOJİK VERİLERİN TAHMİNİ İÇİN YÖNTEM GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hibetullah KILIÇ

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2016

Bu çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki 5 il için MGM(Meteoroloji Genel Müdürlüğü)'den alınan belirli verilerle (Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır, Batman ve Mardin için sırasıyla 12, 12,10, 8 ve 4 yıllık güneş ışınım ve güneşlenme süresi veriler) istatistiksel tahmin yöntemleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Tahmin yöntemi olarak finans, bankacılık ve bazı mühendislik alanlarında kullanılan Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama(ÜAHO) ile Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama Gaussian Dağılımı(ÜAHO-GD) yöntemleri kullanılmıştır.Bu yöntemler ilk defa güneş parametrelerinin tahminindebu çalışmada kullanılmıştır.

Beş ile ait verilerden, her il için Global Güneş Işınımı(GGI) ve Güneşlenme Süresi(GS) olmak üzere iki yıllık bir test sınıfı ve geri kalan yıllar için ise GGI ve GS için tahmin sınıfı verisi oluşturulmuştur. Birinci tahmin yöntemi olarak ÜAHO yöntemi kullanılmış iki yıllık test sınıfı verileribu yönteme uygulanmış ve tahmin sınıfı yıl verileri elde edilmiştir.İkinci yöntem olarak ÜAHO-GD yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde test sınıfı yıl verileri kullanılarak her il için iki yıllık Caurana yaklaşımı ile Gaussian Dağılım(GD) fonksiyonun parametreleri hesaplanmıştır. Hesaplanan fonksiyonun parametrelerine ÜAHO uygulanarak ilerleyen yılların Gaussian Dağılım(GD) fonksiyonun parametreleri tahmin edilmiştir. Tahmin edilen GD fonksiyonun parametreleri kullanılarak ilerleyen her yıl için GD fonksiyonu oluşturulmuştur. Hem ÜAHO hem de ÜAHO-GD yönteminde Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır, Batman illeri için uzun dönem tahminler yapılırken, Mardin ili için kısa dönem tahmini yapılmıştır.

ÜAHO ve ÜAHO-GD yöntemlerinin tahmindeki başarı oranları ise belirleme katsayı (R^2) ve Ortalama Mutlak Yüzdelik Hata(OMYH) istatistiksel araçlar ile yapılmıştır. Her iki yöntem için belirleme katsayısı(R^2) 1'e yakın hesaplanmıştır. R^2 değerinin 1'e yakın olması hesaplanan tahmin verilerinin ölçülen verilere çok yakın olduğunu göstermektedir. Ayrıca Her iki yöntemi için hesaplanan OMYH değeri tahmin doğruluk oranını gösteren 0-10(kWh/m^2) değer aralığında olduğu için mükemmel tahmin sınıfında kabul edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Global güneş ışınımı, Güneşlenme süresi, ÜAHO, Gaussian dağılımı

ABSTRACT

THE MEASURMENT AND THE IMPROVING METHOD FOR PREDICTON OF SOLAR METOROLOGICAL DATA

MASTER THESIS

Hibetullah KILIÇ

UNIVERSTITY OF DICLE
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING

2016

The aim of this thesis is try to improve statistical methods for prediction of five cites in southeastern region of Turkey which are Gaziantep with 12 years data, Şanlıurfa with 12 years data, Diyarbakır with 10 years data, Batman with 8 years and Mardin with 4 year data that are provided by Meteorological service of Turkey state. The methods exponentially weighted moving average (EWMA) and exponentially weighted moving average based Gaussian distribution (EWMA-GD) are used in literature of financial, engineering application. However the combination of EWMA and GD are novel method and used first time in literature.

The data belong to five cities are divided into classes which are test class data consist of two years data and prediction class data to prediction for global solar radiation(GSR) and sunshine duration(SD). Exponentially weighted moving average (EWMA) is employed for prediction of GSR and SD as first method. This method is used test class years data to predict next years' for each five cities. The second method is called exponentially weighted moving average based Gaussian distribution (EWMA-GD). In EWMA-GD method test class years' data are used to construct Gaussian distribution and then calculate its parameters by using Caurane approaches. EWMA method is applied to the compute parameters of Gaussian distribution (GD) function to predict next years' Guassian distribution (GD) function parameters to construct GD function for predicted years. Both method EWMA and EWMA-GD are used long-term prediction for Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır, Batman cities and short-term prediction for Mardin city.

The method EWMA and EWMA-GD are test by statistical tools which are determination coefficient R^2 and mean absolute percentage error (MAPE). For both method EWMA and EWMA-GD R^2 is computed close to 1 means prediction data are fitted by measurement data. Furthermore MAPE is computed between 0-10(kWh/m^2) that is indicate perfect accuracy in prediction.

Keywords: Global solar radiation, sunshine duration, EWMA, Gaussian distribution

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No		Sayfa
Çizelge 1.1.	Türkiye'nin Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Aylara Göre Dağılımı	11
Çizelge 1.2.	Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı	12
Çizelge 1.3	Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı	16
Çizelge 3.1.	Güneydoğu Anadolu bölgesindeki beş ile ait MGM'den alınan konum ve veri miktarı	24
Çizelge 3.2.	Tahmin için kullanılan verilerin sınıflandırılması	25
Çizelge 4.1.	ÜAHO-GD kullanılarak hesaplanan Guassian Model GGI katsayıları	48
Çizelge 4.2.	ÜAHO-GD kullanılarak hesaplanan Guassian Model GS katsayıları	49
Çizelge 4.3.	ÜAHO kullanılarak hesaplanan OMYH ve R^2 değerleri	62
Çizelge 4.4.	ÜAHO-GD kullanılarak hesaplanan OMYH ve R^2 değerleri	63

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 1.1.	2015 yılı sonu verilerine göre	2
Şekil 1.2.	Dünya Enerji Tüketimi ve Kaynakların Potansiyeli	4
Şekil 1.3.	Türkiye'nin potansiyel GSYH artış oranı	7
Şekil 1.4.	Türkiye'de Birincil Enerji Tüketiminin yıllara göre değişimi	8
Şekil 1.5.	Türkiye Elektrik Enerjisi kurulu gücü, 2016 Şubat sonuna göre	8
Şekil 1.6.	Türkiye'de Elektrik Üretimi, 2016 Şubat sonu göre	9
Şekil 1.7.	Türkiye'nin Yıllık Güneş Işınımı Haritası	12
Şekil 1.8	Güney Doğu Anadolu Bölgesi ve illeri	13
Şekil 1.9	Diyarbakır ili Güneş Radyasyon Haritası ve Aylara göre Global Radyasyon Değerleri(KWh/m2-gün)	13
Şekil 1.10	Şanlıurfa ili Güneş Radyasyon Haritası ve Aylara göre Global Radyasyon Değerleri(KWh/m2-gün)	14
Şekil 1.11	Gaziantep ili Güneş Radyasyon Haritası ve Aylara göre Global Radyasyon Değerleri(KWh/m2-gün)	14
Şekil 1.12	Batman ili Güneş Radyasyon Haritası ve Aylara göre Global Radyasyon Değerleri(KWh/m2-gün)	15
Şekil 1.13	Mardin ili Güneş Radyasyon Haritası ve Aylara göre Global Radyasyon Değerleri (KWh/m2-gün)	15
Şekil 1.14	Güneş Radyasyonu tipileri	17
Şekil 3.1	ÜAHO algoritması	27
Şekil 3.2	Gaussian Dağılım fonksiyonu	28
Şekil 3.3	ÜAHO-bazlıGaussian dağılım modeli algoritması	31
Şekil 3.4	ÜGC blok diyagramın algoritması	32
Şekil 3.5	Tahmin Blok(TB) algoritması	33
Şekil 4.1.	Gaziantep ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI	39

Şekil 4.2. Şanlıurfa ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI 40

Şekil 4.3. Diyarbakır ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI 41

Şekil 4.4. Batman ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI 42

Şekil 4.5. Mardin ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI 43

Şekil 4.6. Gaziantep ili için ölçülen ve tahmin edilen GS 44

Şekil 4.7. Şanlıurfa ili için ölçülen ve tahmin edilen GS 45

Şekil 4.8. Diyarbakır ili için ölçülen ve tahmin edilen GS 46

Şekil 4.9. Batman ili için ölçülen ve tahmin edilen GS 47

Şekil 4.10. Mardin ili için ölçülen ve tahmin edilen GS 48

Şekil 4.11. Gaziantep ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI 49

Şekil 4.12. Şanlıurfa ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI 50

Şekil 4.13. Diyarbakır ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI 52

Şekil 4.14. Batman ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI 53

Şekil 4.15. Mardin ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI 54

Şekil 4.16. Gaziantep ili için ölçülen ve tahmin edilen GS 55

Şekil 4.17. Şanlıurfa ili için ölçülen ve tahmin edilen GS 56

Şekil 4.18. Diyarbakır ili için ölçülen ve tahmin edilen GS 57

Şekil 4.19. Batman ili için ölçülen ve tahmin edilen GS 58

Şekil 4.20. Mardin ili için ölçülen ve tahmin edilen GS 59

Şekil 4.21. Gaziantep ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilen GGI karşılaştırılması 63

Şekil 4.22. Şanlıurfa ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilen GGI karşılaştırılması 64

Şekil 4.23. Diyarbakır ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilen GGI karşılaştırılması 65

Şekil 4.24. Batman ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilen GGI karşılaştırılması 66

Şekil 4.25. Mardin ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilen GGI karşılaştırılması 67

Şekil 4.26. Gaziantep ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilen GS karşılaştırılması 68

Şekil 4.27. Şanlıurfa ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilen GS karşılaştırılması 69

Şekil 4.28. Diyarbakır ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilen GS karşılaştırılması 70

Şekil 4.29. Batman ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilen GS karşılaştırılması 71

Şekil 4.30. Mardin ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilen GS karşılaştırılması 72

KISALTMA VE SİMGELER

BM	: Bulanık Mantık
CAUB	: Caruana Blok
CY	: Cuarana Yaklaşımı
GE	:Genetik Algoritma
GGI	: Global Güneş Işınımı
GKB	:Gaussian Konstrüksiyon Bloğu
GMB	: Gaussian Modelleme Bloğu
GS	: Güneşlenme Süresi
OMYH	:Ortalama Mutluk Yüzdelik Hata
PV	: Fotovoltaik(Photovoltaic)
TB	: Tahmin Bloğu
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
ÜAHO	: Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama
ÜAHO-GD	: Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama Bazlı Gaussian Dağılımı
ÜGC	:Caruana Yaklaşım Çözümlü ÜAHO-GD Fonksiyonunu
YSA	:Yapay Sinir Ağı

1. GİRİŞ

Günümüzde artan teknolojik gelişmelerle birlikte enerji ihtiyacında da artış meydana gelmektedir. Artan bu enerji ihtiyacı, geleneksel ve tükenmekte olan enerji kaynaklarına alternatif olabilecek güneş, rüzgâr ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakların kullanılmasına ve geliştirilmesine yönelim sağlamıştır. Bunların dışında, ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesinde artan enerji maliyetlerinin de etkisi bulunmaktadır. Ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesindeki diğer bir neden de son zamanlarda fosil yakıt kaynaklarındaki azalma ve bu tür kaynakların kullanımı sonucu çevreye verilen zararlardır. Güneş enerji teknolojileri çevreye duyarlı ve yenilenebilir olmasından dolayı geleceğin gözde enerji üretim kaynağı olarak kabul edilmektedir(Bulut 2009).

'Isı sistemleri' ve 'Fotovoltaik Teknolojiler' olmak üzere Güneş Enerjisi sitemleri iki kısım olarak belirtilebilir. Belirtilen iki teknoloji birbirinden farklı olabilir ama üreteceği enerji potansiyeli ister ısı, isterelektrik, olsun global güneş ışınım miktarına bağlıdır. Belirtilen nedenden dolayı güneş enerjisi ile ilgili sistem ve teknolojilerin tasarımında global güneş ışınım değerlerinin doğru bir şekilde ölçülmesi ya da modellenmesi önemlidir(Kentli ve Yılmaz 2012).

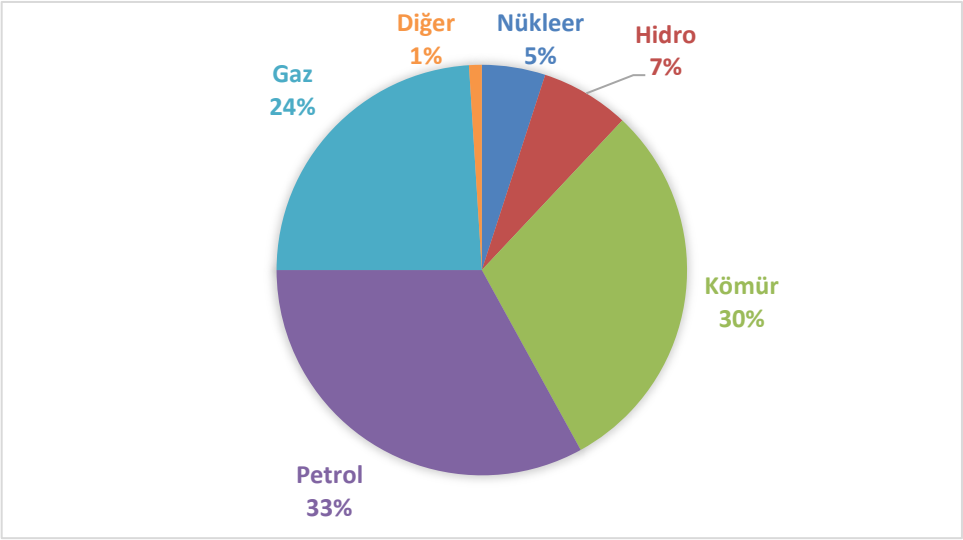
Global güneş ışınımı pyranometre adı verilen bir cihaz ile ölçülmektedir. Bu tür ölçüm cihazları üniversiteler, araştırma merkezleri yada ülkelerin ulusal meteorolojik kurumlarında bulunmaktadır. Ülkemizde güneşe bağlı oluşan parametrelerin ölçümü ülke genelinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır.

Herhangi bir gölgeye ait güneş enerjisi açısından verimliliğini belirlemek için meteorolojik ölçüm istasyonlarının kurulması gerekmektedir. Meteorolojik ölçüm istasyonlarının kurulum maliyetlerinin yüksek olması, ölçüm için kullanılan ekipmanların bakımı, kalibrasyon gibi ihtiyaçlarının bulunması ve belirli periyotlarla bunların yapılmasının gerekliliği, ölçülen dataların iletimindeki problem ve maliyetler, deneyimli ve kalifiye eleman gibi problemler, meteorolojik ölçüm istasyonlarının kurulması açısından dezavantaj olarak görülmektedir. Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı meteorolojik ölçüm istasyonları genelde kamu kuruluşları tarafından, çok az bir kısmı ise araştırma enstitüleri ve üniversitelerde yapılmaktadır. Söz konusu dezavantajlar ister devlet ister araştırma için üniversiteler tarafından olsun, bu ölçüm

istasyonlarının her yere kurulmasını imkânsız kılmaktadır. Meteorolojik parametrelerin ölçülmesinde yaşanan bu tür problemlerden dolayı herhangi bir alan ve bölgeye ait güneş enerji potansiyelinin belirlenmesi için güneş enerji parametrelerinin modellenmesi gündeme gelmiştir(Yorukoğlu 2006). Bu çalışmada da ölçülen güneş enerji parametrelerinden yararlanılarak bu parametrelerinin tahmini için yeni yöntemler kullanılmıştır.

1.1. Enerji Kaynakları

Karbon temeli kaynaklar geleneksel fosil kaynaklar olarak kabul görmektedir. Bu kaynaklar arasında kömür, doğalgaz ve petrol en eski ve temel enerji kaynaklarıdır. Yeniden oluşum süreçlerinin çok uzun olmasındandolayı bu tür kaynaklar yenilenemeyen enerji kaynakları sınıfına girerler. BP Statistical World Review of Energy'e göre Dünya'da enerji tüketiminde birinci sırayı petrol, ikinci sırayı kömür ve üçüncü sırayı gaz almaktadır (Şekil1.1). Son yıllarda petrol tüketiminde düşüş, gaz tüketiminde ise artış olmaktadır(BP 2015).



Şekil1.1. 2015 yılı sonu verilerine göre

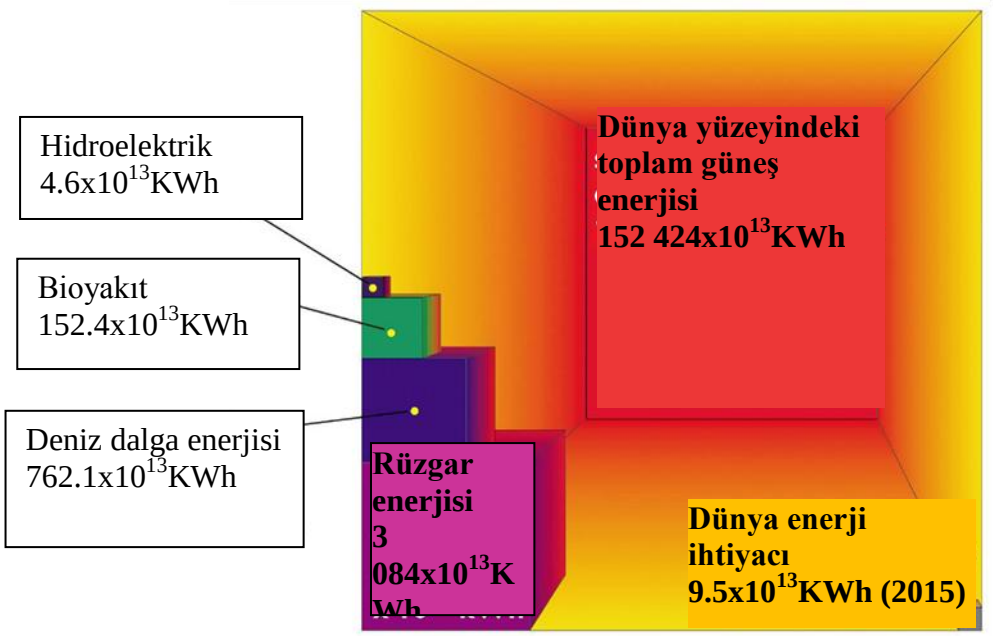
Geleneksel ve temel enerji olarak kabul edilen enerji kaynaklarının tüketimi sonucu, hem yerel hem de global çapta çevresel ve iklimsel olumsuz etiklere neden olmaktadır. Bahsi geçen problemlerden dolayı dünyanın acilen çözüm bulması gerek konulardan bir tanesi de geleneksel enerji kaynakları yerine, çevreye ve iklime duyarlı alternatif enerji kaynakları geliştirmektir.Bu tür bir problemin aşılmasında alternatif olarak sunulacak kaynakların yenilenebilir, temiz ve ekonomik açıdan tüketimi kabul

edilebilir seviyede olmalıdır.Modern ve alternatif bir enerji kaynağı olarak füzyon enerjisinin, çevre ve sağlık açısından oluşturduğu risk, yaydığı ısı ile iklimsel dengelerin bozulmasındaki etkisi gibi nedenlerden dolayı bahsedilen probleme kalıcı bir çözüm olarak sunulması mümkün değildir. Güneş en büyük füzyon enerji kaynağı olarak gösterilebilir ve bulunduğu mesafe itibariyle dünyaya zarar vermemektedir. Bu açıdan güneş enerjisi kömür, doğalgaz, petrol ve atom enerjisi gibi fosil enerji kaynaklarına alternatif bir enerji kaynağı olarak sunulabilir. Güneşten elde edilebilen elektrik enerjisi çevreyi ve iklimsel dengeyi bozmadan bazı elektriksel şebeke elemanları ile şebekeye verilebilir. Buna ek olarak elektroliz olayıyla hidrojen gazına dönüştürülüp doğal gaz şebeke sistemi ile kullanılacak bölgeye iletilebilir ya da depolanabilir(Yılmaz 2013, Bulut 2003).

Şekil 1.2.'de Güneş enerjisinin miktarının diğer enerjilere oranları verilmiştir. Buna dayanarak güneşin dünya için muazzam bir enerji kaynağı olduğunu belirtebiliriz. Günümüzdeki mevcut teknolojilerle sadece bu enerjinin küçük bir miktarını kullanabilmekteyiz. Gelecek yıllarda gelişen teknolojilere ve enerji ihtiyacına paralel olarak bu miktarın daha da artırılması beklenmektedir. Alternatif bir enerji kaynağı olarak güneş enerjisi zaman geçtikçe önem kazanmaktadır. Güneş enerjisinin kullanımı son yıllardaher ülkede yaygınlaşmıştır. Güneş bazlı su ısıtıcılarına ek olarak, mekân ısıtılmasında kullanılması yine güneş enerjisi temelli su pompalarının tarımsal sulamada kullanılması, PV paneller aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesi, hidrojen enerjisin sudan üretilmesinde kullanılması gibi uygulamaları yaygınlaşmıştır(Bakirci 2009, Bulut ve ark. 2006).

1.2 Enerji açısından Dünyanın durumu

Dünya'da 2008'de başlayıp 2010 yılına kadar süren ekonomik kriz enerjide büyük belirsizliklerin oluşmasına neden olmuştur.Enerji sektöründeki üretim, maliyet, yatırım ve tüketim gibi parametrelerde önemli değişimler meydana gelmiştir. Dünyada meydana gelen bu ekonomik krizin tetiklediği bu belirsizlik durumu gelecekteki on yılı da etkilemesi öngörülmektedir.



Şekil 1.2. Dünya Enerji Tüketimi ve Kaynakların Potansiyeli

Ekonomik krizin etkisinde gelişen bu belirsizliği, Fukushima nükleer santral kazası daha da derinleştirmiştir. Ortadoğu'da meydana gelen siyasi gerilimlerdenötürü enerji sektörünün geleceğinde çok büyük ve önemli değişikler olacağı ve buda mevcut durumu daha çok etkileyeceği tahmin edilmektedir(Yılmaz 2013).

Dünyadaki ekonomik krizin tetiklediği enerji üretim, tüketim, maliyet, yatırım gibi parametrelerin gelecekteki belirsizliği artmıştır. Belirtilen durumun gelecekteki yılları etkileyecek olması, diğer taraftan nükleer enerjinin geleceğinin tartışılması enerji güvenilirliği arzını stabil hale getirecek tedbirler almak, global ısınma konusunda gerçekçi hedefler koymak ve bunları gerçekleştirme kararlılığını sekteye uğratmıştır. Bu olumsuz durumun ilerleyen yıllarda da devam edileceği düşünülmektedir(Özgören ve ark 2012).

Hükümetlerin karşı karşıya kaldıkları bütçe açıkları, işsizlik, toplumun ihtiyaçlarına zamanında ve kabul edilebilir düzeyde tepki geliştirememegibi olumsuz durumlar, enerji konusunda alınması gereken önemli politikaları bir anda askıya almıştır. İklim değişikliği gibi hayati bir konuda ülkeler arasında fikir ve eylem birliği oluşturmak eskiye nazaran daha da zorlaşmıştır.Nükleer enerji endüstrisinin belirsizliği, fosil yakıtlar üzerinde tüketimi azaltıcı tedbirlerin alınmasına imkân tanımamaktadır. Düşük karbon teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanması için ülkelerin destekleyici

imkânlaryaratması şüphelidir. Enerji sektöründeki gelişmeler sektörün geleceği ve hükümetlerin politikaları ile doğrudan ilişkilidir. Hükümetlerin bu politik tepkileri, kullanılacak teknolojiyi, enerji hizmetlerinin maliyetlerini ve tüketimietkileyecektir.

Geçen 25 yıllık sürede Dünya da enerjiye olan talep ortalama olarak yılda %3 artmıştır. Gelecekteki 30 yılda Dünya'da enerjiye olan talepte ortalama olarak yılda %2,2 artış öngörülmektedir. Şüphesiz bu değişimin gelişen ülkeler içindaha yüksek olması beklenmektedir (Kentli ve Yılmaz 2012).

Temel ve fosil enerji fiyatlarında geçen 5 yıl içerisinde dalgalanmalar oluşmuş, Dünya'daki ekonomik krize rağmen yükselmeler meydana gelmiştir. Bu sorun devletleri yerli ve alternatif enerji kaynakların geliştirilmesine yönelterek, enerji ithalat politikalarını gözden geçirmelerini sağlamıştır. ABD'de de 2007 yılında tüketilen enerjinin %29'u ithalattan karşılanırken, 2015'da bu oran %24'e gerilemiştir. Enerji politikaların değişmesinde yaşanan bu duruma ekonomik kriz büyük bir etkendir. Bunun ötesinde ABD'nin2035'te enerji tüketiminin %17'sini ithalatla karşılaması planlanmaktadır. Kaya gazı ve biyoyaktılar enerji tüketiminde yerli payının belirlenmesinde önemli rol oynayacaklardır(Yılmaz, 2013)

ABD'nin enerji talebinin yerli kaynaklardan karşılanmasına dönük gösterdiği çabalar Avrupa Birliği ülkelerindede artış eğilimi göstermektedir. Avrupa ülkeleri içinde Almanya yenilenebilir kaynaklardan karşılanacak enerji ihtiyacını her geçen gün arttırmaktadır. Almanya'da tüm nükleer santrallerini 2022 yılına kadar kapatılması politikası, bu hedeflerin artırılmasına neden olabilir.

2011 yılının ilk aylarında Mısır'da başlayan politik gelişmeler bütün Arap Dünyasını etkileyip Suriye, Yemen, Libyabenzeri Ortadoğu ülkelerindepolitik sorunları artırmaktadır. Bunlar içinde Libya ve Mısır, gibi petrol üreticisi ülkelerde yaşanan rejim değişikliklerinde petrol piyasasında ciddi etkilere neden olmuştur, bu etkilere Suriye'deki iç savaşında eklenmesi petrol piyasasının geleceğinde ciddi belirsizliklere neden olmuştur.

Avrupa Birliğinin en büyük dinamiği olan Almanya'nın 2022 yılına kadar nükleer santralleri kademeli olarak kapatacağını duyurması, Portekiz ve İspanya gibi ülkelerdeki ekonomik problemler, Yunanistan'ın çöken ekonomisi gibi gelişmeler Avrupa Birliği ülkelerinde enerji tüketiminde 2016 yılında fark edilebilir bir etki

yaratmayacağı öngörülmektedir.2016 yılını takip eden yıllarda Avrupa Birliği ülkelerinde özellikle Almanya'da, yenilenebilir enerjikaynaklarının payında artışın devam edeceği tahmin edilmektedir.

Dünya'nın ekonomik kaynaklarının büyük kısmına sahip bu ülke topluluklarda yaşanan ekonomik olumsuzluklara rağmen petrol fiyatlarının 2016yılında düşmesinin devam edeceği düşünülmemektedir. Herhangi bir olağandışı olay olmadıkça diğer temel enerji kaynaklarının fiyatlarında da artışlar beklenmektedir. Fiyat artışlarının 2016 yılında bir evvelki yıla göre petrolde %6.7, kömürde %2.9 olması beklenmektedir.

Nükleer enerji konusunda başlayan derin endişeler, fosil yakıt kullanımından kaynaklanan CO_2emisyonları, iklim değişikliği olayı karşısındaki tutum ve politikaları nasıl etkileyecektir? Ancak görülmektedir ki; enerjiden kaynaklanan iklim değişikliği hedeflerine yakın zamanda ulaşabilmek sekteye uğramıştır.

Bu problemler; zayıflamış ülkelerin ekonomilerde temiz fosil yakıt kullanımı için ayrılacak proje ve araştırma ödemeleri için yeterli kaynakların tahsis edilememesi, fosil yakıtların kullanımını sınırlamak için düşünülen karbon vergilerinin uygulanma imkanlarının bulunmaması ve fosil yakıtlarının yerine kısmen kullanılacak yeni nükleer santrallerinbelirtilen durumlardan dolayı yapımında ekonomik ve toplumsal mutabakat problemlerinin bulunacağı söylenebilir. Enerji ve refah arasındaki ilişki, ekonomi ve enerji konusunda araştırma yapanların, geçmişte olduğu gibi gelecekte de ana sorunları arasında yer alacaktır.

Yaşadığımız 21. Yüzyılın başlarında Dünya'da 1,5 milyar kişinin elektrik enerjisine ulaşımı yoktur ve yaklaşık olarak 2,8 milyar kişi, pişirmede eski usul biyokütleimkânlarını kullanmaktadırlar.Dünya'daki ekonomik ve sosyal durumu etkileyen en önemli faktörlerden biri enerji kaynaklarından toplumların yeterince faydalanamamasıdır(International EnergyAgency 2015)

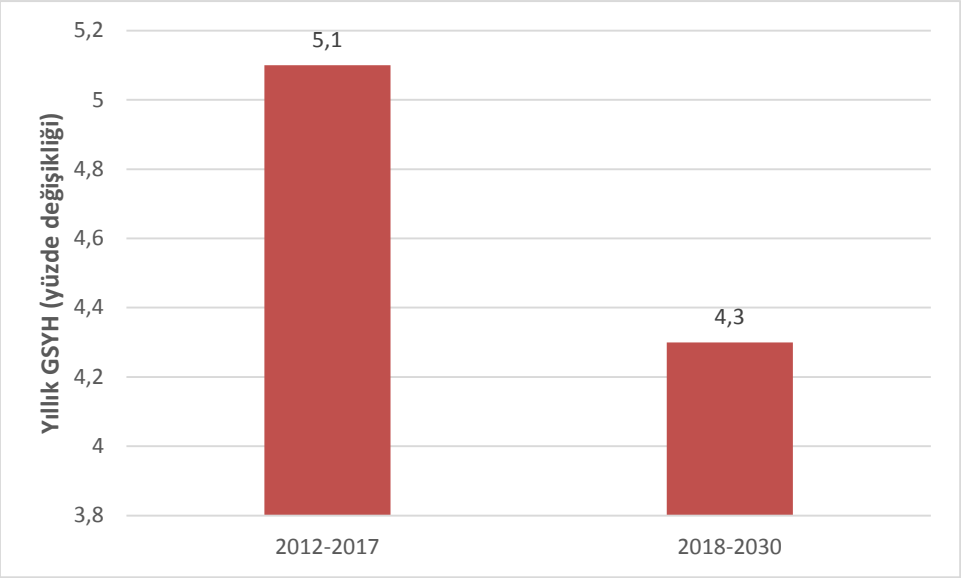
1.3Enerji açısından Türkiye'nin durumu

Son on yıllık dönemde Türkiye derin bir ekonomik dönüşümgeçirmiş ve ekonomisi kayda değer bir kalkınma yaşamıştır. Türkiye 2015 yılındaki cari fiyatlarla 1,7 trilyon TL GSYH'si ile dünyanın 17., Avrupa'nın ise 6. büyük ekonomisi

konumundadır.

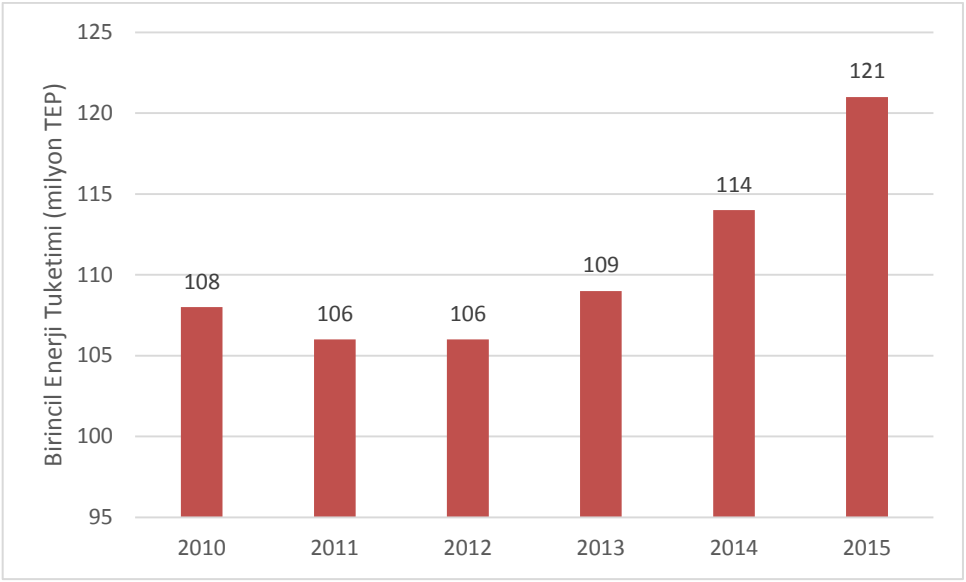
2004 ile 2015 yılları arasında ortalama yıllık Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYH) artış oranı%5,66 olmuş, 2015 yılında GSYH artışı, 134,6 milyar TL olarak gerçekleşmiştir.

2015 yılında (Türkiye'nin ana ihracat pazarı olan) AB'deki ekonomik koşulların zayıflaması ile birlikte reel GSYH artışı yavaşlamış olsa da 2014 yılında bir önceki yıla kıyasla yüzde 4,12 oranında büyümüştür. Bununla birlikte, kısa vadede uluslararası ekonomi kuruluşları 2012-2017 dönemi için yüzde 5,1 ve 2018-2030 dönemi için yüzde 4,3 gibi daha yüksek büyüme oranları tahmin etmektedir. Türkiye'nin potansiyel GSYH artış oranı Şekil 1.3'de görülmektedir(Türkiye Ulusal yenilenebilir Eylem Planı 2016).



Şekil1.3.Türkiye'nin potansiyel GSYH artış oranı

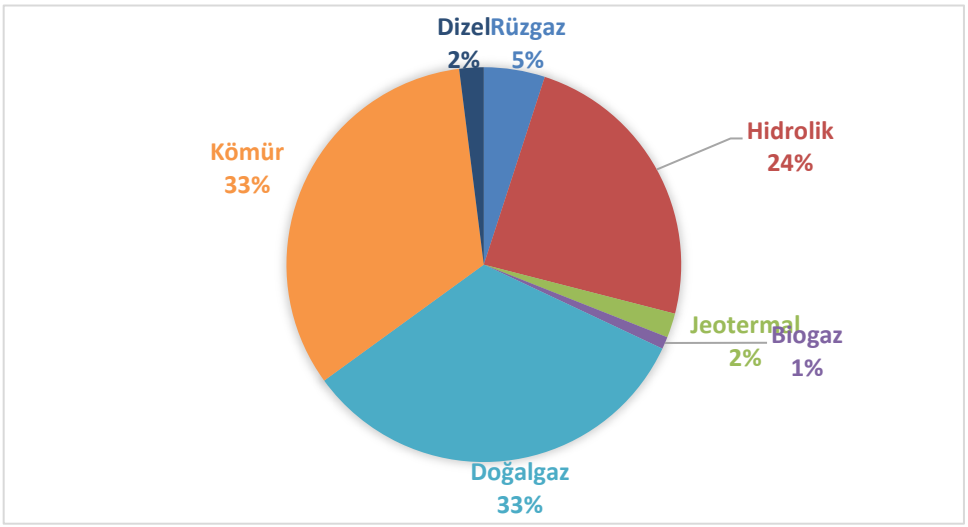
Son on yıllık dönemde süren ekonomik büyüme Türkiye'ninithal enerji kaynaklarına olan bağımlılığını arttıracak etki yapmıştır. Şekil 1.4'de yer verildiği üzere Türkiye'nin 2014yılındaki toplam birincil enerji tüketimi 114 milyon ton petrol eşdeğeri (MTEP) olmuştur; bu rakam 2015 yılında 121 MTEP ile yaklaşık %5,9artmıştır ve bu arzın büyük bir kısmı ithalat yoluyla sağlanmıştır.



Şekil 1.4.Türkiye'de Birincil Enerji Tüketiminin yıllara göre değişimi

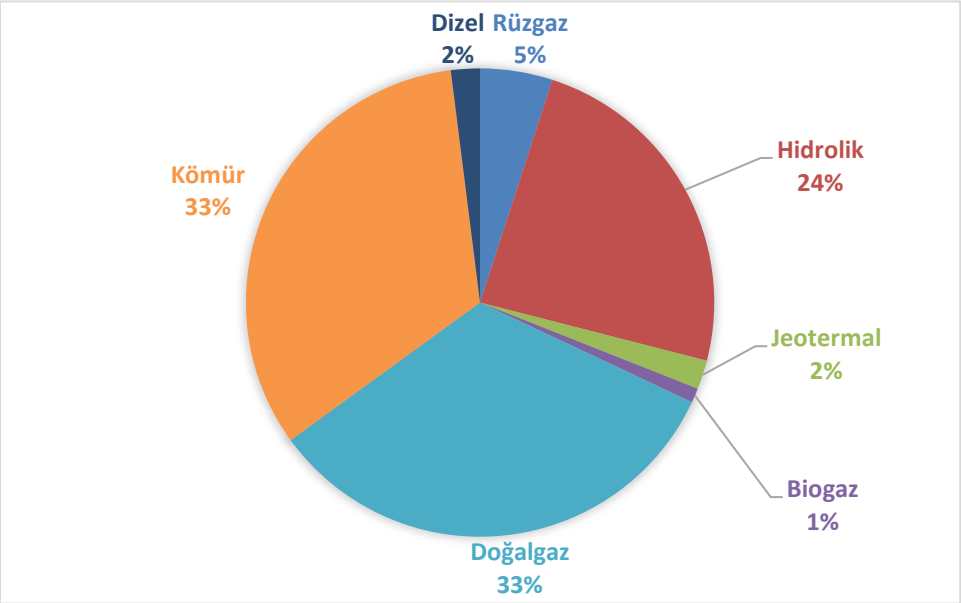
Enerji tüketimi ve enerji ithalatı ile olan ilişki bağlamında Türkiye ekonomisi oldukça kuvvetlidir.2015'da açıklanan Hazine verilerine göre 38,4 milyar dolar toplam ithalat için ödenirken, yine 2015 yılında ülkenin enerji ithalatı 113milyar dolar olmuştur. Diğer taraftan enerji tüketimimizi giderek artan bir oranda (%78) ithalat ile karşılanmaktadır.

Türkiye'nin elektrik enerjisi kurulu gücü Şekil 1.5'de, Türkiye'nin elektrik üretim gücü Şekil 1.6'da verilmiştir. Türkiye'nin elektrik enerjisi açısından kurulu gücü; 2016 yılının şubat ayı itibariyle 78.854,6 MW, 2015 yılı itibariyle 73.146,7 MW, 2014 yılı itibariyle 69.519,8 MW olarakgerçekleşmiştir.



Şekil1.5.Türkiye Elektrik Enerjisi kurulu gücü, 2016 Şubat sonuna göre

Türkiye'de elektrik enerji üretimi 2016 Şubat sonu itibariyle 43.955.332 MWh'dır. Türkiye'nin elektrik enerjisi açısından hem mevcut kurulu gücü, hem de elektrik üretim miktarı, incelendiğinde fosil yakıtların oranın çok yüksek olduğu görülmektedir. Buna karşı yenilebilir enerji kaynakları olan güneş ve rüzgar enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki oranı 2016 Şubat sonu itibariyle %6 civarlarındayken; üretim verileri incelendiğinde güneş enerjisinin sıfıra yakın rüzgar enerjisinin ise üretilen tüm enerjinin %5'ni oluşturduğu görülmektedir (EMO 2016).



Şekil 1.6.Türkiye'de Elektrik Üretimi, 2016 Şubat sonu göre

Türkiye, en büyük sorunlarından biri olan enerjide dışa bağımlılıkla birlikte, enerji konusunda birçok problem yaşamaktadır. Sürekli artan temel enerji ihtiyaçlarına karşın yerli ve alternatif enerji kaynaklarının geliştirilip kullanılmaya sunulamamasından dolayı enerji arzında dışa bağımlılığın getirdiği durum ekonomik ve siyasi belirsizlik gibi olumsuzluklara yol açmıştır.

Petrol ve doğalgaz gibi enerji kaynaklarının elde edilmesi konusunda, arzu edilen ilerleme ve gelişmelerin olmaması nedeniyle, Türkiye'de birincil enerji arzının dışa bağımlılık oranının %77 gibi oldukça yüksekolan bir değere ulaşmasına neden olmuştur. Sürekli bir artış ivmesine sahip temel enerji talepleribağlamında bu oranın sürekli artması öngörülmektedir.

Özellikle ham petrol ve doğalgazda yetersiz üretim miktarına rağmen, Türkiye yerli kaynaklar bağlamında oldukça zengin imkânlara sahip olduğu bilinmektedir. Üretilebilecek elektrik enerjisi açısından Türkiye'nin yerli kaynaklarından kömürde ilave 12.315 MW, hidrolikte31.300 MW'lıksantral kurma imkanı mevcuttur.Yerli kaynaklar ile elektrik enerjisi üretiminde yapılacak ilave 44.012 MW'lık kapasitenin oluşturacağı enerji üretim miktarı yılda 169.825 GWh olacaktır ki, bu mevcut kurulu enerjinin %75'idir.

Enerjideki dışa bağımlılık elektrik enerjisine de yansımakta ve Doğalgaza bağlı elektrik üretimi bunun artmasında en büyük faktördür. Elektrik enerji üretimi dışa bağımlılık oranının, birincil enerji bağımlılık oranından daha düşük olmasının en önemli sebebi ise hidroelektrik ve linyit kaynaklarımızın tam olmasa dahi önemli ölçüde kullanılmasıdır (EMO, 2016).

2016 Şubat ayı sonunda elektrik tüketiminin 43.955.332 MWh olmasına karşılık, mevcut 75.854,6 MW'lık kurulu güç ile 2017 yılında tahmini 240.000 GWh üretimin 79.987GWh'i yerli kaynaklardan yapılacaktır. Yerli kaynaklara yapılacak 57.072 MW kurulu güç kapasite ilavesi, 172.765GWh elektrik enerjisi üretim kapasitesi yaratmaktadır. Bu durumda mevcut üretim kapasitesine ilave olarak, yerli kaynaklardan yapılacak elektrik enerjisi üretim kapasitesine 172.765GWheklendiğinde Türkiye'nin elektrik üretim kapasitesi 391.567GWh'e ulaşmaktadır.

2023 yılı için elektrik sektöründe yenilenebilir enerjinin yaygınlaşması ile ilgili olarak 2015 tarihli Strateji Belgesinde rüzgar, jeotermal için spesifik olmak üzere Çizelge 1.1'de yer verilen hedefler belirlenmiştir(Enerji Verimliliği Stratejik Eylem Planı, 2015).

Çizelge1.1. Elektrik üretimi ve kurulu güç kapasitesi: 2013 gerçekleşmeleri, 2023 tahminleri ve artışlar

Enerji Türü	Kurulu Güç Kapasitesi (MW)			Elektrik Üretimi (GWh)		
	2013	2023	Δ	2013	2023	Δ
Hidroelektrik	22.289	34.000	53%	59.420	91.800	54%
Rüzgar	2.759	20.000	625%	7.558	50.000	562%
Jeotermal	310	1.000	223%	1.364	5.100	274%
Güneş	0	5.000	-	0	8.000	-
Biyokütle	224	1.000	346%	1.171	4.533	287%

Yenilenebilir enerji kaynakları olan güneş ve rüzgâr enerjisinden elektrik üretim imkânları da ilave edildiğinde Türkiye'nin elektrik talebinin 2030 yılında dahi ilave ithal kaynağa ihtiyaç duyulmadan karşılanabileceği görülmektedir. Bu bağlamda, kendi enerjimizi, kendimizin üretebilmenin yolu, yerli kaynakların kullanımından ve yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesinden geçmektedir. Bu destek ve araştırmaların, ülkemizde öncelikle güneş ve rüzgar enerjisinde olması düşünülmektedir.

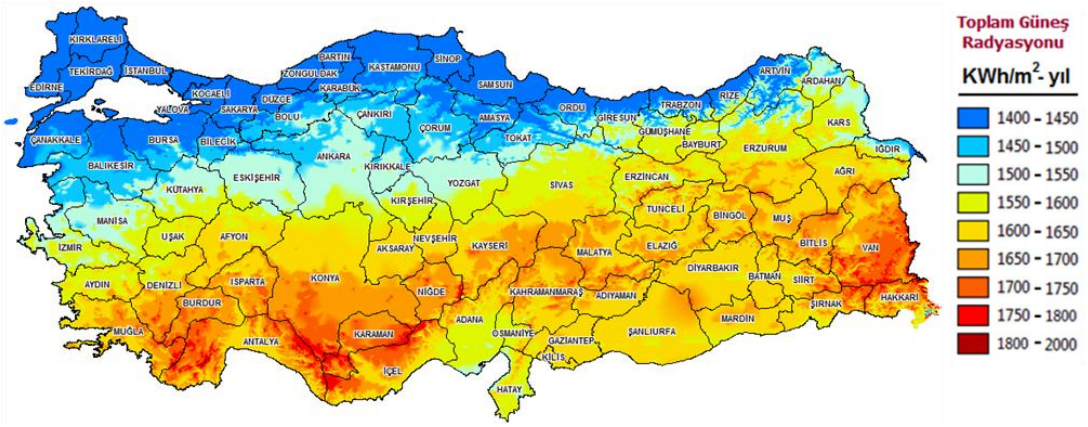
Bu çalışmamızın esas amaçlarından biri de bu iki önemli enerji kaynağından biri olan güneş enerjisinin ülkemizdeki enerji ihtiyacını karşılama noktasında, nasıl bir katkı sunubileceğini araştırmaya yöneliktir.

Dünya'daki coğrafi konum üstünlüğü nedeniyle Türkiye, güneş enerjisi potansiyel Dünya'daki bir çok ülkeye göre oldukça yüksektir. Türkiye'nin yıllık enerji üretiminin 230 milyon MWh olduğu düşünülürse bir saniyede dünyaya gelen güneş enerjisi, Türkiye'nin enerji üretiminin neredeyse 1.000 katıdır. 1966-1982 yılları arasında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından Türkiye'nin sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli, yapılan global güneş ışınımı şiddeti ve güneşlenme süresi ölçümleri ile belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda,Türkiye'nin sahip olduğu güneş enerjisi potansiyelinin, yıllık ortalama toplam güneşlenme süresinin

2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddetinin ise 1.311 kWh/m^2-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m2) olduğu belirlenmiştir. Ülkemizin, yıllık olarak ortalama 110 gün olmak üzere oldukça yüksek bir güneş enerjisi potansiyeli bulunmaktadır.Ülkemizde gerekli yatırımların yapılması durumunda yıllık olarak, birim metrekaresinden ortalama 1.100 kWh' lik güneş enerjisi elde edilebilmektedir(İklim Değişikliği Eylem Planı, 2015) . Çizelge 1.2.'de Türkiye için global güneş ışınımı ve güneşlenme süresi verilerinin aylara göre dağılımı verilirken, Şekil 1.7'de ise Türkiye için güneş ışınımı haritası verilmiştir.

Çizelge1.2. Türkiye'nin Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Aylara Göre Dağılımı

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kcal/cm^2-ay)	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m2-ay)	Güneşlenme Süresi (saat/ay)
Ocak	4.45	51.75	103
Şubat	5.44	63.27	115
Mart	8.31	96.65	165
Nisan	10.51	122.23	197
Mayıs	13.23	153.86	273
Haziran	14.51	168.75	325
Temmuz	15.08	175.38	365
Ağustos	13.62	158.4	343
Eylül	10.6	123.28	280
Ekim	7.73	89.9	214
Kasım	5.23	60.82	157
Aralık	4.03	46.87	103
Toplam	**112.74**	**1311**	**2640**
Ortalama	**308.0 cal/cm^2-gün**	**3.6 kWh/m^2-gün**	**7.2 saat/gün**



Şekil 1.7. Türkiye'nin Yıllık Güneş Işınımı Haritası

Avrupa Birliği kendisine bağlı bulunan ülkelerin PV ve güneş enerjisi potansiyelini belirlendiği araştırmada Türkiye için global güneş ışınım ortalama değerinin 1500kWh/m^2-yıl olduğu öngörmüştür. Türkiye'nin coğrafik olarak bir yılda yüzeyinedüşen güneş enerjisi miktarı 977.000 TWh'dir. Bundan dolayı Türkiye 2015 yılı temel enerji tüketiminin 4000 katı olan, 80 milyar Ton Eşdeğer Petrol (TEP) güneş enerjisi potansiyeline sahip bulunmaktadır(Enerji Bakanlığı 2015).

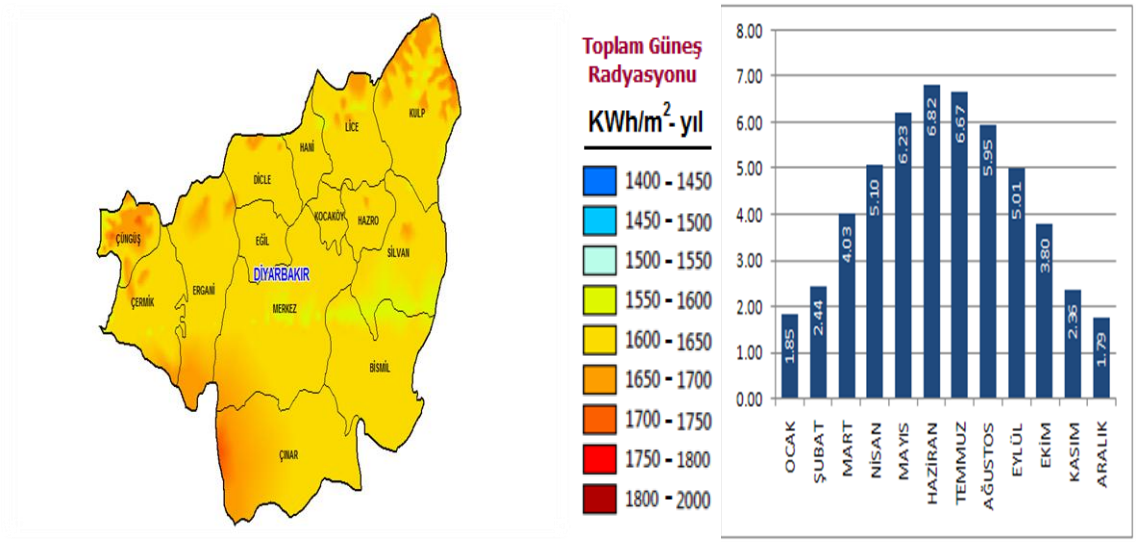
1.4 Güneş enerjisi açısından Güneydoğu Anadolu bölgesindeki durum

Güney Doğu Anadolu Bölgesi güneş enerjisi açısından Türkiye'nin en yüksek potansiyeline sahip bölgesidir. Bu avantaja iklim ve coğrafi özellikleri nedeniyle sahip olmaktadır. Şekil 1.8'deGüney Doğu Anadolu Bölgesindeki iller ve Türkiye'deki konumu gösterilmiştir.



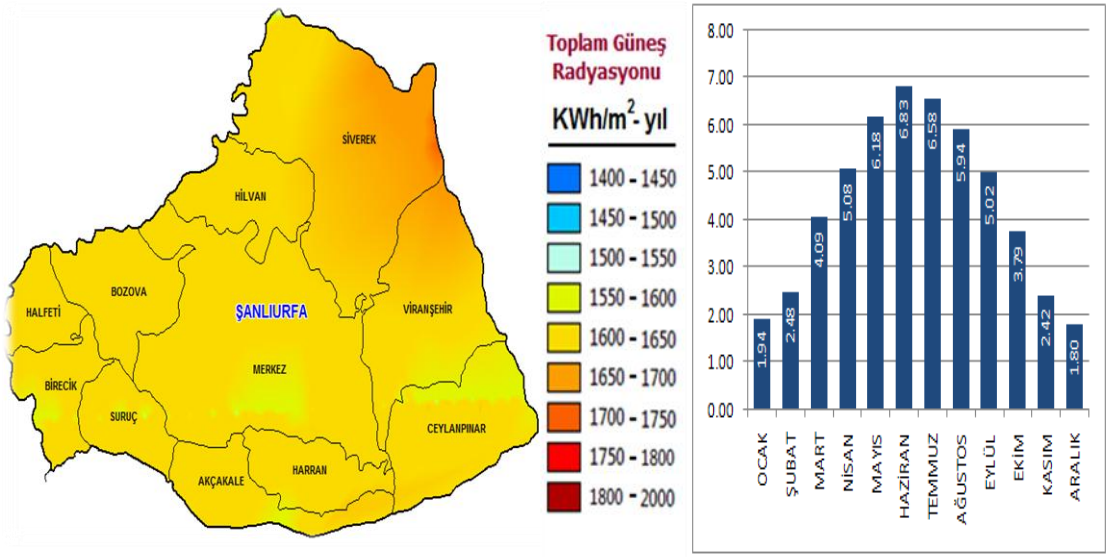
Şekil 1.8.Güney Doğu Anadolu Bölgesi ve illeri

Şekil 1.9'de Diyarbakır iline ait aylık global radyasyon değerleri verilmiştir.Bu grafikler incelendiğinde maksimum global radyasyon Haziran ayında 6.82 (kWh/m^2-gün) iken minimum değerin ise Aralık ayında 1.79 kWh/m^2-gün olduğu görülmektedir.



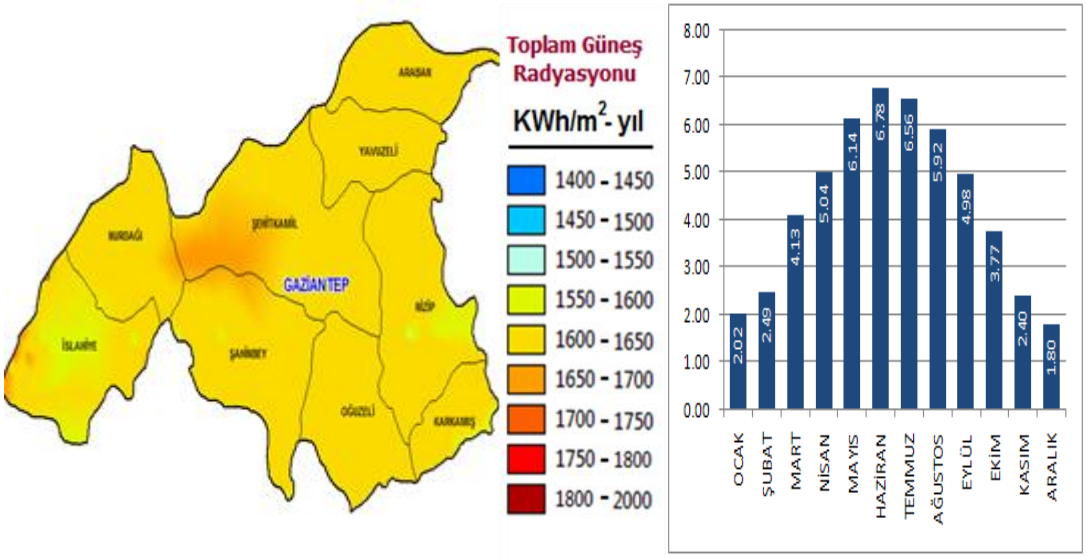
Şekil 1.9. Diyarbakır ili Güneş Radyasyon Haritası ve Aylara göre Global Radyasyon Değerleri(KWh/m2-gün)

Şekil 1.10'da Şanlıurfa iline ait aylık global radyasyon değerleri verilmiştir.Bu grafikler incelendiğinde maksimum global radyasyonun Haziran ayında 6.83(kWh/m^2-gün) iken minimum değerin ise Aralık ayında 1.80 kWh/m^2-günolduğu gözlenmektedir.



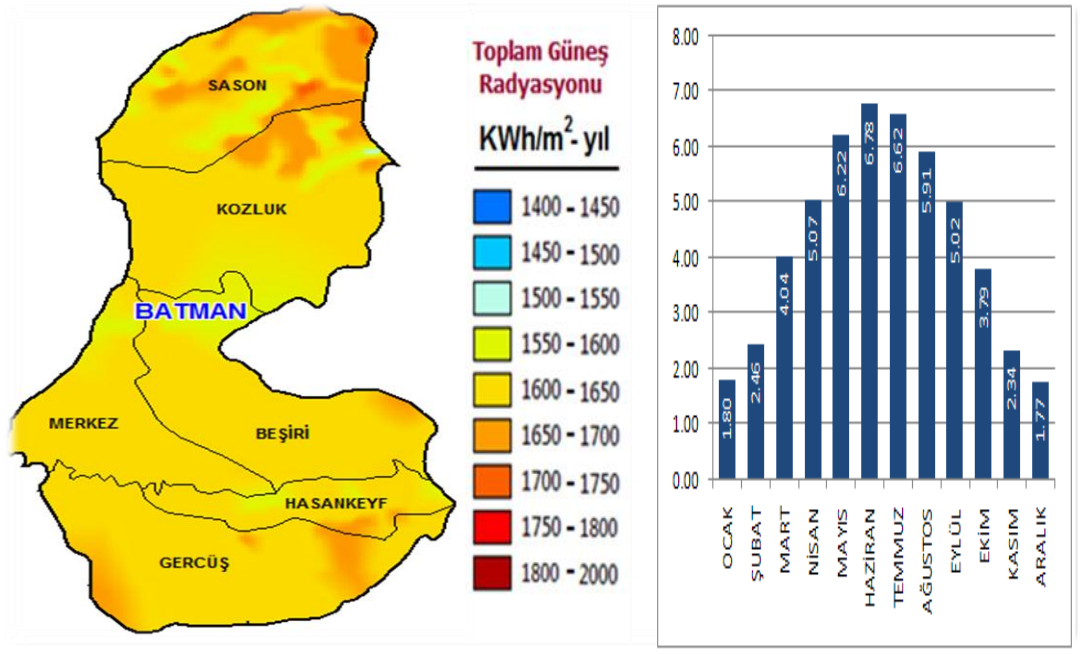
Şekil 1.10.Şanlıurfa ili Güneş Radyasyon Haritası ve Aylara göre Global Radyasyon Değerleri(KWh/m2-gün)

Şekil 1.11'de Gazinatep iline ait aylık global radyasyon değerleri verilmiştir. Bu grafiklerdemaksimum global radyasyon Haziran ayında 6.78 kWh/m^2-güniken minimum değerin ise Aralık ayında 1.80 kWh/m^2-gün'dür.



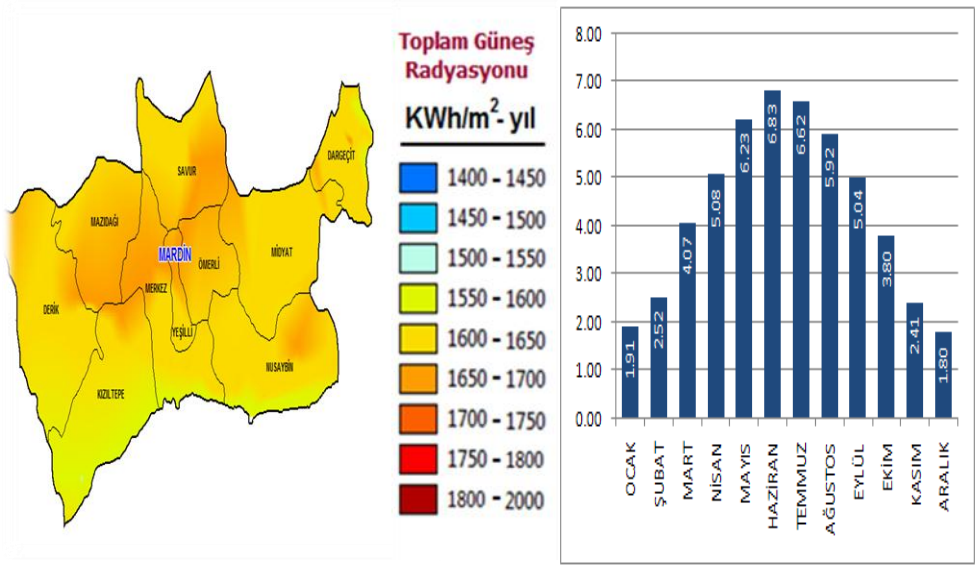
Şekil 1.11. Gaziantep ili Güneş Radyasyon Haritası ve Aylara göre Global Radyasyon Değerleri(KWh/m2-gün)

Şekil 1.12'de Batman iline ait aylık global radyasyon değerleri verilmiştir. Bu verilerden maksimum global radyasyonun Haziran ayında 6.83 kWh/m^2-gün ile minimum değerin ise Aralık ayında 1.80 kWh/m^2-günile gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 1.12. Batman ili Güneş Radyasyon Haritası ve Aylara göre Global Radyasyon Değerleri(KWh/m2-gün)

Şekil 1.13'de Mardin iline ait aylık global radyasyon değerleri verilmiştir. Mardin ili için maksimum global radyasyon Haziran ayında 6.83 kWh/m^2-gün iken minimum değer ise Aralık ayında 1.80kWh/m^2-gün ile gerçekleşmektedir.



Şekil 1.13. Mardin ili Güneş Radyasyon Haritası ve Aylara göre Global Radyasyon Değerleri(KWh/m2-gün)

Türkiye global güneşlenme haritası incelendiğinde, maksimum global radyasyon Haziran ayında 6.57kWh/m^2-gün iken; minimum değerinin ise Aralık ayında 1.59(kWh/m^2-gün) olduğu görülmektedir. Güneydoğu Anadolu illeri olan Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır, Batman, Mardin illerine ait güneş haritası incelendiğinde sırasıyla bu illerin maksimum global güneş radyasyon değerlerinin 6,78kWh/m^2-gün, 6,83kWh/m^2-gün , 6,82kWh/m^2-gün , 6,78kWh/m^2-gün , 6,83kWh/m^2-günTürkiye'nin Haziran ayından ölçülen maksimum global radyasyonundan daha yüksek olduğu görülmektedir (GEPA 2016).

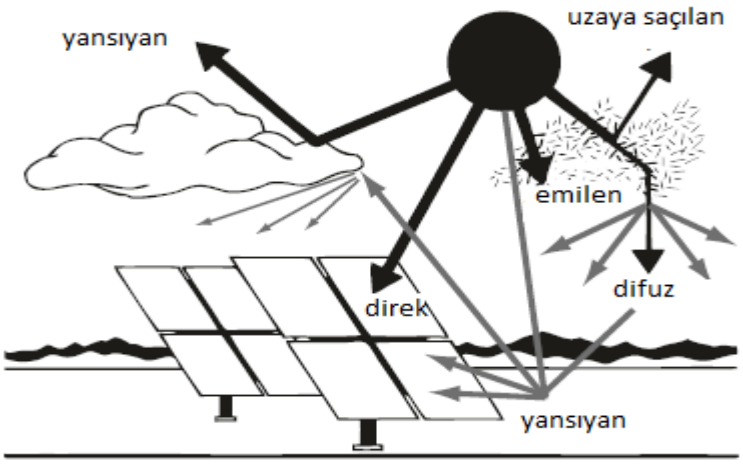
Çizelge1.3.'de Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı verilmiştir. Bu tabloya göre Türkiye'de en çok güneş enerjisi potansiyeli Haziran ayında iken en az Aralık ayındadır. Bölgeler bazında ise en yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip bölge, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu bölgesidir. Bu bölgede global güneş ışınım değeri ortalama olarak 1.410kWh/m^2-yıl iken yıllık ortalama güneşlenme süresi ise 2993 saattir.

Çizelge1.3.Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı

Bölge	Toplam ortalama güneş enerjisi kWh/m^2-yıl	En çok güneş enerjisi (Haziran) kWh/m^2	En az güneş enerjisi (Aralık) kWh/m^2	Ortalama Güneş Süresi Saat/yıl	En çok güneş Süresi Saat/ay	En az güneş Süresi Saat/ay
Güneydoğu Anadolu	1.410	1.980	729	2.993	407	126
Akdeniz	1.390	1.869	476	2.956	360	101
Doğu Anadolu	1.365	1.863	431	2.664	371	96
İç Anadolu	1.314	1.855	412	2.628	381	98
Ege	1.304	1.723	420	2.738	373	165
Marmara	1.168	1.529	345	2.409	351	87
Karadeniz	1.120	1.315	409	1.971	273	82

1.5. Güneş Enerji Parametrelerinin Tanımlanması ve Modellenmesi

Radyasyon ya da diğer adıyla ışınım, bir radyasyon kaynağından (güneş, lazer vb..) çevreye yayılan enerji olarak tanımlanır. Radyasyon parçacık veya dalga biçiminde enerji aktarımı ya da emisyonu olarak ifade edilir. Madde temel olarak atomlardan oluşur.Atomlar ise proton ve nötron denilen parçacıkların çevresinde dönen elektronlardan oluşur. Maddenin çekirdeğindeki nötron sayısı, proton sayısından fazla olduğunda; bu maddenin çekirdeğindeki nötronlar alfa, beta, gama ışınları yayarak parçalanırlar. Bu tür maddeler kararsız maddelerdir(Cheremisinoff ve Dickinson 1980).Kararsız bu maddelere "radyoaktif madde", yaydıkları ışınlara ise "radyasyon" denir. Güneş de radyoaktif bir madde gibi etrafına sürekli kısa dalga boyuna sahip ışınlar yayar.Bu radyasyon değerleri İrradyans (birim zamanda birim alana düşen güneş gücü [W/m^2]) ve İrradyasyon(belirli bir zaman aralığında birim alana düşen güneş enerjisi [Wh/m^2] isimli iki kavram ile açıklanmaktadır(Beckman ve Duffe 1991). Global Radyasyon (toplam radyasyon) direkt (saçılmadan, yansıtılmadan, direkt olarak açık gökyüzünden yer yüzeyine ulaşan radyasyon) ve difüz (saçılarak ve dağılmaya uğrayarak yeryüzüne ulaşabilen ulaşabilen radyasyon) radyasyonların toplamı olarak ifade edilir. Şekil 1.14'de güneş radyasyon tipleri gösterilmiştir.



Şekil 1.14.Güneş Radyasyonu tipileri

Güneş enerji parametrelerinin modellenmesi, güneş enerjisi araştırmaları ve yatırımları için büyük önem arz etmektedir. güneş enerjisi parametrelerinin modellenmesi özellikle ekonomik ve coğrafik nedenlerden dolayı ölçüm yapılamayan yerler için avantaj sağlamaktadır.

1.6Tezin Amacı

Bilindiği üzere herhangi bir yerele ait güneş enerjisi ile ilgili araştırma ya da yatırım yapmadan önce o, yerele ait güneş parametreleri ile ilgili ölçüm yapılması gerekmektedir. Güneş ölçüm istasyonları; kurulum maliyetlerinin yüksek olması, coğrafik koşullardan dolayı her noktada kurulamaması, bakım maliyetlerinin yüksek olması gibi nedenlerden dolayı çok yaygın değildirler. Ülkemizde güneş ölçüm istasyonları yaygın olarak Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından kurulmaktadır ve ölçümler bu kurum tarafından yapılmaktadır. Ülkemizde Meteoroloji Genel Müdürlüğü dışında ise bazı üniversiteler ve araştırma merkezleri tarafından bu istasyonlar kurulup ölçümler alınmaktadır.

Türkiye'nin özellikle Güneydoğu Anadolu bölgesi güneş enerjisi açısından yüksek bir potansiyele sahiptir. Bölgenin güneş açısından zengin olmasına rağmen yeterince ölçüm istasyonu bulunmamaktadır. Bu bölgede ölçümler sadece Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Güney Doğu Anadolu bölgesinde 2014 yılı itibariyle özellikleglobal güneş ışınımı veri ölçümü yapılmamaktadır. Bu tezinyapılmasındaki amaç geçmiş yıllara ait bulunan verileri dayanarak gelecek yıllara ait tahmin yapılmasını olanaklı kılacak yöntemler geliştirmektir.

1.7Tezin Yapısı

Tez Giriş, Kaynak Özetleri, Materyal Metot, Araştırma ve Bulgular, Tartışma ve Sonuç, Kaynaklar olarak altı bölümden oluşmaktadır.

Giriş olarak adlandırılan birinci bölümde güneş enerjisi ile ilgili temel bilgiler verilerek güneş enerjisinin neden önemli olduğu konusu üzerinde durulmuştur. Bu bölümün son kısımlarında ise güneş ile ilgili parametrelerin tanımları verilmiştir.

Kaynak Özetleri olarak adlandırılan ikinci bölümde konu ile ilgili yararlanılan kaynaklar kronolojik olarak listelenmiştir. Ayrıca bu kaynaklarda yapılan çalışmalar ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

Materyal Metot olarak adlandırılan üçüncü bölümde, ilk olarak kullanılan materyal ile ilgili bilgi verilmiştir. Sonraki kısımlarında ise tezde kullanılan yöntemler olan Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama(ÜAHO) ve Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama-Gaussian (ÜAHO) Dağılım yöntemleriaçıklanmış, matematiksel formülleri ve algoritmaları verilmiştir.

Araştırma ve Bulgular olarak adlandırılan dördüncü bölümde ÜAHO ve ÜAHO-GD yöntemleri ile ilgili yapılan tahmin sonuçları verilmiştir. Ayrıca iki yöntemin karşılaştırılması yine bu bölümde yapılmıştır.

Tartışma ve Sonuçlar olarak adlandırılan beşinci bölümde yapılan tahmin sonuçlarında elde edilen bulgular analiz edilmiştir.

Kaynak olarak adlandırılan altıncı bölümde tezin içinde kaynak olarak gösterilen çalışmalar listelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Angström-Prescott(1924) global ışımayı tanımlamak için güneşlenme süresi arasında bir bağlantı kurmaya çalışmıştır. İki büyüklük arasında regresyon yöntemlerini kullanarak lineer bir bağlantı bulmuştur. Güneşlenme süresi ve global ışıma arasında bulunanbu bağlantı bu alanda yapılmış ilk çalışmadır. Bu çalışmadan sonra lineer regresyona dayanan Angström-Prescott denklemleri kullanılarak bir çok model faklı araştırmacılar tarafından oluşturulmuştur.

Bülent Akınoğlu (1992) güneşlenme süresi temelli global ışıma modeli geliştirmeye çalışmıştır. Çalışmasında geniş bant spektrum kullanarak gerçek global ışıma ve güneşlenme süresinin oranını hesaplamaya çalışmıştır. Bu modellemeyi yaparken Angström-Prescott modelini temel almış ve güneşlenme süresi ve global ışıma arasında kuadratik bir ilişki oluşturmuştur. Geliştirdiği bu modele, aynı zamanda yerden yansıyan ışıma ile ilgili parametre de koymuştur. Sonuç olarak, geleneksel regresyon bazlı modellere göre, geliştirdiği,global ışımayı güneşlenme süresi ve yansıyan ışıma cinsinden tanımlayan modelle daha iyi sonuçlar elde etmiştir.

Ahmet Duran Aahin ve ark. (1998) geliştirdikleri yeni bir metodu Angström-Prescottdenklemlerine uygulamışlardır. Genel olarak uyguladıkları yöntemler Angström-Prescott denklemlerdeki parametrelerinin dinamik yapılarını baz almaktadır. Önerdikleri parametrelerin dinamikliğinin analiz edilmesi,global ışımanın frekans dağılımının, parametrelerinin aritmetiğinin analizine ve en çok gerçekleşen parametrelerin bulunmasına imkan tanımaktadır. Frekans bazlı geliştirdikleri analizlere, en küçük kareler tekniğini uygulayarak geleneksel Angström-Prescotte denklemlerine göre daha iyi sonuçlar elde etmişlerdir.

JoaquinTavor ve ark. (2001) istatistiksel araştırma yöntemlerini güneş ışıma verilerine uygulamışlardır. Bu istatistiksel analizleri, Angström-Prescotte modelleri üzerinde uygulamışlardır. Daha sonra istatistiksel araç olan Boltzmann istatistiklerini kullanıpgüneş ışımanın direk ve difuz kısımlarını analiz etmiş ve gökyüzü şartlarına bağlı olarak güneş ışıma modellemesi geliştirmişlerdir.

SamiaHarrounive ark. (2006) farklı hava sınıflandırmalarına göre günlük güneş ışımalarını,fraktal sınıflarına ayırıp ışınım analizi yapmıştır. Bu yöntemde amaç fraktal boyut yaklaşımı ile günlük solar ışımayı sınıflandırmaktır. Günlük solar ışıma için fraktal boyut (D) 1'den 2'ye kadardır. D'nin 1'e yakın olması bulutsuz açık bir günü ifade ederken, 2'ye yakın olması kapalı bulutlu bir günü ifade eder. Gerçekte düz bir çizginin fraktal boyutu 1 iken, çizgi eğrileştikçe fraktal boyutu artar. Eğrileşen bir çizgi düzlemi daha çok kaplar bu da onun fraktal boyutunu artırır ve bu tür eğri çizgiler 2 fraktal boyutuna sahiptirler. Bu yüzden zamansal bir sinyalin(temporalsignal) boyutu 1 ve 2 arasında değişir. Herhangi bir zaman serisininfraktal boyutunu belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Yazar çalışmalarında hassaslık ve kompleksliği artırmak için "pencereleme metodu" kullanarak fraktal boyutları hesaplamıştır. Ayrıca yazar kullanılan metodu optimize ederek hassaslığı artırmak için Weierstrass fonksiyonu ve fonksiyonel Brownian hareketini kullanmıştır. Yapılan optimizasyon işlemlerden sonra "Pencelereleme metodu" ile %3.7 bir hassasiyet artışıyla fraktal boyutlar hesaplanmıştır. Yazar önerdiği metodu farklı iklimsel özelliklere sahip 5 bölgeye uygulamıştır. Bu bölgelerin ikisiColorado'da ikisi Cezayir'de ve biri de Kaliforniya'dadır. Bu beş bölgeye uygulanan yöntem ile elde edilenfraktal boyutlardan zaman serisi üç sınıfa ayrılmıştır. Bunlar açık günler, parçalı günler ve kapalı günlerdir. Yapılan bu fraktal boyut analizinden sonra uzun bir zaman serisi daha güçlü bir veri seti ile ifade edilmiştir.

AmiranIanetz ve ark.(2008) güneş ışıma modellemesini güneş irtifası, bölge irtifası, albedo, atmosferik şeffaflık ve bulutluluk parametreleri ile modellemeye çalışmışlardır. Çalışmalarında açık günlerde ölçülen global ışıma verileri kullanmıştır. Açık günlerde ölçülen global ışıma verilerini kullanmasının nedeni bu veri türünün o bölge için elde edilebilecek maksimum ışıma hakkında bilgi vermesinden dolayıdır. Çalışmada temel olarak herhangi bir bölge için açık gün sayısı belirleyip geri kalan zaman kapalı gün olarak sınıflandırıp, o bölge için global ışımanın modellenmesiamaçlanmaktadır.

MariusPaulescu ve ark. (2010)global ışımanın hesaplanmasında hava sıcaklığını baz almıştır. Bu tür bir veri kullanılmasının nedeni güneşlenme süresi verileri bulunmayanbölgelere çözüm sunmaktır. Önerdiği yöntemde hava sıcaklığı parametresi

tek başına kullanıldığı gibi aynı zamanda bulutluluk parametresi ile birlikte de kullanılabilir. Geleneksel modellere karşı sunduğu bu hava sıcaklığı bazlı çözümde bulanık mantık ilkelerini de kullanarak güneşlenme süresi bazlı modellere göre daha iyi sonuçlar elde etmiştir.

ViorelBadescu (2012) güneş ışımasının hesaplanması için yeni bir model önermektedir. Bu önerdiği yeni yöntemde gökyüzünü durumunu tanımlamak için iki parametre kullanılmaktadır. Bu parametreler toplam bulut miktarı ve güneşli gün sayısıdır. Bu iki parametre ile güneşin açık mı kapalı mı olduğu belirlenmektedir. Yazar önerdiği bu metodu Romanya verilerine uygulamış ve elde ettiği sonuç sadece bulutluluk parametresi kullanan modellere göre çok daha iyi olduğu gösterilmiştir.

Güneşleme süresi, sıcaklık, bulutluluk bazlı geliştirilen modeller dışında daha çok tahmin için kullanılmak üzere yerel olarak yapay sinir ağı (YSA) ya da genetik algoritma (GA) ile modellemeler kullanılmıştır. YSA ve GA bazlı modellerde giriş parametreleri sadece güneşlenme süresi, sıcaklık, bulutluluk oranı gibi birkaç veriden oluşacağı gibi bunlardan yalnızca biri de kullanılıp model geliştirilebilmektedir(Düzen ve Aydın 2013). Bu modeller esnek olmaları ve uygulamalarının basit olmalarından dolayı sıkça kullanılmaktadır.Angstörm-Prescottregrasyon katsayılarının daha iyi hesaplanması için genetik algoritma(GA) ve yapay sinir ağı(YSA) bazlı modellerde sunulmuştur(Süzen ve ark 2014).

Lineer ve lineer olmayan regrasyon modellerinden sonra ise sıcaklık ve bulutluk parametrelerine bağlı olarak global güneş ışınımı(GGI) modeli geliştirilmiştir. Bu modellerin geliştirilmesindeki amaç ise güneşlenme süresi verileri bulunmayan yerler için global güneş ışınımı modellenmesidir. Bulutluluk ve sıcaklık parametrelerine bağlı GGI modellemelerinde daha sonraki yıllarda bulanık mantık(BM) kullanılarak modeller oluşturulmuştur(Güçlü 2015).

Bütün meteorolojik parametreler gibi güneş parametreleri de zamana bağlı değişken olduklarından son yıllarda bu parametrelerin analizinde ve modellenmesinde zaman serileri analizi metotları kullanılmaktadır. Güneş parametrelerinin zamana bağımlı olmasından dolayı zaman serileri modellemeleri iyi sonuçlar vermektedir. Yukarıda bahsedilen diğer modelleme sistemleri gibi zaman serileri modellemesinde deGA, YSA, BM gibi yöntemler kullanılıp daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

Dünyada meteorolojik verilerin ölçüm istasyonlarının karmaşık yapıda olmaları, yüksek maliyetli olmaları, ticari açıdan yüksek kar oranları olmamaları gibi nedenlerden dolayı kamu kurum-kuruluş ve üniversiteler tarafından yapılmaktadır. Ülkemizde meteorolojik ölçümler Orman ve Su İşleri Bakanlığı altında kurulan Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır.

3.1. Kullanılan Veriler

Çalışmada kullanılmak üzere Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki beş ile(Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır, Batman ve Mardin) ait olan aylık ortalama, günlük global güneş ışınımı ve güneşlenme süreleri verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden(MGM) alınmıştır. Bu veriler Gaziantep ve Şanlıurfa illeri için 12 yıllık, Diyarbakır ili için 10 yıllık, Batman ili için 8 yıllık ve Mardin ili için 4 yıllık verilerden oluşmaktadır. Belirtilen illere ait verilerin ait olduğu yıllar Çizelge3.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge3.1.Güneydoğu Anadolu bölgesindeki beş ilin konumları ve MGM'den alınan verilerin ait oldukları yıllar

Şehir	Boylam(E)	Enlem(N)	Ölçülen veriler	
			Periyod	Toplam yıl
Gaziantep	37.22	37.04	1998-2010	12
Şanlıurfa	38.46	37.07	1998-2010	12
Diyarbakır	40.13	37.55	1998-2008	10
Batman	41.07	37.52	1998-2006	8
Mardin	40.45	37.07	2012-2015	4

İllere ait verilerden iki yıllık veriler tahmin için kullanılmıştır. Diğer yıllara ait verilerden ise tahmin doğruluğunu test etmede faydalanmıştır. Bu verilerden Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır ve Batman illeri için 1998-1999; Mardin ili için ise 2012-2013 yıllarına ait, iki yıllık veriler, tahmin için kullanılmıştır. Tahmin için kullanılan iki yıllık veriler temel alınarak bu yıllardan sonra gelen, Gaziantep ve Şanlıurfa için 8 yıl, Diyarbakır için 6 yıl, Batman için 4 yıl, Mardin için ise iki yıllık verilerin tahmini yapılmıştır. Tahmin için kullanılan iki yıllık veriler test verileri olarak

adlandırılırken,tahmin edilen verilerin ait olduğu yıllar ise tahmin yılları olarak adlandırılmıştır. Bu verilere ait bilgiler Çizelge3.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Tahmin için kullanılan verilerin sınıflandırılması

Şehir	Test sınıfıyılları		Tahminsınıfıyılları	
	Periyod	Toplamyıl	Periyod	Toplamyıl
Gaziantep	1998-1999	2	2000-2010	10
Şanlıurfa	1998-1999	2	2000-2010	10
Diyarbakır	1998-1999	2	2000-2008	8
Batman	1998-1999	2	2000-2006	6
Mardin	2012-2013	2	2014-2015	2

Çalışmada tahmin için iki farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlardan biri Üstel Ağırlık Hareketli Ortalama(ÜAHO), diğeri ise Üstel Ağırlık Hareketli Ortalama tabanlı Gaussian Dağılım(ÜAHO-GD) yöntemidir.

3.2. Üstel ağırlıklı hareketli ortalama(ÜAHO) metodu

Eğer zaman serileri doğal verilerden oluşmuş dizi olarak tanımlanırsa, bu veri setinin, ya da zaman serisinin, davranışlarını analiz etmek için kullanılabilecek en basit ve yararlı yöntem ortalamalarının alınmasıdır. Bir seriye ait ortalamayı hesaplayabilmek için, o serinin zaman ekseninin belirli bir aralıkta ilerlemesi gerekmektir ve bu aralık şu şekilde ifade edilir t = 1, t = 2, …(John 1995). Bu zaman aralığındaki ilerleme basit bir şekilde serinin ortalamasının alınmasını sağlar. Herhangi bir serinin veya dizinin basit ortalaması, önceki değerlerinin ağırlıklarından bağımsızdır(Holt 2004). Bir zaman serisine ait ortalama farklı yöntemler kullanılarak elde edilebilir. Bu yöntemler ise şunlardır: öz bağımlı hareketli ortalama(ARMA) ve öz bağımlı tümleşik hareketli ortalama(ARIMA)'dır(Smith, 2012). Bu çalışmada Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (ÜAHO) üzerinde durulmuştur.Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama(ÜAHO) ise basit ortalamadan farklı olarak önceki değerlerin belirli bir oranda ağırlıklaştırılması ile elde edilir. Bu yöntem kullanılarak önceki(geri bir zamana ait) değerler belirli bir oranda

ağırlıklandırılarak sonraki zamandaki serinin değerinin ne olacağını tahmin edilmektedir.

Herhangi bir zaman serisini y_t, t= 1, 2, 3, … , i şeklinde ifade edebilirsek, bu durumda bu zaman serisinin ortalamasını hesaplayabiliriz. Eğer i yeterince büyük , n ise i'den küçük bir tam sayı seçilirse; y_t ortalamalar serisi olarak hesaplanabilir:

$$\bar{y}_{t.1} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} y_t \tag{3.1}$$

$$\bar{y}_{t.2} = \frac{1}{n}\sum_{t=2}^{n+1} y_t \tag{3.2}$$

$$\bar{y}_{t.(i-n+1)} = \frac{1}{n}\sum_{t=i-n+1}^{i} y_t \tag{3.3}$$

$2 \leq n \leq i$ sağlandığı zaman, belirlibir n aralığındaki her ortalama seti şu şekilde hesaplanabilir.

$$\bar{y}_t = \frac{1}{n}\sum_{j=t-(n+1)}^{j} y_j \tag{3.4}$$

Ortalama yaklaşım, herhangibir t zamanında n değerinin$n$-1 zaman basamağın basit ortalaması olduğunu göstermektedir. Bundan dolayı önceki değerlerin ağırlıklı hareketli ortalaması ileriki zaman olan t+1 için tahmin bilgisini içerir, böylelikle ilerleyen zamandaki değerler önceki değerlerin verilerini içerirler. Tüm n'ler eşit olarak ağırlıklandırılıp, μ_t olarak tanımlanırsa(μ_t'e eşitlenirse) her n'nin ağırlığı 1/n, eşit olur ve n'lerin ağırlıklarının toplamı 1 eder.μ_t = 1/n, olarak tanımlanırsa Denklem(3.4) şu şekilde ifade edilir:

$$\bar{y}_t = \frac{1}{n}\sum_{j=t-(n+1)}^{t} \mu_j y_j \tag{3.5}$$

ÜAHO Metodunda μ düzleştirme parametresi 0-1 aralığında değişmektedir. Düzleştirme parametresinin $0<\mu<0.5$aralığında olması, yapılan tahminin daha eski verilerin etkisinde olduğunu, $0.5<\mu<1$ olması daha yakın zaman ait verilerin etkisinde olduğunu ifade eder. Üstel düzleştirmede, ağırlıklarının toplamının 1 olması geometrik olarak ÜAHO serisinin kısalması için kullanılabilir. Bu durumda ağırlıklar şu şekilde ifade edilir.

$$\mu(1-\mu)^k \tag{3.6}$$

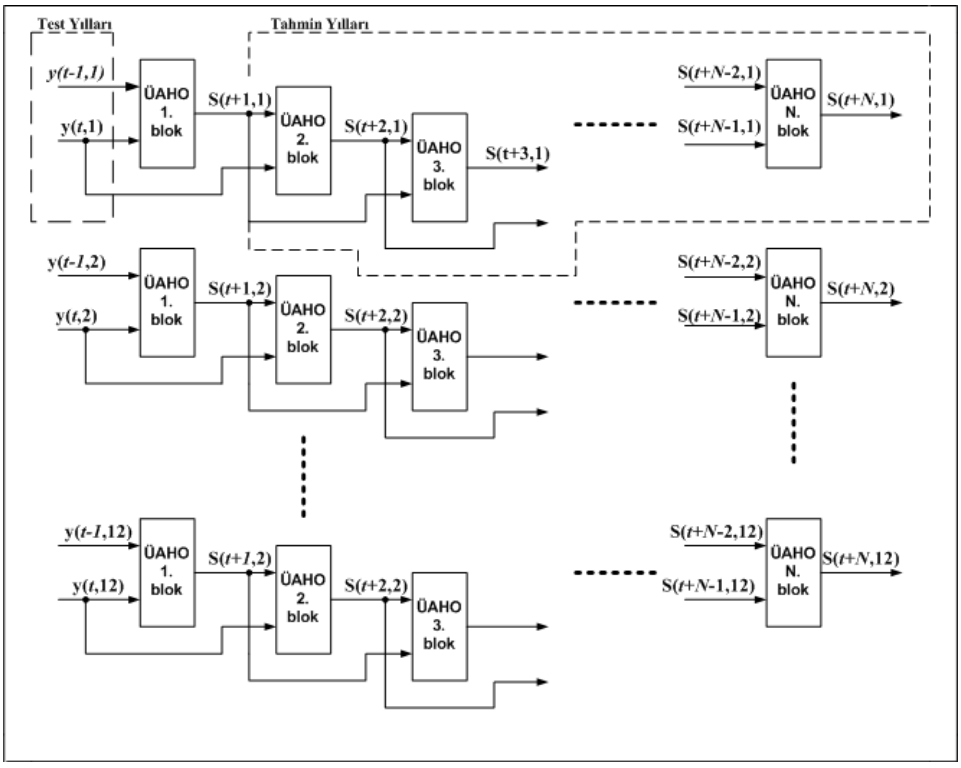
k= 1, 2, 3 , … ∞ olarak tanımlanır. Yapılacak bazı matematiksel işlemlerden sonra Denklem (3.5) ve (3.6) ile ağırlıklı hareketli ortalama aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\bar{y}_t = \sum_{k=1}^{n} \mu(1-\mu)^{k-1} y_{t-k+1} \tag{3.7}$$

Daha sonra Denklem (3.5) ile tekrarlanan düzleştirme ilişkisi şu şekilde ifade edilir.

$$s_t = \mu y_t + (1-\mu) y_{t-1} \tag{3.8}$$

Düzleştirilmiş tekrar eden ÜAHO algoritmasıŞekil 3.1. de gösterilmiştir. Şekilde y(*t*, 1) ve S(*t*+2,1) sırasıyla *t* yılının ilk ayını ve *t*+2 yılının ilk tahmin edilen ayını ifade eder. N ise tahmin edilen yıl sayısını ifade eder. ÜAHO algoritmasında her yılın ilk ayından son ayına kadar her tahmin değeri ayrı ayrı hesaplanır. Düzleştirme operasyonundan dolayı tahmin edilen her yıl verisi kendinden önceki son iki yılın verilerine ihtiyaç duyar(Brockwell ve Davis 1996, Bowerman ve O'Connell 1979).

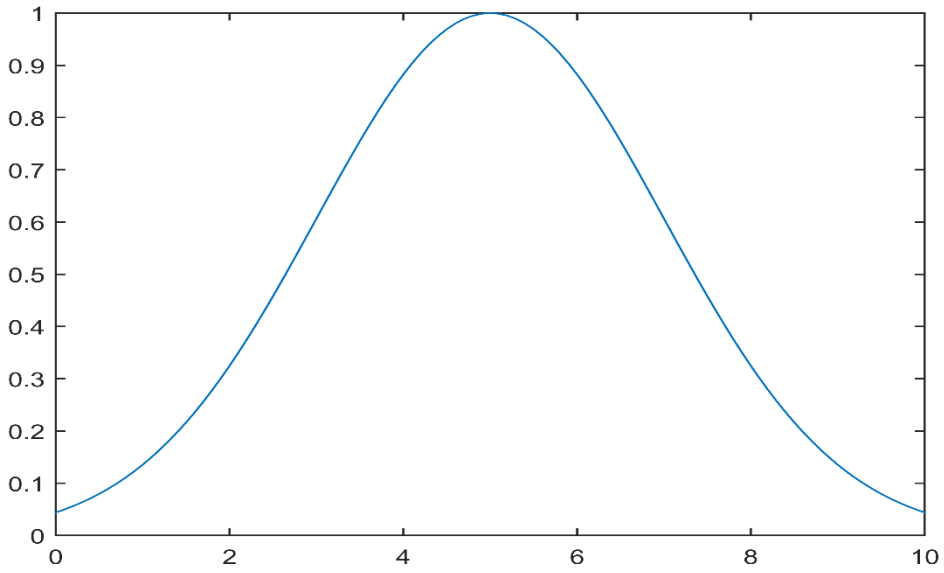


Şekil 3.1.ÜAHO algoritması

3.3. Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama Bazlı Gaussian Dağılım (ÜAHO-GD) metodu

Gaussian dağılım fonksiyonu, matematik, fizik, mühendislik gibi bir çok alanın yanında, dünyadaki bir meteorolojik alana ait sıcaklık, global güneş ışınımı ve güneşlenme süresi gibi bir çok doğal olayın da modellenmesinde kullanılmaktadır. Gaussian dağılım fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir(Smith 2012, Lewis 1982).

$$y_t = Ae^{-(1-\mu)^2/2\sigma^2} \tag{3.9}$$



Şekil 3.2. Gaussian Dağılım fonksiyonu

Bu metotta test verisi olarak adlandırılan ilk iki yılın verileri kullanılarak her iki yıl için ayrı olarak Gaussian dağılım fonksiyonu oluşturulur. Daha sonra oluşturulan bu fonksiyonun katsayıları olan A, μ, σ Caruana yaklaşımı ile hesaplanır ve test yılları için Gaussian dağılım fonksiyonu oluşturulur. Oluşturulan Gaussian dağılım fonksiyonunda A, eğrinin maksimum noktasını, μ, eğrinin maksimum noktasının pozisyonunu, σ ise standart sapmayı ifade eder.

Denklem (3.9)'un grafiği Şekil(3.2)$t=\mu$ olan simetrik bir eğriyi ifade eder. Bu denklemde A eğrinin maksimum noktasının yüksekliği ifade ederken, σ eğrinin

genişliğini kontrol eder. Gaussian dağılım fonksiyonun yukarıda belirtilen parametrelerini hesaplamak için Caruana yaklaşımı kullanılabilir. Bu metotta ilk işlem denklem (3.9)'un logaritmasının alınmasıdır. Logaritma işleminden sonra denklem şu şekilde ifade edilmektedir.

$$In(y) = In(A) + \frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \tag{3.10}$$

Denklem (3.10)'un sağ tarafı şu şekildedir.

$$In(y) = \frac{\mu^2}{2\sigma^2} + \frac{2\mu t}{2\sigma^2} - \frac{t^2}{2\sigma^2} \tag{3.11}$$

Denklem (3.11) aşağıdaki eşitliğe benzetilir.

$$a + bt + ct^2 \tag{3.12}$$

Burada;

$$a = In(A) - {\mu^2}/{2\sigma^2} \tag{3.13}$$

$$b = {\mu}/{\sigma^2} \tag{3.14}$$

$$c = -{1}/{2\sigma^2} \tag{3.15}$$

ilehesaplanır

Yukarıda yapılan matematiksel işlemlerleGaussian dağılımı fonksiyonunun A, μ, σ parametreleri lineer bir denklemin a, b ve c katsayılarına dönüşür. Bu işlemler aynı zamanda fonksiyonun kompleksliğini azaltmış olur.Caruana yaklaşımı kullanılarak (3.14)'deki denklemin katsayıları hesaplanabilir. Bu yaklaşımda amaç, regresyon analizi ile katsayıları a,b,c olan bir parabol oluşturarak, Gaussian dağılım fonksiyonun parametrelerini hesaplamaktır. Bu işlem için hata fonksiyonu şu şekilde tanımlanır.

$$e = Iny - (a + bt + ct^2) \tag{3.16}$$

Hata fonksiyonu tanımlandıktan sonra e2 in sırasıyla a, b ve c'ye göre türevi alıp sıfıra eşitlenir.

$$\begin{bmatrix} N & \sum_{n=1}^{N} t & \sum_{n=1}^{N} t^2 \\ \sum_{n=1}^{N} t & \sum_{n=1}^{N} t^2 & \sum_{n=1}^{N} t^3 \\ \sum_{n=1}^{N} t^2 & \sum_{n=1}^{N} t^3 & \sum_{n=1}^{N} t^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^{N} \ln y \\ \sum_{n=1}^{N} (t)(\ln y) \\ \sum_{n=1}^{N} (t)^2 (\ln y) \end{bmatrix} \quad (3.17)$$

Denklem(3.17)'deki N değeri 12'dir.N değeri bir yıldaki ayları ifade eder. Denklem (3.17) çözüldüğünde Gaussian dağılım fonksiyonun parametreleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\mu = \frac{-b}{2c} \quad (3.18)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{-1}{2c}} \quad (3.19)$$

$$A = e^{(a-b^2)} / 4c \quad (3.20)$$

Yukarıdaki işlemlerden sonra ÜAHO yöntemi kullanılarak ileriki yılların A, μ, σ parametrelerininayrı ayrı tahmini yapılır. ÜAHO ile ayrı olarak tahmin edilen parametrelerden, ileri ki yılların her biri için, ayrı ayrıGaussian dağılım fonksiyonu oluşturulur.

A, μ, σ parametreleri için bir zaman seti $(A, \mu, \sigma)_t$, t= 1,2,3, … , i olarak kabul edilirse, ortalamaları hesaplanabilir.Zaman serinin ortalamasının hesaplanabilmesi için *i*yeterince büyük seçilip, buna karşın seçilecek *n*değeri *i* değerinden küçük olmalıdır. $(A, \mu, \sigma)_t$ belirli bir ortalamanın seti olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$(A, \mu, \sigma)_t = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n+1} (A, \mu, \sigma)_j \quad (3.21)$$

Buradan *n*data aralığı üzerinden hesaplanan her ortalama şu şekilde olur.

$$\overline{(A,\mu,\sigma)}_t = \frac{1}{n}\sum_{j=t-n+1}^{n+1}(A,\mu,\sigma)_j \tag{3.22}$$

n aşağıdaki aralıktadır.

$$2 \le n \le i \tag{3.23}$$

Tüm *n*'ler eşit olarak ağırlıklandırılırise,ve bu ağrılıklar *βt*olarak eşit alınırsa*;* her*n*ağırlığında1/*n* olur. Buradan ağırlıkların toplamı 1 olur ve aşağıdaki duruma gelir.

$$\overline{(A,\mu,\sigma)}_t = \frac{1}{n}\sum_{t=t-n+1}^{n+1}\beta_t(A,\mu,\sigma)_j \tag{3.24}$$

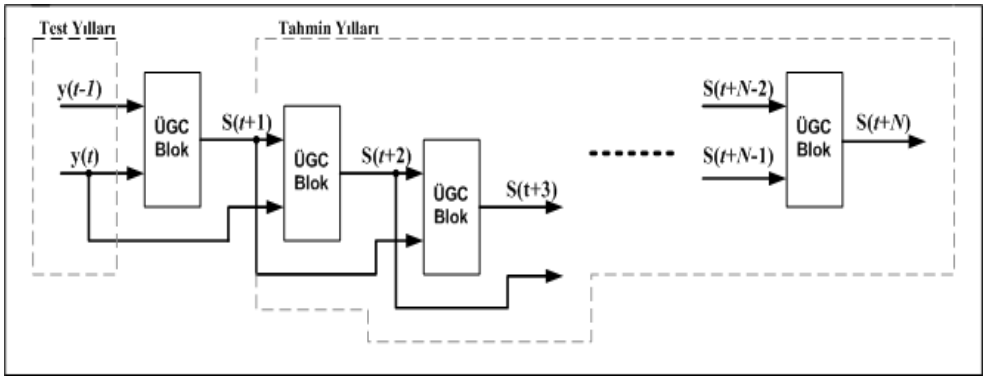
Burada , βt = 1/*n* olarak alınır ve aşağıdaki gibi ifade elde edilir.

$$\beta(1-\beta)^k, k = 1,2,3,....,\infty \tag{3.25}$$

ÜAHO kullanılarak ileriki yıllara ait A, μ, σ parametreleri denklem (3.8)'in düzenlenmesiyleelde edilen, aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanabilir(Smith, 2012),(John, 1995).

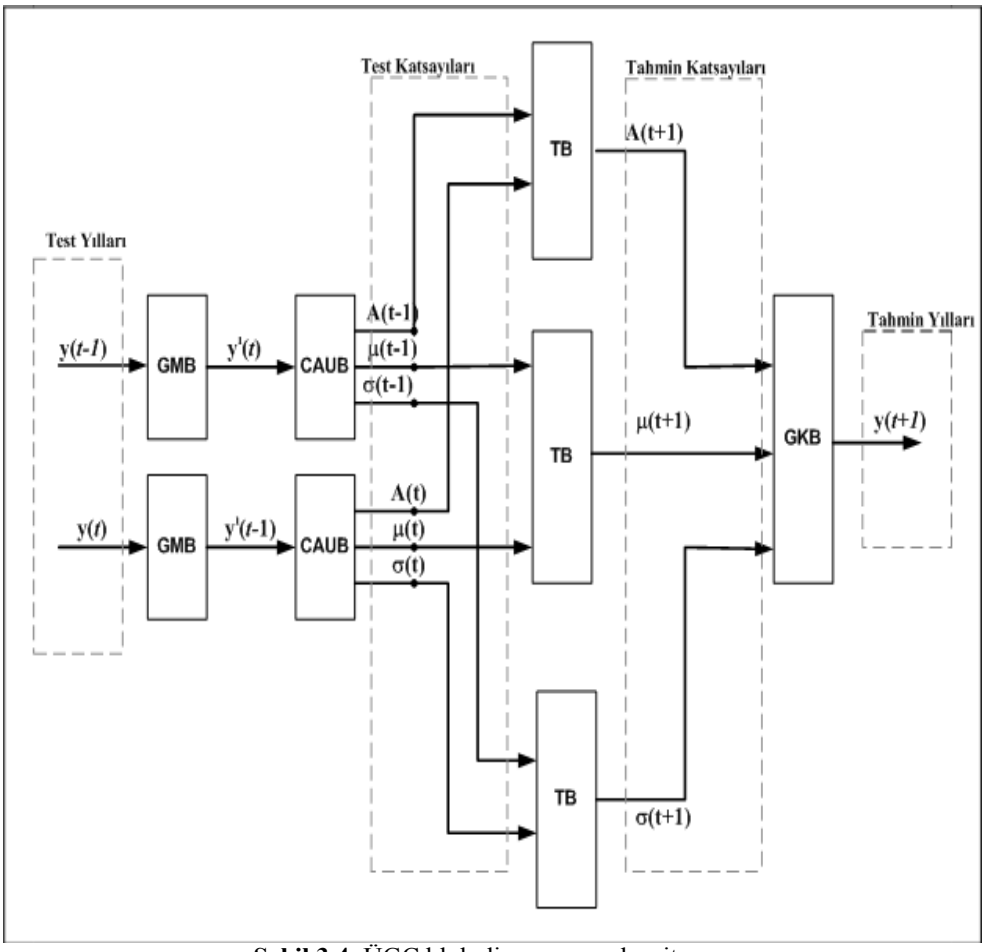
$$s_t = \beta(A,\mu,\sigma)_t + (1-\beta)(A,\mu,\sigma)_{t-1} \tag{3.26}$$

ÜAHO bazlı Gaussian dağılım metodunun çalışma prensibi Şekil 3.2, Şekil 3.3, ve Şekil 3.4 gösterilmiştir.



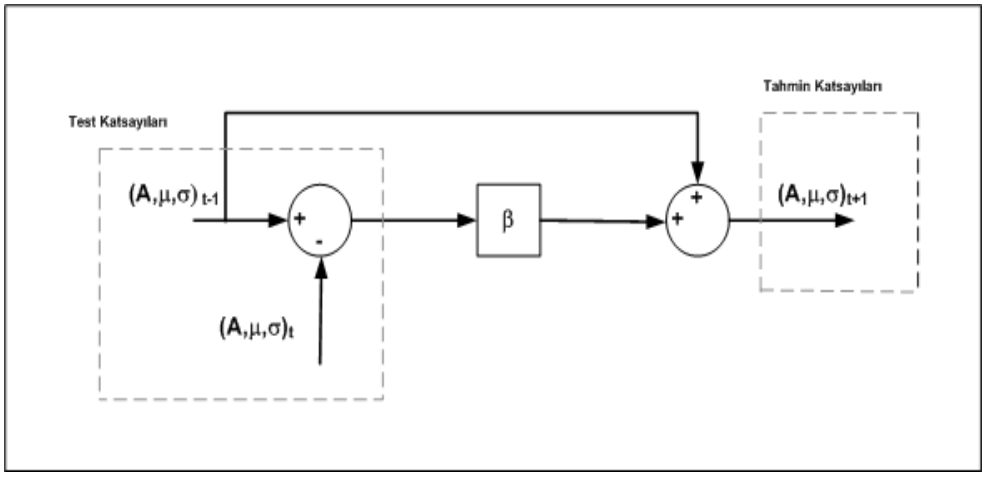
Şekil 3.3.ÜAHO-bazlı Gaussian dağılım modeli algoritması

ÜAHO bazlı Gaussian dağılım metodunun algoritması Şekil3.3 blok diyagramı olarak gösterilmiştir. Şekilde *t* veri setinin ilk yılını temsil ederken, *t*+N ise veri setinin son yılını ifade eder. y(*t*) ilk test yılını y(*t*+1) ise ikinci test yılını ifade eder, buna karşılık S(*t*+2) ilk tahmin yılını ifade ederken S(*t*+N) son tahmin yılını göstermektedir. Şekil3.4'de ise Caruana Yaklaşım Çözümlü ÜAHO-GD Fonksiyonunu(ÜGC) gösterilmiştir. Bu işlem Şekil 3.4'deki blok diyagramı ile açıklanmıştır.



Şekil 3.4. ÜGC blok diyagramın algoritması

ÜGC blok diyagramı; Gaussian modelleme bloğu(GMB),Caruana Bloğu(CAUB), Tahmin Bloğu(TB) veGaussian Konstrüksiyon Bloğu(GKB)'dan oluşmaktadır. Şekil 3.4'de $y^{l}(t)$ ve $y^{l}(t+1)$ sırasıyla, $y(t)$ ve $y(t+1)$ Gaussian modellerini ifade etmektedir. Şekil 3.5'deki TB ise ÜAHO ile yapılan tahminişleminin algoritmasını ifade etmektedir.



Şekil 3.5. Tahmin Blok(TB) algoritması

3.4. İstatistiksel analiz araçları

Yöntemlerin doğruluğu,belirleme katsayı(R^2)ve Ortalama Mutlak Yüzdelik Hata(OMYH) kullanılarak test edilmiştir. OMYH için 0≤ OMYH ≤10 mükemmel tahmin doğruluğu, 10≤ OMYH ≤20 iyi tahmin doğruluğunu, 20≤ OMYH ≤50, idare eder, tahmin doğruluğunu, OMYH ≥ 50, ise yanlış tahminiifade etmektedir. Diğer taraftan R^2 değerlendirme parametresi tahmin verilerinin ne kadar gerçek veriler ileörtüştüğünü ifade eder. Eğer R^2, 1'e yakın ise tahmin verilerinin yüksek oranda gerçek veriler ile örtüştüğü, R^2, 0'a yakın olduğunda ise tahmin verilerinin gerçek verilerle örtüşmediği anlamına gelir(Hyndman ve ark 2008). R^2ve OMYH şu şekilde ifade edilir:

$$R^2 = \frac{\sum_{j=1}^{N}(s_j - s_{j,avg}).(y_j - y_{j,avg})}{\sqrt{\left[\sum_{j=1}^{N}(s_j - s_{j,avg})^2\right]\left[\sum_{j=1}^{N}(y_j - y_{j,avg})^2\right]}} \tag{3.27}$$

$$OMYH = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\frac{(S_j - y_j)}{y_j} * 100 \tag{3.28}$$

S_jy_j tahmin değerini, y_j ise ölçülmüş değeri ifade eder.$S_{j,avg}$ ve $y_{j,avg}$ sırası ile S_j ve y_j'nin ortalama değerlerini ifade eder.

R^2 ve OMYH istatistiksel araçların kullanım amacı yöntemlerin başarı oranını test etmektir. Bu iki istatistiksel araç herhangi bir amaç için kullanılan yöntemlerin başarı oranı test etmek için kullanıldığı gibi yöntemlerin karşılaştırılmasında da kullanılabilmektedir. R^2 ve OMYH hesaplanmasında Microsoft EXCEL ve MATLAB paket programları kullanılmıştır.

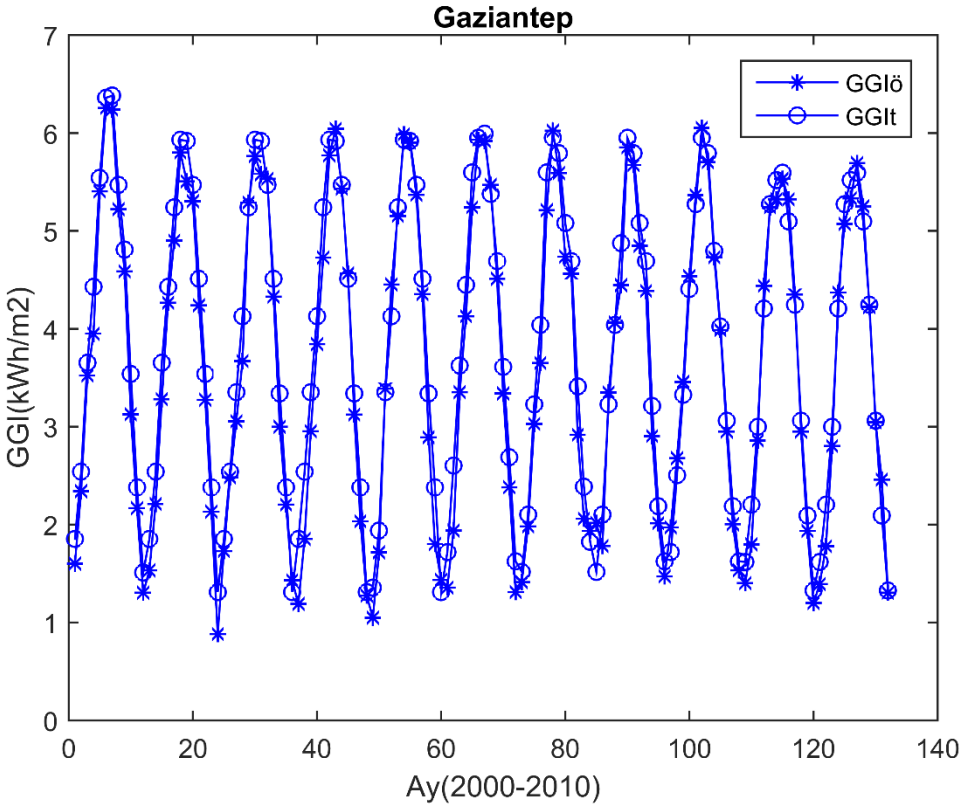
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. ÜAHO ile yapılan tahminler

Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama(ÜAHO) ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan beş il için,Global Güneş Işınımı(GGI) ve Güneşlenme Süresi(GS) tahmini Gaziantep ve , Şanlıurfa için sekiz, Diyarbakır için altı, Batman için dört, Mardin için iki yıllık yapılmıştır. Her il için ayrı ayrı olarak ölçülen ve tahmin edilen global güneş ışınımı ve güneşlenme süresi aynı grafik alanında çizilmiştir. Bunlara ek olarak her il için ayrı ayrı hem ölçülen hem de tahmin edilen global ışınım ve güneşlenme sürelerinin analizi yapılmıştır. Yapılan analizde, illerin belirlenen periyotlarda hangi yılın hangi aylarında maksimum ve minimum global güneş ışınımı ve güneşlenme sürelerine sahip oldukları belirlenmiştir.

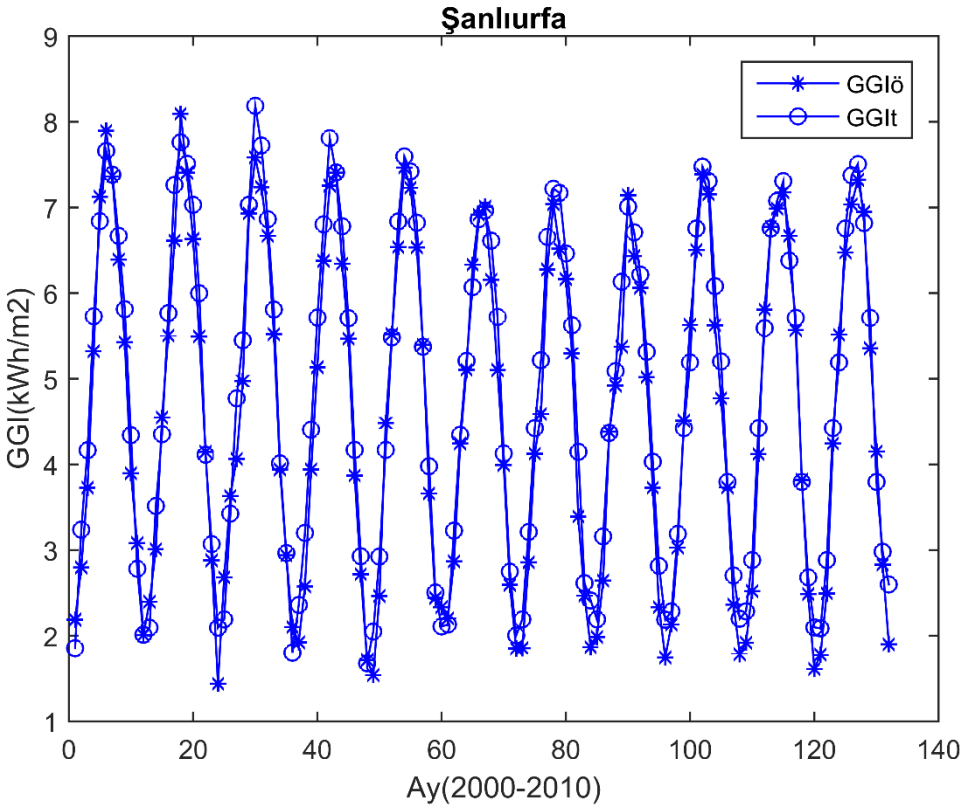
Bölgeye ait beş ilin ölçülen ve tahmin edilen verileri analiz edildiğinde hem global güneş ışınımı hem de güneşlenme süresinin, maksimum değerleri çoğunlukla Haziran ayında elde edilirken, minimum değerleri ise Aralık ayında elde edilmektedir. Bununla birlikte, azolmakla beraber, bazı yıllarda maksimum global güneş ışınımı ve güneşlenme süresi Haziran ayından Temmuz ayına kayarken, minimum değerler ise Aralık ayından Ocak ayına kaymaktadır.

Ölçülen ve tahmin edilen değerler göz önünde bulundurulduğunda bazı iller için ölçülen maksimum-minimum değerlerle tahmin edilen maksimum-minimum değerler farklı yılların farklı aylarına denk gelebilmektedir. Örneğin Gaziantep ili için ölçülen maksimum GGI, 2000 yılının Haziran ayında 6,26kWh/m^2 iken tahmin edilen maksimum GGI, 2000 yılının Temmuz ayında 6,38kWh/m^2'dir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GGI 2001 yılın Aralık ayında 0,88kWh/m^2 iken tahmin edilen minimum GGI, 2001 yılının Ocak ayında 1,31kWh/m^2'dir. Şanlıurfa ili için ise şu sonuçlar eldeedilmiştir. Ölçülen maksimum GS, 2001 yılını Haziran ayında 12 saat 50 dakika iken tahmin edilen maksimum GS, 2002 yılının Temmuz ayında 12 saat 57 dakikadır. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GS 2004 yılı Ocak ayında 2 saat 12 dakika iken tahmin edilen minimum GS, 2003 yılının Aralık ayında 2 saat 50 dakikadır.



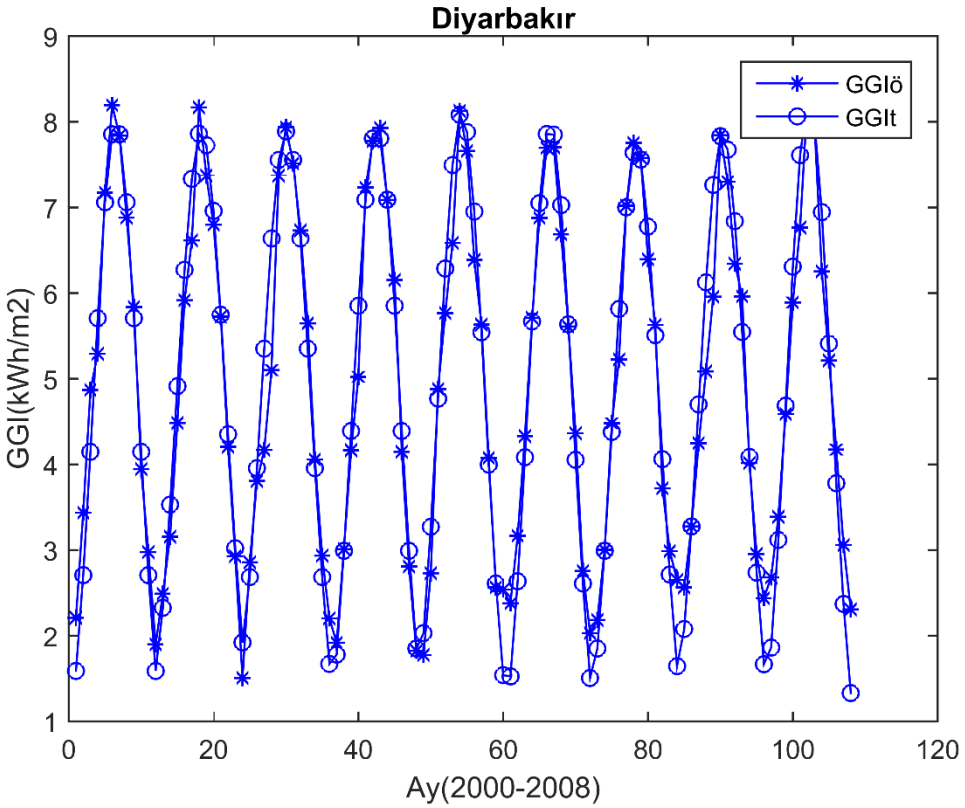
Şekil 4.1. Gaziantep ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI

Şekil 4.1.'de Gaziantep iline ait ölçülen ve tahmin edilen GGI gösterilmiştir. Gaziantep ili için tahmin yapılan 2000-2010 tarihleri arasındaki periyotta ölçülen maksimum GGI, 2000 yılını Haziran ayında 6,26kWh/m^2 iken tahmin edilen maksimum GGI, aynı yılın Temmuz ayında 6,38kWh/m^2'dir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GGI 2001 yılı Aralık ayında 0,88kWh/m^2 iken tahmin edilen minimum GGI, aynı yılın Ocak ayında 1,31kWh/m^2'dir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



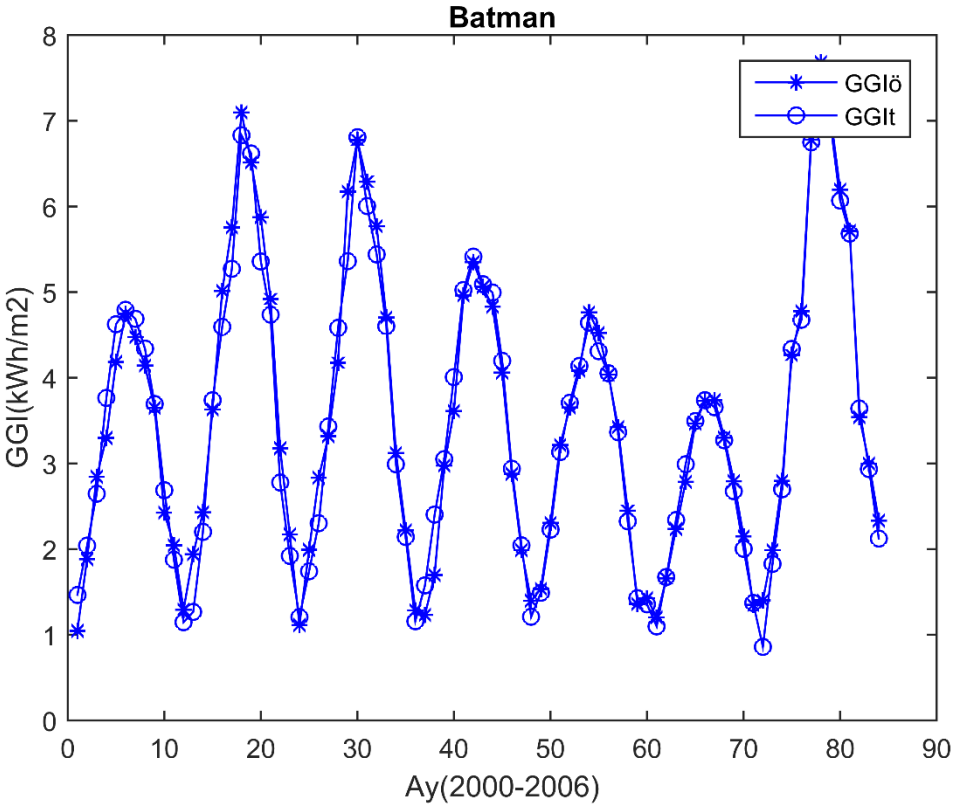
Şekil 4.2. Şanlıurfa ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI

Şekil 4.2.'de Şanlıurfa iline ait ölçülen ve tahmin edilen GGI gösterilmiştir. Şanlıurfa ili için tahmin yapılan 2000-2010 tarihleri arasındaki periyotta ölçülen maksimum GGI, 2001 yılı Haziran ayında 8,09kWh/m^2 iken tahmin edilen maksimum GGI, 2002 yılı Haziran ayında 8,18kWh/m^2'dir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GGI 2001 yılı Aralık ayında 1,43kWh/m^2 iken tahmin edilen minimum GGI, aynı yılın Aralık ayında 1,68kWh/m^2'dir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



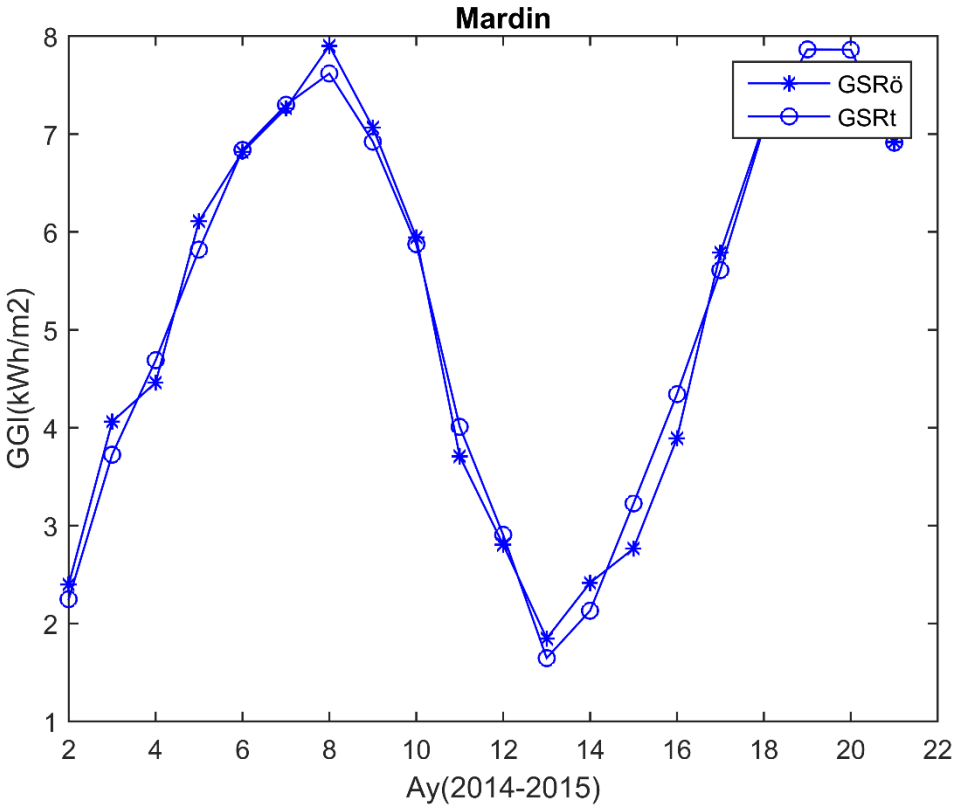
Şekil 4.3. Diyarbakır ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI

Şekil 4.3.'de Diyarbakır iline ait ölçülen ve tahmin edilen GGI gösterilmiştir. Diyarbakır ili için tahmin yapılan 2000-2008 tarihleri arasındaki periyotta ölçülen maksimum GGI, 2001 yılı Haziran ayında 8,24kWh/m^2 iken tahmin edilen maksimum GGI, 2002 yılı Haziran ayında 8,36kWh/m^2'dir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GGI 2001 yılı Aralık ayında 1,50kWh/m^2 iken tahmin edilen minimum GGI, aynı yılın Aralık ayında 1,48kWh/m^2 olarak hesaplanmıştır.(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



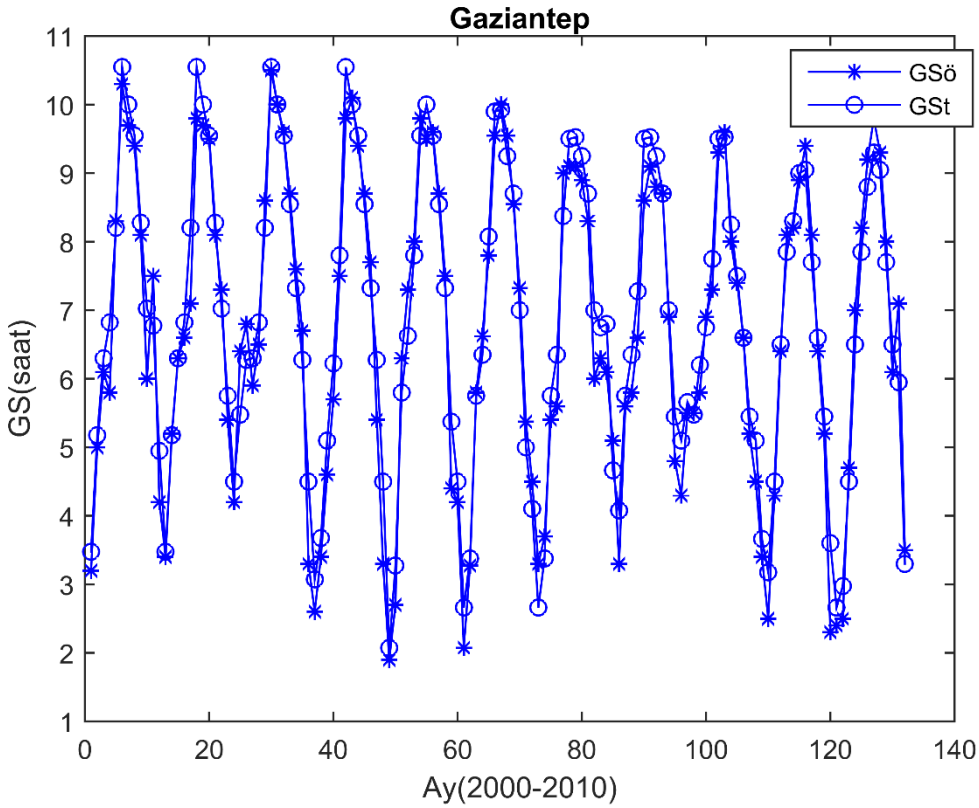
Şekil 4.4. Batman ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI

Şekil 4.4.'de Batman iline ait ölçülen ve tahmin edilen GGI gösterilmiştir. Batman ili için tahmin yapılan 2000-2006 tarihleri arasındaki periyota ölçülen maksimum GGI, 2006 yılı Haziran ayında 7,68kWh/m^2 iken tahmin edilen maksimum GGI, aynı yılın Haziran ayında 7,53kWh/m^2'dir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GGI 2000 yıl Ocak ayında 1,05kWh/m^2 iken tahmin edilen minimum GGI, 2005 yılı Aralık ayında 0,86kWh/m^2'dir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



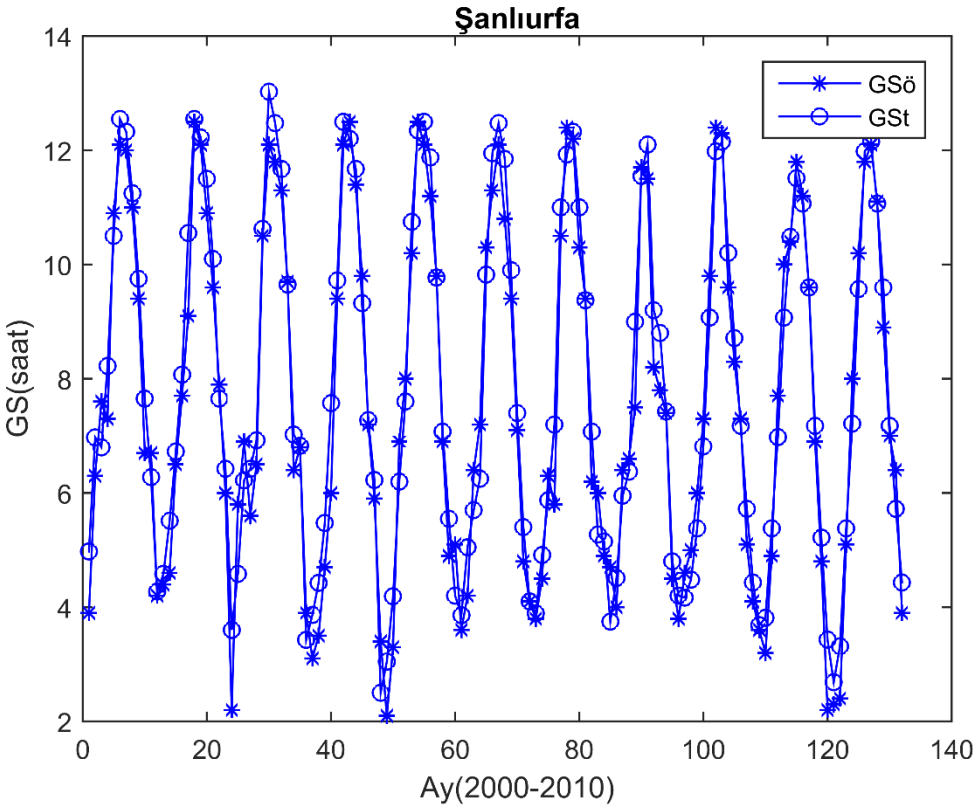
Şekil 4.5. Mardin ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI

Şekil 4.5.'de Mardin iline ait ölçülen ve tahmin edilen GGI gösterilmiştir. Mardin ili için tahmin yapılan 2014-2015 tarihleri arasındaki periyotta ölçülen maksimum GGI, 2014 yılı Haziran ayında 7,9kWh/m^2 iken tahmin edilen maksimum GGI, 2015 yılı Haziran ayında 7,86kWh/m^2'dir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GGI 2014 yıl Ocak ayında 1,85kWh/m^2 iken tahmin edilen minimum GGI, aynı yılın Aralık ayında 1,64kWh/m^2'dir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



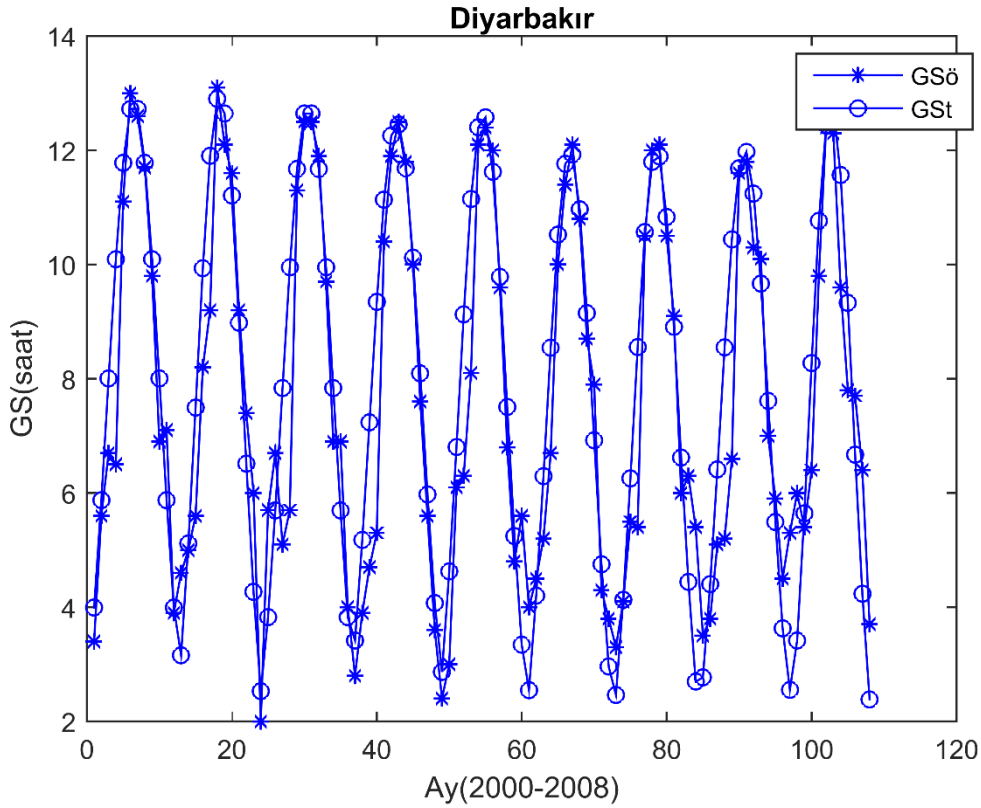
Şekil 4.6. Gaziantep ili için ölçülen ve tahmin edilen GS

Şekil 4.6.'de Gaziantep iline ait ölçülen ve tahmin edilen GS gösterilmiştir. Gaziantep ili için tahmin yapılan 2000-2010 tarihleri arasındaki periyottaölçülen maksimum GS, 2002 yılı Haziran ayında 10,50 saat iken tahmin edilen maksimum GS, 2000 yılı Haziran ayında 10,55 saattir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GS 2004 yılı Ocak ayında 1,90 saat iken tahmin edilen minimum GS, aynı yılın Aralık ayında 2,07 saattir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



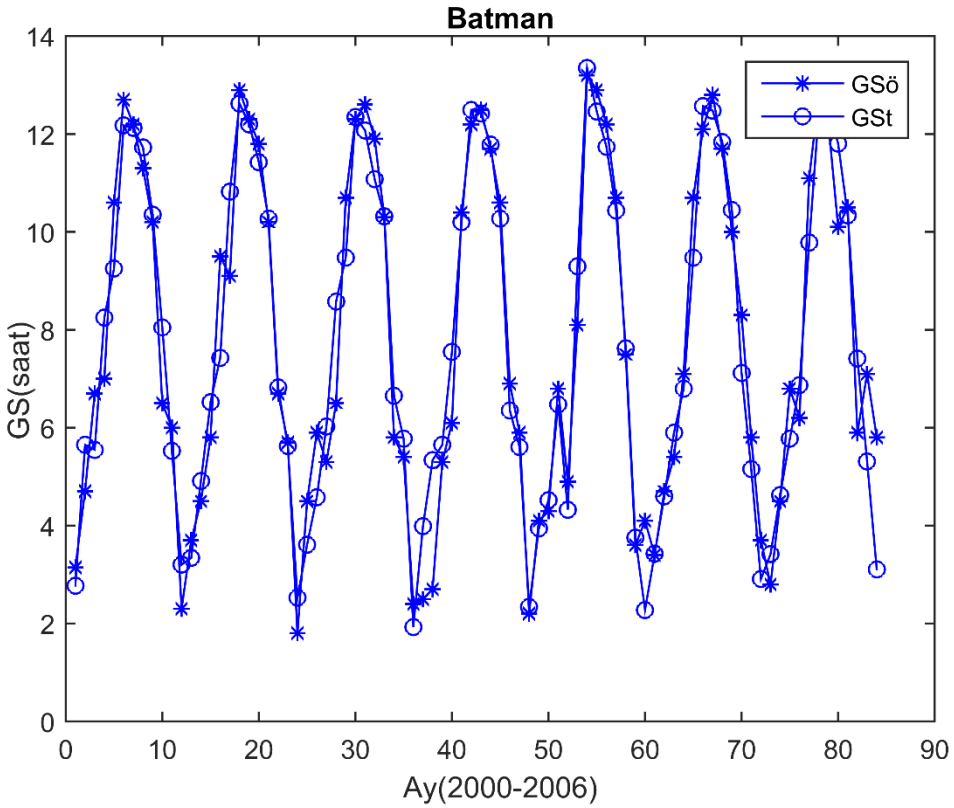
Şekil 4.7. Şanlıurfa ili için ölçülen ve tahmin edilen GS

Şekil 4.7.'de Şanlıurfa iline ait ölçülen ve tahmin edilen GS gösterilmiştir. Şanlıurfa ili için tahmin yapılan 2000-2010 tarihleri arasındaki periyottaölçülen maksimum GS, 2001 yılı Haziran ayında 12,50 saat iken tahmin edilen maksimum GS, 2002 yılı Temmuz ayında 12,57 saattir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GS 2004 yılı Ocak ayında 2,12 saat iken tahmin edilen minimum GS, 2003 yılı Aralık ayında 2,50 saattir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



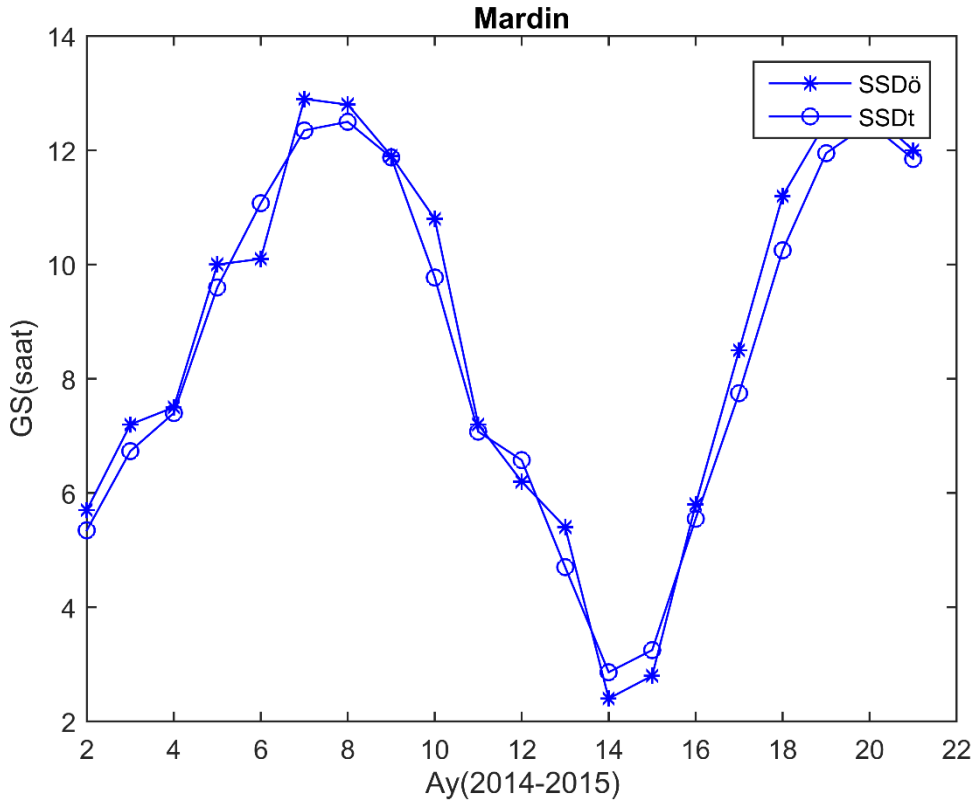
Şekil 4.8. Diyarbakır ili için ölçülen ve tahmin edilen GS

Şekil 4.8.'de Diyarbakır iline ait ölçülen ve tahmin edilen GS gösterilmiştir. Diyarbakır ili için tahmin yapılan 2000-2008 tarihleri arasındaki periyottaölçülen maksimum GS, 2001 yılı Haziran ayında 13,10 saat iken tahmin edilen maksimum GS, 2002 yılı Haziran ayında 13,03 saattir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GS 2001 yılı Ocak ayında 2 saat iken tahmin edilen minimum GS, 2004 yılı Aralık ayında 2,35 saattir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



Şekil 4.9. Batman ili için ölçülen ve tahmin edilen GS

Şekil 4.9.'de Batman iline ait ölçülen ve tahmin edilen GS gösterilmiştir. Batman ili için tahmin yapılan 2000-2006 tarihleri arasındaki periyottaölçülen maksimum GS, 2004 yılı Haziran ayında 13,20 saat iken tahmin edilen maksimum GS, aynı yılın Haziran ayında 13,43 saattir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GS 2000 yılı Aralık ayında 1,55 saat iken tahmin edilen minimum GS, 2002 yılı Aralık ayında 1,93 saattir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



Şekil 4.10. Mardin ili için ölçülen ve tahmin edilen GS

Şekil 4.10.'de Mardin iline ait ölçülen ve tahmin edilen GS gösterilmiştir. Mardin ili için tahmin yapılan 2014-2015 tarihleri arasındaki periyottaölçülen maksimum GS, 2014 yılı Haziran ayında 12,90 saat iken tahmin edilen maksimum GS, aynı yılın Temmuz ayında 12,50 saattir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GS 2014 yılı Ocak ayında 2,4 saat iken tahmin edilen minimum GS, 2015 yılı Ocak ayında 2,86 saattir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).

4.2. ÜHAO-GD ile yapılan tahminler

Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama bazlı Gaussian Dağılım (ÜAHO-GD) ile Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki 5 ili için Gaziantep ve Şanlıurfa için sekiz, Diyarbakır için altı, Batman için dört ve Mardin için iki yıllık global güneş ışınımı(GGI) ve güneşlenme süresi(GS) tahmini yapılmıştır. Her il için ayrı ayrı olarak ölçülen ve tahmin edilen global güneş ışınımı ve güneşlenme süreleri aynı grafik alanında çizilmiştir. Bunlara ek olarak her il için ayrı ayrı hem ölçülen, hem de tahmin edilen global ışınım ve güneşlenme sürelerinin analizi yapılmıştır. Yapılan analizde ölçülen illerin belirlenen periyotlarda hangi yılın hangi aylarında maksimum ve minimum global güneş ışınımı ve güneşlenme sürelerine sahip oldukları belirtilmiştir.

ÜAHO olduğu gibi ÜAHO-GD'de de 5 ilin ölçülen ve tahmin edilen verileri analiz edildiğindeçoğunlukla hem global güneş ışınımı hem de güneşlenme süresinin maksimum değerleri Haziran ayında görülürken, minimum değerler ise Aralık ayında görülmektedir. Bunla birlikte az olmakla beraber bazı yıllarda maksimum global güneş ışınımı ve güneşlenme süresi Haziran ayından Temmuz ayına kayarken, minimum değerler ise Aralık ayından Ocak ayına kaymaktadır.

ÜAHO-GD metodunda global güneş ışınımı ve güneşlenme süresine ait her il için hem GGI hem de GS olmak üzere ayrı ayrı Gaussian dağılım fonksiyonu çıkarılmıştır. Çıkarılan bu dağılım fonksiyonlarının A, μ, σ parametreleri çizelge 4.1. ve çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. ÜAHO-GD kullanılarak hesaplanan Guassian Model GGI katsayıları

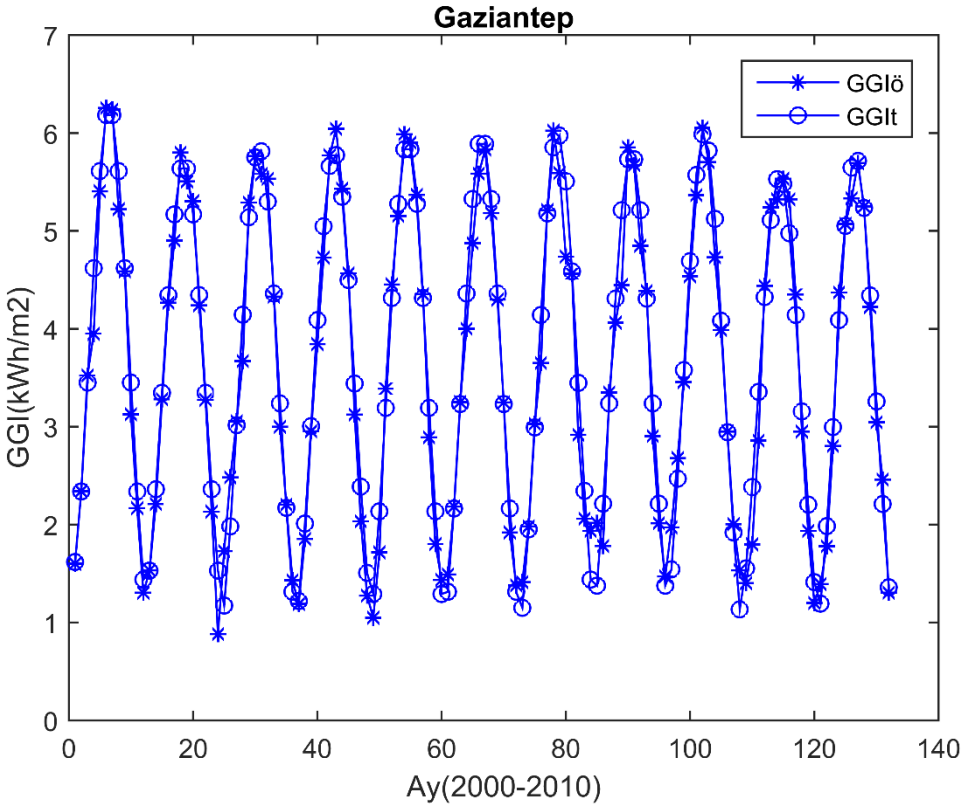
Years	Gaziantep			Şanlıurfa			Diyarbakır			Batman			Mardin		
	A	μ	σ	A	μ	σ	A	μ	σ	A	μ	σ	A	μ	σ
2000	*6,25*	*6,3*	*3,15*	*7,85*	*6,3*	*3,12*	*7,95*	*6,5*	*2,99*	*4,74*	*6,3*	*3,24*			
2001	*5,74*	*6,5*	*3,30*	*7,92*	*6,4*	*3,17*	*7,89*	*6,3*	*3,30*	*7,07*	*6,0*	*3,03*			
2002	*6,12*	*6,4*	*3,19*	*7,87*	*6,3*	*3,13*	*7,94*	*6,5*	*3,06*	*5,32*	*6,2*	*3,19*			
2003	*5,84*	*6,5*	*3,27*	*7,91*	*6,4*	*3,16*	*7,90*	*6,3*	*3,24*	*6,64*	*6,1*	*3,07*			
2004	*6,05*	*6,4*	*3,21*	*7,88*	*6,3*	*3,14*	*7,93*	*6,4*	*3,11*	*5,65*	*6,2*	*3,16*			
2005	*5,89*	*6,4*	*3,26*	*7,90*	*6,4*	*3,15*	*7,91*	*6,4*	*3,21*	*6,39*	*6,1*	*3,09*			
2006	*6,01*	*6,4*	*3,22*	*7,89*	*6,3*	*3,14*	*7,92*	*6,4*	*3,13*	*5,84*	*6,2*	*3,14*			
2007	*5,92*	*6,4*	*3,25*	*7,90*	*6,4*	*3,15*	*7,91*	*6,4*	*3,19*						
2008	*5,99*	*6,4*	*3,23*	*7,89*	*6,4*	*3,15*	*7,92*	*6,4*	*3,15*						
2009	*5,94*	*6,4*	*3,24*	*7,90*	*6,4*	*3,15*									
2010	*5,98*	*6,4*	*3,23*	*7,89*	*6,4*	*3,15*									
2014													*7,82*	*6,5*	*3,10*
2015													*7,62*	*6,3*	*3,17*

Çizelge 4.1.'de ÜAHO-GD kullanılarak global güneş ışınımı(GGI) için her ile ait yıllar için ayrı ayrı olarak çıkarılmıştır ve buna bağlı olarak elde edilen A, μ, σ parametreleri verilmiştir. Bu çizelgeden Gaziantep ili için sırasıyla ortalama A; μ; σ değerleri şu şekilde hesaplanmıştır: 5,97 ; 6,41 ; 3,55. Şanlıurfa ili için sırasıyla ortalama A; μ; σ değerleri şu şekilde hesaplanmıştır: 5,97 ; 6,41 ; 3,55. Diyarbakır ili için sırasıyla ortalama A; μ; σ değerleri şu şekilde hesaplanmıştır: 5,97 ; 6,41 ; 3,55. Batman ili için sırasıyla ortalama A; μ; σ değerleri şu şekilde hesaplanmıştır: 5,97 ; 6,41 ; 3,55. Mardin ili için sırasıyla ortalama A; μ; σ değerleri şu şekilde hesaplanmıştır: 5,97 ; 6,41 ; 3,55.

Çizelge 4.2. ÜAHO-GD kullanılarak hesaplanan Guassian Model GS katsayıları

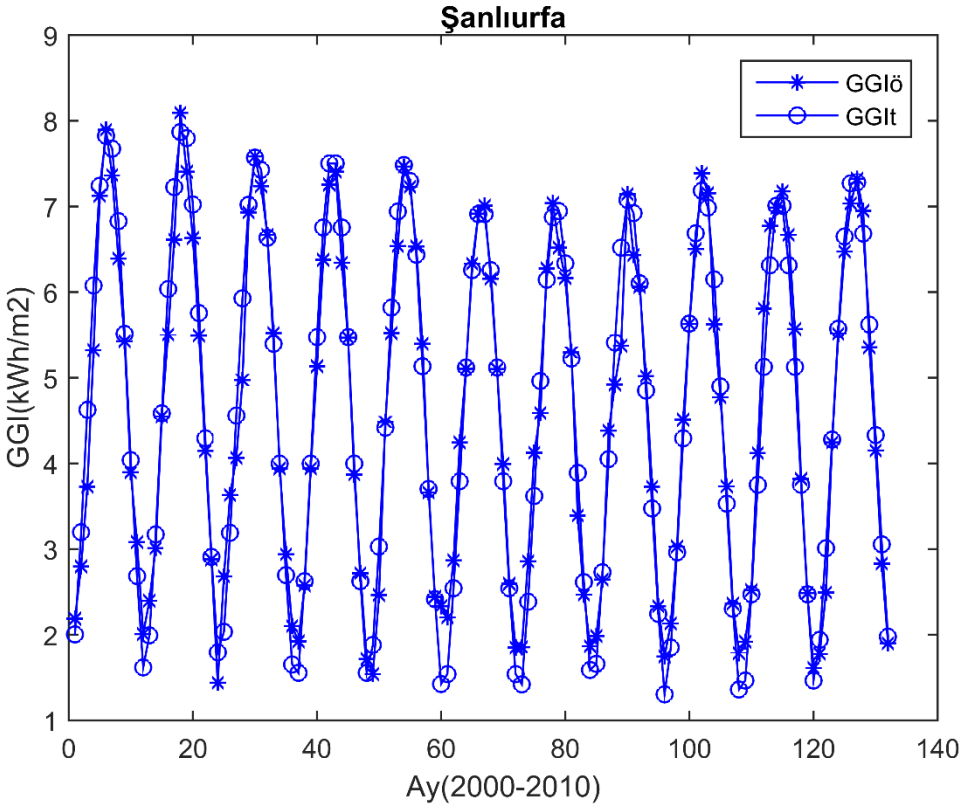
Years	Gaziantep			Şanlıurfa			Diyarbakır			Batman			Mardin		
	A	μ	σ	A	μ	σ	A	μ	σ	A	μ	σ	A	μ	σ
2000	*10,35*	*6,8*	*3,23*	*12,13*	*6,5*	*3,09*	*12,85*	*6,5*	*3,51*	*12,71*	*6,5*	*2,87*			
2001	*10,25*	*6,7*	*3,13*	*12,56*	*6,7*	*3,08*	*12,96*	*6,3*	*3,07*	*12,86*	*6,5*	*3,07*			
2002	*10,33*	*6,8*	*3,20*	*12,24*	*6,6*	*3,09*	*12,88*	*6,5*	*3,40*	*12,75*	*6,5*	*2,92*			
2003	*10,27*	*6,7*	*3,15*	*12,48*	*6,7*	*3,08*	*12,94*	*6,3*	*3,15*	*12,83*	*6,5*	*3,03*			
2004	*10,31*	*6,8*	*3,19*	*12,30*	*6,6*	*3,09*	*12,89*	*6,4*	*3,34*	*12,77*	*6,5*	*2,95*			
2005	*10,28*	*6,7*	*3,16*	*12,43*	*6,6*	*3,08*	*12,93*	*6,4*	*3,20*	*12,82*	*6,5*	*3,01*			
2006	*10,30*	*6,8*	*3,18*	*12,33*	*6,6*	*3,09*	*12,90*	*6,4*	*3,30*	*12,78*	*6,5*	*2,97*			
2007	*10,29*	*6,7*	*3,16*	*12,41*	*6,6*	*3,08*	*12,92*	*6,4*	*3,22*						
2008	*10,30*	*6,7*	*3,18*	*12,35*	*6,6*	*3,09*	*12,91*	*6,4*	*3,28*						
2009	*10,29*	*6,7*	*3,17*	*12,39*	*6,6*	*3,09*									
2010	*10,30*	*6,7*	*3,18*	*12,36*	*6,6*	*3,09*									
2014													*12,92*	*6,5*	*3,12*
2015													*12,82*	*6,4*	*2,91*

Çizelge 4.2.'de ÜAHO-GD kullanılarak güneşlenme(GS) için her ile ait yıllar için ayrı ayrı olarak çıkarılmıştır ve buna bağlı olarak elde edilen A, μ, σ parametreleri verilmiştir. Bu çizelgeden Gaziantep ili için sırasıyla ortalama A; μ; σ değerleri şu şekilde hesaplanmıştır: 5,97 ; 6,41 ; 3,55. Şanlıurfa ili için sırasıyla ortalama A; μ; σ değerleri şu şekilde hesaplanmıştır: 5,97 ; 6,41 ; 3,55. Diyarbakır ili için sırasıyla ortalama A; μ; σ değerleri şu şekilde hesaplanmıştır: 5,97 ; 6,41 ; 3,55. Batman ili için sırasıyla ortalama A; μ; σ değerleri şu şekilde hesaplanmıştır: 5,97 ; 6,41 ; 3,55. Mardin ili için sırasıyla ortalama A; μ; σ değerleri şu şekilde hesaplanmıştır:5,97 ; 6,41 ; 3,55.



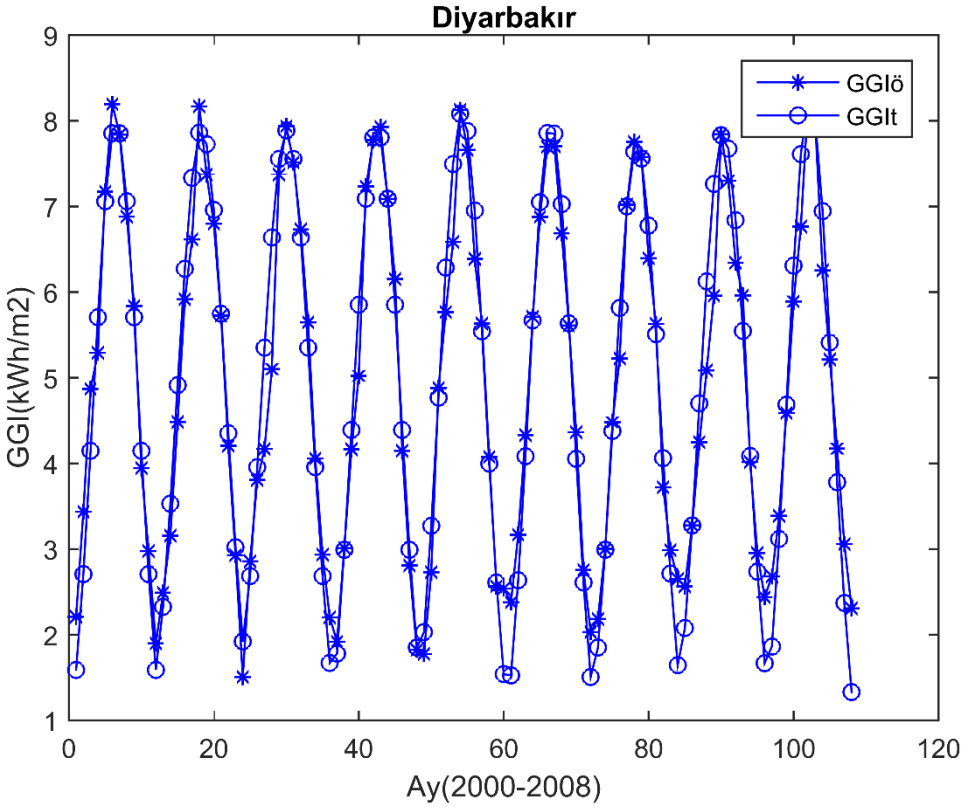
Şekil 4.11. Gaziantep ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI

Şekil 4.11.'de Gaziantep iline ait ölçülen ve tahmin edilen GGI gösterilmiştir. Gaziantep ili için tahmin yapılan 2000-2010 tarihleri arasındaki periyotta ölçülen maksimum GGI, 2000 yılı Haziran ayında 6,26kWh/m^2 iken tahmin edilen maksimum GGI, aynı yılın Temmuz ayında 6,18kWh/m^2'dir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GGI 2001 yılı Aralık ayında 0,88kWh/m^2 iken tahmin edilen minimum GGI, aynı yılın Aralık ayında 1,32kWh/m^2'dir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



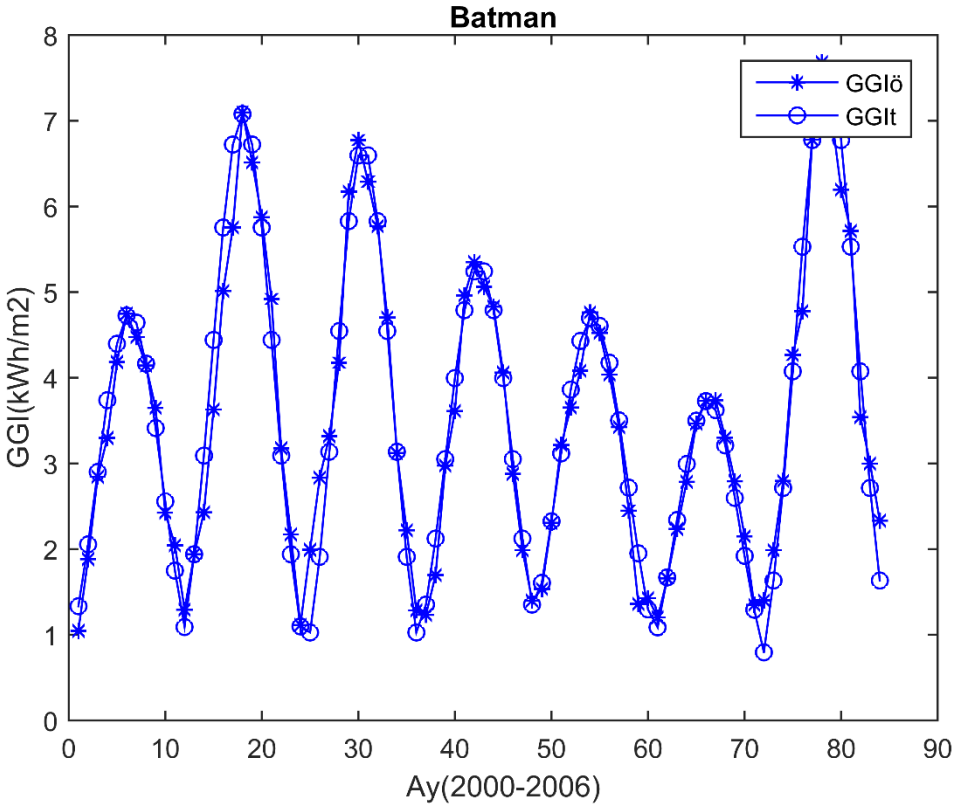
Şekil 4.12. Şanlıurfa ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI

Şekil 4.12.'de Şanlıurfa iline ait ölçülen ve tahmin edilen GGI gösterilmiştir. Şanlıurfa ili için tahmin yapılan 2000-2010 tarihleri arasındaki periyotta ölçülen maksimum GGI, 2001 yılı Haziran ayında 8,09kWh/m^2 iken tahmin edilen maksimum GGI, aynı yılın Haziran ayında 7,87kWh/m^2'dir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GGI 2001 yılıAralık ayında 1,43kWh/m^2 iken tahmin edilen minimum GGI, 2007 yılı Aralık ayında 1,31kWh/m^2'dir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



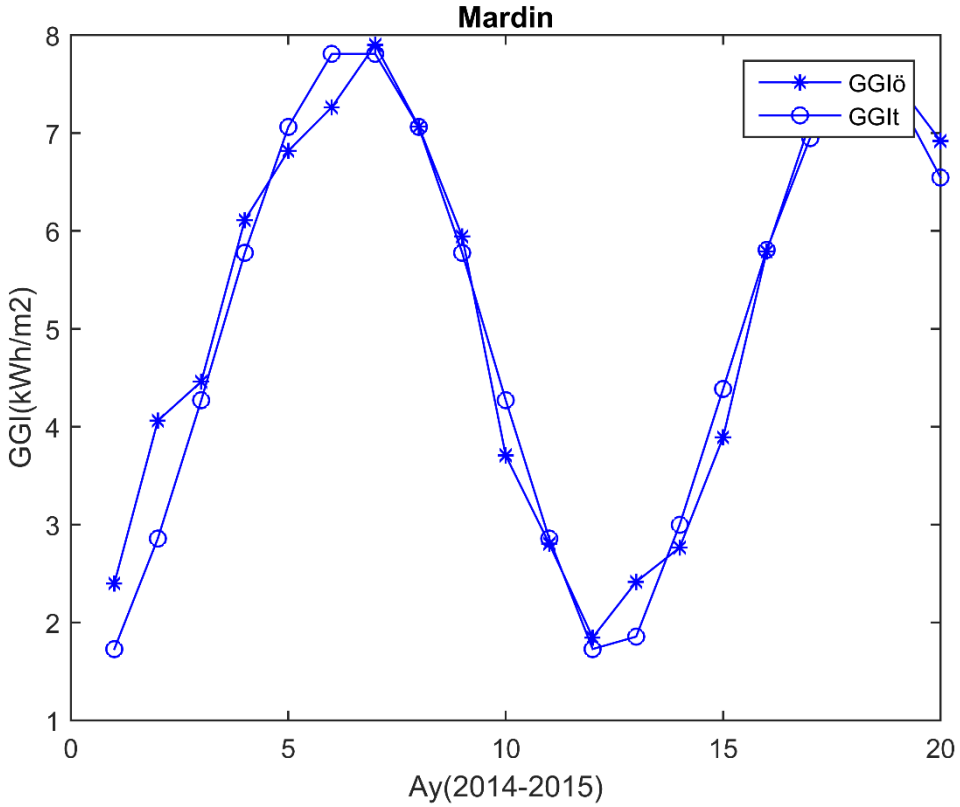
Şekil 4.13. Diyarbakır ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI

Şekil 4.13.'de Diyarbakır iline ait ölçülen ve tahmin edilen GGI gösterilmiştir. Diyarbakır ili için tahmin yapılan 2000-2008 tarihleri arasındaki periyotta ölçülen maksimum GGI, 2008 yılı Haziran ayında 8,24kWh/m^2 iken tahmin edilen maksimum GGI, aynı yılın Haziran ayında 8,22kWh/m^2'dir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GGI 2001 yılı Aralık ayında 1,50kWh/m^2 iken tahmin edilen minimum GGI, 2008 yılı Aralık ayında 1,33kWh/m^2'dir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



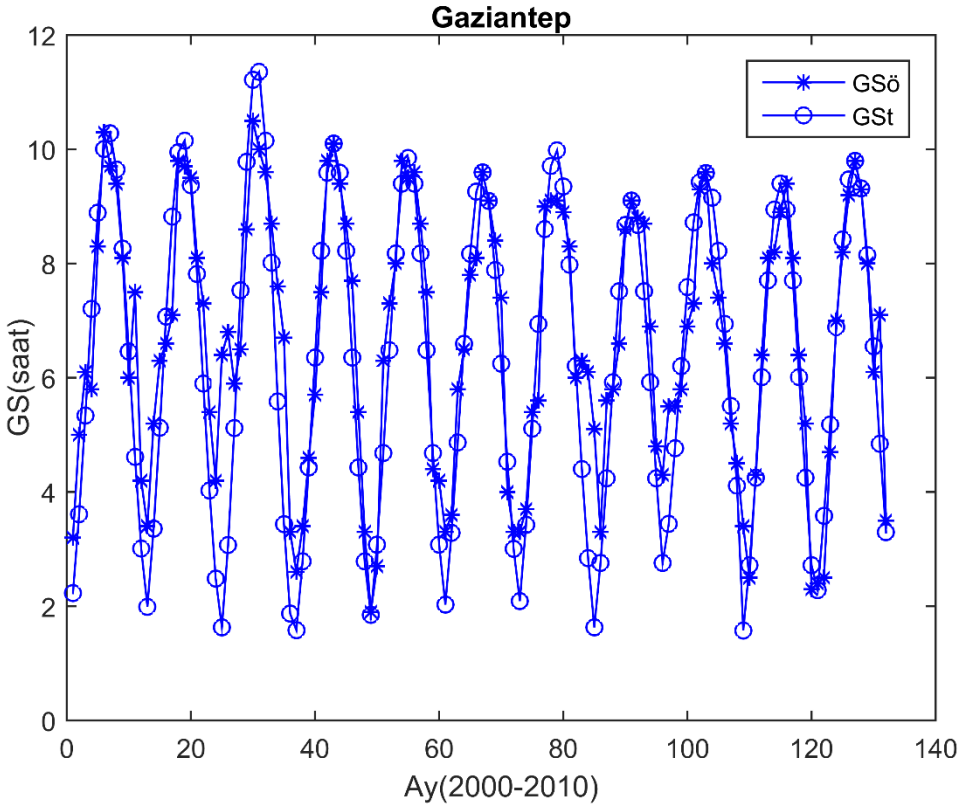
Şekil 4.14. Batman ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI

Şekil 4.14.'de Batman iline ait ölçülen ve tahmin edilen GGI gösterilmiştir. Batman ili için tahmin yapılan 2000-2006 tarihleri arasındaki periyotta ölçülen maksimum GGI, 2006 yılı Haziran ayında 7,68kWh/m^2 iken, tahmin edilen maksimum GGI, aynı yılın Haziran ayında 7,05kWh/m^2'dir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GGI 2000 yılı Ocak ayında 1,05kWh/m^2 iken tahmin edilen minimum GGI, 2006 yılı Ocak ayında 0,79kWh/m^2'dir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



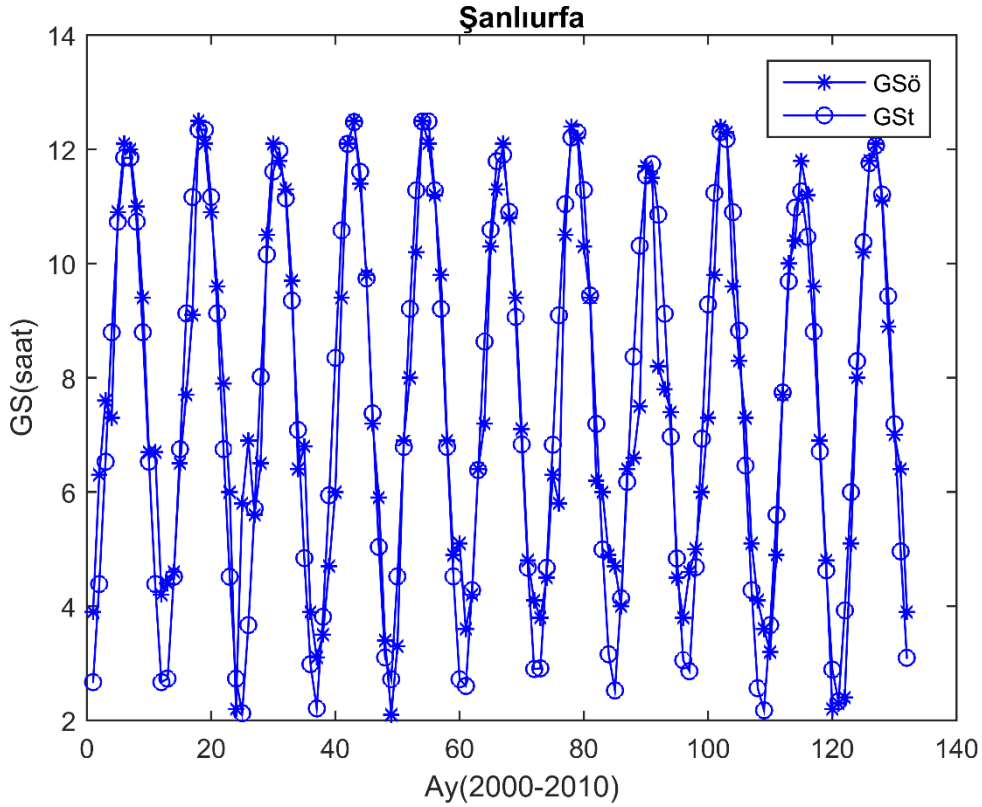
Şekil 4.15. Mardin ili için ölçülen ve tahmin edilen GGI

Şekil 4.15.'de Mardin iline ait ölçülen ve tahmin edilen GGI gösterilmiştir. Mardin ili için tahmin yapılan 2014-2015 tarihleri arasındaki periyotta ölçülen maksimum GGI, 2014 yılı Haziran ayında 7,90kWh/m^2 iken tahmin edilen maksimum GGI, aynı yılın Haziran ayında 7,80kWh/m^2'dir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GGI 2014 yılı Ocak ayında 1,85kWh/m^2 iken tahmin edilen minimum GGI, aynı yılın Ocak ayında 1,73kWh/m^2'dir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



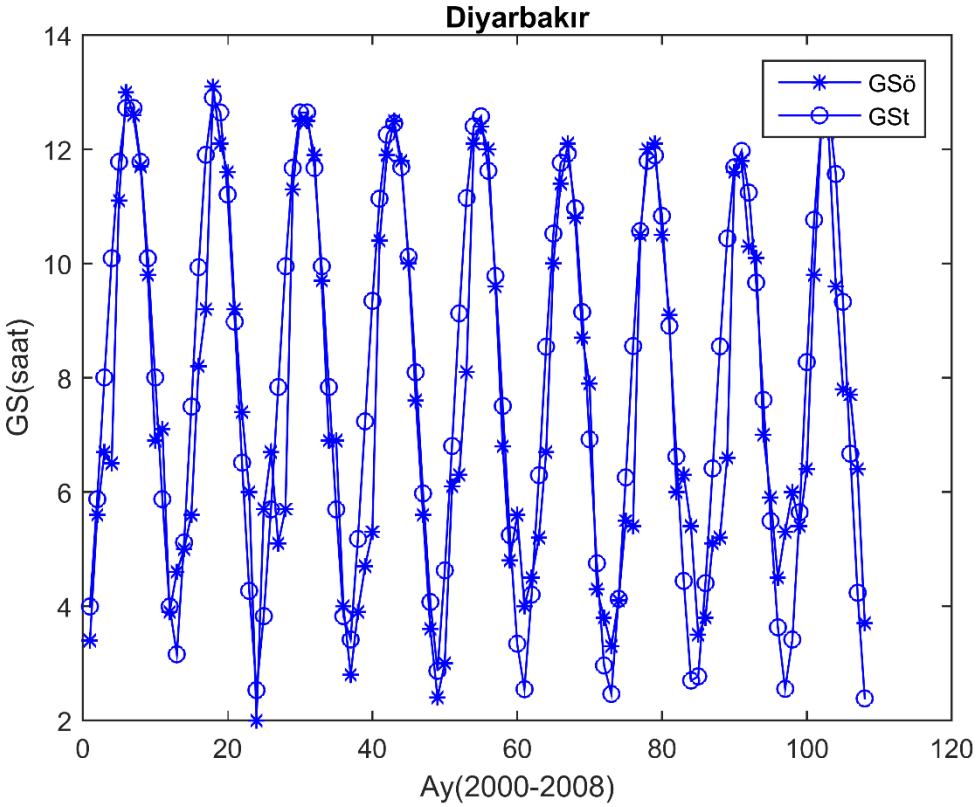
Şekil 4.16. Gaziantep ili için ölçülen ve tahmin edilen GS

Şekil 4.16.'de Gaziantep iline ait ölçülen ve tahmin edilen GS gösterilmiştir. Gaziantep ili için tahmin yapılan 2000-2010 tarihleri arasındaki periyottaölçülen maksimum GS, 2002 yılı Haziran ayında 10,50 saat iken tahmin edilen maksimum GS, aynı yılın Temmuz ayında 11,35 saattir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GS 2004 yılı Ocak ayında 1,9 saat iken tahmin edilen minimum GS, 2009 yılı Ocak ayında 1,57 saattir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



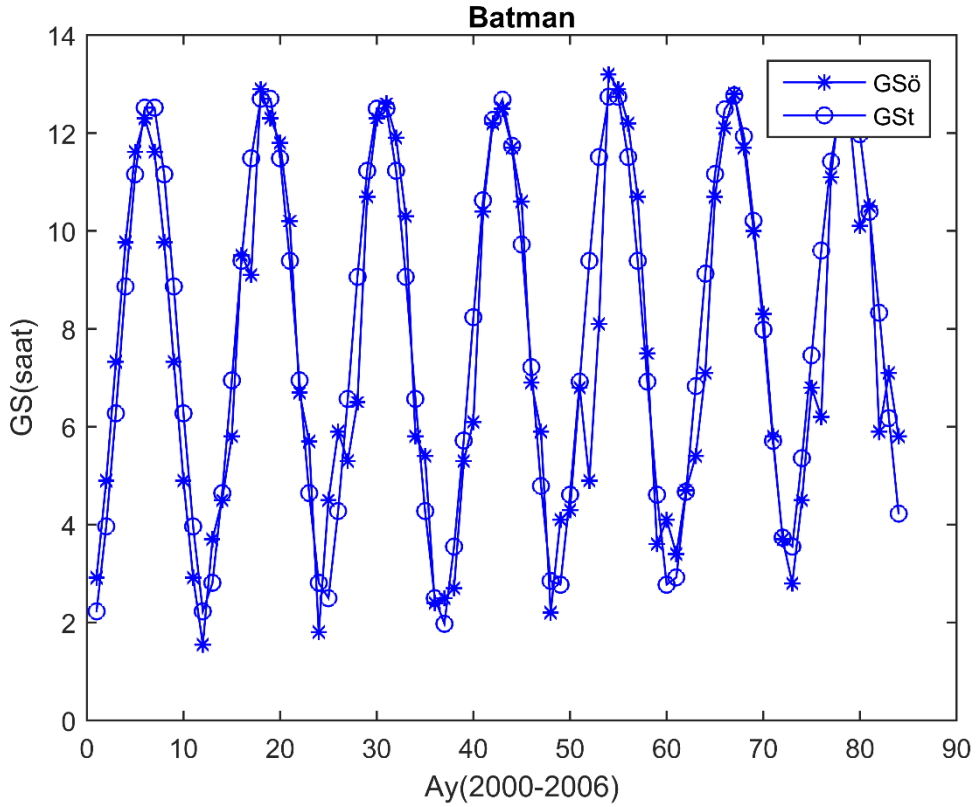
Şekil 4.17. Şanlıurfa ili için ölçülen ve tahmin edilen GS

Şekil 4.17.'de Şanlıurfa iline ait ölçülen ve tahmin edilen GS gösterilmiştir. Şanlıurfa ili için tahmin yapılan 2000-2010 tarihleri arasındaki periyottaölçülen maksimum GS, 2001 yılı Haziran ayında 12,50 saat iken tahmin edilen maksimum GS, 2004 yılı Haziran ayında 12,49 saattir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GS 2004 yılı Ocak ayında 2,1 saat iken tahmin edilen minimum GS, 2002 yılı Ocak ayında 2,12 saattir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



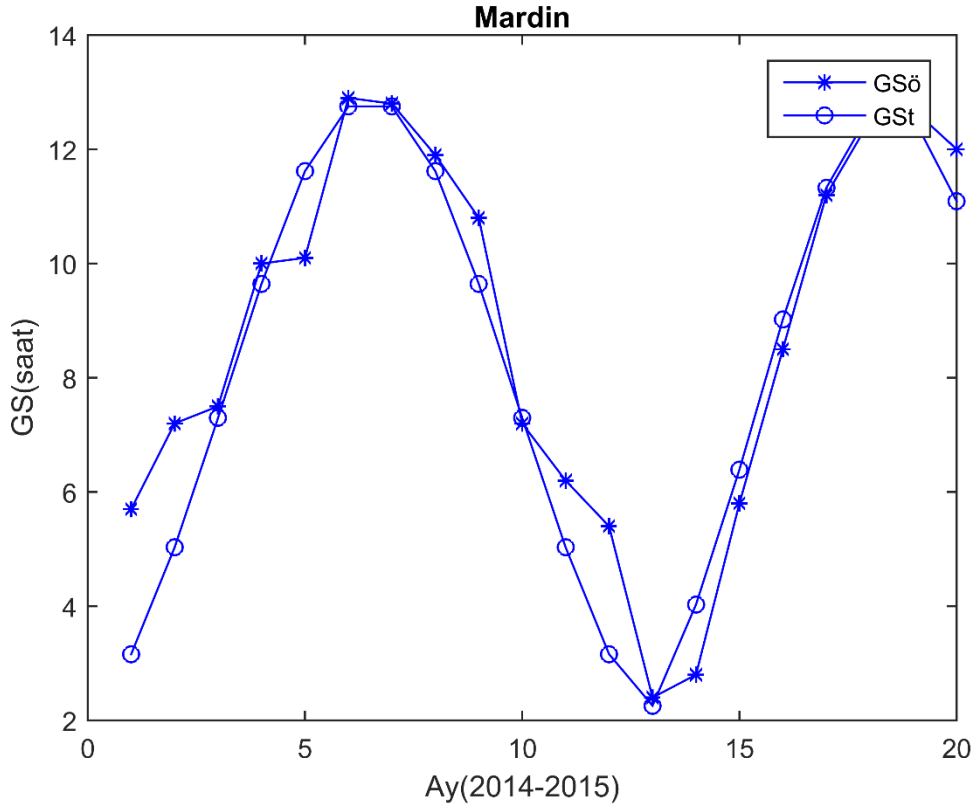
Şekil 4.18. Diyarbakır ili için ölçülen ve tahmin edilen GS

Şekil 4.18.'de Diyarbakır iline ait ölçülen ve tahmin edilen GS gösterilmiştir. Diyarbakır ili için tahmin yapılan 2000-2008 tarihleri arasındaki periyottaölçülen maksimum GS, 2001 yılı Haziran ayında 13,10 saat iken tahmin edilen maksimum GS, aynı yılın Haziran ayında 12,90 saattir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GS 2001 yılı Aralık ayında 2 saat iken tahmin edilen minimum GS, 2008 yılı Ocak ayında 2,38 saattir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



Şekil 4.19. Batman ili için ölçülen ve tahmin edilen GS

Şekil 4.19.'de Batman iline ait ölçülen ve tahmin edilen GS gösterilmiştir. Batman ili için tahmin yapılan 2000-2006 tarihleri arasındaki periyotaölçülen maksimum GS, 2004 yılı Haziran ayında 13,20 saat iken tahmin edilen maksimum GS, 2005 yılı Haziran ayında 12,76 saattir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GS 2000 yılı Aralık ayında 1,55 saat iken tahmin edilen minimum GS, 2003 yılı Ocak ayında 1,98 saattir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



Şekil 4.20. Mardin ili için ölçülen ve tahmin edilen GS

Şekil 4.20.'de Mardin iline ait ölçülen ve tahmin edilen GS gösterilmiştir. Mardin ili için tahmin yapılan 2014-2015 tarihleri arasındaki periyottaölçülen maksimum GS, 2014 yılı Haziran ayında 12,90 saat iken tahmin edilen maksimum GS, aynı yılın Haziran ayında 12,75 saattir. Aynı periyot aralığında ölçülen minimum GS 2014 yılı Aralık ayında 2,40 saat iken tahmin edilen minimum GS, 2015 yılı Ocak ayında 2,25 saattir(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).

4.3. ÜAHO ve ÜHAO-GD Yöntemlerinin karşılaştırılması

Bu Çalışmada ÜAHO ve ÜAHO-GD yöntemleri kullanılarak Güneydoğu Anadolu bölgesinin 5 ili Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır, Batman ve Mardin illeri için global güneş ışınımı(GGI) ve güneşlenme süresi(GS) tahmini yapılmıştır. Uygulanan bu yöntemlerin başarı oranı ise belirleme katsayısı (R^2) ve Ortalama Mutlak Yüzdelik Hata (OMYH) olmak üzere istatistiksel araçlar kullanılarak hesaplanmıştır.

ÜAHO yöntemi kullanılarak global güneş ışınımı(GGI) için yapılan tahminlerde R2 değerleri 5 il içinde 1'ye yakın hesaplanmıştır. Hesaplanan R^2 değerinin 1'ye yakın olması tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlere yakın olduğunu göstermektedir. Aynı yöntem kullanılarak bu iller için güneşlenme süresi(GS) tahmini de bulunmuştur. İller için yapılan güneşlenme süresi(GS) tahmini için hesaplanan R^2değeride 1 yakın olarak bulunulmuştur.

ÜAHO yönteminin başarı oranı sadece belirleme katsayısı olan R^2 ile değil aynı zamanda Ortalama Mutlak Yüzdelik Hata (OMYH) ile de test edilmiştir. Global güneş ışınımı (GGI) için hesaplanan OMYH değeri 0-10(kWh/m^2) arasındadır. OMYH değerinin belirtilen aralıkta olması yapılan tahmin doğruluk oranının mükemmel olduğunu göstermektedir. ÜAHO kullanılarak güneşlenme süresi için yapılan tahminlerin OMYH değerleri 0-10(kWh/m^2) olarak bulunmuştur. Bulunan bu değere dayanarak güneşlenme süresi için yapılan tahminin doğruluk oranı da mükemmeldir.

ÜAHO-GD yöntemi kullanılarak global güneş ışınımı(GGI) için yapılan tahminlerde R^2 değerleri 5 il içinde 1'ye yakın hesaplanmıştır. Hesaplanan R^2 değerinin 1'ye yakın olması tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlere yakın olduğunu göstermektedir. Aynı yöntem kullanılarak bu iller için güneşlenme süresi(GS) tahmini de bulunmuştur. İller için yapılan güneşlenme süresi(GS) tahmini için hesaplanan R^2değeride 1 yakın olarak bulunulmuştur.

ÜAHO-GD ile Global güneş ışınımı (GGI) için hesaplanan OMYH değeri 0-10(kWh/m^2) arasındadır. OMYH değerinin belirtilen aralıkta olması yapılan tahmin doğruluk oranının mükemmel olduğunu göstermektedir. ÜAHO-GD kullanılarak güneşlenme süresi(GS) için yapılan tahminlerin OMYH değerleri 0-10(kWh/m^2) aralığında bazı iller içinse bu değer 10-20(kWh/m^2) aralığında hesaplanmıştır. Bulunan bu değere dayanarak güneşlenme süresi için yapılan tahmini doğruluk oranının mükemmel ve iyi olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.3. ve çizelge 4.4.' de ise sırasıyla ÜAHO ve ÜAHO-GD yöntemleriyle hesaplanan R^2 ve OMYH değerleri her il için ayrı ayrı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.3.'de ÜAHO yöntemi kullanılarak 5 il için hesaplanan OMYH ve R2 değerleri hem GGI hem de GS için ayrı ayrı verilmiştir. Her il için hesaplanan R2 değeri 1'e yakın ve OMYH değeri ise 0-10(kWh/m2) arasındadır. Bu değerler belirlenen tarih aralıklarında her il için tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlere yakın olduğunu göstermektedir.

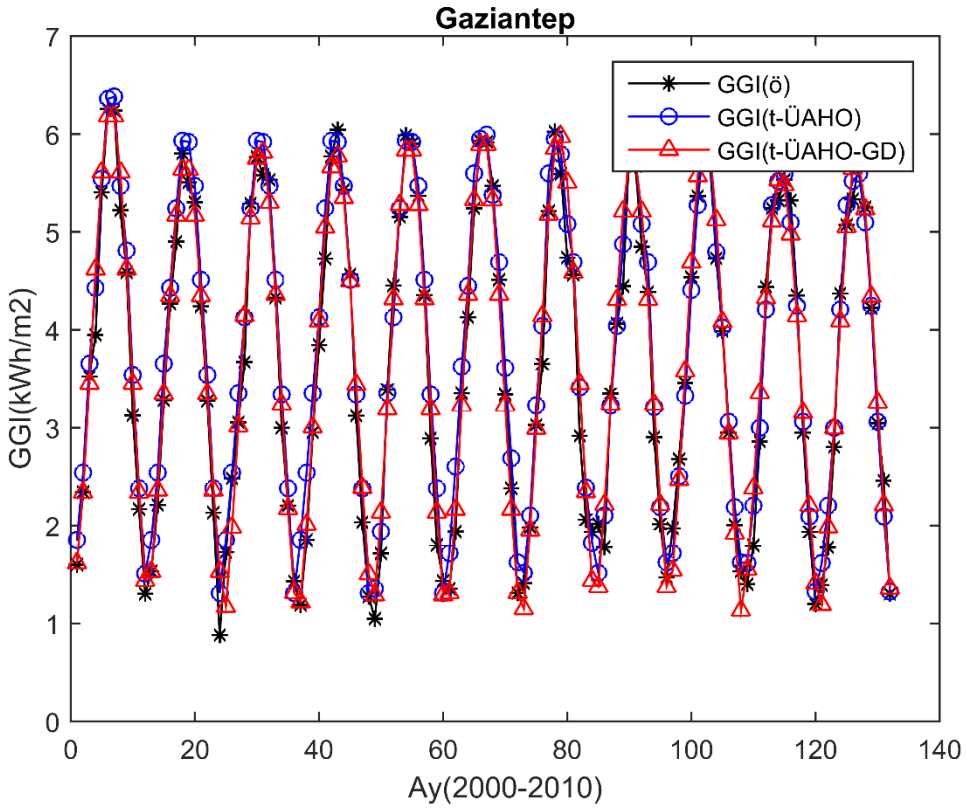
Çizelge 4.3. ÜAHO kullanılarak hesaplanan OMYH ve R^2 değerleri

Şehir	Tahmin edilen Yıllar	OMYH/GGI(kWh/m2-gün)	R^2/GGI	OMYH/GS(saat-gün)	R^2GS
Gaziantep	2000-2010	7,113	0,97	9,122	0,95
Şanlıurfa	2010-2010	7,569	0,96	6,427	0,948
Diyarbakır	2000-2008	6,663	0,968	7,459	0,935
Batman	2000-2006	4,78	0,958	6,689	0,939
Mardin	2014-2015	6,998	0,946	6,468	0,941

Çizelge 4.4.'de ÜAHO-GD yöntemi kullanılarak 5 il için hesaplanan OMYH ve R2 değerleri hem GGI hem de GS için ayrı ayrı verilmiştir. Her il için hesaplanan R2 değeri 1'e yakın ve OMYH değeri ise 0-10(kWh/m2) arasındadır. Bu değerler belirlenen tarih aralıklarında her il için tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlere yakın olduğunu göstermektedir.

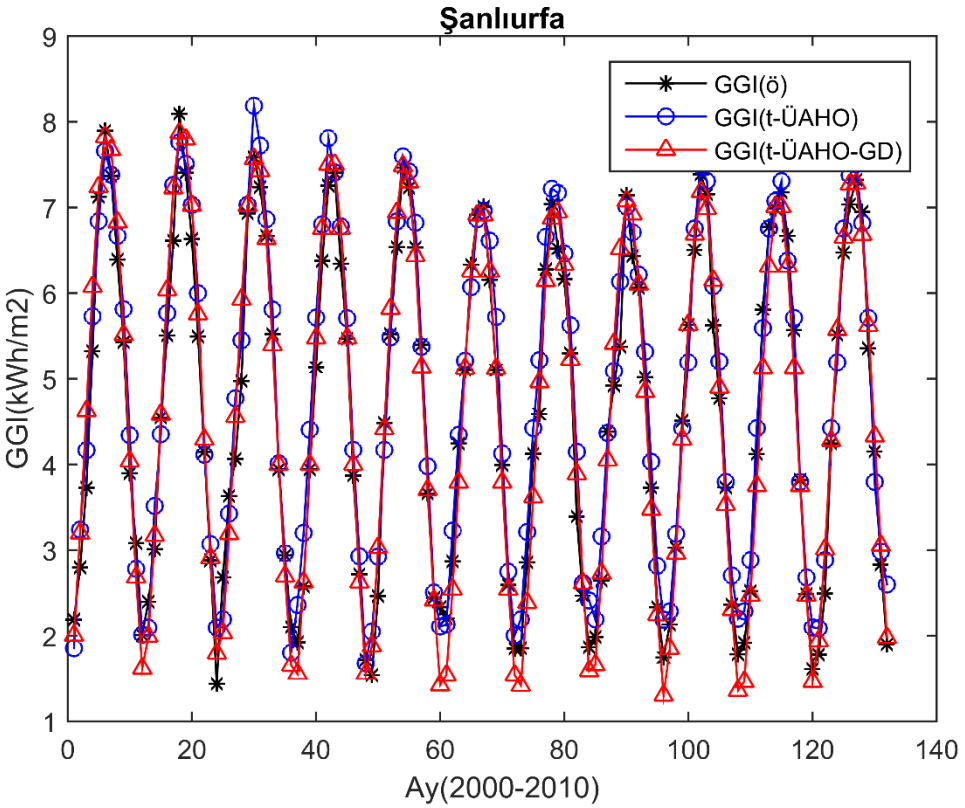
Çizelge 4.4. ÜAHO-GD kullanılarak hesaplanan OMYH ve R^2 değerleri

Şehir	Tahmin edilen Yıllar	OMYH/GGI(kWh/m2-gün)	R^2/GGI	OMYH/GS(saat-gün)	R^2GS
Gaziantep	2000-2010	7,834	0,952	9,661	0,937
Şanlıurfa	2010-2010	8,808	0,956	5,177	0,91
Diyarbakır	2000-2008	5,207	0,95	13,932	0,917
Batman	2000-2006	8,528	0,957	10,662	0,904
Mardin	2014-2015	6,912	0,939	7,811	0,929



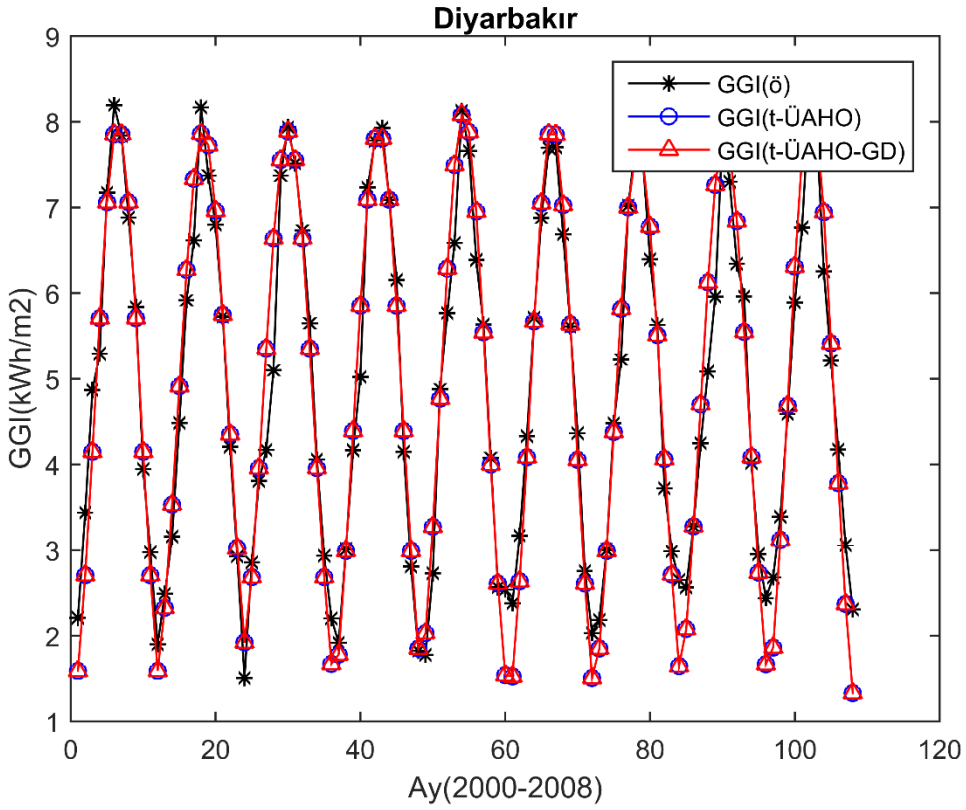
Şekil 4.21. Gaziantep ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilenGGI karşılaştırılması

Şekil 4.21.'de 2000-2010 yılları arasında Gaziantep ili için Global Güneş Işınım(GGI) için ölçülen ve ÜAHO, ÜAHO-GD ile yapılan tahminler gösterilmiştir. Yapılan analizlerde Gaziantep ili için ÜAHO için R^2: 0.97, ÜAHO-GD için R^2:0.95; ÜAHO için OMYH: 7.113, ÜAHO-GD için OMYH: 7.834 olarak hesaplanmıştır.



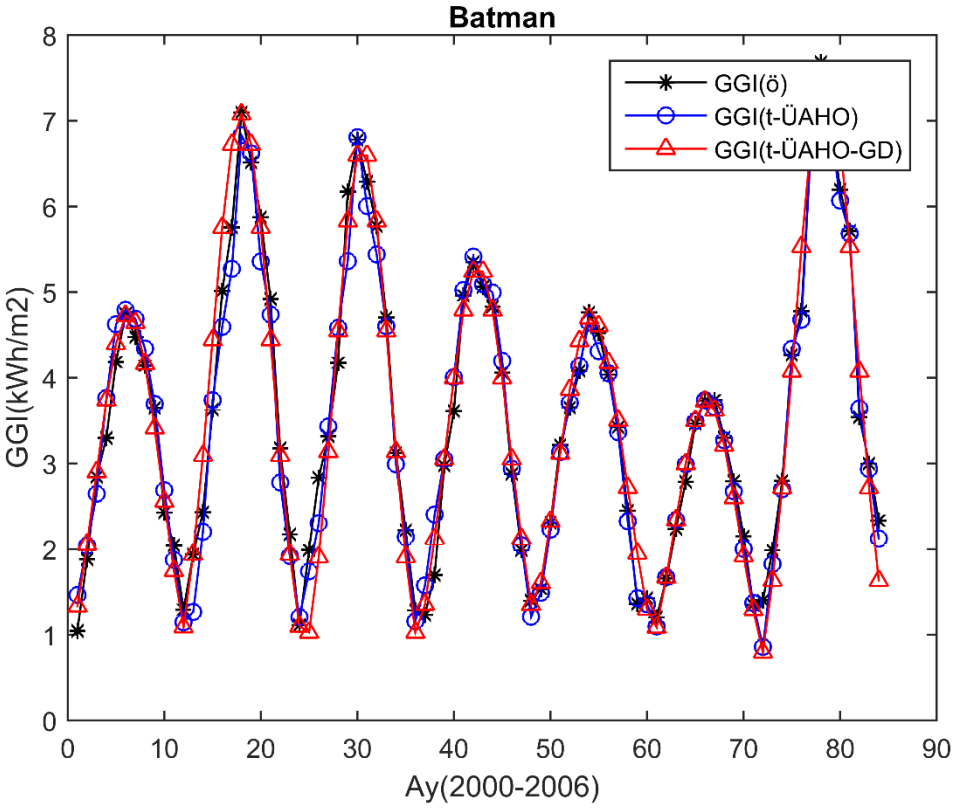
Şekil 4.22. Şanlıurfa ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilenGGI karşılaştırılması

Şekil 4.22.'de 2000-2010 yılları arasında Şanlıurfa ili için Global Güneş Işınım(GGI) için ölçülen ve ÜAHO, ÜAHO-GD ile yapılan tahminler gösterilmiştir. Yapılan analizlerde Şanlıurfa ili için ÜAHO için R^2: 0.96, ÜAHO-GD için R^2:0.96; ÜAHO için OMYH: 7.569, ÜAHO-GD için OMYH: 8,808 olarak hesaplanmıştır.



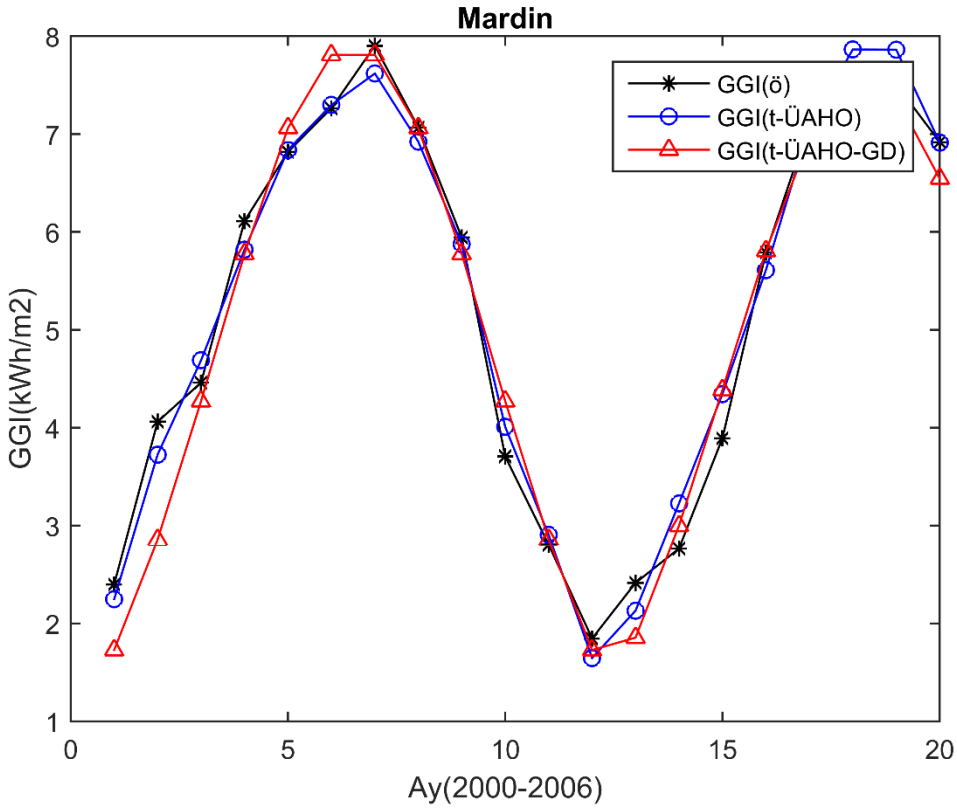
Şekil 4.23. Diyarbakır ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilenGGI karşılaştırılması

Şekil 4.23.'de 2000-2008 yılları arasında Diyarbakır ili için Global Güneş Işınım(GGI) için ölçülen ve ÜAHO, ÜAHO-GD ile yapılan tahminler gösterilmiştir. Yapılan analizlerde Diyarbakır ili için ÜAHO için R^2: 0.98, ÜAHO-GD için R^2:0.95; ÜAHO için OMYH: 6.663, ÜAHO-GD için OMYH: 5.207 olarak hesaplanmıştır.



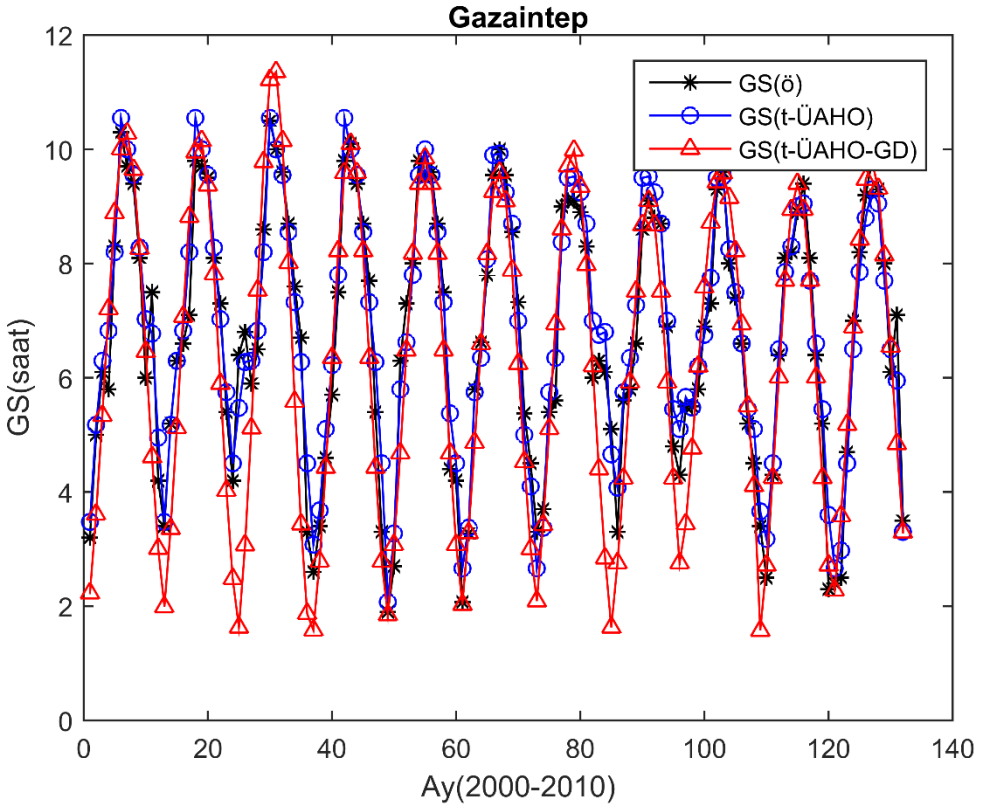
Şekil 4.24. Batman ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilenGGI karşılaştırılması

Şekil 4.24.'de 2000-2006 yılları arasında Batman ili için Global Güneş Işınım(GGI) için ölçülen ve ÜAHO, ÜAHO-GD ile yapılan tahminler gösterilmiştir. Yapılan analizlerde Batman ili için ÜAHO için R^2: 0.96, ÜAHO-GD için R^2:0.95; ÜAHO için OMYH: 4.783, ÜAHO-GD için OMYH: 8.528 olarak hesaplanmıştır.



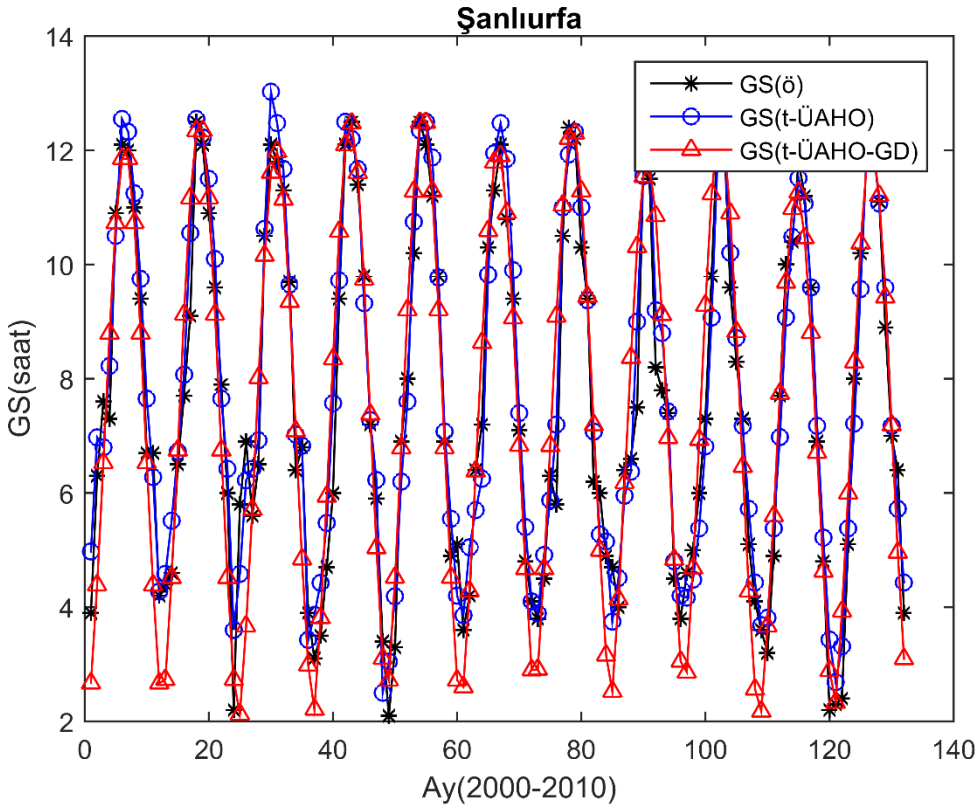
Şekil 4.25. Mardin ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilenGGI karşılaştırılması

Şekil 4.25.'de 2014-2015 yılları arasında Mardin ili için Global Güneş Işınım(GGI) için ölçülen ve ÜAHO, ÜAHO-GD ile yapılan tahminler gösterilmiştir. Yapılan analizlerde Mardin ili için ÜAHO için R^2: 0.94, ÜAHO-GD için R^2:0.93; ÜAHO için OMYH: 6.998, ÜAHO-GD için OMYH: 6.912 olarak hesaplanmıştır.



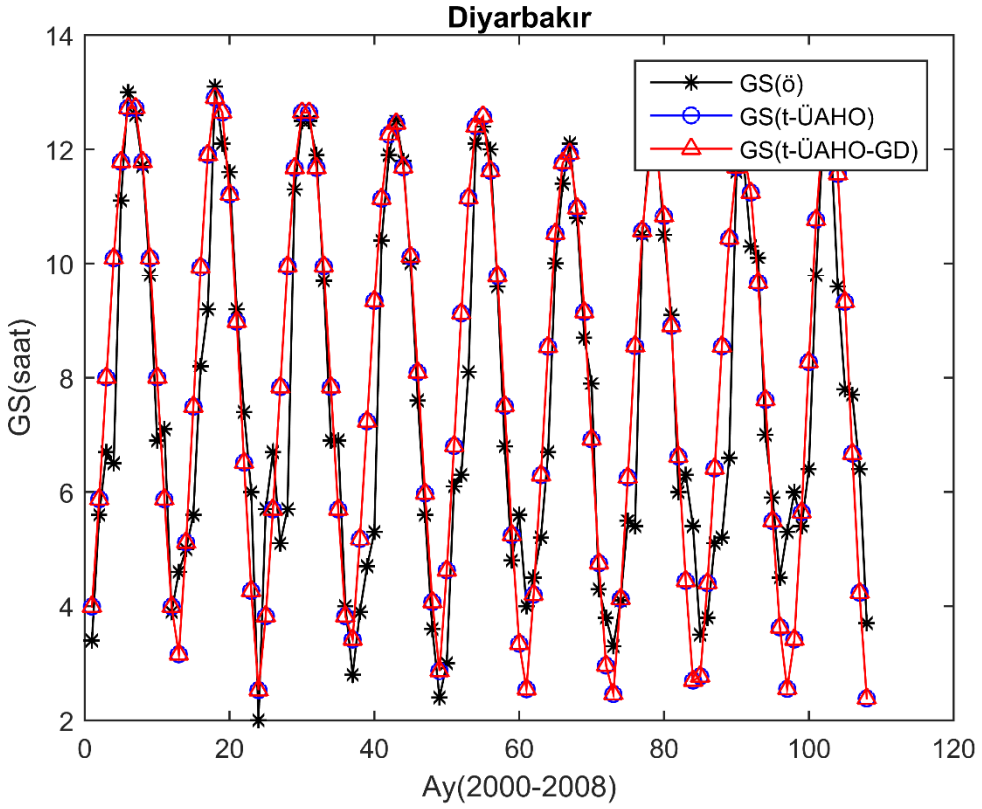
Şekil 4.26. Gaziantep ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilenGS karşılaştırılması

Şekil 4.26.'da 2000-2010 yılları arasında Gaziantep ili için Global Güneş Işınım(GGI) için ölçülen ve ÜAHO, ÜAHO-GD ile yapılan tahminler gösterilmiştir. Yapılan analizlerde Gaziantep ili için ÜAHO için R^2: 0.95, ÜAHO-GD için R^2:0.93; ÜAHO için OMYH: 9.122, ÜAHO-GD için OMYH: 9.661 olarak hesaplanmıştır.



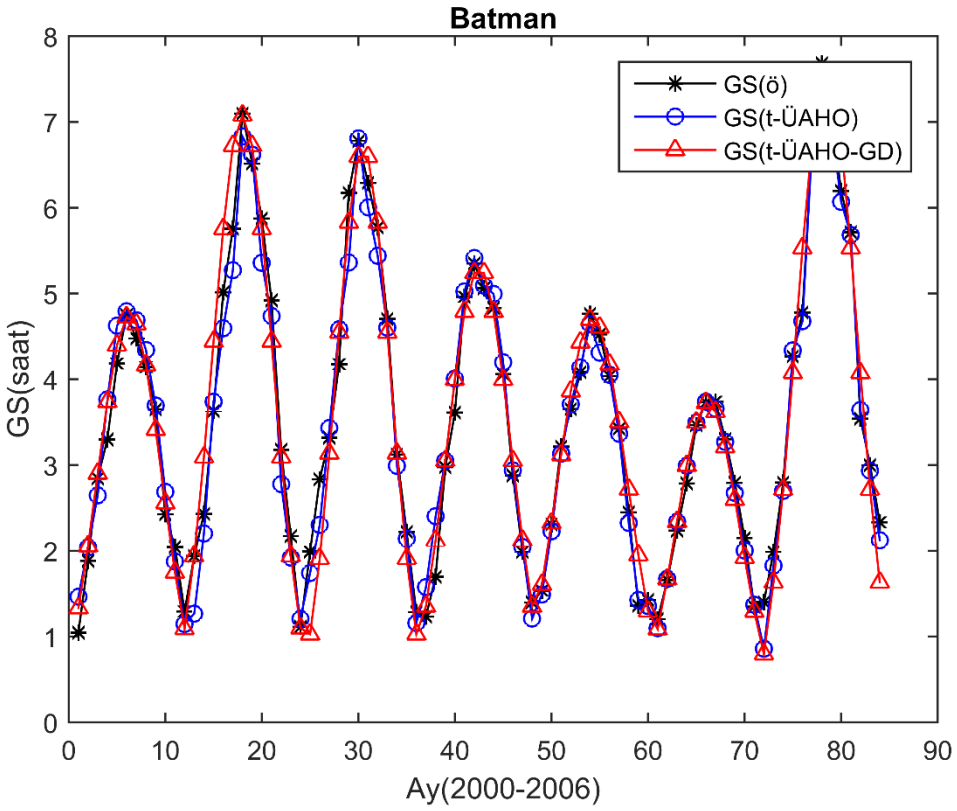
Şekil 4.27. Şanlıurfa ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilenGS karşılaştırılması

Şekil 4.27.'de 2000-2010 yılları arasında Şanlıurfa ili için Global Güneş Işınım(GGI) için ölçülen ve ÜAHO, ÜAHO-GD ile yapılan tahminler gösterilmiştir. Yapılan analizlerde Şanlıurfa ili için ÜAHO için R^2: 0.95, ÜAHO-GD için R^2:0.91; ÜAHO için OMYH: 6.427, ÜAHO-GD için OMYH: 5.177 olarak hesaplanmıştır.



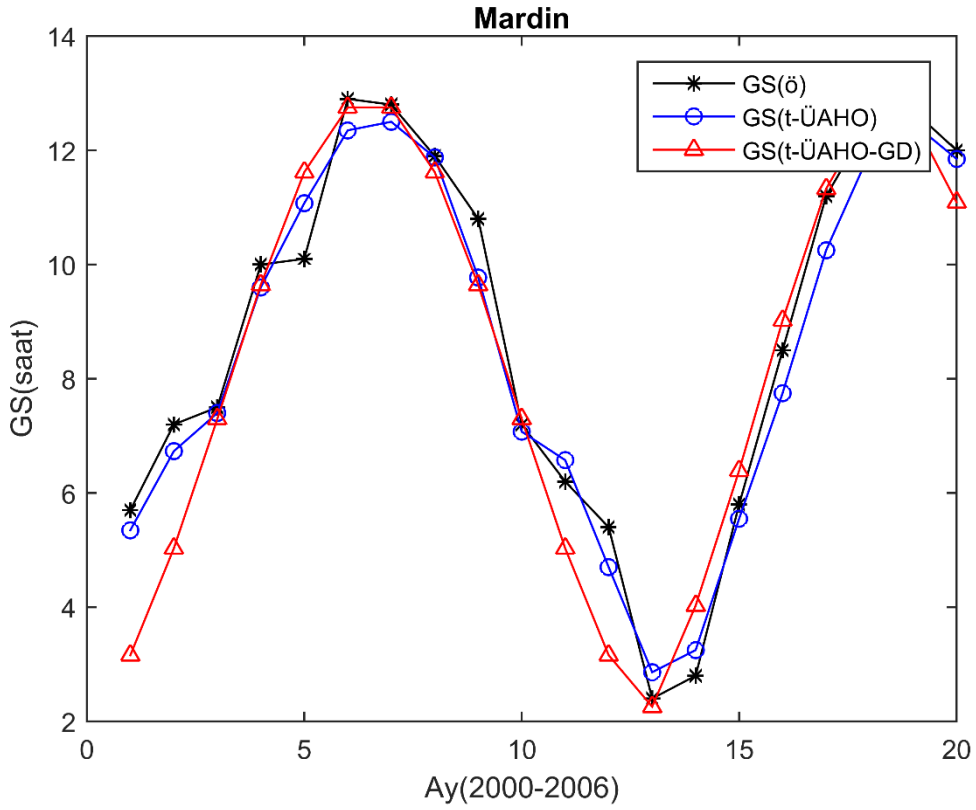
Şekil 4.28. Diyarbakır ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilenGS karşılaştırılması

Şekil 4.28.'de 2000-2008 yılları arasında Diyarbakır ili için Global Güneş Işınım(GGI) için ölçülen ve ÜAHO, ÜAHO-GD ile yapılan tahminler gösterilmiştir. Yapılan analizlerde Şanlıurfa ili için ÜAHO için R^2: 0.93, ÜAHO-GD için R^2:0.92; ÜAHO için OMYH: 7.459, ÜAHO-GD için OMYH: 13.932 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.29. Batman ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilenGS karşılaştırılması

Şekil 4.29.'da 2000-2006 yılları arasında Batman ili için Global Güneş Işınım(GGI) için ölçülen ve ÜAHO, ÜAHO-GD ile yapılan tahminler gösterilmiştir. Yapılan analizlerde Batman ili için ÜAHO için R^2: 0.94, ÜAHO-GD için R^2:0.90; ÜAHO için OMYH: 6.689, ÜAHO-GD için OMYH: 10.662 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.30. Mardin ili için ölçülen, ÜAHO ve ÜAHO-GD ile tahmin edilenGS karşılaştırılması

Şekil 4.30.'da 2014-2015 yılları arasında Mardin ili için Global Güneş Işınım(GGI) için ölçülen ve ÜAHO, ÜAHO-GD ile yapılan tahminler gösterilmiştir. Yapılan analizlerde Batman ili için ÜAHO için R^2: 0.94, ÜAHO-GD için R^2:0.93; ÜAHO için OMYH: 6.468, ÜAHO-GD için OMYH: 7.811 olarak hesaplanmıştır.

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

GGI ve GS solar parametrelerinin tahmini için kullanılanÜAHO ve ÜAHO-GD yöntemleri istatistiksel R^2 ve OMYH ile test edilmiştir. ÜAHO yöntemi ilk kez GGI ve GS tahmininde kullanılmıştır. ÜAHO-GD yöntemi ise GGI ve GS tahmini için bu tezde geliştirilmiştir. ÜAHO ve ÜAHO-GD tahmin yöntemleri yapılan test analizinde olumlu sonuçlar vermiştir. Bu bağlamda özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesinde MGM tarafından global güneş ışınımı ve güneşlenme süreleri verilerinin saklanılmadığı göz önüne alındığında geçmiş yıllara ait veriler üzerinden tahmin yaparak yeni veriler elde etmek önemli hale gelecektir. Bu yapılan tahminler ise gelecek yıllarda güneş enerji konusunda araştırma yatırım yapacak kişilere yol gösterici olacaktır.

Yapılan tahminler incelendiğinde global güneş ışınımı için en yakın tahmin sonuçları, ÜAHO yöntemi ile kullanılarak Batman ili için elde edilmiştir. Batman ile ait global güneş ışınımı için OMYH değeri 4,78(kWh/m^2-gün) elde edilmiştir; buna karşılık R^2 değeri ise 0,958 olarak elde edilmiştir.

Güneşlenme süresi için en yakın tahmin sonuçları, Şanlıurfa ili için ÜAHO yönteminde elde edilmiştir. Şanlıurfa iline ait güneşlenme süresi için OMYH değeri 6,427 elde edilmiştir; buna karşılık R^2 değeri ise 0,948 olarak elde edilmiştir.

Global güneş ışınımı için en uzak tahmin sonuçları ÜAHO-GD yöntemi kullanılarak Şanlıurfa ili için elde edilmiştir. Şanlıurfa ili için elde edilen OMYH değeri 8,808'dir; bu değere karşılık olarak R^2 değeri 0,956 olarak elde edilmiştir. En uzak tahmin sonucu olmasına rağmen OMYH açısından bu değer mükemmel bir tahmin değeri ifade etmektedir.

Güneşlenme süresi açısından incelendiği zaman en uzak tahmin sonucu Diyarbakır ili için elde edilmiştir. Diyarbakır ili için elde edilen OMYH ve R^2 sırasıyla 13,932 ve 0,917 olarak elde edilmiştir. Güneşlenme süresi için elde edilen değerler uzak tahmin olmasına rağmen, bu değerler OMYH açısından bakıldığında iyi bir tahmin değeri ifade etmektedir.

Elde edilen bulgular incelendiğinde ÜAHO yöntemi, ÜAHO-GD yönteminden daha iyi sonuçlar vermiştir. ÜAHO yönteminde en iyi OMYH değeri Batman ilinin Global güneş ışınımı için 4,78 olarak elde edilirken; ÜAHO-GD yönteminde en iyi OMYH değeri Diyarbakır ilinin Global güneş ışınımı için 5,207 elde edilmiştir. ÜAHO yönteminde en kötü OMYH değeri Gaziantep ilinin güneşlenme süresi için 9,12 olarak elde edilirken; ÜAHO-GD yönteminde en kötü OMYH değeri Diyarbakır ilinin güneşlenme süresi için 13,932 elde edilmiştir.

ÜAHO Yönteminde en iyi R^2 değeri Gaziantep ilinin Global güneş ışınımı için 0,976 olarak elde edilerke; en kötü R^2 değeri Diyarbakır ilin güneşlenme süresi için 0,935 olarak elde edilmiştir. ÜAHO-GD yönteminde en iyi R^2 değeri Batman ilinin

globalgüneşlenme süresi için 0,957 olarak elde edilirken; en kötü R^2 değeri Şanlıurfa ilinin güneşlenme süresi için 0,910 olarak elde edilmiştir.

Yapılan analizlerde tüm iller için hem ÜAHO hem de ÜAHO-GD yöntemi için R^2 değeri 0,9 üzerinde elde edilmiştir. OMYH açısından incelendiğinde ÜAHO-GD yönteminde Diyarbakır ve Batman illeri dışında her iki yöntemde tüm iller için OMYH değeri 10(kWh/m^2-gün)'nun altında elde edilmiştir. Diyarbakır ilinin güneşlenme süresi için ÜAHO-GD yönteminde 13,932 ve Batman ilinin güneşlenme süresi için ÜAHO-GD yönteminde 10,662 olarak elde edilmiştir.

Bu tezde Global güneş ışınımı tahmini için güneşlenme süresi parametresi kullanılmıştır. Bu konuda yapılacak tahmin çalışmalarında sıcaklık, bulutluluk oranı gibi diğer bazı parametreler de kullanılabilir. Tahmin çalışmalarında güneşlenme süresi, sıcaklık, bulutluluk oranı gibi parametreler tek tek kullanıldığı gibi bütün bu parametreler birlikte de kullanılıp tahmin çalışmaları yapılabilir. Ayrıca tahmin çalışmalarında hangi parametrenin daha iyi sonuç vereceğinin belirlendiği çalışmalarda yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

Yılmaz, M. 2013. Güneş Takip Sistemi ile Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Elde Etme Yöntemleri ve Optimum Verim Belirlenmesi. Doktora, Fen Bilimleri Enstitüsü, Marmara Üniversitesi, S, 1-65.

Kentli, F., Yılmaz, M. 2012. ObtainingThe Optimum EfficiencyElectricalEnergy Under DiyarbakirConditions Using Solar TrackingSystemInvolvingPv Panel. EnergyEducationScienceandTechnologyPart A.EnergyScienceandResearc, özel sayı, S, 613-620.

Cheremisinoff, P. N., Dickinson, W. C. 1980. Solar EnergyTechnologyHandbook, Part,AEngineering Fundamentals. 270 Madison Avenue, New York, S, 865.

Beckman, William A., Duffle, John A. 1991. Solar Engineering of ThermalProcesses. Second Edition. A Wiley-lnterscience Publication, JohnWiley&Sons, Inc, Canada, S, 888.

Bulut, H., Büyükalaca, O. 2003. Diyarbakır İli İçin Güneş Verilerinin Analizi Ve Tipik Güneş Işınım Değerlerinin Türetilmesi. TMMOB Makina Mühendisleri Odası III.GAP ve SANAYİ Kongresi, S, 36-43.

Bakirci, K.2009.Yatay Yüzeye Gelen Anlık Global Güneş Işınımın Tahmini İçin Basit Bir Hesaplama Metodu. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, cilt29(2), S, 53-58.

Bulut, H., Durmaz,A. F., Yesilata, B. 2006. Egik Yüzeye Gelen Günes Isınımı Degerlerinin Deneysel Olarak incelenmesi.I. Ulusal Günes Ve HdrojenEnerjsKongres21-23 Hazran 2006, Esogü, Esksehr, S, 97-106

Bulut, H., Büyükalaca, O., Yilmaz, T., Aktacir, A. 2002. GAP Bölgesi için Detaylı İklim Verileri. GAP IV. Mühendislik kongresi Bildiri kitabı, S, 45-54.

International EnergyAgency, 2015. World Energy Outlook Report, https://www.iea.org

BP, 2015. Statistical Review Report, http://www.bp.com

Enerji Bakanlığı, 2015. Dünya Enerji Görünümü Raporu, http://www.enerji.gov.tr

Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, 2015. www.eie.gov.tr/.../Turkiye_Ulusal_Yenilenebilir_Enerji_Eylem_Plani.PDF

Türkiye Elektrik Enerjisi İstatistikleri, 2016. EMO Raporu. http://www.emo.org.tr/ekler/13ca9bd1c43d071_ek.pdf

GEPA(İl Bazlı Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası), 2016. http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/gunes.aspx

Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Aksoy, B. 1999. Analysis of Changes in SunshineDuration Data for Ankara, Turkey. Theor. Appl. Climatol, cilt 64, S, 229–237.Lit

Yorukoglu, M. C. 2006. A criticalreview on theestimationof daily global solar radiationfromsunshineduration. EnergyConv. Mgmt., cilt 47, S, 2441–2450.lit

Yang, K., Koike T. 2006.Improvingestimation of hourly, daily, andmonthly solar radiationbyimporting global data sets. Agric. Forest. Meteorol., cilt 137, S, 43–55.Lit

Harrouni, S, Guessoum, A. 2006. New methodforestimatingthe time seriesfractaldimension:Applicationto solar irradiancessignals. Solar Energy: New researchBook. Nova SciencePublishers, New York, S, 277–307

Harrouni, S., Guessoum, A, Maafi, A. 2005.Classification of dailysolar irradiationbyfractionalanalysis of 10–min–means of solar irradiance. TheoreticalandAppliedClimatology, cilt80, S,27–36.

Zeng, X., Koehl, L., Vasseur, C. 2001. Design andimplementation of anestimator of fractaldimensionusingfuzzytechniques. PatternRecognition, cilt 34, S, 151–169.

Tomson, T.,Tamm, G. 2006.Short-termvariability of solar radiation. Solar Energy, cilt 80, S, 600–606.

Tovar, J.,Olmo, F., Batlles,J., Alados-Arboledas, L. 2001.Dependenceof one-minute global irradianceprobabilitydensitydistributions on hourlyirradiation. Energy, cilt 26, S, 659–668.

Wilks, D. 2006. Statistical methods in theAtmosphericSciences, International Geophysics Series, AcademicPress, USA, S, 67-74.

Woyte, A.,Belmans, R., Nijs, J. 2007.Fluctuations in instantaneousclearnessindex: Analysis andstatistics. Solar Energy, cilt 81, S, 195–206.

Ianetz, A.,Lyubansky, V., Evseev, E., Kudish, A. 2001.Regressionequationsfordeterminingthedailydiffuseradiation as a function of dailybeamradiation on a horizontalsurface in thesemiaridNegevregion of Israel. TheoreticalandAppliedClimatology, cilt 69, S, 213–220.

Ianetz, A. 2002.Clearnessindex in Jerusalem (in Hebrew). JudeaandSamariaResearchStudies, cilt11, S, 301–312.

Younes, S.,Muneer, T. 2007.Clear-skyclassificationproceduresandmodelsusing a world-widedata-base. AppliedEnergy, cilt 84, S, 623–645.

Aksoy, B. 1999. Analysis of Changes in SunshineDuration Data for Ankara, Turkey. Theor. Appl. Climatol., cilt 64, S, 229–237.

Aksoy, B. 1997.Variationsandtrends in global solar radiationforTurkey, Theor. Appl. Climatol.,cilt 58, S, 71–77.

Saylan, L., Süzen, O., Toros, H., Arısoy, A. 2002. Solar energypotentialforheatingandcoolingsystemsin bigcities of Turkey. Energy Conversion and Management, cilt 43, S, 1829–1837.

Süzen, Z. 2001.Angstr¨omequationparametersestimationbyunrestrictedmethod. Solar Energy, cilt71(2), S, 95–107.

Süzen, Z.,Oztopal, A., Sahin, A. 2001. Application of geneticalgorithmfordeterminationoffAngstr¨omequationcoefficients. Energy Conversion and Management, cilt 42, S, 217–231.

Süzen, Z., Şahin, A. 2001. Solar irradiationpolygonconceptandapplication in Turkey. Solar Energy, cilt68(1), S, 57–66.

Paulescu, M.,Schlett, Z. 2004. Performanceassessment of of global solar irradiationmodelsunderRomanianclimate. RenewEnergy, cilt 29, S,767–777.

Paulescu, M., Fara, L. 2005. On therelationshipbetween global solar radiationanddailymaximumand minimum airtemperature. UPB SciBull A, cilt 67, S, 41–50.

Paulescu, M., Fara, L., Tulcan-Paulescu, E. 2006.Modelsforobtainingdaily global solar irradiationfromairtemperature data. AtmosRes, cilt 79, S, 227–240.

Badescu, V. 1997.Verification of someverysimpleclearskyandcloudyskymodelstoevaluateglobal solar irradiance. Solar Energy, cilt 61, S, 251–264.

Badescu, V. 2001.Synthesis of short-term time-series of dailyaveragedsurfacepressure on Mars. EnvironmentalModelling& Software, cilt 16, S, 283–295.

Badescu, V. 2002. A newkind of cloudysky model tocomputeinstantaneousvalues of diffuseandglobal solar irradiance. TheorApplClimatol, cilt 72, S, 127–136.

Bakirci, K. 2015. Modelsfortheestimation of diffuse solar radiationfortypicalcities in Turkey. Energy, cilt 82, S, 827–838.

Duzen, H. Aydin, H. 2012. Sunshine-basedestimation of global solar radiation on horizontalsurface at Lake Van region (Turkey). Energy Conversion and Management, cilt 58, S, 35–46.

Güçlü, Y. 2015. HARmonic–LINear (HarLin) model for solar irradiationestimation. RenewableEnergy, cilt 81, S, 209–218.

Mulaudzi, S. 2013. Solar radiationanalysisandregressioncoefficientsfortheVhembeRegion , LimpopoProvince , South Africa, cilt 24(3), S, 3–8..

Ozgoren, M., Bilgili M., Sahin B. 2012. Estimation of global solar radiationusing ANN overTurkey. ExpertSystemswith Applications, cilt 39(5), S, 5043–5051.

Shamim, M.A. 2015. An improvedtechniqueforglobal solar radiationestimationusingnumericalweatherprediction. Journal of AtmosphericandSolar-TerrestrialPhysics, cilt 129, S; 13–22.

Yadav, A. Chandel, S. 2014. Solar radiationpredictionusingArtificialNeural Network techniques: A review. RenewableandSustainableEnergyReviews, cilt 33, S, 772–781.

Kentli, F. Yilmaz, M. 2015. Mathematical Modelling of Two-axisPhotovoltaicSystemwithImprovedEfficiency, ElektronikaIrElektrotechnika, cilt 21(4), S, 40-43.

John, B. 1995, Time-Series Analysis of ClimaticVariables, Solar Energycilt 55, S, 377–388.

Hunter, J. S. 1986. Theexponentiallyweightedmovingaverage.Journal of QualityTechnology, cilt 18(4), S, 203–210.

Gardner,E. S. 1985. Exponentialsmoothing:Thestate of the art.Journalof Forecasting, cilt 4(1), S, 1–28.

Holt,C. C. 2004. Forecastingseasonalsandtrendsbyexponentiallyweightedmovingaverages. International Journalof Forecasting, cilt 20(1), S, 5–10.

Hyndman,R. J.,Koehler,A. B.,Snyder,R. D. 2008.ForecastingwithExponentialSmoothing - TheState Space Approach. Berlin, Heidelberg, Germany: SpringerVerlag.

Brockwell, P.,Davis, R. A. 1996.Introductionto Time Series andForecasting.Springer-Verlag, New York, S, 203-214..

Lucas,J. M.,Saccucci, M. S. 1990. Exponentiallyweightedmovingaveragecontrolschemes: Propertiesandenhancements.Technometrics, cilt 32(1), S, 1–12.

Bowerman, B. L. O'Connell, R. T. 1979. Time Series Forecasting, DuxburyPress, Boston, S, 36-88.

Lewis, C. 1982 International andbusinessforecastingmethods, Butterworths, London, S, 254-268.

Smith, J. 2012. Statistical Analysis handbook, ChapmanandHall, theWinchelseapress, Winchelsea, S, 454-468.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı: Hibetullah KILIÇ

Doğum Yeri: Bingöl

Doğum Tarihi: 05.12.1985

Medeni Hali: Evli

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Bingöl Lisesi / 2004

Lisans: Gaziantep Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü /2009

Çalıştığı Kurumlar,Pozisyon ve Süre:

Dicle Üniversitesi, Diyarbakır Teknik Bilimler MYO:
Öğretim Görevlisi, Şubat 2015 - Halen

Huawei Technologies Co.,Ltd, Diyarbakır:

Regional Project Manager, Aralık 2012- Şubat 2015

Huawei Technologies Co., Ltd, Diyarbakır:

Regional Roll-Out Manager, Temmuz 2012- Aralık 2012

HuaweiTechnologies Co., Ltd, Ankara:

Optical Transmission Network Engineer, Şubat 2011-Temmuz 2012

Turkcell, Diyarbakır:

Transmisyon Mühendisi, Temmuz 2009-Şubat 2011