

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KONUMSAL ENTERPOLASYON YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASI:  
KARADENİZ BÖLGESİ GÜNLÜK ORTALAMA SICAKLIK VERİLERİ ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Harita Müh. Selma ZENGİN KAZANCI**

**MAYIS 2014  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KONUMSAL ENTERPOLASYON YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASI:  
KARADENİZ BÖLGESİ GÜNLÜK ORTALAMA SICAKLIK VERİLERİ ÖRNEĞİ**

**Harita Müh. Selma ZENGİN KAZANCI**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“HARİTA YÜKSEK MÜHENDİSİ”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09.05.2014**

**Tezin Savunma Tarihi : 30.05.2014**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI**

**Trabzon 2014**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Harita Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**Selma ZENGİN KAZANCI tarafından hazırlanan**

**KONUMSAL ENTERPOLASYON YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASI:  
KARADENİZ BÖLGESİ GÜNLÜK ORTALAMA SICAKLIK VERİLERİ ÖRNEĞİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 13/ 05/ 2014 gün ve 1553 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Mualla YALÇINKAYA .....**

**Üye : Prof. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU .....**

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI .....**

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**  
**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

“Konumsal Enterpolasyon Yöntemlerinin Uygulanması: Karadeniz Bölgesi Günlük Ortalama Sıcaklık Verileri Örneği” başlıklı çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında, Karadeniz Bölgesi meteoroloji istasyonları günlük ortalama sıcaklık verilerinin temin edilmesini sağlayan Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Meteoroloji Veri İşlem Dairesi Başkanlığına ve veri temini sırasında desteklerini esirgemeyen sayın harita yüksek mühendisi Mesut DEMİRCAN’ a teşekkür ederim.

Öncelikle çok değerli tez danışmanım, hocam değerli akademisyen Yrd. Doç. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI’ ya en derinden teşekkürlerimi sunarım. Sevgili hocamın, derin bilgisi, akademik duruşu, sonsuz sabrı ve desteği olmadan bu tez tamamlanamazdı. Kendisine gösterdiği hoşgörü, anlayış ve öğrettiği her yeni bir bilgi için daima minnettar kalacağım.

Değerleri vakitlerinden zaman ayırarak tezimi okuyan, jüri üyelerim Pof. Dr. Mualla YALÇINKAYA VE Prof. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU’ na en içten teşekkürlerimi sunar ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Akademisyen olmaya karar vermeme sağlayan, merhum Prof. Dr. Aslan DİLAVER hocama bir daha teşekkür ediyor ve kendisine Allah’tan rahmet diliyorum.

Tez döneminde yanımda olan manevi desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Sibel CANAZ SEVGEN, Arş. Gör. Nida ÇELİK ve diğer tüm mesai arkadaşlarım teşekkürlerimi sunarım.

Son ama en önemlisi olarak bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan aileme ve manevi desteğini her zaman hissettiğim sevgili eşim Erdem KAZANCI’ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Selma ZENGİN KAZANCI

Trabzon 2014

## TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmış olan bu çalışmayı “*Konumsal Enterpolasyon Yöntemlerinin Uygulanması: Karadeniz Bölgesi Günlük Ortalama Sıcaklık Verileri Örneği*” Yrd. Doç. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI’nın sorumluluğunda tamamladığımı, analizleri kendim yaptığımı, kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 09/05/2014

Selma ZENGİN KAZANCI

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VIII
SUMMARY.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XVIII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Problemin Tanımı.....	3
1.3. Çalışmanın Amacı.....	4
1.4. Literatür Taraması.....	5
1.5. Metodoloji.....	11
1.6. Konumsal Enterpolasyon Yöntemleri.....	12
1.6.1. Jeostatiksel Olmayan Enterpolasyon Yöntemleri.....	13
1.6.1.1. Ters Mesafe Ağırlıklı Yöntem (IDW-Inverse Distance Weighted).....	13
1.6.1.1.1. Shepard Yöntemi.....	14
1.6.1.1.1.1. Orijinal Shepard Yöntemi.....	14
1.6.1.1.1.2. Geliştirilmiş Shepard Yöntemi.....	15
1.6.1.2. Lapse Rate (LR).....	16
1.6.1.3. Regresyon Analizi.....	17
1.6.1.3.1. Basit Doğrusal Regresyon Analizi.....	17
1.6.1.3.2. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi.....	20
1.6.1.3.3. Regresyon Modelinin Uygunluğunun ve Regresyon Katsayılarının Anlamlılığının Hipotez Testleri İle Testi.....	22
1.6.1.3.4. Regresyon Katsayılarının Belirleyicilik Katsayısı İle Anlamlılığının Testi.....	25
1.6.2. Birleşik Enterpolasyon Yöntemleri.....	26

1.6.2.1.	Birleştirilmiş Basit Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi .....	26
1.6.2.2.	Birleştirilmiş Çoklu Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi .....	27
1.6.2.3.	Birleştirilmiş Lapse Rate ve IDW Yöntemi.....	28
1.6.3.	Jeoistatiksel Enterpolasyon Yöntemleri .....	28
1.6.3.1.	Semivaryans.....	31
1.6.3.2.	Variogram .....	35
1.6.3.3.	Basit Doğrusal Variogram Modeli .....	38
1.6.3.4.	Kriging Yöntemi.....	38
1.6.3.4.1.	Ordinary Kriging .....	40
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	43
2.1.	Çalışma Alanı .....	43
2.2.	Kullanılan Veriler .....	45
2.3.	Çalışma Bölgesinde Uygulanan Konumsal Enterpolasyon Yöntemleri.....	51
2.3.1.	IDW Yöntemi Uygulaması.....	51
2.3.1.1.	Farklı Güç Parametresi Seçimin IDW Sonuçlarına Etkisi.....	57
2.3.1.2.	Dayanak Noktalarının Konumunun ve Sayısının IDW Sonuçlarına Etkisi.....	58
2.3.1.3.	IDW Yöntemi Uygulama Sonuçları .....	59
2.3.2.	Basit Doğrusal Regresyon Yöntemi Uygulaması.....	91
2.3.3.	Birleştirilmiş Basit Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi Uygulaması.....	108
2.3.4.	Çoklu Doğrusal Regresyon Yöntemi Uygulaması .....	113
2.3.5.	Birleştirilmiş Çoklu Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi Uygulaması ....	131
2.3.6.	Lapse Rate Yöntemi Uygulaması .....	138
2.3.7.	Birleştirilmiş Lapse Rate ve IDW Yöntemi Uygulaması .....	143
2.3.8.	Kriging Yöntemi Uygulaması .....	144
3.	BULGULAR VE İRDELEMER .....	148
3.1.	IDW Yöntemi Bulguları .....	148
3.1.1.	Orijinal Shepard Yöntemi Bulguları.....	148
3.1.2.	Geliştirilmiş Shepard Yöntemi Bulguları .....	150
3.2.	Basit Doğrusal Regresyon Yöntemi Bulguları .....	151
3.3.	Birleştirilmiş Basit Doğrusal R ve IDW Yöntemi Bulguları .....	152
3.4.	Çoklu Doğrusal Regresyon Yöntemi Bulguları .....	153
3.5.	Birleştirilmiş Çoklu Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi Bulguları.....	154
3.6.	Lapse Rate Yöntemi Bulguları .....	155

3.7.	Birleştirilmiş Lapse Rate ve IDW Yöntemi Bulguları .....	155
3.8.	Kriging Yöntemi Bulguları.....	156
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	157
5.	KAYNAKLAR.....	162
ÖZGEÇMİŞ		



## Yüksek Lisans Tezi

### ÖZET

Konumsal Enterpolasyon Yöntemlerinin Uygulanması: Karadeniz Bölgesi Günlük Ortalama Sıcaklık Verileri Örneği

Selma ZENGİN KAZANCI

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç.Dr. Emine TANIR KAYIKÇI

2014, 165 Sayfa

Bu çalışmada, Karadeniz Bölgesi'nde farklı konumsal özelliklere sahip olan 1981-2012 yıllarında 52 tane meteoroloji istasyonundan alınan günlük ortalama sıcaklık verilerine dayanarak 9 konumsal enterpolasyon yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada, 5 farklı jeostatistiksel olmayan yöntem kullanılmıştır. Bunlardan ikisi, hem *Orijinal* hem de *Değiştirilmiş Shaperd Yöntemi* ile ağırlıklandırma yapılarak uygulanan Ters Ağırlıklı Mesafe Yöntemleri (IDW-Inverse Distance Weighted)'dir. 3. yöntem olarak, *Lapse Rate* (LR-değişim oranı) yönteminde günlük lapse rate oranları belirlenmiştir. Son iki yöntem ise, *Basit Doğrusal Regresyon Analizi*, *Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi* modellenmiştir. *Birleştirilmiş Basit Doğrusal Regresyon IDW Yöntemi* ve *Birleştirilmiş Çoklu Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi* ve *Birleştirilmiş Lapse Rate ve IDW Yöntemi* olarak 3 birleştirilmiş yöntem kullanılmıştır. Bu çalışmada 9. yöntem olarak jeostatistiksel yöntem olarak ordinary Kriging yöntemi uygulanmıştır. Enterpolasyon tahminlerinin, farklı mevsimlere ait uygulamalarda nasıl değiştiği ve hem enterpolasyon noktasının hem de dayanak noktalarının konumlarındaki değişimden nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla hata kriterleri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Enterpolasyon tahmin hatalarının aylık minimum, maksimum değerleri, karesel ortalama hataları (KOH) ve mutlak hatalar ortalaması (MHO) gibi hata kriterlerine bakılarak yöntemlerin sonuçları karşılaştırıldı.

**Anahtar Kelimeler** :Konumsal Enterpolasyon, Ters Mesafe Ağırlıklı Yöntem, Orijinal Shaperd, Değiştirilmiş Shaperd, Basit Doğrusal Regresyon, Çoklu Doğrusal Regresyon, Lapse Rate, Semivaryans, Variogram, Kriging, Meteoroloji, Sıcaklık.

Master Thesis

SUMMARY

A Study on Application of Spatial Interpolation Methods: Case Study on Daily Mean Temperature Data at Black Sea Region

Selma ZENGİN KAZANCI  
Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Graduate Programme of Geodesy  
Supervisor: Asst.Prof. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI  
2014, 165 Pages

In this study, 9 spatial interpolation methods were applied to daily mean temperature data from 1981 to 2012 of 52 meteorological stations located in Blacksea region. In the study, 5 non-geostatistical methods were used. Two of them are *Inverse Distance Method (IDW)* using *Original Shaperd* and *Modified Shaperd* derived weights. Within *Lapse Rate Method* as a third method in this study, daily lapse rates were calculated. The last two methods applied as *Simple Linear Regression Model* and *Multiple Linear Regression Model*. The simple linear regression model focused on the relationship between a dependent variable as temperature and one independent variable as point elevation. On the other hand, multiple regression model concentrated on relationship between a dependent variable as temperature and three independent variable as point longitude, latitude and elevation. Hypothesis tests were conducted to determine whether there is a significant linear relationship between an independent variable(s) and a dependent variable. Three methods as *Combined Simple Linear Regression and IDW*, *Combined Multiple Linear Regression and IDW* and *Combined Lapse Rate and IDW* were performed as combined methods. *Ordinary Kriging* were as geostatistical methods were performed the 9. Method. In order to determine how interpolation results differ due to seasons, positions of either interpolation point(s) or fixed points, different error criteria were used. The results were compared by looking at monthly minimum and maximum error, mean square error (MSQ), absolute mean error (AME) of which are calculated out of differences between real value and interpolation value.

**Key Words** :Spatial Interpolation, Inverse Distance Weighted, Original Shaperd, Modified Shaperd, Simple Linear Regression, Multiple Linear Regression, Lapse Rate, Semivariance, Variogram, Kriging, Meteorology, Daily Mean Temperature.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No.</u>
Şekil 1. Konumsal Enterpolasyon Örneği .....	13
Şekil 2. IDW Enterpolasyonu .....	14
Şekil 3. Basit Doğrusal Regresyon .....	18
Şekil 4. Jeostatiksel Tahmin Akışı .....	29
Şekil 5. Jeostatiksel Simülasyon Akışı .....	30
Şekil 6. Semivariogram Modeli Örneği.....	31
Şekil 7. X,Y Koordinat Düzleminde Düzgün Dağılımlı Noktalar Kümesi .....	32
Şekil 8. Variogramda Yön ve Uzaklık .....	33
Şekil 9. Rasgele Dağılımlı Noktalar Kümesi.....	34
Şekil 10. Yaygın olarak kullanılan 4 variogram modeli: (a) küresel; (b) üssel ; (c) doğrusal;(e) Gaussian (Burrough ve McDonnell, 1998). .....	36
Şekil 11. Deneysel ve Teorik Variogram Modeli Örneği (Alkanalka, 2005).....	37
Şekil 12. Çalışma Alanı .....	43
Şekil 13. Karadeniz Bölgesi Meteoroloji İstasyonlarının İllere Göre Dağılımı .....	46
Şekil 14. Karadeniz Bölgesi Meteoroloji İstasyonlarının Yüksekliklere Göre Dağılımı	50
Şekil 15. IDW Akış Diyagramı.....	53
Şekil 16. IDW’de Güç Parametresi ile Nokta Değerinin Bulunması Örneği .....	57
Şekil 17. IDW ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p =3, Çap 700km ve H ±400m).....	59
Şekil 18. IDW ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010- Aralık 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 3, Çap 700km ve H ±400m).....	60
Şekil 19. MIDW ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010 - Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (Çap 700km ve H ±400m).....	60
Şekil 20. MIDW ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010- Aralık 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği (Çap 700km ve H ±400m) .....	61
Şekil 21. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum HataGrafiği (p = 0.5, Çap 500km ve H ±550m).....	61
Şekil 22. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 0.5, Çap 500km ve H ±550m) .....	62

Şekil 23.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 1, Çap 500km ve H ±550m).....	62
Şekil 24.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 1, Çap 500km ve H ±550m) .....	63
Şekil 25.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 1.5, Çap 500km ve H ±550m).....	63
Şekil 26.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 1.5, Çap 500km ve H ±550m) .....	64
Şekil 27.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 2, Çap 500km ve H ±550m).....	64
Şekil 28.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 2, Çap 500km ve H ±550m) .....	65
Şekil 29.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 3, Çap 500km ve H ±550m).....	65
Şekil 30.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 3, Çap 500km ve H ±550m) .....	66
Şekil 31.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 0.5, Çap 700km ve H ±400m)....	66
Şekil 32.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 0.5, Çap 700km ve H ±400m) .....	67
Şekil 33.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 1.5, Çap 700km ve H ±400m).....	67
Şekil 34.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 1.5, Çap 700km ve H ±400m) .....	68
Şekil 35.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Yıllarına Ait Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 2, Çap 700km ve H ±400m).....	68
Şekil 36.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 2, Çap 700km ve H ±400m) .....	69
Şekil 37.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 3, Çap 700km ve H ±400m).....	69
Şekil 38.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 3, Çap 700km ve H ±400m) .....	70
Şekil 39.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p=0.5, Çap 700km ve H ±550m).....	70

Şekil 40.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 0.5, Çap 700km ve H ±550m) .....	71
Şekil 41.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 1, Çap 700km ve H ±550m).....	71
Şekil 42.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 1, Çap 700km ve H ±550m) .....	72
Şekil 43.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 1.5, Çap 700km ve H ±550m).....	72
Şekil 44.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 1.5, Çap 700km ve H ±550m) .....	73
Şekil 45.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 2, Çap 700km ve H ±550m).....	73
Şekil 46.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 2, Çap 700km ve H ±550m) .....	74
Şekil 47.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 3, Çap 700km ve H ±550m).....	74
Şekil 48.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 3, Çap 700km ve H ±550m) .....	75
Şekil 49.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 0.5, Çap 1000km ve H ±400m)...	75
Şekil 50.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 0.5, Çap 1000km ve H ±400m) .....	76
Şekil 51.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 1.5, Çap 1000km ve H ±400m)...	76
Şekil 52.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 1.5, Çap 1000km ve H ±400m) .....	77
Şekil 53.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 2, Çap 1000km ve H ±400m).....	77
Şekil 54.	IDW ile Samsun-17622 nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 2, Çap 1000km ve H ±400m) .....	78
Şekil 55.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 3, Çap 1000km ve H ±400m).....	78
Şekil 56.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 3, Çap 1000km ve H ±400m) .....	79

Şekil 57.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 0.5, Çap 1000km ve H ±550m)...	79
Şekil 58.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 0.5, Çap 1000km ve H ±550m) .....	80
Şekil 59.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 1, Çap 1000km ve H ±550m).....	80
Şekil 60.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 1, Çap 1000km ve H ±550m) .....	81
Şekil 61.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981 - Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 0.5, Çap 1000km ve H ±550m)...	81
Şekil 62.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 1.5, Çap 1000km ve H ±550m) .....	82
Şekil 63.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 2, Çap 1000km ve H ±550m).....	82
Şekil 64.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 2, Çap 1000km ve H ±550m) .....	83
Şekil 65.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 3, Çap 1000km ve H ±550m).....	83
Şekil 66.	IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 3, Çap 1000km ve H ±550m) .....	84
Şekil 67.	Geliştirilmiş IDW ile 17622 Nolu İstasyon için 1981-2012 Yıllarına Ait Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (Çap 500km ve H ±550m).....	84
Şekil 68.	Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (Çap 500km ve H ±550m).....	85
Şekil 69.	Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (Çap 700km ve H ±400m) .....	85
Şekil 70.	Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği (Çap 700km ve H ±400m).....	86
Şekil 71.	Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (Çap 700km ve H ±550m) .....	86
Şekil 72.	Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği (Çap 700km ve H ±550m).....	87
Şekil 73.	Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (Çap 1000km ve H ±400m) .....	87

Şekil 74.	Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği (Çap 1000km ve H $\pm$ 400m).....	88
Şekil 75.	Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (Çap 1000km ve H $\pm$ 550m) .....	88
Şekil 76.	Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği (Çap 1000km ve H $\pm$ 550m).....	89
Şekil 77.	IDW ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2010- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 0.5, Çap 500km ve H $\pm$ 550m).....	89
Şekil 78.	IDW ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2010- Aralık 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 0.5, Çap 500km ve H $\pm$ 550m) .....	90
Şekil 79.	Geliştirilmiş IDW ile Gümüşhane-17696 nolu İstasyon için Aralık 2010- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (Çap 500km ve H $\pm$ 550m)90	
Şekil 80.	Geliştirilmiş IDW ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2010- Aralık 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği (Çap 500km ve H $\pm$ 550m).....	91
Şekil 81.	Basit Regresyon Yöntemi İş Akış Şeması .....	96
Şekil 82.	Basit Regresyon Yöntemi $a_1$ Katsayılarının Günlük Grafiği (01 Ocak1981- 31 Aralık 2012).....	102
Şekil 83.	Basit Regresyon Yöntemi $a_0 - a_1$ Katsayılarının Günlük Ortalama Hatalarının Grafiği (01 Ocak 1981- 31 Aralık 2012) .....	102
Şekil 84.	Basit Regresyon Yöntemi Günlük $R^2$ Grafiği (01 Ocak 1981- 31 Aralık 2012) .....	103
Şekil 85.	Basit Regresyon Yöntemi Karesel Ortalama Hata (KOH) Günlük Grafiği(01 Ocak 1981- 31 Aralık 2012) .....	103
Şekil 86.	Basit Regresyon Yöntemi Mutlak Hatalar Ortalaması (MHO) Günlük Grafiği (01 Ocak 1981- 31 Aralık 2012).....	104
Şekil 87.	Basit Regresyon Yöntemi ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010- Aralık 2012 Günlük Minimum Sıcaklık Farkları Grafiği.....	104
Şekil 88.	Basit Regresyon Yöntemi ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010 - Aralık 2012 Günlük Maximum Sıcaklık Farkları Grafiği .....	105
Şekil 89.	Basit Regresyon Yöntemi ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010 - Aralık 2012 Günlük Hataların KOH Grafiği .....	105
Şekil 90.	Basit Regresyon yöntemi ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Minimum Sıcaklık Farkları Grafiği .....	106
Şekil 91.	Basit Regresyon yöntemi ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Günlük Maximum Sıcaklık Farkları Grafiği .....	106

Şekil 92.	Basit Regresyon Yöntemi ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Hataların KOH Grafiği .....	107
Şekil 93.	Basit Regresyon yöntemi ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2011-Aralık 2012 Günlük Minimum Sıcaklık Farkları Grafiği.....	107
Şekil 94.	Basit Regresyon yöntemi ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2011-Aralık 2012 Günlük Maximum Sıcaklık Farkları Grafiği.....	108
Şekil 95.	Basit Regresyon yöntemi ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2011-Aralık 2012 Günlük Hataların KOH Grafiği.....	108
Şekil 96.	Birleştirilmiş Basit Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi .....	110
Şekil 97.	Basit Regresyon Yöntemi ile IDW Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Maksimum ve Minimum Hata Grafiği.....	113
Şekil 98.	Çoklu Doğrusal Regresyon Yöntemi İş Akış Şeması .....	118
Şekil 99.	Çoklu Regresyon Yöntemi Katsayılar Günlük Grafiği (01 Ocak 1981-31 Aralık 2012).....	123
Şekil 100.	Çoklu Regresyon Yöntemi Katsayıların Günlük Ortalama Hata Grafiği (01 Ocak 1981-31 Aralık 2012) .....	123
Şekil 101.	Çoklu Regresyon Yöntemi Günlük $R^2$ Grafiği (01 Ocak 1981-31 Aralık 2012) .....	124
Şekil 102.	Çoklu Regresyon Yöntemi Günlük KOH Grafiği (01 Ocak 1981-31 Aralık 2012).....	124
Şekil 103.	Çoklu Regresyon Yöntemi Günlük MHO Grafiği (01 Ocak 1981-31 Aralık 2012).....	125
Şekil 104.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Günlük Minimum Sıcaklık Farkları Grafiği.....	125
Şekil 105.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Günlük Maximum Sıcaklık Farkları Grafiği .....	126
Şekil 106.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Günlük Hataların KOH Grafiği .....	126
Şekil 107.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010 - Aralık 2012 Günlük Hataların MHO Grafiği .....	127
Şekil 108.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Minimum Sıcaklık Farkları Grafiği.....	127
Şekil 109.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Maximum Sıcaklık Farkları Grafiği .....	128



Şekil 110.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Hataların KOH Grafiği .....	128
Şekil 111.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Hataların MHO Grafiği .....	129
Şekil 112.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Günlük Minimum Sıcaklık Farkları Grafiği .....	129
Şekil 113.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Günlük Maximum Sıcaklık Farkları Grafiği.....	130
Şekil 114.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Günlük Hataların KOH Grafiği.....	131
Şekil 115.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Günlük Hataların MHO Grafiği .....	131
Şekil 116.	Birleştirilmiş Çoklu Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi .....	132
Şekil 117.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile IDW Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği .....	135
Şekil 118.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile IDW Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği .....	135
Şekil 119.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile IDW Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği .....	136
Şekil 120.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile IDW Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği.....	136
Şekil 121.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile IDW Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Ocak 2011-Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği.....	137
Şekil 122.	Çoklu Regresyon Yöntemi ile IDW Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Ocak 2011-Aralık 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği .....	137
Şekil 123.	Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Lapse Rate Yöntemi Değerleri Grafiği.....	140
Şekil 124.	Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Lapse Rate Yöntemi $a_1$ Katsayı Grafiği .....	140
Şekil 125.	Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Lapse Rate Yöntemi $a_0 - a_1$ Katsayılarının Ortalama Hata Grafiği .....	141
Şekil 126.	Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Lapse Rate Yöntemi $R^2$ Grafiği.....	141
Şekil 127.	Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Lapse Rate Yöntemi KOH Grafiği .....	142
Şekil 128.	Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Lapse Rate Yöntemi MHO Grafiği .....	142
Şekil 129.	Lapse Rate Yöntemi ile IDW Kastamonu-17618 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği .....	143

Şekil 130. Deneysel Variogram Modeli Grafiği .....	145
Şekil 131. Kriging Yöntemi ile Ordu-17689 Nolu İstasyonun Sıcaklık Farkları Hata Grafiği.....	146
Şekil 132. Kriging Yöntemi ile Samsun-17622 Nolu İstasyonun Sıcaklık Farkları Hata Grafiği.....	146
Şekil 133. Kriging Yöntemi ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyonun Sıcaklık Farkları Hata Grafiği.....	147

## TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No.</u>
Tablo 1. İstasyon Bilgileri .....	47

## SEMBOLLER DİZİNİ

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
d	: Mesafe
IDW	: Inverse Distance Weighted
IDS	: Inverse Distance Squared
$\Sigma$	: Toplam Sembolü
KOH	: Karesel Ortalama Hata
LÇ	: Lagrange Çarpanı
LR	: Lapse Rate
MATLAB	: Matrix Laboratory
MHO	: Mutlak Hatalar Ortalaması
$m_0$	:Ortalama Hata
OK	: Ordinary Kriging
P	: Güç Parametresi
R	: Maksimum Mesafe
$R^2$	: Regresyon Katsayılarının Belirleyicilik Katsayısı
Std	: Standart Sapma
W	: Ağırlık
$\lambda$	: Enlem
$\Phi$	: Boylam
h	: Yükseklik

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Harita mühendisliğinin uygulamaları sırasında çeşitli ölçmeler ve hesaplarla arazideki bir noktanın konumsal bilgileri elde edilir. Bu ölçümlerin planlanması ve gerçekleştirilmesi sırasında arazi koşulları ya da ölçüm maliyetinin önemli faktörler olduğu unutulmamalıdır. Örneğin, çok dağlık bir arazi koşulunda ölçüm yapabilmek her zaman pek mümkün olamamaktadır ya da maliyet önemlidir. Bu gibi durumlarda ölçümü yapılamayan noktalara ait bilgiler, arazideki bilinen noktalardan yararlanılarak tahmin edilir. Konumu bilinen iki nokta arasında kalan bilinmeyen noktanın konumunu belirlemek için yapılan bu tahminlere, enterpolasyon ya da ara değer kestirimi denir.

Konumsal enterpolasyon yöntemleri, günümüzde risk yönetimi, planlama ve karar verme analizi gibi uygulamalarda artarak kullanım alanı bulmaktadır. Buradaki konumsal veriler, kullanım amacına göre çeşitlilik gösterebilir. Eğer veri, toprağın içerdiği mineraller ise toprağın kalitesine göre o alana dikilecek ekinin çeşidine veya toprağın nadasa bırakılmasına karar verilebilir. Hava kirliliği verileri kullanılacaksa, bu kirliliğin nerelerde ve ne zaman yoğunlaştığına bakılarak çeşitli önlemler alınabilir. Bu kirlilik, kış mevsimi zamanında yaşam alanlarında artıyorsa, devlet yönetimi doğalgaz hatlarını bu alanlara doğru yapılandırmasının hızlandırılması çalışmalarına öncelik verir ve halkında temiz yakıt kullanması konusunda bilinçlenmesini sağlayabilir. Sanayileşmenin olduğu bölgede oluşan kirlilikte ise fabrikaların bacalarında filtreleme yapması konusunda önlemler alabilir. Denizlerde görülen kirlilik durumunda ise bu kirliliğin haritası çıkarılır ve atıkların denize dökülmesi sonucunda buradaki canlı hayatın nasıl etkileneceğine yönelik yapılan haritalarla, çeşitli yaptırımlar uygulanabilir.

Konuma bağlı çeşitli bilgilerin modellenmesi yer bilimlerini uygulamaları için önemli uygulamalar arasındadır. Bu uygulamalardan başlıcaları aşağıdaki gibidir;

- Harita mühendisliğinin uygulama alanlarına giren sayısal arazi modellerinin (SAM) oluşturulması amacıyla konumsal enterpolasyon yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Hiç şüphesiz kullanılan enterpolasyon yöntemi, SAM oluşturmada doğruluğu etkileyen önemli bir faktör olacaktır.

- GPS (Global Positioning System-Küresel Konumlama Sistemi) ile referans sistemi olan WGS-84 (World Geodetic System-84)'de, yüksek doğrulukla üç boyutlu konum belirlenebilmektedir. Ancak, GPS sistemi ile belirlenen elipsoidal yüksekliklerin ülke sisteminde kullanılabilirliğini sağlamak için nivelman ile belirlenen ortometrik yüksekliklere dönüşümü önemlidir. Elipsoidal yükseklik ve ortometrik yükseklik arasındaki fark olarak tanımlanan jeoit ondülasyonlarının belirlenmesi problemi gündeme gelmektedir. Bu anlamda ülke genelinde referans olarak alınan noktalardan yararlanarak ara noktalardaki jeoit ondülasyonlarının belirlenmesi amacıyla enterpolasyon yöntemlerinin kullanılması harita Mühendisliği uygulamaları açısından önemlidir.
- Avrupa ve Türkiye için ITRF (International Terrestrial Reference Frame-Uluslararası Yersel Referans Ağı) ile ED-50 (European Datum-Avrupa Datumu) koordinatlar arasındaki datum dönüşümü önemli konular arasındadır. Enterpolasyon yöntemleri, doğru ve güvenilir bir datum dönüşümü için tercih edilen yöntemler arasındadır.
- Meteorolojik veriler (sıcaklık, yağış, nem) konumsal enterpolasyon yöntemleri uygulamalarında yaygın olarak kullanılan verilerdendir. Bu verilerden yağış ele alınacak olursa, eğer, heyelan olması durumuna karşın risk haritaları oluşturulabilir ve afet durumunda hangi bölgelerin hızla boşaltılacağına karar verme analizinde idari birimlere yardımcı olur. Bu tez çalışmasında da kullanılan sıcaklık verileri için kullanılan sıcaklık verileri için yapılacak konumsal enterpolasyon uygulamaları ile çeşitli sıcaklık haritaları elde edilebilir ve uzun dönemlere ait verilerle yapılacak analizlerle iklim değişimi konusunda yapılan çalışmalara katkı sağlanabilir.

Konumsal enterpolasyon yöntemlerinin harita mühendisliği uygulamaları arasındaki bu önemli yerine dikkat çekildiğinde, enterpolasyon yöntemlerinin performanslarının değerlendirmesi amacıyla yapılmış bu tez çalışmasından elde edilecek sonuçlarının literatüre sağlayacağı katkı azımsanamaz. Her ne kadar da bu çalışmada enterpolasyon yöntemlerinin performans değerlendirilmesi belirli bir bölgeye ait meteorolojik veriler üzerinden yapılmış olsa da, yöntemlerin işleyiş algoritmalarının ayrıntılı sunulmuş olması ve yöntem sonuçlarının farklı açılardan değerlendirilmiş olması sebebiyle bu tez çalışmasının konumsal enterpolasyon uygulamaları konusunda yapılacak olan diğer çalışmalar için fayda sağlar bir kaynak niteliğinde olduğu düşünülmektedir.

## 1.2. Problemin Tanımı

Meteorolojik verilerin analizi ve görselleştirilmesi bölgesel ve ulusal uzun dönemlere ait meteorolojik yorumlar yapmak iklimsel çalışmalar açısından önemlidir. Sıcaklık, nem, ve yağış gibi veriler bir bölgedeki meteorolojik durumu ortaya koyan konuma bağlı ölçülebilen değerlerdir. Meteorolojik gözlem istasyonlarda belirli zaman aralıklarında konuma bağlı olarak ölçülebilen bu türden veriler yardımıyla çeşitli yüzeyler oluşturulur. Bu yüzeyler de sıcaklık haritaları, yağış haritaları v.b. gibi haritalar oluşturulurken kullanılmaktadır. Ancak bu yüzeylerin oluşturulması sırasında alandaki her bir noktada tek tek ölçülerin yapılması hem maliyet açısından hem de teknik olarak mümkün olamamaktadır. Bu durumda, konuma bağlı ölçülerden yararlanarak ölçüm yapılmayan konumlardaki değerlerin bilinen noktalara bağlı olarak tahmin edilmesi gerekir. Konumsal enterpolasyon yöntemleri bu şekilde konuma bağlı olarak ölçülen veriler üzerinden başka konumlardaki değerler için tahmin yapılmasını sağlar. Literatürde uygulanan çeşitli konumsal enterpolasyon yöntemleri vardır. Ancak uygulama sırasında, bu yöntemlerin hangisinin seçileceğine karar vermek önemli bir aşamadır. Enterpolasyon tahmininin doğruluğu; enterpolasyonda kullanılan veri yapısına ve bu verilerin konumsal yapısına bağlıdır.

Enterpolasyon yöntemleri ile bilinmeyen noktalar, dayanak noktaları yardımıyla tahmin edilebilir. Bu tahmin işlemi yapılırken, bir yöntemin hangi coğrafi konumlar veya mevsim koşullarında daha iyi sonuçlar verdiği belirlenirse, sonuç ürünü olan noktanın sıcaklık verisi tahmini daha gerçekçi olacaktır. Bu amaçla, Karadeniz Bölgesi'nde bulunan farklı konumsal özelliklere sahip olan 1981-2012 yıllarında 52 tane meteoroloji istasyonundan alınan günlük ortalama sıcaklık verileri kullanılmıştır. Bölgede yüksekliği 2 m den 2050 m'ye kadar değişen istasyonlar bulunmaktadır. Enterpolasyon yöntemlerinin farklı coğrafi konumlardaki noktalara ve değişen mevsim koşullarındaki noktalara uygulanmasının sonuçlara etkisini araştırmak için örnek istasyonlar seçilmiştir. Hangi yöntemin, hangi koşullarda daha iyi sonuç vereceği problemi üzerine odaklanılmıştır.

### 1.3. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, 1981-2012 yılları arasında Doğu, Orta ve Batı Karadeniz'deki 52 meteoroloji istasyonunda yaklaşık 32 yıllık süre boyunca kaydedilen “*günlük ortalama sıcaklık*” verileri ve bu istasyonların konum bilgileri 9 farklı enterpolasyon yönteminde kullanılmıştır. Her gün için mevcut olan ölçüm noktalarının tamamı ile enterpolasyon tahmini yapılmıştır. Burada izlenen yol, her seferinde dayanak noktalarından biri enterpolasyon noktası seçilmiş, geriye kalan noktalar dayanak noktası alınarak, seçilen enterpolasyon noktasının günlük ortalama sıcaklık değeri tahmini yapılmıştır. Bu şekilde aynı gün içinde ölçü verisi olan tüm noktalar için enterpolasyon tahmini yapılmıştır. Bu işlem tüm enterpolasyon yöntemleri için toplam 32 yıllık süre boyunca günlük verilerin tamamında uygulandı. Böylece her bir istasyonun günlük ölçüm değeri ve tahmin değeri arasındaki fark olarak enterpolasyon hatası hesaplandı. Çalışmanın amacı doğrultusunda, enterpolasyon yöntemlerinin performansını test etmek için enterpolasyon hatalarının aylık minimum, maksimum değerleri, karesel ortalama hataları (KOH) ve mutlak hatalar ortalaması (MHO) gibi hata kriterlerine bakılarak yöntemlerin uygulanmasına ilişkin yorumlar yapıldı.

Çalışmada, enterpolasyon tahminlerinin, farklı mevsimlere ait uygulamalarda nasıl değiştiği ve hem enterpolasyon noktasının hem de dayanak noktalarının konumlarındaki değişimden nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla hata kriterleri üzerinden değerlendirmelerin yapılması hedeflenmiştir. Uygulamada, denize kıyısı olan istasyonlar (Rize, Ordu v.b. istasyonları gibi), iç kesimlerdeki istasyonlar (Tokat istasyonları gibi), ve yüksek kesimlerdeki istasyonlar (Gümüşhane ve Artvin istasyonları gibi) için elde edilen enterpolasyon tahmin hataları incelenirken istasyon noktalarının coğrafi konumlarının sonuçlara etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada ayrıca, seçilen enterpolasyon yöntemlerinin uygulanmasında yönteme özgü parametre seçiminde detaylı irdelemeler yapılmıştır. Örneğin, literatürde sıkça uygulamalarına rastlanılan Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) yönteminde, güç parametresi (power function)  $p = 2$  olarak alınır. Bu çalışmada  $p$  güç parametresi için farklı seçimler yapılarak da sonuçların doğruluğu üzerine irdelemeler yapılmıştır. Diğer taraftan, Türkiye üzerinde yapılan çalışmalarda *lapse rate* (*değişim oranı*) ülke geneli için sabit olacak şekilde 100m'de 0.5<sup>0</sup> C olarak değişim gösterecek şekilde sabit bir değer alınarak uygulamalar yapıldığı görülmektedir. Ancak uluslararası literatür incelemesi sırasında *lapse rate* oranının mevsimlik hatta günlük belirlenmesi üzerine



yapılan çalışmalara rastlanmıştır. Bu doğrultuda yapılan bu tez çalışmasında, Karadeniz Bölgesi için lapse rate oranları 32 yıllık verilerle günlük olarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın literatüre sağlayacağı önemli katkılardan biri de, verilerin hazırlanması ve tüm enterpolasyon yöntemlerinin uygulanması için iş akış diyagramlarının hazırlanmış olması ve MATLAB programlama dilinde programların yazılarak uygulamaların yapılmış olmasıdır. Gerek ulusal gerekse uluslararası literatür incelendiğinde, enterpolasyon yöntemlerinin uygulanmasında yaygın olarak ticari yazılımların kullanılmış olduğu görülmektedir.

#### 1.4. Literatür Taraması

Konumsal enterpolasyon yöntemleri çevre, tarım, meteoroloji ve jeodezi gibi bir çok disiplinde kullanılmaktadır. Türkiye’de ve Dünya’da çeşitli alanlarda yapılan konumsal enterpolasyon yöntemlerinin uygulanması konusunda yapılmış bir çok çalışmaya rastlanılabilir.

- Ulusal literatürde yapılan çalışmalar;
  - (Doğru v.d., 2013), İstanbul’da bulunan 8 adet meteoroloji istasyonuna ait 1976-2006 yılları arasındaki meteorolojik parametrelerin (sıcaklık, nem ve yağış) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamına aktarılması, enterpolasyon teknikleri ile dağılım haritalarının oluşturulması, parametrelerin birbirleri ve konum ile ilişkisinin incelenmesi amacıyla ArcGIS yazılımında IDW enterpolasyon yöntemi ile dağılım haritaları oluşturmuştur.
  - (Demircan v.d., 2013) Türkiye genelinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün 246 meteoroloji istasyonunda ölçülen yıllık ortalama sıcaklık değerlerinden 1km çözünürlükteki grid noktalarında sıcaklık tahmin değeri elde etmek için kullanmıştır. 246 meteoroloji istasyonundan 188 istasyon modelleme için kullanılmış ve seçilen 58 istasyon doğrulama amaçlı olarak modelleme dışında bırakılmıştır. Seçilen istasyonların yıllık ortalama sıcaklık değerleri, yükseklik farklılıklarını ortadan kaldırmak ve bir düzlem değerleri elde etmek için, *Lapse rate* oranları yardımıyla deniz seviyesine indirgenmiş ve elde edilen değerler ArcGIS ortamında IDW (Inverse Distance Weighting) yönteminde uygulanmış ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. 58 istasyondaki yıllık ortalama sıcaklık gözlemleri ve hesaplanan sıcaklık değerleri için maksimum minimum ve ortalama hatalar sırasıyla,

1.43, -1.61 ve 0.06 °C ve karesel ortalama hatası 0,67 °C ve regresyon belirleyicilik katsayısı ( $R^2$ ) 0.96 olarak bulunmuştur.

- (Bahadır, 2013), Samsun İli iklim özelliklerinin belirlenmesi ve enterpolasyon teknikleri ile haritalanmasına için 15 meteoroloji istasyonu verisi kullanmıştır. ArcGIS programının 10.1 versiyonu ile 35 yıllık ortalama değerlere % 95 doğruluk oranı sağlayan Yarıçap Tabanlı Komşuluk ve En Yakın Komşuluk analizleri uygulanmıştır.
- (Akyürek v.d., 2013), Kocaeli İlinde bulunan 9 adet Hava İzleme İstasyonundan elde edilen hava kirletici parametreleri olarak SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO ve NO<sub>2</sub> 'nin 2013 yılına ait Haziran, Temmuz ve Ağustos verileri kullanılmış ve konumsal analiz yöntemlerinden Ordinary Kriging, IDW ve Spline yöntemleri hava kirliliği parametrelerine uygulanarak kirletici parametrelerin konumsal analizi ArcGIS 9.x - 10 yazılımı ile yapılmış ve Ordinary Kriging yönteminin en iyi sonucu verdiği belirlenmiştir.
- (Demircan v.d., 2013), ArcGIS yazılımında IDW yöntemini kullanarak 1961-1990, 1971-2000 ve 1981-2010 olmak üzere üç sıcaklık normalleri arasındaki ilişkiyi kurmuş dağılımlarını göstermiştir.
- (Doğru v.d., 2011), Karadeniz Bölgesel Enerji Merkezi (Blacksea Regional Energy Center - BSREC) tarafından sağlanan Bulgaristan'a ait 39 farklı meteorolojik ölçüm istasyonundan 10 m. ve 100 m. yüksekliklerinde toplanmış rüzgar hızı verileri ile Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden Türkiye'nin orta ve kuzey kesimlerine yayılmış 41 farklı meteorolojik gözlem istasyonundan 2000-2009 yıllarını kapsayan 10 m. yükseklikte toplanmış ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık veri setlerinden aylık ortalamalar alınarak türetilen veriler kullanılmıştır. Bu veriler ile İkinci Derece IDW (Inverse Distance Weighted - IDW<sub>2</sub>), Kriging ve Doğal Komşuluk (Natural Neighborhood) yöntemleri kullanılarak yüzey verileri ArcGIS 9.3 yazılımı ile üretilmiş ve Bulgaristan verisinin enterpolasyonu için IDW<sub>2</sub> yöntemi en düşük karesel ortalama hata (KOH) ile sonuçlanırken Türkiye geneli verisi için ise Kriging yöntemi en uygun yöntem olarak belirlenmiştir.
- (Bahadır, 2011), 1975-2009 yılları arasında 237 meteoroloji istasyonuna ait günlük ortalama sıcaklıkları ArcGIS ortamında Yarıçap Tabanlı Fonksiyon Yöntemi (Radial

Basic Function) ve En Yakın Komşuluk (Neighborhood) Analizleri gibi geoistatistik yöntemlerle analizini yapmış ve aylık ortalama sıcaklık haritalarını üretmiştir.

- (Başayığıt v.d., 2008), Isparta ilinde meyve yetiştirme potansiyeli yüksek alanların bazı toprak özelliklerinin CBS ile haritalanmasını yapmıştır. Çalışma alanı toprakları havzalara bölünmüş ve CBS ortamında IDW kullanılarak toplam 160 farklı noktada iki farklı derinlik için belirlenen pH, elektriksel iletkenlik, kireç, organik madde, tuz ve katyon değiştirme kapasitesi değerlerine ait noktasal veriler alansal verilere dönüştürülmüş ve her bir toprak özelliği için tematik haritalar üretilmiştir. Oluşturulan tematik haritaların kontrolü amacıyla rastgele seçilen 40 farklı noktada toprak örneği alınmış, bu örneklerde yapılan analiz sonuçları ile üretilen tematik haritalar karşılaştırılarak doğruluk değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmada, toprak özelliklerini gösteren tematik haritaların havza bazında genel fikir verebileceği, noktasal verilerin alansal verilere yayılmasında enterpolasyon tekniğinin toprak özellikleri için kullanımında çeşitli kısıtlamaların ortaya çıktığı ve örnekleme sayısının diğer uygulama alanlarına göre daha fazla olması gerektiği sonucuna varılmıştır.
- (Yaprak ve Arslan, 2008), İstanbul GPS Nirengi Ağı-1999 (İGNA-99) ağında konumları ve jeoid yükseklikleri belirlenmiş 200 dayanak ve 50 test noktasında, ArcGIS 8.3 yazılımı kullanarak Ordinary Kriging yöntemini uygulamıştır. Çalışmada, 200 dayanak noktası ile jeoid yüzey modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan modelden jeoid yüksekliği bilinen 50 test noktası için yeni jeoid yükseklikleri hesaplanmış ve modelden hesaplanan yükseklikler ile bilinen yükseklikler arasındaki farklara ait  $\pm 3.05$  cm ila  $\pm 3.09$  cm aralığında değişen karesel ortalama hata değerleri bulunmuştur.
- (Keskiner, 2008) 21 470.3 km<sup>2</sup> genişliğindeki Seyhan Havzasında uzun yıllık sıcaklık ve yağış serileri ile yağış-akım verileri kullanılarak, gölet projelendirme çalışmalarında tesis kapasitesinin en az hata ile planlanabilmesi için farklı olasılıklı yağış ve sıcaklıkların *ArcGIS* ortamında haritalanmasında uygun yöntem belirlenmesini incelemiştir. Havza ve civarında yer alan istasyonların coğrafi konumunu, alan üzerindeki dağılımını ve gözlemler arasındaki korelasyonu dikkate alan *Ordinary Kriging*, *Ordinary Cokriging* ve *Çoklu Regresyon* yöntemleriyle %50, %80 ve %90 olasılıklı toplam yağış ve %50 olasılıklı ortalama sıcaklık haritaları oluşturulmuştur. Minimum hata kriteri ve sabit istasyonların gözlem değerleri

dikkate alındığında, %50 olasılıklı ortalama sıcaklıkların *Çoklu Regresyon*; %50, %80 ve %90 olasılıklı toplam yağışların ise *Cokriging* yöntemi ile haritalanmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

- (Bostan ve Akyürek, 2007), Devlet Meteoroloji İşleri işletmesinde olan bulunan 225 istasyonun 1970-2003 yıllarında kaydedilmiş ortalama yağış değerleri kullanılarak, yağışın konumsal dağılımı ikincil veriler yardımıyla belirlemeye çalışmıştır. Yükseklik, eğim, bakı, potansiyel güneşlenme, 0 °C'nin altında sıcaklığa sahip gün sayısı ve bitkisel sınıflama haritası (ormanlık/ormanlık olmayan) gibi ikincil veriler ArcGIS yazılımı ortamında *Co-kriging* ve *Coğrafi Ağırlıklı Regrasyon (GWR)* yöntemleri ile Sayısal yükseklik modeli ve sayısal akarsu ağı katmanlarından elde edilmiştir. Ölçülen ve model sonucunda elde edilen değerler arasında GWR yöntemi ile 0,826, Co-kriging ile 0,425 regresyon katsayıları elde edilmiştir.
- (Yalçınkaya ve Yiğit, 2005), Kocaeli ilinde MERLİS (Marmara Earthquake Region Land Information System) projesi kapsamında jeodezik kontrol noktalarının ITRF96 datumu 2002.48 ölçü epoğundaki ölçü koordinatları çalışma kapsamında kullanılmıştır. DUTM (Değiştirilmiş Universal Transversal Mercator) projeksiyon koordinatları ve elipsoid ondülasyonları belli olan 174 tane noktadan 109 adedi dayanak ve 65 tanesi de test noktası olarak alınmıştır. Belirlenen bu noktalar ile kuadratik, kübik, bi-kübik yüzey polinomları hesaplanmıştır. Yüzey polinomları ile uyumsuz noktaların ayıklanması için uyumsuz ölçüler testi yapılmıştır. Multiquadratik enterpolasyon yönteminde trend yüzey olarak kuadratik yüzey seçilmiş ve test noktalarının ondülasyon değerleri hesaplanmıştır.
- (İnal ve Yiğit, 2004), GPS/Nivelman ile jeoit ondülasyonları bilinen 28 dayanak noktasından yararlanarak variogram modelleri oluşturmuş ve Kriging enterpolasyon yöntemi ile 46 kontrol noktasındaki jeoit ondülasyonlarını hesaplamıştır. Bulunan değerler multiquadratik ve ağırlıklı ortalama ile hesaplanan değerlerle karşılaştırılmıştır. Uygulamada Kriging yöntemiyle kestirilen jeoit ondülasyonları, iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan multiquadratik ve ağırlıklı ortalama yöntemiyle yaklaşık aynı sonuçlar vermiştir. Kontrol noktalarında Kriging yöntemiyle elde edilen ondülasyon değerleri ile gerçek değerleri arasındaki farklardan yararlanarak hesaplanan karesel ortalama hata, üssel variogram kullanıldığında  $\pm 2.22$  cm, küresel variogram kullanıldığında  $\pm 2.25$  cm ve Gauss variogram modeli kullanıldığında  $\pm 3.56$  cm olarak elde edilmiştir.

➤ Uluslararası literatürde yapılan çalışmalar;

- (Yang v.d., 2011) 47 yıllık minimum – maximum sıcaklıklar ve yağış değerlerini düzenleyip aylık ortalama verileri elde ederek konumsal enterpolasyon yöntemlerinden IDW, Ordinary Kriging (OK) ve Tension spline function (TPF, gerinimli spline fonksiyonu) ile ArcGIS ortamında değerlendirilmiş ve doğrulukları cross-validation (çapraz doğrulama) ile hesaplanmış ve kullanılan 3 yöntemin de ortalama mutlak hata, ortalama bağıl hata ve karesel ortalama hata kriterleri ile sonuçların doğruluklarını karşılaştırmıştır. OK' in sonuçları daha uygun olduğu gözlenirken, TPF'nin maksimum sıcaklıklarda en küçük ortalama mutlak hata ve karesel ortalama hata ile daha uygun bir yöntem olduğu görülmüş. Sonuç olarak OK ile üretilen grid haritaları daha düzgün bir görünüme sahipken diğerleri daha kaba gözükmiştir.
- (Luo ve He 2011), Güney California entegreli GPS ağında 11 Nisan 2005'te çapraz doğrulama metoduna dayalı 1 günlük veriyi IIDW'nin (Improved-geliştirilmiş IDW) etkinliğinin araştırılması için 22 istasyon kullanılmış. Bu istasyonların troposferik gecikme hataları üzerine IDW ve IIDW konumsal enterpolasyon yöntemleri denenmiş ve sonuçta IIDW'nin IDW yönteminden daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.
- (Mair ve Fares, 2011), 2005-2008 yılları arasında 34 aylık periyotlara sahip, Hawai'deki O'ahu adasında 21 tane dağlık kesimde olan istasyonlardaki veriler konumsal enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması için kullanılmıştır. Thiessen polygon, IDW, Doğrusal Regresyon, Ordinary Kriging ve değişen yerel ortalamalarda simple kriging (Skln) ıslak ve kuru sezondaki yağışların hesabında kullanılmıştır. Thiessen metodu en yüksek hatayı verirken, Ordinary Kriging en düşük hatayı vermiştir. Ordinary Kriging Soğrusal regresyondan daha hassas sonuçlar verirken, Skln yöntemi IDW'den daha düşük hatalar üretmiştir.
- (Stahl vd., 2006), karmaşık topografya ve son derece değişken yoğunluklu meteoroloji istasyonlarına sahip British Columbia, Kanada' da yapılmıştır. Burada günlük minimum ve maksimum sıcaklıkları regresyon tabanlı ve ağırlıklı ortalama yaklaşımlarının 12 çeşitli varyasyonları üzerinden enterpolasyon yöntemleri denenmiştir. En yakın istasyonun yüksekliğini kullanan en basit metod en büyük hatayı vermiştir. Bütün modeller istasyon yoğunluğunun fazla ve istasyonların

yüksekliğine bağlı olarak daha iyi sonuçlar sergilemiştir. Tahmin hataları genellikle istasyonun yüksekliğine ve ölçümün olduğu aya bağlı olmuştur. Buradan yola çıkarak çalışma alanının yüksekliğinin belirleyici bir etken olduğu sunulmuştur.

- (Wen-Yuan v.d., 2004), Çalışma alanını deniz seviyesindeki yüksekliğe sahip olanlar (Aralık-1997) ve 500 hPa dan yüksek olanlar (Ocak-1999) olmak üzere ikiye ayırmıştır. Kriging, spline ve IDW yöntemleri kullanılmış. Enterpolasyon alanının sınırlarında Spline metodunda daha büyük hatalar oluşurken, Kriging’de böyle bir durumla karşılaşılmamış. Sonuçlar, aynı zamanda Kriging yönteminin istasyon tahmininde hassas olmadığını göstermiş ve bazı istasyonların doğruluğu kriging ile etkili bir biçimde ortaya konulmamıştır. Ek olarak IDW’nin tahmininde eşyönlülük (isotropy) olduğu gözlenmiştir.
- (Hartkamp v.d., 1999), Jalisco, Mexico’ daki 20.000km<sup>2</sup> lik bir alana yayılan 200 meteoroloji istasyonundaki 4 aylık ortalama sıcaklık verileri ile konumsal enterpolasyon yöntemlerinden IDWA(IDW Averaging), Thin plate spline ve co-kriging yöntemlerini ArcView spatial analyst (ESRI 1998) ve ANUSPLIN 3.2 multi-module package ortamında değerlendirmiş ve sayısal arazi modeli (DEM) ile 1 km<sup>2</sup> lik grid hücreleri üretmiştir. Sonuç olarak yüksek sıcaklıklarda Thin plate spline en iyi sonuçları verirken, düşük sıcaklıklarda da IDWA en iyi sonuçları vermiştir.
- (Cao v.d., 1999), Çin’de bulunan 327 hava tahmin istasyonundaki 1990-2005 yılları arasında ölçülen minimum, ortalama ve maksimum sıcaklık verilerinden Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim aylarının ilk 10 gün verisi alınarak oluşturulan very setine IDW, Spline, Kriging-üssel, Kriging-küresel ve Kriging-gaussian olmak üzere 5 farklı konumsal enterpolasyon yöntemini kullanarak CBS ortamında karşılaştırmıştır. Kriging-üssel ve Kriging-küresel enterpolasyon yöntemleri en yüksek doğruluk gösterirken, IDW daha düşük doğruluk ve Kriging-gaussian ve spline metodları ise en düşük doğruluk göstermişlerdir. Bunun yanında 4 sezondaki sıcaklık verilerinde 5 enterpolasyon metodunda da enterpolasyon hataları; yaz<sonbahar<ilkbahar<kış olarak gözlenmiştir.
- (Kurtzman ve Kadmon, 1999), İsrail’de yaklaşık ortalama 725 km<sup>2</sup>’lik bir bölgede 38 tane meteoroloji gözlem istasyonunun temsil ettiği bir alanda bir çalışmaya aittir. Çalışmada yerel bazda Spline ve IDW enterpolasyon yöntemlerini sıcaklık haritaları üretmek için kullanılmış, global olarak da haritalama yapmak için ise çoklu regresyon yöntemi kullanılmıştır. Bu enterpolasyon yöntemleri; en soğuk ayın

(Ocak) günlük ortalama sıcaklığı, en sıcak ayın (Ağustos) günlük ortalama sıcaklığı, en düşük ortalama aylık minimum sıcaklık (Ocak) ve en yüksek ortalama aylık maksimum sıcaklığı (Ağustos) şeklinde 4 sıcaklık değişkenine uygulanmıştır. Bu verilere uygulanan yöntemlerden sağlıklı sonuçlar elde edilmediği görülürken yerel bazda uygulanan yöntemlerin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

- (Nalder ve Wein, 1998), Kanada'nın kutupaltı ormanları üzerine yaptıkları çalışmada iklim normalleri ile çalışmışlardır. Bu çalışmayı yaparken 30 yıl boyunca toplanan ortalama sıcaklık verileri ile yağış verileri kullanmışlardır. Çalışmada, farklı konumsal enterpolasyon tekniklerini ArcGIS yazılımını kullanılarak hangi yöntemin daha iyi sonuç verdiği bulunmaya çalışılmıştır. Çalışma sonunda yöntemlerin mutlak ortalama hata kriterine göre değerlendirilmesinde, ortalama sıcaklık verilerine göre; Birleştirilmiş Çoklu Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi (Gradient Inverse Distance Squared -GIDS) > detrended kriging > en yakın komşuluk > cokriging > inverse distance squared > universal kriging > ordinary kriging şeklinde yöntemler sıralanırken, aylık ortalama yağış değerlerine göre yapılan enterpolasyonda da; GIDS > co-kriging > inverse distance squared > nearest neighbour > ordinary kriging > detrended kriging > universal kriging şeklinde sıralanmıştır.

### 1.5. Metodoloji

Bu tez çalışması kapsamında Karadeniz Bölgesi'nde bulunan meteoroloji istasyonlarındaki ortalama sıcaklık verilerine uygulanacak temel işlem adımları,

- Verilerin düzenlenmesi ve programda okutulması,
- IDW algoritmasının kurulması, çeşitli güç parametreleri, arama yarıçapları, yükseklik aralıklarında denenmesi ve hata kriterleri ile yöntemlerin irdelenmesi,
- Geliştirilmiş IDW algoritmasının kurulması, çeşitli arama yarıçapları, yükseklik aralıklarında denenmesi ve hata kriterleri ile yöntemlerin sonuçlarının irdelenmesi,
- Basit doğrusal regresyon yöntemi algoritmasının kurulması, regresyon katsayılarının belirlenmesi, hipotez testleri ile uygulanan regresyon modelinin uygunluğunun ve regresyon katsayılarının anlamlılığının test edilmesi, basit doğrusal regresyon

modelinden elde edilen enterpolasyon tahmin hatalarının, hata kriterleri ile irdelenmesi,

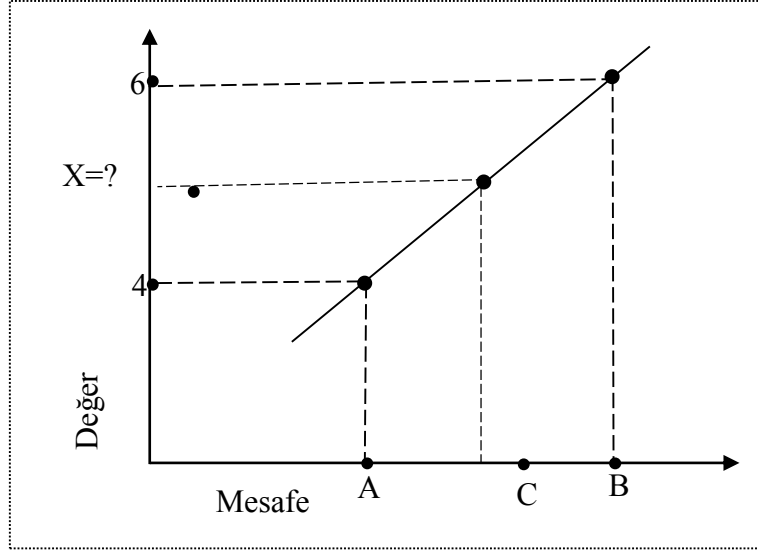
- Basit doğrusal regresyon yöntemi ile IDW yönteminin birleştirilmesi ve hata kriterlerinin yorumlanması,
  - Çoklu doğrusal regresyon yöntemi algoritmasının kurulması, regresyon katsayılarının belirlenmesi, hipotez testleri ile uygulanan regresyon modelinin uygunluğunun ve regresyon katsayılarının anlamlılığının test edilmesi, çoklu doğrusal regresyon modelinden elde edilen enterpolasyon tahmin hatalarının, hata kriterleri ile irdelenmesi,
  - Çoklu doğrusal regresyon yöntemi ile IDW yönteminin birleştirilmesi ve hata kriterleri ile yorumları,
  - Lapse rate yöntemi algoritmasının kurulması ve günlük lapse rate hesabı,
  - Lapse rate ile IDW yöntemlerinin birleştirilmesi ve enterpolasyon hatalarının hesabı,
  - Doğrusal variogram modelinin kurulması ile Ordinary Kriging yönteminin uygulanması,
  - Bütün yöntemlerin kendi içinde ve birbirleriyle kıyaslamasının yapılması,
- şeklinde kısaca özetlenebilir.

### 1.6. Konumsal Enterpolasyon Yöntemleri

Belirli bir bölgede konuma bağlı olarak bilinen verilerden (sıcaklık, nem, toprak özelliği, yükseklik, jeoit ondülasyonu, gravite değeri vb.) yararlanarak, bu bölgedeki ara noktalardaki konumlardaki benzer verilerin tahmin edilmesi için kullanılan algoritmalara *konumsal enterpolasyon (interpolasyon)* ya da *Ara Değer Kestirimi* denilmektedir. Bilinen verilerin ait olduğu konumlar *dayanak noktası*, bilinmeyen verilerin ait olduğu konumlar ise *enterpolasyon noktası* olarak adlandırılır. Enterpolasyon yöntemleri kullanılan matematiksel fonksiyonların özelliğine göre *jeoistatistik olmayan yöntemler*, *jeoistatistik yöntemler* ve bunların kombinasyonundan oluşan *birleştirilmiş yöntemler* olarak üç ana grupta incelenebilir.

Şekil 1’de  $C$  ara noktasındaki  $X$  değeri  $A$  ve  $B$  noktalarındaki sırasıyla  $4$  ve  $6$  değerleri yardımıyla enterpolasyon yöntemi ile elde edilebilir.





Şekil 1. Konumsal Entropolasyon Örneği

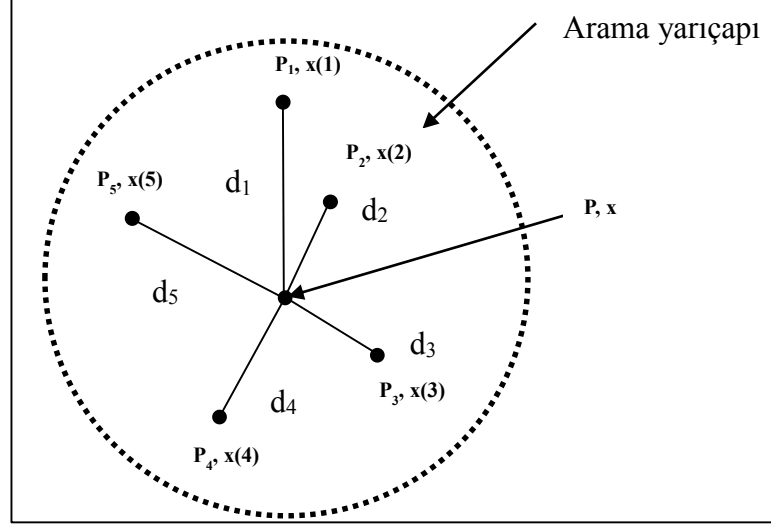
### 1.6.1. Jeostatistiksel Olmayan Entropolasyon Yöntemleri

Jeostatistiksel olmayan entropolasyon yöntemlerinden en yaygın kullanılanı *ters mesafe ağırlıklı (IDW-Inverse Distance Weighted)* yöntemidir. Regresyon analizi yardımıyla gerçekleştirilen birçok jeostatistik olmayan yöntemler de vardır. Regresyon analizi yoluyla gerçekleştirilen yöntemler kullanılan bağımsız değişken sayısına göre; *basit regresyon analizi* (tek bağımsız değişken) ve *çoklu regresyon analizi* (birden çok bağımsız değişken) olarak iki gruba ayrılırken kullanılan fonksiyon tipine göre de *doğrusal regresyon analizi*, *doğrusal olmayan regresyon analizi* olarak da iki gruba ayrılır. Jeostatistiksel olmayan yöntemlerden olan *lapse rate* yöntemi günümüzde en yaygın kullanılan yöntemler arasındadır.

#### 1.6.1.1. Ters Mesafe Ağırlıklı Yöntem (IDW-Inverse Distance Weighted)

Ters mesafe ağırlıklı yöntemi en çok kullanılan jeostatistiksel olmayan yöntemdir. IDW yöntemi sadece komşu noktalardan tahminler ürettiği için lokal bir ara değer kestirim yöntemidir. IDW yöntemi, noktaların birbirine olan mesafelerini ağırlık hesabında kullanarak, bilinmeyen noktaların tahminini gerçekleştirir. Ters mesafe ağırlıklı entropolasyon yöntemi enterpole edilecek yüzeyde yakındaki noktaların uzaktaki noktalara göre daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayandırılır. Bu yöntemin kullanılan ağırlık

formülüne göre *Shepard* ve *geliştirilmiş Shepard* olarak uygulanabilir. Şekil 2’de  $P$  ara noktasındaki  $x$  değeri, IDW yöntemiyle *arama yarıçapı algoritması* ile tanımlanabilecek belirli bir komşuluk alan içerisinde olan çevresindeki ( $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$ ) noktalarındaki bilinen  $x(1), x(2), x(3), x(4)$  ve  $x(5)$  değerlerinden bulunabilir.



Şekil 2. IDW Enterpolasyonu

#### 1.6.1.1.1. Shepard Yöntemi

Pek çok ters mesafe ağırlıklı yöntemi olmasına rağmen en bilineni *Shaperd Yöntemi*'dir (Shepard 1968, Franke and Nielson 1980). Shepard yöntemi; orijinal shepard yöntemi, kuadratik, kübik ve geliştirilmiş Shepard yönteminin lineer varyasyonları şeklinde sınıflandırılabilir. Bu tez çalışmasında, *orijinal Shepard* ve *geliştirilmiş Shepard yöntemi* kullanılmıştır.

##### 1.6.1.1.1.1. Orijinal Shepard Yöntemi

Shepard (1968) veri noktalarının değerlerinin ağırlıklı ortalamasına dayalı yüzey üreten bir enterpolasyon yöntemi ortaya koymuştur. Orijinal Shaperd yönteminin veri noktalarına ilişkin ters mesafe fonksiyonu;

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i f_i \quad (1)$$

şeklinde tanımlanır. Burada  $n$ , yüzeydeki dayanak nokta sayısını ve  $f_i$ , dayanak noktalarındaki bilinen veri değerlerini (sıcaklık, yükseklik, nem, yağış v.b.) gösterir.  $w_i$  ağırlıkları göstermek üzere

$$w_i = \frac{\frac{1}{d_{ij}^p}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_{ij}^p}} \quad (2)$$

şeklinde hesaplanır. Burada  $p$ , kullanıcı tarafından 0 ile 5 değişen sayılardan seçilen bir değer olup power function (gün fonksiyonu) olarak adlandırılır. Shepard yönteminin literatürde uygulamalarında  $p$  değeri genellikle 2 olarak alınmıştır.  $p=2$  olarak uygulanan Shepard Yöntemi, *Ters Kare Mesafesi (Inverse Square Distance ,IDS)* olarak da adlandırılmaktadır.  $d_i$ , enterpolasyon noktasından dayanak noktasına olan mesafedir ve üç boyutlu konumlar için

$$d_{ij} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2} \quad (3)$$

şeklinde hesaplanır.

#### 1.6.1.1.1.2. Geliştirilmiş Shepard Yöntemi

Geliştirilmiş Shepard yöntemi, Franke and Nielson (1980) tarafından orijinal Shepard yöntemine karşılık geliştirilmiştir. Bu yöntemde ağırlıklar orijinal Shepard yönteminden farklı olarak

$$W_i = \frac{\left[ \frac{R-d_{ij}}{Rd_{ij}} \right]^2}{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{R-d_{ij}}{Rd_{ij}} \right]^2} \quad (4)$$

şeklinde hesaplanır. Burada  $d_{ij}$ , enterpolasyon noktasından bilinen dayanak noktasında olan mesafeyi ve  $R$  ise maksimum  $d_{ij}$  'yi göstermektedir.

### 1.6.1.2. Lapse Rate (LR)

Sıcaklığın yükseklikle değişme oranı atmosferin günlük yapısı ile ilgilidir. *Lapse Rate (LR)*, atmosferdeki adyabatik ısınma ve soğuma oranları olarak tanımlanır ve sıcaklığın yükseklikle değişmesi olarak açıklanır. Lapse rate, yükseklik bilgisini kullanarak hava sıcaklığını tahmin etmek amacıyla enterpolasyon yöntemlerinde kullanılmaktadır. LR yöntemi ile örneklenmemiş noktalardaki sıcaklık değerinin tahmini için, dayanak olarak alınan istasyon noktalarındaki sıcaklık değeri ve yükseklik değerleri kullanılır. Bu yöntem aynı zamanda *akıllı enterpolasyon (smart interpolation)* yöntemi olarak da bilinmektedir (Vincente Serrano v.d., 2003; Willmot ve Matsura, 1995; Li ve Heap, 2008; Stahl v.d., 2006).

Kuru havanın adyabatik LR oranı yaklaşık 100 metrede  $1^{\circ}\text{C}$ 'dir. Fakat bununla birlikte genel tanımlayıcı amaçlar için 100 metrede  $0.5^{\circ}\text{C}$  azaldığı da varsayılır (Fairbridge ve Oliver, 2005; Demircan v.d., 2011). Yüksekliğe bağlı olarak havanın soğuması ile değişen kuru hava için yani kuru hava adyabatik lapse rate oranı yaklaşık 100 metrede  $-0.98^{\circ}\text{C}$  ile  $-0.4^{\circ}\text{C}$  arasındadır (Dodson ve Marks, 1997). Ortalama sıcaklık değişimi için düşük hassasiyet yeterli olduğunda  $-0.55^{\circ}\text{C}$  (Angot, 1892),  $-0.60^{\circ}\text{C}$  (Dodson ve Marks, 1997) ya da  $-0.65^{\circ}\text{C}$  sıklıkla kullanılır. Bununla birlikte, böylesi ortalama veriler daha hassas sonuç gerektiren çalışmalarda kullanıldığında tahminlerin uygunluğunun zor olacağı bilinmelidir (De Saintignon, 1976). Dolayısıyla lapse rate ortalaması günden güne, mevsimden mevsime ve coğrafi konuma göre değişiklik gösterebilir (Demircan v.d., 2013).

Rolland (2003), lapse rate oranının, aylık ortalama sıcaklık değerleri kullanılarak yaptığı çalışmada basit doğrusal regresyon modelinden yola çıkarak;

$$T_p = b + LR * h_p \quad (5)$$

eşitliği ile günlük sıcaklık değerlerine ait lapse rate değerlerini bulmuştur. Burada;  $T_p$   $^{\circ}\text{C}$  eşitlik kullanılarak dayanak noktasının sıcaklık değerini;  $LR$  deniz seviyesinden olan yüksekliği ( $10^2$  m);  $b$  deniz seviyesindeki sıcaklık değerini ifade eder. Dayanak

noktalarındaki sıcaklık verileri yüksekliklerine bağılı olarak hesaba alındığında her güne ait farklı bir lapse rate değeri elde edilmiş olur.

### 1.6.1.3. Regresyon Analizi

Regresyon analizinde, bağımsız değişken ( $x$ ) başka bir değişkenden etkilenmeyen ancak başka bir değişkeni etkileyen değişken olarak ifade edilirken, bağımlı değişken ( $y$ ) bağımsız değişkene ( $x$ ) bağılı olarak değişen ya da onun aracılığıyla açıklanan değişkendir. Buna göre regresyon; bağımlı değişkenin bağımsız değişkenin fonksiyonu olması şeklinde ifade edilmesidir. Regresyon analizi ise; bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi inceleyen ve böylece değişkenler arasındaki ilişkiyi tanımlayan bir analiz yöntemidir. Regresyon analizi, kullanılan bağımsız değişken sayısına göre;

- Basit regresyon analizi (tek bağımsız değişken),
- Çoklu regresyon analizi (birden çok bağımsız değişken)

olmak üzere iki gruba ayrılırken; kullanılan fonksiyon tipine göre de

- Doğrusal regresyon analizi,
- Doğrusal olmayan regresyon analizi

olarak iki grupta incelenir.

#### 1.6.1.3.1. Basit Doğrusal Regresyon Analizi

Bir tek bağımsız değişken ( $x$ ) ile bağımlı değişkenin ( $y$ ) arasındaki ilişkinin doğrusal bir fonksiyonla ifade edildiği regresyon modeli *basit doğrusal regresyon analizi* olarak tanımlanmaktadır. Basit doğrusal regresyon modelinde ( $x,y$ ) değişkenleri arasındaki ilişki

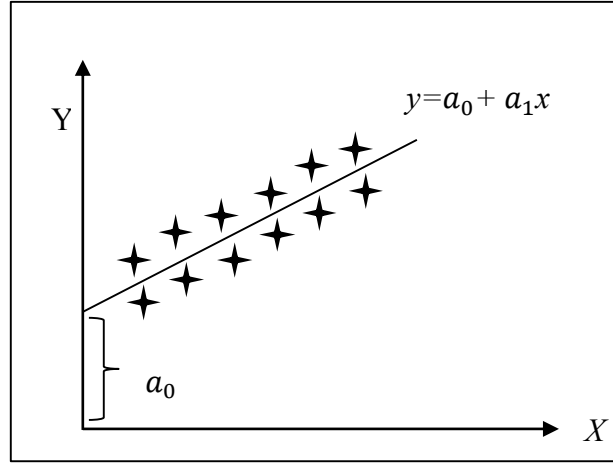
$$y = f(x) = a_0 + a_1x + \epsilon \quad (6)$$

şeklinde tanımlanan doğrusal bir fonksiyonla ifade edilir. Burada  $a_0$  değeri ise  $x=0$  olduğunda bağımlı değişkenin ( $y$ ) alacağı değer ya da başka bir ifade ile dikey eksenin  $y$  ile kesiştiği yeri ifade ederken,  $a_1$  değeri regresyon katsayısı ya da doğrusal fonksiyonun eğimi olarak ifade edilir ve bağımsız değişkendeki 1 birimlik değişimin bağımlı değişkene ne

oranda yansıtacağı hakkında bilgi verir. Bağımlı değişkenin gerçek değeri ( $y$ ) ile modelden tahmin edilen değeri ( $\hat{y}$ ) arasındaki fark hatadır ( $\epsilon$ ) ve

$$\epsilon = y_i - (a_0 + a_1 x_i) = y_i - \hat{y}_i \quad (7)$$

eşitliği ile hesaplanır.  $x_i$  ( $i=0, 1, \dots, n$ ) bağımsız değişkenlerine karşılık bilinen  $y_i = f(x_i)$  ( $i=0, 1, \dots, n$ ) bağımlı değişkenleri arasındaki (7) eşitliğine göre doğrusal basit regresyon modeli ile oluşturulacak ilişki  $(x_i, y_i)$  noktalarından geçen doğrusal bir fonksiyon ile gösterilebilir (Şekil 3).



Şekil 3. Basit Doğrusal Regresyon

$(x_i, y_i)$  koordinat çiftleri arasındaki ilişki (7) eşitliğinde verilen doğrusal basit regresyon modeline göre,

$$\begin{aligned} y_1 &= f(x_1) = a_0 + a_1 x_1 + \epsilon_1 \\ y_2 &= f(x_2) = a_0 + a_1 x_2 + \epsilon_2 \\ y_3 &= f(x_3) = a_0 + a_1 x_3 + \epsilon_3 \\ &\dots \\ y_n &= f(x_n) = a_0 + a_1 x_n + \epsilon_n \end{aligned} \quad (8)$$

olarak yazılan  $n$  adet  $(x_i, y_i)$  koordinat çifti sayısı kadar yazılacak doğru denkleminde ifade edilir. (7) eşitliği ile  $(y_i)$  gerçek değerleri ve  $(\hat{y}_i)$  modelden tahmin edilen değerler arasındaki fark olarak hesaplanacak  $\epsilon_i^2$  hataların

$$\sum_{i=1}^n \epsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (9)$$

olarak hesaplanacak kareleri toplamının minimum olmasını öngören En Küçük Kareler (EKK) ilkesine göre  $a_0$  ve  $a_1$  katsayıları dengelemeli olarak hesaplanabilir. (8) eşitliği ile verilen doğrusal denklem sisteminin, sabitler vektörü;

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (10)$$

katsayılar matrisi;

$$A = \begin{bmatrix} 1 & x_1 \\ 1 & x_2 \\ 1 & x_3 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & x_n \end{bmatrix} \quad (11)$$

bilinmeyenler vektörü;

$$x = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

ve hata vektörü

$$\epsilon = \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \epsilon_3 \\ \dots \\ \epsilon_n \end{bmatrix} \quad (13)$$

olmak üzere, (8) eşitliğindeki denklem sisteminin

$$Ax + \epsilon = y \quad (14)$$

şeklinde matris gösterimi oluşturulur. Buradan

$$A^T Ax = A^T y \quad (15)$$

olarak elde edilen simetrik katsayılı denklem sisteminin çözümünden  $x$  bilinmeyen vektörünün elemanları olan  $a_0$  ve  $a_1$  katsayıları elde edilir. Elde edilen  $a_0$  ve  $a_1$  katsayılarını kullanarak  $(x_i, y_i)$  koordinat çiftleri arasındaki herhangi bir  $x$  değerine karşılık gelecek  $y$  değeri (6) eşitliği yardımıyla hesaplanabilir.

#### 1.6.1.3.2. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi

Tek bir bağımlı değişken ile iki veya daha fazla bağımsız değişkenin olduğu ve doğrusal bir fonksiyonla ifade edildiği regresyon modeli *çoklu doğrusal regresyon analizi* olarak tanımlanmaktadır. Çoklu doğrusal regresyon modelinde *bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler* arasındaki ilişki

$$y_i = a_0 + a_1 x_{i1} + a_2 x_{i2} + a_3 x_{i3} + \dots + a_{ik} x_{ik} + \epsilon_i \quad (16)$$

şeklinde tanımlanır. Burada  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  olmak üzere bağımlı-bağımsız değişken gruplarının sayısı,  $k$  ise  $i$ . bağımlı-bağımsızdeğişken grubundaki bağımsız değişkenlerin sayısıdır.  $y_i$ ,  $i$ . gruptaki bağımlı değişken,  $x_{i1}, \dots, x_{ik}$   $i$ . gruptaki bağımsız değişkenler,  $a_0$  bağımsız değişkenler  $0$  olduğunda  $y_i$  bağımlı değişkenin alacağı değer,  $a_1, \dots, a_{ik}$  değeri ise regresyon katsayılarıdır. Doğrusal fonksiyonun eğimi olarak ifade edilir.  $n > k$  olması koşulu ile gerçek değerler ( $y_i$ ) ile modelden tahmin edilen değerler ( $\hat{y}_i$ ) arasındaki fark olarak hesaplanacak  $\epsilon_i^2$  hatalarının kareleri toplamının minimum olmasını öngören EKK ilkesine göre (10) eşitliği ile oluşturulan amaç fonksiyonu ile  $a_0, a_1, \dots, a_{in}$  katsayıları hesaplanır.

Her bir bağımlı değişken ve ona ait bağımsız değişkenler arasındaki ilişki çoklu doğrusal regresyon modeline göre



$$\begin{aligned}
y_1 &= f(x_1) = a_0 + a_1x_{11} + a_2x_{12} + a_3x_{13} + \dots + a_{1k}x_{1k} + \epsilon_1 \\
y_2 &= f(x_2) = a_0 + a_1x_{21} + a_2x_{22} + a_3x_{23} + \dots + a_{2k}x_{2k} + \epsilon_2 \\
y_3 &= f(x_3) = a_0 + a_1x_{31} + a_2x_{32} + a_3x_{33} + \dots + a_{3k}x_{3k} + \epsilon_3 \\
&\dots \\
&\dots \\
y_n &= f(x_n) = a_0 + a_1x_{n1} + a_2x_{n2} + a_3x_{n3} + \dots + a_{nk}x_{nk} + \epsilon_n
\end{aligned} \tag{17}$$

olarak yazılan  $n$  adet doğru denklemiyle ifade edilir. (9) eşitliği ile verilen doğrusal denklem sisteminin, bağımlı değişkenlerin gerçek değerlerinden oluşan sabitler vektörü;

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix} \tag{18}$$

bağımsız değişkenlerden oluşan katsayılar matrisi;

$$A = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2k} \\ 1 & x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3k} \\ \dots & \dots & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \dots & \dots & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \dots & x_{nk} \end{bmatrix} \tag{19}$$

ve regresyon katsayılarından oluşan bilinmeyenler vektörü

$$x = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \dots \\ a_{1k} \end{bmatrix} \tag{20}$$

olmak üzere (14) eşitliğine göre matris gösterimi ile yazılabilir. Buradan (15) eşitliğine göre oluşturulan simetrik katsayılı denklem sisteminin çözümünden  $a_0, a_1, \dots, a_{ik}$  regresyon katsayıları hesaplanır.

### 1.6.1.3.3. Regresyon Modelinin Uygunluğunun ve Regresyon Katsayılarının Anlamlılığının Hipotez Testleri ile Testi

Regresyon modelinde  $x_i$  bağımsız değişken(ler)i ile  $y_i$  bağımlı değişkeni arasında, arasındaki doğrusal ilişkinin uygun olup olmadığı *Hipotez Testleri* yardımıyla yapılacak *Model Hipotezi Testleri* ve elde edilen regresyon katsayılarının tutarlı olup olmadığı yine Hipotez Testleri yardımıyla yapılacak *Anlamlılık Testleri* ile araştırılması gerekir.

Oluşturulan regresyon analizi modelinin uygunluğunu *Hipotez Testi* yoluyla test etmek için,

*Sıfır Hipotezi ( $H_0$ ): “ $x_i$ bağımsız değişkeni (değişkenleri) ile  $y_i$  bağımlı değişkeni arasında doğrusal bir ilişki vardır”*

*Seçenek Hipotezi ( $H_s$ ): “ $x_i$ bağımsız değişkeni (değişkenleri) ile  $y_i$  bağımlı değişkeni arasında doğrusal bir ilişki yoktur”*

şeklinde sıfır ve seçenek hipotezleri kurulur ve (14) eşitliğinde verilen modelde hataların  $\in \sim N(0, m_0^2 I_n)$  şeklinde standard normal dağılımda olduğu varsayılır. Buna göre ölçüler  $y \sim N(Ax, m_0^2 I_n)$  şeklinde normal dağılımdadır. (15) eşitliğindeki normal denklem sisteminin çözümü sonucunda elde edilen  $x$  bilinmeyenler vektörü yardımıyla

$$m_0^2 = \frac{(y - Ax)^T (y - Ax)}{n - u} \quad (21)$$

şeklinde edilir. Burada  $u$ , (14) eşitliğindeki bilinmeyen sayısı olup, basit doğrusal regresyon modeli için  $u = 2$ , çoklu doğrusal regresyon modeli için ise  $u = k + 1$ 'dir. Dengeleme sonucunda elde edilecek bilinmeyenler  $x \sim N(x, m_0^2 (A^T A)^{-1})$  şeklinde normal dağılımdadır. Burada

$$(A^T A)^{-1} = Q_{aa} \quad (22)$$

şeklinde bilinmeyenlerin ters ağırlık matrisidir.  $H_0$  ve  $H_1$  hipotezlerinin testi için test büyüklüğü

$$T = \frac{m_0^2}{s_0^2} \quad m_0^2 > s_0^2$$

ya da

$$T = \frac{s_0^2}{m_0^2} \quad s_0^2 > m_0^2 \quad (23)$$

olarak hesaplanır. Burada  $s_0^2$  birim ölçünün ortalama hatasının öncül (a priori) varyansdır. (23) eşitliğinden elde edilen değer, istatistik büyüklüktür ve Fisher dağılımına (F-dağılımı) uyar. Test büyüklüğünün, F-dağılım tablolarından  $\alpha = 0.05$  yanılma olasılığı ve  $m_0^2$  nin serbestlik derecesi  $f = n - u$ 'ye göre alınan

$$q = F_{f_1, f_2, 1-\alpha} \quad (\text{tek yönlü test için}) \quad (24)$$

ya da

$$q = F_{f_1, f_2, 1-\frac{\alpha}{2}} \quad (\text{çift yönlü test için})$$

değer ile karşılaştırılır. (23) eşitliğinden elde edilen test büyüklüğü, (24) eşitliğine göre elde edilen tablo değerinden küçük ise,

$$T < q \quad (25)$$

$H_0$  hipotezinin reddedilemeyeceğine ve  $H_s$  hipotezinin kabul edilemeyeceğine karar verilir. Yani “ $x_i$  bağımsız değişkeni (değişkenleri)  $y_i$  bağımlı değişkeni arasında doğrusal bir ilişki vardır” kararı geçerlidir. Tersisi durumda eğer,

$$T > q \quad (26)$$

ise  $H_s$  hipotezinin reddedilemeyeceğine ve  $H_0$  hipotezinin kabul edilemeyeceğine karar verilir. Yani “ $x_i$  bağımsız değişkeni (değişkenleri)  $y_i$  bağımlı değişkeni arasında doğrusal bir ilişki yoktur” kararı geçerlidir.

Regresyon modelinin uygunluğunun testinden sonra elde edilen regresyon parametrelerin anlamlılığı başka bir deyişle bağımsız değişken(ler)in modeldeki varlığı ile

de testin yapılması gerekir. Regresyon parametrelerinin anlamlılığı testi için *Sıfır Hipotezi* ve *Seçenek Hipotezi*

$$H_0: a_i = 0 \text{ “}a_i \text{ regresyon parametresi anlamlıdır”} \quad (27)$$

$$H_s: a_i \neq 0 \text{ “}a_i \text{ regresyon parametresi anlamlı değildir”}$$

olarak kurulur. Sıfır Hipotezi ve Seçenek Hipotezlerini test etmek için test büyüklüğü

$$T_i = \frac{|a_i|}{m_{a_i}} \quad (28)$$

şeklinde hesaplanır. Burada  $a_i$ , bilinmeyenler vektörünün ilgili regresyon katsayısını  $m_{a_i}$  ise

$$m_{a_i} = m_0 \sqrt{Q_{aiai}} \quad (29)$$

şeklinde hesaplanan karesel ortalama hatasını gösterir.  $Q_{aiai}$ , (22) eşitliğinden hesaplanan bilinmeyenlerin ters ağırlık matrisinin ilgili köşegen elemanıdır. (28) eşitliğinden elde edilen test değeri *t-dağılımına* uyar. (28) eşitliğinden elde edilen test büyüklüğü, t-dağılım tablolarından  $\alpha$  yanılma olasılığı ve  $f = n - u$  serbestlik derecesine göre alınan

$$q = t_{n-u, 1-\alpha} \quad (\text{tek yönlü test için}) \quad (30)$$

ya da

$$q = t_{n-u, 1-\frac{\alpha}{2}} \quad (\text{çift yönlü test için})$$

değeri ile karşılaştırılır. (28) eşitliğinden elde edilen test büyüklüğü, (30) eşitliğine göre elde edilen tablo değerinden küçük ise,

$$T < q \quad (31)$$

$H_0$  hipotezinin reddedilemeyeceğine ve  $H_s$  hipotezinin kabul edilemeyeceğine karar verilir. Yani “ $a_i$  regresyon parametresi anlamlıdır” kararı geçerlidir. Ters durumda eğer,

$$T > q \quad (32)$$

ise  $H_s$  hipotezinin reddedilemeyeceğine ve  $H_0$  hipotezinin kabul edilemeyeceğine karar verilir. Yani “ $a_i$  regresyon parametresi anlamlı değildir” kararı geçerlidir.

#### 1.6.1.3.4. Regresyon Katsayılarının Belirleyicilik Katsayısı ile Anlamlılığının Testi

Regresyon katsayılarını EKK ilkesi doğrultusunda tahmin ettikten sonra bu parametrelerin belirlediği doğrunun  $x$  ve  $y$ 'nin gözlemlerine ne derece iyi uyduğunun belirlenmesi gerekir. Yani gözlemlerin regresyon doğrusu etrafındaki dağılımlarının ölçülmesi gerekir. Gözlemler, doğruya ne kadar yakınsa  $y$ 'deki değişimin bağımsız değişkendeki değişimlerle açıklanması o kadar iyidir. Regresyon parametrelerinin belirlediği modelin kalitesini değerlendirmek başka bir ifadeyle, regresyon modelinin  $y$  bağımlı değişkenindeki değişimleri ne kadar açıklayabildiğini belirlemek için yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri de  $R^2$  Belirleyicilik Katsayısına bakmaktır.  $R^2$ , bağımlı değişkendeki toplam değişimin yüzde kaçının bağımsız değişken(ler)  $x$  tarafından açıklanabildiğini gösteren korelasyon katsayısının karesidir ve,

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (33)$$

şeklinde hesaplanır. Burada  $\hat{y}_i$  bağımlı değişkenin modelden hesaplanan değeri,  $y_i$  bağımlı değişkenin gerçek değeri,  $\bar{y}$  ise modeldeki tüm bağımlı değişkenlerin gerçek değerlerinin ortalamasıdır. (33) eşitliği ile hesaplanan belirleyicilik katsayısının karekökü olan  $R$  değeri,

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (34)$$

şeklindeki bağımlı değişkenlerin gerçek değerler vektörü ve

$$\hat{y} = Ax = \begin{bmatrix} \hat{y}_1 \\ \hat{y}_2 \\ \hat{y}_3 \\ \dots \\ \hat{y}_n \end{bmatrix} \quad (35)$$

olarak hesaplanan bağımlı değişkenlerin modelden hesaplanan değerleri vektörü arasındaki  $r_{y\hat{y}}$  Pearson korelasyon katsayısıdır.

### 1.6.2. Birleşik Enterpolasyon Yöntemleri

Jeostatistiksel olmayan enterpolasyon yöntemlerinin kombinasyonu ile uygulanan konumsal enterpolasyon yöntemleri, birleşik enterpolasyon yöntemleri olarak adlandırılmaktadır. Birleşik yöntemler regresyon modeli ve IDW ya da lapse rate yöntemlerinin kombinasyonu ile oluşturulmuştur.

#### 1.6.2.1. Birleştirilmiş Basit Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi

*Birleştirilmiş basit doğrusal regresyon ve IDW yöntemi*, basit doğrusal regresyon modeli ve IDW yönteminin birlikte kullanıldığı yöntemdir (Jarvis ve Stuart, 2001; Jeff vd., 2006 ve Vincente-Serrano vd., 2003). Literatürde bu yöntem basit doğrusal regresyon ve ters kare mesafesi (IDS) kombinasyonu olarak da bilinir. IDS, IDW yönteminde güç fonksiyonu  $p=2$  alınarak uygulanmış özel bir şeklidir. Bu birleştirilmiş yöntemde, ilk olarak dayanak noktaları arasındaki yükseklik farkları ( $h_1 - h_2$ ) bağımsız değişken, sıcaklık farkları ( $T_1 - T_2$ ) bağımlı değişken alınarak basit doğrusal regresyon modeli

$$(T_1 - T_2) = a_0 + a_1(h_1 - h_2) + \epsilon \quad (36)$$

şeklinde oluşturulur ve Bölüm 1.6.1.3.1.'de anlatıldığı şekilde EKK ilkesine göre  $a_0$  ve  $a_1$  regresyon katsayıları hesaplanır. Dayanak noktaları arasında oluşturulan bu basit doğrusal regresyon modeline göre hesaplanan regresyon katsayıları kullanılarak enterpolasyon yapılacak noktalardaki sıcaklık değerleri birleştirilmiş basit doğrusal regresyon ve IDW yöntemine göre

$$T_p = \frac{\sum_{i=1}^n W_i [T_i + a_0 + a_1(h_p - h_i)]}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (37)$$

eşitliğinden hesaplanır. Burada  $a_0$  ve  $a_1$  (36) eşitliğinden hesaplanan regresyon katsayıları,  $i$  ve  $p$  alt indisleri sırasıyla dayanak ve enterpolasyon noktasını göstermek üzere  $h$ , yükseklik ve  $T$  sıcaklığı  $W_i$  ise *Orijinal Shepard Yöntemine* göre (2) eşitliğinden elde edilen ağırlığı gösterir.

### 1.6.2.2. Birleştirilmiş Çoklu Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi (GIDS)

Birleştirilmiş Çoklu Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi (Gradient Plus Inverse Distance Squared -GIDS) istatistiksel modeli ilk olarak (Nalder ve Wein, 1998)' de, geniş konumsal ölçekteki iklim verilerinin enterpolasyonu için önerilmiştir. GIDS yöntemi, çoklu regresyon modeli ile IDS yöntemlerinin birleştirilmesinden oluşmuştur (Stahl vd. 2006). Sıcaklık, bağımlı değişken; enlem, boylam ve yükseklik ise bağımsız değişkenler olmak üzere çoklu doğrusal regresyon modeli,

$$T = a_0 + a_1\lambda + a_2\Phi + a_3h \quad (38)$$

eşitliği ile oluşturulur. Burada,  $T$  ilgili dayanak noktadaki sıcaklık değerini,  $\lambda$ ,  $\Phi$  ve  $h$  ise sırasıyla enlem, boylam ve yüksekliği ve  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  ve  $a_3$  regresyon katsayılarını gösterir. Regresyon katsayıları EKK ilkesine göre Bölüm 1.6.1.3.2.'den hesaplanır. Enterpolasyon yapılacak bölgedeki dayanak noktalarına ait sıcaklık, enlem, boylam ve yükseklik verileri yardımıyla hesaplanan regresyon katsayıları kullanılarak, enterpolasyon yapılacak noktalardaki sıcaklık değerleri GIDS yöntemiyle

$$T_p = \sum_{i=1}^n \left( \left( \frac{1}{d_i} \right)^2 \right)^{-1} \quad (39)$$

$$\times \sum_{i=1}^n \left\{ [T_i + a_1(\lambda_p - \lambda_i) + a_2(\Phi_p - \Phi_i) + a_3(h_p - h_i)] \left( \frac{1}{d_i} \right)^2 \right\}$$

eşitliği ile hesaplanır. Bu eşitlikte;  $n$  enterpolasyonda kullanılacak dayanak nokta sayısını,  $d_i$  enterpolasyon noktası ile dayanak noktası arasındaki yatay mesafeyi,  $T_i$  ve  $T_p$  sırasıyla dayanak ve enterpolasyon noktasındaki sıcaklık değerini,  $i$  ve  $p$  alt indisleri sırasıyla dayanak enterpolasyon noktasını göstermek üzere  $(\lambda, \Phi, h)$  noktadaki enlem, boylam ve yüksekliği temsil eder.

### 1.6.2.3. Birleştirilmiş Lapse Rate ve IDW Yöntemi

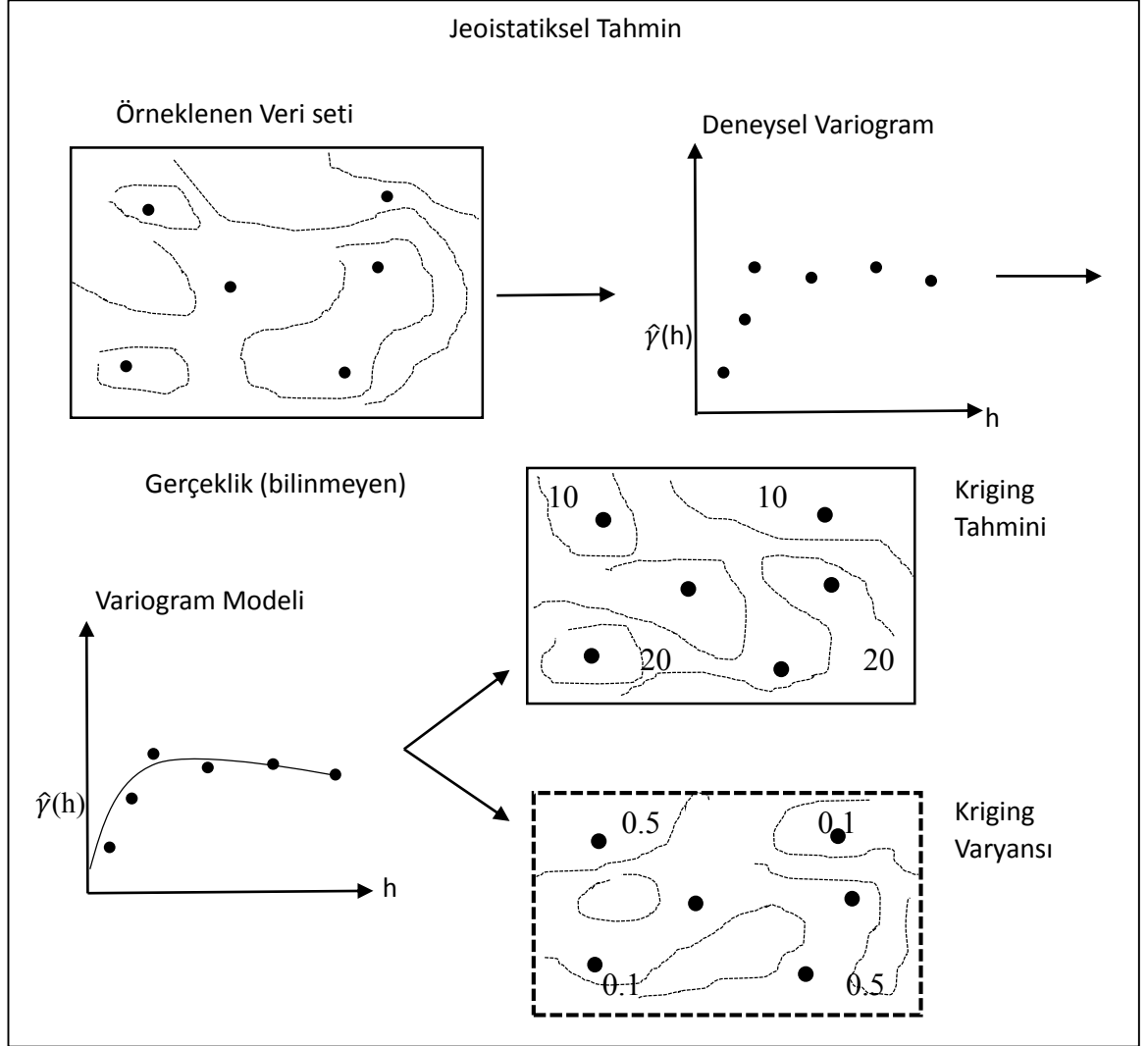
*Birleştirilmiş Lapse Rate ve IDW Yöntemi*ni uygulamak için öncelikle her bir dayanak noktasından enterpolasyon yapılacak noktaya olan mesafeleri kullanarak (2) eşitliğine göre  $w_i$  ağırlıkları hesaplanır. Daha sonra dayanak noktalarındaki sıcaklıklar (5) eşitliği ile deniz seviyesine indirgenir. Dayanak noktalarında deniz seviyesine indirgenmiş sıcaklıklar ve  $w_i$  ağırlıkları kullanılarak (1) eşitliğindeki gibi *Orijinal Shepard* eşitliği ile uygulanan IDW yöntemi ile enterpolasyon noktalarındaki deniz seviyesi sıcaklıkları elde edilmiş olur.

### 1.6.3. Jeostatistiksel Enterpolasyon Yöntemleri

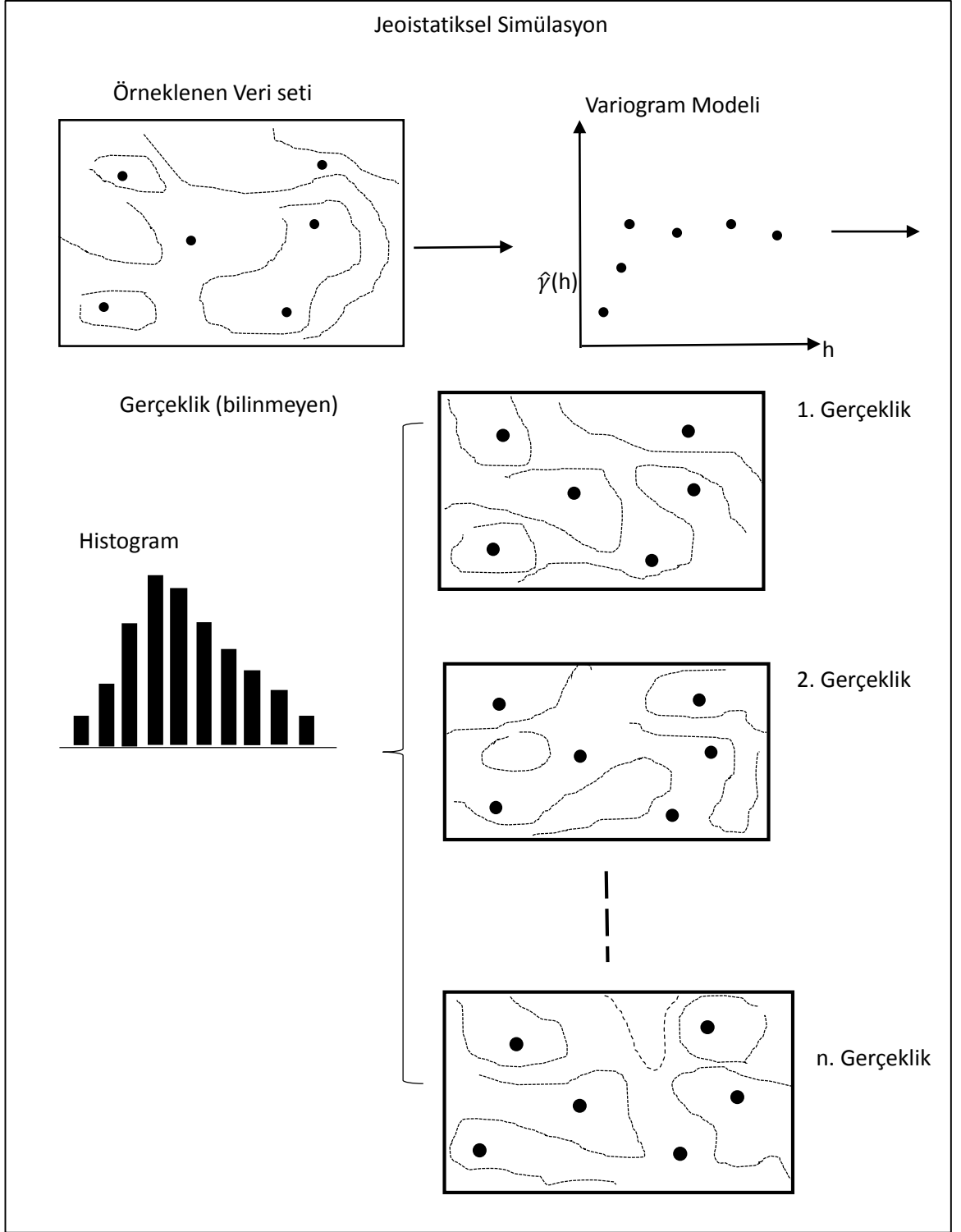
Jeostatistik, 1963 yılında Matheron' un bölgeleşen değişkenler teoremi ile geliştirilmiştir (Li ve Heap, 2008), birbirleriyle uzaysal ilişkiye sahip veriler aralarındaki mesafeyi istatistiksel yöntemlerle kullanarak veri olmayan bölgelerin tahminini yani enterpolasyonunu yapan bilim dalıdır. İki temel yöntemi: kriging ve simülasyondur. Jeostatistiğin genellikle maden araştırmaları jeoloji çalışmaları için Krige (1951) tarafından uygulandığı bilinmesine rağmen, fakat jeostatistik 1910'lu yıllara dayanan tarım ve meteoroloji (Webster ve Oliver, 2001) alanındaki çalışmalarda vardır.



Jeoistatistiğin amacı, bir alanın olası konumsal dağılımının *tahmin* (Şekil 4) ya da *simülasyon* (Şekil 5) yoluyla belirlenmesidir. Tahminde, bir tek, konumsal olayın en iyi tahmini üretilir. Tahmin verilerinin konumsal korelasyonunun en doğru şekilde temsil edildiği bir modele (variogram) dayanır. Bu tahmin genellikle *kriging yöntemi* ile üretilir (Ye Zhang, 2011).



Şekil 4. Geoistatikselsel Tahmin Akışı



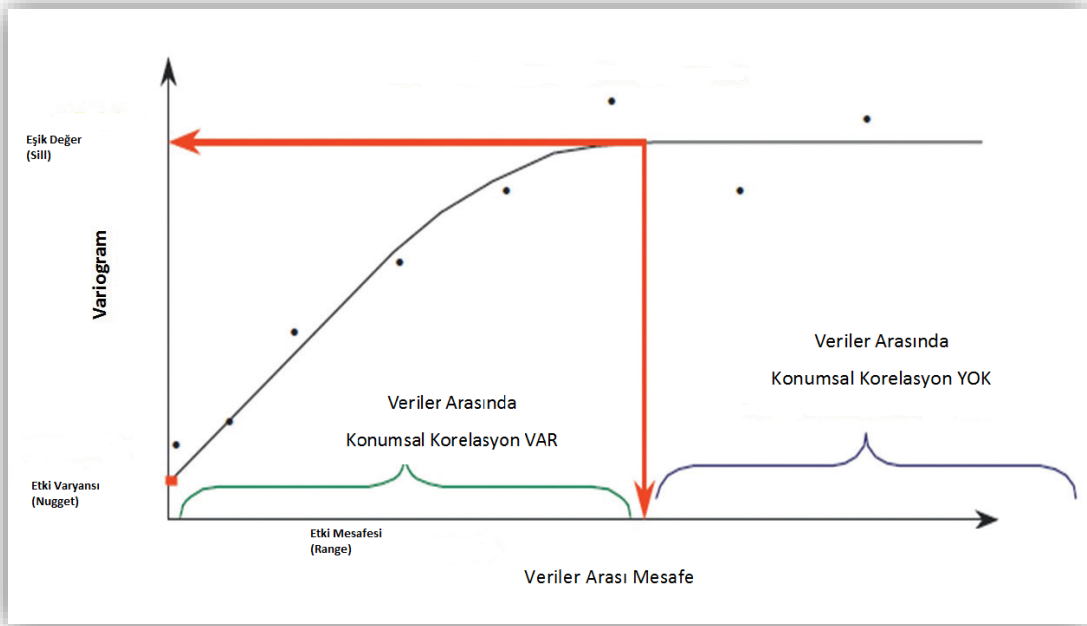
Şekil 5. Geoistatistiksel Simülasyon Akışı

### 1.6.3.1. Semivaryans

Bir yüzeydeki noktalar arasındaki ilişkinin derecesini vurgulamak için semivaryansı kullanılır. Sabit mesafe aralıklarına sahip bütün noktalar arasındaki farkların varyanslarının yarısı semivaryans olarak, (Isaaks ve Srivastava, 1989) tarafından tanımlanmıştır. Jeostatistiğin önemli bir kavramı olarak tanımlanan, iki veri noktası arasındaki semivaryans ( $\gamma$ );

$$\gamma(x_i, x_0) = \gamma(d) = \frac{1}{2} \text{var}[T(x_i) - T(x_0)] \quad (37)$$

eşitliği ile elde edilir. Burada  $h$ ,  $x_i$  ve  $x_0$  noktaları arasındaki mesafe ve  $\gamma(d)$  da (yaygın olarak variogram olarak tercih edilen) semivariogram olarak tanımlanır (Webster ve Oliver, 2001).  $\hat{\gamma}(d)$ 'in  $d$  mesafesine karşılık çizdirilmesi ile Şekil 6'daki deneysel variogram oluşturulur (Burrough ve McDonnell, 1998).



Şekil 6. Semivariogram Modeli Örneği

Belirli bir yöndeki semivaryans değerleri  $d$  mesafe değerlerine karşı grafiği çizilerek gösterilir (Şekil 6). Bu şekilde oluşturulan grafiğe semivariogram ya da deneysel variogram denir. Semivariogram,  $d$  mesafesi ile ayrılan veri noktaları arasındaki varyansın mesafe ile

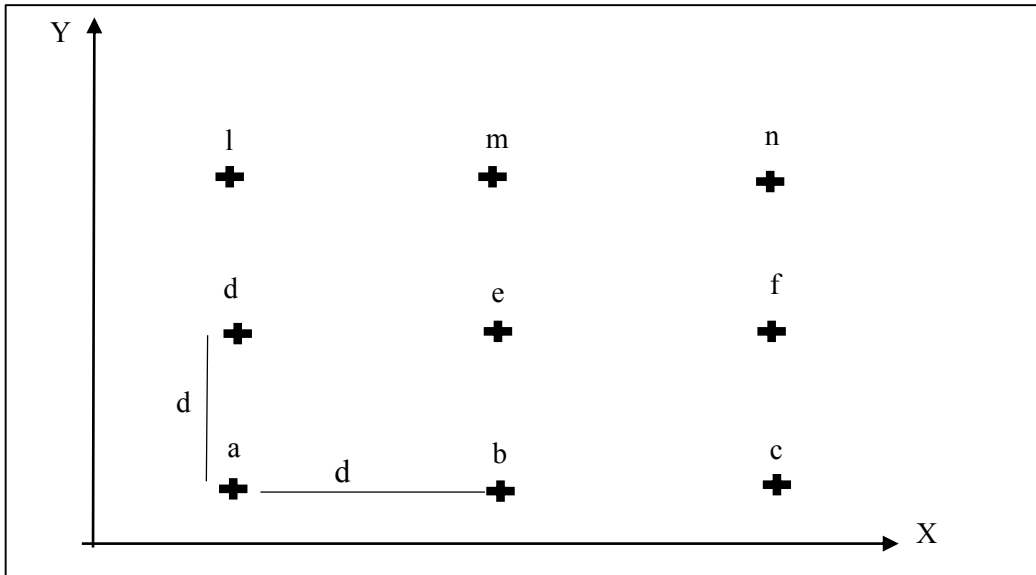
ilişkisini verir. Deneysel variogram grafiğinin parametreleri sill (eşik), nugget (etki varyansı), range (külçe, etki mesafesi), lag (ölçü değerleri arasındaki mesafe)' dir. Range, birbiri ile ilişkili veriler kümesi, sill verilerdeki toplam değişimi yaklaşık olarak ölçmedir. Range azaldığında, nugget arttığında lokal olarak varyans değerlerinin doğruluğu artar. Range, konumsal enterpolasyon yöntemlerinde kullanılan arama penceresinin boyutu hakkında bize bilgi sağlar (Burrough ve McDonnell, 1998). Semivaryans,

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{h_{ij}}^{N(h)} (T(x_i, y_i) - T(x_j, x_j))^2 \quad (38)$$

eşitliği ile hesaplanır.  $N(d)$ , d uzunluğundaki nokta çiftlerini,  $T_i$ , i noktasındaki değeri;  $T_j$ , j noktasındaki değeri ve  $\gamma(d)$ , d uzunluğundaki semivaryans değerini ifade eder.  $d_{ij}$ ;

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2} \quad (39)$$

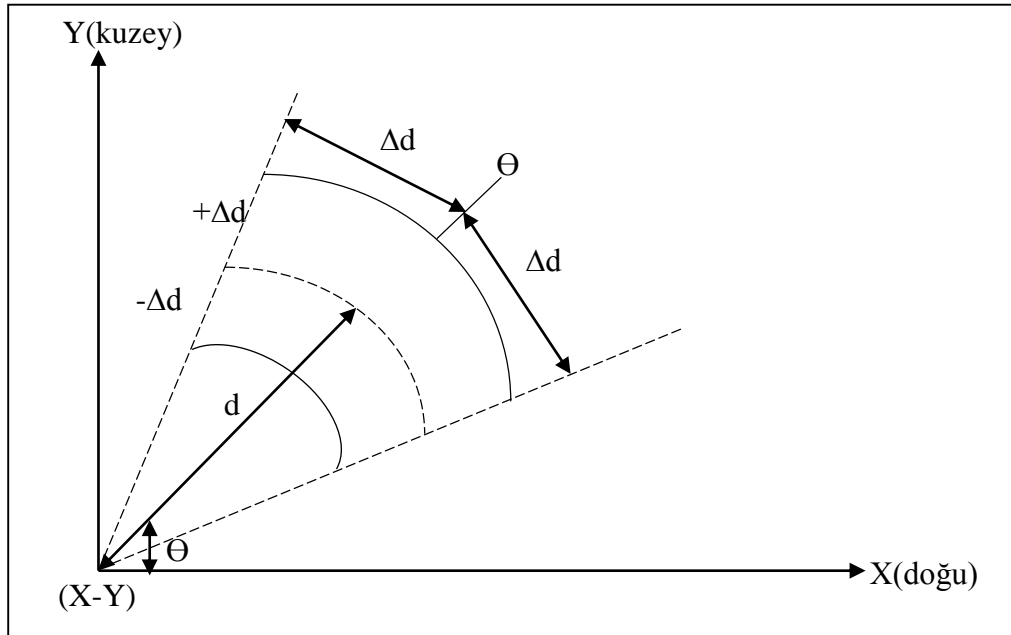
eşitliği ile i ve j noktaları arasındaki yatay uzunluğu ifade eder.



Şekil 7. X,Y Koordinat Düzleminde Düzgün Dağılımlı Noktalar Kümesi

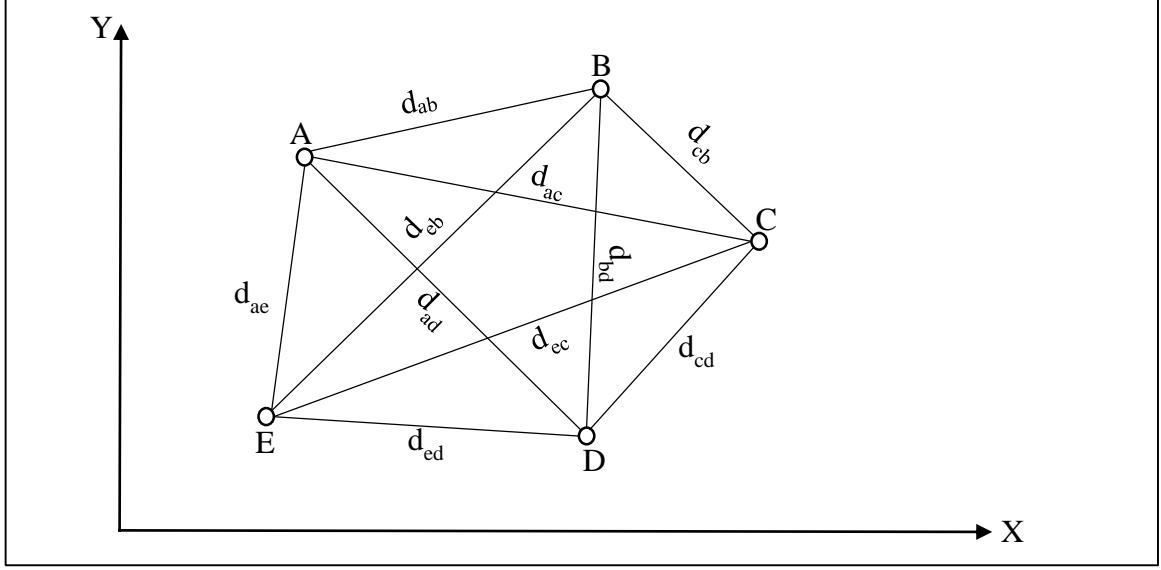
Bir variogramda veriler arasındaki mesafe (d) arttıkça semivaryans değeri de artar ve belli bir noktadan sonra bir sabit değere ulaşır. Yani bu noktadan sonra semivaryans değerleri arasındaki mesafeden etkilenmez. Semivariogramın bu şekilde yatay eksene paralel geldiği

bu noktadaki semivaryans değeri sill varyansıdır, semivariogramın sill varyansını yakaladığı yerdeki mesafede etki mesafesidir. Bu mesafeden sonra veriler arasında konumsal bir korelasyonun olmadığı rasgele değişim gösterdiği kabul edilir. Kriging yöntemi, bu şekilde belirlenen veri noktaları arasındaki konumsal bağımlılık ilişkisinden yararlanarak, ölçüm yapılmayan noktalardaki değerlerin tahmini için geliştirilmiş bir yöntemdir. Variogram yön ve uzaklığın bir fonksiyonudur. (39) eşitliği ile hesaplanan  $h_{ij}$  mesafesi kadar uzaklıktaki noktalar yön dikkate alınmaksızın hesaplanırsa; *yön bağımsız (omnidirectional)*, bölge içerisinde olası bütün  $d$  uzunluklarını sağlayan nokta çiftleri hesaba katılan variogramlar olarak adlandırılırlar. X ekseninden saat ibresinin tersi yönündeki herhangi bir  $\theta$  gibi oluşan açı yönündeki  $d$  uzunluklarına sahip nokta çiftleri dikkate alınarak variogramın bunlara göre hesabı yapılırsa, bu tip variogramlar *yön bağımlı variogram* olarak bilinir. Buna karşın, pratikte kullanılan dayanak noktaları her zaman birbiri aralarında eşit mesafe oluşturacak şekilde dağılıma sahip değildir.



Şekil 8. Variogramda Yön ve Uzaklık

Bu durumda, (39) numaralı eşitlikteki  $h$  uzunluğu sabit olarak alınmaz ve  $(d-\Delta d < d < d+\Delta d)$  şeklinde bir aralık içerisindeki değerlerin ortalaması olarak kabul edilir. Uzunluğu tolere edecek değer genellikle ilk seçilen  $d$  (lag mesafesi,gecikme uzaklığı) uzunluk miktarının yarısı olarak alınır, yani  $\Delta d=d/2'$  dir.



Şekil 9. Rasgele Dağılımlı Noktalar Kümesi

$$\gamma(d_{ort}) = \frac{1}{2N(d)} \sum_{d_{ij}}^{N(d)} (T(x_i, y_i) - T(x_j, x_j))^2 \quad (40)$$

eşitliği ile yeni semivaryans değeri hesaplanır. Burada  $d_{ort}$  i ve j noktaları arasındaki yatay uzaklık ve  $N(d)$  d için verilen  $\Delta d$  aralık ve  $\Delta\theta$  açı tolerans miktarı ile tanımlanan  $\theta$  yönündeki nokta çifti sayısıdır. Burada  $d_{ort}$ ;

$$d_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^{N(d)} d_{ij}}{n} \quad (41)$$

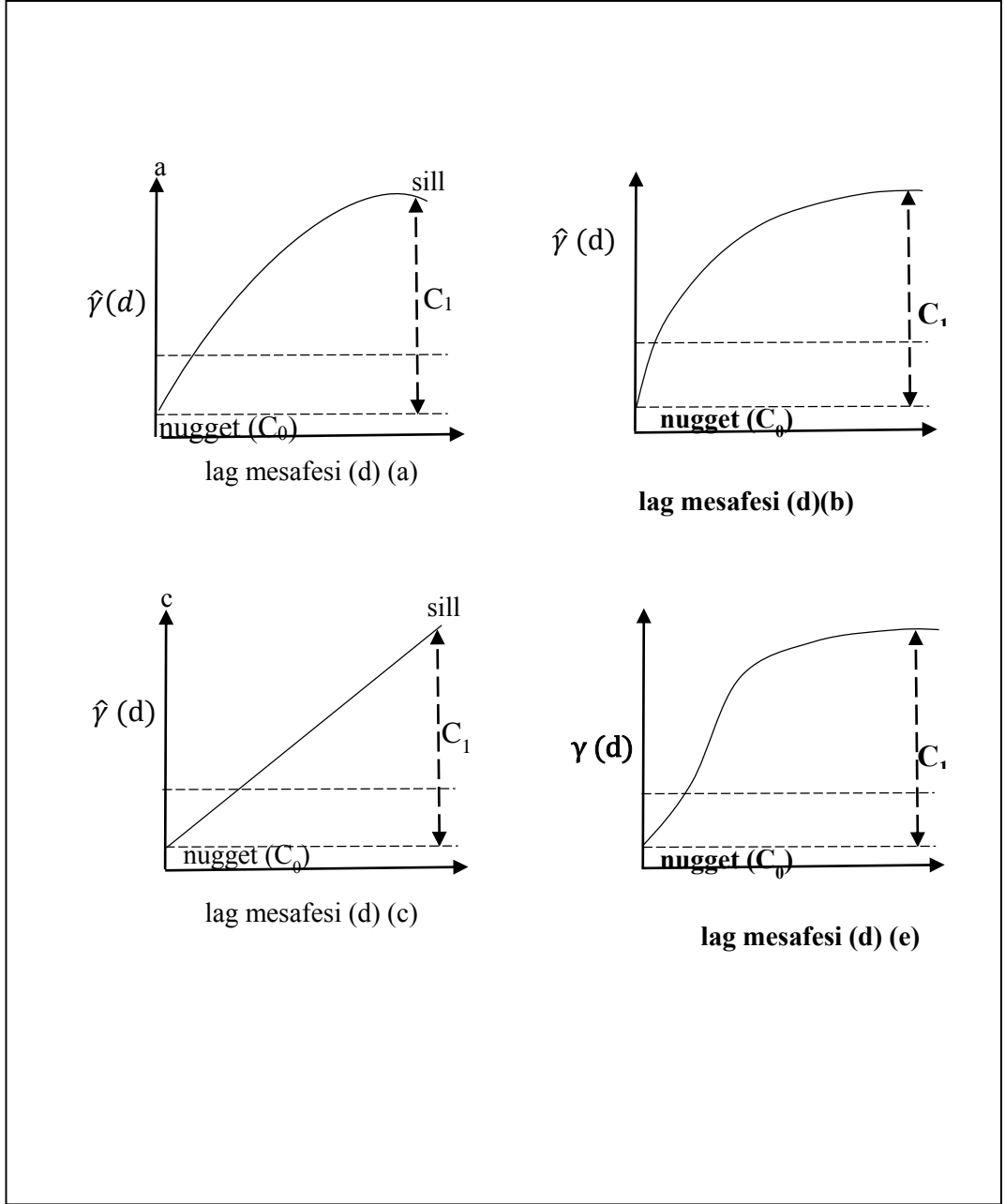
eşitliği ile hesaplanır.  $\theta$  yönündeki nokta çifti sayısı;

$$\theta_{ij} = \tan^{-1} \left( \frac{y_j - y_i}{x_j - x_i} \right) \quad (42)$$

eşitliği ile bulunur. Yön bağımsız variogram oluşturulmak istenildiğinde açı toleransı değerimiz olan  $\Delta\theta$  değeri  $90^\circ$  seçilir. Konumsal analiz, teorik variogram modeli ya da parametre değerlerinin belirlenmesi için yeterli sayıdaki  $d$  uzunluğunun katları ( $d, 2d, 3d, \dots$ ) kadar semivaryans değerlerinin hesaplanması gerekmektedir.

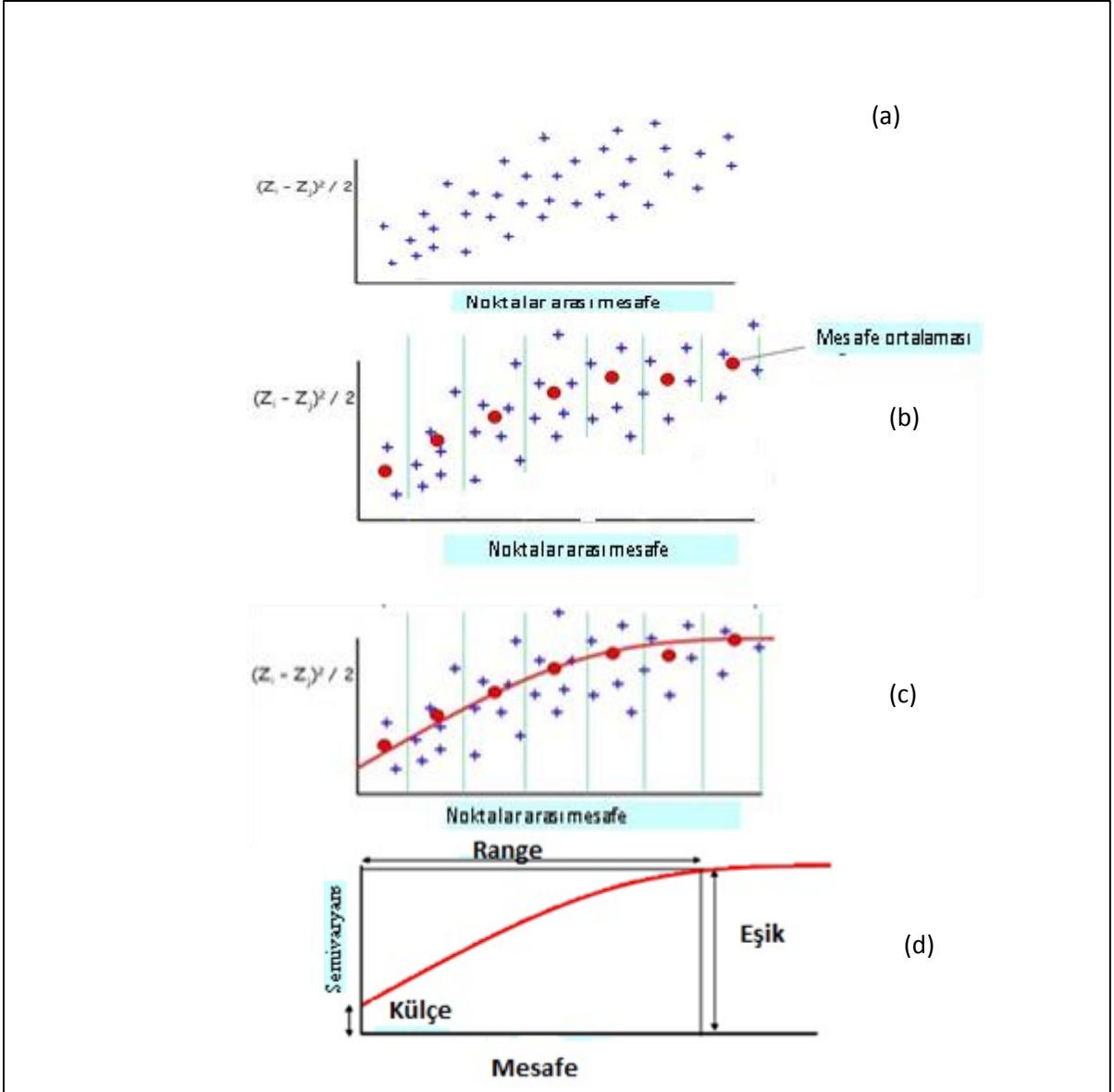
### 1.6.3.2. Variogram

Krigin yöntemini diğer yöntemlerden ayıran en büyük özelliği variogram modelidir. Variogram modelinin temel prensibi birbirine yakın olan noktaların değerlerinin, birbirine uzak olan noktalardaki yüzey değerlerine göre daha çok benzerlik gösterdiğidir. Böylece variogram modeli, dayanak noktaları arasındaki uzaklığın ve veri değerlerinin bir fonksiyonu olarak tanımlanır. Deneysel variogram dayanak noktaları arasındaki uzunluklardan hesaplandığı için, herhangi bir uzunluk içindeki variogram değerini hesaplamak güçtür. Deneysel variogram modelinde teorik variogramın belirlenmesi için çeşitli tahmin yöntemleri kullanılır. EKK ve maksimum olabilirlik yöntemi gibi. Variogram modelleme ve tahmini yapısal analiz ve konumsal enterpolasyon için bir hayli önemlidir (Burrough ve McDonnell, 1998). Variogram modelleri basit modellerden; Nugget, Üssel, Küresel, Doğrusal ve Güç modeli ya da bir veya daha basit modellerin iç içe toplamından meydana gelebilir (Burrough ve McDonnell, 1998; Pebesma, 2004; Webster ve Oliver, 2001; Li ve Heap, 2008). Şekil 10'da 4 tane yaygın olarak kullanılan variogram modeli Burrough ve McDonnell (1998) yılında yapmış oldukları eşitliklere dayandırılarak oluşturulmuştur.



Şekil 10. Yaygın olarak kullanılan 4 variogram modeli: (a) küresel; (b) üssel ; (c) doğrusal;(e) Gaussian (Burrough ve McDonnell, 1998).





Şekil 11. Deneysel ve Teorik Variogram Modeli Örneği (Alkanalka, 2005)

Variogram modeli oluşturmak için öncelikle verilen konumsal değişimlerine göre semivaryansları çizdirilir (Şekil 11-a), sonra veriler lag mesafelerine göre kümelere ayrılır (Şekil 11-b) ve her kümedeki semivaryansların ortalaması alınır. Konumsal değişimi bir teorik variogram modeli ile ifade etmek için daha önce de bahsedildiği gibi çeşitli fonksiyon modelleri kullanılabilir (Şekil 11-c). Şekil 11-d teorik variogram modelinin parametrelerini göstermektedir.

### 1.6.3.3. Basit Doğrusal Variogram Modeli

$\hat{\gamma}(d)$ ' ın belirli bir lag mesafesine göre grafik gösterimindeki ilişki düz bir doğru şeklinde ise, model doğrusal olarak kabul edilir (Şekil 10c). Doğrusal variogram modeli;

$$\gamma(d) = a_0 + a_1d \quad (43)$$

eşitliği ile gösterilir. Burada  $a_0$  doğrunun y eksenin kesim değeri,  $a_1$  doğrunun eğimi ve  $d$  iki nokta arasındaki uzaklıktır (Tüysüz ve Yaylalı, 2005).

### 1.6.3.4. Kriging Yöntemi

Kriging enterpolasyon yöntemi dayanak noktalarından alınan verileri kullanarak diğer noktadaki verilerin optimum değerlerini kestiren bir enterpolasyon yöntemidir (İnal vd. 2002). Jeostatistikte bir maden içerisindeki maden cevheri derecesinin değişimlerini tahmin etmek amacı ile kullanılmaktadır. Kriging yöntemi, semivariogramı kullanarak, bilinmeyen noktalardaki yansız değişimin tahminin optimal bir şekilde yapıldığı bir yöntemdir (Trangmar vd. 1985; Başkan,2004). Bundan dolayı kriging yöntemine en iyi lineer yansız kestirimci (BLUP, best linear unbiased predictor) ya da en iyi lineer yansız hesaplayıcı (BLUE, Best Linear Unbiased Estimator) adları da verilir (Boogaart ve Schaeben 2002).

Kriging yöntemi, çevredeki ölçülen değerlerden her konum için bir ağırlık hesabının yapılmasında IDW yöntemine benzer. Bununla birlikte bu ağırlıklar, sadece ölçüm ve tahmin edilen noktalar arasındaki mesafeye dayanmaz aynı zamanda bütün ölçüm noktaları arasında konumsal dizilime de dayanır.

Kriging yöntemi ile enterpolasyon yapılırken belirli bir sıra ile işlemler yapılır. Kriging yöntemi ile enterpolasyon yapılırken öncelikle deneysel variogram oluşturulur. Bu aşamada Kriging, diğer enterpolasyon yöntemleri gibi yakın noktalar uzaktaki noktalara göre birbirine daha çok benzer özellik içerir varsayımı üzerine temellerini kurar. Deneysel variogram bu ilişkinin manasını keşfetmek için kurulur. Nokta çiftleri arasında yakın olanların uzaktaki noktalara göre daha az mesafeye sahip olmaları gerekir. Bu varsayım doğru ise deneysel variogram incelenir. Bu aşamadan sonra uygun teorik variogram modeli

seçimine geçilir. Model seçilirken EKK ve maksimum olabilirlik gibi yöntemleri kullanılabilir.

Kriging ile yaptığımız kestirimin doğruluğu veya geçerliliği aşağıdaki faktörlere bağlıdır.

Bunlar;

- Dayanak noktalarının sayısı ve ölçü kalitesi,
- Dayanak noktalarının alan içerisindeki konumları; dayanak noktalarının topografyayı temsil edebilme yeteneği,
- Tahmin yapılacak noktalarla, dayanak noktaları arasındaki uzaklık; tahmini yapılacak nokta veya blokların, dayanak noktalarına yakın olması daha iyi sonuç verecektir.

Kriging yöntemi ağırlıklı ortalama yöntemine benzer bir şekilde yakındaki noktalardan daha fazla etkilenmeyi sağlayan bir ağırlık modeli kullanır.

Kriging yönteminin genel denklemi,

$$T_p = \sum_{i=1}^n W_i T_i \quad (44)$$

eşitliği şeklindedir.  $T_p$ ,  $P$  noktasının aranan değeri,  $W_i$ , her bir  $T_i$  ye karşılık gelen ağırlık değerleri,  $T_i$  kullanılan dayanak noktaların değerleri ve  $n$  kullanılan nokta sayısıdır.

Kriging yönteminde  $W_i$  ağırlıklarının belirlenmesi en temel sorundur. Ağırlıklar, variogram modelinin doğrudan fonksiyonu olup, enterpolasyon değerini doğrudan etkilemektedir.

Kriging yönteminin yaygın olarak kullanılan çeşitleri;

- Simple Kriging
- Ordinary (Punctual) Kriging
- Universal Kriging
- Block Kriging
- Indicator Kriging

- Disjunctive Kriging
- Cokkriging'dir (İnal ve Yiğit, 2003).

#### 1.6.3.4.1. Ordinary Kriging

Ordinary Kriging ile ara değer kestirimi yapılacaksa ilk işlem, enterpole edilecek noktalar kümesinden variogramı oluşturmaktır. Burada oluşturulan variogram, deneysel ve teorik (model) variogram olmak üzere iki kısımdan oluşur. Deneysel variogram her noktanın varyansının hesaplanması ile bulunur. İkinci aşamada teorik variogram seçilir (Azat 2009). Variogram fonksiyonundan ağırlıkların belirlenirken,

$$Var[\widehat{T}_p - T_p] = \min \quad (45)$$

olması koşuluna göre üretilen

$$\begin{aligned} W_1\gamma(d_{11}) + W_2\gamma(d_{12}) + \dots + W_n\gamma(d_{1n}) &= \gamma(d_{1p}) \\ W_1\gamma(d_{21}) + W_2\gamma(d_{22}) + \dots + W_n\gamma(d_{2n}) &= \gamma(d_{2p}) \\ \dots \dots \dots + \dots \dots \dots + \dots \dots \dots &= \dots \dots \dots \\ W_1\gamma(d_{n1}) + W_2\gamma(d_{n2}) + \dots + W_n\gamma(d_{nn}) &= \gamma(d_{np}) \end{aligned} \quad (46)$$

lineer denklem sistemine göre çözümlenir. Matris gösterimi ile

$$\gamma W = \gamma_0 \quad (47)$$

elde edilir.  $\gamma$  dayanak noktaları arasında oluşan olası tüm çiftlerin variogram değerlerine ilişkin n- boyutlu kare matris, W n-boyutlu ağırlık bilinmeyenleri vektörü;  $\gamma_0$ , n boyutlu enterpole edilecek nokta ile dayanak noktaları arasındaki variogram değerleri vektörüdür. Enterpolasyonun yansız olması için;

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad (48)$$

ağırlık toplamının 1'e eşit olması şartı aranır. Buradaki ağırlık IDW enterpolasyon yöntemine benzerdir. IDW ile bulunan ağırlık sadece noktalar arası mesafeye bağlıdır. Ordinary Kriging ile bulunan ağırlık semivariograma, mesafe ise tahmin noktalarına ve tahmin noktası ile etrafındaki ölçüm noktaları arasındaki konumsal ilişkiye bağlı olması açısından IDW ağırlıklarından farklıdır. Bu durumda (46) nolu denklem sistemi,

$$\begin{aligned}
 W_1\gamma(d_{11}) + W_2\gamma(d_{12}) + \dots + W_n\gamma(d_{1n}) &= \gamma(d_{1p}) \\
 W_1\gamma(d_{21}) + W_2\gamma(d_{22}) + \dots + W_n\gamma(d_{2n}) &= \gamma(d_{2p}) \\
 \vdots & \\
 W_1\gamma(d_{n1}) + W_2\gamma(d_{n2}) + \dots + W_n\gamma(d_{nn}) &= \gamma(d_{np}) \\
 W_1 + W_2 + \dots + W_n &= 1
 \end{aligned} \tag{49}$$

halini alır. (49) nolu denklem sistemine bakıldığında  $n$  tane bilinmeyen ve  $(n+1)$  tane denklem vardır. Çözümün yansız olması için (LÇ) Lagrange çarpanı eklenir. Lagrange çarpanı ile denklem sayısı bilinmeyen sayısına eşitlenir ve (49) nolu denklem sistemi;

$$\begin{aligned}
 W_1\gamma(d_{11}) + W_2\gamma(d_{12}) + \dots + W_n\gamma(d_{1n}) + L\zeta &= \gamma(d_{1p}) \\
 W_1\gamma(d_{21}) + W_2\gamma(d_{22}) + \dots + W_n\gamma(d_{2n}) + L\zeta &= \gamma(d_{2p}) \\
 \dots + \dots + \dots &= \dots \\
 W_1\gamma(d_{n1}) + W_2\gamma(d_{n2}) + \dots + W_n\gamma(d_{nn}) + L\zeta &= \gamma(d_{np}) \\
 W_1 + W_2 + \dots + W_n + L\zeta &= 1
 \end{aligned} \tag{50}$$

olur. Matris gösterimi ile

$$\gamma W = \gamma_0 \tag{51}$$

yazılabilir. Burada;

$$\gamma = \begin{bmatrix} \gamma(d_{11}) & \gamma(d_{12}) & \dots & \gamma(d_{1n}) & 1 \\ \gamma(d_{21}) & \gamma(d_{22}) & \dots & \gamma(d_{2n}) & 1 \\ \dots & \dots & \ddots & \dots & \dots \\ \gamma(d_{n1}) & \gamma(d_{n2}) & \dots & \gamma(d_{nn}) & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} W = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_P \\ L\zeta \end{bmatrix} \gamma_0 = \begin{bmatrix} \gamma(d_{1p}) \\ \gamma(d_{2p}) \\ \vdots \\ \gamma(d_{np}) \\ 1 \end{bmatrix} \tag{52}$$

olmak üzere  $W$  bilinmeyenler vektörü,

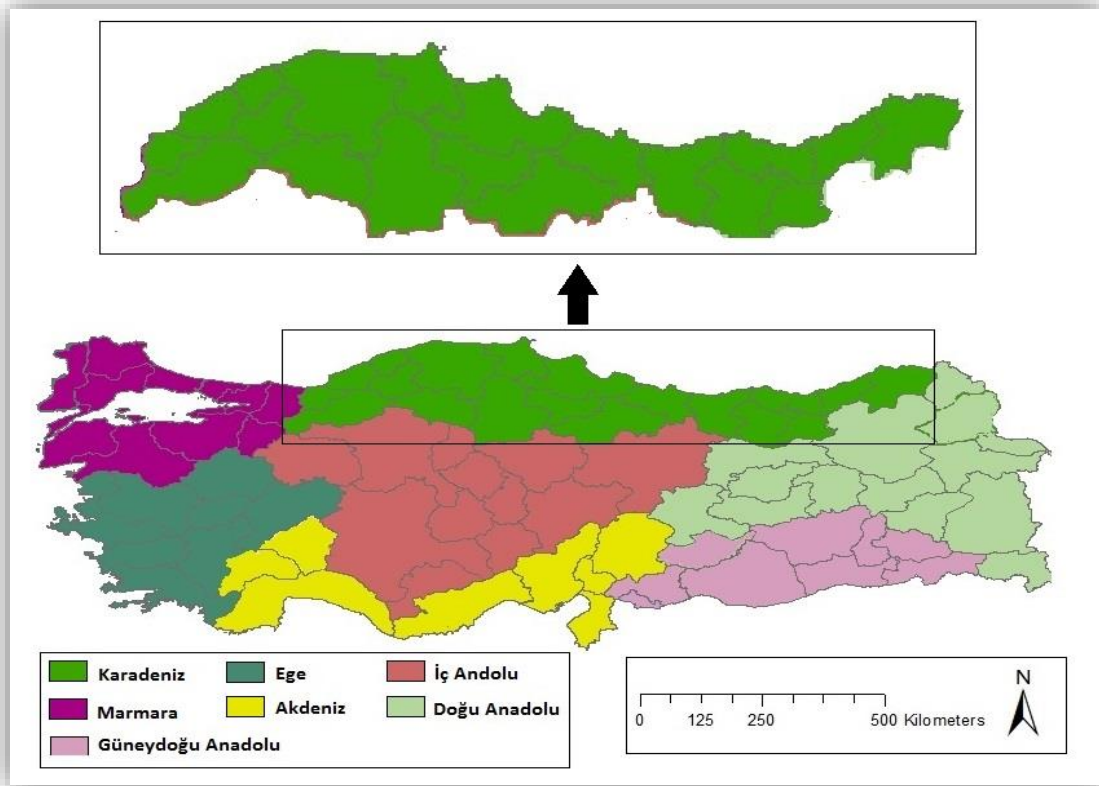
$$W = \gamma^{-1}\gamma_0 \quad (53)$$

eşitliği ile hesaplanır (İnal ve Yiğit, 2003; URL 1-2). Ağırlıklar belirlendikten sonra Kriging genel denklemini (44) eşitliğinde yerine konularak aranılan değer bulunur.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Çalışma Alanı

Bu tez çalışmasında kullanılan veriler, Türkiye'nin Doğu-Batı doğrultusunda 1400 km, Kuzey-Güney doğrultusunda 100-200 km bir şerit halinde Karadenize paralel olarak uzanan ve 3. büyük bölgesi olarak da bilinen Karadeniz Bölgesi'nde Meteoroloji Genel Müdürlüğü bünyesinde işletilen toplam 52 istasyonda 1981-2012 yılları arasında kaydedilen “*günlük ortalama sıcaklık verileri*” dir. Karadeniz Bölgesi, doğu-batı genişliği en fazla olan bölge olup, Amasya, Artvin, Bayburt, Bolu, Çorum, Düzce, Giresun, Gümüşhane, Karabük, Kastamonu, Ordu, Rize, Samsun, Sinop, Tokat, Trabzon ve Zonguldak bölgede bulunan illerdir. Bölgenin tümü doğal, ekonomik ve beşeri özellikler bakımından benzer özellikler gösterir. Ancak yer şekilleri, iklim, tarım, yerleşme ve ekonomik etkinliklere bağlı Batı, Orta ve Doğu Karadeniz olarak üç bölgeye ayrılmıştır (Şekil 12).



Şekil 12. Çalışma Alanı

➤ Bölgenin coğrafi yapısı;

Bölgenin yeryüzü şekillerini III. jeolojik devirde Alp kıvrımları sonucu oluşan doğu-batı yönündeki Kuzey Anadolu Dağları ile bu dağlar arasındaki oluklar oluşturmaktadır. Batıda üç kuşak halinde uzanan bu dağlar kuzeyden güneye doğru; Küre, Bolu-Ilgaz ve Köroğlu dağları şeklindedir. Ortada Canik Dağları ve Doğuda ise iki kuşak halindeki kuzeyde Giresun-Rize Dağları, güneyde ise Mescit, Kop ve Çimen dağları şeklindedir. Karadeniz boyunca uzanan dağların yükseltileri batıda 2000 m civarında olup, Orta Karadeniz'de 1000 m'ye kadar inmekte, doğuda ise yükselti 4000 m'ye çıkmaktadır (en yüksek yer Rize'de Kaçkar dağıdır). Dağların kıyıya paralel uzanması nedeniyle kıyıları fazla girintili - çıkıntılı değildir. Küçük koylar hariç, kıyılarda önemli girinti ve çıkıntı yoktur. Bu nedenle Sinop limanı dışında, büyük gemileri barındıracak doğal limandan yoksundur. Güçlü dalgalar, kıyıda falez oluşumuna neden olur. Kıyıları boyuna kıyı tipi özelliğini taşır. Kızılırmak ve Yeşilirmak ağzında oluşan deltalar dışında, kıyı çoğu yerde diktir. Bölgenin kuzeye bakan yamaçlarında, yamaç yağışları artmıştır. Kıyı kesim ile iç kesim arasında önemli iklim farklılıkları ve buna bağlı olarak da tarımı yapılan ürün çeşidinde değişiklikler görülmektedir. Yağış ve eğimin fazla olması, zeminde killi toprağın bulunması, bölgede heyelanlara yol açar. Heyelan olayının en fazla görüldüğü bölgemizdir. Bölgenin en önemli akarsuları, Çoruh (Türkiye'nin en hızlı akışlı akarsuyudur), Yeşilirmak, Kızılırmak, Bartın (Üzerinde ulaşımın yapılabildiği tek akarsuyumuzdur) ve Yenice (Filyos) çayları ile bir bölümü bölgede yer alan Sakarya'dır. Bölgedeki başlıca göller; Tortum, Sera, Abant ve Yedigöller (heyelan set gölleri) ve Uzungöl (alüvyon set gölü)'dür.

➤ Bölgenin iklim ve bitki örtüsü;

Türkiye'nin en fazla yağış alan bölgesi olan Karadeniz bölgesinde yıllık sıcaklık farkı azdır. Yazları serin, kışları ılıktır. Bölgede en fazla yağış alan il, güneyindeki yüksek dağların hakim rüzgar yönüne dik olması nedeniyle (2400 mm) Rize'dir ve yıllık yağış miktarı 1500 mm kadardır. Dağlar kıyı kesimin nemli havasının iç kısımlara geçmesini engellediği için Bölgenin kıyı ile iç kesimleri arasında önemli iklim farkları görülür. Kıyıdan iç kesimlere doğru gidildikçe hem yağış oranı azalmakta, hem de karasallık nedeniyle sıcaklıklar düşmektedir. Karasal iklimin görüldüğü yerlerde yazlar sıcak, kışlar soğuk ve kar yağışlıdır.

Dağların yükselti ve doğrultusu nedeniyle Orta Karadeniz'de denizel iklimin yayılma alanı, Doğu ve Batı Karadeniz'e oranla daha geniştir. Orta Karadeniz Bölümü'nde dağların iç kısımlardan başlaması nedeniyle yağış miktarında azalma görülür. Yıllık yağış 700 mm'ye kadar iner. Batıya doğru yağışlar tekrar artış gösterir, yıllık 1000 mm'yi geçer.

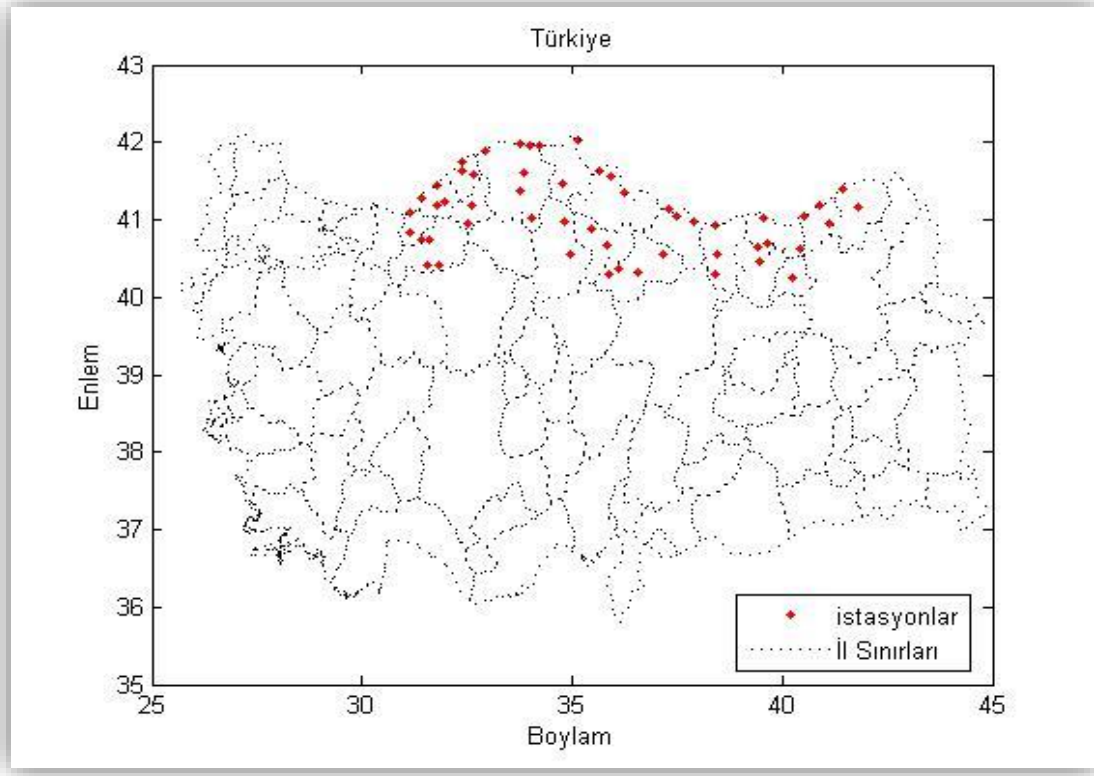


Bölgede dağların denize bakan yamaçları bol yağış aldığından gür ormanlarla kaplıdır. İç kısımlara gidildikçe soğuğa dayanıklı ağaç türleri ile bozkırlar bitki örtüsünü oluşturur. Kıyıdan yamaç boyunca yükseldikçe sıcaklığın düşmesine bağlı olarak bitki örtüsünün değiştiği görülür. Kıyıdan 800 metre yüksekliğe kadar olan alanda yayvan yapraklı ağaçlar, 800 - 1500 metre arasında karışık yapraklı, 1500-2000 metreye kadar olan alanda iğne yapraklı ağaçlar, 2000 metreden sonra ise dağ çayırları görülmektedir.

Bölgenin yağış dağılışında hakim rüzgar yönü ile yamaçların konumu ve yükseltisi en önemli etkenlerdir. Batı Karadeniz ile Doğu Karadeniz'in yıllık ortalama yağış miktarının Orta Karadeniz'den fazla olmasında; Batı ve Doğu Karadeniz'de kıyının hakim rüzgâr yönüne dik uzanması ve yükseltinin artması rol oynar. Kıyılardaki yağış miktarının fazla ve düzenli oluşuna bağlı olarak; akarsuların debileri yüksektir.

## 2.2. Kullanılan Veriler

Meteoroloji istasyonlarında kaydedilen *günlük ortalama sıcaklık* verileri ve bu istasyonların konum bilgileri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü tarafından veri kullanım izni konusunda Meteoroloji Genel Müdürlüğüne yazılan resmi izin talebiyle 08.03.2013 tarihinde elde edilmiş ve bu çalışmada kullanılmıştır (Şekil 13). Çalışmada öncelikle, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden 1981-2012 yılları arasında Doğu Karadeniz, Orta ve Batı Karadeniz'deki yaklaşık 32 yıllık 52 istasyona ait temin edilen "*günlük ortalama sıcaklık*" verileri ve bu istasyonların ED 50 (European Datum 50) sistemindeki enlem, boylam ve yükseklik değerleri çalışmanın amacına uygun olacak şekilde MS Excel çalışma ortamı ve MATLAB ile yazılan program kodları yardımıyla düzenlenmiş ve yeni veri dosyaları oluşturulmuştur (Tablo 1).



Şekil 13. Karadeniz Bölgesi Meteoroloji İstasyonlarının İllere Göre Dağılımı

1981-2012 yıllarında ölçümleri yapılmış olan, kullanılan meteoroloji gözlem istasyonlarının özelliklerine ilave olarak istasyonlara istasyon kodu adını verdiğimiz şehir ve istasyon adlarının kısaltmalarından oluşan isimler verilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. İstasyon bilgileri

No	İst. No	İst. Kodu	İl	İlçe	İstasyon Adı	Enlem (derece)	Boylam (derece)	Yükseklik (m)	Yıllar
1	17015	DZC-Akçakoca	DÜZCE	AKÇAKOCA	Akçakoca	41.08950	31.137400	10	1981-2012
2	17018	ZNG-Acısü	ZONGULDAK	KARADENİZ EREĞLİ	Acısü Tepesi Radar	41.18133	31.79852	1112	2007-2012
3	17020	BRTN-Merkez	BARTIN	MERKEZ	Bartın	41.62483	32.35691	33	1981-2012
4	17022	ZNG-Merkez	ZONGULDAK	MERKEZ	Zonguldak Bölge	41.44924	31.77792	135	1981-2012
5	17024	KAST-İnebolu	KASTAMONU	İNEBOLU	İnebolu	41.97894	33.76363	64	1981-2012
6	17026	SNP-Merkez	SİNOP	MERKEZ	Sinop	42.02992	35.15447	32	1981-2012
7	17030	SAM-Atakum	SAMSUN	ATAKUM	Samsun Bölge	41.34350	36.25533	4	1981-2012
8	17033	OR-Merkez	ORDU	MERKEZ	Ordu	40.98383	37.88583	5	1981-2012
9	17034	GRS-Merkez	GİRESUN	MERKEZ	Giresun	40.92267	38.38783	38	1981-2012
10	17040	RZ-Merkez	RİZE	MERKEZ	Rize	41.04000	40.50133	3	1981-2012
11	17042	ART-Hopa	ARTVİN	HOPA	Hopa	41.40650	41.43300	33	1981-2012
12	17045	ART-Merkez	ARTVİN	MERKEZ	Artvin	41.17517	41.81867	625	1981-2012
13	17070	BL-Merkez	BOLU	MERKEZ	Bolu	40.73289	31.60218	743	1981-2012
14	17072	DZC-Merkez	DÜZCE	MERKEZ	Düzce	40.84366	31.14875	146	1981-2012
15	17074	KAST-Merkez	KASTAMONU	MERKEZ	Kastamonu	41.37097	33.77561	800	1981-2012
16	17078	KRBK-Merkez	KARABÜK	MERKEZ	Karabük	41.19626	32.62165	259	1981-2012
17	17083	AMAS- Merzifon	AMASYA	MERZİFON	Merzifon	40.87933	35.45850	754	1989-2012
18	17084	ÇRM-Merkez	ÇORUM	MERKEZ	Çorum	40.54612	34.93622	776	1981-2012
19	17085	AMAS-Merkez	AMASYA	MERKEZ	Amasya	40.66683	35.83533	409	1981-2012
20	17086	TKT-Merkez	TOKAT	MERKEZ	Tokat	40.33117	36.55767	611	1981-2012
21	17088	GÜM-Merkez	GÜMÜŞHANE	MERKEZ	Gümüşhane	40.45983	39.46533	1216	1981-2012
22	17089	BAY-Merkez	BAYBURT	MERKEZ	Bayburt	40.25466	40.22074	1584	1981-2012
23	17569	TRB-Uzungöl	TRABZON	ÇAYKARA	Uzungöl	40.61933	40.44350	1114	2011-2012
24	17602	BRTN-Amasra	BARTIN	AMASRA	Amasra	41.75256	32.38270	73	1981-2012
25	17604	KAST-Cide	KASTAMONU	CİDE	Cide	41.88220	32.94762	36	1981-2012
26	17606	KAST-Bozkurt	KASTAMONU	BOZKURT	Bozkurt	41.95968	34.00369	167	1981-2012

Tablo 1.in devamı istasyon bilgileri

No	İst. No	İst. Kodu	İl	İlçe	İstasyon Adı	Enlem (derece)	Boylam (derece)	Yükseklik (m)	Yıllar
27	17611	ZNG-Ereğli	ZONGULDAK	KARADENİZ EREĞLİ	Karadeniz Ereğli	41.95968	31.43278	19	2007-2012
28	17613	ZNG-Devrek	ZONGULDAK	DEVREK	Devrek	41.23473	31.96894	100	2007-2012
29	17615	BRTN-Ulus	BARTIN	ULUS	Ulus	41.58185	32.63698	162	2007-2012
30	17618	KAST-Devrekani	KASTAMONU	DEVREKANI	Devrekani	41.59957	33.83455	1050	1981-2012
31	17620	SNP-Boyabat	SİNOP	BOYABAT	Boyabat	41.46302	34.78529	350	1981-2012
32	17622	SAM-Bafra	SAMSUN	BAFRA	Bafra	41.55148	35.92473	103	1981-2012
33	17623	SAM-Alaçam	SAMSUN	ALAÇAM	Alaçam	41.63065	35.63526	7	2007-2012
34	17624	OR-Ünye	ORDU	ÜNYE	Ünye	41.14300	37.29300	16	1981-2012
35	17625	KAST-Çatalzeytin	KASTAMONU	ÇATALZEYTİN	Çatalzeytin	41.95376	34.21796	75	2007-2012
36	17626	TRB-Akçaabat	TRABZON	AKÇAABAT	Akçaabat	41.03250	39.56150	3	1981-2012
37	17628	RZ-Pazar	RİZE	PAZAR	Pazar	41.17767	40.89933	78	2007-2012
38	17637	BL-Boludağı	BOLU	MERKEZ	Bolu Dağı	40.74024	31.41908	948	2007-2012
39	17641	KRBK-Eskipazar	KARABÜK	ESKİPAZAR	Eskipazar	40.94422	32.53307	757	2007-2012
40	17650	KAST-Tosya	KASTAMONU	TOSYA	Tosya	41.01324	34.03665	870	1981-2012
41	17652	ÇRM-Osmancık	ÇORUM	OSMANCIK	Osmancık	40.97871	34.80114	419	1981-2012
42	17681	TKT-Zile	TOKAT	ZİLE	Zile	40.29600	35.89050	719	1981-2012
43	17682	GRSŞebinkarahisar	GİRESUN	ŞEBİNKARAHİSAR	Şebinkarahisar	40.28717	38.41933	1364	1989-2012
44	17683	TKT-Turhal	TOKAT	TURHAL	Turhal	40.37533	36.09883	528	1981-2012
45	17686	GRS-Dereli	GİRESUN	DERELİ	Kümbet Yaylası	40.55917	38.43950	1730	2010-2012
46	17689	OR-Fatsa	ORDU	FATSA	Fatsa	41.04050	37.48783	2	2010-2012
47	17693	BL-Seben	BOLU	SEBEN	Seben	40.40879	31.57305	757	2007-2012
48	17694	BL-Kıbrısçık	BOLU	KIBRISCIK	Kıbrısçık	40.40813	31.84752	1025	2007-2012
49	17696	GÜM-Torul	GÜMÜŞHANE	TORUL	Zigana Kayak Merkezi	40.64133	39.40367	2050	2011-2012
50	17713	RZ-Ayder	RİZE	AYDER	Ayder / Fırtına Deresi	40.95183	41.11033	1354	2010-2012
51	17714	TRB-MAÇKA	TRABZON	MAÇKA	Altındere	40.69854	39.65323	1030	2011-2012
52	17717	TKT-Başçiftlik	TOKAT	BAŞÇİFTLİK	Başçiftlik	40.55	37.17	1414	2009-2012

Verinin ön işlenmesi aşamasında, 32 yıla ait tüm sıcaklık verileri olan istasyonlarda dahi kullanılan yılların her gününe ait veriler bulunmadığı için düzenlemeye gidilmek zorunda kalındı. Sıcaklık verisi olmayan günlere ve bütün ayların 31 güne sahip olduğu varsayılarak boş olan hücrelere normal şartlar altında olamayacak olan bir sıcaklık değeri olan 1000 °C atandı. Tekrar oluşturulan veri dosyaları tek bir format haline dönüştürüldü. MATLAB ortamında yazılan program kodları ile okutulan veri dosyalarından bu sıcaklığa sahip olan değerler temizlendi. Günümüzde kullandığımız haritanın Miladi, başka bir deyişle Gregoryen takvimi olmasından dolayı kullandığımız verilerin hangi gün, ay ve yıl değerini anlatabilmek için tek bir değer olması açısından tüm veriler önce *jülyen gününe (jd)* ardından da küsüratsız bir değer kullanmak maksadıyla (53) *değiştirilmiş jülyen gününe (mjd)* dönüştürüldü. Jülyen gün sayısı, Gregoryen takviminde bir tarih (öğle vakti) için;

$$\begin{aligned} a &= [(14 - ay)/12] & (54) \\ y &= yıl + 4800 - a \\ g &= ay + 12a - 3 \end{aligned}$$

şeklindeki hesaplanır. *Jülyen gün sayısı*;

$$JDN = gün + \left(\frac{153m + 2}{5}\right) + 365y + \left(\frac{y}{4}\right) - \left(\frac{y}{100}\right) + \left(\frac{y}{400}\right) - 32045 \quad (55)$$

eşitliği ile hesaplanır. *Jülyen tarihi*;

$$JD = JDN + \left(\frac{saat - 12}{24}\right) + \left(\frac{dakika}{1440}\right) + \left(\frac{saniye}{86400}\right) \quad (56)$$

eşitliği ile hesaplanır. Değiştirilmiş Jülyen tarihi ise ;

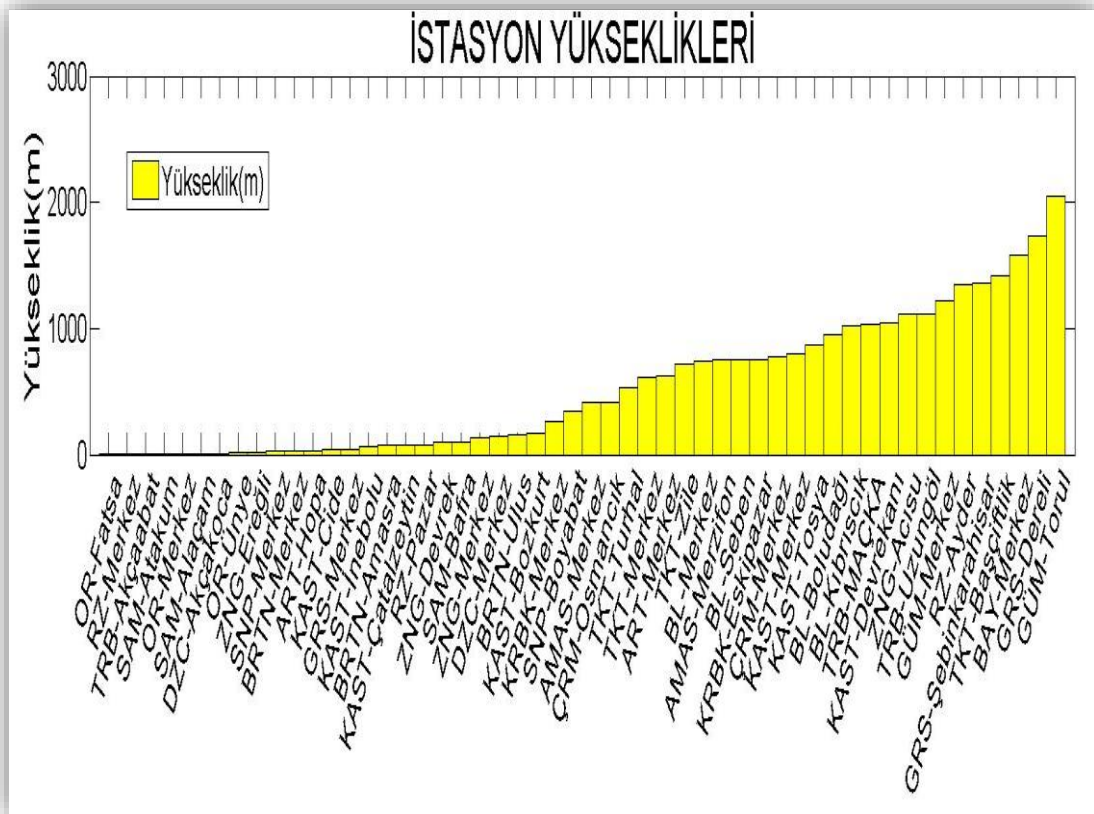
$$MJD = JD - 2400000.5 \quad (57)$$

eşitliği ile hesaplandıktan sonra her güne ait değiştirilmiş jülyen olarak tek bir zaman indeksi belirlenmiş oldu. Böylelikle her bir zaman indeksine karşılık bir sıcaklık verisi eşleştirilmiş

oldu. Değiştirilmiş jülyen tarihleri, istasyon numaraları ve sıcaklıkları içeren bu aşamadan sonra tüm istasyonların bulunduğu tek bir veri dosyası oluşturuldu.

İstasyonlara ait enlem, boylam ve yüksekliklerin bulunduğu tablodaki verilerin hangi datumda olduğunu anlamak amacıyla buradaki açılış değerlerini UTM dönüşümünü MATLAB’teki *deg2utm* komutu yardımı ile yapıldı. Buradan çıkan UTM dilimlerinden yola çıkarak hangi elipsoide ait olduğu ortaya çıkarıldı. Buradan elipsoidimiz *international 1924* olarak da bilinen *Hayford* elipsoidini kullanan ED-50 datumuna sahip olan veriler olduğu gözlemlendi.

Karadeniz Bölgesindeki meteoroloji istasyonlarının, kimi deniz kıyısında kimisi de dağlık kesimlerde olmasından dolayı istasyonlar arasında yükseklik farkları mevcuttur. Bölgedeki tüm meteoroloji istasyonlarının yükseklikleri Şekil 14’te gösterilmektedir.



Şekil 14. Karadeniz Bölgesi Meteoroloji İstasyonlarının Yüksekliklere Göre Dağılımı

Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları için enlem ( $^{\circ}$ ), boylam ( $^{\circ}$ ) ve yükseklik (m) şeklinde verilen coğrafi (jeodezik) koordinatları ( $\Phi, \lambda, h$ ) *geodetic2ecef* MATLAB fonksiyonu yardımıyla kartezyen koordinatlara ( $x, y, z$ ) dönüştürülmüştür.

### 2.3. Çalışma Bölgesinde Uygulanan Konumsal Enterpolasyon Yöntemleri

Karadeniz Bölgesi'nde Meteoroloji Genel Müdürlüğü bünyesinde işletilen toplam 52 istasyonda 1981-2012 yılları arasında kaydedilen “*günlük ortalama sıcaklık verileri*” kullanılarak toplam 9 yöntemle konumsal enterpolasyon yöntemlerinin uygulamasına ve sonuçlarının doğruluğuna ilişkin testler ve irdelemeler yapılmıştır. Bu amaçla 52 istasyona ait 32 yıllık bir süreçteki tüm günlük veriler kullanılmıştır. Böylece 9 farklı enterpolasyon yöntemi zamansal ve konumsal olarak farklı özellikteki noktalarla uygulanabilmiştir. Tüm yöntemlerde, günlük maximum sıcaklık ölçüsü bilinen her nokta için enterpolasyon yöntemi uygulanmış ve enterpolasyon ile elde edilen sonuç ve ölçü sonucu arasındaki farktan hesaplanan enterpolasyon hatası yardımıyla, aylık/ günlük ölçekte her bir istasyon noktası için 32 yıla ait aylık/günlük maximum hata, minimum hata, mutlak hatalar ortalaması-MHO (mean absolute error-MAE) ve karesel ortalama hata-KOH (root mean square error, RMS) kriterleri ile enterpolasyon yöntemlerinin sonuçlarının doğruluğu üzerine irdelemeler yapılmıştır.

#### 2.3.1. IDW Yöntemi Uygulaması

Bu tez çalışmasında, IDW yönteminin uygulanmasında üç farklı kriter üzerine irdelemeler yapılması amaçlanmıştır;

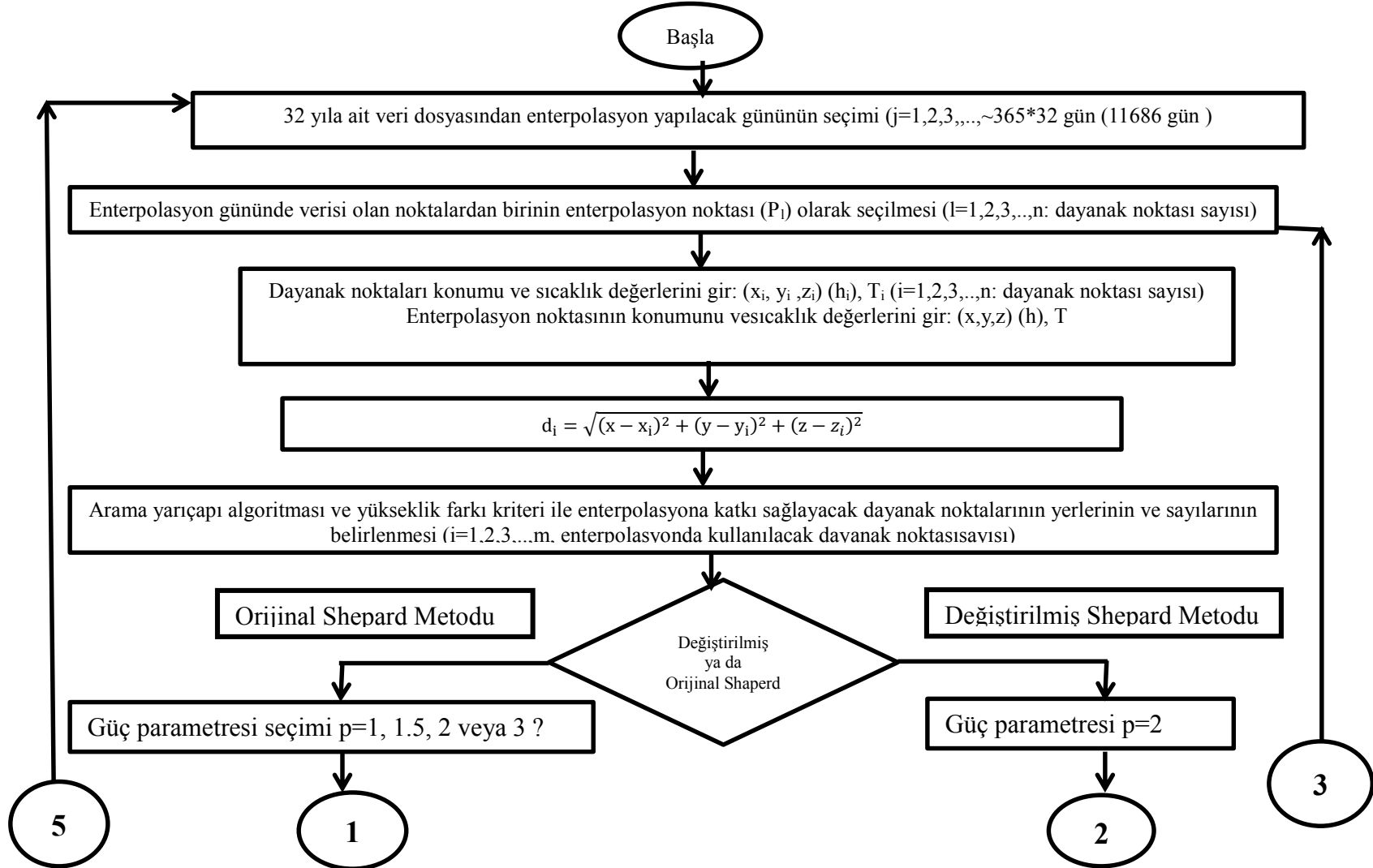
- Güç parametresi seçimi,
- Dayanak noktalarının sayısı ve enterpolasyon noktasına göre konumu,
  - ✓ Dayanak noktalarının sayısı ve enterpolasyon noktasına uzaklığı,
  - ✓ Dayanak noktaları ile enterpolasyon noktası arasındaki yükseklik farkları.

Seçilen enterpolasyon noktası ve dayanak noktaları arası  $d_i$  mesafeleri (3) eşitliği yardımıyla belirlenmiştir. IDW yönteminin dayanak noktaları sayısı ve konumu açısından performansını test etmek amacıyla; optimum hangi  $d_i$  mesafesindeki ve enterpolasyon noktasına göre hangi yükseklik farkı aralığındaki dayanak noktalarının kullanılması üzerine çeşitli testler yapılmıştır. Bu amaçla *arama yarıçapı algoritmasında* öncelikle maximum 500 km  $d_i$  mesafesindeki dayanak noktaları arasından, enterpolasyon noktası ile  $\pm 400 m$  ve  $\pm 550 m$  yükseklik farkı aralığında olanları enterpolasyona katkı sağlayacak noktalar olarak belirlenmiş ve buna göre IDW uygulanmıştır. Bu işlem daha sonra maximum 700 km ve

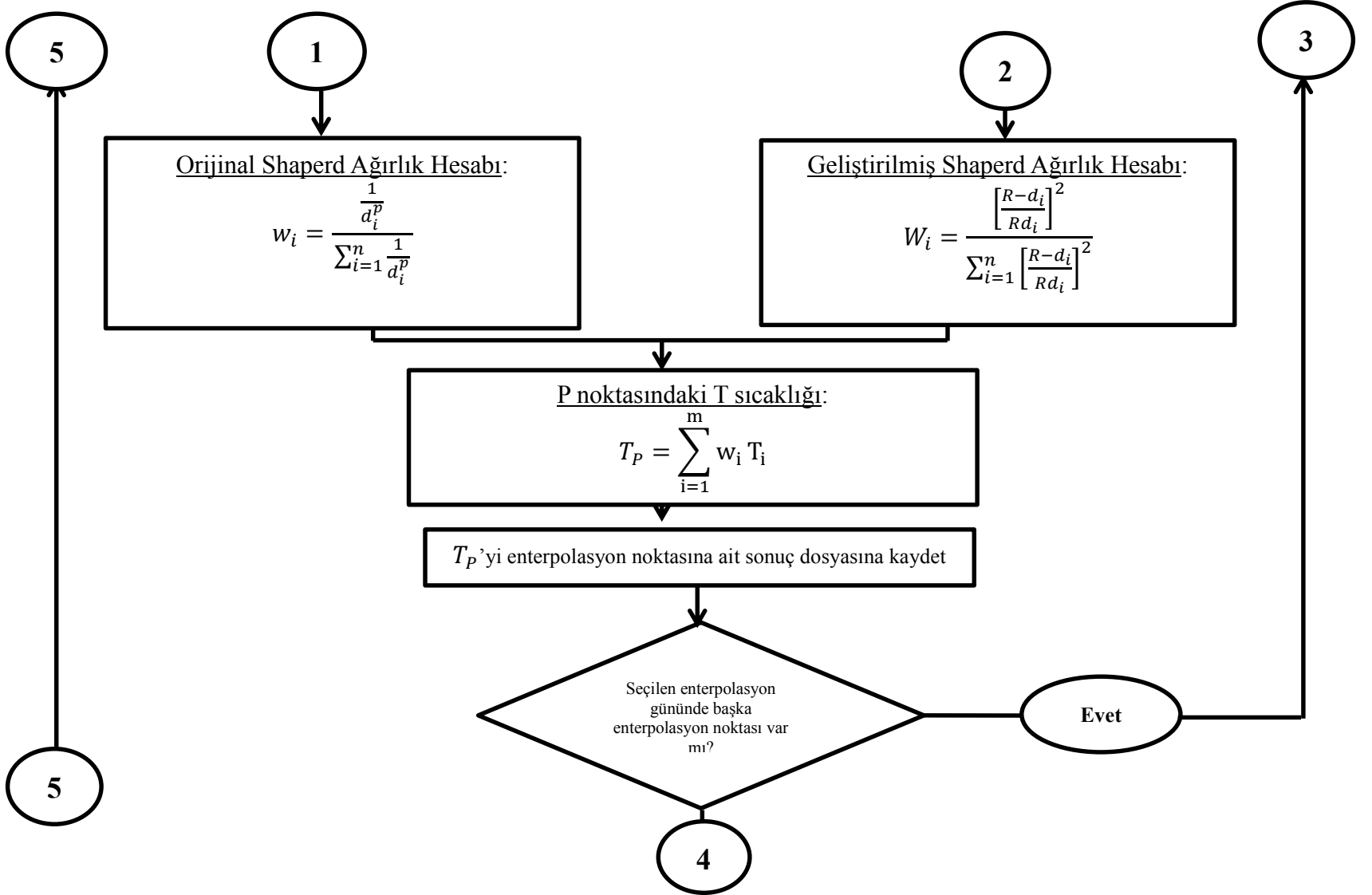
1000 km'lik  $d_i$  mesafesi ve  $\pm 400 m$  ve  $\pm 550 m$  yükseklik farkı aralığı için tekrarlanmış ve ayrı ayrı IDW uygulanmıştır. Şekil 14, IDW'nin uygulanmasına ilişkin bir iş akış diyagramını göstermektedir.



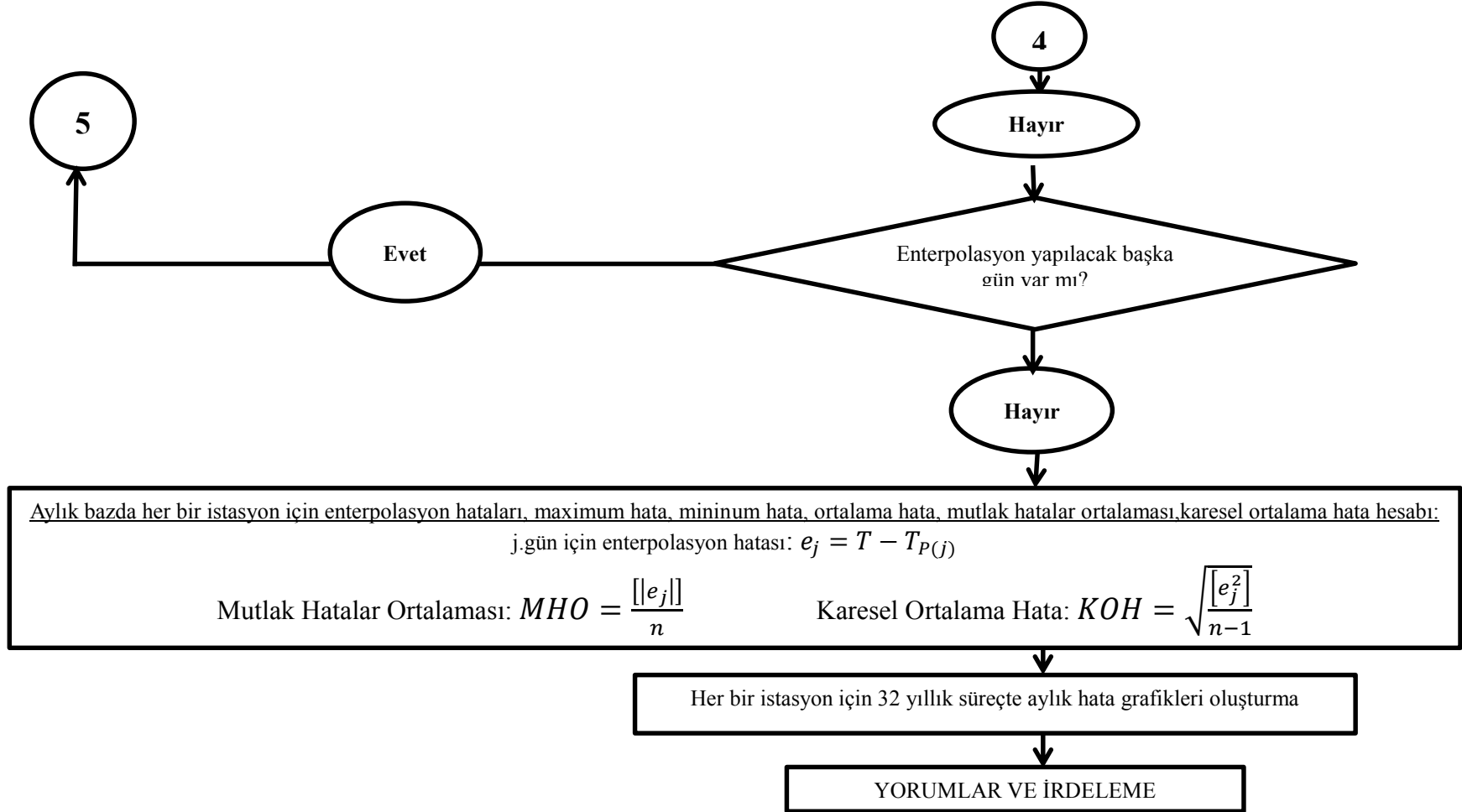
Şekil 15. IDW Akış Diyagramı



Şekil 15'in devamı (IDW Akış Diyagramı)



Şekil 15'in devamı (IDW Akış Diyagramı)



IDW uygulanmasında, hem *Geliştirilmiş Shepard Metodu* hem de *Orijinal Shaperd Metodu* uygulanmıştır. Bölüm 2.4.1.1.'de ayrıntılı açıklandığı üzere, Orijinal Shaperd metodunda, güç parametresi tercihinin enterpolasyon sonuçlarının doğruluğuna etkisini test etmek amacıyla farklı güç parametreleri seçilerek (0.5, 1, 1.5, 2 ve 3), (2) eşitliğinde ağırlıklar hesaplanmıştır. *Geliştirilmiş Shepard* metodunda ise (4) eşitliğine göre ağırlıkları hesaplamak için  $R=\max(d_i)$  olarak elde edilmiştir (4) eşitliğindeki  $p=2$  olarak güç parametresi seçilmiştir. (2) ve (4) eşitliğinden elde edilecek ağırlıkların toplamının 1'e eşit olması gerekir. Bu şart da sağlandıktan sonra her bir zaman noktası için ilgili ağırlıklar kullanılarak (1) eşitliğine göre ilgili enterpolasyon noktasının sıcaklık değeri ( $T_p$ ) hesaplanmıştır.

Enterpolasyon ile hesaplanan sıcaklık değerlerinin duyarlık ölçütleri maximum hata, minimum hata, mutlak hatalar ortalaması ve karesel ortalama hata olarak hesaplanmıştır. Duyarlık ölçütleri için her bir enterpolasyon noktasının 32 yıllık süreçte günlük hesaplanan yeni sıcaklık değeri ile aynı zaman noktasındaki ölçülen sıcaklığı ( $T_p$ ) arasındaki fark olarak enterpolasyon hatası

$$e_i = T_p - T_{P(i)} \quad (j=1,2,3,\dots,365*32 \text{ (~11686 gün)}) \quad (58)$$

eşitliğinden hesaplanır. Buradan her bir istasyon için aylık ölçekte maximum hata ( $\max(e_i)$ ) ve minimum hata ( $\min(e_i)$ ) hesaplanır. Mutlak hatalar ortalaması

$$MHO = \frac{[|e_i|]}{n} \quad (59)$$

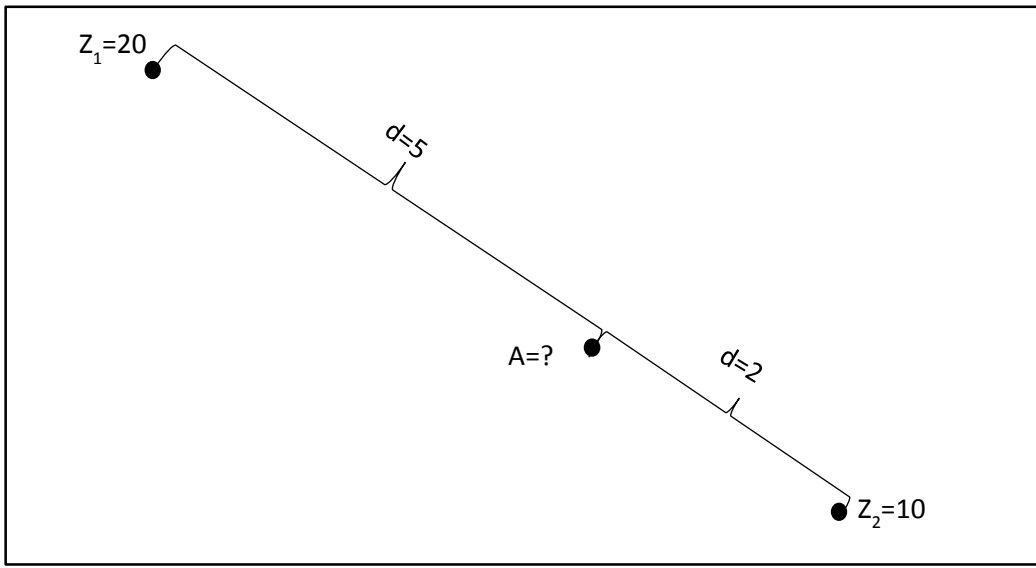
eşitliğinden ve karesel ortalama hata ise

$$KOH = \sqrt{\frac{[e_i^2]}{n-1}} \quad (60)$$

eşitliğinden hesaplanır.

### 2.3.1.1. Farklı Güç Parametresi Seçiminin IDW Sonuçlarına Etkisi

Bu bölümde, enterpolasyon noktası ile dayanak noktaları arasındaki mesafenin bir ölçütü olarak hesaplanan ağırlığın  $p$  güç parametresi seçimine bağlı olarak nasıl değiştiği üzerine irdelemeler yapılmıştır.  $p$  güç parametresinin seçiminin sonuçlara ne kadar yansıdığını belirlemek amacıyla ilk olarak iki dayanak noktalı örnek bir enterpolasyon probleminde aşağıdaki testler yapılmıştır (Şekil 15).



Şekil 16. IDW'de Güç Parametresi ile Nokta Değerinin Bulunması Örneği

Şekil 15'deki problem,  $Z_1=20$  ve  $Z_2=10$  değerlerine sahip 1 ve 2 nolu dayanak noktalarından yararlanarak A noktasındaki değerin (Z) IDW yöntemi ile belirlenmesidir. Güç parametresinin sonuçların doğruluğuna etkisini test etmek amacıyla  $p=0,1,2,3$  değerlerine bağlı olarak hesaplanmış Z değerinin sonuçları kıyaslanmıştır.

✓  $p=0$  seçildiğinde;

Ağırlık katsayıları mesafeye bağlı olmaksızın (2) eşitliğinden  $w_1 = 1$  ve  $w_2 = 1$  olarak elde edilmiştir ve A noktasındaki Z değeri (1) eşitliğinden  $Z_1$  ve  $Z_2$  değerinin aritmetik ortalaması olarak  $Z=15$  olarak hesaplanmıştır.

✓  $p=1$  seçildiğinde;

Ağırlık katsayıları (2) eşitliğinden  $w_1 = \frac{0.2}{0.7}$  ve  $w_2 = \frac{0.5}{0.7}$  olarak elde edilmiştir ve A noktasındaki Z değeri (1) eşitliğinden

$$Z = \frac{0.2.20 + 0.5.10}{0.7} = 12.86 \quad (61)$$

olarak hesaplanmıştır.

✓  $p=2$  seçildiğinde;

Ağırlık katsayıları (2) eşitliğinden  $w_1 = \frac{0.04}{0.29}$  ve  $w_2 = \frac{0.25}{0.29}$  olarak elde edilmiştir ve A noktasındaki Z değeri (1) eşitliğinden

$$Z = \frac{0.04.20 + 0.25.10}{0.29} = 11.38 \quad (62)$$

olarak hesaplanmıştır.

✓  $p=3$  seçildiğinde;

Ağırlık katsayıları (2) eşitliğinden  $w_1 = \frac{0.008}{0.133}$  ve  $w_2 = \frac{0.125}{0.133}$  olarak elde edilmiştir ve A noktasındaki Z değeri (1) eşitliğinden

$$Z = \frac{0.008.20 + 0.125.10}{0.133} = 10.62 \quad (63)$$

olarak hesaplanmıştır.

$p=3$  seçildiği durumda hesaplanan Z değeri 2 nolu noktanın değerine en yakın değeri vermiştir. Bu da gösteriyor ki  $p$  değeri ne kadar büyük olursa, enterpolasyon algoritmasında mesafenin önemi o kadar belirgin olur. Literatürde yapılan IDW uygulamaları incelendiğinde genellikle güç parametresi  $p=2$  olarak seçildiği görülmüştür. Bu tez çalışmasında, farklı güç parametresi seçimin sonuçların doğruluğuna etkisini test etmek amacıyla IDW yönteminin kullanımında farklı  $p$  değerleri seçilmiş ve buna göre sonuçlar irdelenmiştir.

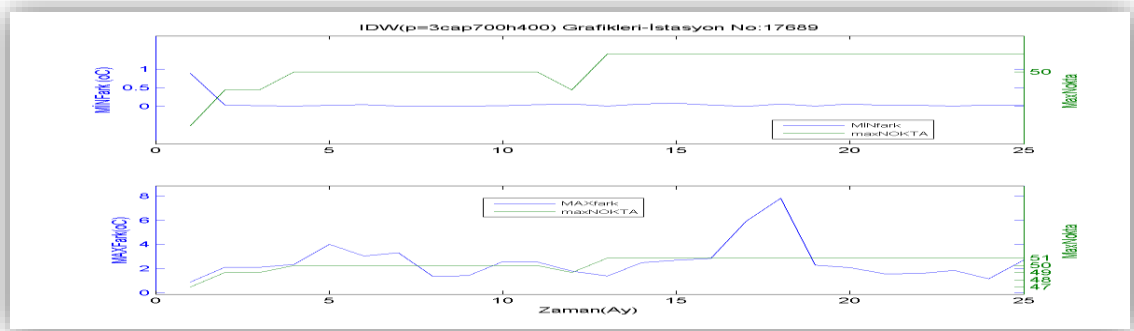
### 2.3.1.2. Dayanak Noktalarının Konumunun ve Sayısının IDW Sonuçlarına Etkisi

Çalışma bölgesinde enterpolasyona katkı sağlayacak dayanak noktalarının sayıları ve konumlarına ilişkin uygulanan testlere ait kriterler Bölüm 2.4.1’de açıklanmıştır. Bu bölümde ise yapılan bu testlere ait sonuçlar çeşitli grafiklerle sunulacak ve irdelenmeler yapılacaktır.

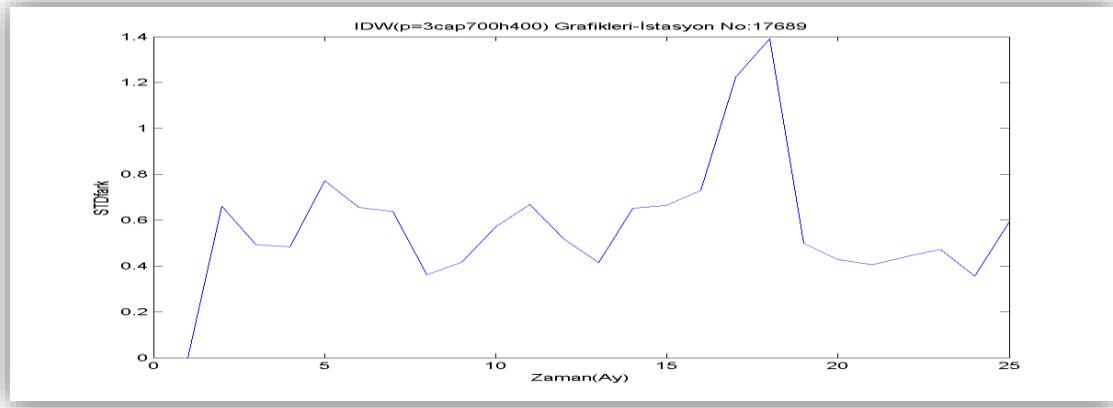
### 2.3.1.3. IDW Yöntemi Uygulama Sonuçları

IDW yönteminin uygulanmasına ilişkin yapılan bu testte, güç parametresi seçimine ilave olarak enterpolasyona katkı sağlayacak noktaların enterpolasyon noktasına olan mesafesinin etkisi de belirlenmek istenmiştir. Bu amaçla bahsedilen mesafeyi optimum olarak almak için arama yarıçapı kriteri kullanılmıştır. Grafiklerde “Çap” olarak belirginleştirilmiş kriter, enterpolasyon noktası ve kullanılan dayanak noktaları arası mesafeyi belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Enterpolasyon noktası ve dayanak noktaları arası yükseklik farkının enterpolasyon sonuçlarına etkisini belirlemek amacıyla kullanılan kriter, grafiklerde ( $H \pm$ ) olarak gösterilmiştir. Bu kriterde enterpolasyonu yapılacak noktaya katkı sağlayacak dayanak noktaları arası yükseklik farkı kriterini de dikkate alarak belirlenmektedir.

17689 numaralı Ordu-Fatsa’ da bulunan olan 2 metre yüksekliğine sahip istasyon diğer istasyonlar içinde en düşük yüksekliğe sahip olan istasyondur. 17689 nolu istasyonun 2010 Aralık ayı ile 2012 Aralık ayları arasındaki verilere IDW yöntemi (2) eşitliğindeki ağırlık ifadesine sahip Original Shepard yöntemi uygulanır. Burada bu istasyon için en iyi sonucu veren güç parametresi ( $p$ ) 3, arama yarıçapı 700 km. ve yükseklik aralığı  $\pm 400$  m. seçilmiştir. Bu seçilen parametreler sonucu elde edilen sonuç Şekil 17 ile gösterilmiştir. Eşitlik (58)’ den elde edilen tahminine ilişkin maksimum ve minimum hatalar incelendiğinde enterpolasyonda kullanılan maksimum nokta sayısı arttıkça, tahmin hatalarının minimum değerlerinde azalma kaydedilirken, tahmin hatalarının maksimum değerleri için benzer durum yoktur (Şekil 17). Tahmin hatalarının değerleri arasındaki farkın standart sapma grafiği ise Şekil 18’de görülmektedir.

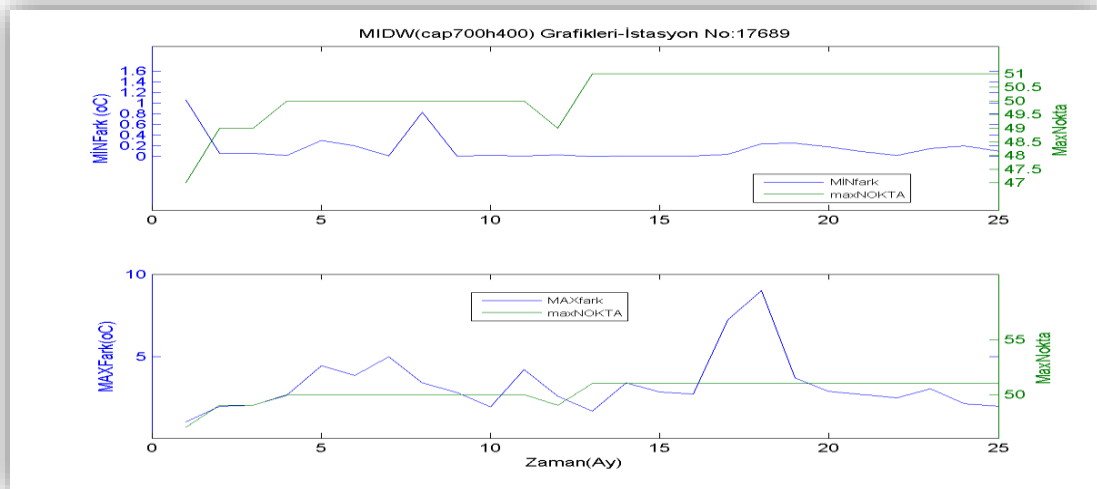


Şekil 17. IDW ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği ( $p = 3$ , Çap 700km ve  $H \pm 400$ m)



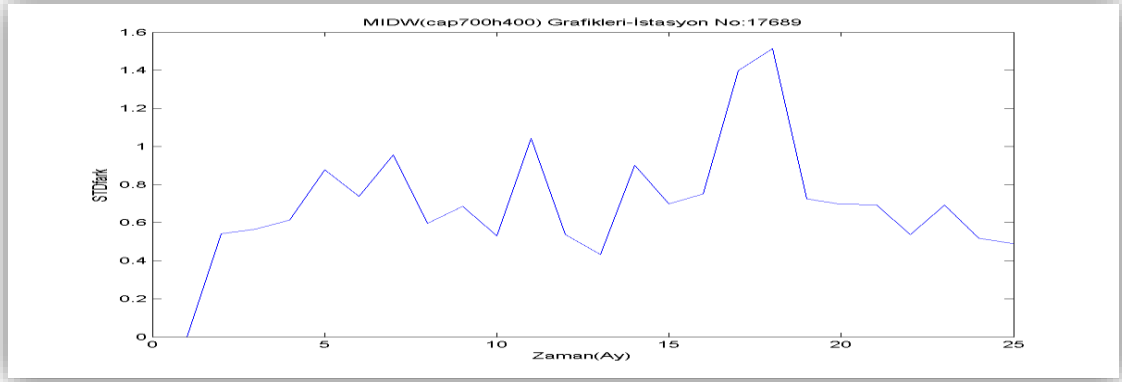
Şekil 18. IDW ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010- Aralık 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 3, Çap 700km ve H ±400m)

17689 nolu istasyonun 2010 Aralık ayı ile 2012 Aralık ayları arasındaki verilere geliştirilmiş IDW yöntemi (4) eşitliğindeki ağırlık ifadesine sahip geliştirilmiş Shepard yöntemi uygulanır. Burada bu istasyon için en iyi sonucu veren arama yarıçapı 700 km. ve yükseklik aralığı ±400 m. seçilmiştir. Bu seçilen parametreler sonucu elde edilen sonuç Şekil 19 ile gösterilmiştir. Eşitlik (58)' den elde edilen tahminine ilişkin maksimum (maxfark) ve minimum hatalar incelendiğinde enterpolasyonda kullanılan maksimum nokta sayısı arttıkça, tahmin hatalarının minimum değerlerinde azalma kaydedilirken, tahmin hatalarının maksimum değerleri için benzer durum yoktur (Şekil 19). Tahmin hatalarının değerleri arasındaki farkın standart sapma grafiği ise Şekil 20'de görülmektedir. Sıcaklık farkları her iki grafikte de kış aylarında daha düşük değerlere ulaşmıştır.



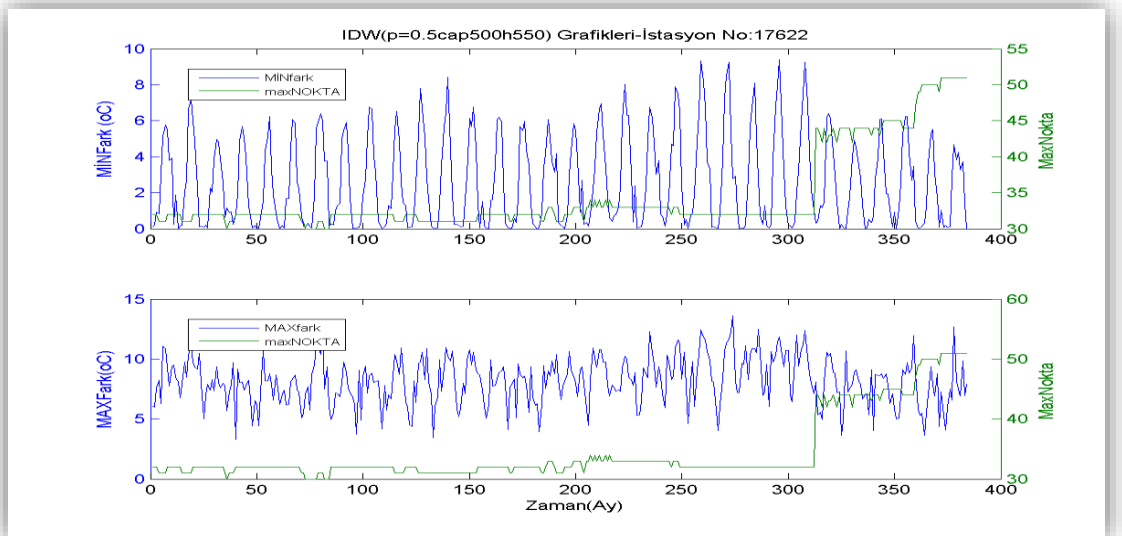
Şekil 19. MIDW ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010 - Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (Çap 700km ve H ±400m)



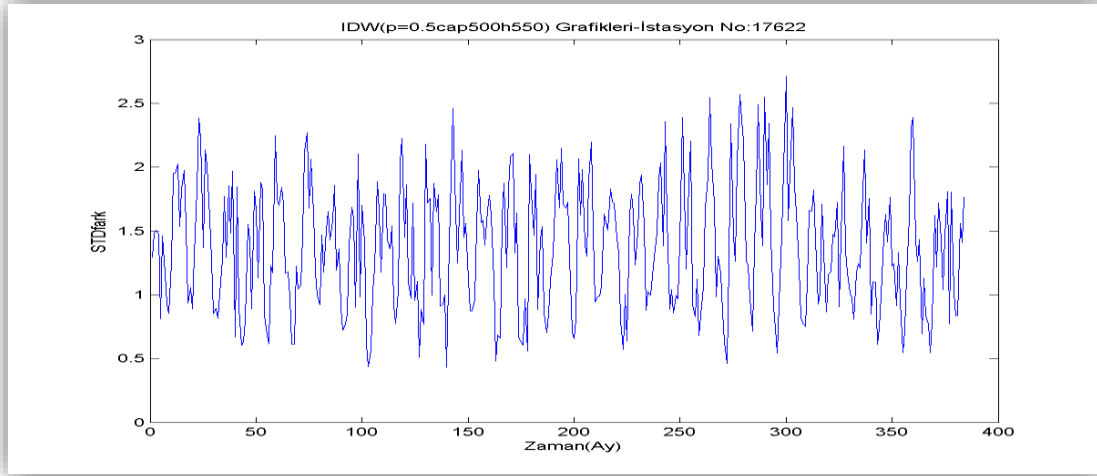


Şekil 20. MIDW ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010- Aralık 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği (Çap 700km ve H  $\pm$ 400m)

17622 numaralı Samsun-Bafra'da bulunan olan 103 metre yüksekliğine sahip istasyon 2010 Aralık ile 2012 Aralık ayları arasındaki verilere IDW yöntemi (2) eşitliğindeki ağırlık ifadesine sahip Original Shepard yöntemi uygulandı. Burada bu istasyon için güç parametresi, 0.5 arama yarıçapı 500km ve  $\pm$ 550m yükseklik aralığına sahip olduğu durum eşitlik (58)'den elde edilen tahminine ilişkin maksimum ve minimum hatalar incelendiğinde enterpolasyonda kullanılan maksimum nokta sayısı arttıkça, tahmin hatalarının minimum değerlerinde azalma kaydedilirken, tahmin hatalarının maksimum değerleri için benzer durum yoktur (Şekil 21). Tahmin hatalarının değerleri arasındaki farkın standart sapma grafiği ise Şekil 22'de görülmektedir.

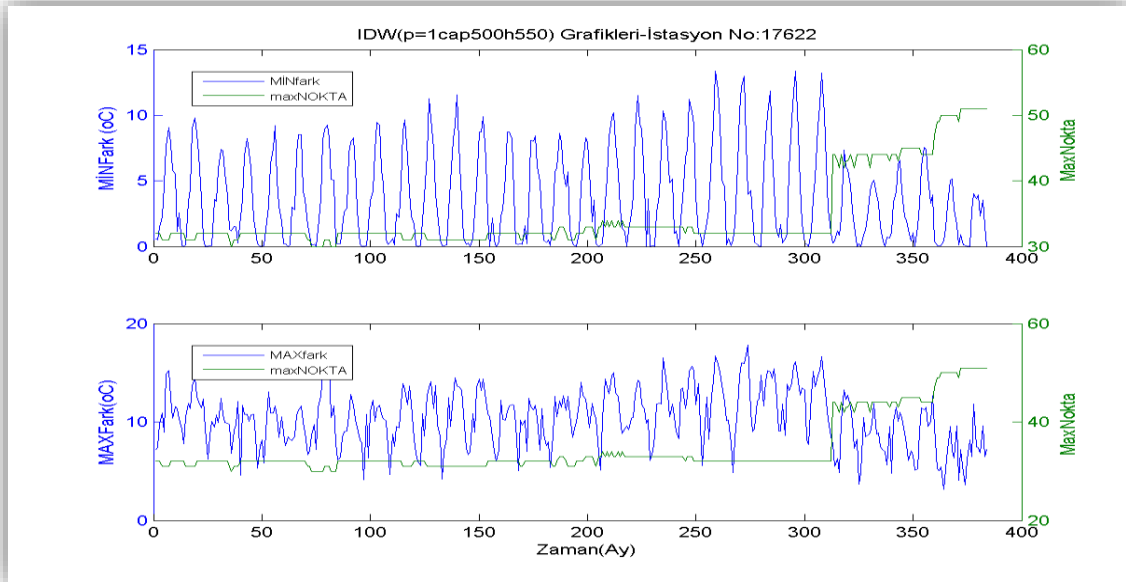


Şekil 21. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum HataGrafiği (p = 0.5, Çap 500km ve H  $\pm$ 550m)

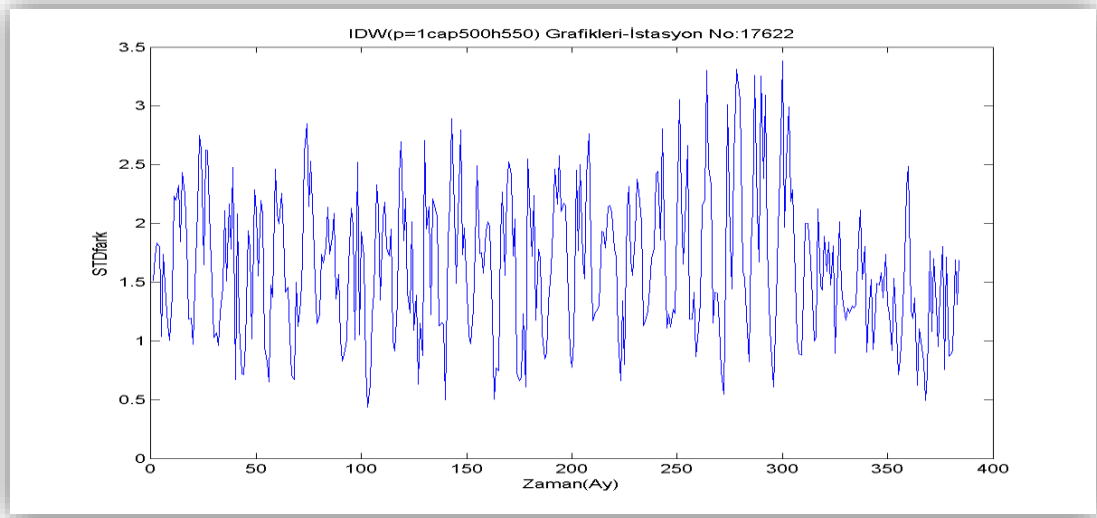


Şekil 22. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği ( $p = 0.5$ , Çap 500km ve  $H \pm 550m$ )

Aynı istasyonun güç parametresi ( $p$ )=1 için gerçekleştirilen enterpolasyon tahminleri hesaplanıp, hata grafikleri Şekil 23’de gösterilmiştir ve ( $p$ )=0.5’e göre daha kötü yani daha fazla tahmin hatalı sonuçlar gözlemlenmiştir. Enterpolasyonda kullanılan nokta sayısı tahmin hatasının azalmasında büyük etken olurken, güç parametresi değerinin artırılmasının minimum ve maksimum tahmin hatasını daha da yükselttiği gözlenmiştir. Bu durum Şekil 24’te ile gösterilen standart sapma grafiğine de yansımıştır.

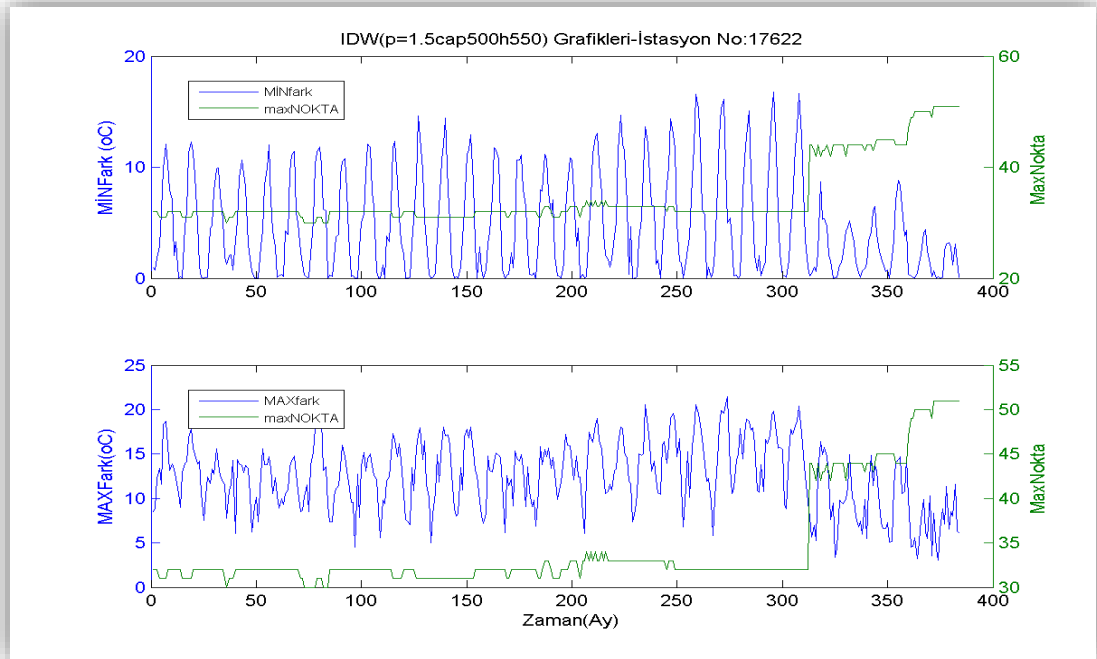


Şekil 23. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği ( $p = 1$ , Çap 500km ve  $H \pm 550m$ )

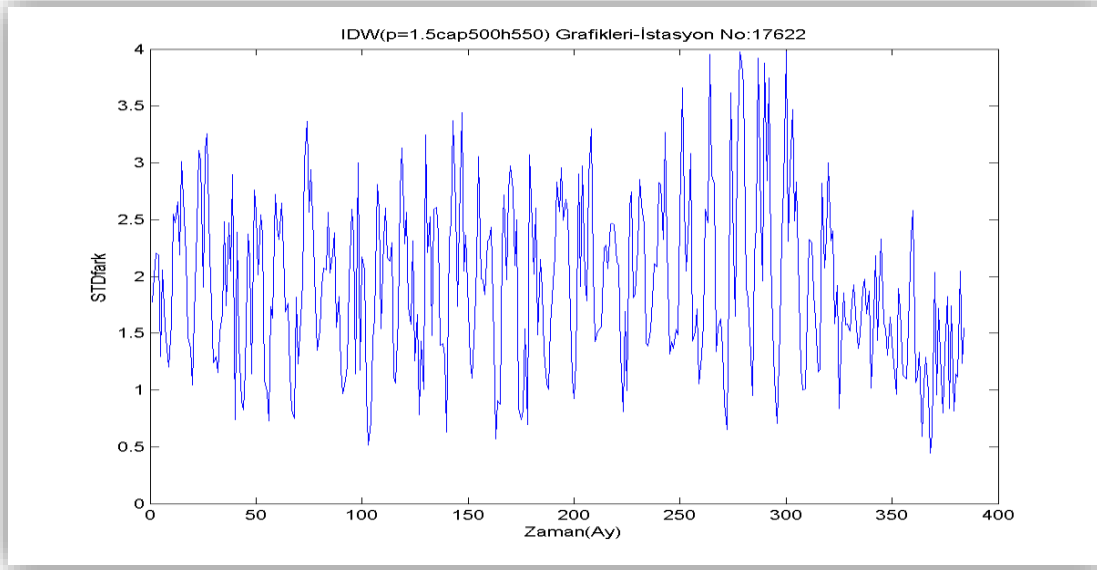


Şekil 24. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 1, Çap 500km ve H ±550m)

Şekil 25 ile aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri (p)=1.5 alınarak yapılan enterpolasyon tahmininde minimum ve maksimum hata değerleri daha da artmıştır. Ayrıca, bu şekilde güç parametresi seçimi de nokta sayısı artışının enterpolasyon hatasını azaltmasına olan etkisini daha belirgin hale getirmiştir. Böylece standart sapma grafiğinde değişimler daha da belirginleşmiştir (Şekil 26).

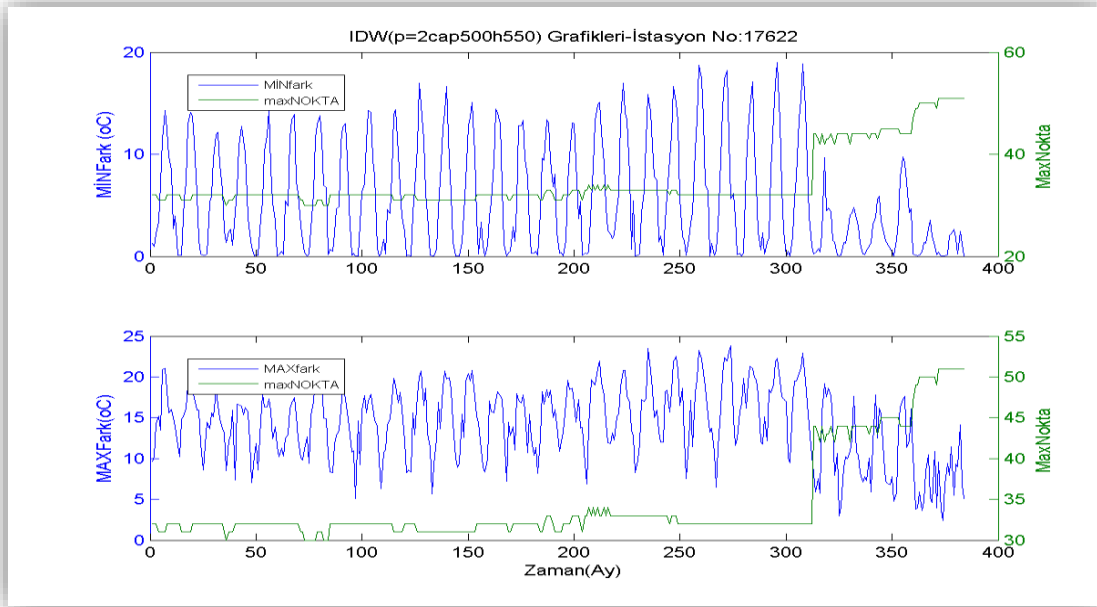


Şekil 25. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 1.5, Çap 500km ve H ±550m)

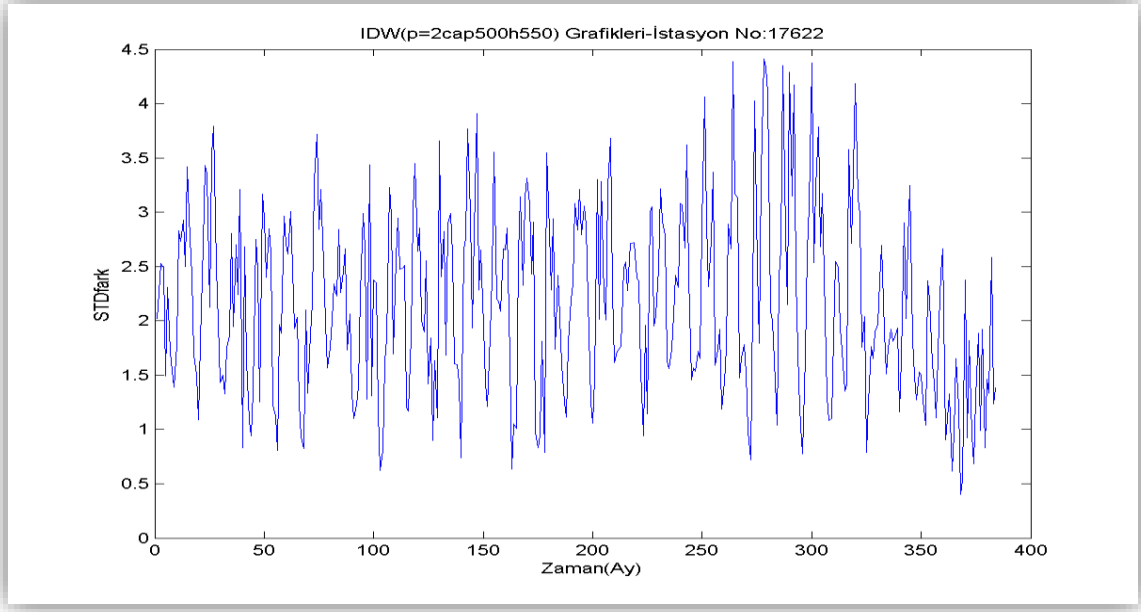


Şekil 26. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği ( $p = 1.5$ , Çap 500km ve  $H \pm 550m$ )

Şekil 27 ile aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri 2 olarak kabul edildiğinde minimum ve maksimum hata değerleri ile Şekil 28'de gösterilen standart sapma değerleri artmış yani daha kötü sonuçlar vermiştir.

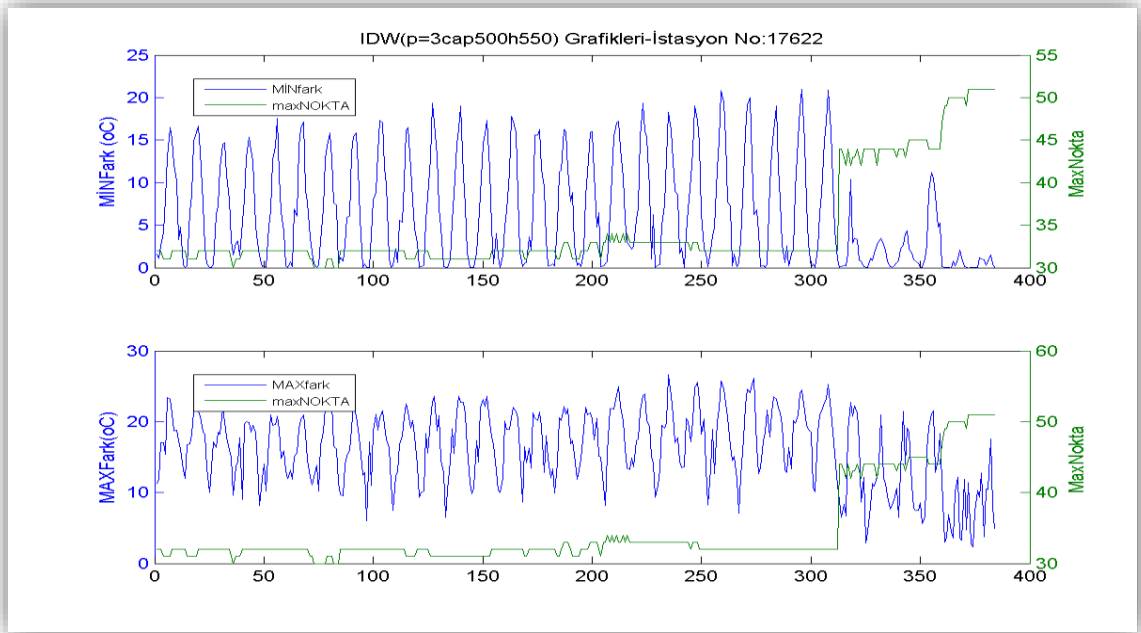


Şekil 27. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği ( $p = 2$ , Çap 500km ve  $H \pm 550m$ )

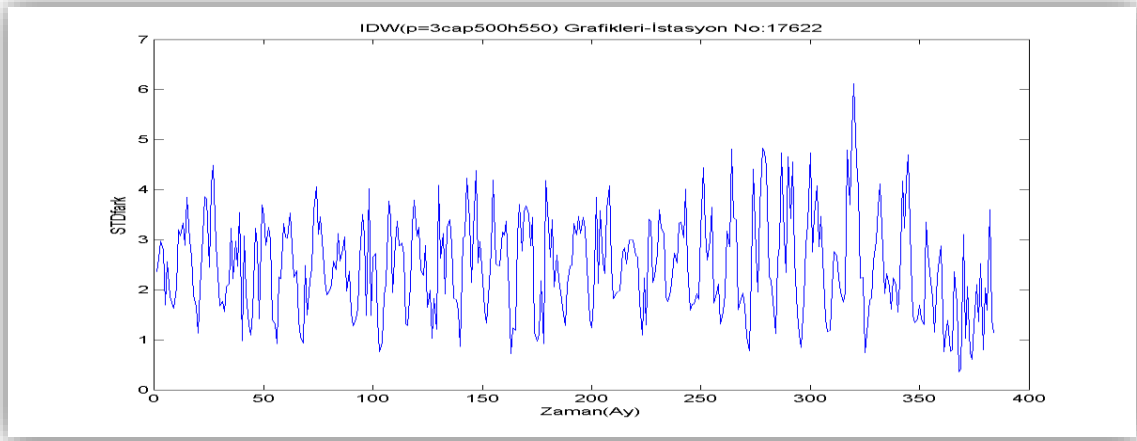


Şekil 28. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 2, Çap 500km ve H ±550m)

Şekil 29 ile aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri (p)=3 olarak kabul edildiğinde minimum ve maksimum hata değerleri bütün diğer seçilen güç parametresi değerlerine göre en kötü sonucu vermiştir ve bu durum Şekil 30'da gösterilen standart sapma değerlerinde de görülmektedir.

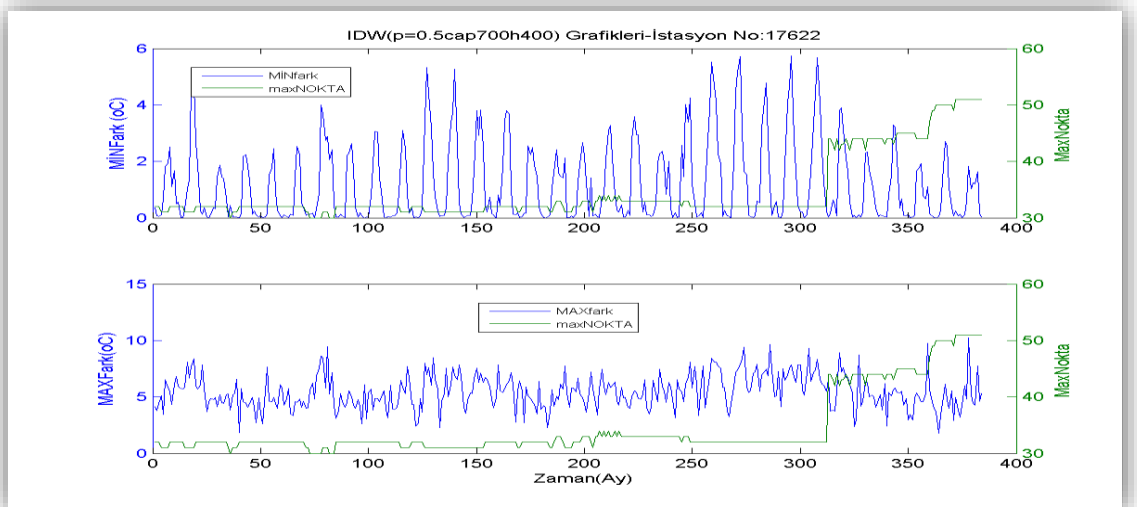


Şekil 29. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 3, Çap 500km ve H ±550m)

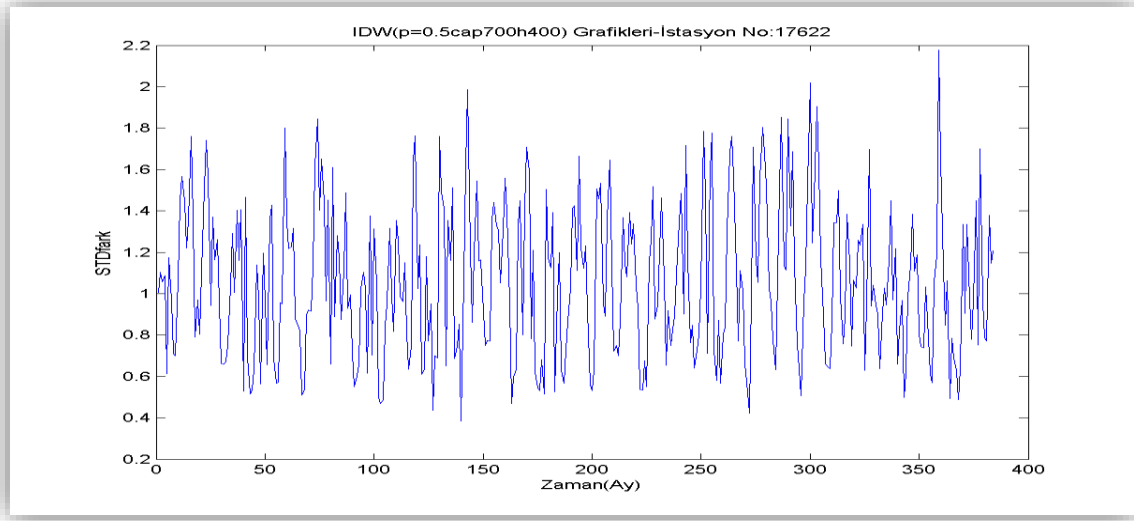


Şekil 30. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 3, Çap 500km ve H ±550m)

Aynı istasyonun güç parametresi, 0.5, arama yarıçapı 700km ve ±400m yükseklik aralığına sahip olduğu durum için enterpolasyon tahmin hataları grafiği Şekil 31 ile gösterilmiştir. Bu şekilde görüldüğü üzere nokta sayısı arttıkça minimum sıcaklık farkı azalırken, maksimum sıcaklık farkında ise aynı şekilde bir durum gözlenmemiştir. Sıcaklık farkları her iki grafikte de kış aylarında daha düşük değerlere ulaşmıştır. Şekil 32'de de ölçüm değeri ile gerçek değeri arasındaki farkın standart sapma grafiği çizdirilmiştir. Aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sabit tutulduğunda, sadece güç parametresi değeri (p)=1 olarak kabul edildiğinde, (p)=0.5 olduğu haline göre; minimum ve maksimum hata değerleri ve standart sapma değerleri aynı sonuçları vermiştir.

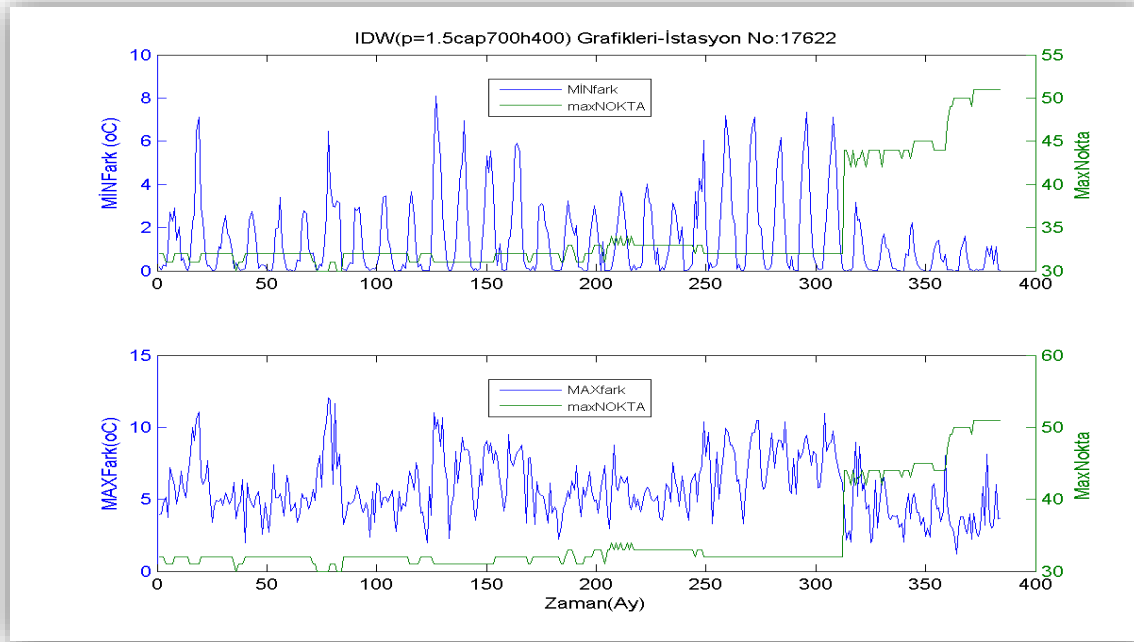


Şekil 31. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 0.5, Çap 700km ve H ±400m)

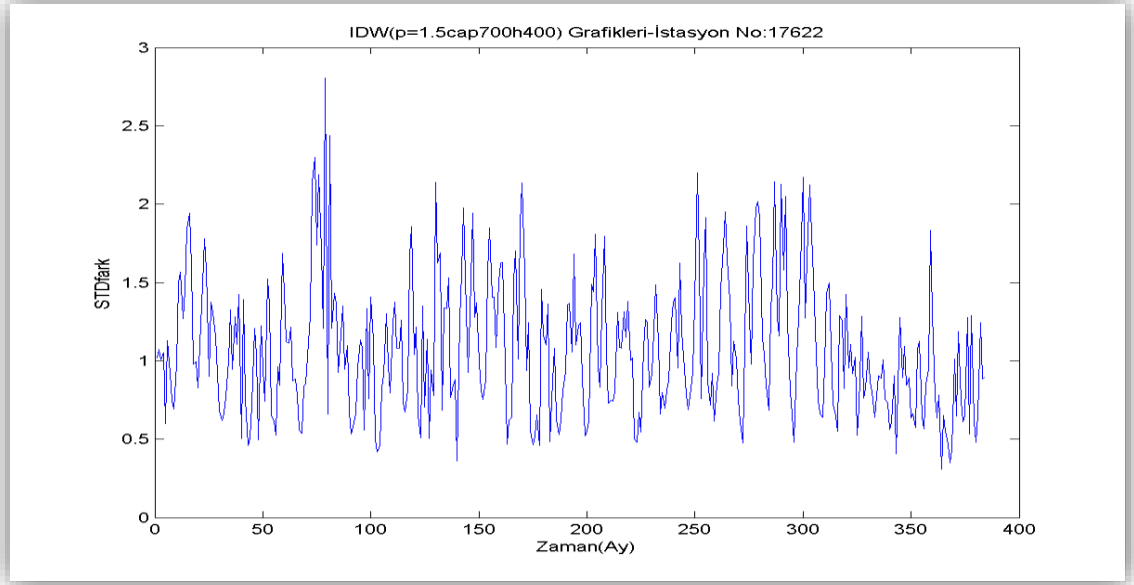


Şekil 32. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (  $p = 0.5$ , Çap 700km ve  $H \pm 400m$ )

Şekil 33 ile aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri ( $p$ )=1.5 olarak kabul edildiğinde minimum ve maksimum hata değerleri ( $p$ )=0.5 ve ( $p$ )=1 olduğu durumlara göre, daha kötü sonuçlar gözlenmiştir. Şekil 34’de gösterilen standart sapma değerlerinde de aynı durum gözükmemektedir.

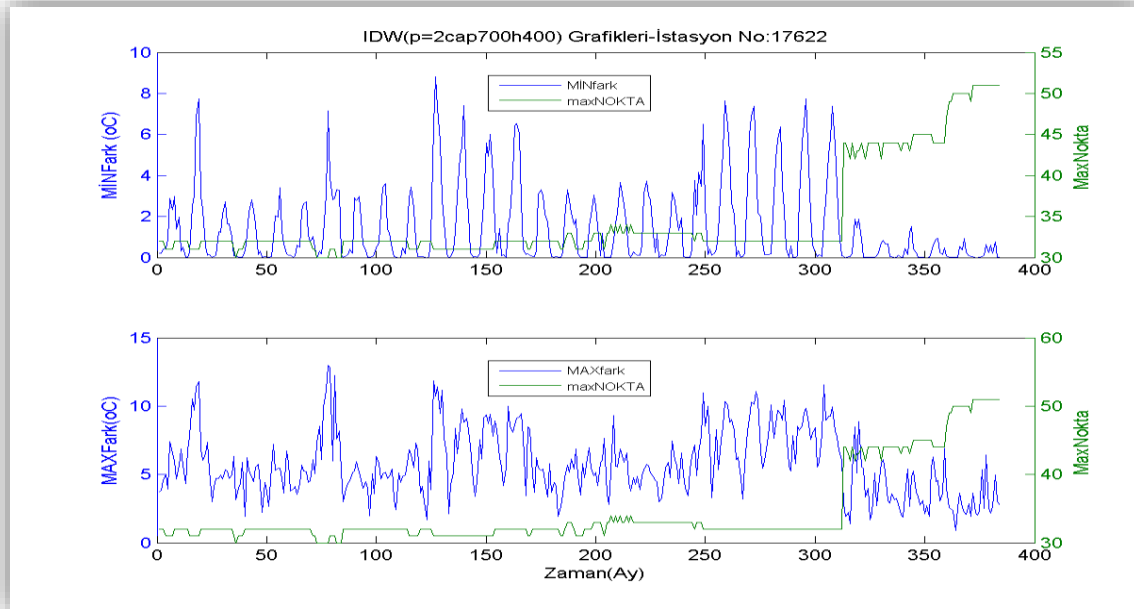


Şekil 33. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (  $p = 1.5$ , Çap 700km ve  $H \pm 400m$ )



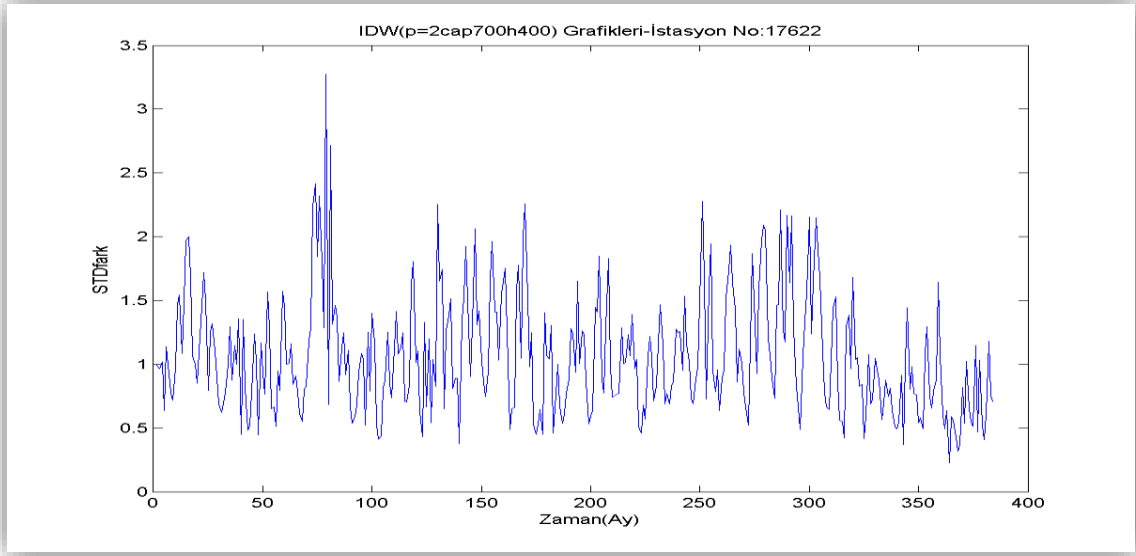
Şekil 34. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği ( $p = 1.5$ , Çap 700km ve  $H \pm 400m$ )

Şekil 35 ile aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri 2 olarak kabul edildiğinde minimum ve maksimum hata değerleri kötü çıkmıştır. Şekil 36'de gösterilen standart sapma değerlerinde de aynı durum gözükmemektedir.



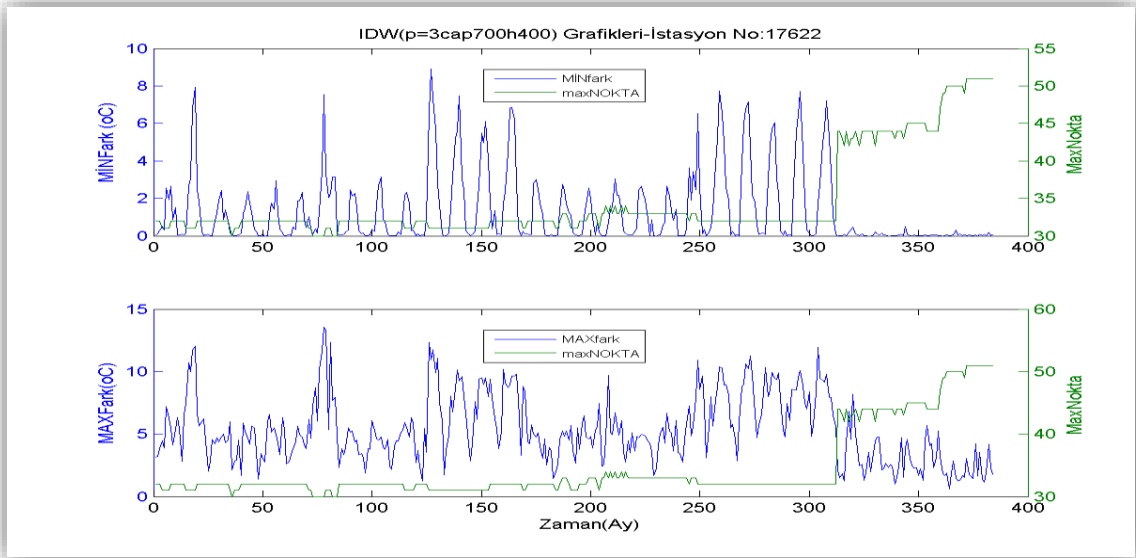
Şekil 35. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Yıllarına Ait Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği ( $p = 2$ , Çap 700km ve  $H \pm 400m$ )



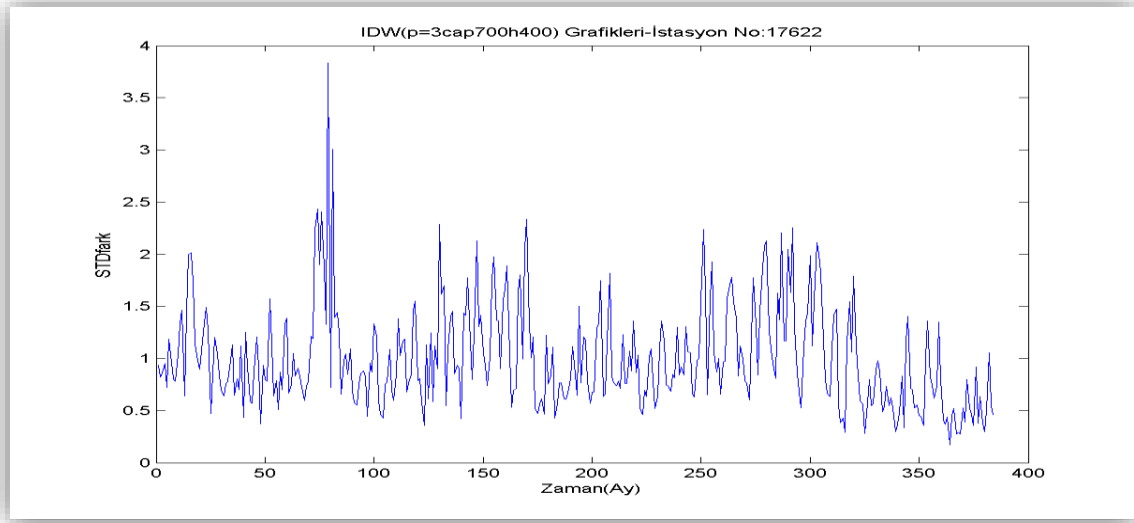


Şekil 36. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 2, Çap 700km ve H ±400m)

Şekil 37 ile aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri (p)=3 olarak kabul edildiğinde minimum hata değerleri daha sonuçlar verirken, maksimum hata değerleri daha kötü sonuçlar vermiştir. Buradaki bütün hata değerlerinden elde edilen standart sapma değerleri Şekil 38’de gözleneceği gibi diğer grafiklerde gösterilen güç parametreleriyle (p=0.5,p=1,p=1.5 ve p=2) elde edilen sonuçlara göre daha kötü çıkmıştır.

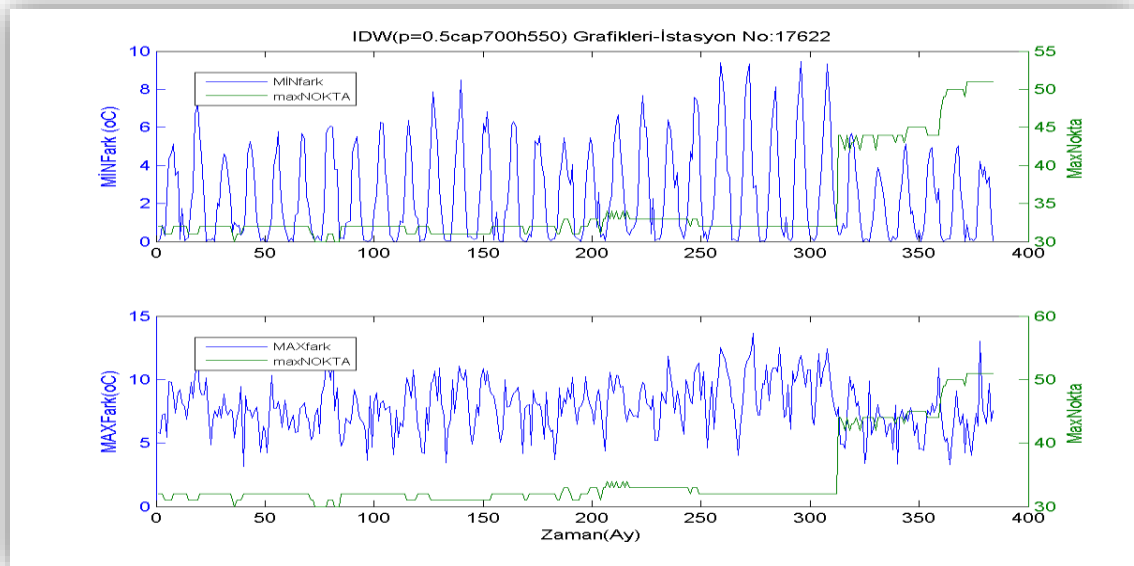


Şekil 37. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 3, Çap 700km ve H ±400m)

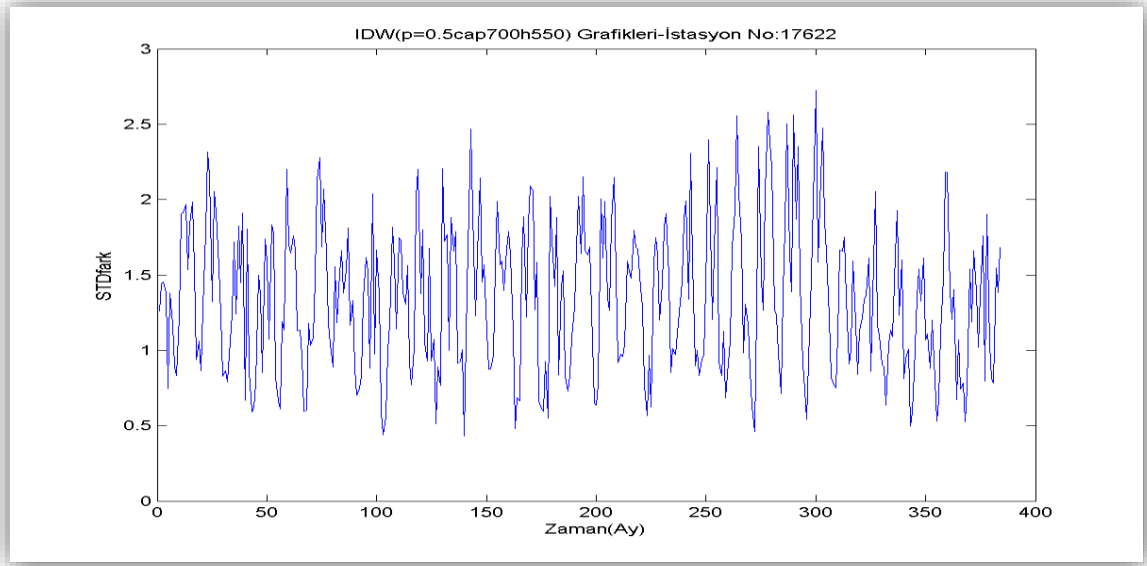


Şekil 38. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 3, Çap 700km ve H ±400m)

17622 nolu istasyonu tahmin hatalarının, güç parametresi (p)=0.5, arama yarıçapı 700m ve ±550m yükseklik aralığına sahip olduğu durum için hata grafiği Şekil 39 ile gösterilmiştir. Bu şekilde görüldüğü üzere nokta sayısı arttıkça minimum sıcaklık farkı azalırken, maksimum sıcaklık farkında ise aynı şekilde bir durum gözlenmiştir. Sıcaklık farkları her iki grafikte de kış aylarında daha düşük değerlere ulaşmıştır. Şekil 40'de de ölçüm değeri ile gerçek değeri arasındaki farkın standart sapma grafiği çizdirilmiştir

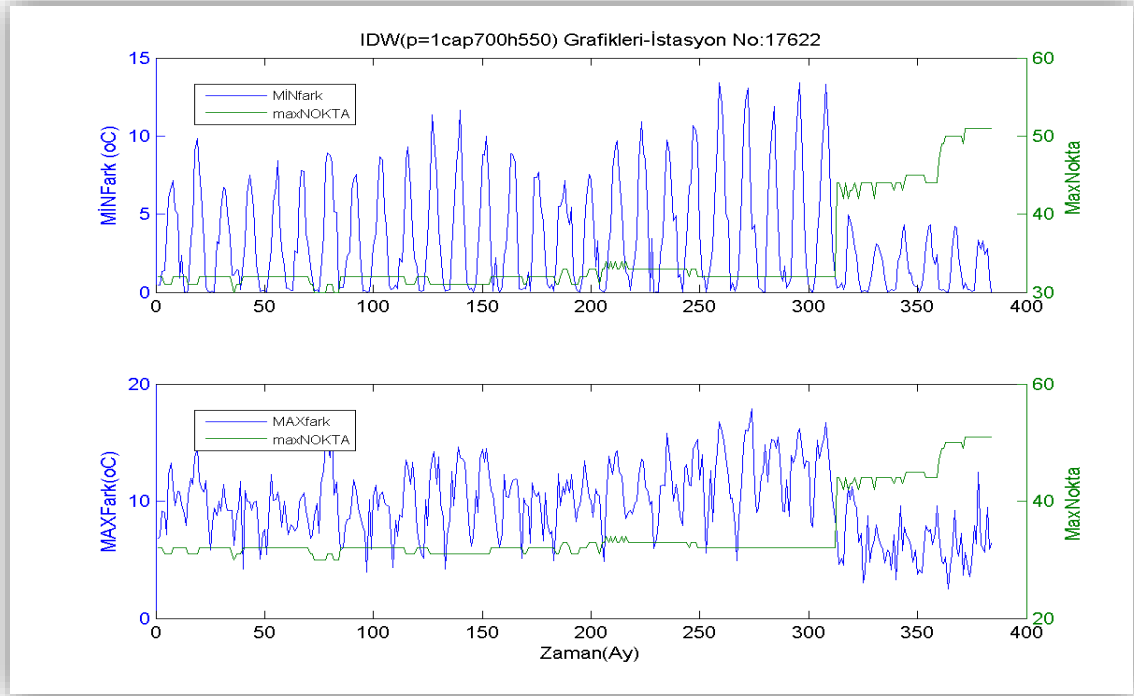


Şekil 39. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 0.5, Çap 700km ve H ±550m)

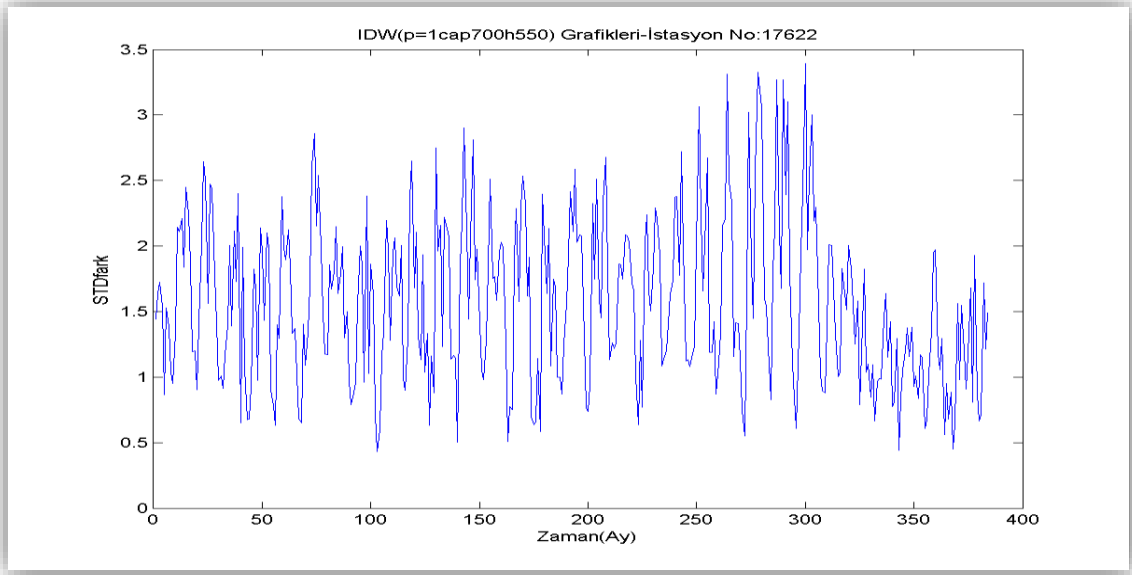


Şekil 40. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği ( $p = 0.5$ , Çap 700km ve  $H \pm 550m$ )

Şekil 41 ile aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri ( $p$ )=1 olarak kabul edildiğinde minimum ve maksimum hata değerleri daha kötü olduğunda Şekil 42’de gösterilen standart sapma değerleri daha kötü sonuçlar vermiştir.

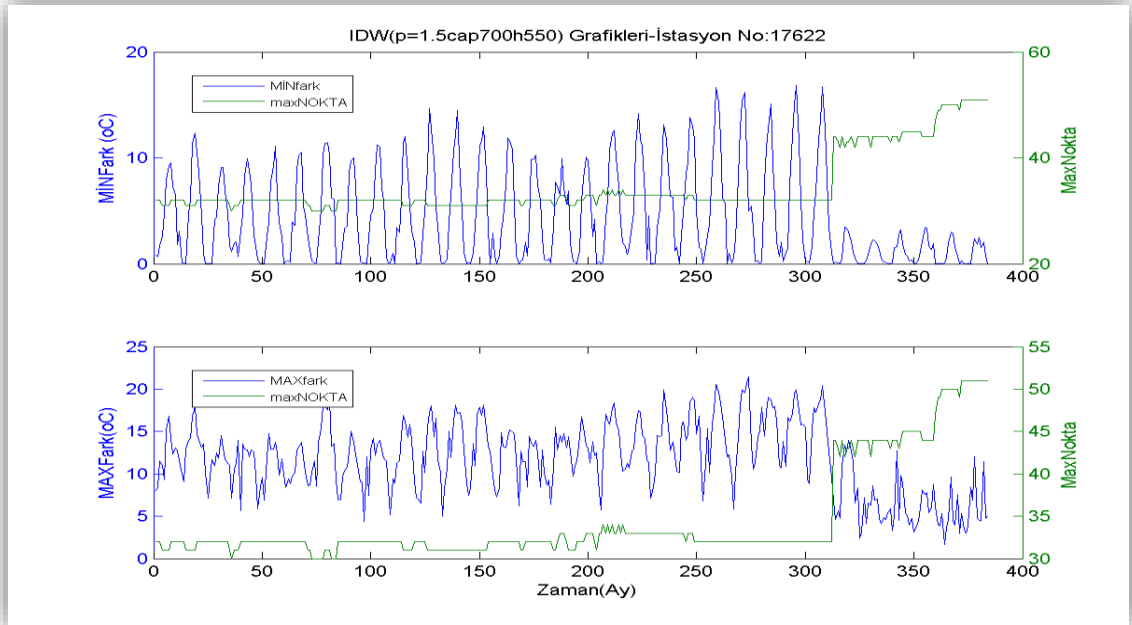


Şekil 41. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği ( $p = 1$ , Çap 700km ve  $H \pm 550m$ )

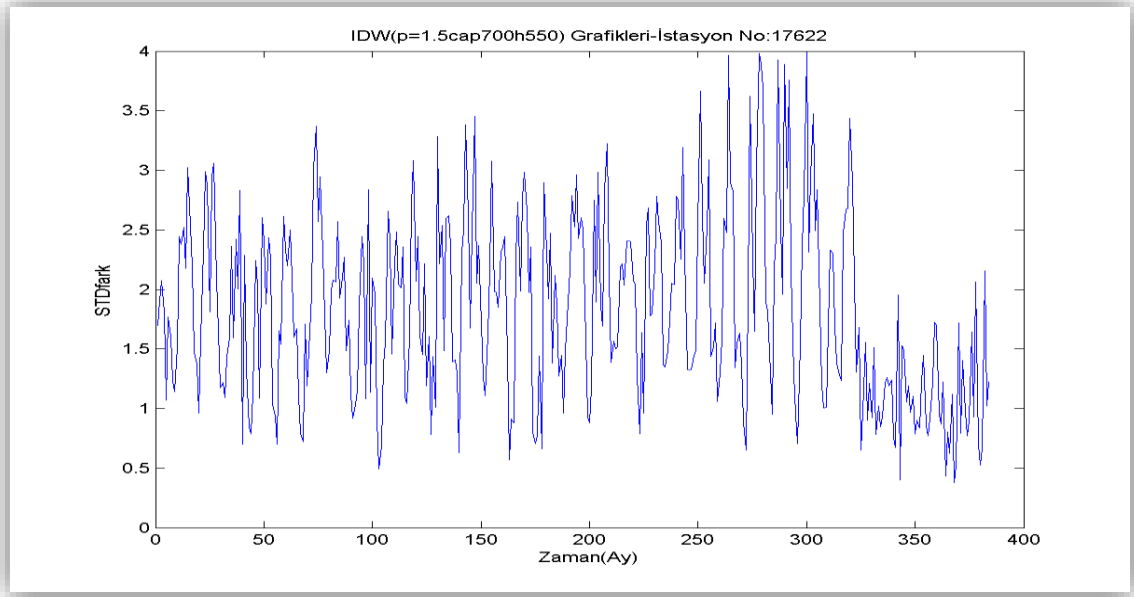


Şekil 42. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 1, Çap 700km ve H ±550m)

Şekil 43 ile aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri (p)=1.5 olarak kabul edildiğinde minimum ve maksimum hata değerleri daha kötü olduğunda Şekil 44’de gösterilen standart sapma değerleri daha kötü sonuçlar vermiştir.

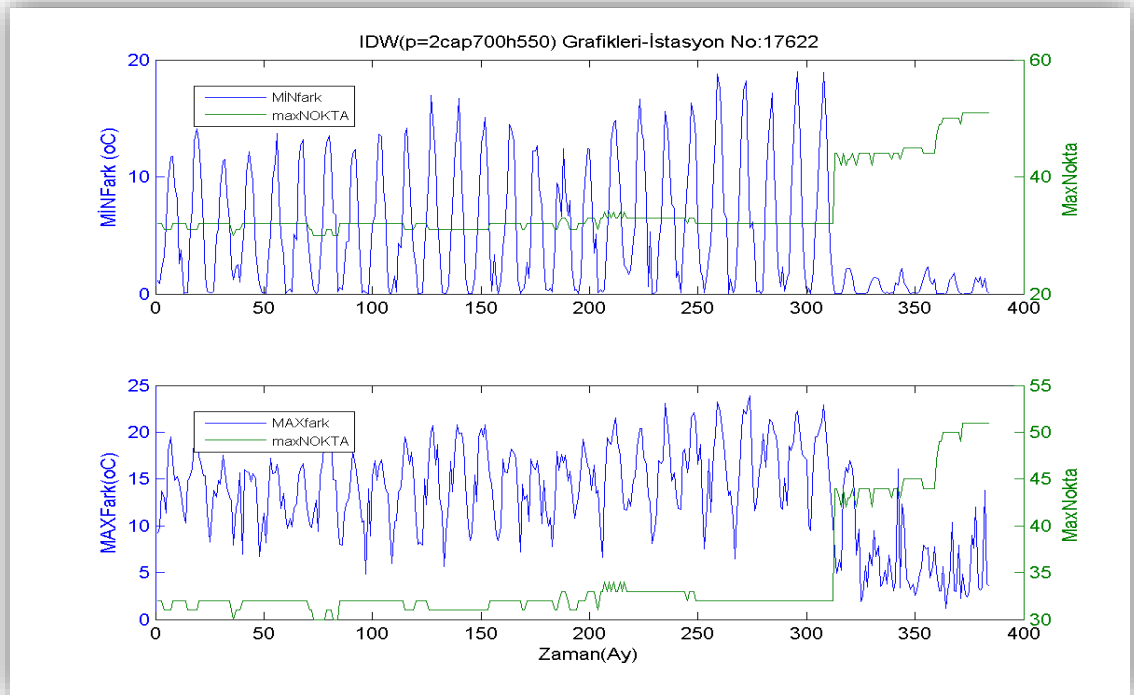


Şekil 43. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 1.5, Çap 700km ve H ±550m)

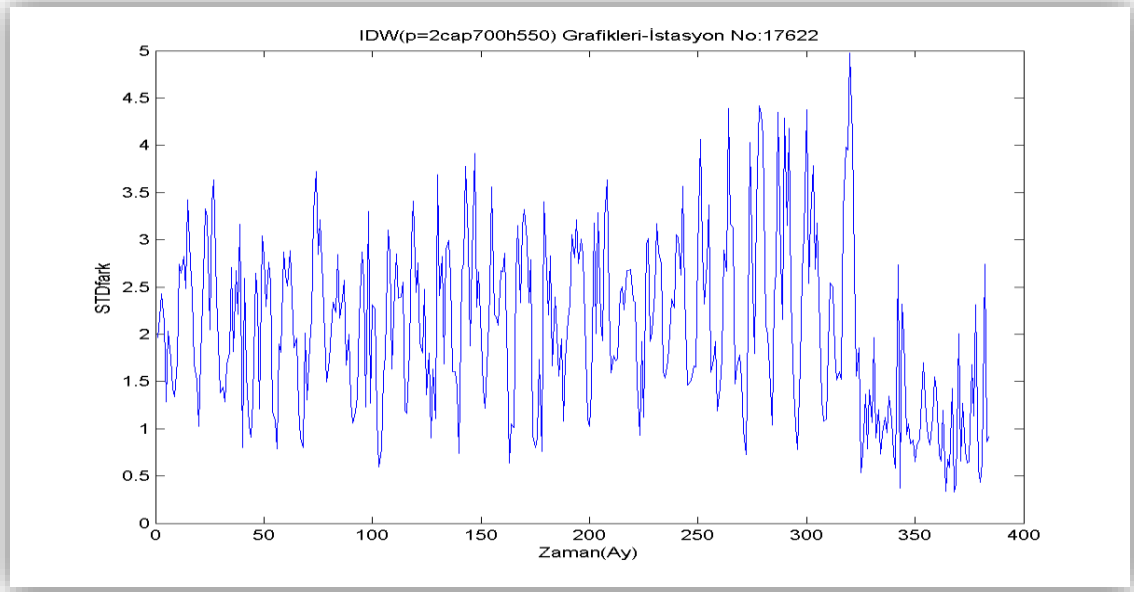


Şekil 44. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği ( $p = 1.5$ , Çap 700km ve  $H \pm 550m$ )

Şekil 45 ile aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri 2 olarak kabul edildiğinde minimum ve maksimum hata değerleri daha kötü olduğunda Şekil 46'te gösterilen standart sapma değerleri daha kötü sonuçlar vermiştir.

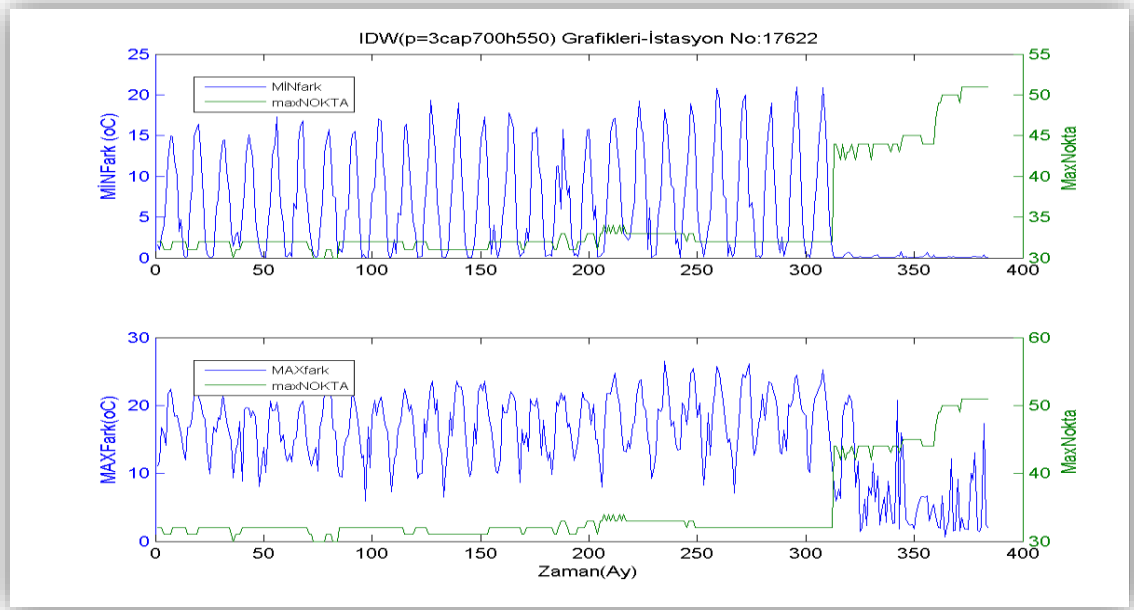


Şekil 45. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği ( $p = 2$ , Çap 700km ve  $H \pm 550m$ )

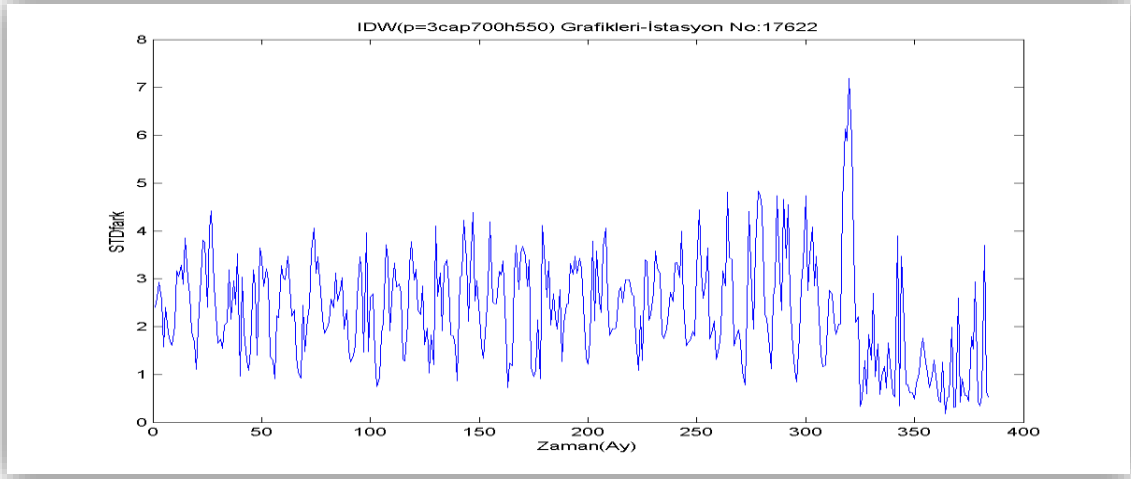


Şekil 46. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 2, Çap 700km ve H ±550m)

Şekil 47 ile aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri (p)=3 olarak kabul edildiğinde minimum ve maksimum hata değerleri genel olarak en kötü olduğunda, son yıllarda daha fazla istasyonun sıcaklık verisine sahip olmasından dolayı, nokta sayısı artmış ve minimum hata değeri en küçük değere ulaşmıştır. Şekil 48’de gösterilen standart sapma değerleri de bu duruma bağlı olarak grafiği ortaya çıkmıştır.

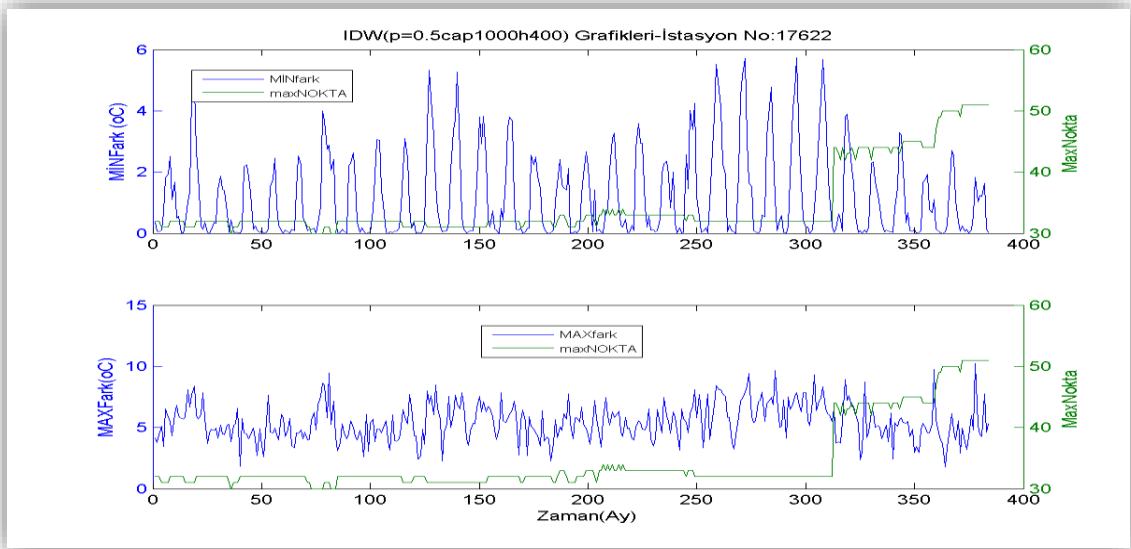


Şekil 47. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 3, Çap 700km ve H ±550m)

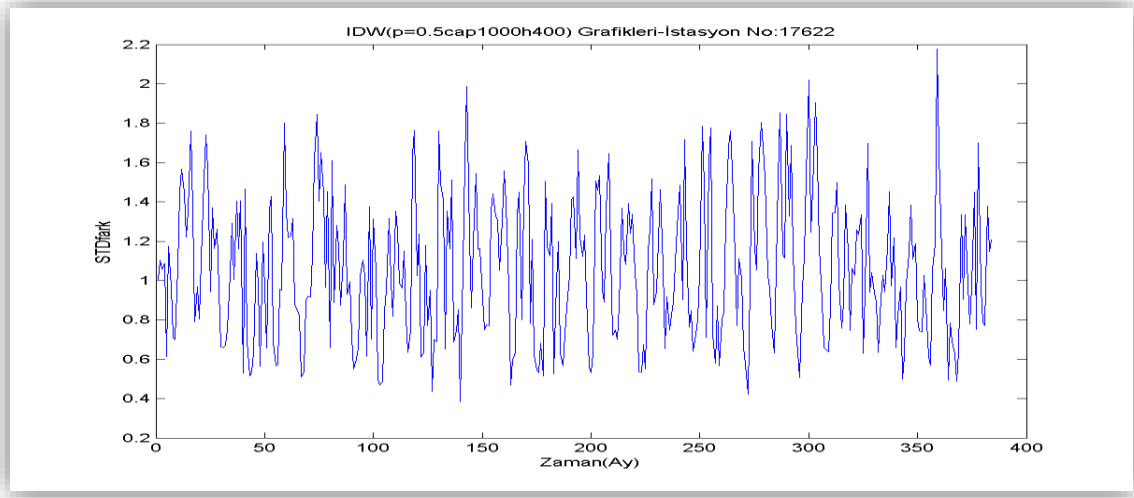


Şekil 48. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 3, Çap 700km ve H ±550m)

17622 nolu istasyonun güç parametresi (p)=0.5, arama yarıçapı 1000m ve  $\pm 400$ m yükseklik aralığına sahip olduğu durum Şekil 49 ile gösterilmiştir. Bu şekilde görüldüğü üzere nokta sayısı arttıkça minimum sıcaklık farkı azalırken, maksimum sıcaklık farkında ise aynı şekilde bir durum gözlenmemiştir. Sıcaklık farkları her iki grafikte de kış aylarında daha düşük değerlere ulaşmıştır. Şekil 50'de de ölçüm değeri ile gerçek değeri arasındaki farkın standart sapma grafiği çizdirilmiştir. Aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri (p)=1 olarak kabul edildiğinde minimum ve maksimum hata değerleri ve standart sapma değerleri aynı bulunmuştur.

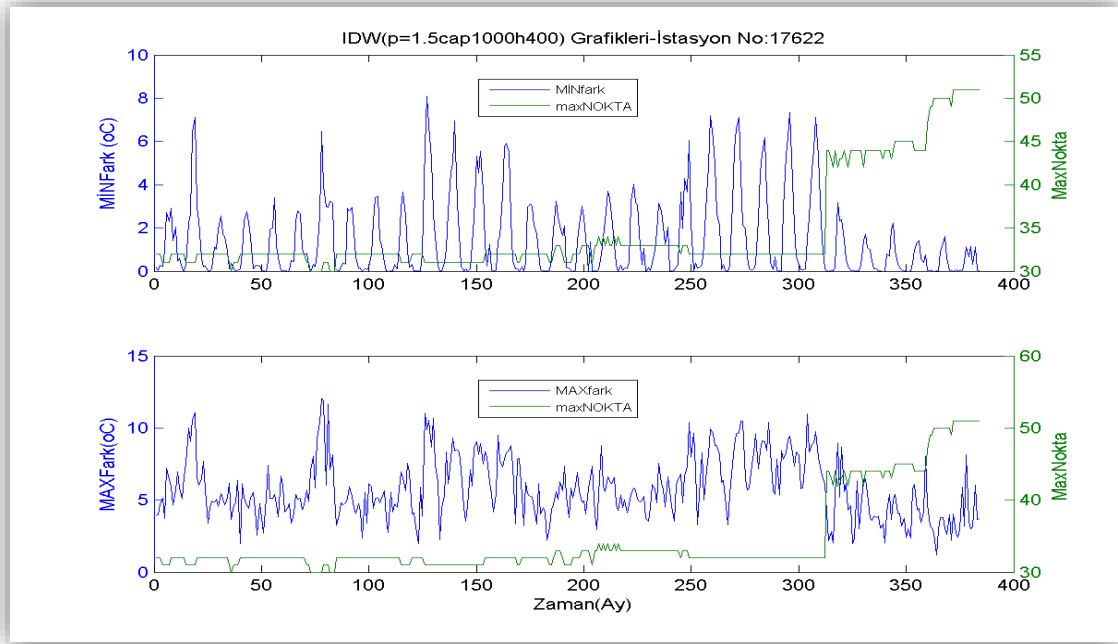


Şekil 49. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 0.5, Çap 1000km ve H ±400m)



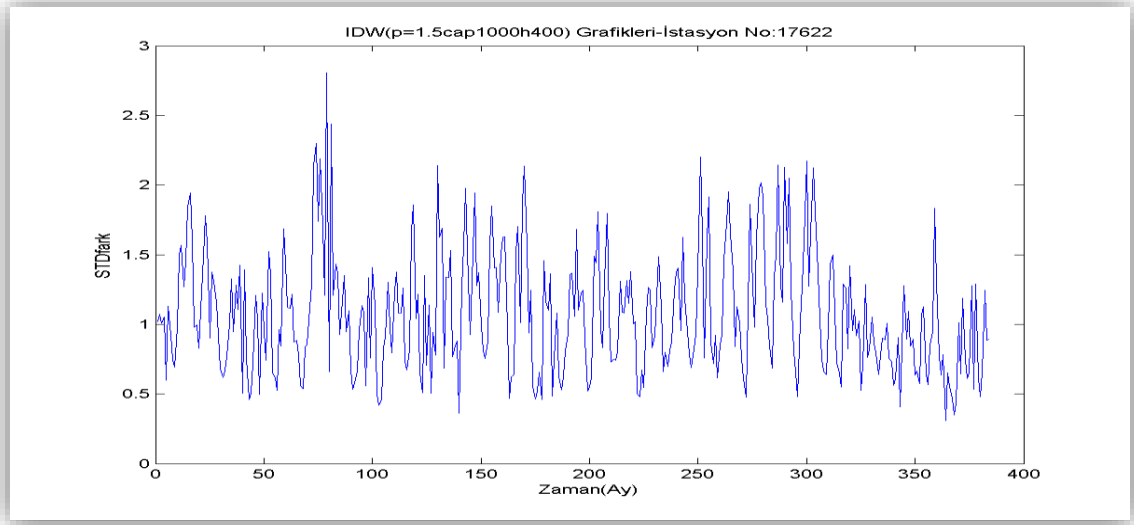
Şekil 50. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 0.5, Çap 1000km ve H ±400m)

Aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri (p)=1.5 olarak kabul edildiğinde (p)=1 ve (p)=0.5 değerlerine göre, minimum ve maksimum hata değerleri daha kötü olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 51). Şekil 52’de ise standart sapma değerleri çizdirilmiş ve aynı bulgular bu grafikte de gözlemlenmiştir. 50 ve 100. aylar arasında güç parametresi değerinin değişimine bağlı olarak grafikte bir sıçrama görülmüştür.



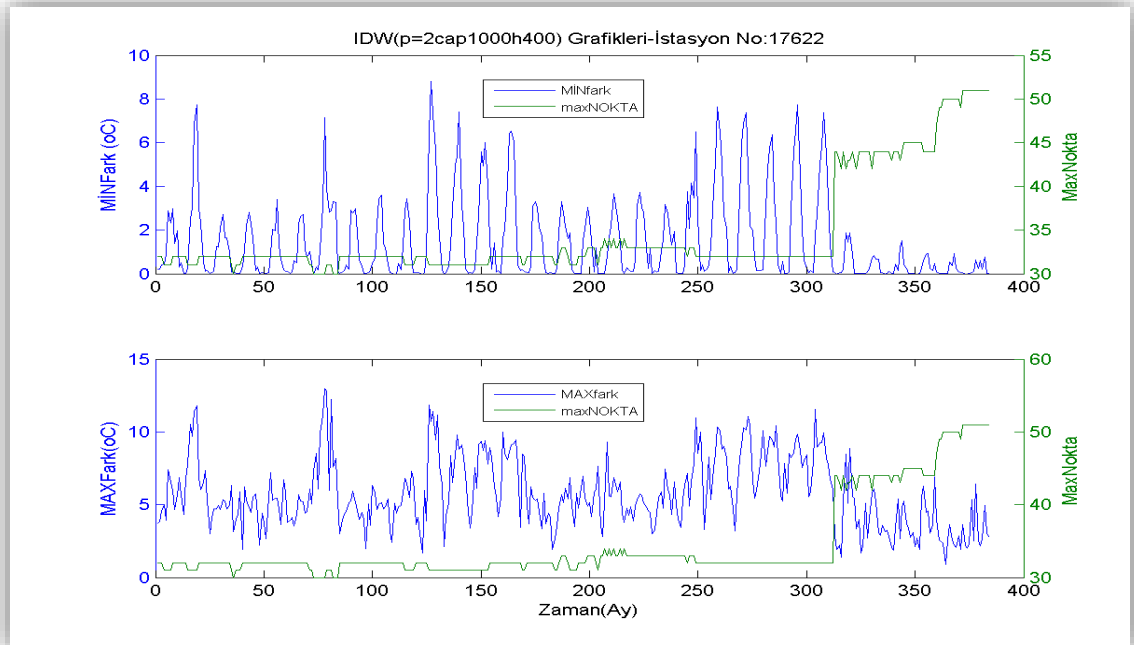
Şekil 51. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 1.5, Çap 1000km ve H ±400m)



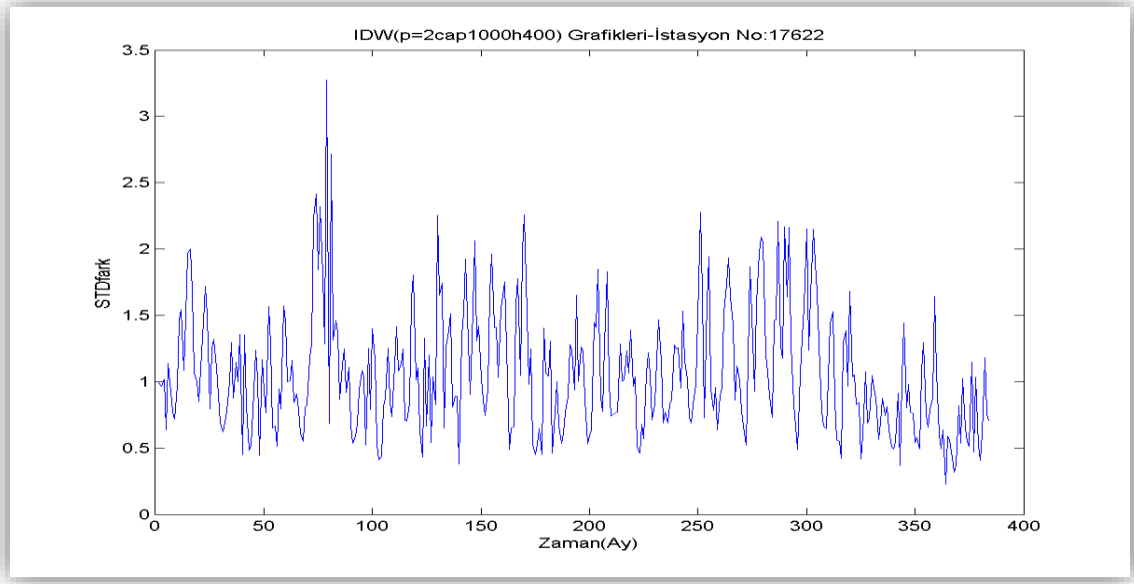


Şekil 52. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 1.5, Çap 1000km ve H ±400m)

Aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri (p)=2 olarak kabul edildiğinde minimum ve maksimum hata değerlerinin (p)=1.5 olduğu duruma göre, daha kötü olduğu sonucu çıkmıştır (Şekil 53). Şekil 54'te ise gösterilen standart sapma değerlerinde de bu durum gözlenmiş ve grafikteki sıçrama daha da artmıştır.

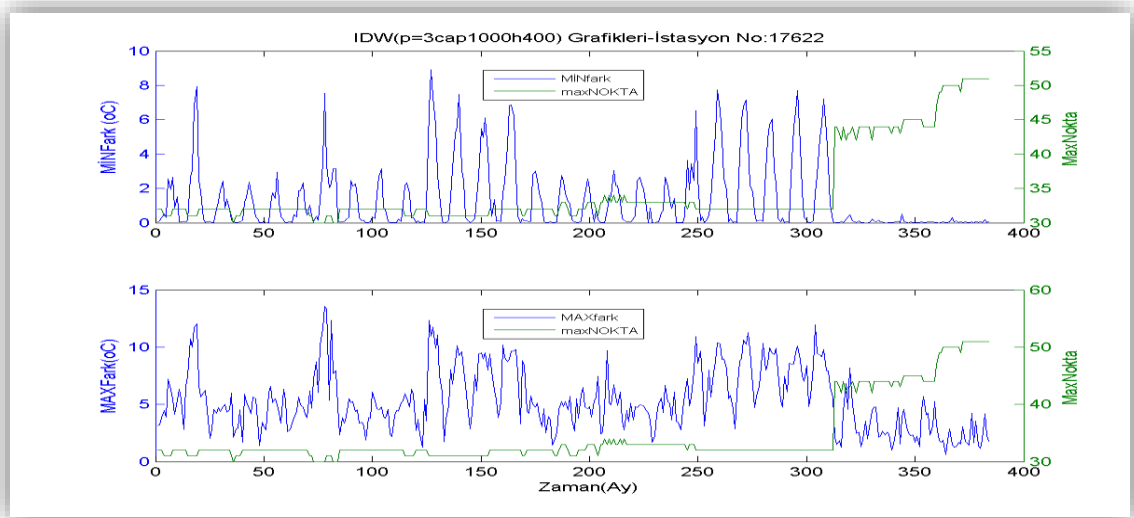


Şekil 53. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 2, Çap 1000km ve H ±400m)

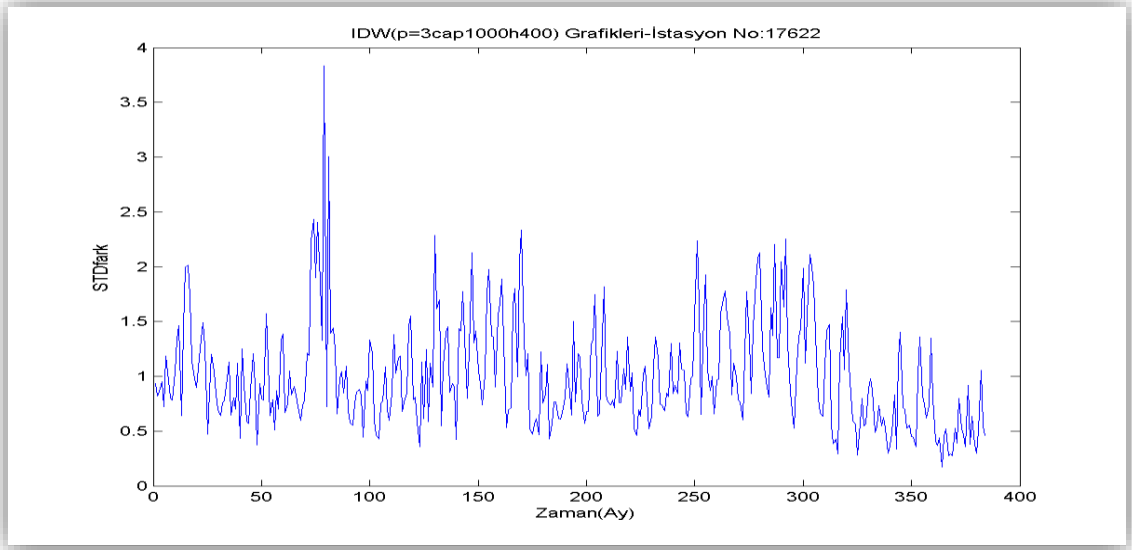


Şekil 54. IDW ile Samsun-17622 nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 2, Çap 1000km ve H ±400m)

Aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri (p)= 3 olarak kabul edildiğinde diğer güç parametre değerlerine göre (p=0.5, p=1, p=1.5 vep=2) minimum ve maksimum hata değerleri en kötü sonuçları vermiştir (Şekil 55). Bu durum Şekil 56'da gösterilen standart sapma değerlerinde görülen grafikteki sıçrama, güç parametresi değeri artmasına bağlı olarak zaman noktasındaki tahmin hatasının en üst değere ulaşmasıyla daha da belirginleşmiştir.

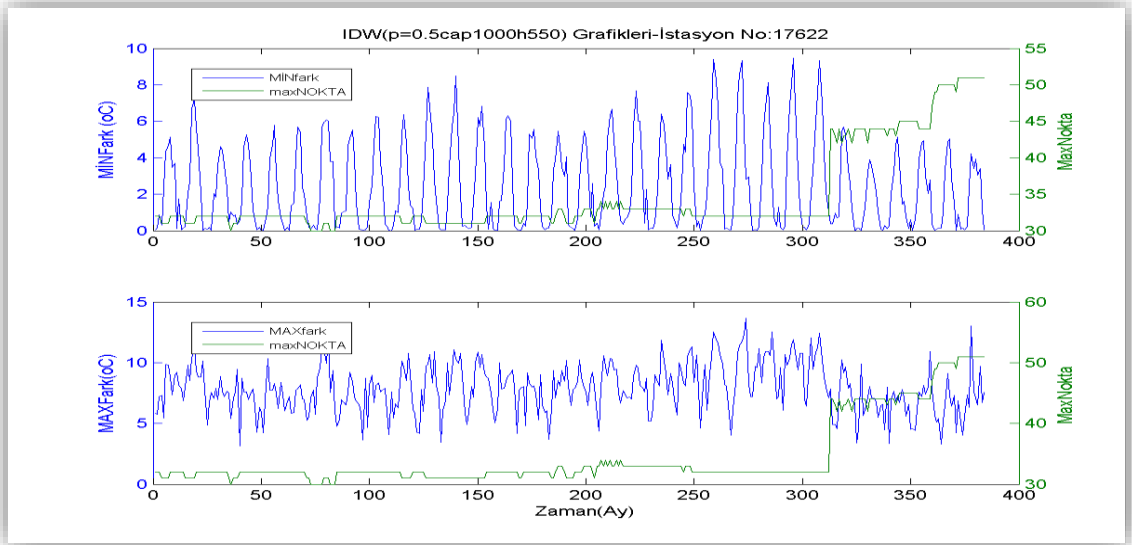


Şekil 55. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 3, Çap 1000km ve H ±400m)

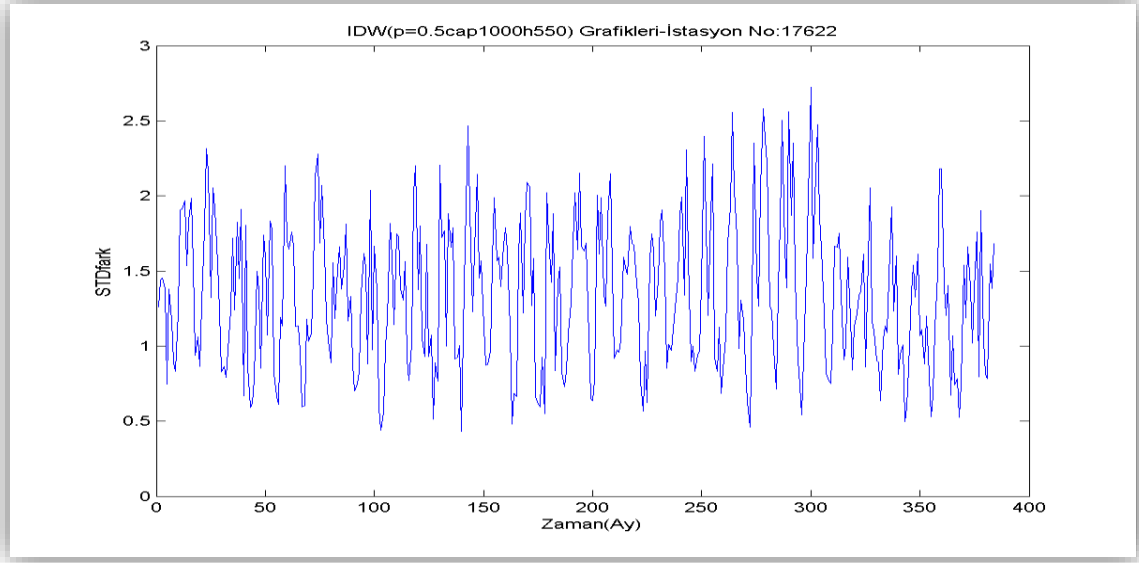


Şekil 56. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 3, Çap 1000km ve H ±400m)

17622 nolu istasyonun güç parametresi (p)=0.5, arama yarıçapı 1000km ve ±550m yükseklik farkına sahip olduğu durum Şekil 57 ile gösterilmiştir. Bu şekilde görüldüğü üzere nokta sayısı arttıkça minimum sıcaklık farkı azalırken, maksimum sıcaklık farkında ise aynı şekilde bir durum gözlenmemiştir. Sıcaklık farkları her iki grafikte de kış aylarında daha düşük değerlere ulaşmıştır. Şekil 58’de de ölçüm değeri ile gerçek değeri arasındaki farkın standart sapma grafiği çizdirilmiştir.

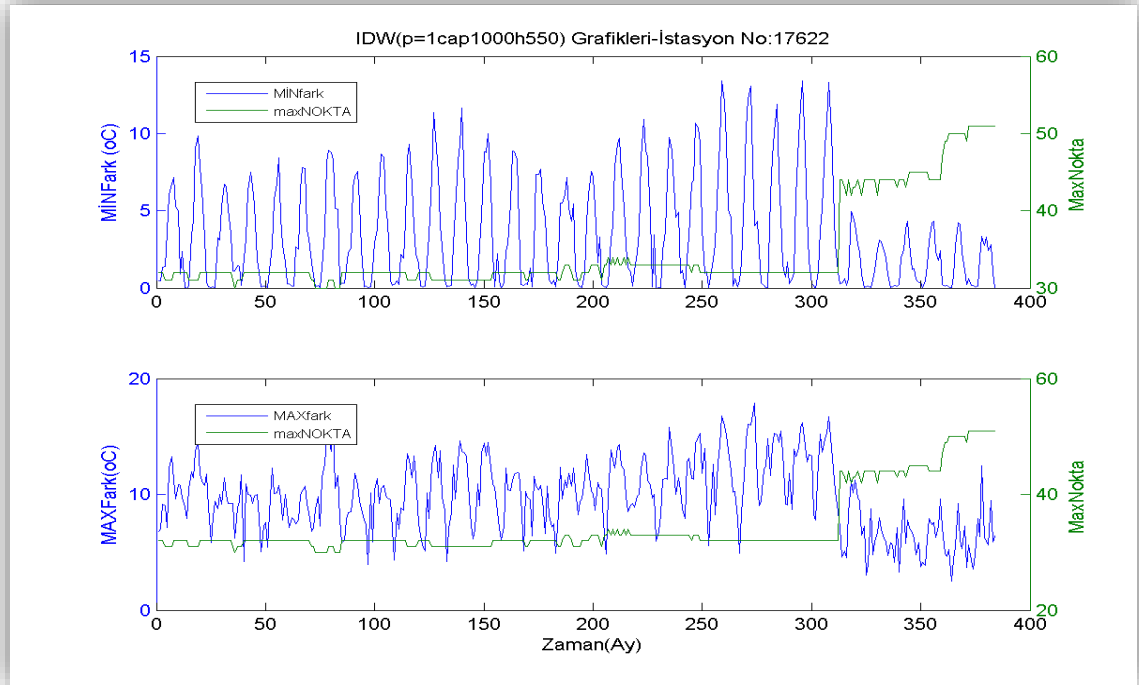


Şekil 57. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 0.5, Çap 1000km ve H ±550m)

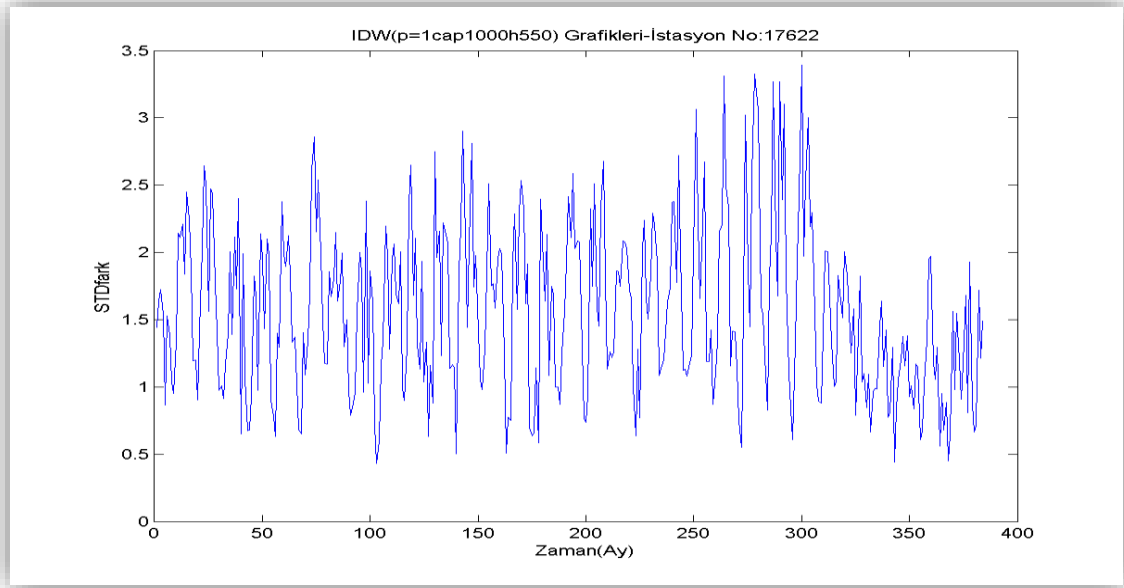


Şekil 58. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 0.5, Çap 1000km ve H ±550m)

Şekil 59'da aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri (p)=1 olarak kabul edildiğinde minimum ve maksimum hata değerleri ile Şekil 60'de gösterilen standart sapma değerleri (p)=0.5 duruma göre daha kötü sonuçlar vermiştir.

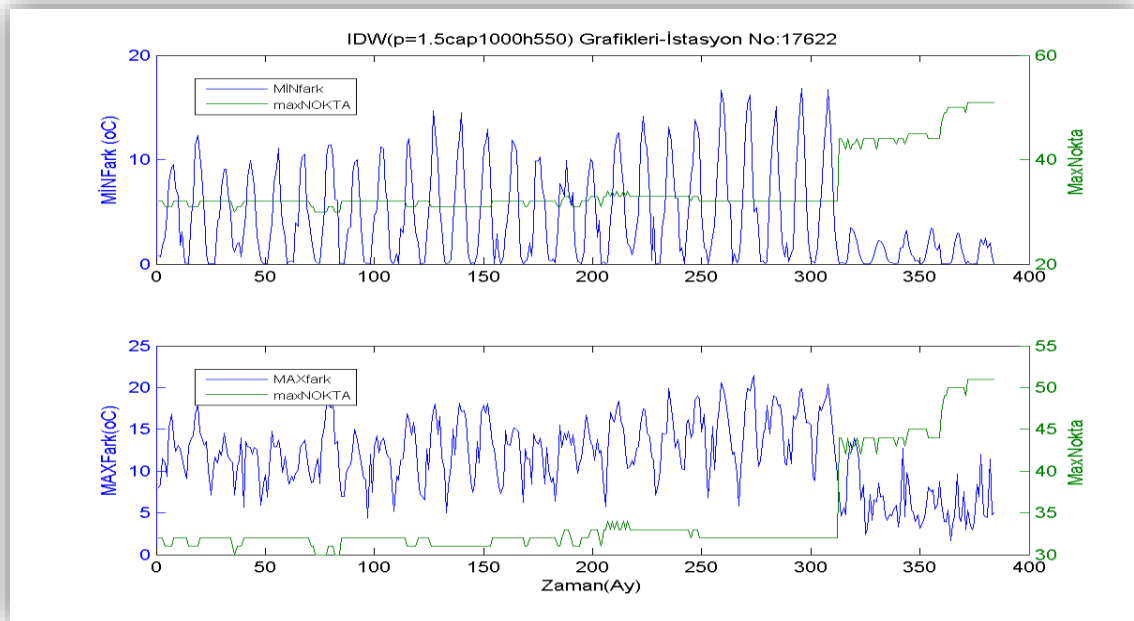


Şekil 59. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 1, Çap 1000km ve H ±550m)

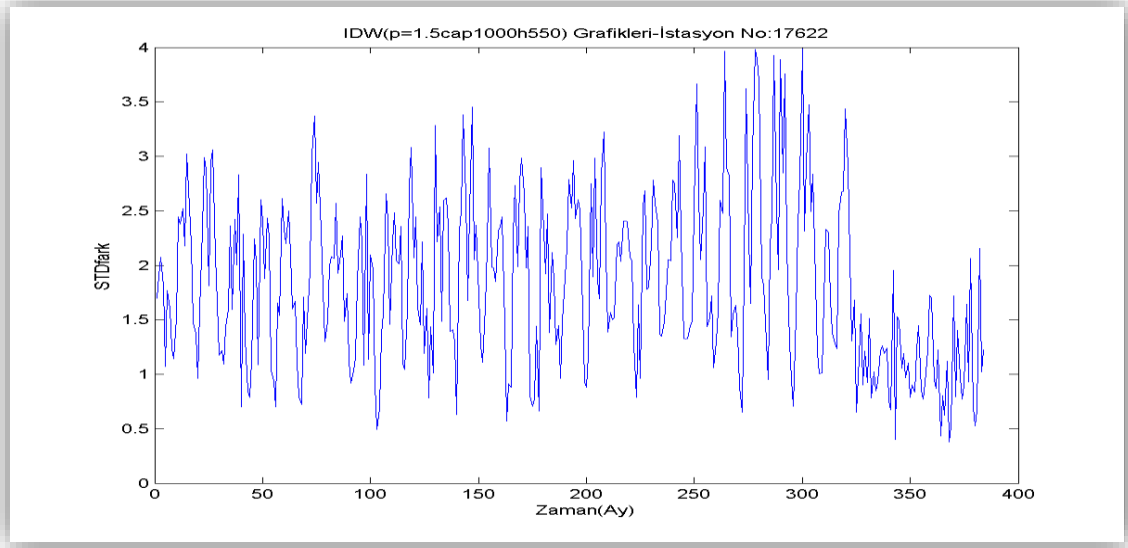


Şekil 60. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği ( $p = 1$ , Çap 1000km ve  $H \pm 550m$ )

Şekil 61 ile aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri 1.5 olarak kabul edildiğinde minimum ve maksimum hata değerleri ile Şekil 62'de gösterilen standart sapma değerleri ( $p$ )=0.5 ve ( $p$ )=1 duruma göre daha kötü sonuçlar vermiştir.

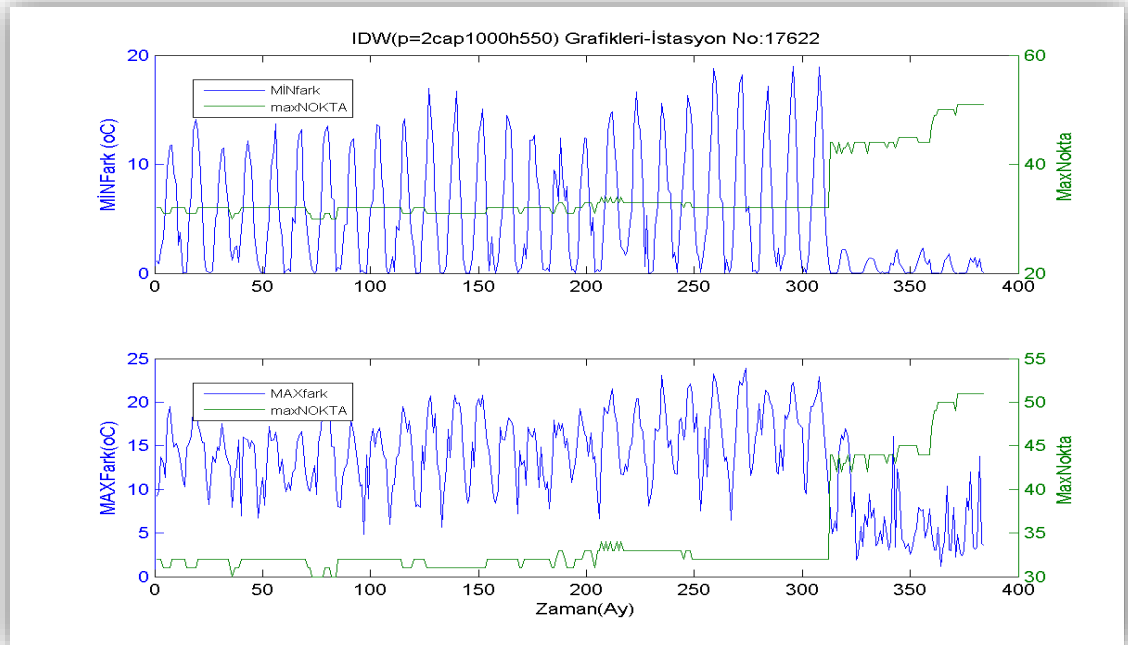


Şekil 61. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981 - Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği ( $p = 0.5$ , Çap 1000km ve  $H \pm 550m$ )

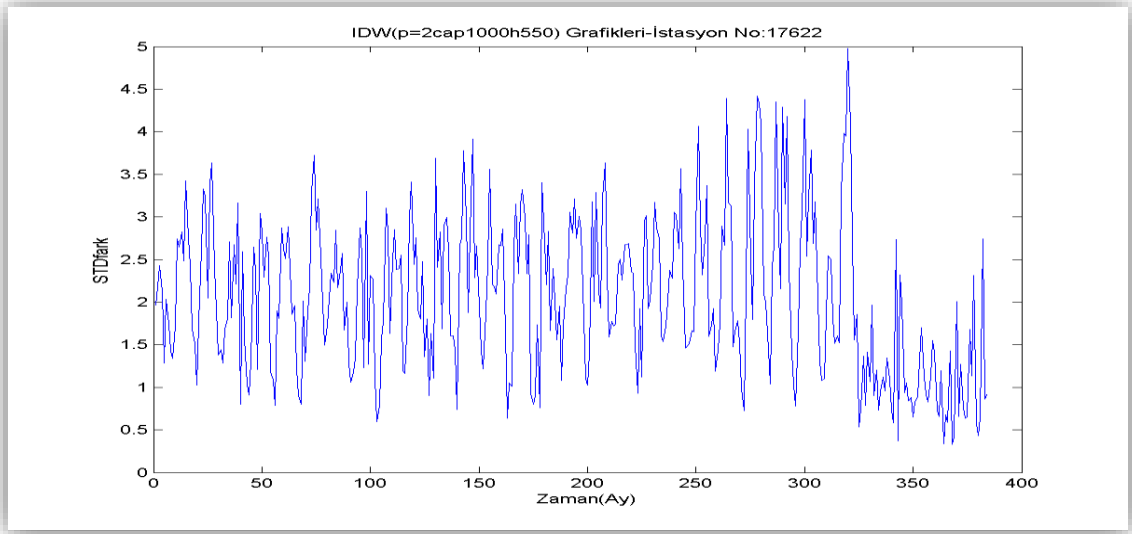


Şekil 62. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 1.5, Çap 1000km ve H ±550m)

Şekil 63 ile aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri (p)=2 olarak kabul edildiğinde minimum ve maksimum hata değerleri ile Şekil 64'de gösterilen standart sapma değerleri önceki güç parametreleri değerlerinin olduğu durumlara göre daha kötü sonuçlar vermiştir.

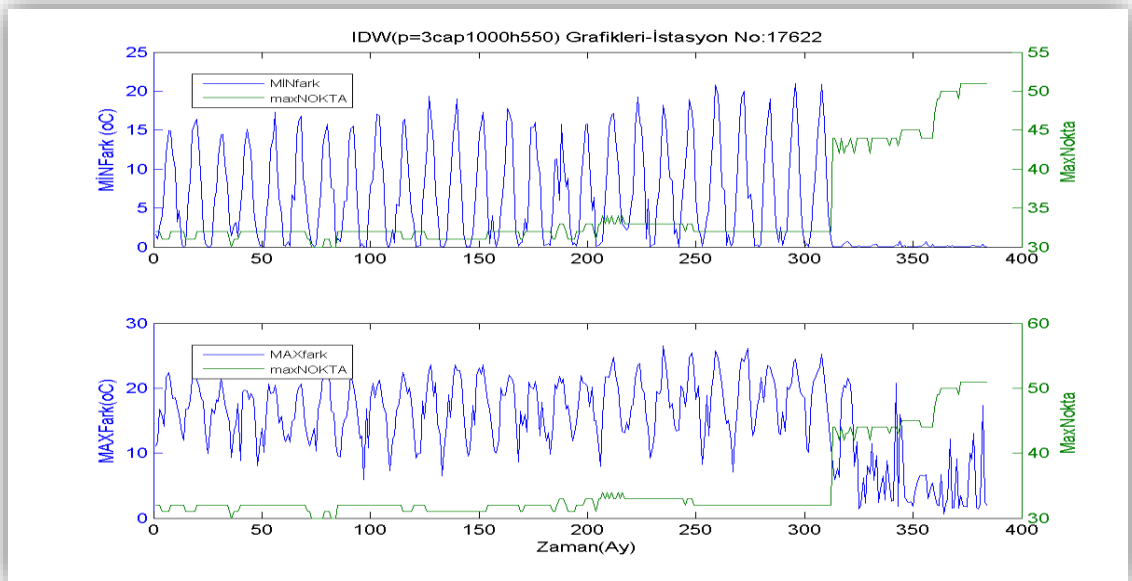


Şekil 63. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 2, Çap 1000km ve H ±550m)

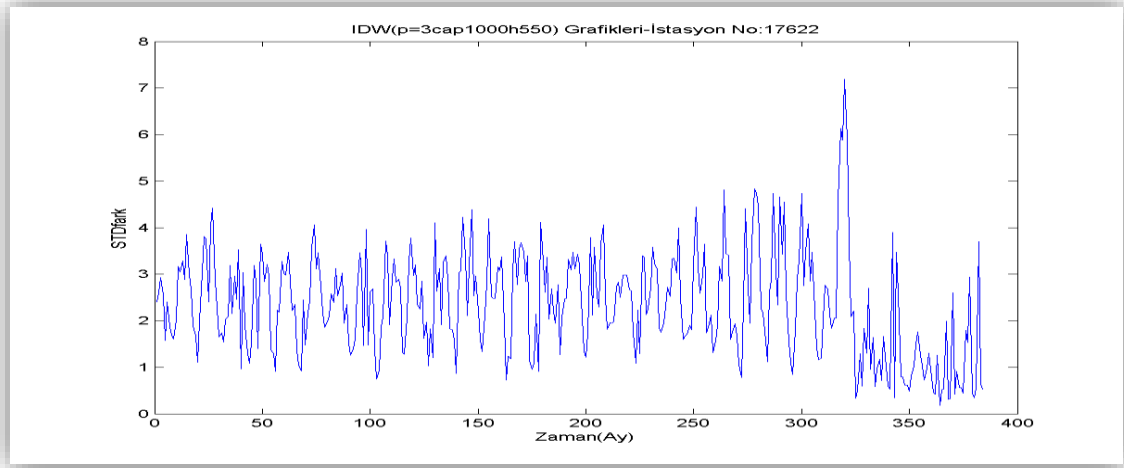


Şekil 64. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 2, Çap 1000km ve H ±550m)

Aynı arama çapı ve yükseklik aralığına sahip iken sadece güç parametresi değeri (p)=3 olarak kabul edildiğinde minimum ve maksimum hata değerleri diğer güç parametreleri değerleri (p=0.5, p=1, p=1.5 ve p=2) ile hesaplanan durumlara göre karşılaştırıldığında en kötü sonucu vermiştir. Aynı durum Şekil 66'da gösterilen standart sapma değerleri grafiğinde de görülmektedir. Bununla birlikte, nokta sayısının artmasına bağlı olarak tahmin hata değerleri azalmıştır.

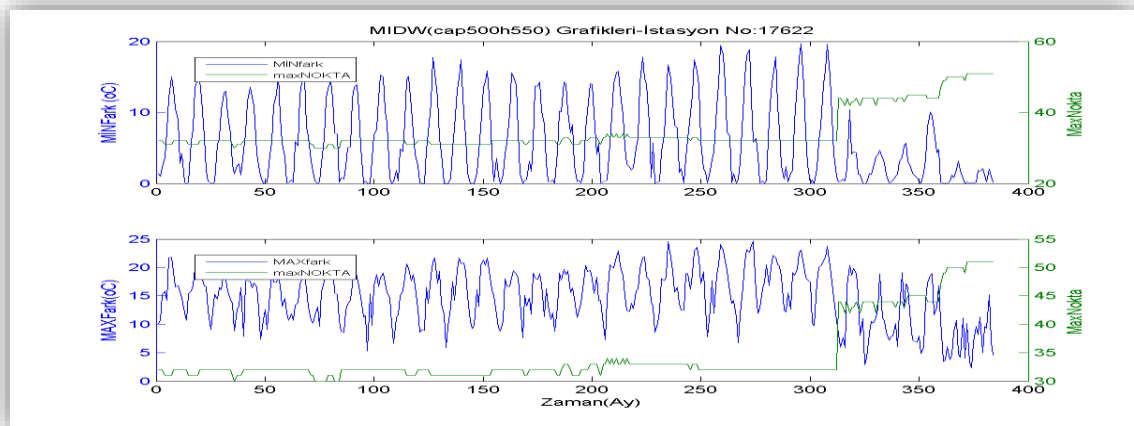


Şekil 65. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (p = 3, Çap 1000km ve H ±550m)



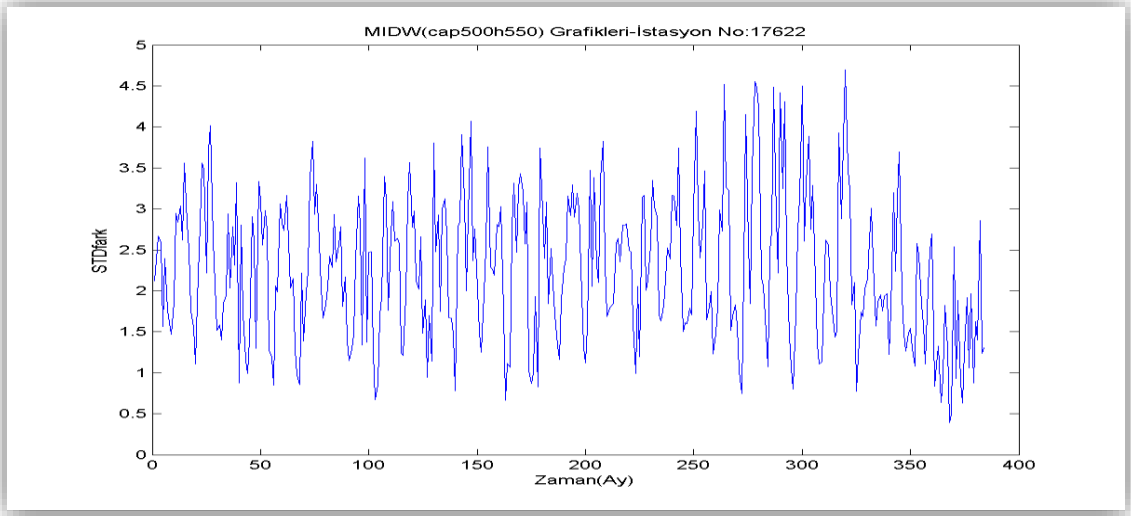
Şekil 66. IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (  $p = 3$ , Çap 1000km ve  $H \pm 550m$ )

17622 nolu istasyonun 1981 Ocak ayı ile 2012 Aralık ayları arasındaki veriler arama yarıçapı 500km ve  $\pm 550m$  yükseklik farkına sahip olduğu durum seçilerek Geliştirilmiş IDW yöntemi (4) eşitliğindeki ağırlık ifadesine sahip Geliştirilmiş Shepard yöntemi uygulanır. Eşitlik (58)' den elde edilen tahminine ilişkin maksimum ve minimum hatalar incelendiğinde enterpolasyonda kullanılan maksimum nokta sayısı arttıkça, tahmin hatalarının minimum değerlerinde azalma kaydedilirken, tahmin hatalarının maksimum değerleri için benzer durum yoktur (Şekil 68). Tahmin hatalarının değerleri arasındaki farkın standart sapma grafiği ise Şekil 20'de görülmektedir. Sıcaklık farkları her iki grafikte de kış aylarında daha düşük değerlere ulaşmıştır



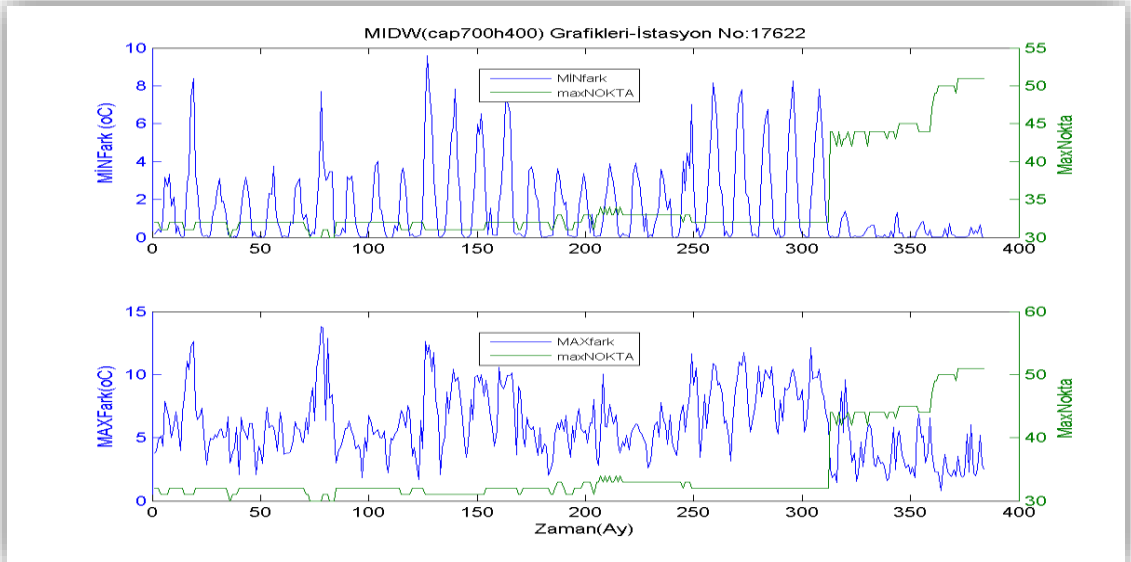
Şekil 67. Geliştirilmiş IDW ile 17622 Nolu İstasyon için 1981-2012 Yıllarına Ait Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (Çap 500km ve  $H \pm 550m$ )



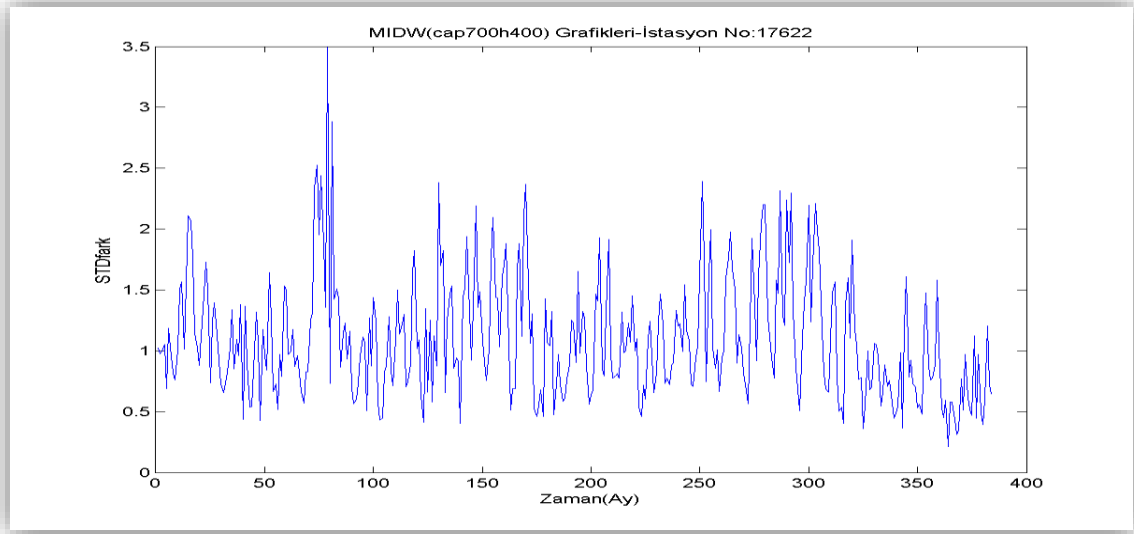


Şekil 68. Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Hataların Aylık Standart Sapma Grafiği (Çap 500km ve H  $\pm$ 550m)

Şekil 69 ile 17622 istasyonundaki arama yarıçapı 700km ve  $\pm$ 400m yükseklik aralığına sahip olduğu durumda Geliştirilmiş IDW yöntemi ile çizdirilmiştir. Bir önceki arama çapına göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bu şekilde görüldüğü üzere nokta sayısı arttıkça minimum sıcaklık farkı ile maksimum sıcaklık farkının azaldığı gözlenmiştir. Sıcaklık farkları her iki grafikte de kış aylarında daha düşük değerlere ulaşmıştır. Şekil 70’de ise enterpolasyon hatalarının standart sapma grafiği çizdirilmiş ve küçük değerler bulunmuştur.

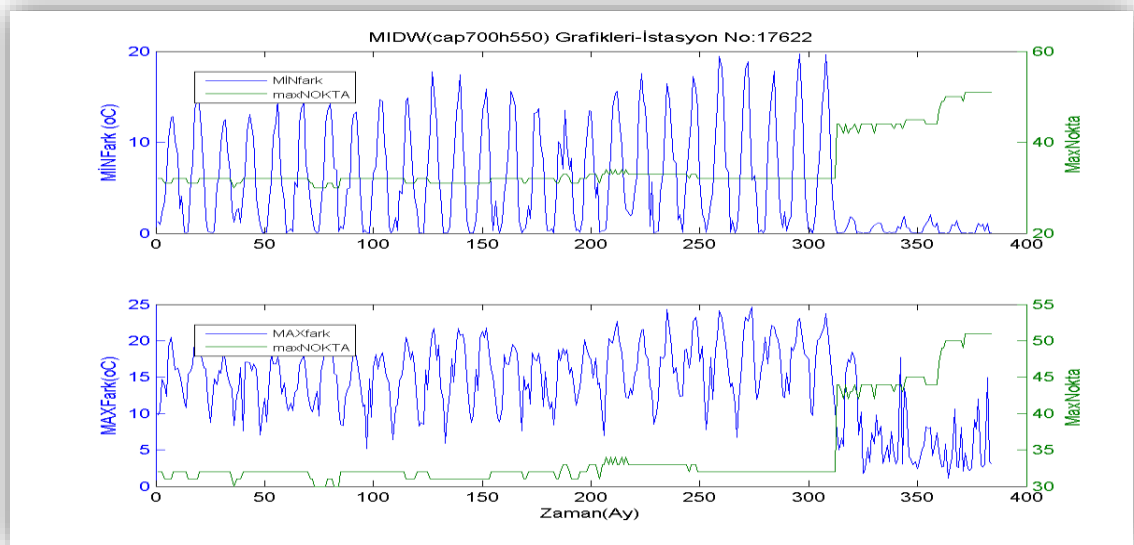


Şekil 69. Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (Çap 700km ve H  $\pm$ 400m)

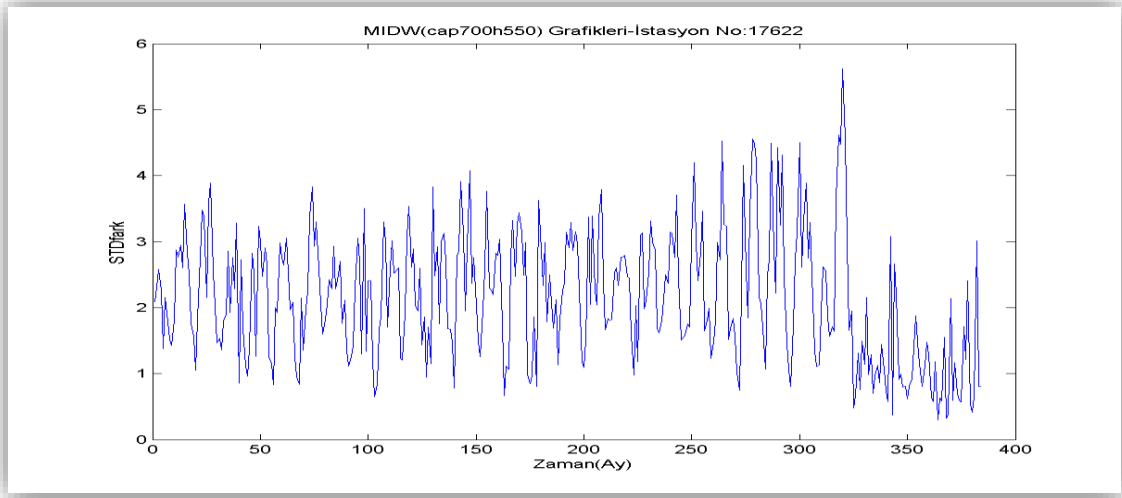


Şekil 70. Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği (Çap 700km ve H  $\pm$ 400m)

Şekil 71 ile istasyondaki arama yarıçapı 700km ve  $\pm$ 550m yükseklik aralığına sahip olduğu durumda Geliştirilmiş IDW yöntemi ile çizdirilir. Bu şekilde görüldüğü üzere nokta sayısı arttıkça minimum sıcaklık farkı azalırken, maksimum sıcaklık farkında ise aynı şekilde bir durum gözlenmemiştir. Sıcaklık farkları her iki grafikte de kış aylarında daha düşük değerlere ulaşmıştır. Şekil 72’de de ölçüm değeri ile gerçek değeri arasındaki farkın standart sapma grafiği çizdirilmiş ve bir önceki arama çapı ve yükseklik farkı kriterlerine göre daha fazla bulunmuştur.

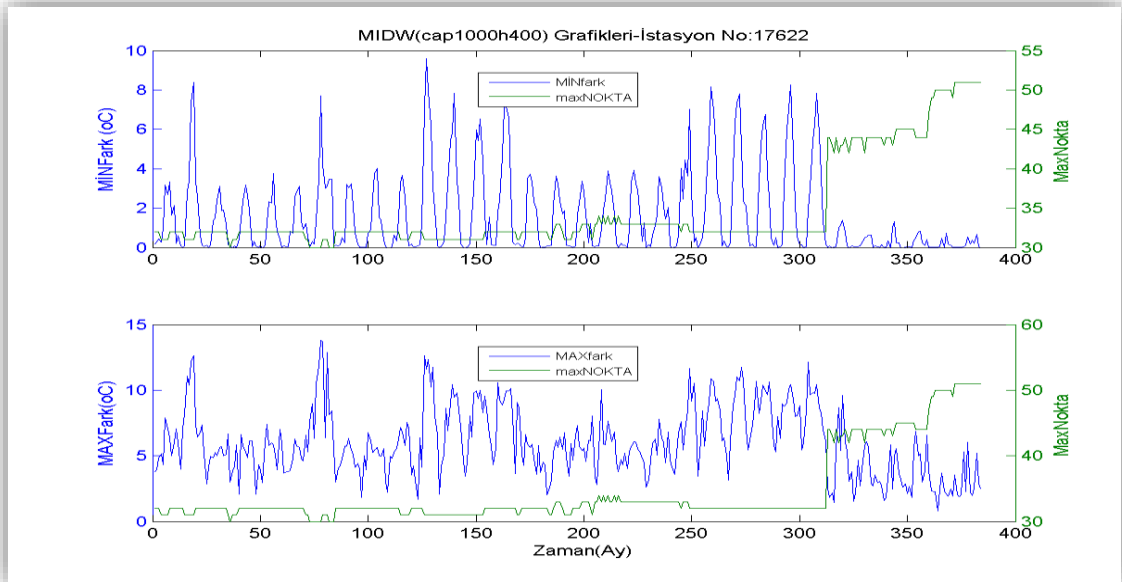


Şekil 71. Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (Çap 700km ve H  $\pm$ 550m)

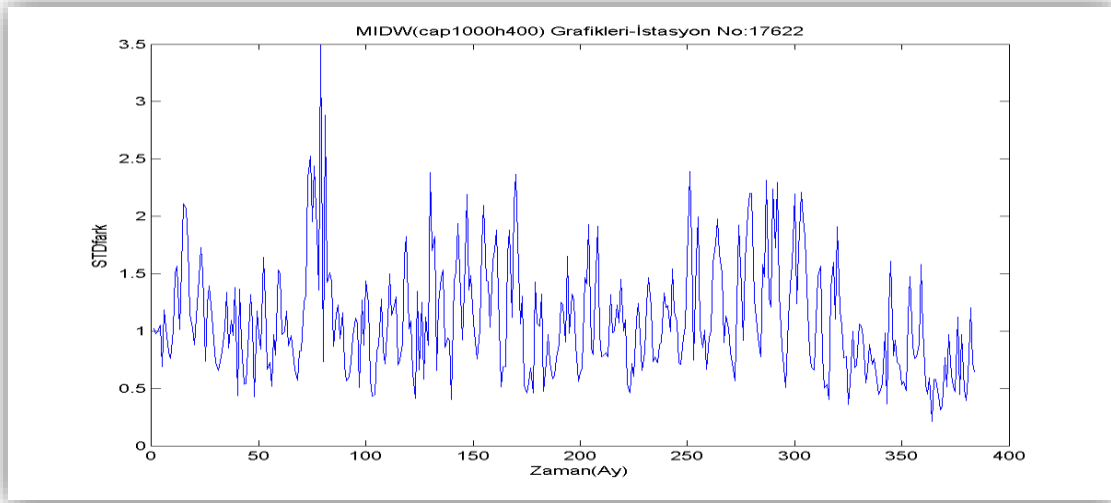


Şekil 72. Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği (Çap 700km ve H  $\pm$ 550m)

Şekil 73 ile istasyondaki arama yarıçapı 1000km ve  $\pm$ 400m yükseklik aralığına sahip olduğu durumda Geliştirilmiş IDW yöntemi ile çizdirilmiştir. Bu şekilde görüldüğü üzere nokta sayısı arttıkça minimum sıcaklık farkı azalırken, maksimum sıcaklık farkında ise aynı şekilde bir durum gözlenmemiştir. Sıcaklık farkları her iki grafikte de kış aylarında daha düşük değerlere ulaşmıştır. Şekil 74'de de ölçüm değeri ile gerçek değeri arasındaki farkın standart sapma grafiği çizdirilmiş bir önceki arama yarıçapına göre düşük bulunmuştur.

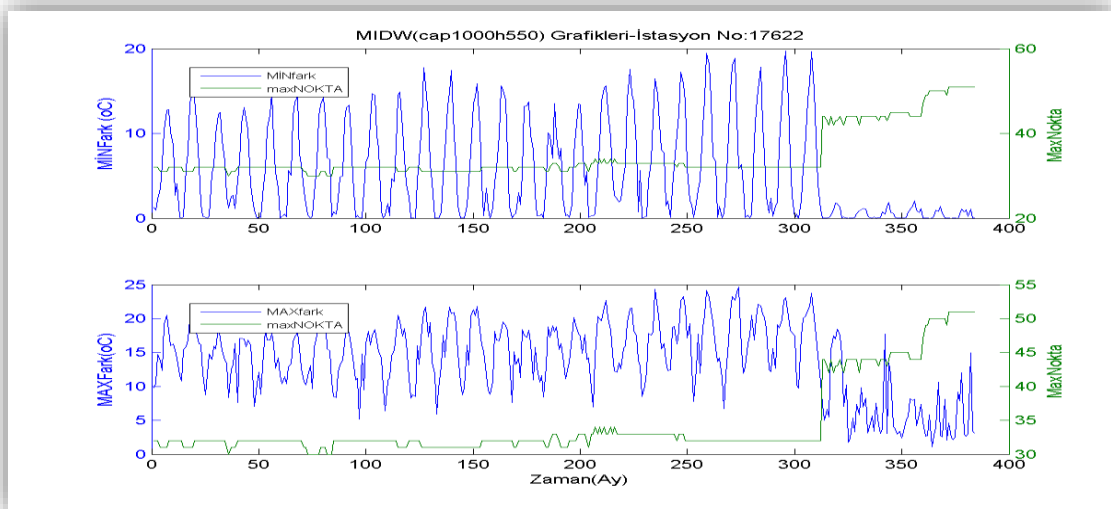


Şekil 73. Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (Çap 1000km ve H  $\pm$ 400m)

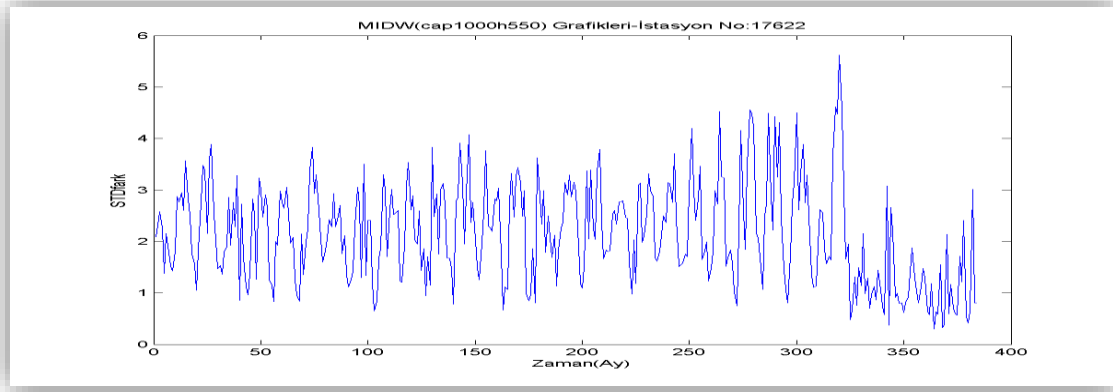


Şekil 74. Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği (Çap 1000km ve H  $\pm$ 400m)

Şekil 75 ile istasyondaki arama yarıçapı 1000km ve  $\pm$ 550m yükseklik farkına sahip olduğu durumda Geliştirilmiş IDW yöntemi ile gösterilmiştir. Aynı yükseklik farkında arama yarıçapı 500 km. olduğu durumla aynı sonuçlar gözlenmiş ve bu sonuçlardan yükseklik farkının Geliştirilmiş IDW yönteminde sonuçları daha fazla etkilediği görülmüştür. Sıcaklık farkları minimum ve maksimum hatalarda grafiklerinde kış aylarında daha düşük değerlere ulaşmıştır (Şekil 75). Şekil 76'da da ölçüm değeri ile gerçek değeri arasındaki farkın standart sapma grafiği çizdirilmiş ve aynı değerler aynı yükseklik farkında arama yarıçapı 500 km. olduğu durumla aynı bulunmuştur.

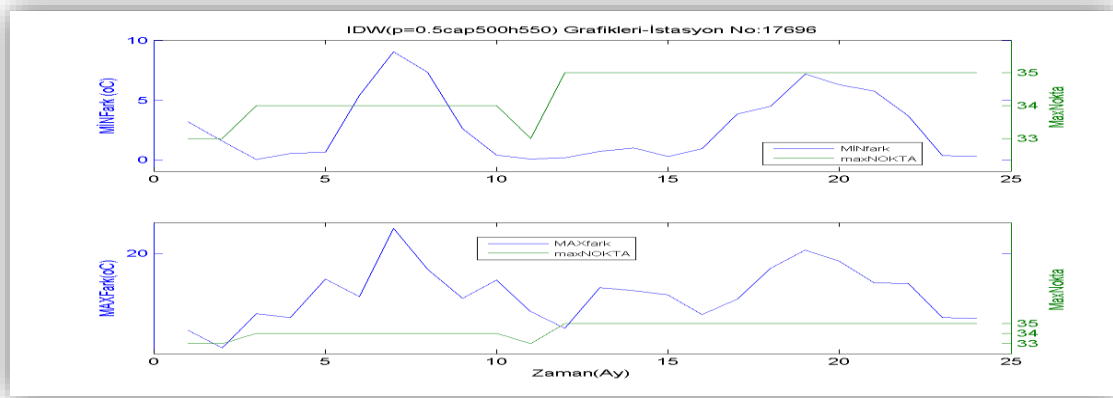


Şekil 75. Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (Çap 1000km ve H  $\pm$ 550m)

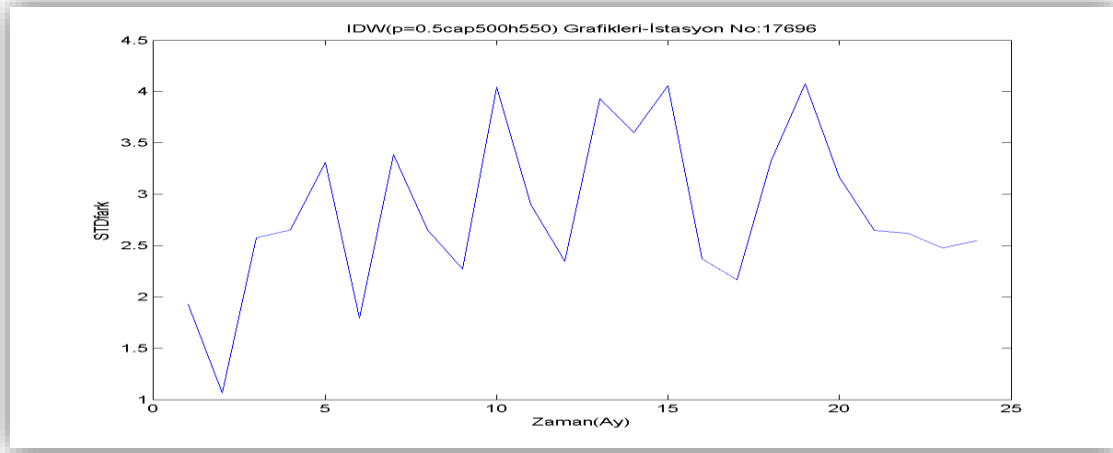


Şekil 76. Geliştirilmiş IDW ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Ocak 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği (Çap 1000km ve H  $\pm$ 550m)

17696 numaralı Gümüşhane – Torul’da bulunan olan 2050 metre yüksekliğine sahip istasyon diğer istasyonlar içinde en fazla yüksekliğe sahip olan istasyondur. 17696 nolu istasyonun 2011 Ocak ayı ile 2012 Aralık ayları arasındaki verilere IDW yöntemi (2) eşitliğindeki ağırlık ifadesine sahip Original Shepard yöntemi uygulanır. Burada bu istasyon için en iyi sonucu veren güç parametresi ( $p=0.5$ ,  $p=1$ ,  $p=1.5$ ,  $p=2$  ve  $p=3$ ), arama yarıçapı (500km., 700km., ve 1000km.) ile yükseklik farkı ( $\pm 400$  m. ve  $\pm 550$  km.) seçilmiş ve her durum için eşitlik (58)’den elde edilen tahminine ilişkin maksimum ve minimum hatalar hesaplandığında, aynı sonuçlar elde edilmiştir. Tahmin hatalarının değerleri arasındaki farkın standart sapma grafikleri içinde aynı durum gözlenmiştir. Örnek olarak Şekil 77’de arama çapı 500 km. ve yükseklik farkı 550 m. ve güç parametresi ( $p$ )=0.5 alınarak hesaplanan minimum ve maksimum hatalar grafiği ile Şekil 78’de de standart sapma grafiği gösterilmiştir.

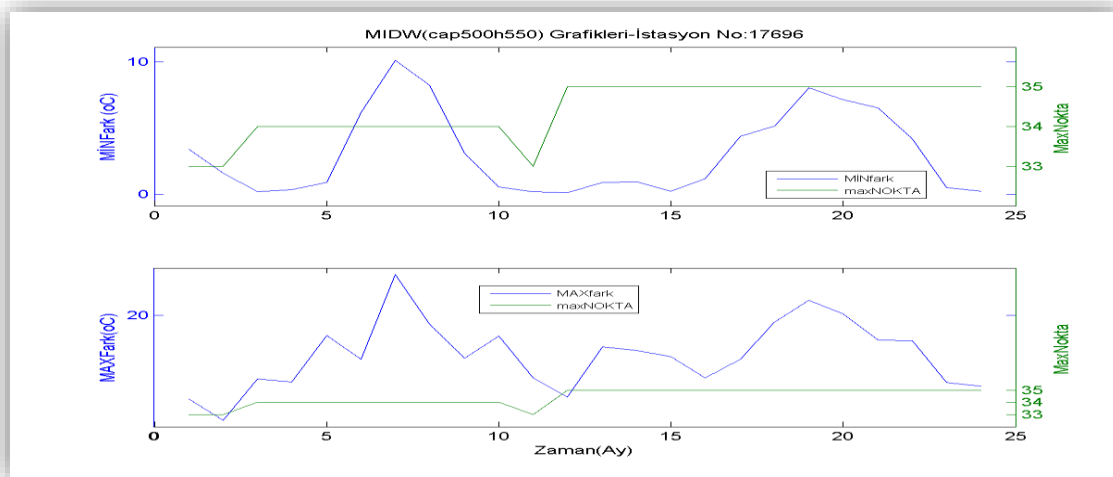


Şekil 77. IDW ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2010- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği ( $p = 0.5$ , Çap 500km ve H  $\pm$ 550m)

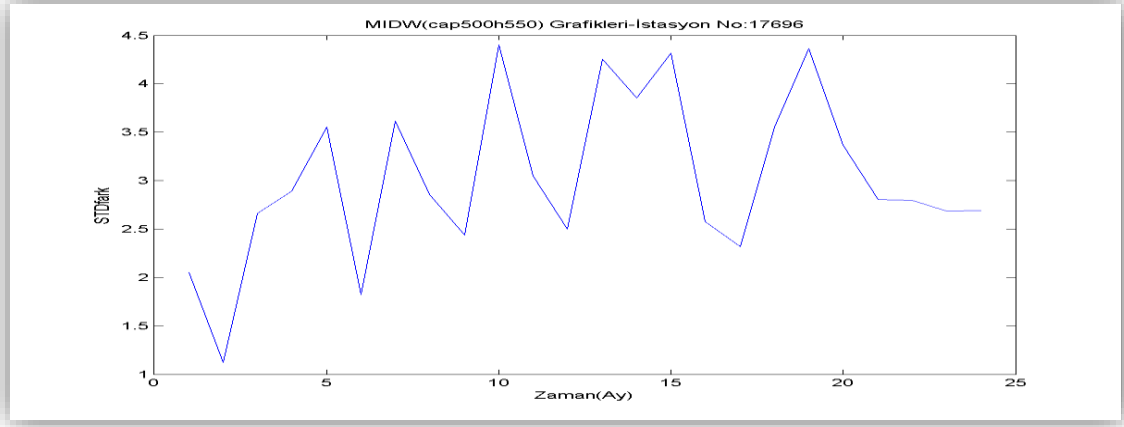


Şekil 78. IDW ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2010- Aralık 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği (p = 0.5, Çap 500km ve H ±550m)

17696 nolu istasyonun 2010 Aralık ayı ile 2012 Aralık ayları arasındaki verilere IDW yöntemi (4) eşitliğindeki ağırlık ifadesine sahip Geliştirilmiş Shepard yöntemi uygulanır. 17696 numaralı istasyon için, arama yarıçapı (500km., 700km., ve 1000km.) ile yükseklik farkı ( $\pm 400$  m. ve  $\pm 550$  m.) seçilmiş ve her durum için eşitlik (57)' den elde edilen tahminine ilişkin maksimum ve minimum hatalar hesaplandığında, aynı sonuçlar elde edilmiştir. Tahmin hatalarının değerleri arasındaki farkın standart sapma grafikleri içinde aynı durum gözlenmiştir. Örnek olarak Şekil 79'da arama çapı 500km. ve yükseklik farkı 550 m. alınarak hesaplanan minimum ve maksimum hatalar grafiği ile Şekil 80'de de standart sapma grafiği gösterilmiştir.



Şekil 79. Geliştirilmiş IDW ile Gümüşhane-17696 nolu İstasyon için Aralık 2010- Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği (Çap 500km ve H ±550m)



Şekil 80. Geliştirilmiş IDW ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2010- Aralık 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği (Çap 500km ve H ±550m)

### 2.3.2. Basit Doğrusal Regresyon Yöntemi Uygulaması

Bu çalışmada, 52 istasyona ait 32 yıllık bir süreçteki günlük verilerinin tamamında sıcaklığın yükseklik farkına bağlı değişimi (6) eşitliği ile verilen basit doğrusal regresyon modeline uyduyu kabulüyle, enterpolasyon noktası ve dayanak noktası arası sıcaklık farkı

$$T_e - T_{d(i)} = a_0 + a_1(h_e - h_{d(i)}) + e_{(i)} \quad i = 1,2,3,\dots,n-1 \quad (63)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Burada,  $n$  enterpolasyon yapılan her bir gün için enterpolasyon ve dayanak noktalarının toplam sayısıdır. Günlük olarak yapılan enterpolasyon hesabında sırasıyla dayanak noktaları arasından bir nokta enterpolasyon noktası olarak kullanıldığı dikkate alınır;  $n - 1$  her bir enterpolasyon için kullanılan dayanak noktası sayısıdır,  $T_e$  dayanak noktaları arasından enterpolasyon noktası olarak seçilen noktanın sıcaklık değeri,  $T_{d(i)}$  i. dayanak noktasının sıcaklık değeri,  $h_e$  enterpolasyon noktasının yüksekliği,  $h_{d(i)}$  i. dayanak noktasının yüksekliği,  $a_0$  ve  $a_1$  regresyon katsayıları ve  $e_{(i)}$  ise i. dayanak noktasından elde edilen enterpolasyon değerinin hatasıdır. Bu modelde enterpolasyon noktası ve dayanak noktaları arasındaki sıcaklık farkları bağımlı değişken olarak tanımlanmıştır ve enterpolasyon noktası ve dayanak noktaları arasındaki yükseklik farkları olarak tanımlanan bağımsız değişkenin bir doğrusal bir fonksiyonudur. (6) eşitliğindeki modelle 32 yıllık bir süreçteki her günün verilerinin için  $a_0$  ve  $a_1$  regresyon katsayıları Bölüm 1.6.1.3.1.'de anlatıldığı şekilde, enterpolasyon zamanında mevcut tüm dayanak nokta

çiftleri arasındaki sıcaklık ölçülerinin farkı ( $T_{d(i)} - T_{d(j)}$ ) bağımlı değişken ve yükseklik farkı ( $h_{d(i)} - h_{d(j)}$ ) bağımsız değişken olarak alınarak

$$(T_{d(i)} - T_{d(j)}) = a_0 + a_1(h_{d(i)} - h_{d(j)}) + e_{(k)} \quad (64)$$

$$(i = 1, 2, \dots, n ; j = 2, \dots, n ; k = 1, 2, 3, \dots, m)$$

şeklindeki basit doğrusal regresyon modelinden EKK ilkesine göre hesaplanmıştır. Regresyon katsayılarının EKK ilkesine göre hesaplanması aşamasında  $y$  sabitler vektörü (10) eşitliğine benzer şekilde

$$y = \begin{bmatrix} T_{d(1)} - T_{d(2)} \\ T_{d(1)} - T_{d(3)} \\ T_{d(1)} - T_{d(4)} \\ \dots \\ T_{d(n-1)} - T_{d(n)} \end{bmatrix} \quad (65)$$

olarak oluşturulan  $m \times 1$  boyutlu bir sütun vektördür. Burada  $m = \frac{n(n-1)}{2}$  olarak hesaplanır ve dayanak nokta çiftleri kombinasyonu sayısını verir.  $A$  katsayılar matrisi ise (11) eşitliğine benzer şekilde

$$A = \begin{bmatrix} 1 & h_{d(1)} - h_{d(2)} \\ 1 & h_{d(1)} - h_{d(3)} \\ 1 & h_{d(1)} - h_{d(4)} \\ \vdots & \vdots \\ 1 & h_{d(n-1)} - h_{d(n)} \end{bmatrix} \quad (66)$$

olarak oluşturulan  $m \times 2$  boyutlu bir matristir. Burada,  $A$  matrisinin 2. sütun elemanlarının yükseklik farklarından hesaplanmış büyük değerler olduğuna ve 1. sütun elemanlarının ise sadece “1” değerlerinden oluşmaktadır. Bu sebeple  $A$  katsayılar matrisinin kondisyon katsayısı çok büyük çıkmıştır yani katsayılar matrisi kondisyonu bozuk bir matristir. Kondisyonu bozuk bir katsayılar matrisi ile (15) eşitliğine göre elde edilecek normal denklem sisteminde ( $A^T A$ ) normal denklem katsayılar matrisi ve ( $A^T y$ ) normal denklem sabitler vektörü kondisyonu bozuk matrisler olur. Bu sebeple (15) eşitliğine göre oluşturulan normal denklem sisteminden  $x$  bilinmeyenler vektörünü elde etmeden önce, (14) eşitliğine



göre oluşturulan düzeltme denklem sistemindeki matrislerin, kondisyonlarının düzeltilmesi gerekir. Bu çalışmada, kondisyonu düzeltilmiş matris, orijinal matrisin ötelenmiş ve normlandırılmış elemanlarından oluşan matris olarak elde edilmiştir. Bu amaçla  $A$  katsayılar matrisinin ötelenmiş ve normlandırılmış elemanları öncelikle  $h_{d(i)} - h_{d(j)}$  nokta çiftleri yükseklik farklarının ortalaması

$$h_s = \frac{[h_{d(i)} - h_{d(j)}]}{m} \quad (67)$$

olarak hesaplanır ve yükseklik farklarının ötelenmiş değeri

$$\text{ötelenmiş}(h_{d(i)} - h_{d(j)}) = (h_{d(i)} - h_{d(j)}) - h_s \quad (68)$$

eşitliğinden elde edilir. Ötelenmiş yükseklik farklarını normlandırılması için, normlandırma elemanı

$$c = \frac{1}{\sqrt{[\text{ötelenmiş}(h_{d(i)} - h_{d(j)})]^2}} \quad (69)$$

olarak hesaplanmıştır. Böylece normlandırılmış yükseklik farkı değerleri

$$\text{normlandırılmış}(h_{d(i)} - h_{d(j)}) = \text{ötelenmiş}(h_{d(i)} - h_{d(j)}) * c \quad (70)$$

olarak elde edilir. EKK ilkesine göre regresyon katsayılarını hesaplamak için  $A$  katsayılar matrisi 2.sütun elemanları olarak  $(h_{d(i)} - h_{d(j)})$  yerine ötelenmiş ve normlandırılmış yükseklik farkları olarak (70) eşitliğinden elde edilen  $\text{normlandırılmış}(h_{d(i)} - h_{d(j)})$ 'ler kullanılır. Benzer şekilde (65) eşitliğine göre oluşturulan  $y$  sabitler vektörünün normlandırılmış elemanlarını elde etmek için,  $T_{d(i)} - T_{d(j)}$  nokta çiftleri sıcaklık farklarının ortalaması

$$T_s = \frac{[T_{d(i)} - T_{d(j)}]}{m} \quad (71)$$

olarak hesaplanır ve sıcaklık farklarının ötelenmiş değeri

$$\text{ötelenmiş}(T_{d(i)} - T_{d(j)}) = (T_{d(i)} - T_{d(j)}) - T_s \quad (72)$$

eşitliğinden elde edilir. Ötelenmiş sıcaklık farklarını normlandırılması için, normlandırma elemanı

$$c_h = \frac{1}{\sqrt{[\text{ötelenmiş}(T_{d(i)} - T_{d(j)})]^2}} \quad (73)$$

olarak hesaplanmıştır. Böylece normlandırılmış sıcaklık farkı değerleri

$$\text{normlandırılmış}(T_{d(i)} - T_{d(j)}) = \text{ötelenmiş}(T_{d(i)} - T_{d(j)}) * c_h \quad (74)$$

olarak elde edilir. EKK ilkesine göre regresyon katsayılarını hesaplamak için  $y$  sabitler vektörünün elemanları olarak  $(T_{d(i)} - T_{d(j)})$  yerine ötelenmiş ve normlandırılmış sıcaklık farkları olarak (74) eşitliğinden elde edilen  $\text{normlandırılmış}(T_{d(i)} - T_{d(j)})$ 'ler kullanılır. Regresyon katsayılarının hesaplanmasından sonra gerek regresyon modelinin doğruluğunun gerekse elde edilen regresyon katsayılarının anlamlılığını araştırmak için Bölüm 1.6.1.3.3.'e göre "Hipotez Testleri" uygulanır. (Şekil 106). Bu çalışmada, regresyon katsayılarının elde edilmesi problemine ilişkin duyarlık ölçütleri,

$$e_k = (T_{d(i)} - T_{d(j)})_{\text{ölçü}} - (T_{d(i)} - T_{d(j)})_{\text{hesap}} \quad (k = 1, 2, \dots, m) \quad (75)$$

şeklinde hesaplanan regresyon hatalarından elde edilir. Burada  $(T_{d(i)} - T_{d(j)})_{\text{ölçü}}$  dayanak nokta çiftleri arasında sıcaklık ölçüleri ve  $(T_{d(i)} - T_{d(j)})_{\text{hesap}}$  dayanak nokta çiftleri için  $a_0$  ve  $a_1$  katsayıları ile modelden hesaplanan değerleridir. (75) eşitliğinden elde edilen regresyon hatalarından (58) ve (59) eşitlikleri ile elde edilen KOH ve MHO duyarlık ölçütü olarak hesaplanmış ayrıca regresyon katsayılarının ortalama hataları da (12) eşitliğinden hesaplanmıştır. Ayrıca bu modelde sıcaklık farkındaki toplam değişimin yüzde kaçının

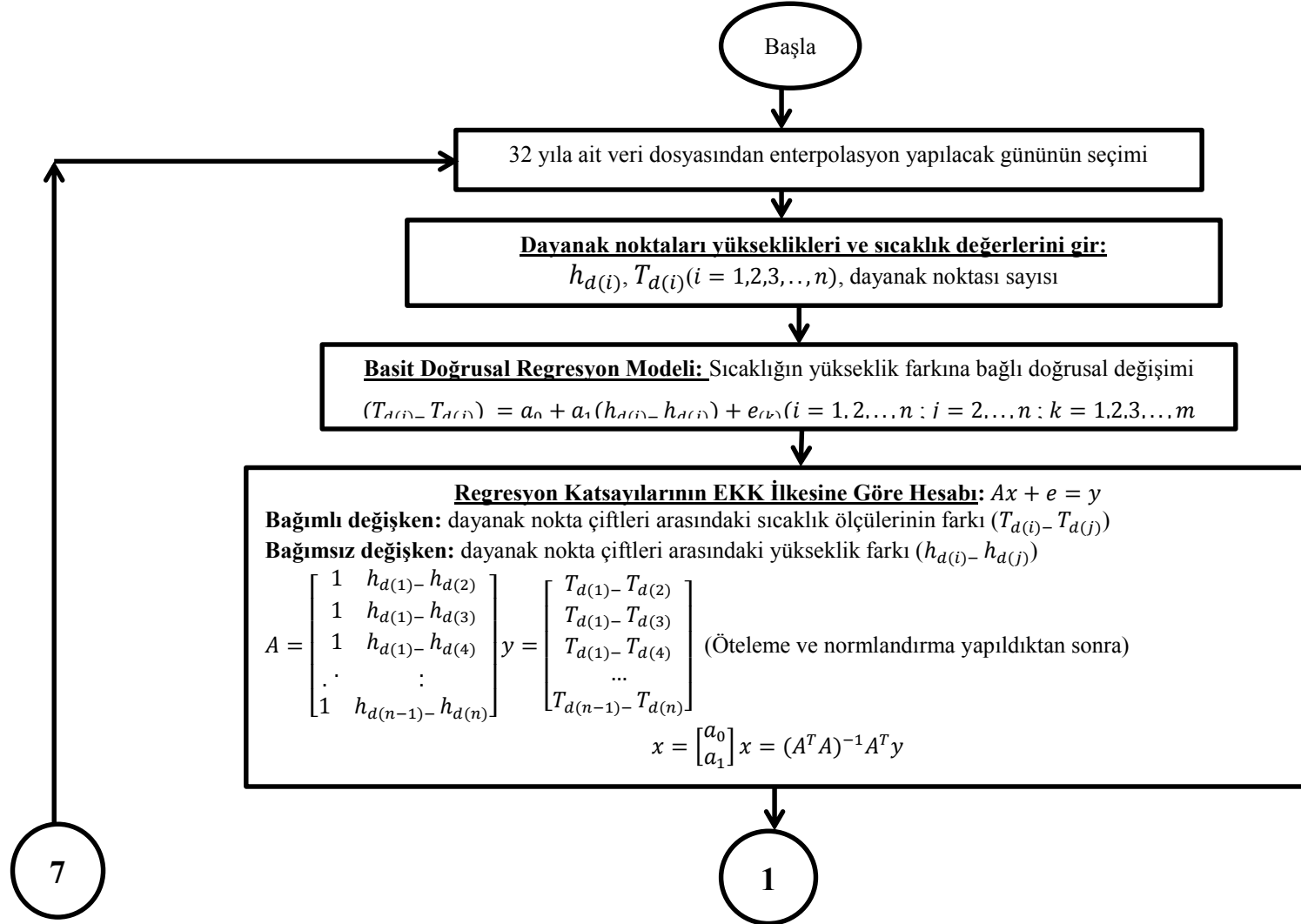
yükseklik farkı değişimi tarafından açıklanabildiğinin bir ölçütü olarak  $R^2$  belirleyicilik katsayıları (33) eşitliğine göre hesaplanmıştır (Şekil 106).

Hesaplanan  $a_0$  ve  $a_1$  regresyon katsayıları daha sonra (63) eşitliğinde verilen modelde yerine konulursa her bir interpolasyon noktası için  $(n - 1)$  sayıda dayanak noktasından hesaplanmış  $(n - 1)$  sayıda  $T_e$  sıcaklık değeri elde edilmiş olur.  $e_i (i = 1, 2, 3, \dots, n - 1)$  interpolasyon hataları,

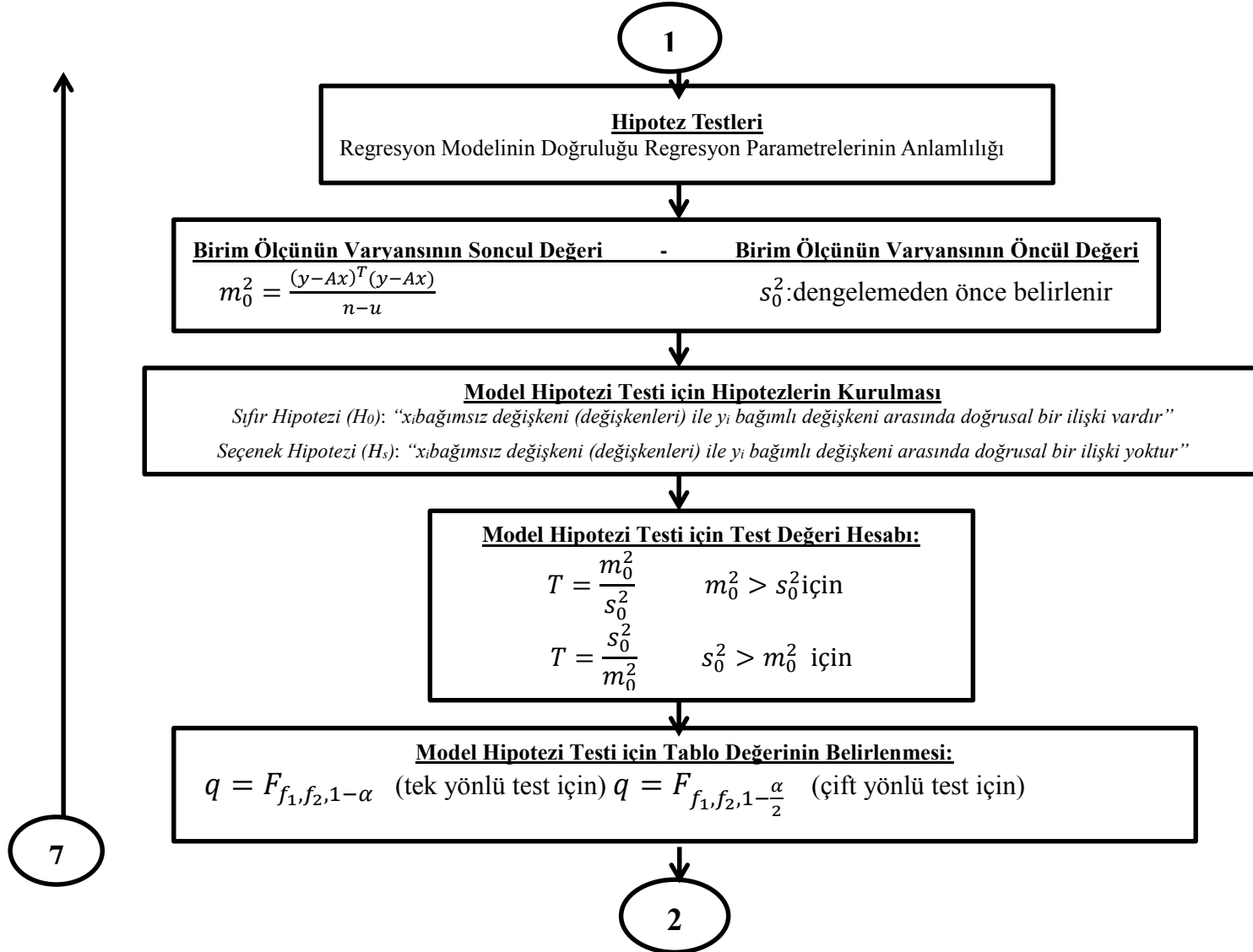
$$e_i = (T_{e-} T_{d(i)})_{ölçü} - (T_{e-} T_{d(i)})_{hesap} \quad (i = 1, 2, \dots, n - 1) \quad (76)$$

şeklinde hesaplanır. Burada  $(T_{e-} T_{d(i)})_{ölçü}$  interpolasyon ve dayanak noktaları arasındaki ölçülen sıcaklık değerleri farkı,  $(T_{e-} T_{d(i)})_{hesap}$  ise interpolasyon ve dayanak noktaları arasında hesaplanan sıcaklık değerleri farkıdır. Interpolasyon hesabına ilişkin duyarlık ölçütleri ise  $e_{(i)}$  interpolasyon hatalarından elde edilen maximum hata, minimum hata, KOH ve MHO olarak kullanılmıştır (16)

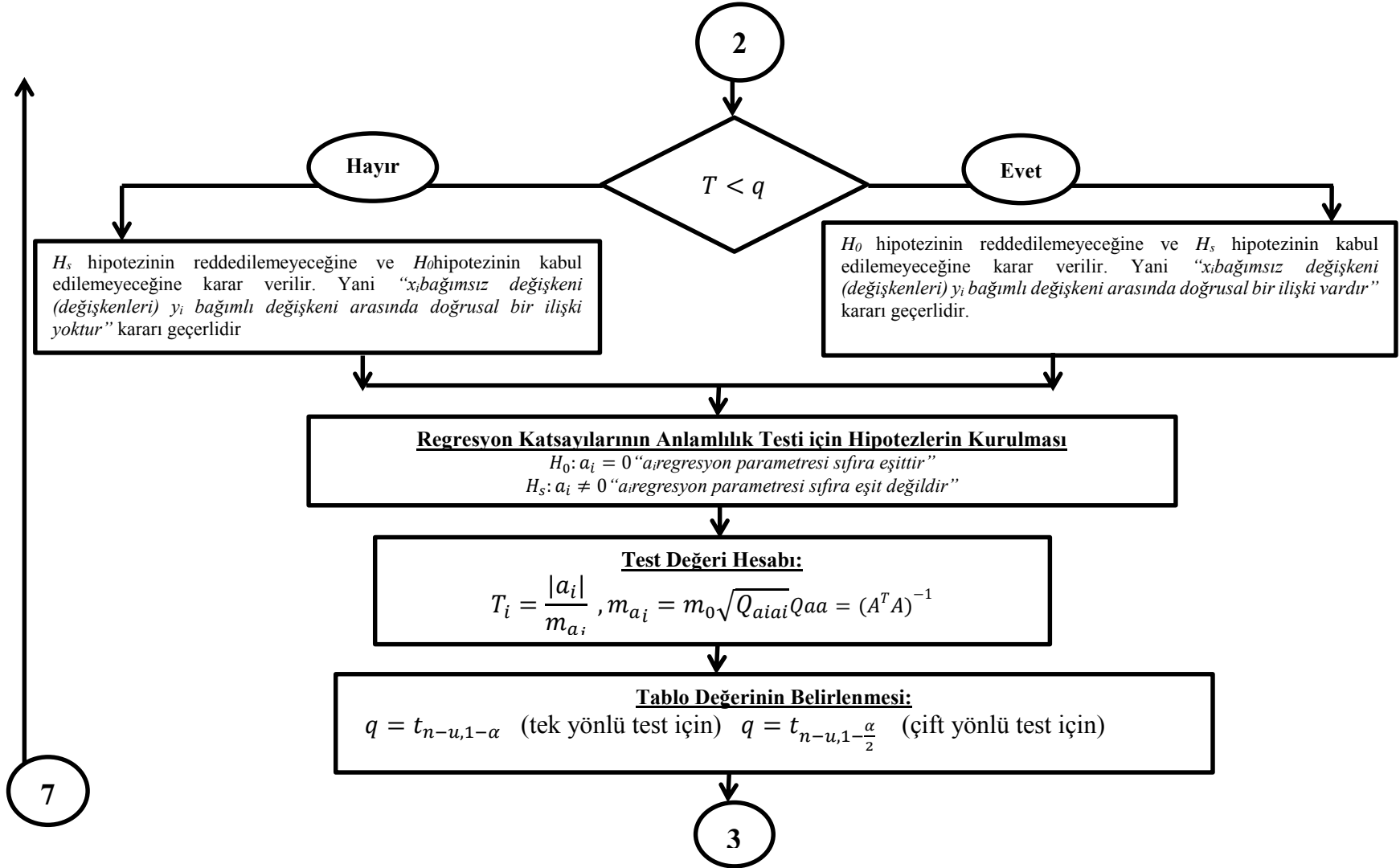
Şekil 81. Basit Regresyon Yöntemi İş Akış Şeması



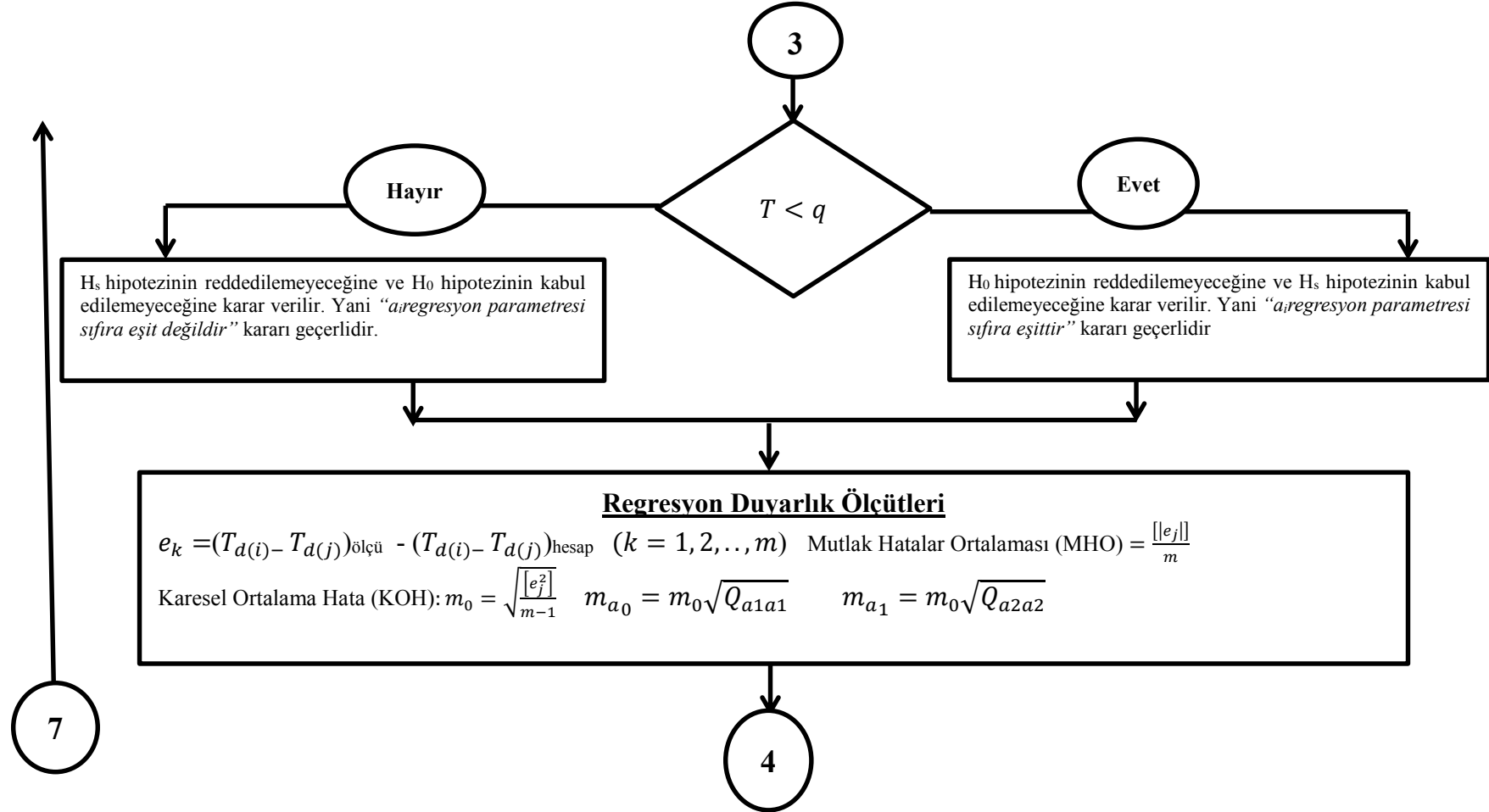
Şekil 81'in devamı (Basit Regresyon Yöntemi İş Akış Şeması)



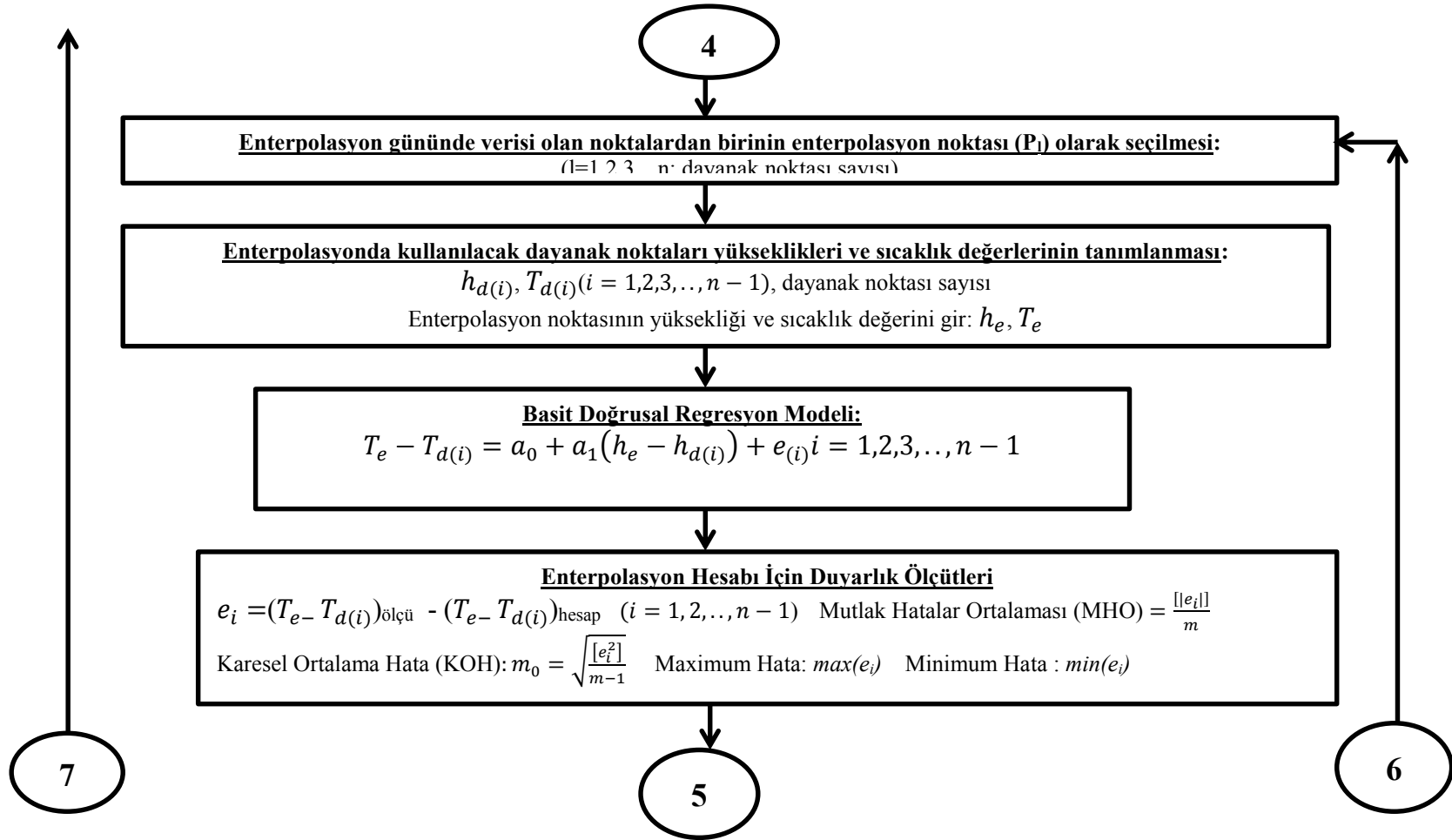
Şekil 81'in devamı (Basit Regresyon Yöntemi İş Akış Şeması)



Şekil 81'in devamı (Basit Regresyon Yöntemi İş Akış Şeması)

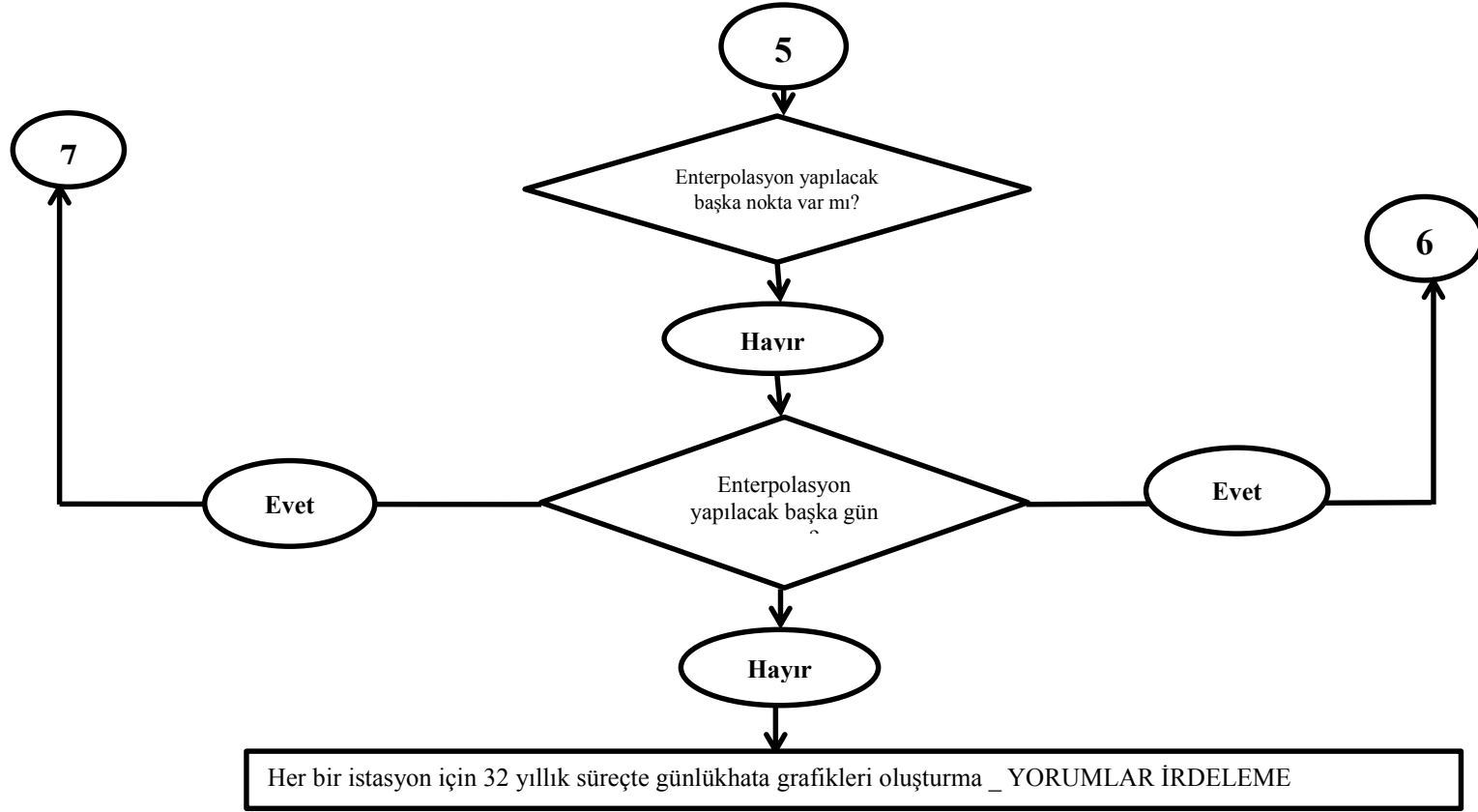


Şekil 81'in devamı (Basit Regresyon Yöntemi İş Akış Şeması)

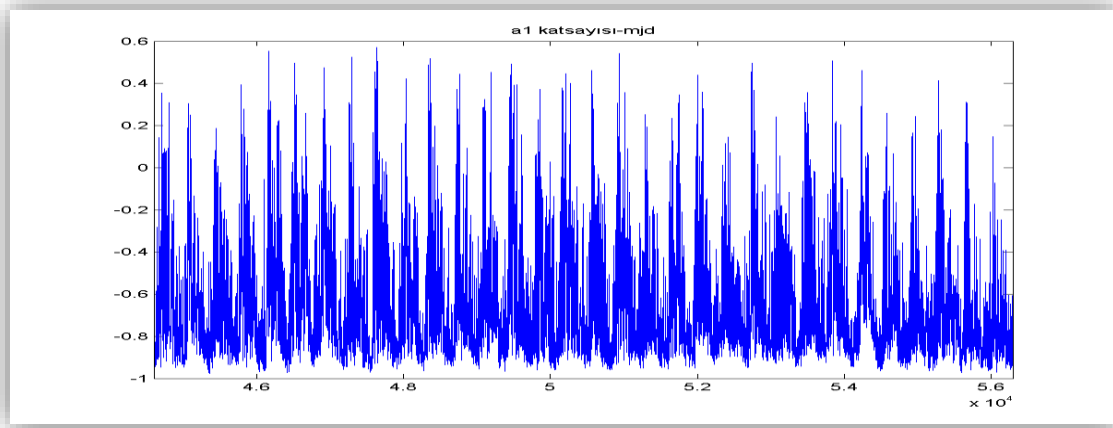




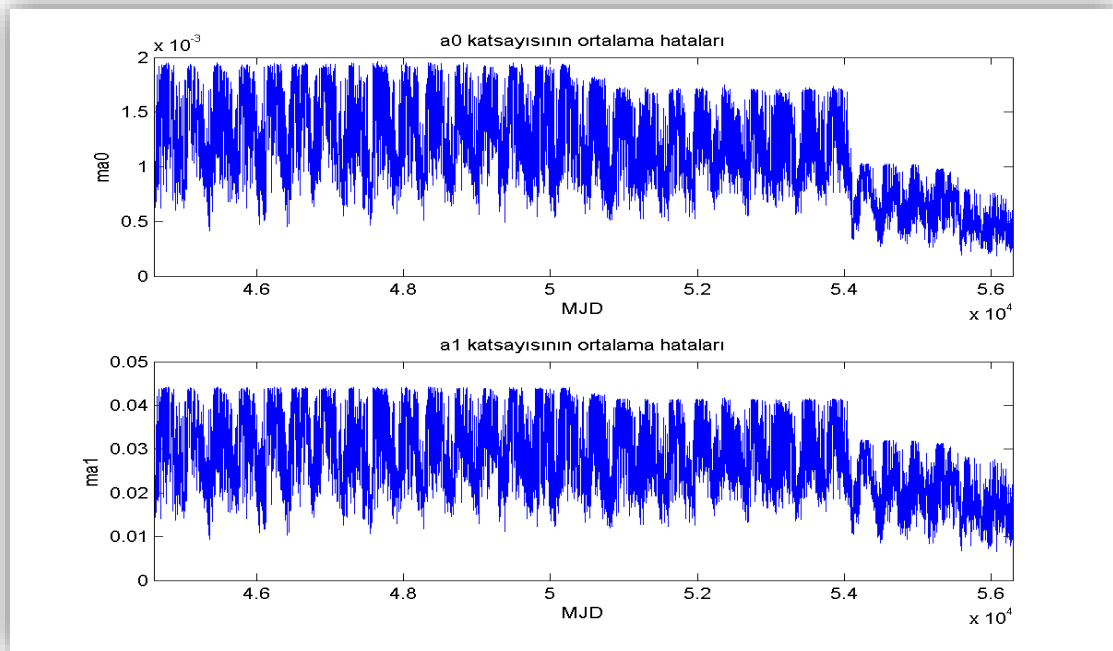
Şekil 81'in devamı (Basit Regresyon Yöntemi İş Akış Şeması)



EKK ilkesine göre dengelemeli olarak elde edilen  $a_0 - a_1$  regresyon katsayıları ile oluşturulan basit doğrusal regresyon modelinde  $a_0 - a_1$  katsayılarının kestirimine ilişkin dengelemenin ortalama hatasının soncul değeri (a posteriori)  $m_0$ , (21) eşitliği ile hesaplanır. Burada  $u=2$  dengeleme bilinmeyen sayısı,  $n$  iseregresyon modelindeki dayanak nokta çifti sayısıdır. (12) eşitliğinden elde edilen bilinmeyenler vektörü yardımı ile Şekil 82 ile  $a_1$  katsayılarının dağılımlarının ve (29) eşitliğine göre elde edilen  $a_0 - a_1$  katsayılarının ortalama hatalarının grafiğidir (Şekil 82).

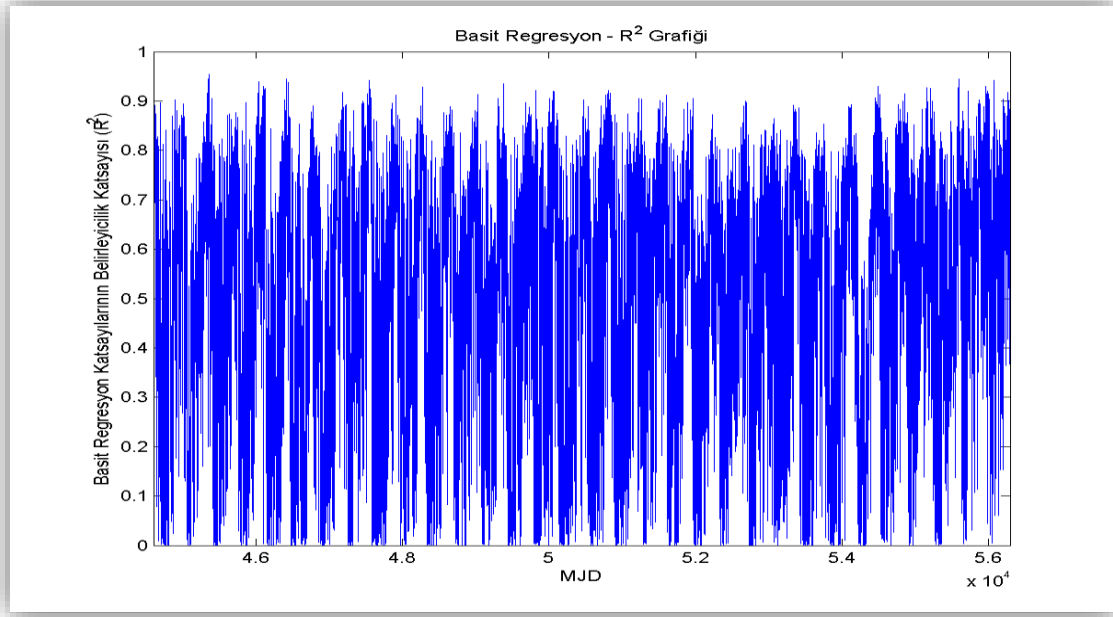


Şekil 82. Basit Regresyon Yöntemi  $a_1$  Katsayılarının Günlük Grafiği (01 Ocak 1981- 31 Aralık 2012)



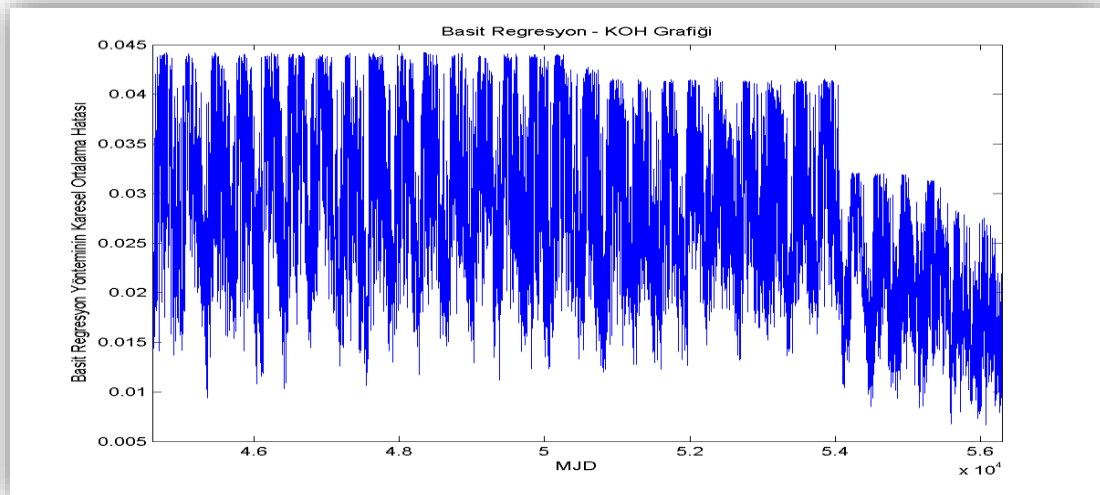
Şekil 83. Basit Regresyon Yöntemi  $a_0 - a_1$  Katsayılarının Günlük Ortalama Hatalarının Grafiği (01 Ocak 1981- 31 Aralık 2012)

(33) eşitliğine göre hesaplanan basit regresyon yönteminin katsayılarının belirleyicilik katsayısı grafiğinin günlük değişimi çizdirilmiştir. Buna göre uygulanan regresyon modelinin kış sıcaklıklarındaki belirleyicilik katsayısı 0.9 civarında çok iyi bir değer olurken, uygulanan regresyon modeli verileri % 90 oranında temsil etmektedir. Yaz aylarında 0.1'lere inmektedir (Şekil 84).

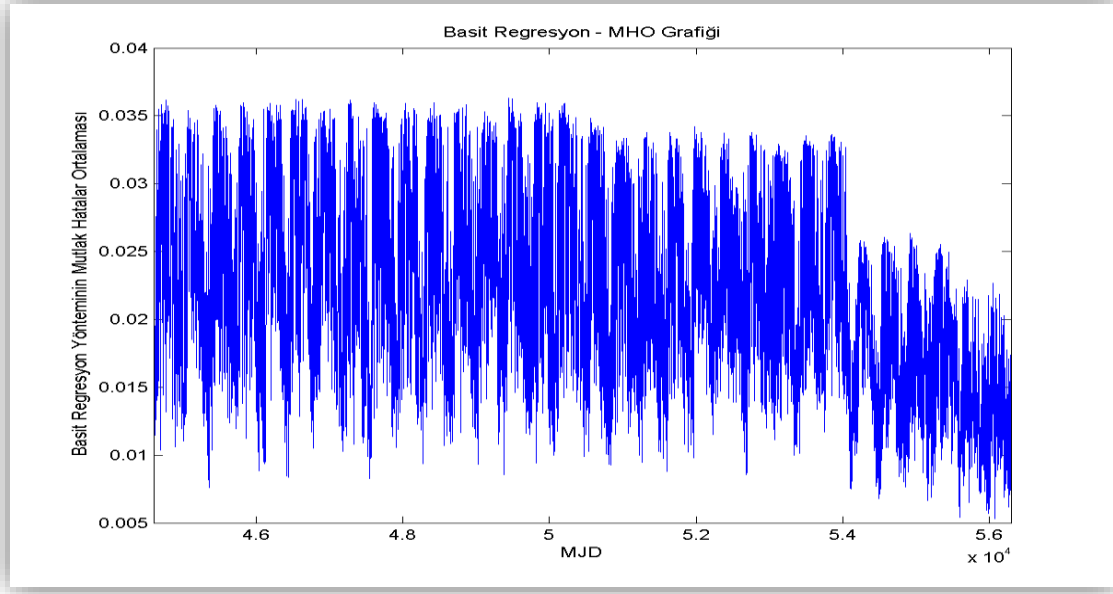


Şekil 84. Basit Regresyon Yöntemi Günlük  $R^2$  Grafiği (01 Ocak 1981- 31 Aralık 2012)

(58) ve (59) eşitlikleri ile elde edilen KOH ve MHO duyarlık ölçütü olarak hesaplanmış ve grafikleri sırasıyla Şekil 85 ve Şekil 86 ile gösterilmiştir. Bu iki grafikte de son yıllarda daha fazla veri olmasından dolayı hata oranlarında azalma olduğu görülmüştür.



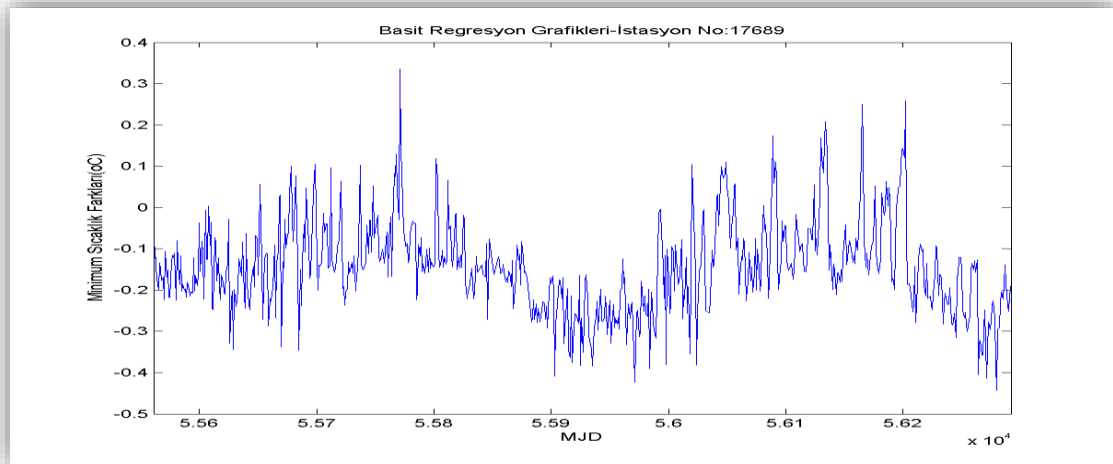
Şekil 85. Basit Regresyon Yöntemi Karesel Ortalama Hata (KOH) Günlük Grafiği(01 Ocak 1981- 31 Aralık 2012)



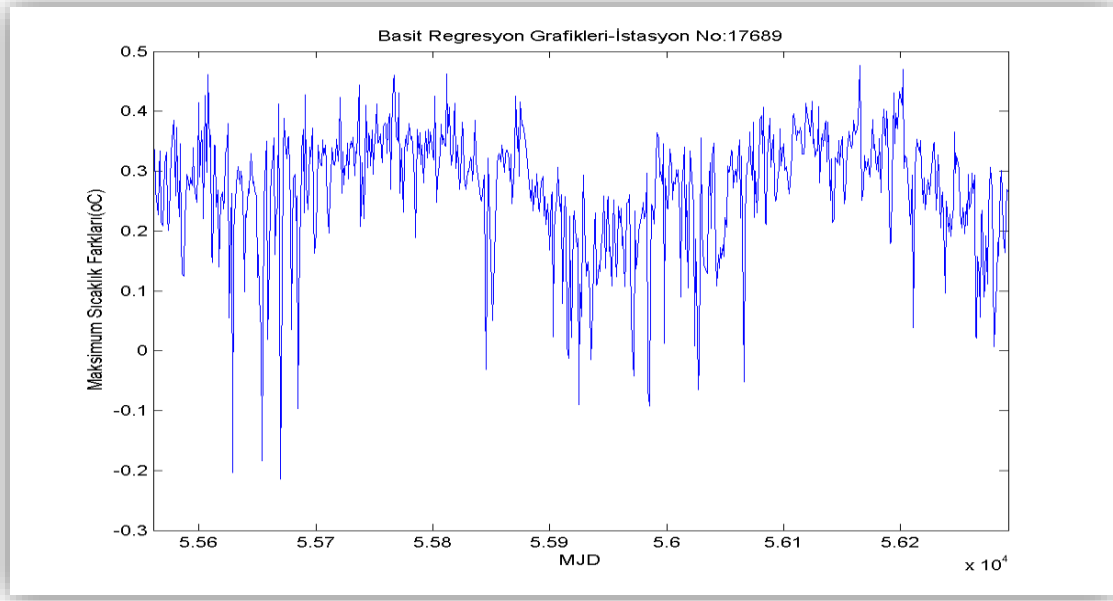
Şekil 86. Basit Regresyon Yöntemi Mutlak Hatalar Ortalaması (MHO) Günlük Grafiği (01 Ocak 1981- 31 Aralık 2012)

Bu bölümde basit doğrusal regresyon modeline göre (76) eşitliğinden elde edilen hataların 17689, 17622 ve 17696 nolu istasyonlar için grafikleri üzerinden değerlendirmeleri yapılacaktır.

17689 numaralı Ordu-Fatsa' da bulunan en düşük yükseklikteki istasyonun Aralık 2010 ve Aralık 2012 yılları arasındaki minimum ve maksimum hataları Şekil 87 ve Şekil 88 ile gösterilmiş ve kış aylarındaki hataların daha az olduğu görülürken, yaz aylarındaki hatalar daha fazladır.

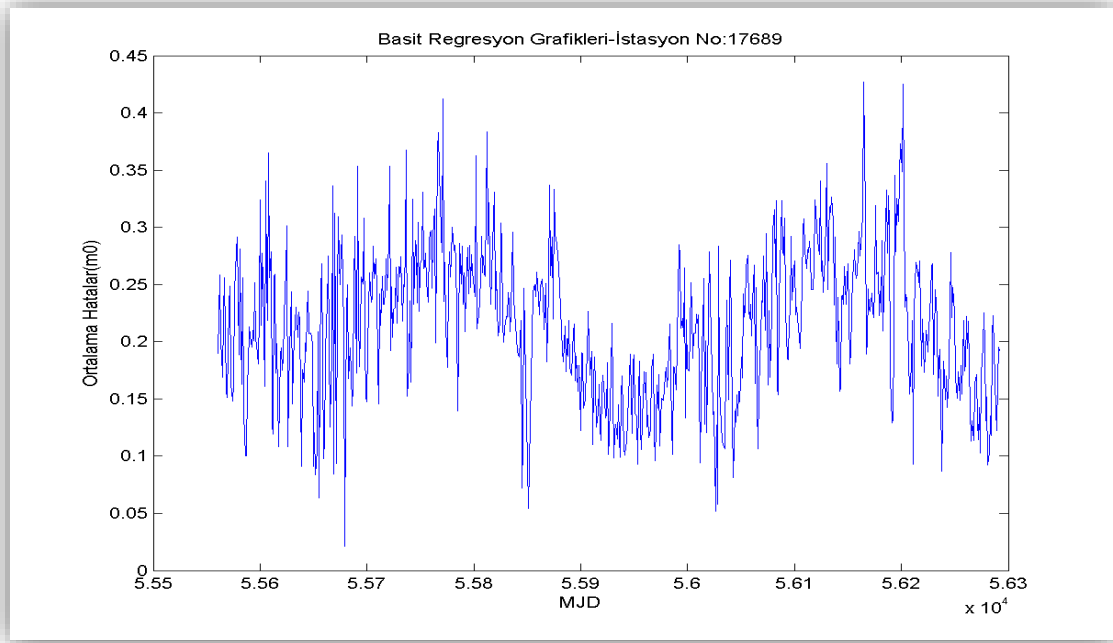


Şekil 87. Basit Regresyon Yöntemi ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010- Aralık 2012 Günlük Minimum Sıcaklık Farkları Grafiği



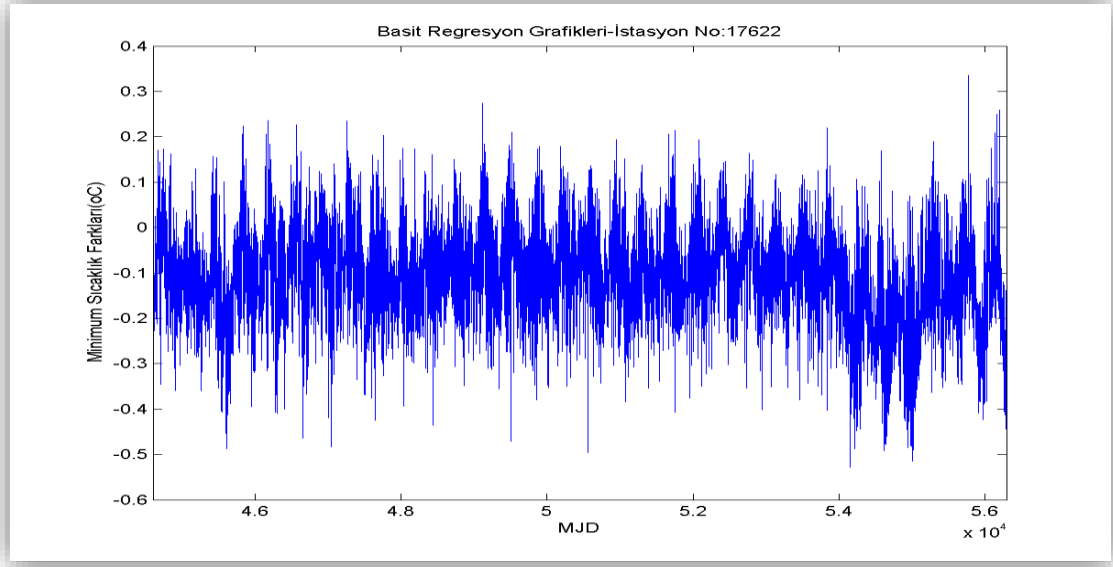
Şekil 88. Basit Regresyon Yöntemi ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010 - Aralık 2012 Günlük Maximum Sıcaklık Farkları Grafiği

(58) eşitliği ile hesaplanan ölçülerin karesel ortalama hatalarının grafikleri çizdirilmiştir (Şekil 89).

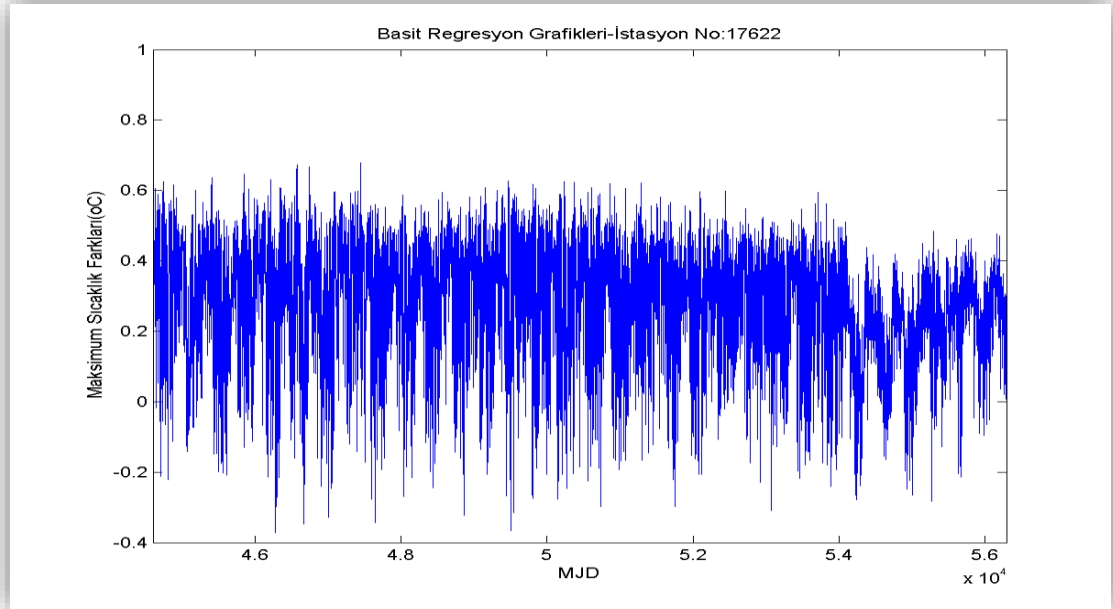


Şekil 89. Basit Regresyon Yöntemi ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010 - Aralık 2012 Günlük Hataların KOH Grafiği

Şekil 87, 88 ve 89’ daki değerlendirmelerin benzeri, 17622 numaralı Samsun – Bafra istasyonu için yapılmış ve sırasıyla Şekil 90, 91 ve 92 nolu grafiklerde gösterilmiştir. Kış mevsiminde daha az hata gözlenirken yaz mevsiminde daha fazla hata olmuş ve de son yıllarda daha çok istasyonda veri bulunduğu için hatalarda azalma olduğu grafiklerden görülebilmektedir.

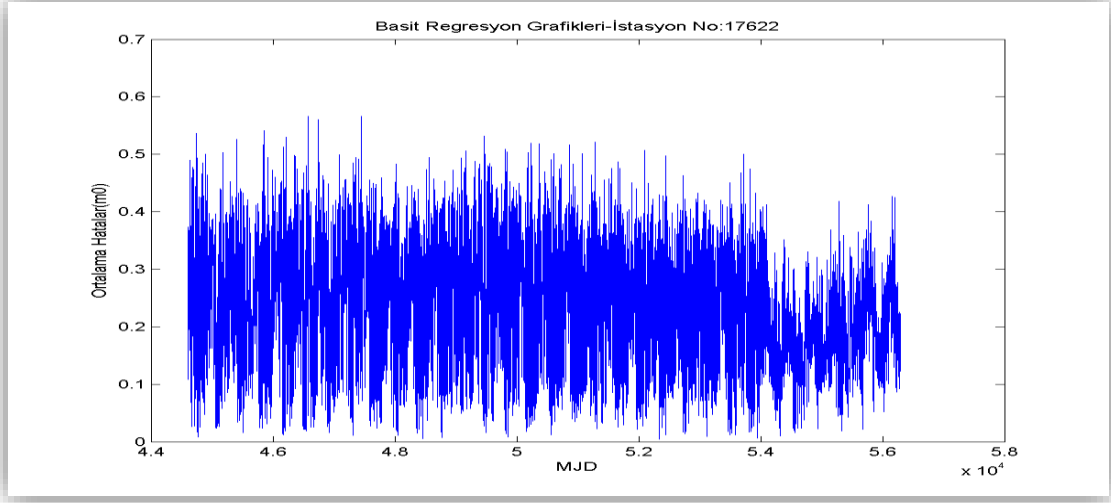


Şekil 90. Basit Regresyon yöntemi ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Minimum Sıcaklık Farkları Grafiği



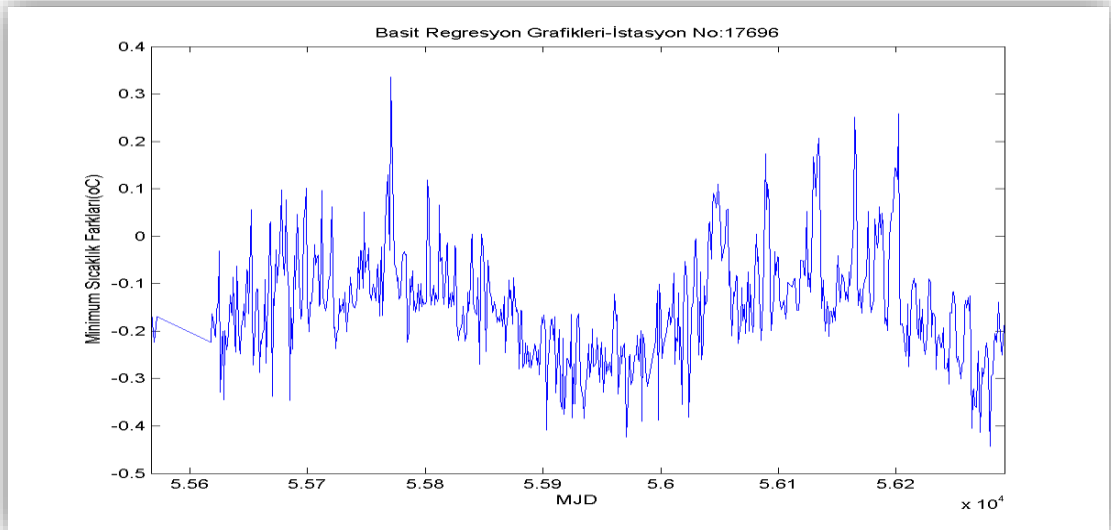
Şekil 91. Basit Regresyon yöntemi ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Maximum Sıcaklık Farkları Grafiği

Şekil 92 ile ölçülerin karesel ortalama hataları ve Şekil 93 ile de ölçülerin mutlak hatalar ortalamalarının grafikleri çizdirilmiştir.

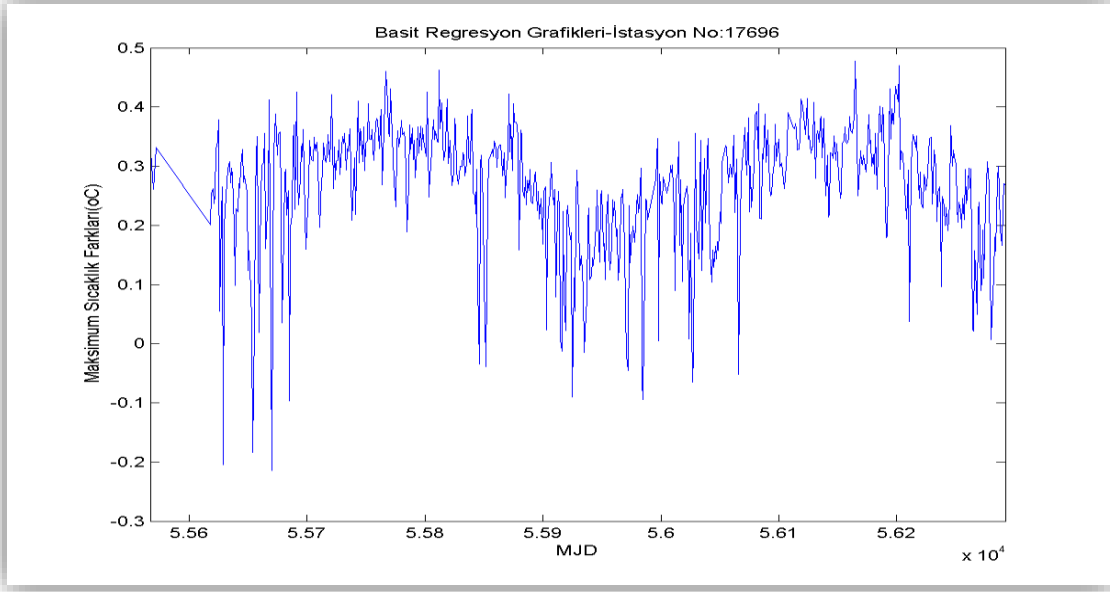


Şekil 92. Basit Regresyon Yöntemi ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Hataların KOH Grafiği

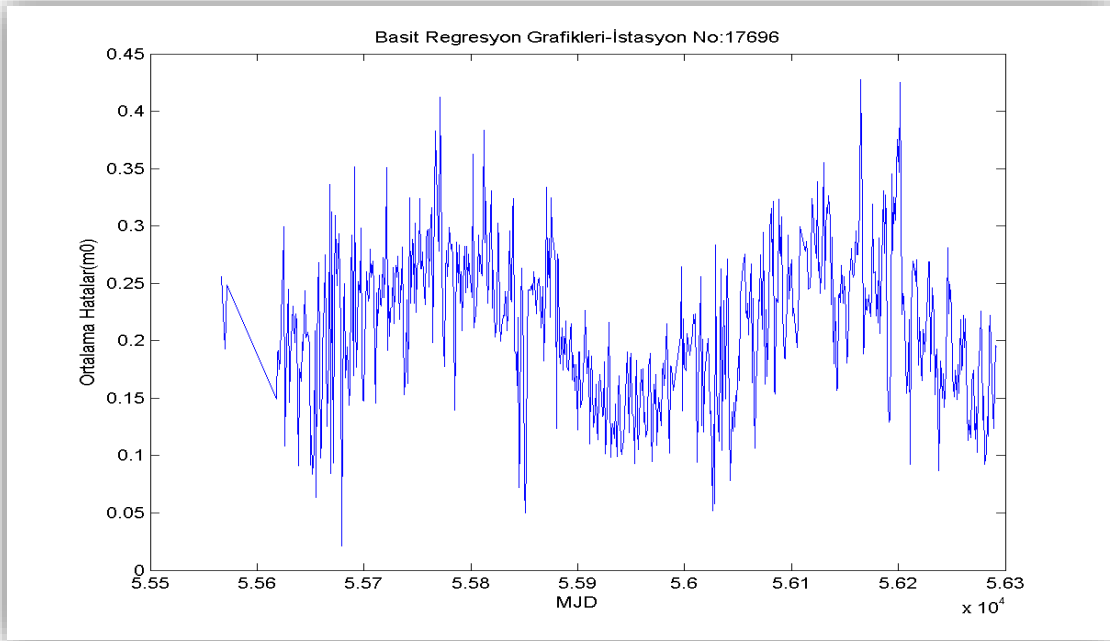
Son olarak 17696 numaralı Gümüşhane - Torul' da bulunan en fazla yüksekliğe sahip istasyonun değerlendirmeleri yapılmıştır. Şekil 93 ve 94' de kış aylarındaki hatalar daha fazla, yaz aylarındaki hatalar daha az olduğu görülmüştür. Yöntem alçak noktada görülen sonucun tam tersi olacak şekilde bir tutum sergilemiştir. Şekil 95 ile de ölçülerin KOH grafiği görülebilmektedir.



Şekil 93. Basit Regresyon yöntemi ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2011-Aralık 2012 Günlük Minimum Sıcaklık Farkları Grafiği



Şekil 94. Basit Regresyon yöntemi ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2011- Aralık 2012 Günlük Maximum Sıcaklık Farkları Grafiği



Şekil 95. Basit Regresyon yöntemi ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2011- Aralık 2012 Günlük Hataların KOH Grafiği

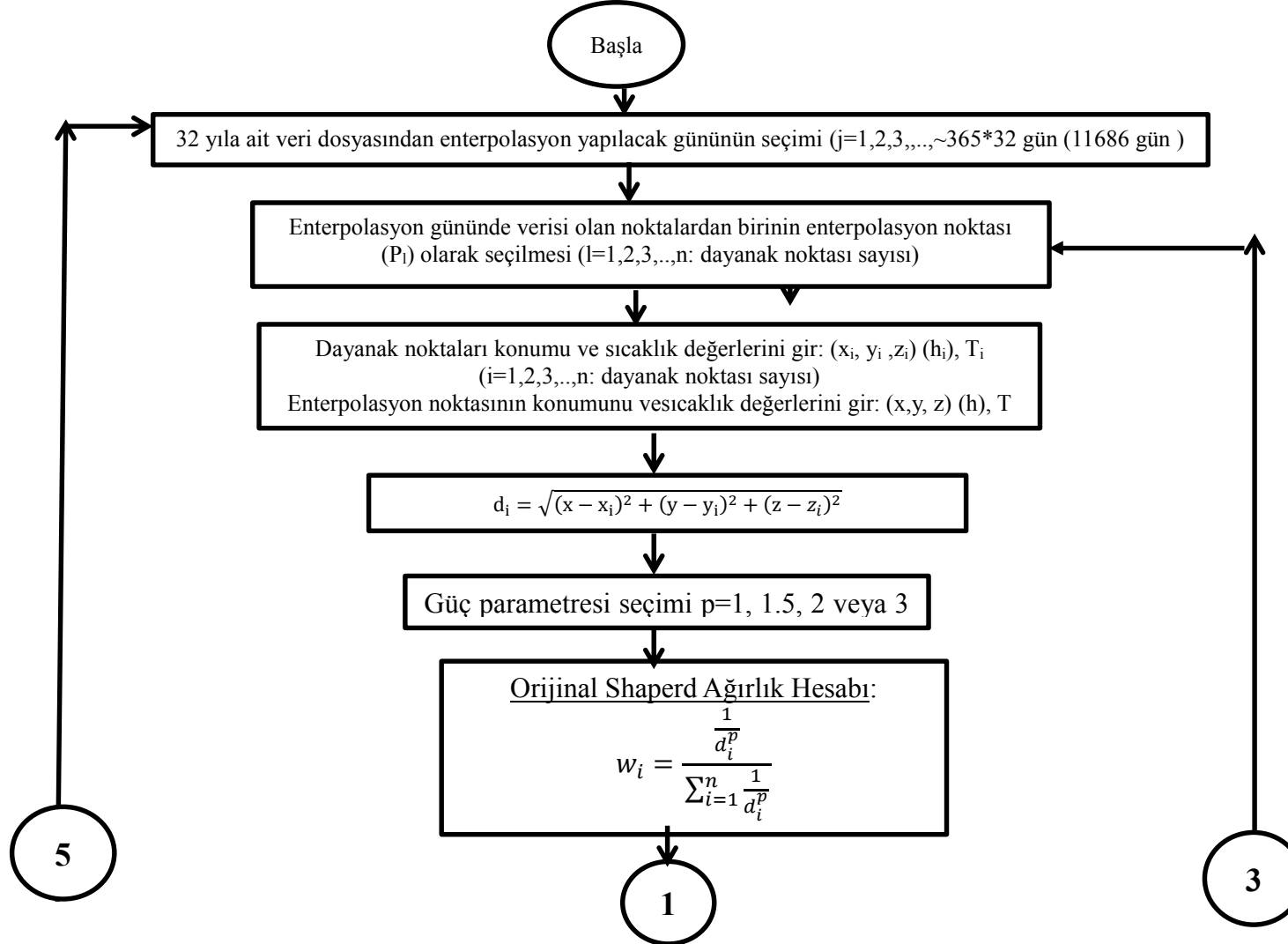
### 2.3.3. Birleştirilmiş Basit Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi Uygulaması

Bu tez çalışmasında “Birleştirilmiş Basit Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi” uygulanması için öncelikle basit regresyon katsayıları Bölüm 2.3.2.’de anlatıldığı şekilde

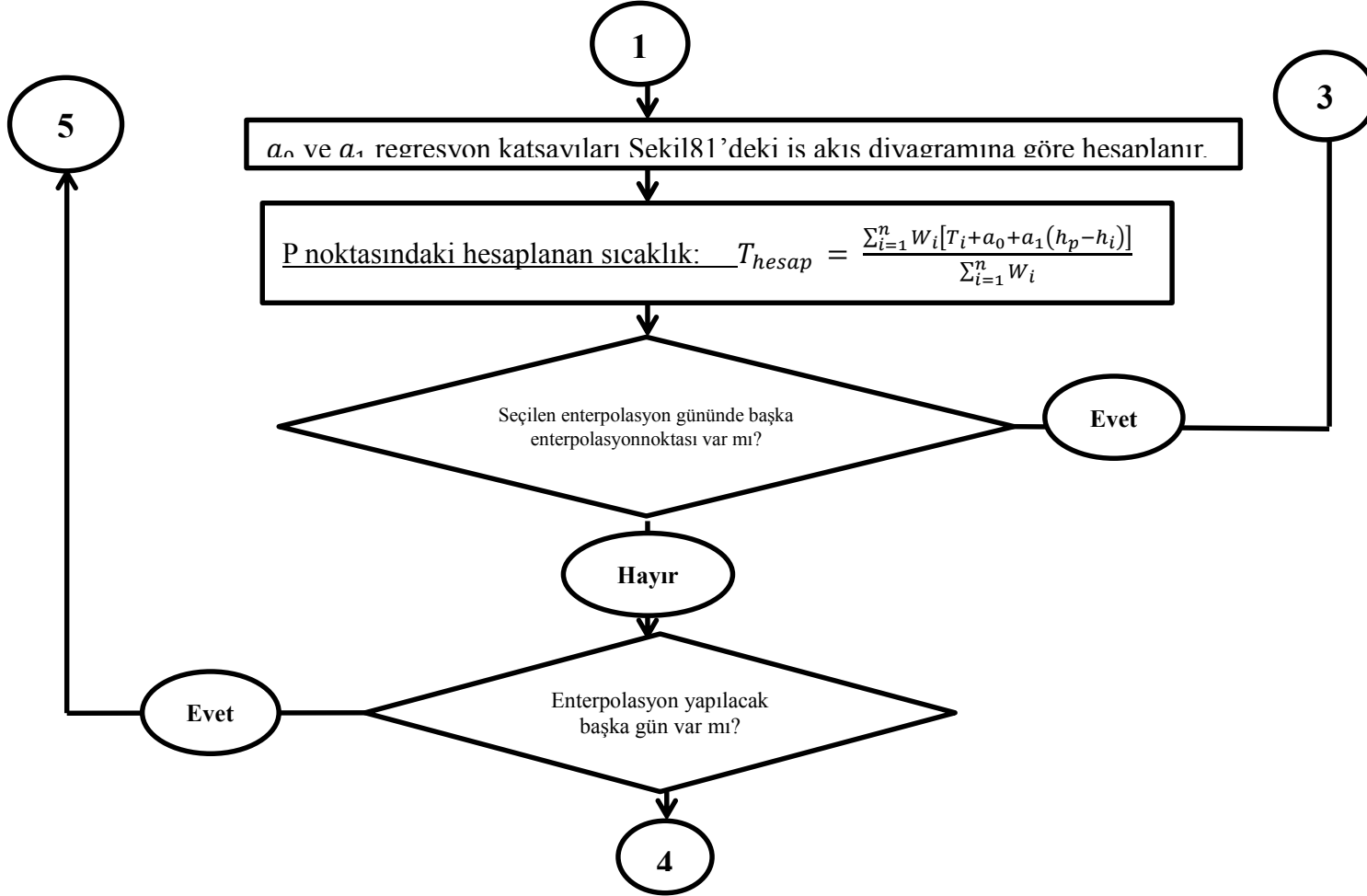


hesaplanmıştır. Birleştirilmiş yöntemde, IDW yönteminde olduğu gibi dayanak noktaları için belirli bir yarıçap ve yükseklik farkı kısıtlaması uygulanmaksızın, tüm dayanak noktaları enterpolasyona dahil edilmiştir. Seçilen enterpolasyon noktası ve dayanak noktaları arası  $d_i$  mesafeleri (3) eşitliği yardımıyla belirlenmiştir. Güç parametre değeri 2 kullanılarak (37) eşitliğine göre enterpolasyon noktasının sıcaklık değeri hesaplanmıştır. Enterpolasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri ile ölçülen sıcaklık arasındaki fark olarak (57) eşitliğinden elde edilen enterpolasyon hatası yardımıyla, her bir istasyon için aylık maximum ve minimum hata, eşitliğinden karesel ortalama hataları (58) ve eşitliğinden mutlak hatalar ortalaması (59) hesaplanmıştır (Şekil 97).

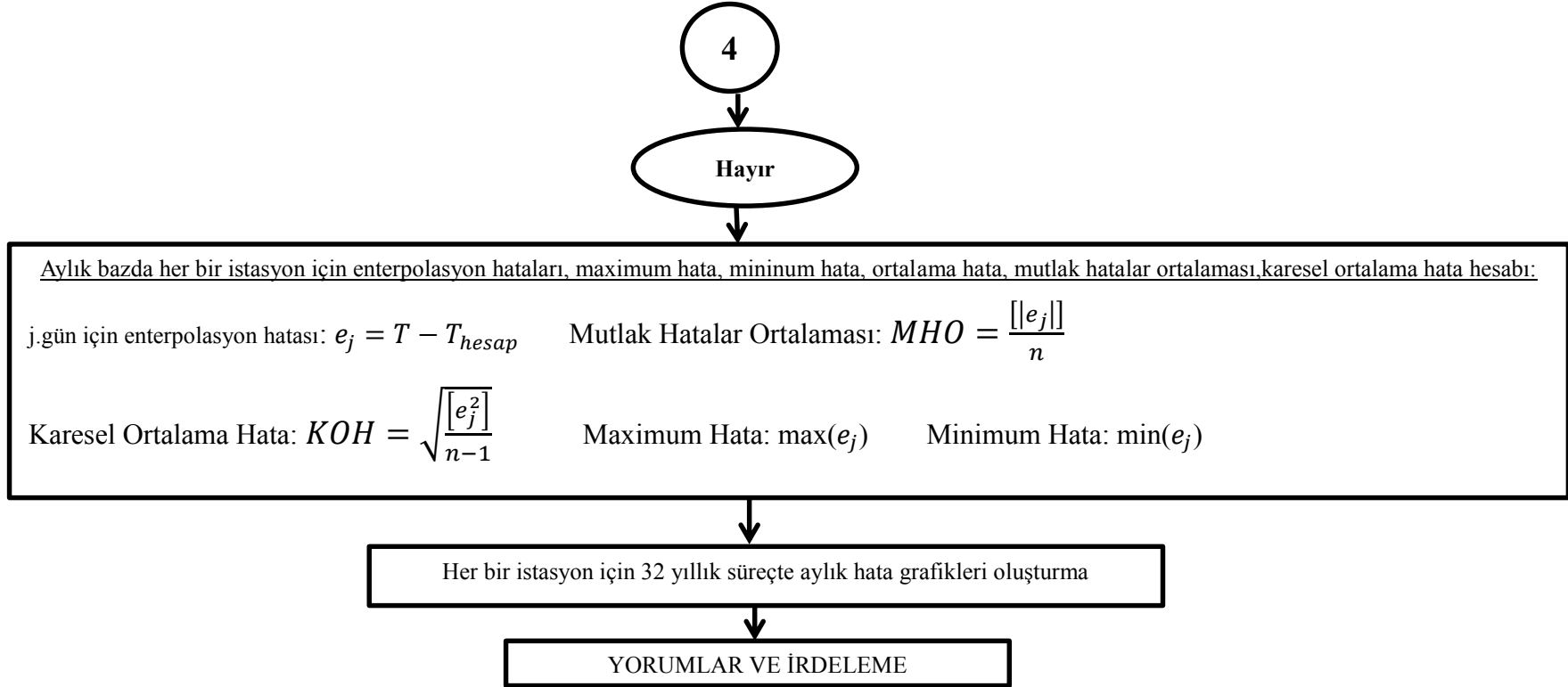
Şekil 96. Birleştirilmiş Basit Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi



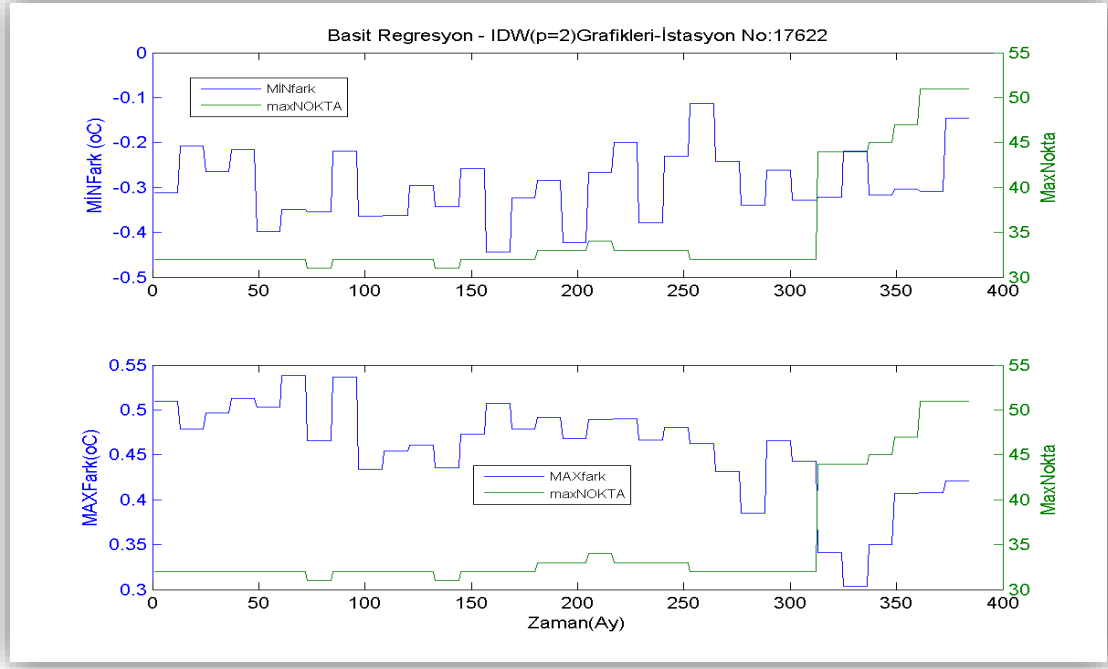
Şekil 96'nın devamı (Birleştirilmiş Basit Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi)



Şekil 96'nın devamı (Birleştirilmiş Basit Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi)



17622 numaralı Samsun – Bafra’da bulunan 103 m. yükseklikteki istasyonun (57) eşitliğine göre hesaplanan, minimum ve maksimum fark grafikleri basit regresyon yöntemi her zaman noktası için bir katsayı oluşturduğu için aynı oranda değişen grafik şeklinde oluşmuştur.



Şekil 97. Basit Regresyon Yöntemi ile IDW Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Maksimum ve Minimum Hata Grafiği

#### 2.3.4. Çoklu Doğrusal Regresyon Yöntemi Uygulaması

Bu çalışmada, 52 istasyona ait 32 yıllık bir süreçteki günlük verilerinin tamamında sıcaklığın yükseklik farkına bağlı değişimi (38) eşitliği ile verilen çoklu doğrusal regresyon modeline uyduyu kabulüyle, enterpolasyon noktasındaki sıcaklık

$$T_e = a_0 + a_1\lambda_e + a_2\Phi_e + a_3h_e + e \quad (77)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Burada,  $n$  enterpolasyon yapılan her bir gün için enterpolasyon ve dayanak noktalarının toplam sayısıdır. Günlük olarak yapılan enterpolasyon hesabında sırasıyla dayanak noktaları arasından bir nokta enterpolasyon noktası olarak kullanıldığı dikkate alınır;  $n - 1$  her bir enterpolasyon için kullanılan dayanak noktası sayısıdır,  $T_e$  dayanak noktaları arasından enterpolasyon noktası olarak seçilen noktanın sıcaklık

değeri,  $long_e$  enterpolasyon noktasının enlemi,  $lat_e$  enterpolasyon noktasının boylamı,  $h_e$  enterpolasyon noktasının yüksekliği,  $a_0, a_1, a_2, a_3$  regresyon katsayıları ve  $e$  ise enterpolasyon noktasının ölçülen sıcaklık değeri ( $T$ ) ile enterpolasyon ile hesaplanan sıcaklık değeri arasındaki farktır. Bu modelde enterpolasyon noktasının enlem, boylam ve yüksekliği bağımsız değişken olarak alınmış buna karşın enterpolasyon noktasının sıcaklık değeri ise bağımlı değişken olarak alınmıştır. (77) eşitliğindeki modelle 32 yıllık bir süreçteki her günün verilerinin için  $a_0, a_1, a_2, a_3$  regresyon katsayıları Bölüm 1.6.1.3.2.'de anlatıldığı şekilde, enterpolasyon zamanında mevcut tüm dayanak noktalarının sıcaklık ölçülerinin bağımlı değişken ( $T_i$ ) ve dayanak noktalarının enlemi ( $\lambda_i$ ), boylamı ( $\Phi_i$ ) ve yüksekliğinin ( $h_i$ ) bağımsız değişken olarak alınarak

$$T_i = a_0 + a_1\lambda_i + a_2\Phi_i + a_3h_i + e_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (78)$$

şeklindeki basit doğrusal regresyon modelinden EKK ilkesine göre hesaplanmıştır. Burada  $n$  her bir enterpolasyon günü için toplam dayanak noktası sayısıdır.  $\lambda_i$ , dayanak noktasının enlemi,  $\Phi_i$  dayanak noktasının boylamı, ve  $h_i$  ise dayanak noktasının yüksekliğidir. Regresyon katsayılarının EKK ilkesine göre hesaplanması aşamasında  $y$  sabitler vektörü (18) eşitliğine benzer şekilde

$$y = \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ \dots \\ T_n \end{bmatrix} \quad (79)$$

olarak oluşturulan  $n \times 1$  boyutlu bir sütun vektördür.  $A$  katsayılar matrisi ise (19) eşitliğine benzer şekilde

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \lambda_1 & \Phi_1 & h_1 \\ 1 & \lambda_2 & \Phi_2 & h_2 \\ 1 & \lambda_3 & \Phi_3 & h_3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \lambda_n & \Phi_n & h_n \end{bmatrix} \quad (80)$$

olarak oluşturulan  $n \times 4$  boyutlu bir matristir. Burada,  $A$  matrisinin 2. , 3. ve 4. sütun elemanlarının enlem, boylam ve yükseklik değerleri gibi büyük değerler olduğuna ve 1. sütun elemanlarının ise sadece “1” değerlerinden oluştuğuna dikkat çekildiğinde  $A$  katsayılar matrisinin basit regresyon modelindeki katsayılar matrisine benzer şekilde kondisyonu bozuk bir matristir. Bölüm 2.4.2.’de de anlatıldığı üzere, kondisyonu bozuk bir katsayılar matrisinden elde edilecek normal denklem sistemindeki matrisler de kondisyonu bozuk olarak elde edilir. Bu nedenle bilinmeyenlerin hesabından önce düzeltme denklem sisteminin  $A$  katsayılar matrisinin ve  $y$  sabitler vektörünün ötelenmiş ve normlandırılmış elemanlarını hesaplanır. Bunun için öncelikle  $long_i$  ,  $lat_i$  ve  $h_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) değerlerinin ortalaması

$$\begin{aligned}\lambda_s &= \frac{[\lambda_i]}{n} \\ \Phi_s &= \frac{[\Phi_i]}{n} \\ h_s &= \frac{[h_i]}{n}\end{aligned}\tag{81}$$

olarak hesaplanır ve her birinin ötelenmiş değeri

$$\begin{aligned}\text{ötelenmiş}(long_i) &= \lambda_i - \lambda_s \\ \text{ötelenmiş}(lat_i) &= \Phi_i - \Phi_s \\ \text{ötelenmiş}(h_i) &= h_i - h_s\end{aligned}\tag{82}$$

eşitliğinden elde edilir. Ötelenmiş değerlerin normlandırılması için, normlandırma elemanı

$$c = \frac{1}{\sqrt{[\text{ötelenmiş}(\lambda_i)]^2 + [\text{ötelenmiş}(\Phi_i)]^2 + [\text{ötelenmiş}(h_i)]^2}}\tag{83}$$

olarak hesaplanır. Böylece normlandırılmış değerler

$$\begin{aligned}\text{normlandırılmış}(\lambda_i) &= \text{ötelenmiş}(\lambda_i) * c \\ \text{normlandırılmış}(\Phi_i) &= \text{ötelenmiş}(\Phi_i) * c\end{aligned}\tag{84}$$

$$\text{normlandırılmış}(h_i) = \text{ötelenmiş}(h_i) * c$$

olarak elde edilir. Benzer şekilde 79 eşitliğine göre oluşturulan  $y$  sabitler vektörünün normlandırılmış elemanlarını elde etmek için,  $T_i$  sıcaklık ölçülerinin ortalaması

$$T_s = \frac{[T_i]}{n} \quad (85)$$

olarak hesaplanır ve sıcaklık ölçülerinin ötelenmiş değeri

$$\text{ötelenmiş}(T_i) = T_i - T_s \quad (86)$$

eşitliğinden elde edilir. Ötelenmiş sıcaklık ölçü değerlerinin normlandırılması için, normlandırma elemanı

$$c_T = \frac{1}{\sqrt{[\text{ötelenmiş}(T_i)]^2}} \quad (87)$$

olarak hesaplanmıştır. Böylece normlandırılmış sıcaklık ölçü değerleri

$$\text{normlandırılmış}(T_i) = \text{ötelenmiş}(T_i) * c_T \quad (88)$$

olarak elde edilir. EKK ilkesine göre regresyon katsayılarını hesaplamak için  $y$  sabitler vektörünün elemanları olarak  $(T_i)$  yerine ötelenmiş ve normlandırılmış sıcaklık farkları olarak (88) eşitliğinden elde edilen  $\text{normlandırılmış}(T_i)$ 'ler kullanılır.

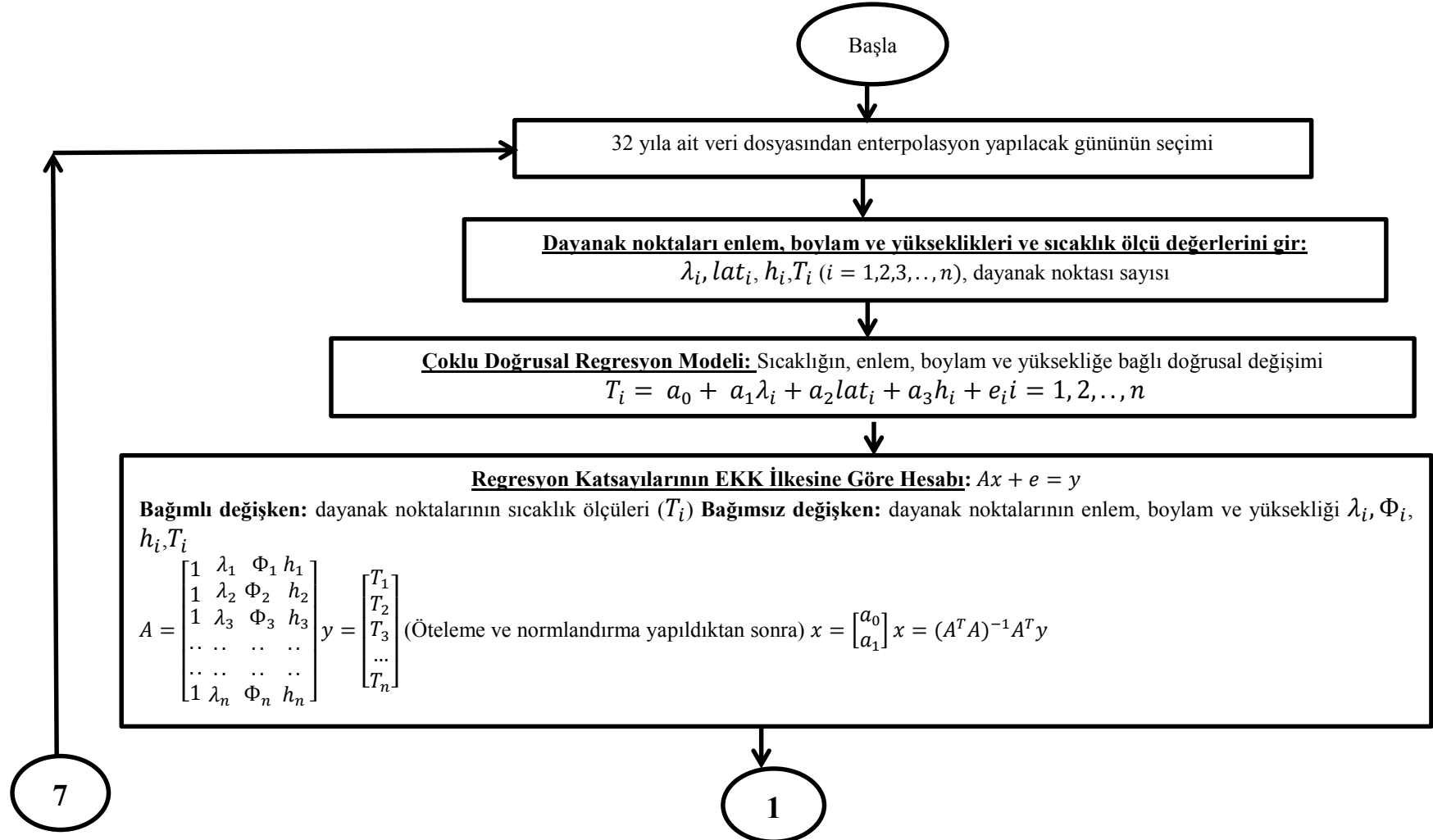
Regresyon katsayılarının hesaplanmasından sonra gerek regresyon modelinin doğruluğunun gerekse elde edilen regresyon katsayılarının anlamlılığını araştırmak için Bölüm 1.6.1.3.3.'e göre "Hipotez Testleri" uygulanır. (Şekil 116). Bu çalışmada, regresyon katsayılarının elde edilmesi problemine ilişkin duyarlık ölçütleri,

$$e_i = (T_i)_{\text{ölçü}} - (T_i)_{\text{hesap}} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (89)$$

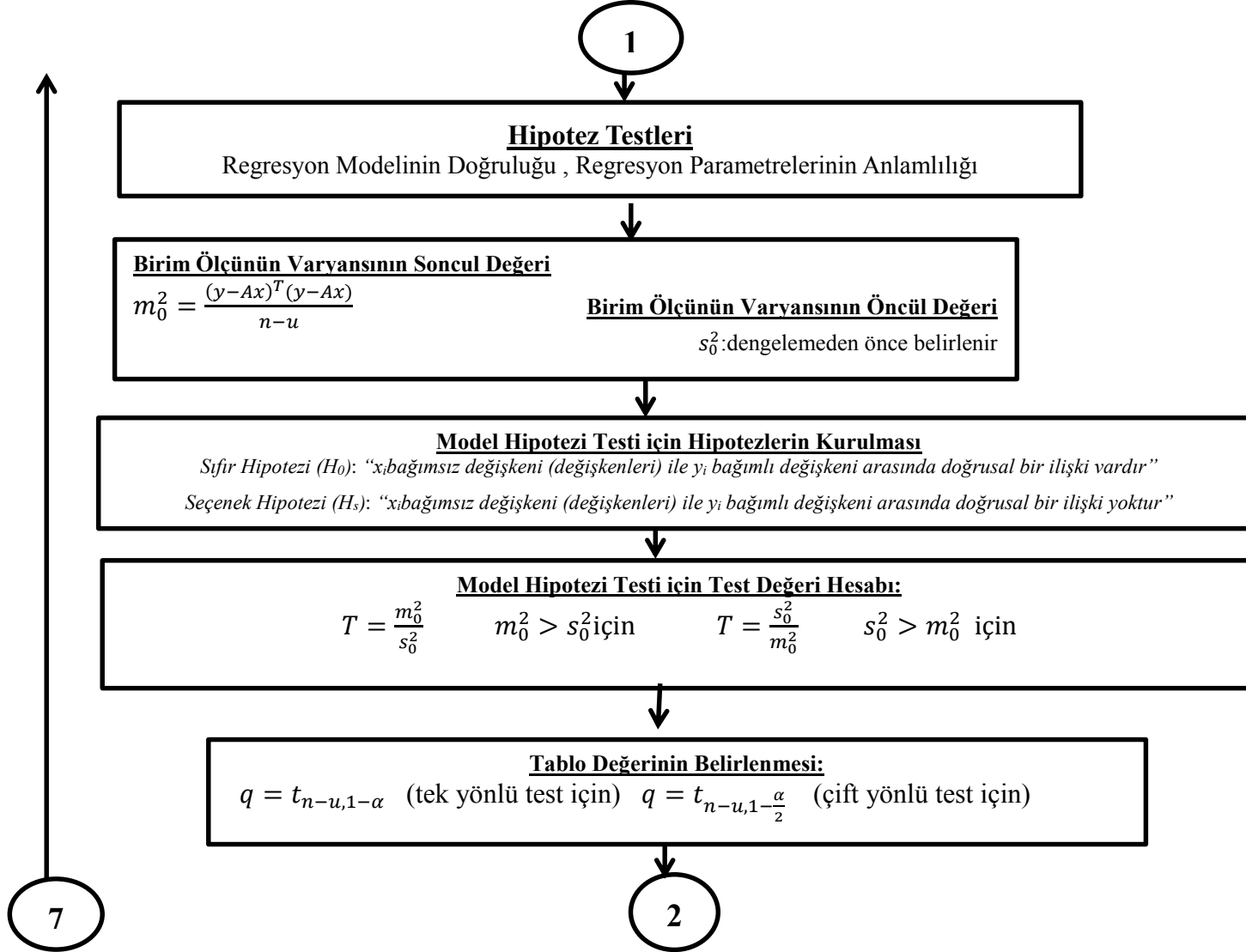


şeklinde hesaplanan regresyon hatalarından elde edilir. Burada  $(T_i)$  ölçü seçilen enterpolasyon noktasının ölçülen sıcaklığı ve  $(T_i)_{\text{hesap}}$  ise  $a_0, a_1, a_2, a_3$  katsayıları ile modelden hesaplanan sıcaklık değerleridir. Regresyon hatalarından (58) ve (59) eşitlikleri ile elde edilen KOH ve MHO ve maximum ve minimum hata çoklu regresyon modeli ile uygulanan enterpolasyonun duyarlık ölçütü olarak hesaplanmış, ayrıca regresyon katsayılarının ortalama hataları da (29) eşitliğinden hesaplanmıştır. Ayrıca bu modelde sıcaklıktaki toplam değişimin yüzde kaçının enlem, boylam ve yükseklik değişimi tarafından açıklanabildiğinin bir ölçütü olarak  $R^2$  belirleyicilik katsayıları (33) eşitliğine göre hesaplanmıştır (Şekil 98).

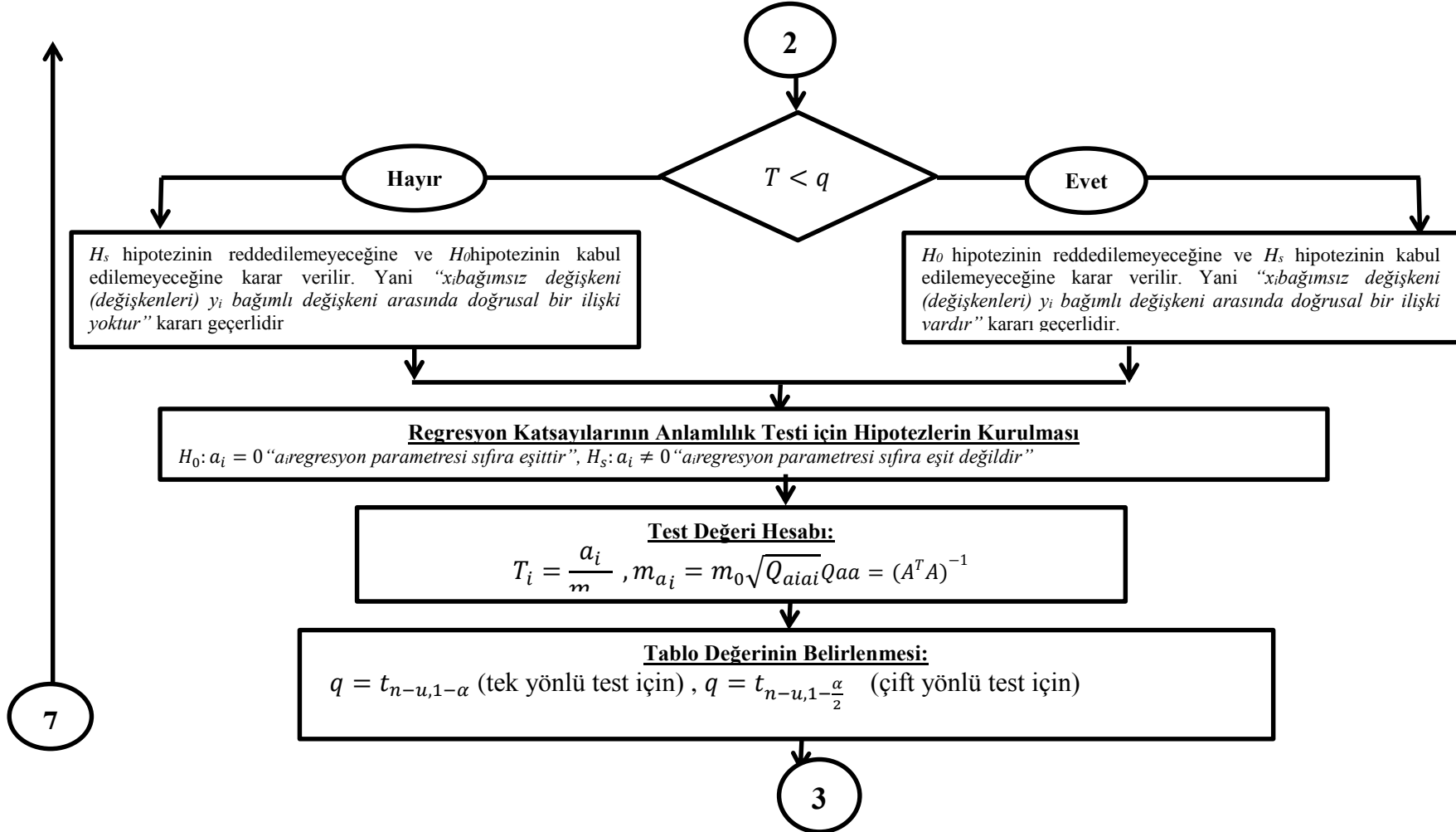
Şekil 98. Çoklu Doğrusal Regresyon Yöntemi İş Akış Şeması



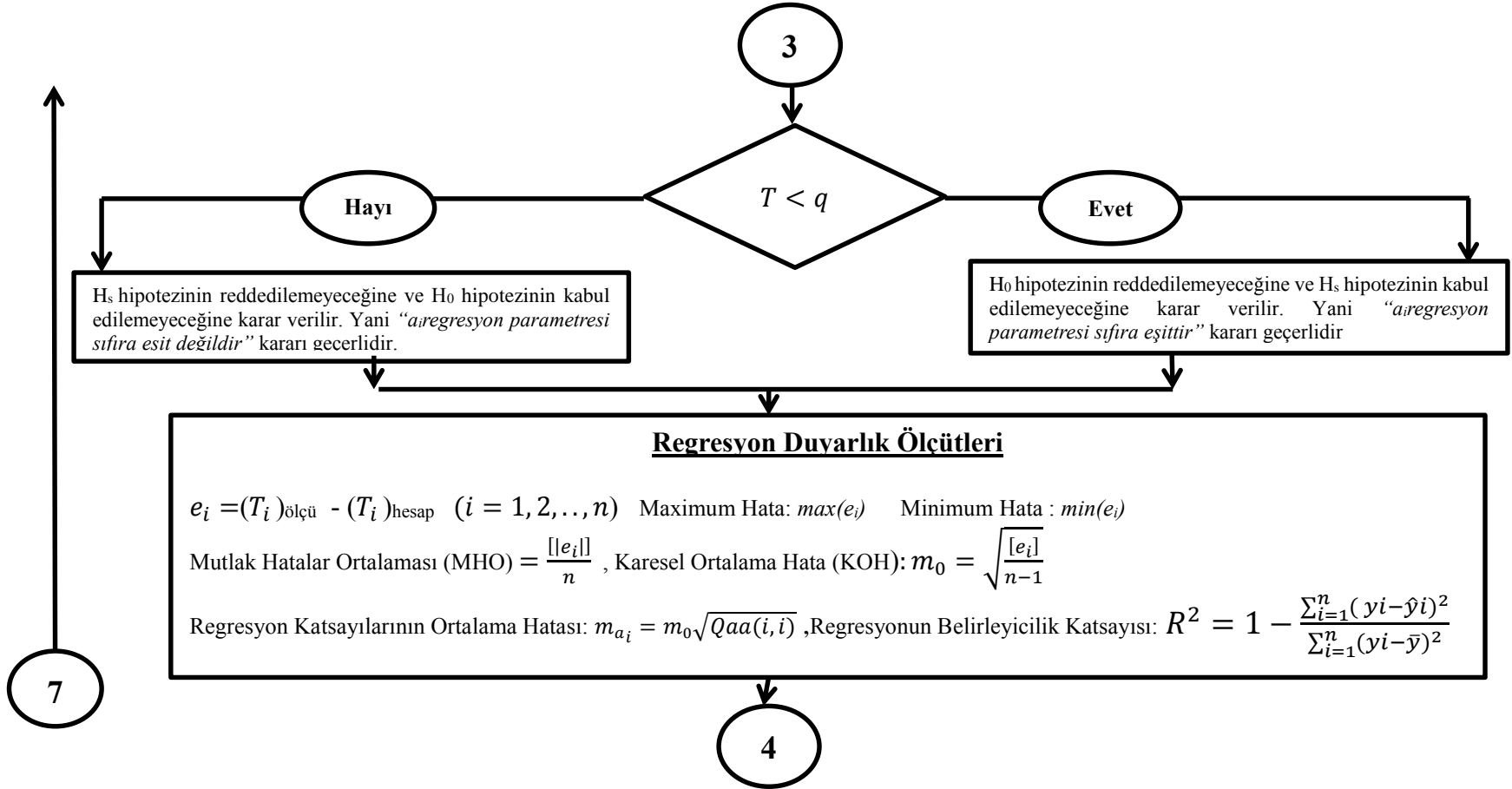
Şekil 98'in devamı (Çoklu Doğrusal Regresyon Yöntemi İş Akış Şeması)



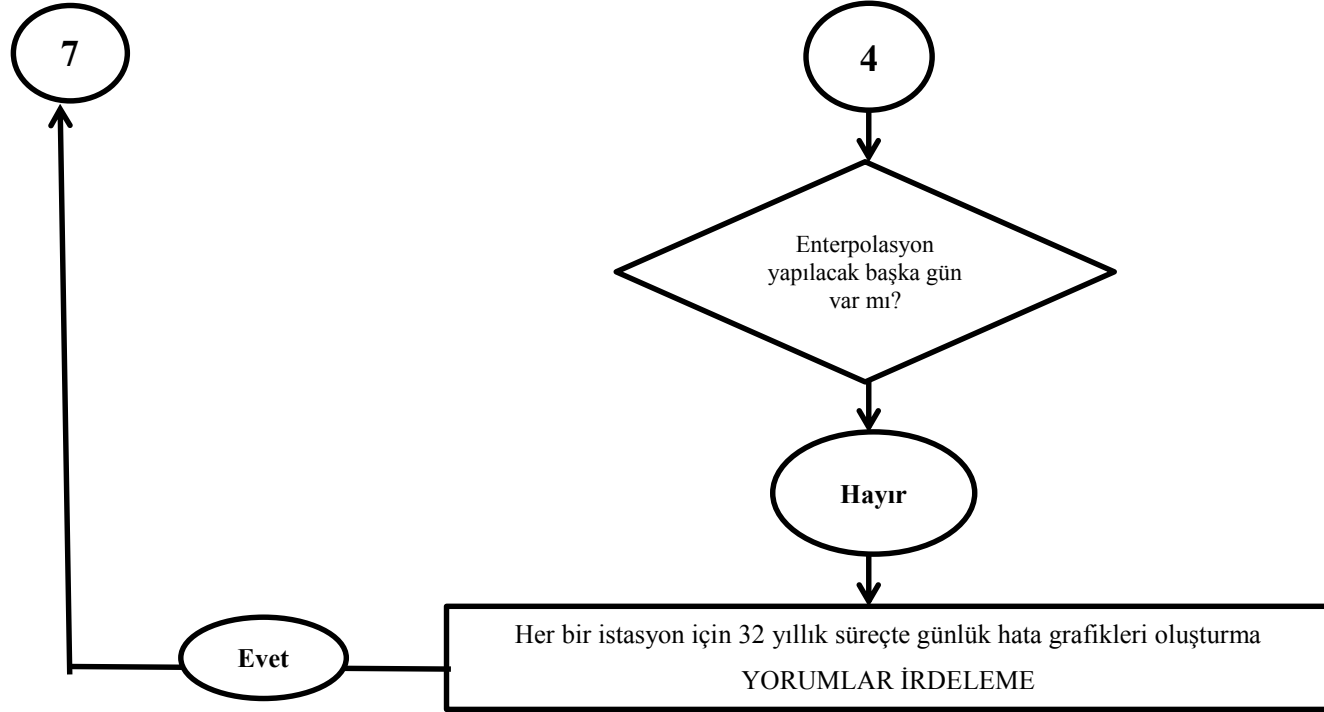
Şekil 98'in devamı (Çoklu Doğrusal Regresyon Yöntemi İş Akış Şeması)



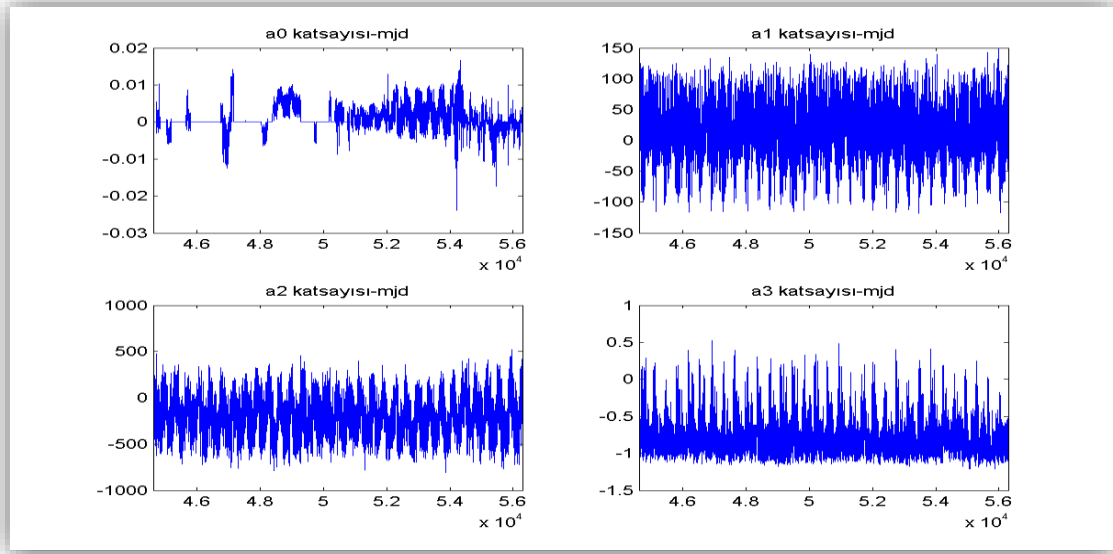
Şekil 98'in devamı (Çoklu Doğrusal Regresyon Yöntemi İş Akış Şeması)



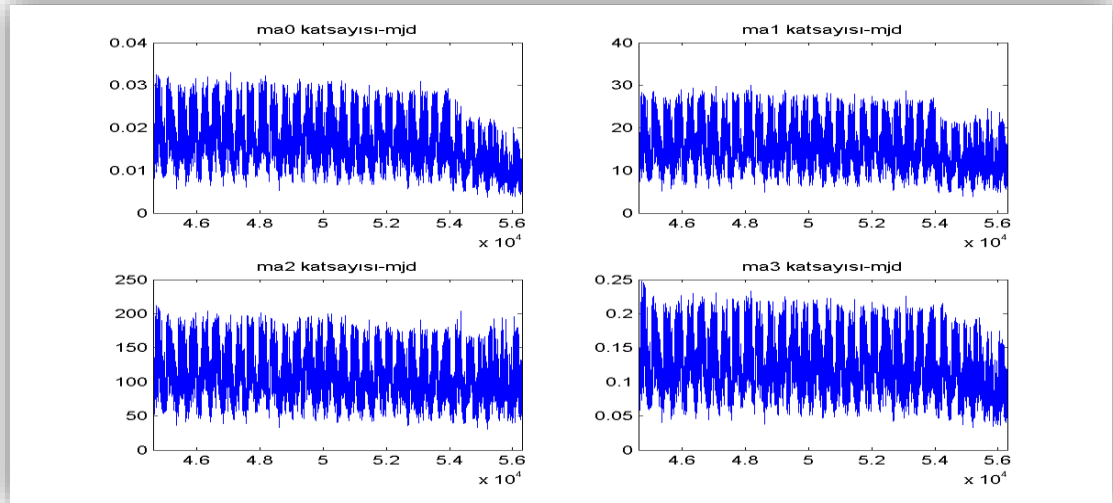
Şekil 98'in devamı (Çoklu Doğrusal Regresyon Yöntemi İş Akış Şeması)



EKK ilkesine göre dengelemeli olarak elde edilen  $a_0 - a_1 - a_2 - a_3$  regresyon katsayıları ile oluşturulan çoklu doğrusal regresyon modelinde  $a_0 - a_1 - a_2 - a_3$  katsayılarının kestirimine ilişkin dengelemenin ortalama hatasının soncul değeri (a posteriori)  $m_0$ , (21) eşitliği ile hesaplanır. Burada  $u=4$  dengeleme bilinmeyen sayısı,  $n$  ise regresyon modelindeki dayanak nokta çifti sayısıdır. (20) eşitliğinden elde edilen bilinmeyenler vektörü yardımı ile Şekil 99 ile  $a_0 - a_1 - a_2 - a_3$  katsayılarının dağılımlarının ve (21) eşitliğine göre elde edilen  $a_0 - a_1 - a_2 - a_3$  katsayılarının ortalama hatalarının grafiğidir (Şekil 100).



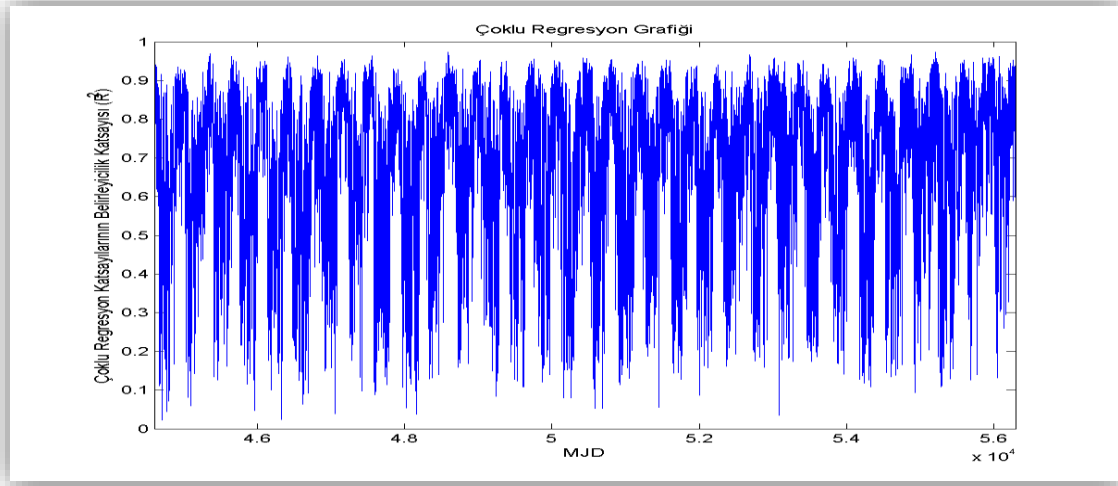
Şekil 99. Çoklu Regresyon Yöntemi Katsayılar Günlük Grafiği (01 Ocak 1981-31 Aralık 2012)



Şekil 100. Çoklu Regresyon Yöntemi Katsayıların Günlük Ortalama Hata Grafiği (01 Ocak 1981-31 Aralık 2012)

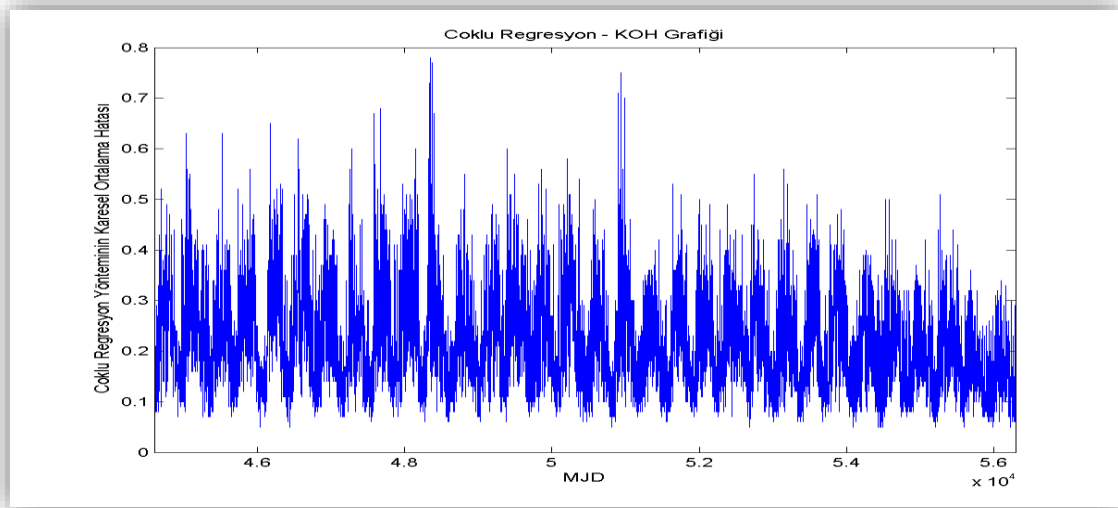
(33) eşitliğine göre hesaplanan çoklu regresyon yönteminin katsayılarının belirleyicilik katsayısı grafiğinin günlük değişimi çizdirilmiştir. Buna göre uygulanan

regresyon modelinin kış sıcaklıklarındaki belirleyicilik katsayısı 0.9 civarında çok iyi bir değer olurken, uygulanan regresyon modeli verileri % 90 oranında temsil etmektedir. Yaz aylarında 0.1'lere inmektedir (Şekil 101).



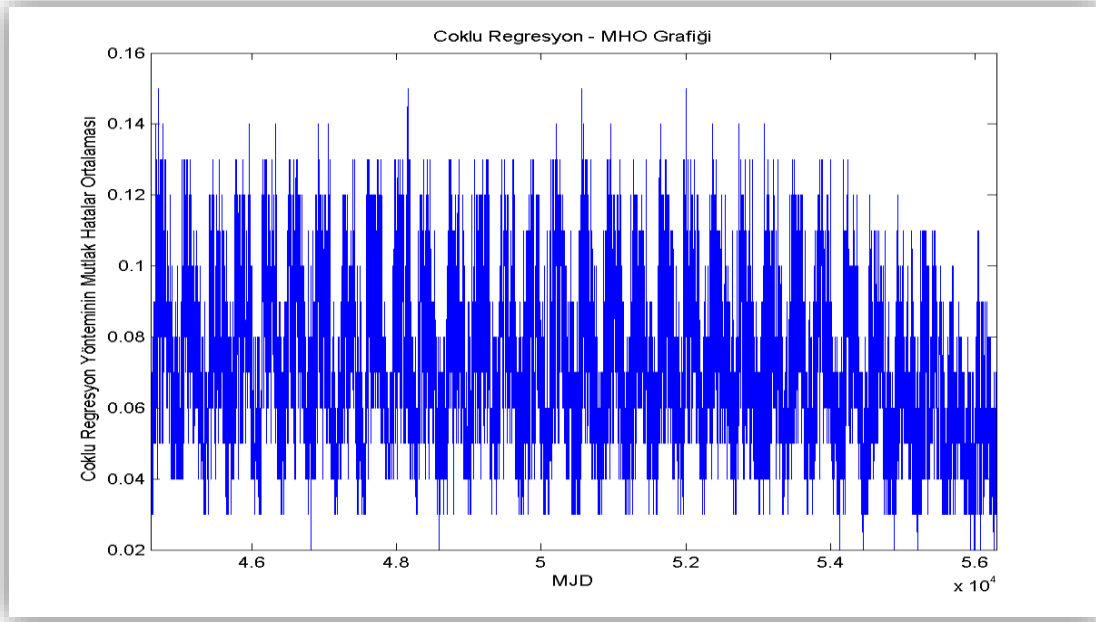
Şekil 101. Çoklu Regresyon Yöntemi Günlük  $R^2$  Grafiği (01 Ocak 1981-31 Aralık 2012)

(58) ve (59) eşitlikleri ile elde edilen KOH ve MHO duyarlık ölçütü olarak hesaplanmış ve grafikleri sırasıyla Şekil 102 ve Şekil 103 ile gösterilmiştir. Bu iki grafikte de son yıllarda daha fazla veri olmasından dolayı hata oranlarında azalma olduğu görülmüştür.



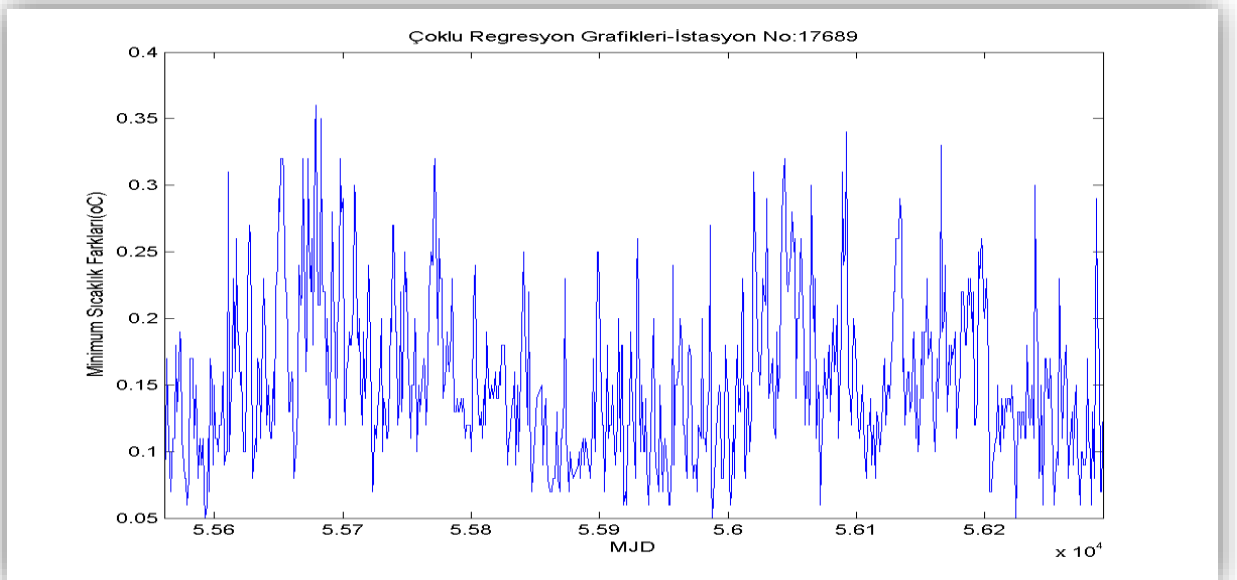
Şekil 102. Çoklu Regresyon Yöntemi Günlük KOH Grafiği (01 Ocak 1981-31 Aralık 2012)



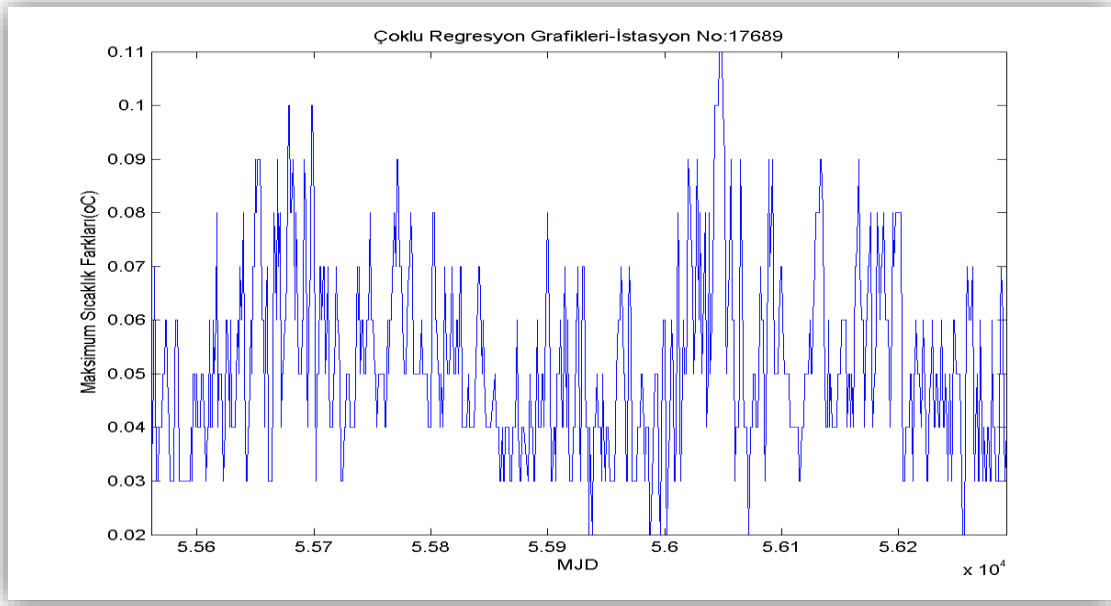


Şekil 103. Çoklu Regresyon Yöntemi Günlük MHO Grafiği (01 Ocak 1981-31 Aralık 2012)

17689 numaralı Ordu-Fatsa' da bulunan en düşük yükseklikteki istasyonun çoklu doğrusal regresyon modeline göre (76) eşitliğinden elde edilen minimum ve maksimum sıcaklık farkları olan, Şekil 104 ve 105'te kış aylarında daha küçük, yaz aylarında ise daha büyük hatalar gözlenmiştir.

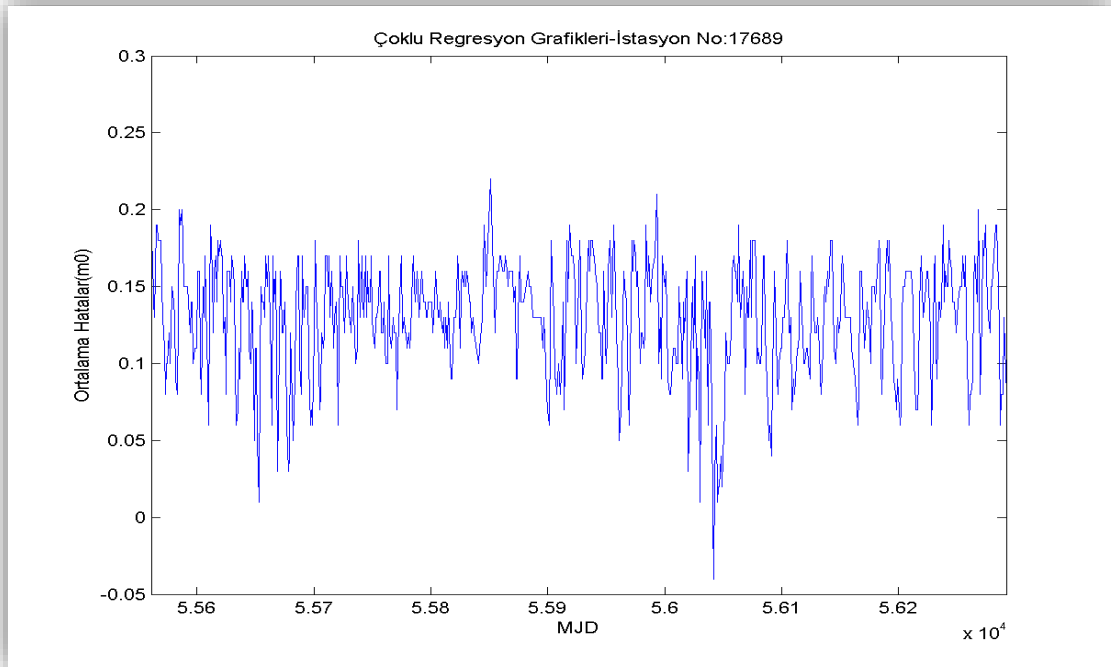


Şekil 104. Çoklu Regresyon Yöntemi ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Günlük Minimum Sıcaklık Farkları Grafiği

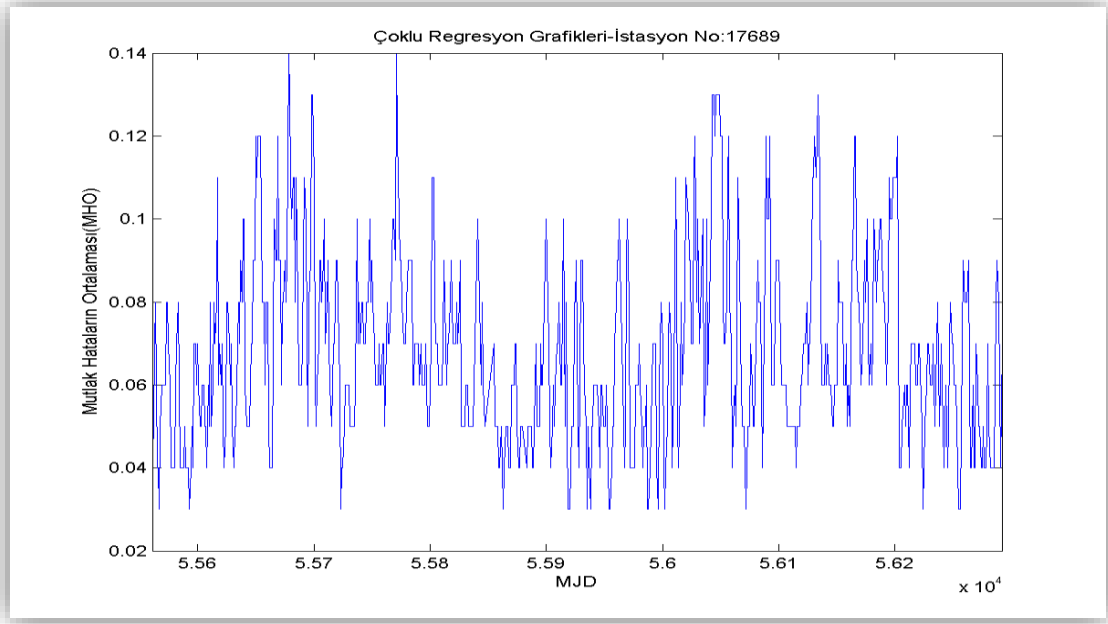


Şekil 105. Çoklu Regresyon Yöntemi ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Günlük Maximum Sıcaklık Farkları Grafiği

Ölçülerin karesel ortalama hataları (Şekil 106) ve ölçülerin mutlak hatalar ortalamalarının grafikleri (Şekil 107) ile gösterilmiştir.

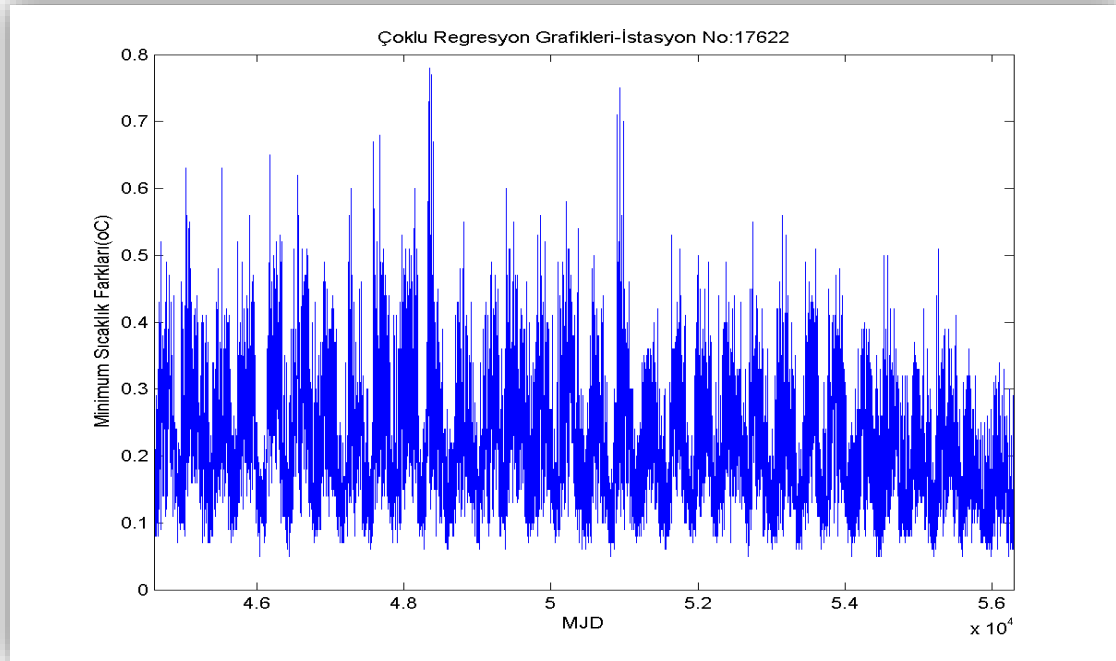


Şekil 106. Çoklu Regresyon Yöntemi ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Günlük Hataların KOH Grafiği

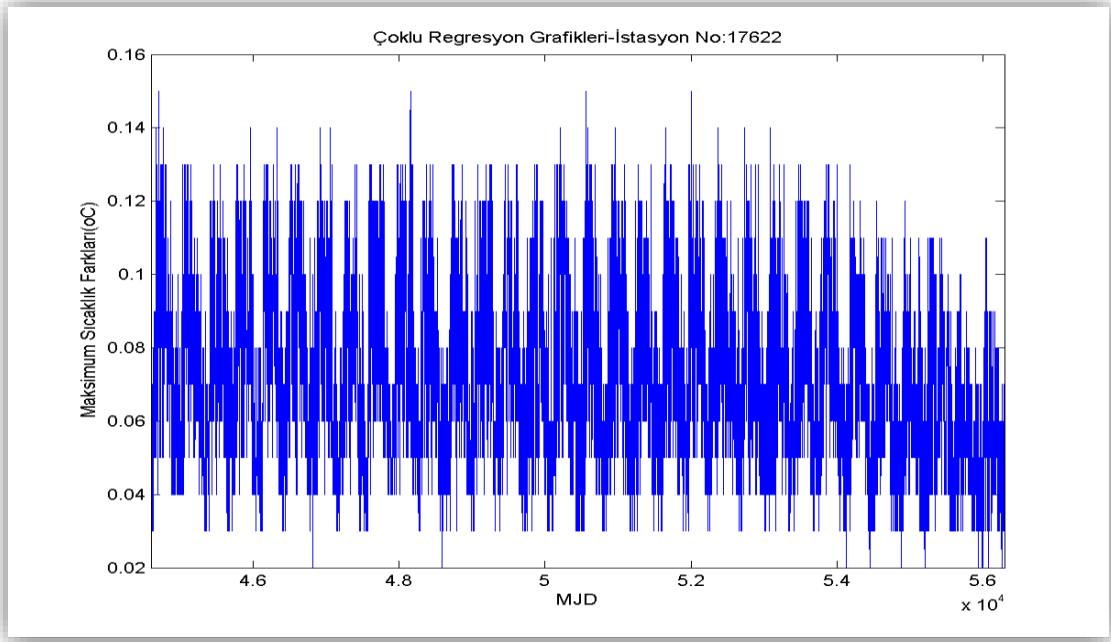


Şekil 107. Çoklu Regresyon Yöntemi ile Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010 - Aralık 2012 Günlük Hataların MHO Grafiği

17622 numaralı Samsun – Bafra’da bulunan 103 m. yükseklikteki bütün yıllara ait verisi bulunan istasyonun minimum ve maksimum sıcaklık farkları olan, Şekil 107 ve 108’de kış aylarında daha küçük, yaz aylarında ise daha büyük hatalar gözlenmiştir.

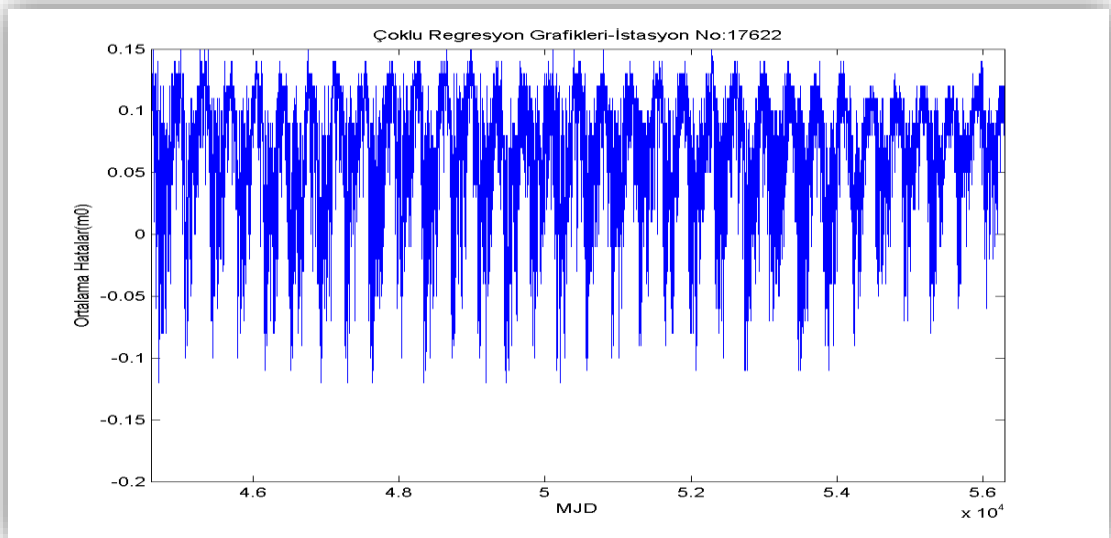


Şekil 108. Çoklu Regresyon Yöntemi ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Günlük Minimum Sıcaklık Farkları Grafiği

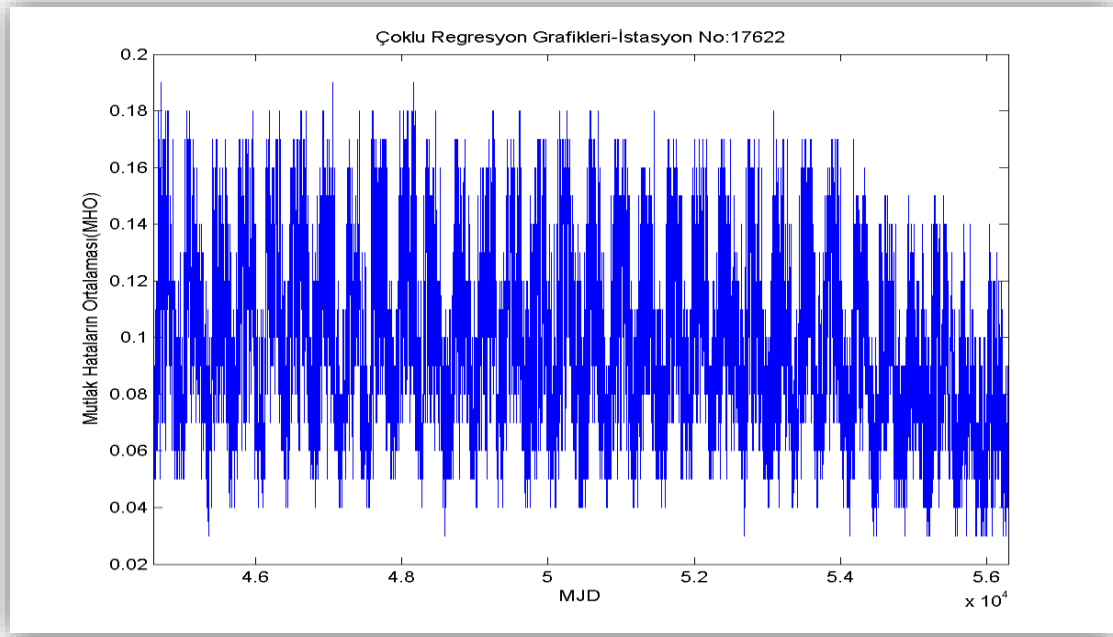


Şekil 109. Çoklu Regresyon Yöntemi ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Maximum Sıcaklık Farkları Grafiği

Ölçülerin karesel ortalama hataları ile Şekil 110 ve Şekil 111 ile de ölçülerin mutlak hatalar ortalamalarının grafikleri çizdirilmiştir. Kış aylarında daha az, yaz aylarında ise daha fazla hata gözlenirken tüm zaman noktalarında verilerin olmasından dolayı grafiğin son kısımlarında daha az hata gözlenmiştir.

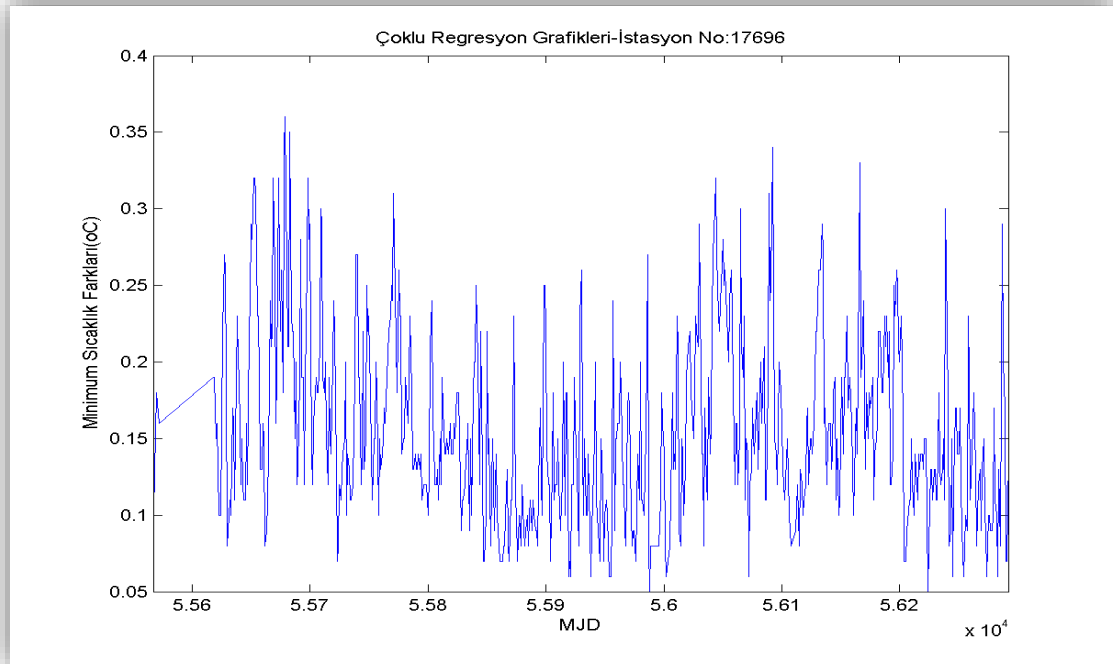


Şekil 110. Çoklu Regresyon Yöntemi ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Hataların KOH Grafiği

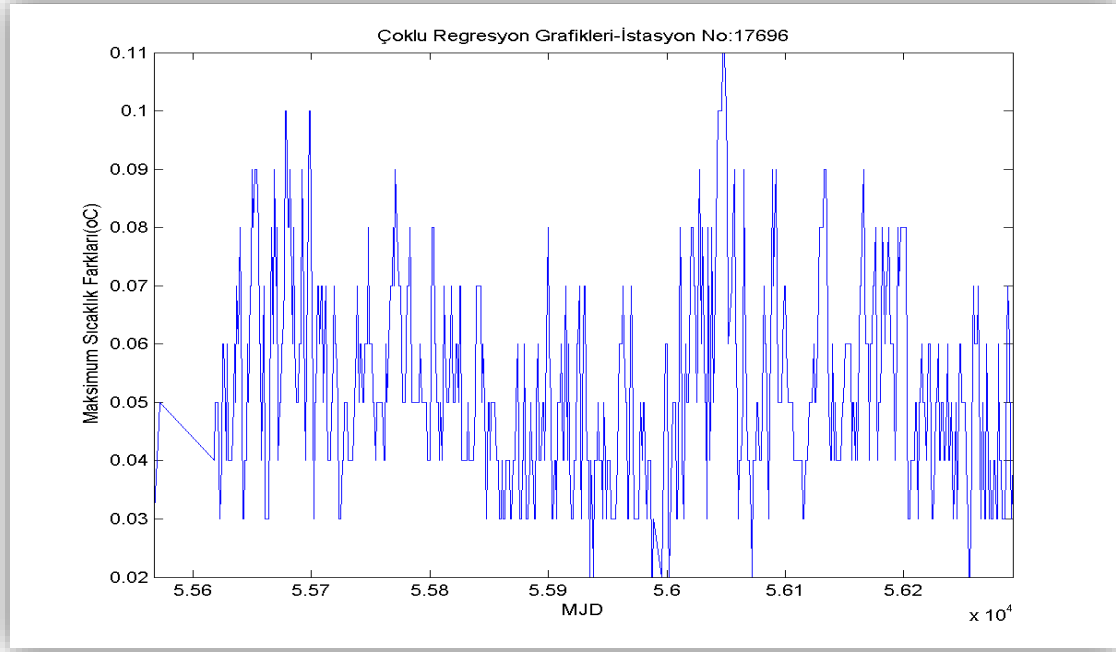


Şekil 111. Çoklu Regresyon Yöntemi ile Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Hataların MHO Grafiği

17696 numaralı Gümüşhane - Torul' da bulunan en fazla yüksekliğe sahip istasyonun (76) eşitliğine göre elde edilen, minimum ve maksimum sıcaklık farkları olan, Şekil 112 ve 113'de kış aylarında daha büyük, yaz aylarında ise daha küçük hatalar gözlenmiştir.

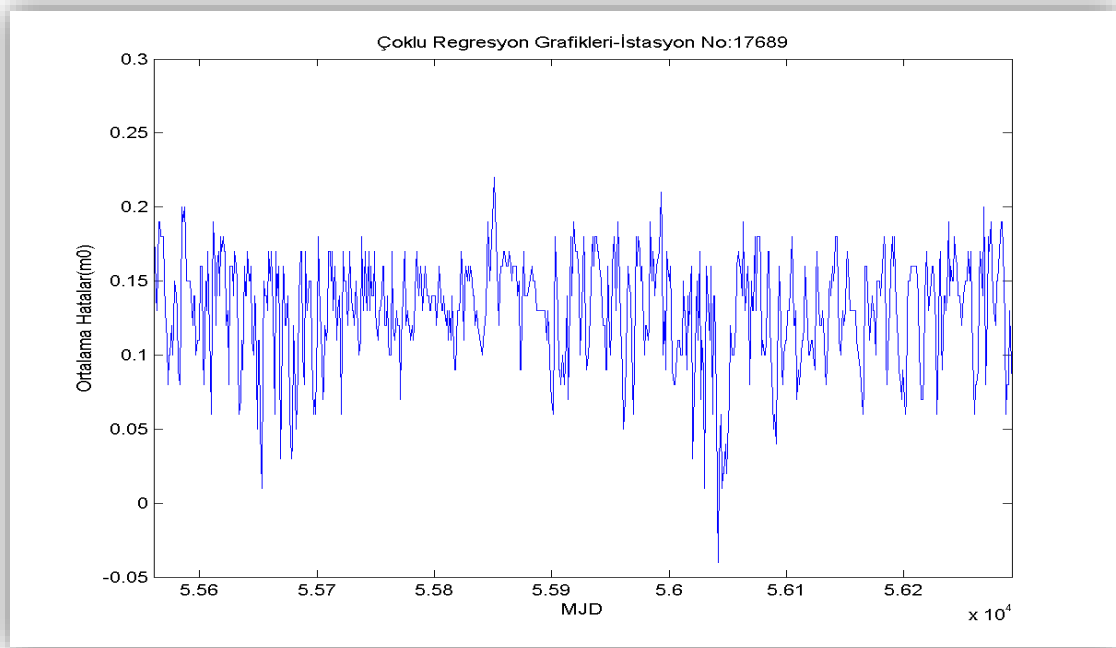


Şekil 112. Çoklu Regresyon Yöntemi ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Günlük Minimum Sıcaklık Farkları Grafiği

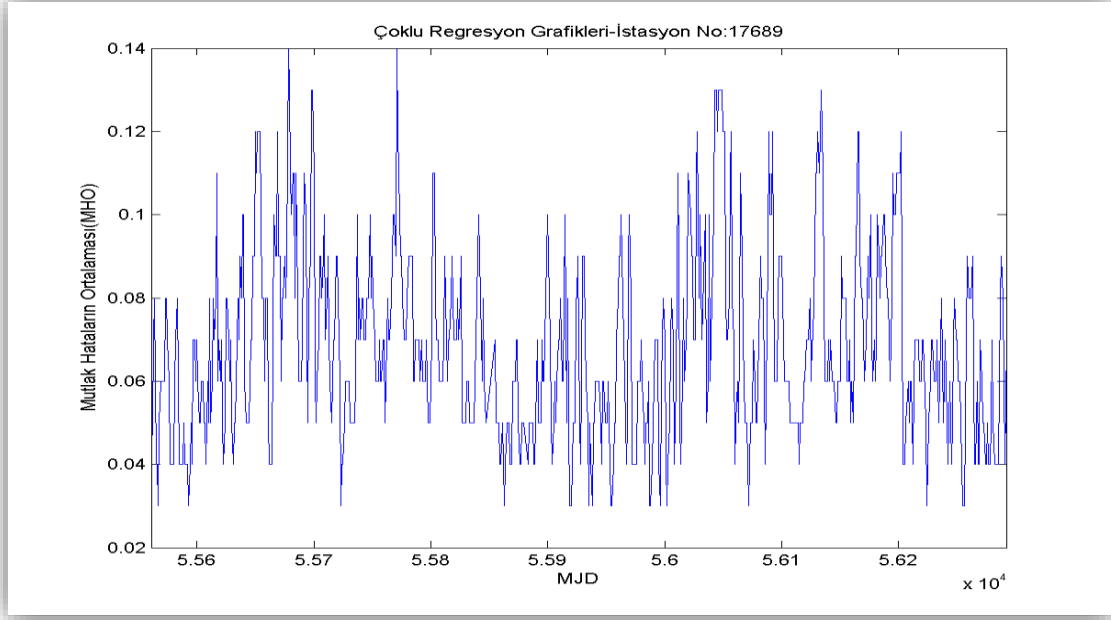


Şekil 113. Çoklu Regresyon Yöntemi ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Günlük Maximum Sıcaklık Farkları Grafiği

Şekil 114 ile ölçülerin karesel ortalama hataları ve Şekil 115 ile de ölçülerin mutlak hatalar ortalamalarının grafikleri çizdirilmiştir.



Şekil 114. Çoklu Regresyon Yöntemi ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Günlük Hataların KOH Grafiği

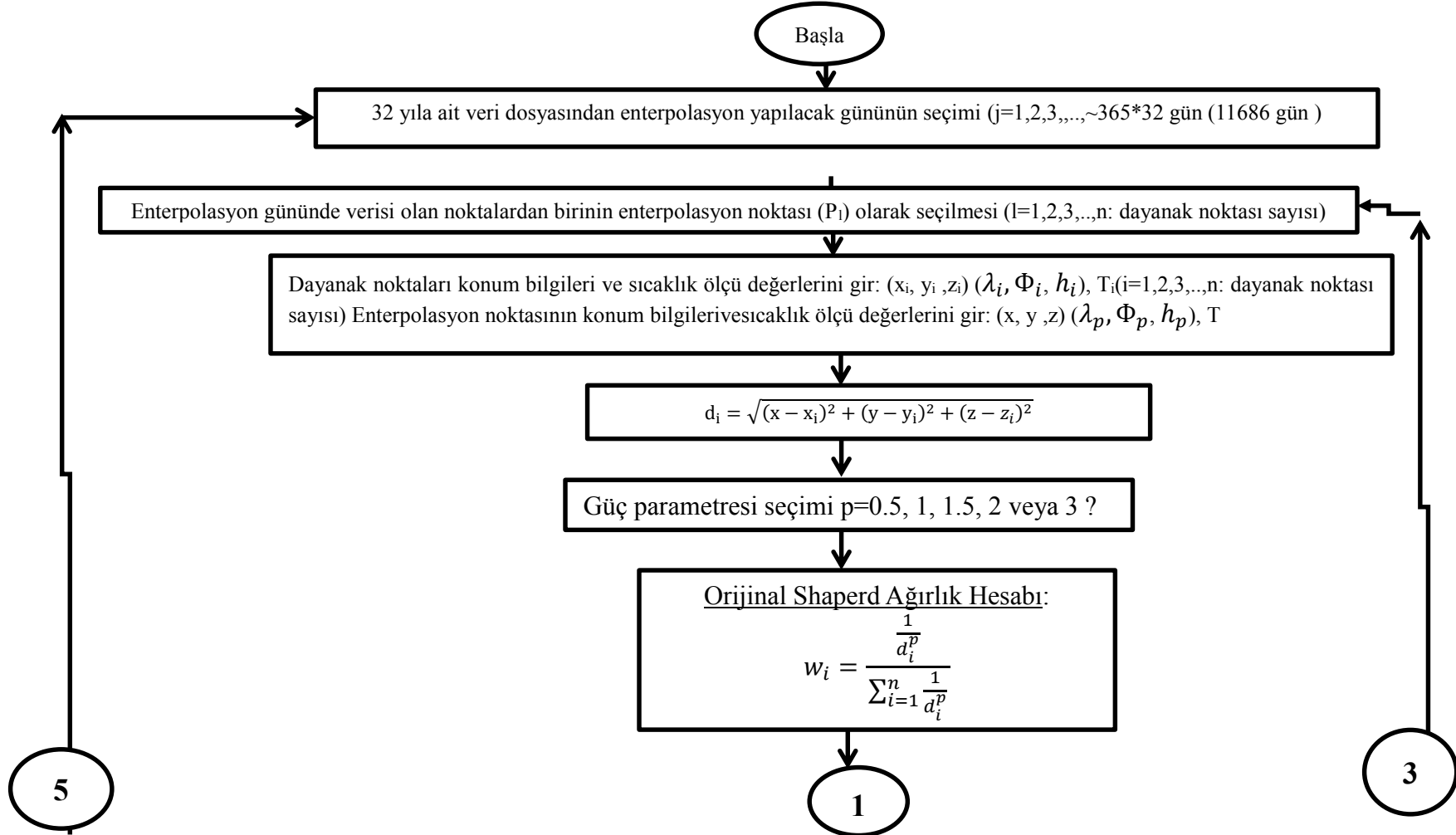


Şekil 115. Çoklu Regresyon Yöntemi ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Günlük Hataların MHO Grafiği

### 2.3.5. Birleştirilmiş Çoklu Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi Uygulaması

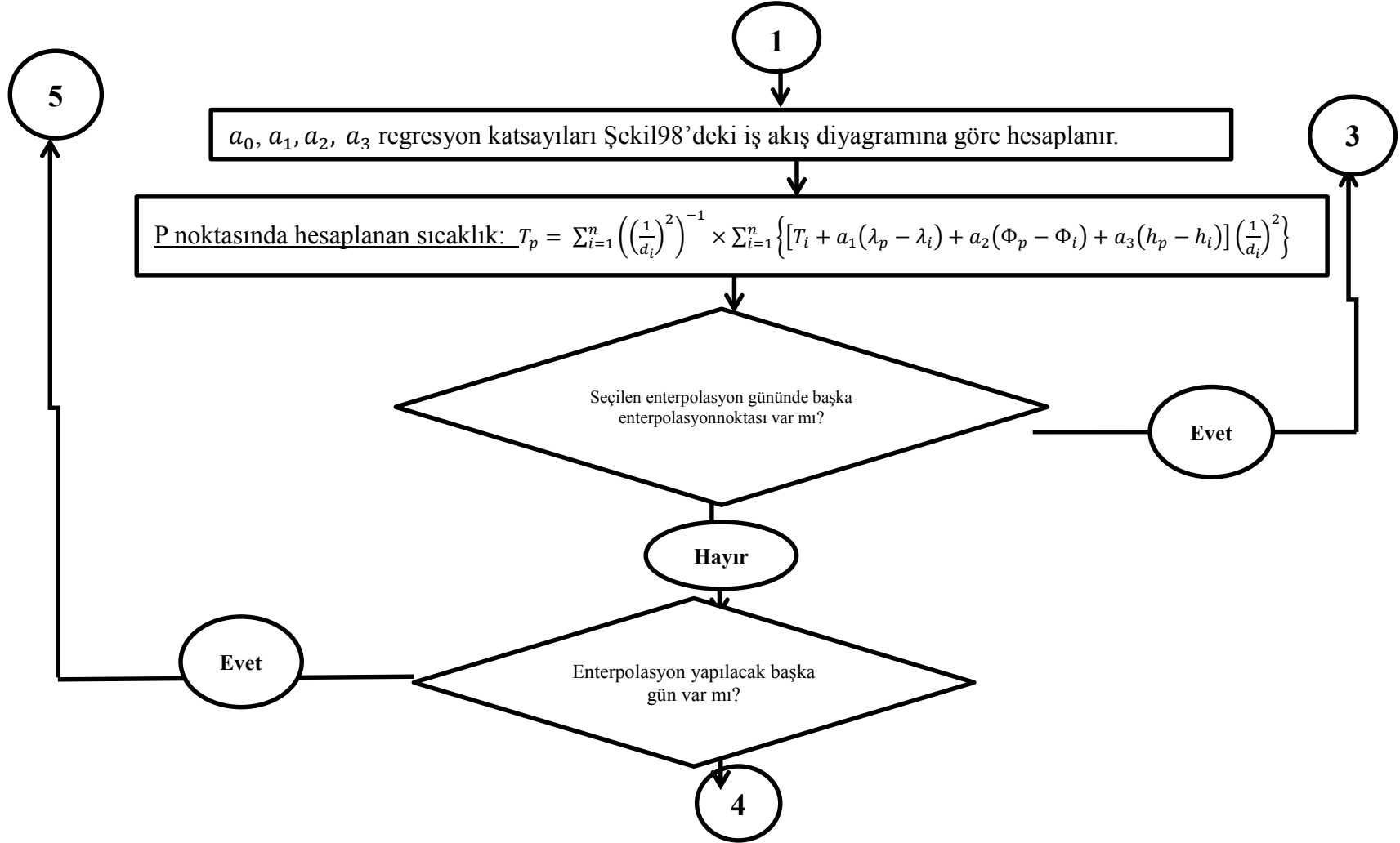
Bu tez çalışmasında “*Birleştirilmiş Çoklu Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi*” uygulanması için öncelikle çoklu regresyon katsayıları Bölüm 2.3.4.’de anlatıldığı şekilde hesaplanmıştır. Birleştirilmiş yöntemde, IDW yönteminde olduğu gibi dayanak noktaları için belirli bir yarıçap ve yükseklik farkı kısıtlaması uygulanmaksızın, tüm dayanak noktaları enterpolasyona dahil edilmiştir. Seçilen enterpolasyon noktası ve dayanak noktaları arası  $d_i$  mesafeleri (3) eşitliği yardımıyla belirlenmiştir. Güç parametresi 2 kullanılarak (39) eşitliğine göre enterpolasyon noktasının sıcaklık değeri hesaplanmıştır. Enterpolasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri ile ölçülen sıcaklık arasındaki fark olarak (89) eşitliğinden elde edilen enterpolasyon hatası yardımıyla, her bir istasyon için aylık maximum ve minimum hata, (59) eşitliğinden mutlak hatalar ortalaması ve (58) eşitliğinden karesel ortalama hataları hesaplanmıştır (Şekil 116).

Şekil 116. Birleştirilmiş Çoklu Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi

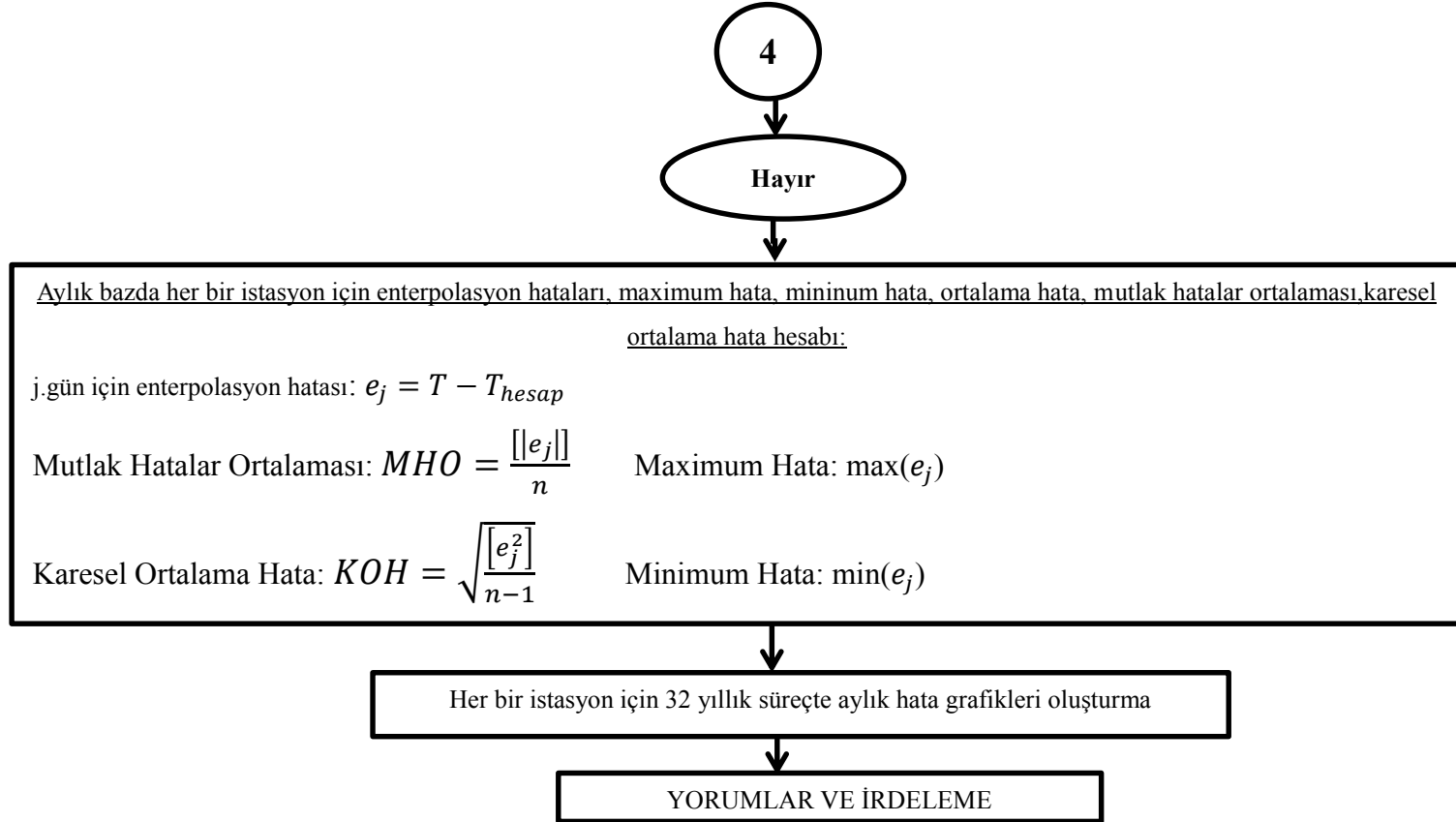




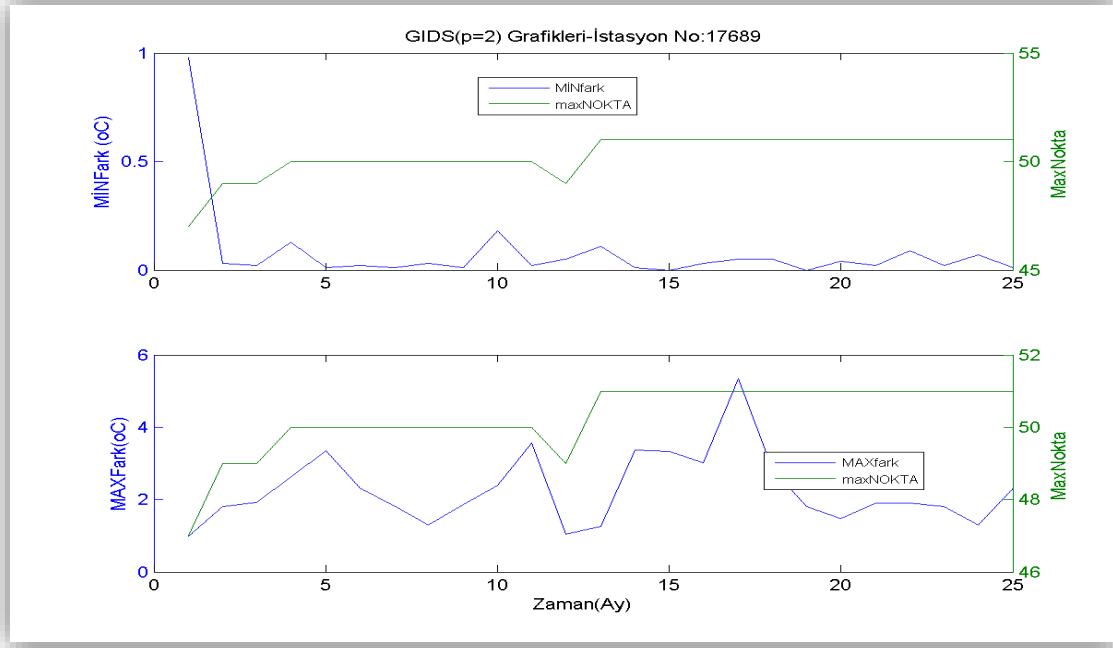
Şekil 116'nın devamı (Birleştirilmiş Çoklu Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi)



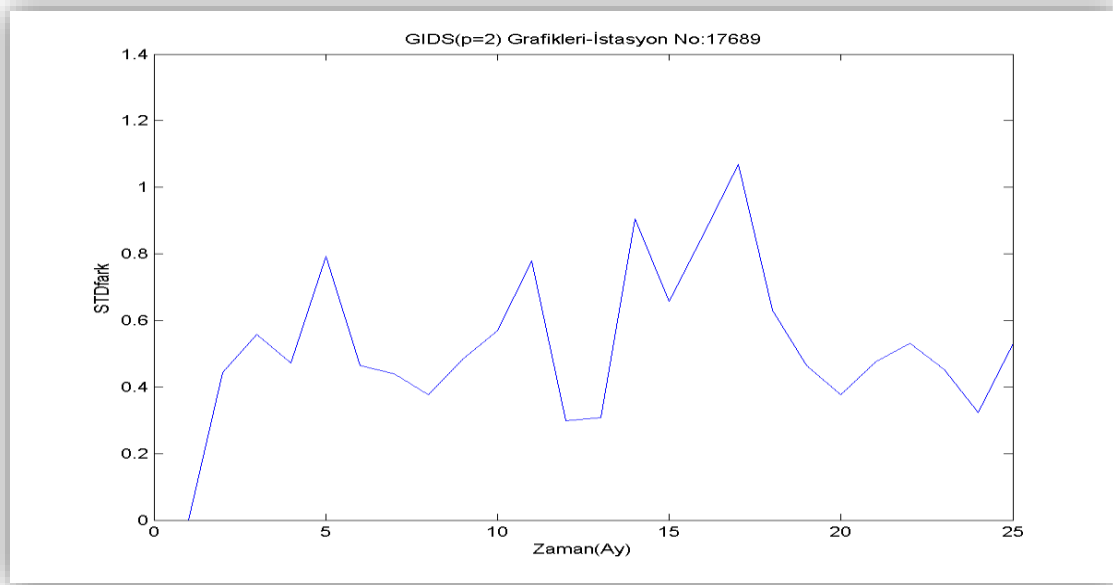
Şekil 116'nın devamı (Birleştirilmiş Çoklu Doğrusal Regresyon ve IDW Yöntemi)



17689 numaralı Ordu-Fatsa' da bulunan en düşük yükseklikteki istasyonun minimum ve maksimum sıcaklık hataları grafiği Şekil 117 ile gösterilmiştir. Şekil 118 ile hataların standart sapmaları çizdirilmiş ve burada sonuçlara tüm noktaların katılmasıyla küçük farklar bulunmuştur.

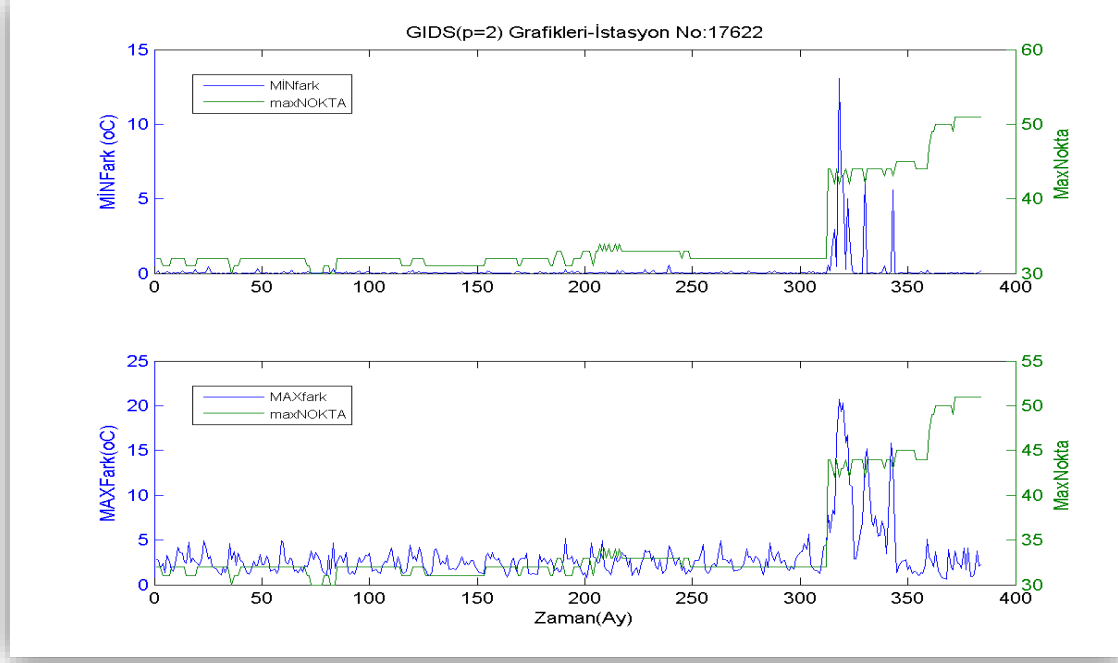


Şekil 117. Çoklu Regresyon Yöntemi ile IDW Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği

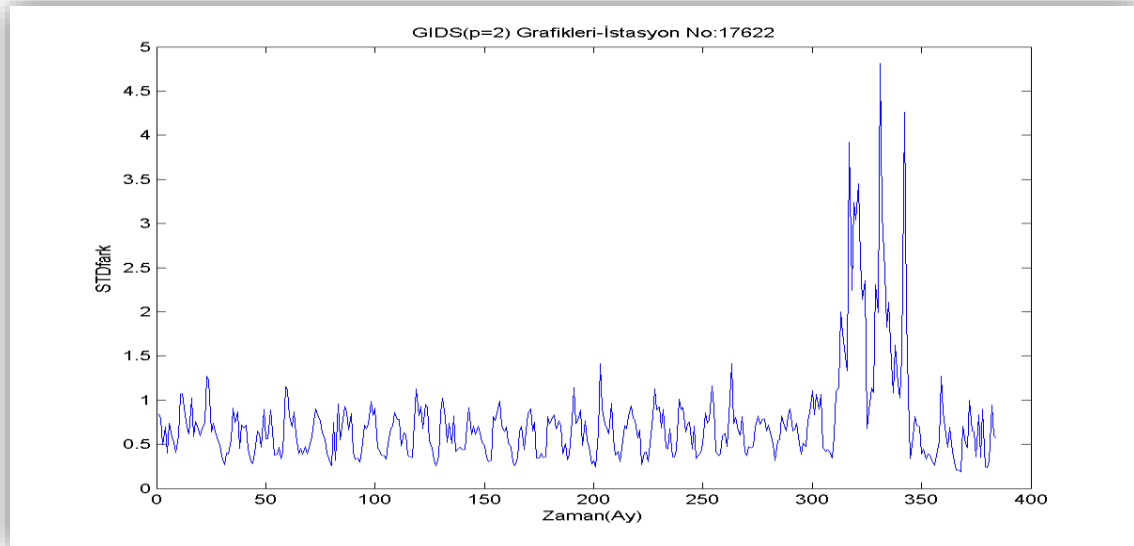


Şekil 118. Çoklu Regresyon Yöntemi ile IDW Ordu-17689 Nolu İstasyon için Aralık 2010-Aralık 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği

17622 numaralı Samsun – Bafra’da bulunan 103 m. yükseklikteki istasyonun istasyonun minimum ve maksimum sıcaklık hataları grafiği Şekil 119 ile gösterilmiştir. Şekil 120 ile hataların standart sapmaları çizdirilmiş ve burada sonuçlara tüm noktaların katılmasıyla genellikle küçük farklar bulunmuştur.

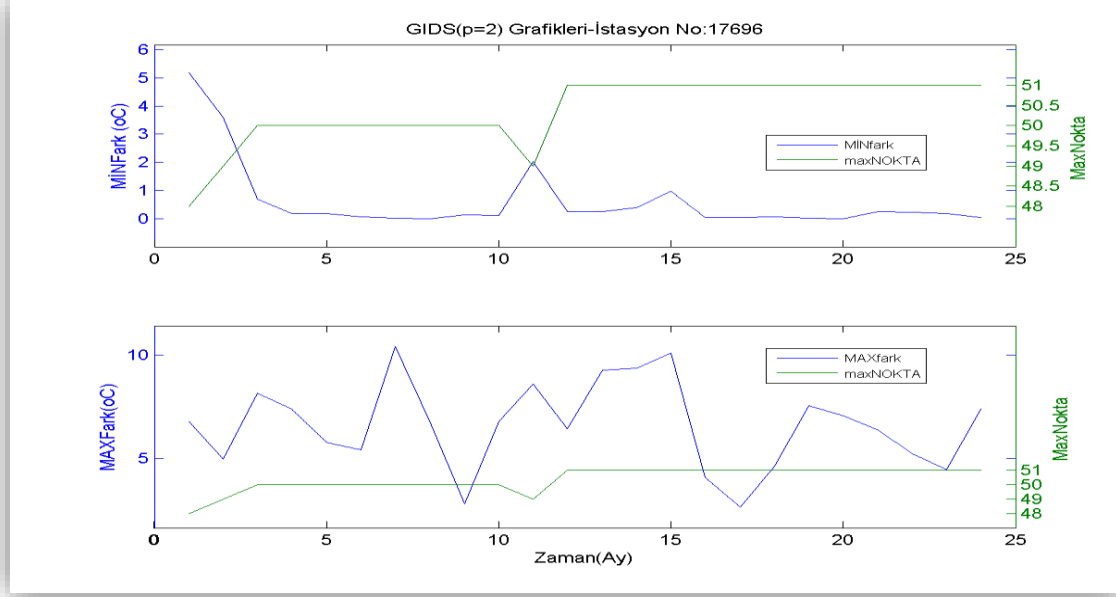


Şekil 119. Çoklu Regresyon Yöntemi ile IDW Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği

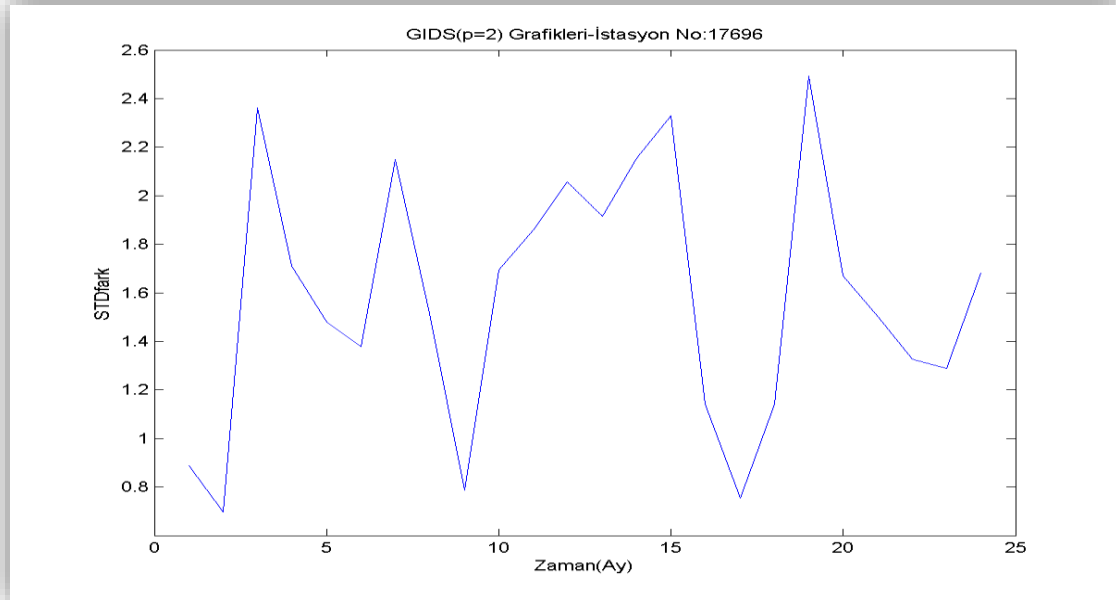


Şekil 120. Çoklu Regresyon Yöntemi ile IDW Samsun-17622 Nolu İstasyon için Ocak 1981- Aralık 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği

17696 numaralı Gümüşhane - Torul' da bulunan en fazla yüksekliğe sahip istasyonun minimum ve maksimum sıcaklık hataları grafiği Şekil 121 ile gösterilmiştir. Şekil 122 ile hataların standart sapmaları çizdirilmiş ve alçakta bulunan istasyona göre daha fazla fark bulunmuştur.



Şekil 121. Çoklu Regresyon Yöntemi ile IDW Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Ocak 2011-Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği



Şekil 122. Çoklu Regresyon Yöntemi ile IDW Gümüşhane-17696 Nolu İstasyon için Ocak 2011-Aralık 2012 Aylık Standart Sapma Grafiği

### 2.3.6. Lapse Rate Yöntemi Uygulaması

Bu çalışmada, 32 yıllık bir süreçte 52 istasyona ait günlük maximum sıcaklık verileri ve yükseklikleri arasında (5) eşitliğine göre tanımlanan basit doğrusal regresyon modeli kullanılarak günlük  $LR$  lapse rate oranı ve  $b$  deniz seviyesi sıcaklığı elde hesaplanmıştır. (5) eşitliğindeki modelle 32 yıllık bir süreçteki her günün verilerinin için  $LR$  lapse rate oranı ve  $B$  deniz seviyesi sıcaklığı Bölüm 1.6.1.3.1.'de anlatıldığı şekilde, enterpolasyon zamanında mevcut tüm dayanak noktalarının sıcaklık ölçüleri bağımlı değişken ( $T_i$ ) ve dayanak noktalarının yüksekliğin ( $h_i$ ) bağımsız değişken olarak alınarak

$$T_i = b + LRh_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (90)$$

şeklindeki basit doğrusal regresyon modelinden EKK ilkesine göre hesaplanmıştır. Burada  $n$  her bir günde toplam dayanak noktası sayısıdır,  $h_i$  ise dayanak noktasının yüksekliğidir. Regresyon katsayılarının EKK ilkesine göre hesaplanması aşamasında  $y$  sabitler vektörü (10) eşitliğine benzer şekilde

$$y = \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ \dots \\ T_n \end{bmatrix} \quad (91)$$

olarak oluşturulan  $n \times 1$  boyutlu bir sütun vektördür.  $A$  katsayılar matrisi ise (11) eşitliğine benzer şekilde

$$A = \begin{bmatrix} 1 & h_1 \\ 1 & h_2 \\ 1 & h_3 \\ \dots & \dots \\ \dots & \dots \\ 1 & h_n \end{bmatrix} \quad (92)$$

olarak oluşturulan  $n \times 2$  boyutlu bir matristir. Burada,  $A$  matrisinin 2. sütun elemanlarının yükseklik değerleri gibi büyük değerler olduğuna ve 1. sütun elemanlarının ise sadece "1"

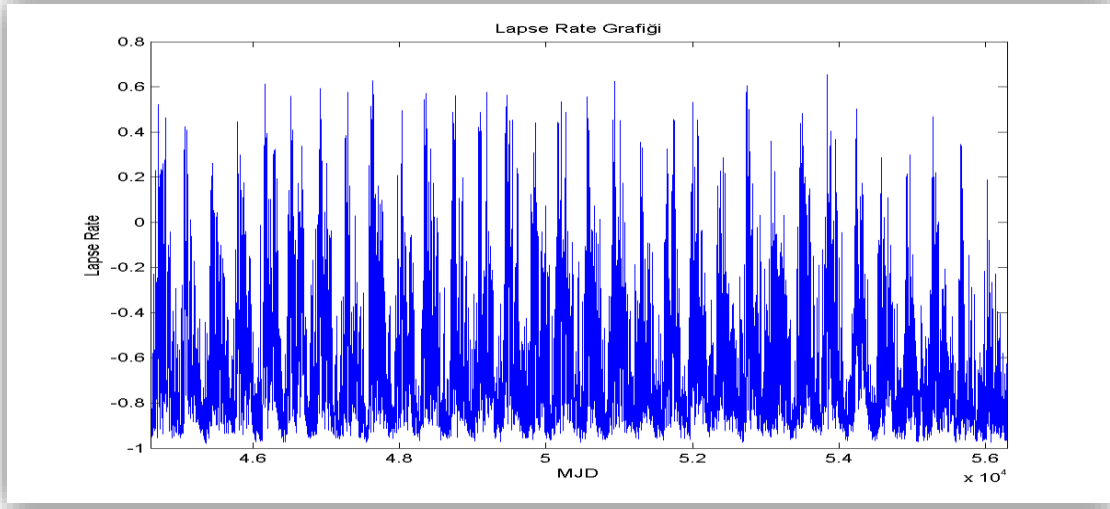
değerlerinden oluştuğuna dikkat çekildiğinde  $A$  katsayılar matrisinin basit regresyon modelindeki katsayılar matrisine benzer şekilde kondisyonu bozuk bir matristir. Bölüm 2.3.2. ve Bölüm 2.3.4’de de anlatıldığı üzere, kondisyonu bozuk bir katsayılar matrisinden elde edilecek normal denklem sistemindeki matrisler de kondisyonu bozuk olarak elde edilir. Bu nedenle bilinmeyenlerin hesabından önce düzeltme denklem sisteminin  $A$  katsayılar matrisinin ve  $y$  sabitler vektörünün ötelenmiş ve normlandırılmış elemanları Bölüm 2.3.2. ve Bölüm 2.3.4’deki gibi hesaplanır. Ötelenmiş ve normlandırılmış katsayılar matrisi ve sabitler vektörü ile (16) eşitliğine göre oluşturulan simetrik katsayılı denklem sistemi çözümünden  $LR$  lapse rate oranı ve  $b$  deniz seviyesi sıcaklığı hesaplanmıştır.

Günlük lapse rate oranlarını belirlemek amacıyla (5) eşitliğine göre oluşturulan basit doğrusal regresyon modelinin doğruluğunun ve elde edilen lapse rate değerlerinin anlamlılığını araştırmak için Bölüm 1.6.1.3.3.’e göre “*Hipotez Testleri*” uygulanmıştır (Şekil 116). Lapse rate oranlarının elde edilmesi problemine ilişkin duyarlık ölçütleri,

$$e_i = (T_i)_{ölçü} - (T_i)_{hesap} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (93)$$

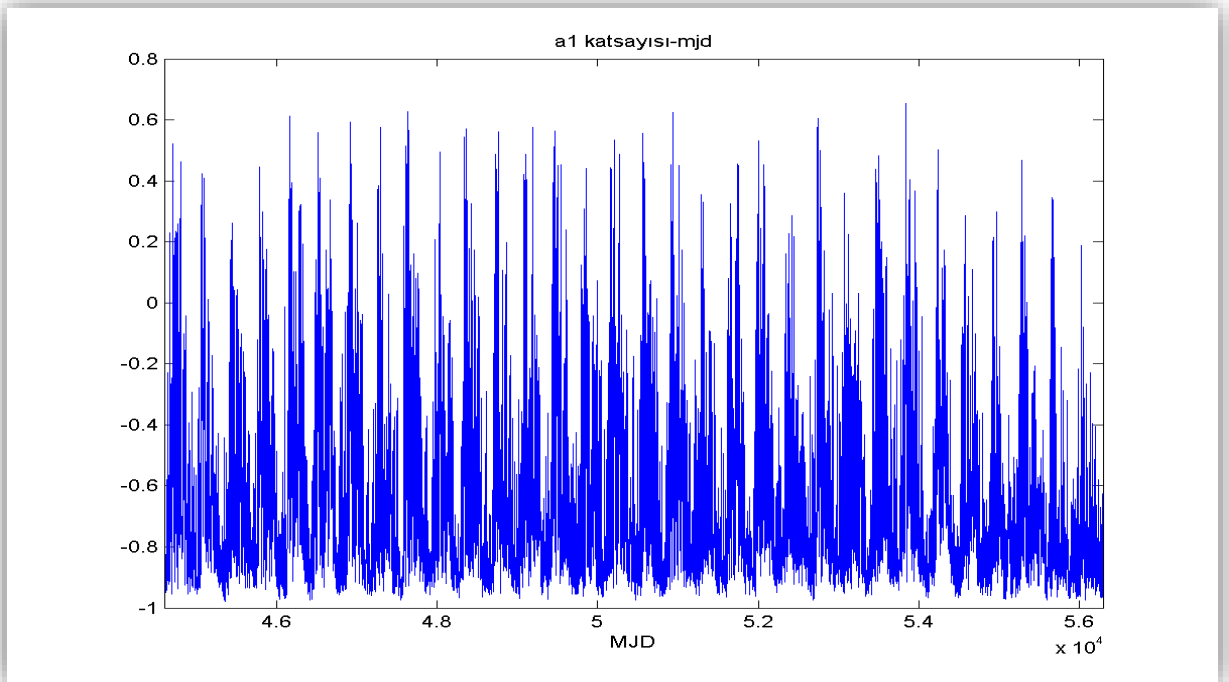
şeklinde hesaplanan hatalarından elde edilir. Burada  $(T_i)_{ölçü}$  seçilen enterpolasyon noktasının ölçülen sıcaklığı ve  $(T_i)_{hesap}$  ise  $LR$  lapse rate oranı ve  $b$  deniz seviyesi sıcaklığı ile (90) modelden hesaplanan sıcaklık değerleridir. Lapse rate oranları kullanarak uygulanan enterpolasyon yönteminin duyarlık kriterleri olarak (93) eşitliğindeki hatalardan hesaplanan KOH, MHO ve maximum ve minimum hata olarak kullanılmıştır.

Ocak 1981-Aralık 2012 yılları arasındaki, günlük lapse rate değerleri Şekil 123 ile çizdirilmiş ve kış aylarında negatif değerlere, yaz aylarında ise pozitif değerlere sahip olduğu gözlenmiştir.



Şekil 123. Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Lapse Rate Yöntemi Değerleri Grafiği

Lapse rate yönteminin  $a_1$  katsayı değerleri (12) eşitliğinden elde edilmiş (Şekil 124) ve kış aylarında negatif değerlere, yaz aylarında ise pozitif değerlere sahip olduğu gözlenmiştir.

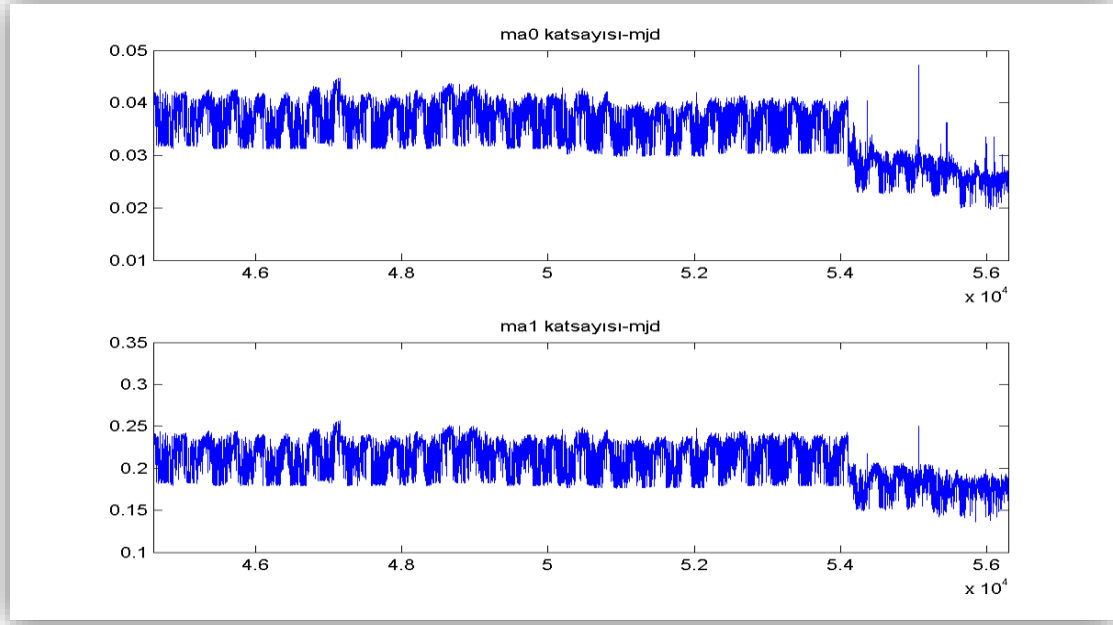


Şekil 124. Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Lapse Rate Yöntemi  $a_1$  Katsayı Grafiği

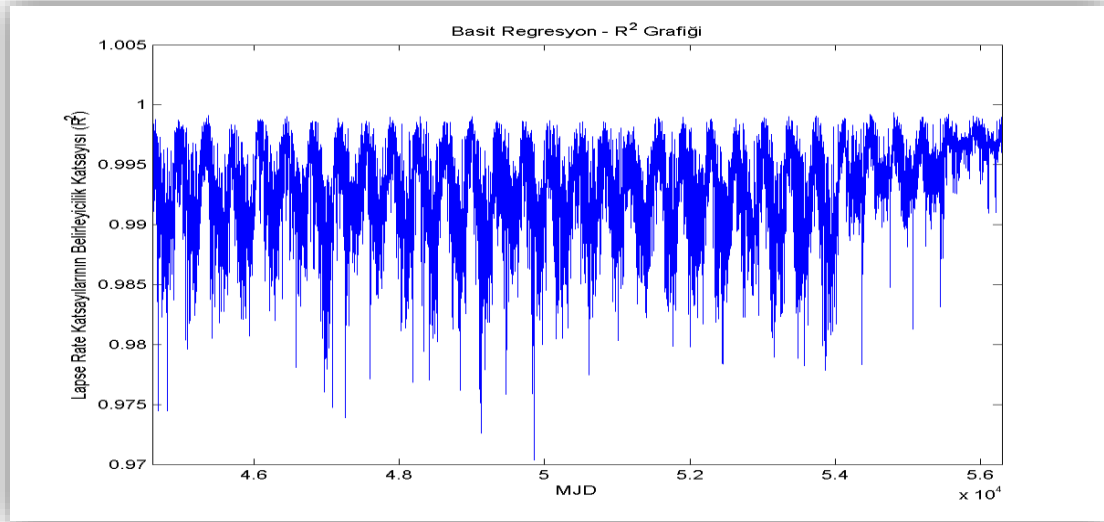
Lapse rate yönteminin (29) eşitliğine göre elde edilen  $a_0$  ve  $a_1$  katsayı değerlerinin ortalama hatalarının grafiğidir (Şekil 125) ve kış aylarında, yaz aylarına göre daha büyük değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte son yıllarda daha çok verinin olması



nedeniyle hata miktarı azalmıştır. (33) eşitliğine göre hesaplanan lapse rate yönteminin katsayılarının belirleyicilik katsayısı Şekil 126 ile çizdirilmiş ve kış aylarında daha iyi sonuçlar göstermiştir.



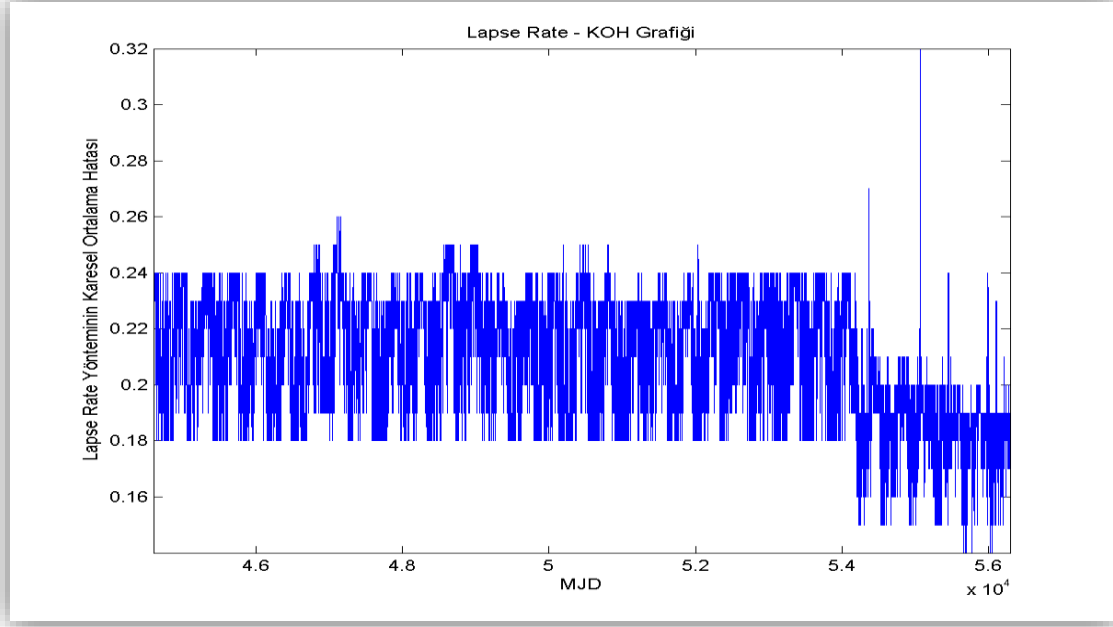
Şekil 125. Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Lapse Rate Yöntemi  $a_0 - a_1$  Katsayılarının Ortalama Hata Grafiği



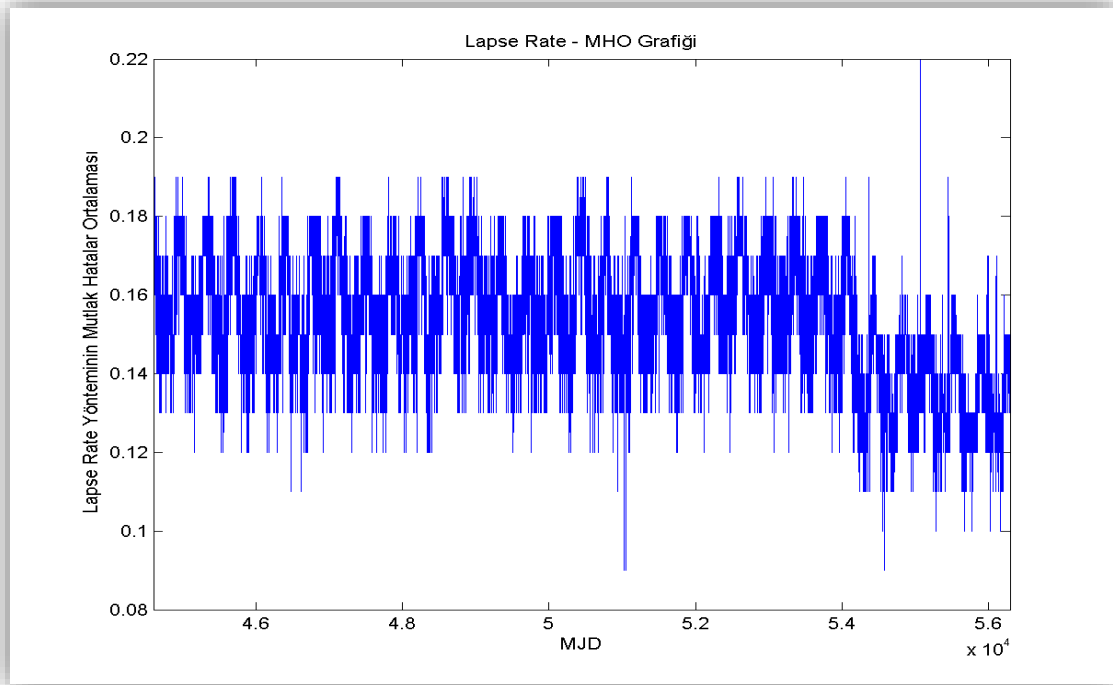
Şekil 126. Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Lapse Rate Yöntemi  $R^2$  Grafiği

(58) eşitliği ile elde edilen lapse rate yönteminin karesel ortalama hataları Şekil 127 ve (59) eşitliği ile elde edilen lapse rate yönteminin Şekil 128 ile de mutlak hatalar ortalamaları grafikleridir ve kış aylarında, yaz aylarına göre daha büyük değerlere sahip

olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte son yıllarda daha çok verinin olması nedeniyle hata miktarı azalmıştır.



Şekil 127. Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Lapse Rate Yöntemi KOH Grafiği



Şekil 128. Ocak 1981-Aralık 2012 Günlük Lapse Rate Yöntemi MHO Grafiği

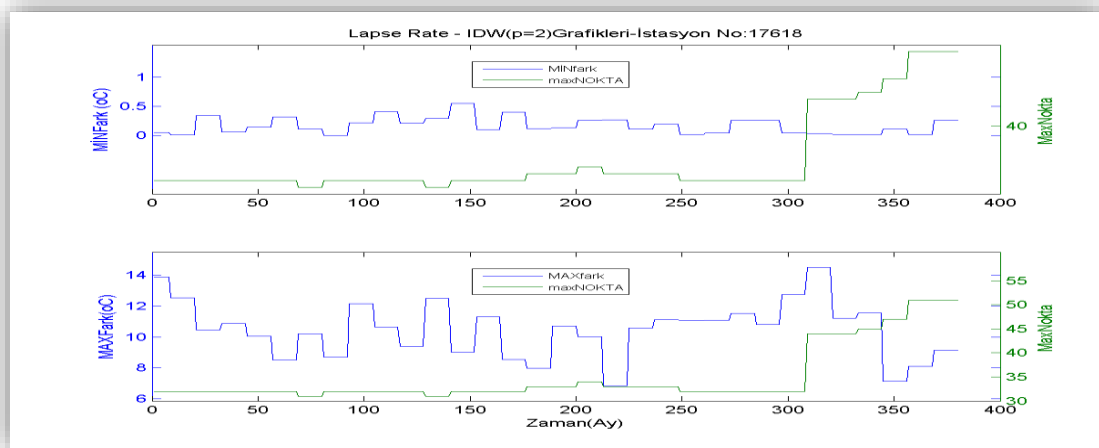
### 2.3.7. Birleştirilmiş Lapse Rate ve IDW Yöntemi

Bu tez çalışmasında “Birleştirilmiş Lapse Rate ve IDW Yöntemi” uygulanması için öncelikle *LR* lapse rate oranları ve *b* deniz seviyesi sıcaklıkları günlük olarak çoklu regresyon katsayıları Bölüm 1.4.6.’de anlatıldığı şekilde hesaplanmıştır. Birleştirilmiş yöntemde, IDW yönteminde olduğu gibi dayanak noktaları için belirli bir yarıçap ve yükseklik farkı kısıtlaması uygulanmaksızın, tüm dayanak noktaları enterpolasyona dahil edilmiştir. Seçilen enterpolasyon noktası ve dayanak noktaları arası  $d_i$  mesafeleri (3) eşitliği yardımıyla belirlenmiştir. Güç parametresi 2 kullanılarak,

$$T_p = \sum_{i=1}^n \left( \left( \frac{1}{d_i} \right)^2 \right)^{-1} \times \sum_{i=1}^n \left\{ [T_i + LR(h_p - h_i) + b] \left( \frac{1}{d_i} \right)^2 \right\} \quad (94)$$

eşitliğinden enterpolasyon noktasının sıcaklık değeri hesaplanmıştır. Enterpolasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri ile ölçülen sıcaklık arasındaki fark olarak (76) eşitliğinden elde edilen enterpolasyon hatası yardımıyla, her bir istasyon için aylık maximum ve minimum hata, (59) eşitliğinden mutlak hatalar ortalaması ve (58) eşitliğinden karesel ortalama hataları hesaplanmıştır.

17618 numaralı Kastamonu – Devrekani’ nda bulunan 1050 m. yükseklikteki istasyonun minimum ve maksimum hataları grafiği Şekil 129 ve fazla nokta kullanımının bir etkisi olmadığı gözlenmiştir.



Şekil 129. Lapse Rate Yöntemi ile IDW Kastamonu-17618 Nolu İstasyon için Ocak 1981-Aralık 2012 Aylık Maksimum ve Minimum Hata Grafiği

### 2.3.8. Kriging Yöntemi Uygulaması

Çalışma bölgesindeki  $n$  dayanak noktası için  $\frac{n(n-1)}{2}$  sayıda belirlenen nokta çiftleri arasında mesafeler (39) eşitliğine göre,

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2} \quad (95)$$

olarak hesaplanmıştır. Belirlenen bu nokta çiftleri arasındaki semivaryans değeri (37) eşitliğine uygun şekilde, sıcaklık farklarının karesinin yarısı olarak,

$$\gamma_{ij} = 0.5 (T_i - T_j)^2 \quad (96)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada  $i$  ve  $j$  nokta çiftleri numarası için kullanılan indekslerdir. Buna göre nokta çiftleri, arasındaki  $h$  mesafesine göre ( $0-d$ : 1. Grup noktalar), ( $d-2d$ : 2 Grup noktalar), ( $3d-4d$ : 3. Grup noktalar),.. olacak şekilde gruplandırıldı. Karadeniz Bölgesinin en doğusundaki istasyon ile en batısındaki istasyon arasında yaklaşık 750 km'lik bir mesafe vardır. Bu çalışmada nokta çiftleri arasında mesafeye göre gruplandırma yapılırken  $d=15$  km olarak alınmıştır. Her bir grup içine düşen nokta çifti sayısı, bu nokta çiftleri arasındaki mesafeler ve semivaryansları kullanılarak, deneysel variogram modeli oluşturuldu. Bunun için her bir grup içinde bulunan nokta çiftleri arasındaki mesafelerin ortalaması alınarak;

- $i$ .Grup noktalar için  $d_{i(ort)} = 1, 2, 3, \dots, k$ . grup

şeklinde çalışma bölgesinde oluşturulmuş  $k$  sayıda nokta grubu için grup içi mesafe ortalaması  $h_{i(ort)}$  hesaplanmıştır. Sonra, her bir gruptaki nokta çiftleri arasındaki semivaryans değerlerinin de ortalaması alınıp,

- $i$ .Grup noktalar için  $\gamma_{i(ort)} = 1, 2, 3, \dots, k$ . grup

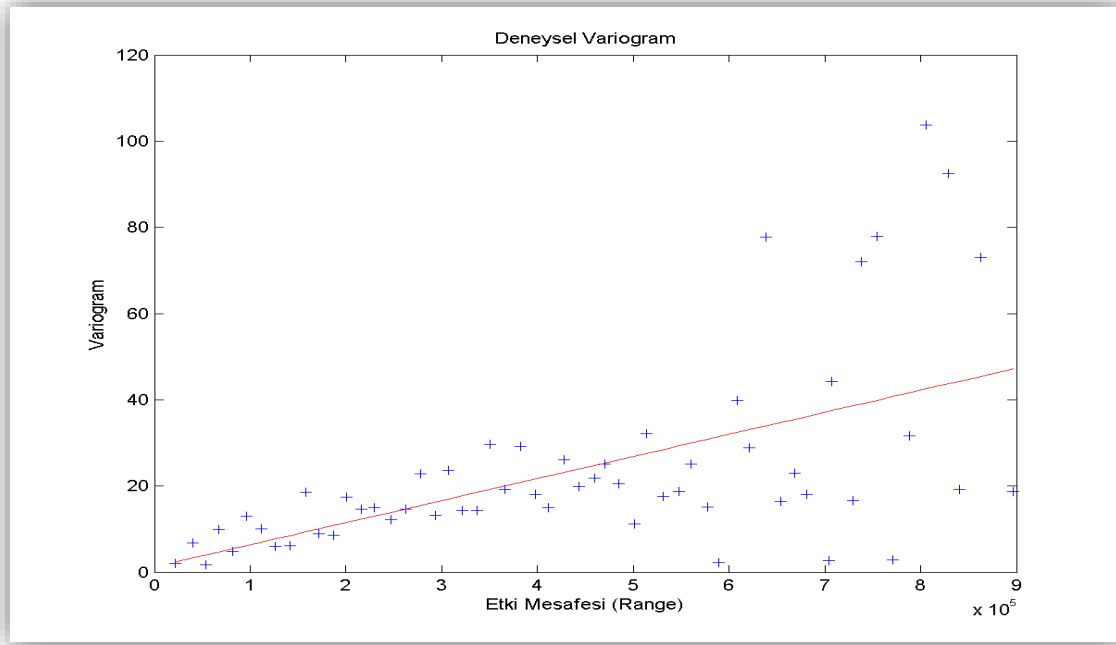
olacak şekilde çalışma bölgesindeki  $k$  sayıda nokta grubu için grup içi semivaryans ortalaması  $d_{i(ort)}$  ve  $y$ -eksenine de grup içi semivaryans ortalaması  $\gamma_{i(ort)}$  çizdirilerek, deneysel variogram oluşturulmuştur. Çalışmada, teorik variogram modeli olarak Bölüm 1.6.3.4.1'de anlatılan doğrusal variogram modeli kullanılmıştır. Doğrusal variogram modelinin katsayıları Bölüm 2.3.2'de anlatılan basit doğrusal regresyon katsayılarının hesaplanması yöntemine hesaplanmıştır (Şekil 81).

Teorik variogram modeline göre (43) eşitlindeki  $C_0$ , teorik variogram doğrusunun y-eksenini kesim değerleri tüm periyotlarda 0 olarak belirlenmiştir. Buna göre birbirine herhangi bir mesafede olan dayanak nokta çiftleri arasındaki teorik semivaryans, teorik variogramın eğimi ( $m$ ) ve iki nokta arasındaki mesafe  $d_i$  yardımıyla

$$\gamma_i = mh_i \quad (97)$$

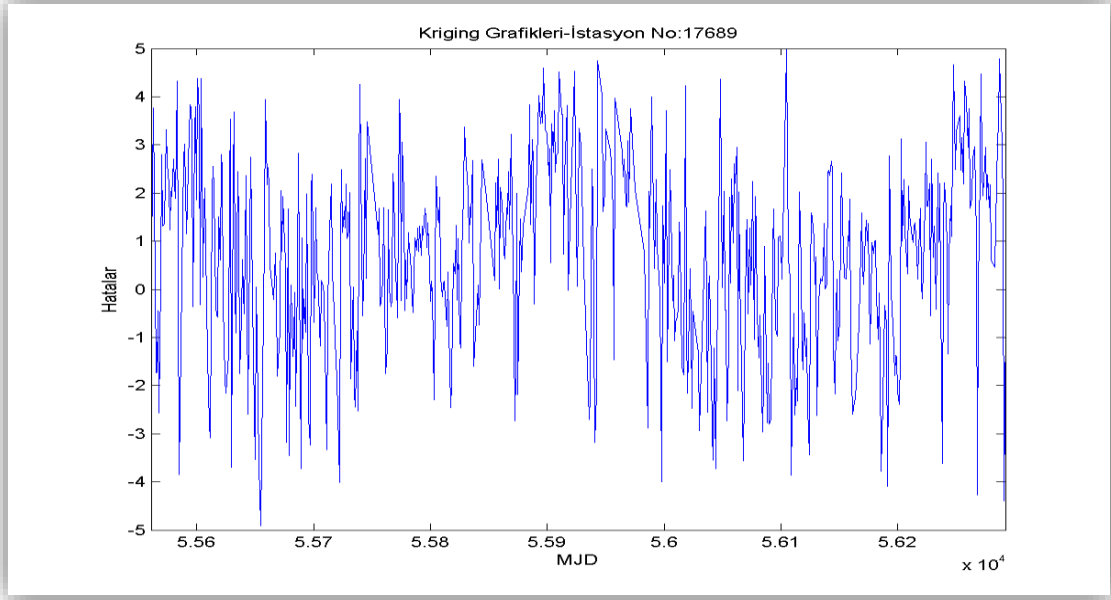
olarak hesaplanır. Dayanak noktaları arasında oluşan olası tüm nokta çiftlerinin variogram değerleri(97) eşitliğinden hesaplanır ve köşegen elemanları 0,  $(n+1)$  satır ve  $(n+1)$  sütun elemanları 1 olan  $(n+1)$  - boyutlu  $\gamma$  kare-simetrik matrisi elde edilmiş olur. Enterpole edilecek nokta ve dayanak noktaları arasındaki semivaryans değerleri de yine (97) eşitliğinden hesaplanır ve  $(n+1)$ . satır elemanı 1 olan  $(n+1)$  boyutlu  $\gamma_0$  sütun vektörü elde edilir. Kriging ağırlıklarından oluşan  $(n+1)$  boyutlu  $W$  ağırlık matrisi (52) eşitliğine hesaplanır. Böylece kriging modelinin ön önemli kısmını oluşturan ağırlıkların belirlenmesinden sonra, (42) eşitliğine göre uygulama alanında seçilen enterpolasyon nokta(ları) için tahmin değeri bulunur.

Şekil 249 ile deneysel variogram modeli çizdirilmiş ve kırmızı ile gösterilenin doğru olması sebebiyle doğrusal variogram modelinin uygunluğu görülmüştür.



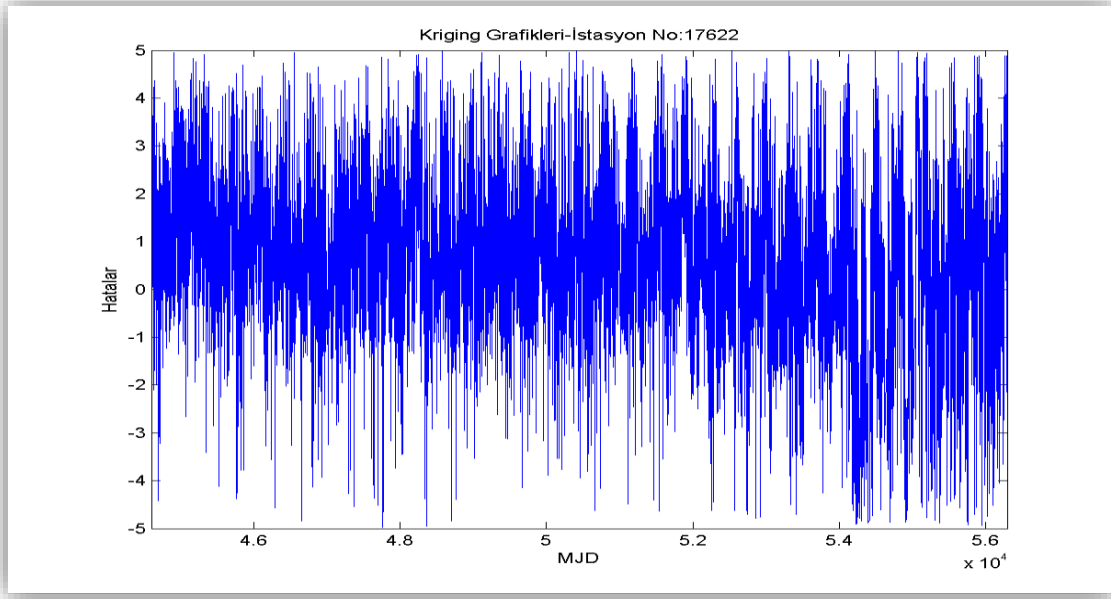
Şekil 130. Deneyisel Variogram Modeli Grafiği

17689 numaralı Ordu-Fatsa’ da bulunan en düşük yükseklikteki istasyonun Kriging yöntemiyle tahmin edilen değerleri ile ölçü değerleri arasındaki farklardan oluşturulan hata grafiği Şekil 250 ile gösterilmiştir ve kış aylarında daha fazla hata bulunmuştur.



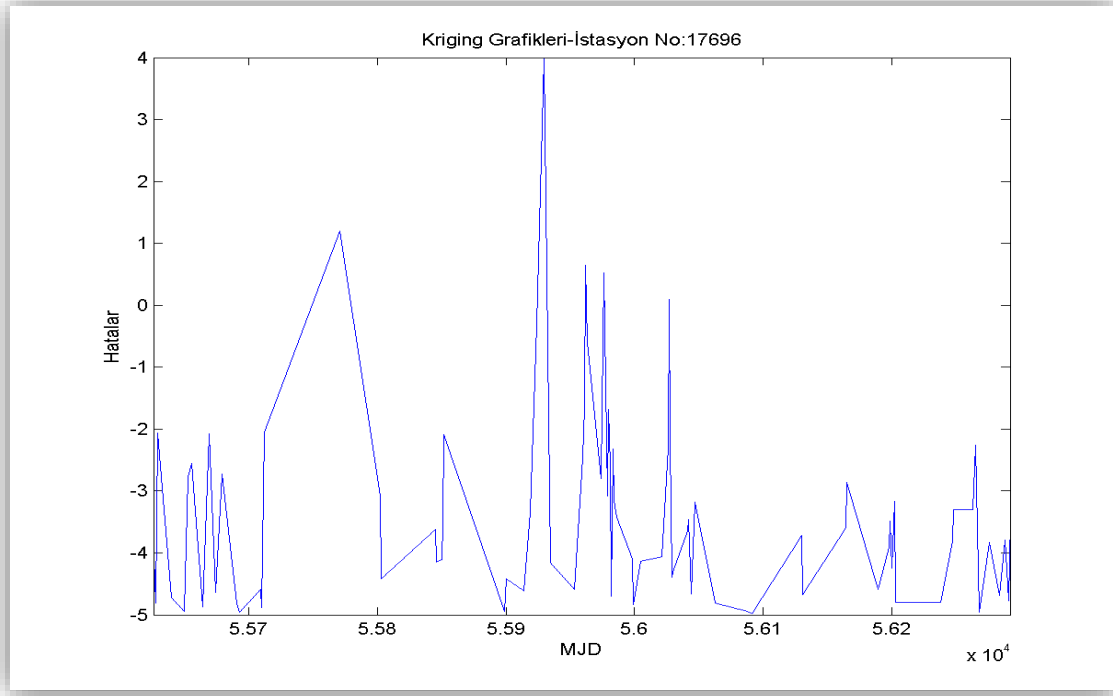
Şekil 131. Kriging Yöntemi ile Ordu-17689 Nolu İstasyonun Sıcaklık Farkları Hata Grafiği

17622 numaralı Samsun – Bafra’da bulunan 103 m. yükseklikteki istasyonun hata grafiği Şekil 251 ile gösterilmiştir.



Şekil 132. Kriging Yöntemi ile Samsun-17622 Nolu İstasyonun Sıcaklık Farkları Hata Grafiği

17696 numaralı Gümüşhane - Torul' da bulunan en fazla yüksekliğe sahip istasyonun hata grafiği Şekil 252 ile gösterilmiştir.



Şekil 133. Kriging Yöntemi ile Gümüşhane-17696 Nolu İstasyonun Sıcaklık Farkları Hata Grafiği

### **3. BULGULAR VE İRDELEMELER**

Bu bölümde, Karadeniz Bölgesi meteoroloji istasyonları için uygulanan 9 farklı enterpolasyon yönteminin sonuçlarından elde edilen bulgular ve bunlarla ilgili irdelemeler yapılmıştır. Her bir yöntem sonucuna ait bulgular ve irdelemeler ayrı başlıklar altında sunulmuştur.

#### **3.1. IDW Yöntemi Bulguları**

Bu tez çalışmasında, IDW yönteminin uygulanması sırasında Orijinal Shepard ve geliştirilmiş Shepard yöntemine göre farklı şekilde ağırlıklandırma yapılmıştır. Bu bölüm altında her iki yöntem sonucunda elde edilen bulgular ve irdelemeler yer almaktadır. Alt başlıklarda bu konular ayrıntılı olarak incelenecektir.

##### **3.1.1. Orijinal Shepard Yöntemi Bulguları**

Orijinal Shepard yöntemi uygulamasında, farklı *güç parametresi* ( $p = 0.5, 1, 1.5, 2, 3$ ) seçimi, ve enterpolasyon noktası ve dayanak noktası arasındaki mesafe sınırını tanımlayan *arama yarıçapı* seçimi ve yükseklik farkı sınırını tanımlayan *yükseklik farkı* seçimine göre elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışma bölgesinde 2 m'den 2050 m'ye kadar değişen yükseklikte noktaların olduğu dikkate alınarak, enterpolasyon sonuçlarının kıyaslanmasında bölgede deniz kıyısına en yakın olan en düşük yükseklikteki Ordu-Fatsa istasyonu, iç kesimlerden Samsun-Bafra ve de bölgede en yüksekteki Gümüşhane-Torul istasyonuna ait sonuçlar ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

Orijinal shepard yöntemi ile (2) nolu eşitlikten ağırlıklar hesaplandı ve enterpolasyona katkı sağlayacak her bir dayanaknoktasının enterpolasyona katkısının ölçütü olan ağırlığı belirlendi. Literatürdeki uygulamalardabu eşitlikte ( $p$ ) güç parametresi genel olarak 2 kabul edilir. Fakat bu çalışmada 5 farklı güç parametresi ( $p=0.5, p=1, p=1.5, p=2, ve p=3$ ) değeri kullanarak, bu güç parametrelerinin sonuçlar üzerine etkisini incelenmiştir.



Arama yarıçapı değeri ise 500 km, 700 km, ve 1000 km olarak alınmıştır. Yükseklik farkı ise  $\pm 400$  m ve  $\pm 550$  m olmak üzere iki farklı şekilde alınmıştır. Bu yükseklik fark ve arama yarıçapı değerlerinin seçilmesinin nedeni ise bu değerlerin dışındaki değerlerde aynı sonuçların gözlenmiş olmasıdır. Bu üç değişken (güç parametresi, arama yarıçapı ve yükseklik farkı) için bütün kombinasyonlar denenmiştir.

- 17689 Nolu Ordu-Fatsa İstasyonu

Bu istasyon, 52 istasyon içinde en düşük yüksekliğe (2 m) sahip bir istasyon olup, sadece Aralık 2010 ve Aralık 2012 tarihleri arasında günlük ortalama sıcaklık verileri vardır. 5 farklı güç parametresi (p), 3 farklı arama yarıçapı ve 2 farklı yükseklik farkı denenerak elde edilen enterpolasyon tahmin değerleri ve bu istasyona ait ölçüm değerlerinin farkından günlük tahmin hataları hesaplanmıştır. Burada en iyi sonucu güç parametresi  $p = 3$ , arama yarıçapı 700 km ve 1000 km ve yükseklik farkı  $\pm 400$  m olduğu durumlarda minimum tahmin hatası  $0$  °C ila  $1$  °C arasında değişirken, maksimum tahmin hatası  $0$  °C ila  $8$  °C arasında değişiklik göstermiştir.

- 17622 Nolu Samsun-Bafra İstasyonu

Bu istasyon, 52 istasyon içinde 103 m yüksekliğe sahip bir iç kesim noktasıdır ve Ocak 1981 ve Aralık 2012 tarihleri arasında günlük ortalama sıcaklık verileri bulunmaktadır. Bu istasyon içinde 17689 nolu Ordu-Fatsa istasyonunda olduğu gibi 5 farklı güç parametresi (p), 3 farklı arama yarıçapı ve 2 farklı yükseklik farkı denenerak elde edilen enterpolasyon tahmin değerleri ve bu istasyona ait ölçüm değerlerinin farkından günlük tahmin hataları hesaplanmıştır. Burada en iyi sonucu güç parametresi (p)=0.5, arama yarıçapı 700 km ve 1000 km ve yükseklik farkı  $\pm 400$  m olduğu durumlarda minimum tahmin hatası  $0$  °C ila  $6$  °C arasında değişirken, maksimum tahmin hatası  $0$  °C ila  $\sim 15$  °C arasında değişiklik göstermiştir. Sonuçlara göre elde edilen diğer bir gözlem ise, kış aylarındaki enterpolasyon tahminlerinin düşük tahmin hataları ile yaz aylarına göre çok daha iyi olmasıdır. Ayrıca bu istasyon için kullanılan dayanak noktası sayısı son yıllarda daha fazla olmasından dolayı, son yıllardaki tahmin hataları önceki yıllara göre daha da düşmüştür. Burada güç parametresi değerinin artırılmasına bağlı olarak bazı noktalardaki verilerin standart sapma değerlerinde grafikte bir sıçrama görülmüştür. Bu da, ilerideki uygulamalarda o noktadaki tahmin değerleri için bir *uyuşumsuz ölçü ayıklama testini* zorunlu kılabilir.

- 17696 Nolu Gümüşhane-Torul İstasyonu

Bu istasyonda 52 istasyon içinde en fazla yüksekliğe (2050 m) sahip istasyondur ve Aralık 2010 ve Aralık 2012 tarihleri arasında günlük ortalama sıcaklık verileri vardır. Bu

istasyon içinde diğeri iki istasyonda olduğu gibi 5 farklı güç parametresi (p), 3 farklı arama yarıçapı ve 2 farklı yükseklik farkı denenerek elde edilen enterpolasyon tahmin değerleri ve bu istasyona ait ölçüm değerlerinin farkından günlük tahmin hataları hesaplanmıştır. Bu istasyonda, güç parametresi, yükseklik farkı seçimi ya da arama yarıçapı değişiminin sonuçları çok fazla etkilemediği görülmüştür. Minimum tahmin hatası 0 °C ila 10 °C arasında değişirken, maksimum tahmin hatası 0 °C ila 25 °C arasında değişkenlik göstermiştir. Bu istasyonda yüksek tahmin hatalarının sonuçların çıkmasının başlıca nedeni, bu istasyonun yüksekliğinin çok fazla olması ve arama yarıçapı değerlerimize göre çok fazla istasyon verilerinin bu istasyon için hesaba katılmamasıdır. Bu istasyon için elde edilen sonuçlardan bir diğeri ise 17622 nolu Samsun-Bafra istasyonu'na benzer şekildekiş aylarındaki tahmin hatalarının, yaz aylarına göre çok daha düşük olmasıdır.

### 3.1.2. Geliştirilmiş Shepard Yöntemi Bulguları

Geliştirilmiş shepard yönteminde de 52 tane meteoroloji istasyonu için farklı *arama yarıçapı* seçimi ve *yükseklik farkı* seçimine göre enterpolasyon tahminleri elde edilmiştir. Bu bölümde orijinal shepard yönteminde olduğu gibi, istasyonlar içerisinde en düşük, orta seviye ve en fazla yükseklik farkına sahip istasyonlar seçilmiş ve bu istasyonlara ait sonuçlar ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

Geliştirilmiş shepard yönteminde (4) eşitliğinden ağırlıklar bulunarak, ve enterpolasyona katkı sağlayacak her bir dayanak noktasının enterpolasyona katkısının ölçütü olan ağırlığı belirlendi. Bu ağırlık hesabında, dayanak noktası olarak seçilen istasyonlar içerisinde, en uzaktaki istasyon eşitlikte yerine konularak hesaplama yapılmasıyla orijinal Shepard yönteminden ayrılır. Bu bölümde de orijinal Shepard yönteminde olduğu gibi arama yarıçapı değeri 500 km, 700 km, ve 1000 km olarak alınmıştır. Yükseklik farkı ise  $\pm 400$  m ve  $\pm 550$  m olmak üzere iki farklı şekilde alınmıştır. Bu yükseklik fark ve arama yarıçapı değerlerinin seçilmesinin nedeni ise bu değerlerin dışındaki değerlerde aynı sonuçların gözlenmiş olmasıdır. Bu iki değişken (arama yarıçapı ve yükseklik farkı) için bütün kombinasyonlar denenmiştir. Orijinal Shepard yönteminde olduğu gibi aynı 3 istasyon için aşağıda sonuçlar ayrıntılı incelenmiştir.

- 17689 Nolu Ordu-Fatsa İstasyonu

3 farklı arama yarıçapı ve 2 farklı yükseklik farkı denenerek elde edilen enterpolasyon tahmin değerleri ve bu istasyona ait ölçüm değerlerinin farkından günlük tahmin hataları

hesaplanmıştır. Burada en iyi sonuç için, arama yarıçapı 700-1000 km. ve yükseklik farkı  $\pm 400$  m olduğu durumlarda minimum tahmin hatası  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ila  $1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değişirken, maksimum tahmin hatası  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ila  $\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değişkenlik göstermiştir.

- 17622 Nolu Samsun-Bafra İstasyonu

Bu istasyon içinde 17689 nolu Ordu-Fatsa İstasyonu'na benzer şekilde, 3 farklı arama yarıçapı ve 2 farklı yükseklik farkı deneyerek elde edilen enterpolasyon tahmin değerleri ve bu istasyona ait ölçüm değerlerinin farkından günlük tahmin hataları hesaplanmıştır. Burada en iyi sonucu arama yarıçapı 700-1000 km ve yükseklik farkı  $\pm 400$  m olduğu durumlarda minimum tahmin hatası  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ila  $\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değişirken, maksimum tahmin hatası  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ila  $\sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değişkenlik göstermiştir.

- 17696 Nolu Gümüşhane-Torul İstasyonu

Bu istasyon içinde 3 farklı arama yarıçapı ve 2 farklı yükseklik farkı deneyerek elde edilen enterpolasyon tahmin değerleri ve bu istasyona ait ölçüm değerlerinin farkından günlük tahmin hataları hesaplanmıştır. Burada en iyi sonucu minimum tahmin hatasında bütün yarıçap ve yükseklik farklarında aynı sonuç gözlenirken maksimum tahmin hatasında arama yarıçapı 500 km ve yükseklik farkı  $\pm 550$  m olduğu durumlardır. Minimum tahmin hatası  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ila  $\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değişirken, maksimum tahmin hatası  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ila  $\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değişkenlik göstermiştir.

### 3.1.3. Basit Doğrusal Regresyon Yöntemi Bulguları

Bu bölümde, sıcaklığın yükseklik bağımsız değişkenine bağlı olarak bir bağımlı değişken alınması ile oluşturulan Basit Doğrusal Regresyon Modeli'nden elde edilen sonuçlar üzerinden bulguların irdelemesi yapılmıştır.

Basit doğrusal regresyon yönteminde, günlük verilerden regresyon katsayıları hesaplanırken çalışma bölgesindeki 52 istasyon noktaları modele dahil edilmiştir. Bu yöntemin sonuçlarının yorumlanmasında da istasyonlar içerisinde en düşük, orta seviye ve en fazla yükseklik farkına sahip istasyonlar seçilmiş ve bu istasyonlara ait sonuçlar ayrıntılı olarak irdelenmiştir. 1 Ocak 1981 ve 31 Aralık 2012 tarihleri arasında hesaplanan  $a_1$  katsayıları  $-1$  ila  $0.6$  değerleri arasında değişmektedir. Katsayıların ortalama hatalar ise  $a_0$  katsayısı için hatası  $0.002$  ila  $0$  değerleri arasında iken  $a_1$  katsayısı için  $0$  ila  $0.05$  arasında değişmiştir. Yöntem için hesaplanan regresyon katsayılarını belirleyicilik katsayısı değeri  $0.1$  ila  $0.9$  arasında değişmiştir. Belirleyicilik katsayıları kış aylarında % 90 oranında iken, yaz

aylarında bu oran %10 gibi çok daha düşüktür. Yöntemin KOH'sı 0.005 ile 0.045 değişirken, MHO'sı 0.005 ile 0.04 arasında değişkenlik göstermiştir.

- 17689 Nolu Ordu-Fatsa İstasyonu

Minimum tahmin hatası  $-0.4^{\circ}\text{C}$  ile  $0.2^{\circ}\text{C}$  arasında değişirken, maksimum tahmin hatası  $-0.3^{\circ}\text{C}$  ile  $0.5^{\circ}\text{C}$  arasında değişkenlik göstermiştir. Bu sonuçların karesel ortalama hatalarının değişim ise  $0.05^{\circ}\text{C}$  ile  $0.45^{\circ}\text{C}$  değerleri arasında değişmiştir. Bu sonuçlara göre, yaz aylarında kış aylarına göre daha kötü sonuçlar elde edilmiştir.

- 17622 Nolu Samsun-Bafra İstasyonu

Bu istasyon için minimum tahmin hatası  $-0.5^{\circ}\text{C}$  ile  $0.3^{\circ}\text{C}$  arasında değişirken, maksimum tahmin hatası  $-0.4^{\circ}\text{C}$  ile  $0.6^{\circ}\text{C}$  arasında değişkenlik göstermiştir. Bu sonuçların karesel ortalama hatalarının değişim ise  $0^{\circ}\text{C}$  ile  $\sim 0.6^{\circ}\text{C}$  değerleri arasında değişmiştir. Bir önceki istasyonda olduğu gibi burada da, yaz aylarında kış aylarına göre daha kötü sonuçlar elde edilmiştir. Bütün yıllara ait verisi bulunan bu istasyonda, son yıllarda daha fazla noktanın hesaba katılmasıyla daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

- 17696 Nolu Gümüşhane-Torul İstasyonu

Bu istasyon içinde aynı şekilde hesaplamalar yapılmıştır. Minimum tahmin hatası  $-0.4^{\circ}\text{C}$  ile  $0.4^{\circ}\text{C}$  arasında değişirken, maksimum tahmin hatası  $-0.2^{\circ}\text{C}$  ile  $0.5^{\circ}\text{C}$  arasında değişkenlik göstermiştir. Bu sonuçların karesel ortalama hatalarının değişim ise  $0^{\circ}\text{C}$  ile  $\sim 0.45^{\circ}\text{C}$  değerleri arasında değişmiştir. Bir önceki diğer iki istasyonda olduğu gibi burada da, yaz aylarında kış aylarına göre daha kötü sonuçlar elde edilmiştir.

### **3.1.4. Birleştirilmiş Basit Doğrusal Regresyon ile IDW Yöntemi Bulguları**

Bu bölümde, basit doğrusal regresyon yöntemi ve IDW yönteminin kombinasyonundan oluşan birleştirilmiş yöntem sonuçları üzerinden elde edilen bulgular irdelenmiştir.

Bu yöntemde basit doğrusal regresyon yöntemi ile regresyon katsayıları hesaplanmış ve IDW ile enterpolasyona katkı sağlayacak her bir dayanak noktasının ağırlıkları belirlenmiş. 1 Ocak 1981 ve 31 Aralık 2012 arasında günlük ortalama sıcaklık verisine sahip 17622 numaralı Samsun – Bafra'da bulunan 103 m yükseklikteki istasyon için elde edilen sonuçlar irdelenmiştir. Bu sonuçlara göre, minimum tahmin hatası  $-0.5^{\circ}\text{C}$  ile  $0^{\circ}\text{C}$  arasında iken maksimum tahmin hatası  $0.3^{\circ}\text{C}$  ile  $0.55^{\circ}\text{C}$  arasında değişkenlik göstermiştir. Burada

basit doğrusal regresyon yöntemi her zaman noktası için bir katsayı değeri belirlediği için, bu durum grafikte doğrusal şekilde gözlenmiştir.

### 3.1.5. Çoklu Doğrusal Regresyon Yöntemi Bulguları

Bu bölümde; sıcaklığın enlem, boylam ve yükseklik bağımsız değişkenlerine bağlı olarak bağımlı bir değişken alınması ile oluşturulan Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli'nden elde edilen sonuçlar üzerinden bulguların irdelenmesi yapılmıştır.

Çoklu doğrusal regresyon yönteminde, günlük verilerden regresyon katsayıları hesaplanırken çalışma bölgesindeki 52 istasyon noktaları modele dahil edilmiştir. Bu yöntemin sonuçlarının yorumlanmasında da istasyonlar içerisinde en düşük, orta seviye ve en fazla yükseklik farkına sahip istasyonlar seçilmiş ve bu istasyonlara ait sonuçlar ayrıntılı olarak irdelenmiştir. 1 Ocak 1981 ve 31 Aralık 2012 tarihleri arasında  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  ve  $a_3$  regresyon katsayıları hesaplanmıştır. Bu katsayıların grafiklerinden elde edilen değerler;  $a_0$  için  $\sim -0.03$  ila  $0.02$ , boylamın katsayısı olan  $a_1$  için  $\sim -100$  ila  $150$ , enlemin katsayısı olan  $a_2$  için  $\sim -1000$  ila  $500$  ve yüksekliğin katsayısı olan  $a_3$  için ise  $-1$  ila  $0.5$  değerleri arasında değişmektedir. Katsayıların ortalama hataları ise  $a_0$  katsayısı için hatası  $0$  ila  $0.03$  değerleri arasında iken  $a_1$  katsayısı için  $\sim -10$  ila  $30$ ,  $a_2$  katsayısı için hatası  $50$  ile  $200$  ve de  $a_3$  katsayısı için hatası  $0.05$  ila  $0.25$  arasında değişmiştir. Yöntem için hesaplanan regresyon katsayılarını belirleyicilik katsayısı değeri  $0.1$  ila  $0.9$  arasında değişmiştir. Belirleyicilik katsayıları, basit doğrusal regresyon yönteminde olduğu gibi kış aylarında %90 oranında iken, yaz aylarında bu oran %10 gibi çok daha düşüktür. Yöntemin KOH'sı  $0.1$  ila  $0.8$  değişirken, MHO'sı  $0.02$  ila  $0.16$  arasında değişkenlik göstermiştir.

- 17689 Nolu Ordu-Fatsa İstasyonu

Minimum tahmin hatası  $0.05$  °C ila  $0.35$  °C arasında değişirken, maksimum tahmin hatası  $0.02$  °C ila  $0.11$  °C arasında değişkenlik göstermiştir. Bu sonuçların karesel ortalama hatalarının değişimi ise  $\sim 0$  °C ila  $0.2$  °C ve mutlak hatalar ortalamasının değişim değerleri de  $0.02$  °C ila  $0.14$  °C arasında değişmiştir. Bu sonuçlara göre, yaz aylarında kış aylarına göre daha kötü sonuçlar elde edilmiştir.

- 17622 Nolu Samsun-Bafra İstasyonu

Bu istasyon için minimum tahmin hatası  $0.1$  °C ila  $0.8$  °C arasında değişirken, maksimum tahmin hatası  $0.02$  °C ila  $\sim 0.14$  °C arasında değişkenlik göstermiştir. Bu sonuçların karesel ortalama hatalarının değişim ise  $-0.1$  °C ila  $\sim 0.15$  °C ve mutlak hatalar

ortalamasının değişim değerleri de 0.02 °C ila 0.18 °C arasında değişmiştir. Bir önceki istasyonda olduğu gibi burada da, yaz aylarında kış aylarına göre daha kötü sonuçlar elde edilmiştir. Bütün yıllara ait verisi bulunan bu istasyonda, son yıllarda daha fazla noktanın hesaba katılmasıyla daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

- 17696 Nolu Gümüşhane-Torul İstasyonu

Minimum tahmin hatası 0.05 °C ila 0.35 °C arasında değişirken, maksimum tahmin hatası 0.02 °C ila 0.11 °C arasında değişkenlik göstermiştir. Bu sonuçların karesel ortalama hatalarının değişim ise ~0 °C ila ~0.2 °C ve mutlak hatalar ortalamasının değişim değerleri de ~0.02 °C ila 0.14 °C arasında değişmiştir. Bir önceki diğer iki istasyonda olduğu durumun tersi olarak, yaz aylarında kış aylarına göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

### 3.1.6. Birleştirilmiş Çoklu Doğrusal Regresyon ile IDW Yöntemi Bulguları

Bu bölümde, çoklu doğrusal regresyon yöntemi ve IDW yönteminin kombinasyonundan oluşan birleştirilmiş yöntem sonuçları üzerinden elde edilen bulgular irdelenmiştir. Bu yöntemde, çoklu doğrusal regresyon yöntemi ile regresyon katsayıları hesaplanmış ve IDW ile enterpolasyona katkı sağlayacak her bir dayanak noktasının ağırlıkları belirlenmiştir.

- 17689 Nolu Ordu-Fatsa İstasyonu

Minimum tahmin hatası 0 °C ila 1 °C arasında değişirken, maksimum tahmin hatası ~ 0 °C ila ~ 6 °C arasında değişkenlik göstermiştir. Bu sonuçların standart sapmalarının değişimi ise 0 ila ~1.2 değerleri arasında değişmiştir.

- 17622 Nolu Samsun-Bafra İstasyonu

Bu istasyon için minimum tahmin hatası genelde 0 °C iken 300. ve 350. aylar (2005-2009 yılları arası) arasındaki grafikteki sıçrama ile ~15 °C' lere kadar ulaşmıştır. Maksimum tahmin hatası da ~0 °C ila ~5 °C arasında değişkenlik gösterirken, benzer şekilde 300 ve 350. aylar arasında maximum tahmin hatası ~20 °C' yi bulmuştur. Tahmin hatalarına ait standart sapmalarının değişiminin ise 0.5 °C' ila ~1 °C' değerleri arasında değişirken bu fark 300 ve 350. aylar arasında 5 °C'ye kadar ulaşmıştır. Bu istasyonda, yaz aylarında kış aylarına göre daha kötü sonuçlar elde edilmiştir. Bütün yıllara ait verisi bulunan bu istasyonda, son yıllarda daha fazla noktanın hesaba katılmasının sonuçlar üzerine iyileştirici bir etkisi olmamış aksine grafikteki sıçramanın olduğu zamanlarda daha çok nokta hesaba katılmasına

rağmen, tahmin hatası en büyük değerlerine ulaşmıştır. Tahmin hatasının fazla olduğu aylardaki veriler diğer verilerden uyumsuz ölçüler testi aracılığı ile ayıklanmalıdır.

- 17696 Nolu Gümüşhane-Torul İstasyonu

Minimum tahmin hatası 0 °C ila 5 °C arasında değişirken, maksimum tahmin hatası ~0 °C ila ~10 °C arasında değişkenlik göstermiştir. Bu sonuçların standart sapmalarının değişimi ise 0 ila ~2.6 değerleri arasında değişmiştir. Bir önceki istasyonun sonuçlarından farklı olarak yaz aylarındaki tahmin hata değerleri kış aylarından çok daha iyi sonuçlar vermiştir. Buradaki değişimin nedeni ise diğer istasyonlar içerisinde en fazla yüksekliğe sahip olan bu istasyonun yaz aylarındaki günlük sıcaklık değişiminin, kış aylarına göre daha az olmasıdır.

### 3.1.7. Lapse Rate Yöntemi Bulguları

Bu bölümde, sıcaklığın yükseklik bağımsız değişkenine bağlı olarak bir bağımlı değişken alınması ile oluşturulan Lapse Rate Yöntemi'nden elde edilen sonuçlar üzerinden bulguların irdelenmesi yapılmıştır.

Lapse rate yönteminde, 1 Ocak 1981 ve 31 Aralık 2012 tarihleri arasında günlük olarak hesaplanan lapse rate değerleri için çalışma bölgesindeki 52 istasyon noktaları modele dahil edilmiştir. Deniz seviyesinden olan yüksekliği ifade eden  $LR$  ile hesaplanan  $a_1$  katsayıları -1 ila 0.6 değerleri arasında değişmektedir. Katsayıların ortalama hataları ise; deniz seviyesindeki sıcaklığı ifade eden  $b$ 'nin katsayısı olan,  $a_0$ 'ın hatası 0.02 ila 0.04 değerleri arasında iken  $a_1$  katsayısı için 0.15 ila 0.25 arasında değişmiştir. Yöntemin  $KOH$ 'sı ~0.16 ila genelde 0.24 iken bazı zaman noktalarında 0.32 olmuştur. Yöntemin  $MHO$ 'sı 0.1 ila ~0.19 arasında değişirken aynı zaman noktasında 0.22 değerini bulmuştur.

### 3.1.8. Birleştirilmiş Lapse Rate ile IDW Yöntemi Bulguları

Bu bölümde, Lapse Rate yöntemi ve IDW yönteminin kombinasyonundan oluşan birleştirilmiş yöntem sonuçları üzerinden elde edilen bulgular irdelenmiştir. Bu yöntemde Lapse rate yönteminin ile regresyon katsayıları hesaplanmış ve IDW ile enterpolasyona katkı sağlayacak her bir dayanak noktasının ağırlıkları belirlenmiş ve tüm istasyonlar için hesaplamalar yapılmıştır.

1 Ocak 1981 ve 31 Aralık 2012 arasında günlük ortalama sıcaklık verisine sahip 17618 numaralı Kastamonu – Devrekani’nda bulunan 1050 m yükseklikteki istasyon için elde edilen sonuçlar, yöntemin etkisini daha iyi ortaya koyduğu için bu bölümde irdelenmiştir. Bu sonuçlara göre, minimum tahmin hatası 0 °C ila 0.5 °C arasında iken maksimum tahmin hatası ~6 °C ila 14 °C arasında değişkenlik göstermiştir. Burada lapse rate yönteminin katsayıları, basit doğrusal regresyon yöntemi her zaman noktası için bir katsayı değeri belirlediği için, bu durum grafikte doğrusal şekilde gözlenmiştir.

### 3.1.9. Ordinary Kriging Yöntemi Bulguları

Bu bölümde; Ordinary Kriging Yöntemi ile önce deneysel variogram modeli doğrusal variogram modeli olarak belirlenmiştir. Yöntemin ağırlıkları ile kullanılan dayanak noktalarının sıcaklık değerleri arasındaki çarpım sonucu ile yeni sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Buradan noktaların tahmin hataları bulunmuş ve elde edilen sonuçlar üzerinden bulguların irdelenmesi yapılmıştır. Bulgulara örnek olarak diğer çalışmalardaki istasyonlar alınmış ve bu istasyonların  $\pm 5$  °C arasında çizdirilmiş olan grafikleri incelenmiştir.

- 17689 Nolu Ordu-Fatsa İstasyonu

En düşük yüksekliğe sahip olan bu istasyonda, tahmin hatasının grafiğine göre, yaz aylarında kış aylarına göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

- 17622 Nolu Samsun-Bafra İstasyonu

Bütün yıllara ait verisi bulunan bu istasyon için genelde tahmin hatası 0 °C ila 2 °C arasında değişim varken, son yıllarda daha çok noktanın hesaba katılması ile sıcaklık farkları  $\pm 5$  °C arasında yayılma göstermiştir. Bir önceki istasyonda olduğu gibi yaz aylarında daha iyi sonuçlar gözlenmiştir.

- 17696 Nolu Gümüşhane-Torul İstasyonu

En fazla yüksekliğe sahip olan bu istasyonda, tahmin hatasının grafiğine göre, diğer istasyonların zıttı olarak, yaz aylarında kış aylarına göre daha kötü sonuçlar elde edilmiştir.



#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu bölümde, tez çalışması kapsamında Karadeniz Bölgesi’de bulunan 52 meteoroloji istasyonunda 1981-2012 yılları arasında yaklaşık 32 yıllık süre boyunca kaydedilen “günlük ortalama sıcaklık” verileriyle 9 farklı enterpolasyon yönteminin uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Çalışmada kullanılan her yöntem kendi içerisinde kıyaslanır ise;

- Orijinal Shepard Yöntemi’ne göre ağırlıklandırılmış IDW Yöntemi ile yapılan enterpolasyon işleminde tahmin hatasına göre kıyaslamada en iyi sonucu en düşük yükseklikte bulunan 17689 nolu istasyon güç parametresi  $p = 3$ , arama yarıçapı 700km /1000 km ve yükseklik farkı seçimi  $\pm 400m$  olduğu durumda vermiştir. Bu durum incelendiğinde; 17689 nolu istasyonun enterpolasyon tahmini için, çalışma bölgesindeki tüm dayanak noktalarının kullanılmış olması ve istasyonun deniz seviyesinden olan yüksekliğinin az olmasına bağlı olarak elde edilen günlük sıcaklık farkı azalmış ve bunun sonucu olarak da daha küçük hatalar bulunmuştur. 17622 nolu istasyon için ise güç parametresi  $p = 0.5$ , arama yarıçapı 700km/1000 km ve yükseklik farkı  $\pm 400m$  değişkenlerine sahip olduğu durumda en iyi enterpolasyon tahmini elde edilmiştir. Bu istasyonların tahmin hatalarından elde edilen bir başka sonuç ise, kış aylarındaki enterpolasyon tahminlerinin düşük tahmin hataları ile yaz aylarına göre çok daha iyi olmasıdır. Ayrıca 17622 nolu istasyon için kullanılan dayanak noktası sayısı son yıllarda daha fazla olmasından dolayı, son yıllardaki tahmin hataları önceki yıllara göre daha da düşmüştür. Burada güç parametresi değerinin arttırılmasına bağlı olarak bazı noktalardaki verilerin standart sapma değerlerinde grafikte bir sıçrama görülmüştür. Bu da, ilerideki uygulamalarda o noktadaki tahmin değerleri için bir uyumsuz ölçü ayıklama testini zorunlu kılabilir. En kötü sonuç ise en fazla yüksekliğe sahip olan 17696 nolu istasyon bir önceki istasyon ile aynı güç parametresi  $p = 0.5$ , arama yarıçapı 700km/1000 km ve yükseklik farkı  $\pm 400m$  değişkenlerine sahip olduğu durumdur. Bu istasyonda yüksek tahmin hatalarının sonuçların çıkmasının başlıca nedeni, bu istasyonun yüksekliğinin çok fazla olması ve arama yarıçapı değerlerimize göre daha az sayıda dayanak noktasının bu istasyonun enterpolasyon tahminine katkı sağlamış olmasıdır. 17622 nolu istasyonun enterpolasyon tahminlerinden için elde edilen

sonuçlardan bir diğeri ise, kış aylarındaki tahmin hatalarının, yaz aylarına göre çok daha düşük olmasıdır.

- Orijinal Shepard Yöntemi'ne göre ağırlıklandırılmış IDW Yöntemi'nden elde edilen bu sonuçlarla;
- ✓ yöntemin daha iyi sonuçlar verebilmesi için genelde 2 olarak kabul edilen güç parametresi değeri, istasyonun bulunduğu konuma göre değiştirilmeli ve eğer istasyon deniz seviyesine yakınsa daha çok dayanak noktası ile enterpolasyon yapılmalıdır,
- ✓ kış ayları için enterpolasyon yapılacak enterpolasyon için tercih edilebilir, şeklinde yöntemin uygulanmasına dair önerilerde bulunulabilir. Sonuç olarak; Orijinal Shepard Yöntemi'ne göre ağırlıklandırılmış IDW Yöntemi'nden dayanak noktalarının sayısı, enterpolasyon mevsimi ve enterpolasyon noktasının konumuna bağlı olarak en iyi enterpolasyon tahmini elde edebilmek için;
  - deniz seviyesi>ortalama yükseklik>fazla yükseklik,
  - kış ayları> yaz ayları
  - dayanak nokta sayısı fazla>dayanak nokta sayısı az

şeklinde optimum konfigürasyon tercihi önerilebilir.

- Geliştirilmiş Shepard Yöntemi'ne göre ağırlıklandırılmış IDW Yöntemi'nde de Orijinal Shepard Yöntemi ile benzer sonuçlar gözlenmiştir. Yani bu yöntemde de en iyi enterpolasyon tahmini elde etmek için aynı öneriler sunulabilir.
- Basit Doğrusal Regresyon Modeli ile yapılan enterpolasyon işleminde 1 Ocak 1981 ve 31 Aralık 2012 tarihleri arasında hesaplanan  $a_1$  katsayıları -1 ila 0.6 değerleri arasında değişmektedir. Katsayıların ortalama hatalar ise  $a_0$  katsayısı için hatası 0.002 ila 0 değerleri arasında iken  $a_1$  katsayısı için 0 ila 0.05 arasında değişmiştir. Yöntemin KOH'sı 0.005 ila 0.045 değişirken, MHO'sı 0.005 ila 0.04 arasında değişkenlik göstermiştir. Yöntem için hesaplanan regresyon katsayılarını belirleyiciliği kış aylarında %90 oranında iken, yaz aylarında bu oran %10 gibi çok daha düşüktür. 17689 nolu en düşük yüksekliğe sahip istasyon burada da en iyi sonucu verirken bunu en fazla yüksekliğe sahip olan 17696 nolu istasyon takip etmiş ve en kötü sonuçlar ise 17622 nolu istasyon için elde edilmiştir. Sonuç olarak; Basit Doğrusal Regresyon Modeli'nde dayanak noktalarının sayısı, enterpolasyon mevsimi ve enterpolasyon noktasının konumuna bağlı olarak en iyi enterpolasyon tahmini elde edebilmek için;
  - deniz seviyesi> fazla yükseklik> ortalama yükseklik,

- kış ayları> yaz ayları
- dayanak nokta sayısı fazla>dayanak nokta sayısı az

şeklinde optimum konfigürasyon tercihi önerilebilir.

- Birleştirilmiş Basit Doğrusal Regresyon Modeli ve IDW yöntemi ile yapılan enterpolasyon işleminde aynı istasyonda bulunan verilerin basit doğrusal regresyon modeli ile yapılan enterpolasyon tahmini hatalarından daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür.
- Çoklu Doğrusal Regresyon modeli ile yapılan enterpolasyon işleminde 1 Ocak 1981 ve 31 Aralık 2012 tarihleri arasında katsayıların grafiklerinden elde edilen değerler;  $a_0$  için  $\sim -0.03$  ila  $0.02$ , boylamın katsayısı olan  $a_1$  için  $\sim -100$  ila  $150$ , enlemin katsayısı olan  $a_2$  için  $\sim -1000$  ile  $500$  ve yüksekliğin katsayısı olan  $a_3$  için ise  $-1$  ile  $0.5$  değerleri arasında değişmektedir. Burada enlemden gelen katsayı değeri en büyük değerdir. Bunun sebebi ise Karadeniz Bölgesi'nde dağlar denize paralel bir biçimde uzanmasından dolayı iç kesimlerde az enlem farkına rağmen yükseklik farkında ani artışlar olmasıdır. Böylece, enleme göre değişimi ifade eden  $a_2$  katsayısı yüksekliğin de bir fonksiyonu haldedir. Katsayıların ortalama hataları ise  $a_0$  katsayısı için hatası  $0$  ila  $0.03$  değerleri arasında iken  $a_1$  katsayısı için  $\sim -10$  ila  $30$ ,  $a_2$  katsayısı için hatası  $50$  ila  $200$  ve de  $a_3$  katsayısı için hatası  $0.05$  ila  $0.25$  arasında değişmiştir. Yöntem için hesaplanan regresyon katsayılarını belirleyicilik katsayısı değeri  $0.1$  ila  $0.9$  arasında değişmiştir. Belirleyicilik katsayıları, basit doğrusal regresyon yönteminde olduğu gibi kış aylarında %90 oranında iken, yaz aylarında bu oran %10 gibi çok daha düşüktür. Yöntem sonuçlarının KOH'sı  $0.1$  ila  $0.8$  değişirken, MHO'sı  $0.02$  ila  $0.16$  arasında değişkenlik göstermiştir. Bu yöntemde çalışma bölgesindeki tüm noktalar regresyon modelinde kullanılıp, katsayılar hesaplanmıştır. En iyi tahmin sonuçları, 2011-2012 yılları arasında ölçü değerleri bulunan 17689 (en düşük yüksekliğe sahip) ve 17696 (en fazla yüksekliğe sahip) için elde edilirken; 1 Ocak 1981 ve 31 Aralık 2012 tarihleri arasında verisi bulunan 17622 nolu istasyon en kötü sonucu vermiştir. Bu yöntemle elde edilecek enterpolasyon tahmininin doğruluğunun artırılması için istasyonun bulunduğu yükseklikten çok enterpolasyona katılan nokta sayısının fazla olmasının önemli bir etken sonucuna varılmıştır.
- Birleştirilmiş Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli ve IDW Yöntemi ile yapılan enterpolasyon tahmininin, basit doğrusal regresyon modeli ile yapılan enterpolasyon

tahminine göre daha kötü olduğu görülmüştür. Yöntem en düşük yüksekliğe sahip 17689 nolu noktada en iyi sonuçları vermiştir. Tahmin hataları kış aylarında dahadüşük olarak elde edilmiştir. En yüksek konumdaki 17696 nolu noktanın enterpolasyon tahminleri 17689 nolu noktaya göre daha kötü iken, 1 Ocak 1981 ve 31 Aralık 2012 tarihleri arasında verisi bulunan 17622 nolu istasyon ile en kötü sonuçlar elde edilmiştir. Bu yöntem, diğer istasyonların tersine yaz aylarında daha iyi sonuç vermiştir. Sonuç olarak; Birleştirilmiş Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli ve IDW Yönteminden iyi enterpolasyon tahmini elde edebilmek için;

- düşük yükseklikteki noktalarda kış aylarında,
- yüksek noktalarda ise yaz aylarında uygulanmalı
- dayanak nokta sayısı fazla > dayanak nokta sayısı az

şeklinde optimum konfigürasyon tercihi önerilebilir.

- Lapse Rate yönteminde, deniz seviyesinden olan yüksekliği ifade eden  $\lambda$ 'nın katsayısı olarak hesaplanan  $a_1$ 'in değerleri  $\sim -1$  ila 0.6 değerleri arasında değişmektedir. Katsayıların ortalama hataları ise deniz seviyesindeki sıcaklığı ifade eden  $B$ 'nin katsayısı olarak hesaplanan,  $a_0$  değerleri 0.02 ila 0.04 değerleri arasında değişirken  $a_1$  katsayısı için 0.15 ila 0.25 arasında değişmiştir. Yöntemin KOH'sı  $\sim 0.16$  ila 0.24 arasında değişirken iken bazı zaman noktalarında 0.32 MHO'sı 0.1 ila  $\sim 0.19$  arasında değişmiştir.
- Birleştirilmiş Lapse Rate ile IDW Yöntemi ile yapılan enterpolasyon sonuçlarına göre, minimum tahmin hatası 0 °C ila 0.5 °C arasında iken maksimum tahmin hatası  $\sim 6$  °C ile 14 °C arasında değişkenlik göstermiştir.
- Ordinary Kriging Yöntemi ile yapılan enterpolasyon işleminde 17696 nolu istasyonda en iyi sonuç elde edilirken kış aylarında daha düşük tahmin hataları elde edilmiş ve bunu 17622 nolu istasyon takip etmiştir. En kötü tahmin sonuçları en düşük yükseklikte bulunan 17689 nolu istasyon için elde edilmiştir. En iyi tahmin değeri, yaz aylarında elde edilmiştir. Sonuç olarak; Ordinary Kriging yöntemi ile en iyi enterpolasyon tahmini elde edebilmek için;
- en yüksekte bulunan istasyonda yöntem uygulanacaksa verilerin kış aylarında,
- en alçaktaki noktalar için ise yaz aylarında şeklinde

uygulanması gerekir şeklinde optimum bir konfigürasyon tercihi önerilebilir.

Çalışmada kullanılan yöntemler birbiri ile kıyaslanır ise;

- Minimum tahmin hatalarına göre yöntemler doğru enterpolasyon tahmini sağlaması açısından kıyaslandığında;

çoklu doğrusal regresyon modeli > birleştirilmiş lapse rate ve IDW Yöntemi = birleştirilmiş basit doğrusal regresyon modeli ve IDW Yöntemi > basit doğrusal regresyon modeli > IDW-Orijinal Shepard metodu=birleştirilmiş çoklu doğrusal regresyon modeli >IDW-Geliştirilmiş Shepard metodu > Ordinary Kriging

- Maximum tahmin hatalarına göre yöntemler doğru enterpolasyon tahmini sağlaması açısından kıyaslandığında;

çoklu doğrusal regresyon modeli > birleştirilmiş lapse rate ve IDW > basit doğrusal regresyon modeli >birleştirilmiş çoklu doğrusal regresyon modeli ve IDW> IDW-Orijinal Shepard metodu> IDW-Geliştirilmiş Shepard metodu > Ordinary Kriging

- Kış aylarında doğru enterpolasyon tahmini sağlaması açısından yöntemler kıyaslandığında;

alçak noktalarda çoklu doğrusal regresyon modeli > birleştirilmiş lapse rate ve IDW = birleştirilmiş basit doğrusal regresyon modeli ve IDW > basit doğrusal regresyon modeli > IDW-Orijinal Shepard metodu =birleştirilmiş çoklu doğrusal regresyon modeli > IDW-Geliştirilmiş Shepard metodu > yüksek noktalarda Ordinary Kriging

- Yaz aylarında doğru enterpolasyon tahmini sağlaması açısından yöntemler kıyaslandığında;

yüksek noktalarda çoklu doğrusal regresyon modeli > birleştirilmiş lapse rate ve IDW = birleştirilmiş basit doğrusal regresyon modeli ve IDW > basit doğrusal regresyon modeli > IDW-Orijinal Shepard metodu =birleştirilmiş çoklu doğrusal regresyon modeli > IDW-Geliştirilmiş Shepard metodu > alçak noktalarda Ordinary Kriging

olarak sıralama yöntem sıralamaları verilebilir.

## 5. KAYNAKLAR

- Alkanalka, E. Kestirim Yöntemlerinin Sayısal Yükseklik Modeli Üzerindeki Uygulamaları, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2005.
- Akyürek,Ö., Arslan,O., ve Karademir, A., So2 ve Pm10 Hava Kirliliği Parametrelerinin Cbs ile Konumsal Analizi: Kocaeli Örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Kasım 2013, Ankara.
- Angot, A., 1892, Sur la de´croissance de la tempe´rature de l’air avec la hauteur. C. R. Acad. Sci., 115, 1272–1273.
- Azat S.Y., Bilgisayar Ortamında Kayaların Jeokimyasal Bileşimlerinin Jeostatistikli, Modellenmesi ve Haritalandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2009.
- Bahadır, M., İklim Çalışmalarında Geoistatistik Analiz Modelleri, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2011-Antalya.
- Bahadır, M., 2013, Samsun İli İklim Özelliklerinin Enterpolasyon Teknikleri ile Analizi, Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi 4(1): 28-46.
- Başayığıt, L., Şenol, H. ve Müjdecı, M., 2008, Isparta İli Meyve Yetiştirme Potansiyeli Yüksek Alanların Bazı Toprak Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Haritalanması, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 3(2): 1-10.
- Bostan, P. A. ve Akyürek, Z. İkincil veriler Kullanılarak Türkiye Ortalama Yıllık Yağış Değerlerinin Mekansal Dağılımının Modellenmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.
- Burrough, P.A. and McDonnell, R.A., 1998. Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, Oxford, 333.
- Cao, W., Hu, J., Yu, X., A study on temperature interpolation based on GIS, Geoinformatics, 2009 17th International Conference on, Ağustos. 2009, 1 – 5.
- Demircan, M., Arabacı, H., Bölük, E., Akçakaya, A., Şensoy, S. ve Ekici, M., İklim Normalleri ve 1981-2010 Sıcaklık Normallerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Topografya Kullanarak Yüksek Çözünürlüklü Grid Veri Setinin Üretilmesi, ATMOS 2013, 3 - 5 Haziran 2013, İstanbul.
- Demircan, M., Arabacı, H., Bölük, E., Akçakaya, A. ve Ekici, M. İklim Normalleri: Üç Sıcaklık Normalinin İlişkileri Ve Uzamsal Dağılımları, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013 3 - 5 Haziran 2013, İstanbul.

- De Saintignon, M. F., 1976: De'croissance des tempe'ratures en montagne de latitude moyenne: Exemple des Alpes franc,aises du Nord. Rev. Geogr. Alp., 483–494.
- Dodson, Marks, 1997. Daily air temperature interpolated at high spatial resolution over a large mountainous region. Climate Res. 8, 1–20.
- Doğru, A.Ö., Keskin, M., Özdoğu, K., İliev, N., Uluğtekin, N.N., Bektaş Balçık, F., Göksel, Ç. ve Sözen, S., Meteorolojik Verilerin Değerlendirilmesi ve Sunulması için Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2011-Antalya.
- Doğru, A., Okçu, D., Özener, H. ve Solum, ř., Coğrafi Bilgi Sistemleri İle İklim Karakteri Üzerine Çalışmalar, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 11 - 13 Kasım 2013, Ankara.
- Franke, R., and Neilson, G. 1980. Smooth interpolation of large sets of scattered data. International Journal of Numerical Methods in Engineering 15, 1691–1704.
- Hartkamp, A., D., Beurs, K., D., Stein, A. ve White, J., W., Interpolation Techniques for Climate Variables, Geographic Information Systems Series 99-01, 1999.
- İnal C., ve Yiğit C.Ö., 2004 Jeodezik Uygulamalarda Kriging Enterpolasyon Yönteminin Kullanılabilirliği, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayını, 177 - 185, Konya.
- Jarvis, C.H., Stuart, N., 2001. A comparison among strategies for interpolating maximum and minimum daily air temperatures. Part II: the interaction between number of guiding variables and the type of interpolation method. J. Appl. Meteorol. 40, 1075–1084.
- Jef, H., Clements, M., Gerwin, D. and Frans, F., 2006. Spatial interpolation of ambient ozone concentrations from sparse monitoring points in Belgium. Journal of Environmental Monitoring, 8: 1129-1135.
- Keskiner, A.D., Farklı Olasılıklı Yağış Ve Sıcaklıkların Cbs Ortamında Haritalanmasında Uygun Yöntem Belirlenmesi Ve M. Turc Yüzey Akış Haritasının Geliştirilmesi: Seyhan Havzası Örneği, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar Ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 2008.
- Krige, D.G., 1951. A statistical approach to some mine valuations problems at the Witwatersrand. Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa, 52: 119-139.
- Kurtzman, D., ve Kadmon, R., Mapping of Temperature Variables in Israel: A Comparison of Different İnterpolation Methods, Climate Research, 1999, 33 – 43.
- Luo, H. ve He, X., An Improved Inverse Distance Weighted Interpolation Method for InSAR Tropospheric Delay Error Corrections, International Conference on Information Science and Technology, Mart 2011, 480 - 482.

- Mair, A., ve Fares, A., Comparison of Rainfall Interpolation Methods in a Mountainous Region of a Tropical Island, *Journal of Hydrologic Engineering*, 2011, 371 – 383.
- Nalder, I. A., ve Ross, R. W., Spatial Interpolation of Climatic Normals: Test of a New Method in the Canadian Boreal Forest, *Agricultural and Forest Meteorology* 92, 1998, 211-225.
- Öztürk, E., Muzaffer ŞERBETÇİ, Dengeleme Hesabı, Cilt III, K.T.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, K.T.Ü. Basımevi, Genel Yayın No: 144, Fakülte Yayın No: 40, Trabzon, 1995.
- Pebesma, E.J., 2004. Multivariable geostatistics in S: the gstat package. *Computer & Geosciences*, 30: 683-691.
- Rolland, C., 2003. Spatial and seasonal variations of air temperature lapse rates in alpine regions. *J. Climate* 16 (7), 1032–1046.
- Shepard, D., 1968. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. *Proceedings of the 1968 ACM National Conference*. pp. 517–524.
- Stahl, K., Moore, R.D., Floyer, J.A., Asplin, M.G. ve McKendry I.G. Comparison of Approaches for Spatial Interpolation of Daily Air Temperature in a Large Region with Complex Topography and Highly Variable Station Density, *Agricultural and Forest Meteorology*, 2006, 224 – 236.
- Tüysüz, N. ve Yaylalı, G., Jeostatistik Kavramlar ve Bilgisayarlı Uygulamalar, K.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, K.T.Ü. Basımevi, Genel Yayın No:220, Fakülte Yayın No:61, Trabzon, 2005.
- Vicente-Serrano, S.M., Saz-Sánchez, M.A. ve Cuadrat, J.M., 2003. Comparative analysis of interpolation methods in the middle Ebro Valley (Spain): application to annual precipitation and temperature. *Climate Research*, 24: 161-180.
- Webster, R. ve Oliver, M., 2001. *Geostatistics for Environmental Scientists*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 271 pp.
- Wen-Yuan, C., Xin-Gang, D. ve Hong-Wu, C., A Case Study of Geostatistical Interpolation in Meteorological Fields, *Chinese Journal of Geophysics* Vol.47, No.6, 2004, pp: 1104-1112
- Willmott, C.J. ve Matsuura, K., 1995. Smart interpolation of annually averaged air temperature in the United States. *Journal of Applied Meteorology*, 34: 2577-2586.
- Yalçınkaya M. ve Teke K., 2005. Yerel Jeoid Yüzeyinin Belirlenmesinde Kullanılan Enterpolasyon Yöntemleri, *Jeoid ve Düşey Datum*, TUJK 2005 Yılı Bilimsel Toplantısı, Trabzon, Türkiye, 304-313.



Yang, G., Zhang, J., Yang, Y. ve You, Z., Comparison of Interpolation Methods for typical Meteorological Factors Based on GIS – A case study in Jitai Basin ,China Geoinformatics, 19th International Conference on, Haziran 2011 , 1 - 5.

Yaprak, S. ve Arslan, E., Kriging Yöntemi ve Geoit Yüksekliklerinin Enterpolasyonu, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 1/2008,Sayı 98.

URL 1, [www.nateko.lu.se/](http://www.nateko.lu.se/) Internet-based university course given within Lund University Master's Programme in GIS (LUMA-GIS), Ocak 2014.

URL2, [www.acikders.org.tr/](http://www.acikders.org.tr/)Ünite 7, Mekansal Öznitelik Verilerinin Bütünleşik Analizi, Ocak 2014

## ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında İskenderun'da doğdu. 2000 – 2004 yılları arasında İskenderun Ticaret ve Sanayi Odası'nda (Yabancı Dil Ağırlıklı Program Uygulayan) lise eğitimi gördü. 2006 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Gümüşhane Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği bölümünü kazandı. 4 yıllık eğitimin ardından 2010 yılında lisans eğitimini bölüm 2.si olarak tamamladı. Aynı yıl Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı (ÖYP) ile Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dekanlığı, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak atandı. Bu program ile Akdeniz Üniversitesi'nde 6 ay İngilizce dil eğitimi aldı. 2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde yüksek lisans eğitimine başladı. Yüksek Lisans eğitimi halen devam etmekte ve İngilizce bilmektedir.