T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEK BİM VE ÇOK BİMLİ İSKANDİL YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Safa Burak KAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Programı

Danışman

Prof. Dr. Uğur DOĞAN

Ağustos, 2020

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEK BİM VE ÇOK BİMLİ İSKANDİL YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Safa Burak KAYA tarafından hazırlanan tez çalışması 14.08.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Geomatik Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Uğur DOĞAN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr Uğur DOĞAN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Serdar EROL, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Burak AKPINAR, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Prof. Dr. Uğur DOĞAN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan “Tek Bim Ve Çok Bimli İskandil Yöntemlerinin Karşılaştırılması” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Safa Burak KAYA

Aileme

TEŞEKKÜR

İlk olarak, çalışmanın konusunun belirlenmesinde ve hazırlanma sürecinin her aşamasında değerli bilgilerini ve zamanını benden esirgemeyerek her fırsatta çalışmamla yakından ilgilenen, yol gösteren ve destekleyen danışman değerli hocam Prof. Dr. Uğur Doğan'a ; çalışmam boyunca bilgisi, tecrübesi ve destekleri ile her zaman yardımcı olan Doç. Dr. Nedim Onur Aykut'a; değerli yorumları ve katkıları için juri üyeleri Doç. Dr. Serdar Erol ve Doç. Dr. Burak Akpınar'a ve hayatımın her anında maddi ve manevi tüm desteği ile arkamda duran canım aileme teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca bu çalışmada kullanılan test verileri için Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Safa Burak KAYA

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ ix

KISALTMA LİSTESİ x

ŞEKİL LİSTESİ xi

TABLO LİSTESİ xiv

ÖZET xv

ABSTRACT xvii

1 GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti. 1

1.2 Tezin Amacı 4

1.3 Hipotez1.2 Tezin Amacı 4

2 GENEL BİLGİLER 6

2.1 Derinlik Ölçme Yöntemleri 6

2.2 Akustik Ölçme Yöntemleri 7

2.2.1 Tek Bimli İskandil Yöntem 7

2.2.2 Çok Bimli İskandil Yöntemi 8

3 İZLENEN YÖNTEM 9

3.1 Enterpolasyon Yöntemleri 9

3.1.1 Kriging Enterpolasyon Yöntemi 9

3.1.2 Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi. 10

3.1.3 En Yakın Komşu Enterpolasyon Yöntemi 11

3.1.4 Radyal Tabanlı Fonksiyon 12

3.1.5 Lineer Enterpolasyon Yöntemi 13

3.2 IHO Hidrografik Ölçme Standartları 14

3.3 Veri Kalitesinin Test Edilmesi 16

4 UYGULAMA 18

4.1 Çalışma Alanı ve Veri Seti 18

4.2 Çok Bimli İskandil Veri Setinin Farklı Enterpolasyon Yöntemleriyle Modellenmesi. 20

4.3 Tek Bimli İskandil Veri Setinin Farklı Veri Aralıklarına Göre Analizi. 25

4.4 Çok Bimli İskandil ve Tek Bimli İskandil Ölçülerinin Profil Bazlı Analizi. . . .30

4.5 Çok Bimli İskandil ve Tek Bimli İskandil Verilerinden Hacimsel Karşılaştırma 39

5 SONUÇ VE ÖNERİLER **42**

KAYNAKÇA **45**

A PROFİL BAZLI FARKLAR **48**

B MODEL KARŞILAŞTIRMALARI **64**

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **70**

SİMGE LİSTESİ

S	Ağırlık değeri
λ_i	Atanacak Nokta
$z(x_i)$	Bilinen nokta
Z	Dayanak noktalarının yükseklik değeri
d	Dayanak noktası ile enterpolasyon noktası arasındaki mesafe
b	Derinliğe bağlı olarak değişen katsayı
d	Derinlik
z	Enterpolasyon noktasının yüksekliği
p	Güç parametresi
d_i	Hesaplanan ölçü ile model arasındaki derinlik farkı
$z\cdot(x_0)$	Kestirilecek nokta
σ_k^2	Kriging varyansı
m	Lagrange sabiti
$Z(i)_{model}$	Modellerin derinlik değeri
r	Noktadan düğüm noktasına olan anizotrop ölçeklenmiş bağıl mesafe
a	Sabit derinlik hatası
v	Sesin su içerisindeki seyir hızı
t	Sesin su içerisindeki seyir süresi
s	Standart Sapma
$Z\ (i)_{Test}$	Test noktalarına ait derinlik değeri
c	Yumuşatma parametresi
Υ_{ij}	$x_i$ve x_j noktaları arasındaki uzaklığa ilişkin variogram değerini

KISALTMA LİSTESİ

ÇBİ	Çok bimli iskandil
EYKE	En yakın komşu enterpolasyonu
GPS	Global konumlama sistemi
IHO	Uluslararası hidrografi örgütü
KOH	Karesel ortalama hata
LE	Lineer Enterpolasyon
RTF	Radyal tabanlı fonksiyon
RTK GPS	Gerçek zamanlı kinematik GPS
TBİ	Tek bimli iskandil
TIN	Üçgenlenmiş düzensiz ağ
TMAE	Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon
TVU	Derinlik değerlerine göre maksimum belirsizlik değeri

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Tek ve çok bimli iskandil yöntemleri 8
Şekil 3.1 Aynı alan üzerinde oluşabilecek alternatif iki üçgen 13
Şekil 3.2 Derinlik değerlerine göre maksimum belirsizlik (TVU) değeri 16
Şekil 3.3 5% oranında test verisinin, %95 oranındaki dayanak noktaları içerisinde görünümü 17
Şekil 4.1 Çalışma alanı 18
Şekil 4.2 ÇBİ veri seti 19
Şekil 4.3 TBİ veri seti 20
Şekil 4.4 Veri setleri ve enterpolasyon sürecinde uygulanan yöntemler 21
Şekil 4.5 1% oranında test verisinin, %99 oranındaki dayanak noktaları içerisinde görünümü 22
Şekil 4.6 Yöntemlere göre standart sapma değerleri 23
Şekil 4.7 IHO hidrografik ölçme standartları ve elde edilen değerler 23
Şekil 4.8 Bir kez seyreltilmiş TBİ verisi (TBİ_1) 26
Şekil 4.9 İki kez seyreltilmiş TBİ verisi (TBİ_2) 26
Şekil 4.10 Veri setleri ve uygulanan enterpolasyon yöntemleri 27
Şekil 4.11 Standart sapma değerleri 29
Şekil 4.12 Çapraz – 1(a) ve Çapraz -2 (b) hatlarının model üzerinde görünümü 32
Şekil 4.13 Doğu - Batı profil hatların model üzerinde görünümü 33
Şekil 4.14 Çapraz- 1 hattı için analiz sonuçları 34
Şekil 4.15 Çapraz- 2 hattı için analiz sonuçları 34
Şekil 4.16 Doğu batı - 1 hattı için analiz sonuçları 35
Şekil 4.17 Doğu batı - 2 hattı için analiz sonuçları 36
Şekil 4.18 Doğu batı - 3 hattı için analiz sonuçları 36
Şekil A.1 Çapraz - 1 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ - TMAE modelleri farkları 48
Şekil A.2 Çapraz - 1 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ - Kriging modelleri farkları 48
Şekil A.3 Çapraz - 1 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ - LE modelleri farkları 49
Şekil A.4 Çapraz - 1 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ - TMAE modelleri farkları 49
Şekil A.5 Çapraz - 1 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ - Kriging modelleri farkları 49
Şekil A.6 Çapraz - 1 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ - LE modelleri farkları 50
Şekil A.7 Çapraz - 1 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ - TMAE modelleri farkları 50

Şekil A.8 Çapraz - 1 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ - Kriging modelleri farkları 50
Şekil A.9 Çapraz - 1 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ - LE modelleri farkları 51
Şekil A.10 Çapraz - 2 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ - TMAE modelleri farkları 51
Şekil A.11 Çapraz - 2 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ - Kriging modelleri farkları 52
Şekil A.12 Çapraz - 2 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ - LE modelleri farkları 52
Şekil A.13 Çapraz - 2 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ - TMAE modelleri farkları 52
Şekil A.14 Çapraz - 2 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ - Kriging modelleri farkları 53
Şekil A.15 Çapraz - 2 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ - LE modelleri farkları 53
Şekil A.16 Çapraz - 2 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ - TMAE modelleri farkları 53
Şekil A.17 Çapraz - 2 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ - Kriging modelleri farkları 54
Şekil A.18 Çapraz - 2 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ - LE modelleri farkları 54
Şekil A.19 Doğu - Batı 1 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ-TMAE modelleri farkları 54
Şekil A.20 Doğu - Batı 1 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ-Kriging modelleri farkları 55
Şekil 4.21 Doğu - Batı 1 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ - LE modelleri farkları 55
Şekil A.22 Doğu - Batı 1 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ-TMAE modelleri farkları 55
Şekil A.23 Doğu-Batı 1 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ-Kriging modelleri farkları 56
Şekil A.24 Doğu - Batı 1 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ – LE modelleri farkları 56
Şekil A.25 Doğu - Batı 1 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – TMAE modelleri farkları 56
Şekil A.26 Doğu Batı 1 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – Kriging modelleri farkları 57
Şekil A.27 Doğu - Batı 1 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – LE modelleri farkları 57
Şekil A.28 Doğu - Batı 2 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ-TMAE modelleri farkları 57
Şekil A.29 Doğu - Batı 2 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ-Kriging modelleri farkları 58
Şekil A.30 Doğu - Batı 2 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ - LE modelleri farkları 58
Şekil A.31 Doğu - Batı 2 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ-TMAE modelleri farkları 58
Şekil A.32 Doğu-Batı 2 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ-Kriging modelleri farkları 59
Şekil A.33 Doğu - Batı 2 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ - LE modelleri farkları 59
Şekil A.34 Doğu - Batı 2 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ - TMAE modelleri farkları 59
Şekil A.35 Doğu - Batı 2 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ - Kriging modelleri farkları 60
Şekil A.36 Doğu - Batı 2 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ - LE modelleri farkları 60
Şekil A.37 Doğu - Batı 3 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ-TMAE modelleri farkları 60
Şekil 4.38 Doğu - Batı 3 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ-Kriging modelleri farkları 61
Şekil A.39 Doğu - Batı 3 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ - LE modelleri farkları 61
Şekil A.40 Doğu-Batı 3 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ-Kriging modelleri farkları 61

Şekil A.41 Doğu-Batı 3 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ-Kriging modelleri farkları 62
Şekil A.42 Doğu - Batı 3 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ -LE modelleri farkları..... 62
Şekil A.43 Doğu - Batı 3 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ - TMAE modelleri farkları 62
Şekil A.44 Doğu - Batı 3 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ - Kriging modelleri farkları..... 63
Şekil A.45 Doğu - Batı 3 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ - LE modelleri farkları 63
Şekil B.1 ÇBİ verisinden TMAE yöntemi ile elde edilen model 64
Şekil B.2 ÇBİ - TMAE modeli ile TBİ - TMAE modeli 64
Şekil B.3 ÇBİ - TMAE modeli ile TBİ – Kriging modeli 65
Şekil B.4 ÇBİ - TMAE modeli ile TBİ – LE modeli..... 65
Şekil B.5 ÇBİ verisinden Kriging yöntemi ile elde edilen model..... 66
Şekil B.6 ÇBİ - Kriging modeli ile TBİ – TMAE modeli 66
Şekil B.7 ÇBİ - Kriging modeli ile TBİ – Kriging modeli 67
Şekil B.8 ÇBİ - Kriging modeli ile TBİ – LE modeli 67
Şekil B.9 ÇBİ verisinden LE yöntemi ile elde edilen model 68
Şekil B.10 ÇBİ - LE modeli ile TBİ – TMAE modeli..... 68
Şekil B.11 ÇBİ - LE modeli ile TBİ – Kriging modeli 69
Şekil B.12 ÇBİ - LE modeli ile TBİ – LE modeli..... 69

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Radyal Tabanlı Fonksiyon çeşitleri 12
Tablo 3.2 Derinlik ölçüm alanlarının koşullarına göre sınıflandırılması 14
Tablo 3.3 Sınıflarına göre derinlik ölçümlerinde aranan doğruluk 15
Tablo 4.1 Veri setleri ile test noktası - dayanak noktası oranları 21
Tablo 4.2 Veri setleri, uygulanan enterpolasyon yöntemi ve karşılaştırma verisi.. 28
Tablo 4.3 Referans model, karşılaştırma verisi ve test edilen profil hat 31
Tablo 4.4 ÇBİ ve TBİ modelleri profil bazlı karşılaştırma sonuçları 38
Tablo 4.5 Derinlik değerlerine göre maksimum belirsizlik (TVU) değeri 38
Tablo 4.6 Kullanılan referans ve karşılaştırma yüzeyleri 40
Tablo 4.7 ÇBİ ve TBİ yüzey modelleri arasındaki farklar (m^3) 40

ÖZET

Tek Bimli Ve Çok Bimli İskandil Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Safa Burak KAYA

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Uğur DOĞAN

Günümüzde deniz tabanı topografyasını modellenmesi veya sayısal derinlik modelinin oluşturulması, su seviyesindeki yükselmeler, kıyı araştırmaları, su kaynaklarının yönetimi, doğal afetler, turizm, petrol ve telekominikasyon amaçlı çalışmalar için büyük bir önem kazanmıştır. Bu kapsamda veri yoğunlukları ve enterpolasyon yöntemleri sonuç ürüne etki etmekte ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, tek bimli iskandil yöntemi ile elde edilen verilerden oluşturulan batimetrik modelin çok bimli iskandil yöntemi ile elde edilmiş yoğun ve yüksek doğruluklu nokta bulutu verisine ne kadar doğrulukla yaklaşabileceğini belirlemek ve tek bimli iskandilin çok bimli iskandil yöntemine göre güvenilirliğini test etmektir. Bu amaç kapsamında, tek bimli iskandil verisi 5 farklı enterpolasyon yöntemi ile farklı veri yoğunluklarında modellenerek çok bimli iskandil verisi ile hacimsel, noktasal ve profil hat bazlı olmak üzere karşılaştırılmıştır. Ayrıca, bu analizler veri kalitesini test etmiş, nokta bazlı ve alan bazlı olacak şekilde karşılaştırma şeklinde yapılmış ve IHO standartları göz önünde bulundurulmuştur.

Tek bimli iskandil verisi, çok bimli iskandil verisi ile karşılaştırıldığında en yakın değer 0.28 m standart sapma ile Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon ve Kriging yöntemi ile elde edilmiştir. Bu karşılaştırma Tek bimli iskandil verisi seyrekleştirilerek tekrarlanmış ve standart sapma değerleri yükseliş göstermiştir.

Uygulamalar neticesinde, Tek bimli iskandil sistemlerinin Uluslar Arası Hidrografi örgütü tarafından yayınlanan standartlar göz önünde bulundurulduğunda hala geçerli sonuçlar ürettiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tek bimli iskandil, çok bimli iskandil, batimetri, enterpolasyon, batimetrik model

ABSTRACT

Comparison of Single Beam and Multi Beam Echo Sounding Methods

Safa Burak KAYA

Department of Geodesy and Photogrammetry Engineering

Master of Science Thesis

Advisor: Prof. Dr. Uğur DOĞAN

Nowadays, seafloor modeling or creating Digital Elevation Models (DEM) are required for the modeling of numerous coastal processes including coastal surveys, management of water resources, natural disasters, tourism, petroleum and telecommunication activities and sea level rise. In this context, data densities and interpolation methods that are likely to effect the final product are evaluated comperatively. The main purpose of this study is to determine how accurately the data obtained by the single beam method can approach the point cloud data obtained by the multi beam sounding method and to test the reliability of the single beam method according to the multi-beam method. For this purpose, single beam sounding data was modeled with 5 different interpolation methods at different data densities and compared with multi-beam sounding data on a volumetric, point and profile line basis. In addition, these analyzes have tested data quality, made as point-based and area-based comparisons, and IHO standards have been considered.

When the single beam sounder data are compared with the multibeam sounder data, the closest value is obtained by Inverse distance weighted interpolation and Kriging method with a standard deviation of 0.28 m. This comparison was repeated by

scattering the single-beam sounder data and the standard deviation values increased.

As a result of the applications, it has been concluded that Single beam sounder systems still produce valid results considering the standards published by the International Hydrography Organization.

Keywords: Single beam sonar, multibeam sonar, bathymetry, interpolation, bathymetric model

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Deniz tabanı topografyasını belirleme amaçlı yapılan derinlik ölçme ve haritalama bilimi batimetri olarak tanımlanmaktadır[1]. Batimetri ölçmeleri, farklı ölçme yöntemleri kullanılarak yapılabilmektedir. Özellikle 1950'lerin ortalarından itibaren tek bimli iskandilin üretilmesiyle beraber son yüzyılda ise çok büyük değişim ve gelişim göstermiştir. Bu hızlı ilerleme, yüksek yoğunluklu veri ve gerçeğine yakın deniz tabanı modeli oluşturabilen çok bimli iskandil ve havadan yapılabilen (airborne lidar batimetri) batimetri ile devam etmiştir [2, 3]. Ayrıca, günümüzde altimetre uyduları ile, uzaydan dahi deniz tabanına dair derinlik verisi de elde edilebilmektedir.

Gelişen teknoloji, artan ihtiyaçlar ve ilerleyen zamanla beraber, deniz haritaları çok daha değerli hale geldi. Önceleri gizlilik derecesi olan ve sivil kullanıma açık olmayan askeri amaçlar göz önünde bulundurularak haritalar oluşturulurken, günümüzde taşkın araştırmaları, kıyı araitırmaları, su kaynaklarının yönetimi, doğal afetler, turizm ,petrol ve telekominikasyon amaçlı çalışmalar, çeşitli inşaat işleri, liman inşaatları, tarama faaliyetleri vb. için bu ölçmeler yapılmakta ve haritalar oluşturulmaktadır. Ayrıca, deniz tabanı ve habitat hakkında edinilen bilgi ise denizler, okyanuslar ve yeryüzü hakkında daha çok şey öğrenmemizi ve daha iyi tanımamızı mümkün kılmaktadır[1]. Bu çalışmalar sadece denizlerle sınırlı değil göller, barajlar, akarsular ve yeryüzünde su bulunan her yerde yapılmaktadır.

Batimetrik ölçmelerde tek ve çok bimli iskandil yöntemleri kullanılmaktadır. Tek bimli iskandil yöntemi, iyi planlandığında ve uygulandığında liman çalışmalarında (ve birçok alanda) daha düşük maliyetli olmasından dolayı daha çok tercih edilen bir yöntem olmaya ve geçerli sonuçlar üretmeye devam etmektedir[4].

Ancak, %100 deniz tabanı kaplaması ve yoğun veri elde edilmesi gereken yerlerde genellikle çok bimli iskandil yöntemi kullanılmakta ve nokta bulutu şeklinde veri üretilmektedir.

Her iki ölçme yöntemin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. İlk göze çarpan ise bu yöntemlerin maliyetleri ve kolay ulaşılabilir olup olmamasıdır. Tek bimli iskandil ise, çok bimli iskandile göre çok daha ucuz maliyetlerde elde edilip, işletilebilmektedir. Ölçüm yapabilmek için bir tekne dahi zaruri değildir. Zoydak olarak adlandırılan bir bot ile dahi barajlar, göller ve kıyılarda çalışılabilinir. Bunun ise en büyük getirisi maliyet gibi gözükse de, sığ kıyı alanlarında çalışma kabiliyeti olarakta nitelenmektedir.

Kullanılan tekne ve ekipmanlardan dolayı tek bimli bir iskandil ile 1m derinliğin altında ölçüm yapabilecekken, çok bimli iskandil ile o derinliklerde veri toplanması mümkün gözükmemektedir. Tek bimli iskandile nazaran bim açısına bağlı olarak yelpaze şeklinde ışın gönderen çok bimli iskandil ile daha geniş bir alan daha kısa bir sürede taranabilir.

Gelişen teknolojiye rağmen, elde edilen veriler (çoğunlukla) hala nokta bazlı olmaktadır [5][6][7][8]. Çevreyi, deniz tabanını yorumlamak için gerekli olan boşluksuz ve pürüzsüz yüzeyi oluşturmak için ise direkt olarak ölçülmemiş bazı alanların elde edilmesi gerekiyor ve bu alanların belirlenmesi için çeşitli enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır [9,10,11,12,13].

[10] çalışmasında, en derin noktası 3.73 m olan Vrana gölünde tek bimli iskandil yöntemiyle elde ettikleri verileri, 12 farklı enterplasyon yöntemi ile modellemiş ve en uygun modeli bulmaya çalışmışlardır. Yanısıra gölün yüzey alanı ve hacmini saptamak, elde ettikleri modelleri karşılaştırmak diğer amaçlarıdır.

[11] ise, deniz tabanında yapılan kazı çalışmalarında yapılacak olan ekstra harcamaları engelleme ve doğruluğu yüksek yüzey modellemesini hedeflemektedir. Bu sebeple, tek bimli iskandil yöntemi ile elde ettiği verileri 12 farklı enterpolasyon yöntemi kullanarak modellemiştir. Modelleme yapmadan önce, verilerin bir kısmını kontrol olarak ayırmış ve oluşan modelini bu noktalar ile karşılaştırmıştır.

[12] çalışması ile, tek bimli iskandil verilerinin hatları arasında bulunan boşluklara değinerek böyle bir çalışma yapmıştır. 9 farklı enterpolasyon yöntemi ve çeşitli grid aralıkları ile modeller üretmiştir. Elde ettiği bilgiler üzerine analizler yapmıştır.

[13] çalışmasında IHO (Uluslararası hidrografi örgütü) hidrografik ölçme standartlarına yer verilmiş, tek bimli iskandil ve çok bimli iskandil sistemlerinin çalışma prensibi ve hata analizi detaylı olarak açıklanmıştır.

[14] de Tek bimli iskandil ve çok bimli iskandil ölçme yöntemleri ile sığ ve derin noktaların bulunduğu bir bölgeden elde edilmiş iki farklı veri setinden, tek bimli iskanldil verisi delenuay, ters mesafe, kriging, en yakın komşu, lokal polinom, minimum eğrilik ve moving avarage enterpolasyon yöntemleri ile modellenmiştir. Elde edilen batimetri modelleri çok bimli iskandil verisi ile karşılaştırmalı şekilde değerlendirilmiştir, analiz edilmiştir. Bu çalışma sonucunda tek bimli iskandil ölçme yönteminin bu bölge için yeterli doğruluğu sağlayabildiği gözlenmiştir.

[15] çalışması %1, %5, %10, %25 ve %50 oranında seyreltilerek Ters mesafe ağırlıklı, Eğri uydurma (spline) ve Üçgenlenmiş düzensiz ağ (TIN) enterpolasyon yöntemleri kullanılarak modellenmiş ve veri yoğunlukları ve zemin yapısı - karakteri göz önünde bulundurularak analiz edilmiştir. Eğri uydurma methodu bütün veri yoğunluklarında ham veriye en yakın değerleri sağlamış olup, %10 ve üzeri yoğunluklarda birbirine yakın ve en yüksek doğruluğu sağlamıştır.

[16] ise geçki planlama çalışmaları için elde edilmiş hava lidar verilerinden oluşturulan yüzeylerin doğrulukları değerlendirilmiştir. Yükseklik modeli oluşturma sürecinde 2, 4, 6, 10 ve 30 m olmak üzere grid aralıkları; %1, %5, %10, %25, %50, %75, %90, %95 ve %99 oranlarında yoğunluklar; Kriging, Lineer enterpolasyonla triangulasyon ve Ağırlıklı ortalama enterpolasyon yöntemleri kullanılmıştır. Analiz sonuçları standart sapma türünden elde edilmiştir. En düşük standart sapma değerleri Kriging yöntemi ile elde edilmiştir. Her üç yöntemde de %1 ve %75 veri yoğunluğu arasındaki değerler birbirlerine yakın ve diğer veri setlerine göre daha yüksek doğruluk elde edilmiştir.

[17] bu çalışma saha yapısı, veri yoğunluğu ve enterpolasyon yöntemlerinin oluşturulan sayısal yükseklik modelindeki enterpole edilmiş yükseklik noktalarının

doğruluğunu araştırmayı hedeflemiştir. 3 farklı enterpolasyon yöntemi, 7 farklı arazi tipi ve 8 farklı veri yoğunluğu test edilmiştir. Model üzerinde en büyük etki sırası ile saha yapısı, veri yoğunluğu ve enterpolasyon yöntemi olarak gözlenmiştir.

[18] hava şartlarından etkilenen ölçme taşıtının yapmış olduğu düşey yöndeki haraketi sonucu oluşan bat-çık haraketinin ölçümlere olan etkisi gözlenmiş. Bu bozucu etkinin ölçülen derinlik değerlerinden uzaklaştırılabilmesi için GPS ölçülerine dayalı bir yöntem ve ortalama deniz seviyesi tespiti için farklı bir yöntem önerilmiştir. Bu süreçte Tek bimli iskandil(TBİ) kullanılarak veri elde edilmiştir. Ve bu yapılan çalışmada, ölçme yöntemleri ve teknikler literatüre dayalı şekilde detaylı biçimde anlatılmıştır. Deniz tabanının modellenmesi için ise 7 farklı enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasının amacı, tek bimli iskandil yöntemi ile elde edilen derinlik ölçümlerinin farklı enterpolasyon yöntemleri kullanarak modellenmesi ve elde edilen model sonuçlarının çok bimli iskandil yöntemi ile elde edilen sonuçlar ile doğruluğunun araştırılmasıdır.

Bu amaç kapsamında, ilk olarak çok bimli iskandil(ÇBİ) yöntemi ile elde edilen veri kalitesi test edilmiştir. Tek bimli iskandil(TBİ) yöntemi ile elde edilen veriler farklı enterpolasyon yöntemleri ve 3 farklı hat aralığı kullanarak modellenmiş ve çok bimli iskandil yöntemi verisi referans alınarak doğrulukları belirlenmiştir.

Ayrıca, çok bimli iskandil yöntemi verileri ile elde edilen modeller üzerinde 5 farklı profil hatlar seçilmiş olup, aynı hatlar tek bimli iskandil yöntemi modellerine de uygulanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Son olarak, ÇBİ ve TBİ verileri enterpolasyon yöntemleri ile modellenmiş ve her bir ÇBİ yüzey modeli ile TBİ yüzey modeli arasındaki hacim farkı karşılaştırılmıştır.

1.3 Hipotez

Sonuç ürün olan batimetrik modeli etkileyen birçok faktör vardır. Sahadan veri toplanma adımından, ofiste verilerin işlenmesi ve model oluşturulmasına kadar bütün süreçlerde hatalar olabilir, bu hatalar kullanılan yöntemlere göre değişiklik gösterebilir ve elde edilen ürün, gerçek topografyadan uzaklaşmaktadır.

Bu kapsamda, bu çalışma için aşağıdaki hipotezler öngörülmektedir:

- 55 – 70 m arasında değişen derinliklerde gerçekleştirilen tek bimli iskandil yöntemi ile elde edilen verilerin farklı enterpolasyon yöntemler ile modellenmesinde, ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon, Kriging ve lineer enterpolasyon yöntemleri birbirlerine yakın değerler üretmektedir.
- Tek bimli iskandil yöntemi ile üretilen derinlik verilerinin Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi ile modellenmesi sonucunda çok bimli iskandil yöntemi ile üretilen modele yaklaşmaktadır.
- Her sahaya uygulanacak tek bir enterpolasyon yöntemi yoktur ve bu mekânsal ve hava şartları gibi geçici bilşenlerden etkilenmektedir.

2
GENEL BİLGİLER

2.1 Derinlik Ölçme Yöntemleri

Tarih boyunca insanlar yaşadıkları bölgelerdeki sulak alanların derinliğini ölçmeye çalışmıştır. İçerisinde bulundukları dönem ve teknolojinin el verdiği ölçüde aletler geliştirdiler ve zaman ilerledikçe daha hızlı bir şekilde ve daha geniş alanların ölçülmesini sağlayacak aletlere sahip olmuşlardır.

Bunlardan en yaygın olanları aşağıda verilmiştir:

- Lata iskandil
- Termometrik iskandil
- Akustik Ölçme Yöntemleri
- Airborne (hava) Lidar
- Uydu Altimetresi
- Uydu Görüntüleri

Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanı "akustik ölçme yöntemleri" dir. Bu çalışmada da tek bimli iskandil (TBİ) ve çok bimli iskandil yöntemleri (ÇBİ) kullanılmıştır. Yukarıda verilen listedeki yöntemler "Uydu Görüntüleri" hariç olmak üzere derinlik verisini elde etmektedir. Uydu görünleri ise genellikle habitat haritalarında kullanılmakta ve düşük doğruluk sağlamaktadır.

Hidrografik ölçmelerle, klasik haritacılıkta kullanılan jeodezik ölçmeleri birbirinden ayıran nokta "datum" tanımıdır. Jeodezik ölçmelere göre yapılan datum tanımlamada, yeryüzünde referans noktaları sabit kabul edilir ve kısa süreler içerisinde pek değişikliğe uğramaz Kabul edilir. Hidrografik ölçmlerde ise, su kotu günde 2 ile 4 kez arasında değişebilir ve bundan dolayı sürekli olarak bir düzeltme getirilmesi gerekmektedir[19]. Hata ve belirsizlikler sonuç doğruluğuna doğrudan

etki eden anahtar bileşenlerdir. Hataya dolaylı veya direkt olarak sebep olan bileşenler ise aşağıda verilmiştir:

- Ölçme yöntemi
- Deniz yüzeyinin ölçme anındaki durumu
- Ses hızı ve dolaylı olarak etkileyen faktörler (su sıcaklığındaki değişimler, tuzluluk oranı vb.)
- Sonar bimlerinin genişliği
- Deniz tabanındaki düzensiz topografya
- Ölçüm aracının dönme, batma - çıkma ve yalpalama haraketi [20].

Yapılan bu çalışmada, ölçme teknesinde kullanılan cihaz ve deniz ortamından kaynaklanan hatalar göz ardı edilmiştir.

2.2 Akustik Ölçme Yöntemleri

Akustik derinlik ölçmeleri ilk olarak 1930'larda başlamış ve 1950'li yıllarda sağlıklı bir şekilde uygulanmaya başlamıştır. Akustik iskandil tekniği, hidrografi taşıtına monte olarak bulunan akustik ölçme aletinden, ses dalgasının deniz tabanına gönderilip – geri alınması, arada geçen sürenin hesaba katılması ile derinlik hesaplanması işlemidir [21]. 2.1'de formül olarak verilmiştir.

$$d = \frac{1}{2} * v * t \tag{2.1}$$

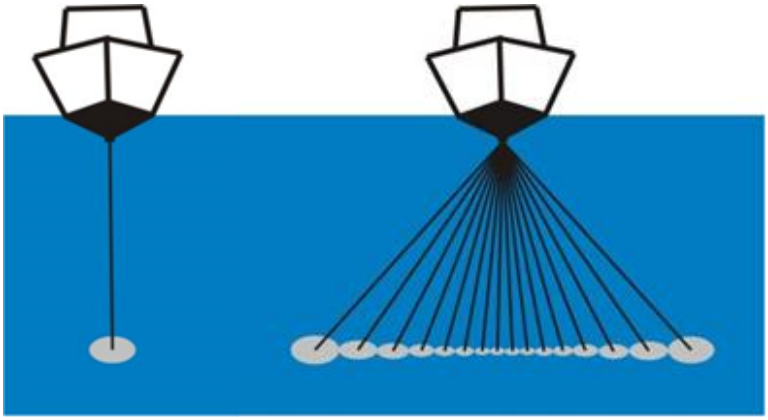
d derinliği, v sesin su içerisindeki hızını ve t sesin su içerisinde seyir süresini temsil etmektedir.

Bu durumda dikkat çeken önemli nokta ise, ses hızının farklı derinlik, basınç, tuzluluk ve sıcaklık gibi etkenlerle değişiklik göstermesidir. Bundan ötürü çalışma yapılamadan evvel ses hızının ölçülmesi ve profil olarak elde edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, su kotu değişken bir değer olduğu için ölçüm yapılan ana ait su kotunun elde edilmesi gerekmektedir.

2.2.1 Tek Bimli İskandil Yöntemi

Tek yönlü akustik iskandil, bir hat boyunca seyreden hidrografi taşıtının altındaki

derinliklerin akustik dalga yayılım prensibine göre ölçülerek, o hat boyunca su altı topografik profilinin çıkarılmasıdır (Şekil 2.1)[22]



Şekil 2.1 Tek ve çok bimli iskandil yöntemleri [13].

2.2.2 Çok Bimli İskandil Yöntemi

Tek bimli islandil ile yapılan ölçmelerde, dar bim yapısından dolayı deniz tabanında daha az sayıda derinlik verisi toplanmaktadır. Çalışmanın ölçeğine göre değişiklik gösteren hatlar arasında ise boşluklar bulunur. Bu boşluklar enterpolasyon yöntemleri kullanılarak modellendirilir. Çok bimli iskandil (ÇBİ) yöntemi ise, çoklu paralel ışınlar üreterek yüksek yoğunluklu bir veri elde etme imkanı sunarken, %100 deniz tabanı kaplaması da sağlamaktadır. TBİ kullanılarak yapılan ölçmelerdeki hatlar arasında boşluklar, bu yöntemde bulunmaz. Her iki yönteminde çalışma mantığı akustik ölçme prensibine dayanmaktadır. Fakat, ÇBİ yöntemi deniz tabanından nokta bulutu şeklinde veri edilmektedir (Şekil 2.1).

Hem TBİ hem de ÇBİ yöntemleri kullanılarak yapılan ölçmelerde, cihazın ölçtüğü her bir noktada, konum belirleme sisteminden gelen bir koordinat değeri (Coğrafi/projeksiyon) ile ölçülen derinlik değeri kaydedilmektedir. Ölçülen derinlik değeri iskandil aletine bağlı olan transdüser/sonar ile deniz tabanı arasında kalan düşey uzunluktur. Bu mesafeye teknenin su çekimi / draft düzeltmesi ile gelgit düzeltmesini de eklemek gerekmektedir. Hidrografik ölçme yazılımları kullanılarak yapılan bu ölçmelerdeki sonuç ürün ise, her bir noktaya ait “Enlem”, “Boylam” ve “Derinlik” veya projeksiyon koordinatları olan “Sağa”, “Yukarı” ve “Derinlik” değerleridir.

3
İZLENEN YÖNTEM

3.1 Enterpolasyon Yöntemleri

Birçok çalışma, çalışma alanında noktasal şekilde veri toplanarak yapılmaktadır. Fakat, gerçekleştirilen çalışmalarda çoğu zaman, boşluksuz veya araziyi yansıtan bir yüzeye ihtiyaç duyulur. Bu yüzden, boşluksuz ve sürekli bir yüzey oluşturmak için enterpolasyon yöntemleri kullanmak gerekmektedir

Enterpolasyon, dayanak noktalarındaki ölçme değerlerinden, ölçülmeyen noktalardaki ölçü büyüklüklerinin kestirimi olarak tanımlanır.

Enterpolasyon temelde aşağıdaki işlemler için kullanılır [23][24]:

- Tek nokta konum yüksekliğini hesaplama
- Örnekleme noktalarından yararlanarak grid yüksekliğini hesaplama
- Eş yükseklik eğrileri boyunca nokta konumu (x, y) hesaplama
- Gridleri sıklaştırma /seyrekleştirme (yeniden örnekleme)

3.1.1 Kriging Enterpolasyon Yöntemi

Bu yöntem adını bu tekniği ilk geliştiren D.G. Krige isimli Güney Afrikalı bir maden mühendisinden almaktadır. Kriging jeoistatistiksel konumsal kestirim yöntemidir. Jeoistatistikte bir maden içerisindeki maden cevheri derecesinin değişimlerini kestirmek amacı ile bu yöntem kullanılmaktadır [25][26].

Kriging enterpolasyon yönteminde, bir bölgede enterpole edilecek olan parametrelerin bölgesel bir değişken olduğu kabul edilir. Birbirine yakın noktalardaki veri değerlerinin daha korelasyonlu olması için bölgesel değişken konumsal olarak sürekli bir çeşitlilik gösterir [27].Genel olarak kestirim işlemi (3.1) eşitliğinde gösterildiği gibi, bilinen değerlerin ağırlıklı ortalaması alınarak yapılır

$$z^{\cdot}(x_0) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i z(x_i) \tag{3.1}$$

(3.1) eşitliğinde, $z^{\cdot}(x_0)$ kestirilecek nokta, $z(x_i)$bilinen noktayı, $\lambda_i$atanacak ağırlıkları göstermektedir.

Ağırlıkların, kestirim hatalarının ortalaması sıfır ve varyansı en küçük olacak şekilde belirlenmesine Kriging adı verilmektedir. Kriging matris formunda (3.2) eşitliği gibi gösterilmektedir[28]:

$$\begin{bmatrix} \Upsilon_{11} & \Upsilon_{12} & \dots & \Upsilon_{1n} & 1 \\ \Upsilon_{21} & \Upsilon_{12} & \dots & \Upsilon_{1n} & 1 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ \Upsilon_{n1} & \Upsilon_{n2} & \dots & \Upsilon_{nn} & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ . \\ \lambda_n \\ m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{01} \\ \lambda_{02} \\ . \\ \lambda_{0n} \\ \lambda_1 \end{bmatrix} \tag{3.2}$$

Burada, Υ_{ij} , $x_i$ve x_j noktaları arasındaki uzaklığa ilişkin variogram değerini, m ise Lagrange sabitini göstermektedir.

Kriging yöntemi ile yapılan hatanın varyansına, Kriging varyansı denir ve bu varyans aşağıdaki eşitlikte verilmiştir [28]:

$$\sigma_k^2 = \sum_1^n \lambda_i \, \Upsilon(x_0 - x_i) + m \tag{3.3}$$

Verilere göre önceden variogram fonksiyonu belirlenir. Bu fonksiyona göre, ağırlıklar hesaplanır. Kriging Varyansı, verilerin gerçek değerlerine bağlı değildir, veri sayısına ve veriler arasındaki uzaklığa bağlıdır.

3.1.2 Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi

Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi (TMAE) ise deterministik bir yöntemdir. Bir başka deyişle, değeri atanacak olan nokta, çevresindeki noktaların ağırlık fonksiyonları baz alınarak atanır. Değeri bilinen noktalar, değeri bilinmeyen noktaları saptayabilmek için kullanılır. [29]. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi öncü bir modelleme gerektirmediğinden ötürü, en basit enterpolasyon

modellerinden birisidir [30]. Bu yöntemde, dayanak noktalara olan mesafe arttıkça uzaktaki noktanın kestirilecek değere olan etkisinin azaltılması amaçlanmıştır. [31]

$$z = \sum_{i=1}^{n} S_i * \mathrm{Z_i} / \sum_{i=1}^{n} s_i \quad (3.4)$$

$$S_i = \frac{1}{d_i^p}, \quad \mathrm{i=1,2,3,4, \ldots} \qquad \mathrm{P=1,2,3,4,\ldots} \quad (3.5)$$

$$d_i = \sqrt{(x - X_i)^2 + (y - Y_i)^2} \quad (3.6)$$

3.4 eşitliğinde z enterpolasyon noktasının yüksekliğini, Z dayanak noktalarının yükseklik değerini, S ağırlık değerini ve n sayısı ağırlık değerini ifade etmektedir.

3.5 eşitliğinde ise p güç parametresi, d ise dayanak noktası ile enterpolasyon noktası arasındaki mesafedir. [31]

Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yönteminde dayanak noktası seçimi konusunda herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır. Fakat uygulama esnasında bütün noktaların enterpolasyona dahil edilmesi olumsuz etki yaratabilmektedir. Bu sebeple genellikle enterpolasyon noktası merkez alınarak bir daire veya dikdörtgen alan içerisindeki dayanak noktalarına göre hesaplamalar yapılmaktadır. [32]

3.1.3 En Yakın Komşu Enterpolasyon Yöntemi

En yakın komşu enterpolasyon yöntemi (EYKE), enterpolasyon yöntemleri içerisinde en basitlerdem birisisi olarak bilinir. Bu yöntemde yüksekliği belirlenecek olan noktaya çevresinde bulunan en yakın noktanın yükseklik değeri verilmektedir [33].

Derinlik değerleri, en yakın komşu noktalarının ortalama derinliklerinin, düğüm noktalarına göre tersine mesafe ile ağırlıklandırılmasıyla elde edillir. Yöntemin fonksiyonu :

$$f(x, y) = a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 x_2 + a_4 xy + a_5 y_2 + \cdots \quad (3.7)$$

olarak verilir. Burada, x ve y noktalara ilişkin 2-boyutlu koordinat bileşenleri ve a_i ise fonksiyonun bilinmeyen parametrelerini göstermektedir.

3.1.4 Radyal Tabanlı Fonksiyon

Radyal tabanlı fonksiyon yöntemi (RTF), deterministik enterpolasyon yöntemlerinden bir tanesidir. Bu yöntemin prensibi, enterpolasyon fonksiyonunun veri noktalarından geçmesine ve oldukça yumuşak bir model oluşturmasına dayanmaktadır.

Tüm fonksiyonlar farklı bir formata sahiptir ve oranı az olmakla beraber farklı sonuçlar oluşturmaktadır. Buna karşın radyal tabanlı fonksiyon, ekstrapolasyon yapılacak çalışmalarda kullanılacak uygun bir yöntemdir. Ayrıca, bu yöntem büyük nokta verilerinden yüzey oluşturmak için de kullanılır.

Toplamda 5 farklı Radyal tabanlı fonksiyon vardır. Bu fonksiyonlar Tablo 3.1'de gösterilmiştir [34.][11]

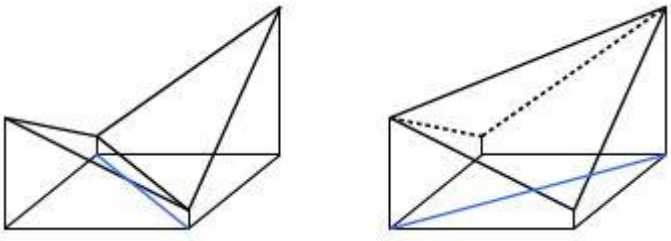
Tablo 3.1 Radyal Tabanlı Fonksiyon Çeşitleri

Radyal Tabanlı Foksiyonlar	**Eşitlik**
Multiquadric	$\sqrt{r^2 + c^2}$
Inverse Multiquadric	$1/\sqrt{r^2 + c^2}$
Multilog	$\log(r^2 + c^2)$
Natural Cubic Spline	$(r^2 + c^2)^{3/2}$
Thin Plate Spline	$(r^2 + c^2)\log(r^2 + c^2)$

Tablo 3.1'de, r noktadan düğüm noktasına olan anizotrop ölçeklenmiş bağıl mesafeyi, c ise yumuşatma parametresini ifade etmektedir [35].

3.1.5 Lineer Enterpolasyon Yöntemi

Lineer enterpolasyon yöntemi, tarihsel olarak ilk enterpolasyon yöntemlerden biridir ve geçmişi bilgisayarın icadından önceye dayanmaktadır. Yöntem genel olarak arazinin üçgenlere bölünmesi mantığına dayanır. Her üçgen daha sonra üç köşesi ile bir düzlem tanımlar. Bu yüzden elde edilen yüzey parça başına doğrusaldır[36]



Şekil 3.1 : Aynı alan üzerinde oluşabiliecek alternatif iki üçgen [36]

Lineer enterpolasyon yöntemi hızlı bir yöntemdir. Buna karşın, uygulamada belirsiz üçgenler oluşturabilir, oluşturulan üçgenler alternatif olarak farklı şekiller alabilirler. Enterpolasyon sonucu oluşan model bilinen noktaların alanı ile sınırlıdır ve bundan dolayı da yumuşak bir yüzey oluşmaz. Şekil 3.1 de oluşabilecek alternatif üçgenler gösterilmiştir.

Bu yöntem jeodezik çalışmalarda hala kullanılmakta ve sahadan veri toplanırken saha üzerindeki karakteristik noktalar da ölçmüş olması durumunda oluşacak modelin doğruluğu arttırılmış olmaktadır. Batimetri çalışmalarında böyle bir durum söz konusu değildir.

Bir eğik düzlem ;

$$z = a_{00} + a_{10}x + a_{01}\mathrm{y} \tag{3.8}$$

olarak ifade edildiği takdirde a_{00}, a_{10}, a_{01} değerleri her bir köşe noktası için ayrı ayrı 3 farklı denklem ile belirlenir. Yüksekliği enterpole edilecek noktanın x_0 ve y_0 değerleri ise denklem üzerinde yerleştirilir. Sonuç olarak z_0 değeri elde edilir. Yapılan bu işlem ağırlıklı ortalamadan farklı değildir. Üçgenin her üç köşesine ait z değerinin ağırlıklı ortalaması alınmaktadır. Köşelere ait her bir z değerinin ağırlığı ise enterpolasyon noktasının o köşeye göre barisentik koordinatıdır[33]

3.2 IHO Hidrografik Ölçme Standartları

Yapılan derinlik ölçümleri, bölgelere göre gereklilikler ve standartları Uluslararası Hidrografi Örgütü (IHO) tarafından belirlenmiş olup, zaman zaman güncellenmektedir. Tablo 3.2 de 4 farklı saha örneği, açıklamaları ve dereceleri IHO hidrografik ölçme standartları 6. versiyonu referans alınarak gösterilmiştir.

Tablo 3.2 Derinlik ölçüm alanlarının koşullarına göre sınıflandırılması [37]

Derece	**Saha Örnekleri**
Özel	Omurga altı kleransının kritik olduğu alanlar
1A	Omurga altı kleransının daha az risk oluşturduğu, 100 m altında derinliğe sahip fakat taşımacılık için risk oluşturabilecek olgulara sahip alanlar.
1B	100'den daha sığ, omurga altı kleransının tehlike arz etmediği alanlar.
2	Derinliği 100m üzerinde olan alanlar.

Tablo 3.3'de gösterilen derinlik doğruluğu

$$s(d) = \sqrt{a^2 + (b\ x\ d)^2} \tag{3.9}$$

olarak tanımlanır [37]. Burada, a sabit derinlik hatasını, b derinliğe bağlı hata katsayısını, d derinliği ve b x d ise derinliğe bağlı olarak değişen katsayıyı göstermektedir.

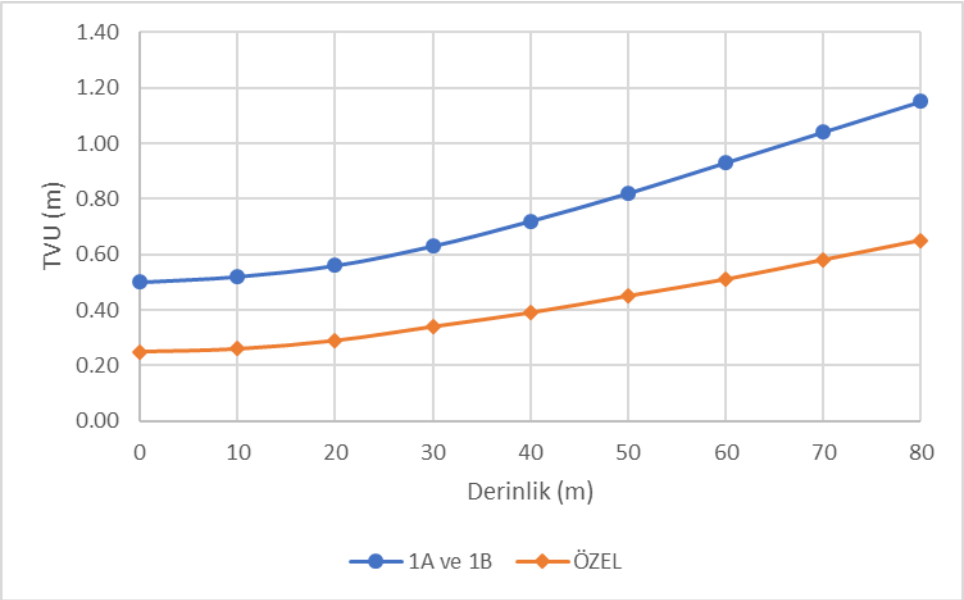
Tablo 3.3 Sınıflarına göre derinlik ölçümlerinde aranan doğruluk [37]

Derece	Yatay Doğruluk	Derinlik Doğruluğu s(d)
Özel	2 metre	a=0.25 metre b=0.0075
1A	5 metre + derinliğin 5%'i.	a=0.5 metre b=0.0.13
1B	5 metre + derinliğin 5%'i.	a=0.5 metre b=0.013
2	20 metre + derinliğin 10%'u.	a=1.0 metre b=0.023

IHO hidrografik ölçme standartları baz alınarak, çalışma alanının kapsadığı derinlikler için doğruluk sınır değerleri hesaplanmış ve elde edilen sonuç Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Şekil 3.1'e göre, derinlik arttıkça doğruluk azalmaktadır. 1A ve 1B derecelerinde en düşük derinlik değerine (56 m) ilişkin doğruluk 0.88 m iken, en yüksek derinlik değerine (70 m) ilişkin doğruluk 1.04 m olarak belirlenmiştir.

Özel derecede ise en düşük derinlik değerine ilişkin doğruluk 0.48 m iken, en yüksek derinlik değerine ilişkin doğruluk 0.58 m'dir.



Şekil 3.2 Derinlik değerlerine göre maksimum belirsizlik (TVU) değeri

Ve bu çalışmada TVU'nun (Derinlik değerlerine göre maksimum belirsizlik değeri) hesaplanmasinda ölçme teknesinde kullanilan cihaz ve deniz ortamindan kaynaklanan hatalar göz ardi edilmiştir.

3.3 Veri Kalitesinin Test Edilmesi

Sayısal yükseklik modeli üretiminde kullanılan veri setlerinin kalite kontrolünün yapılması için, ham veri setinden belirli oranlarda karşılaştırma noktası sabit olarak alınır. [34] Şekil 3.2'de 5% oranında test verisinin, %95 oranındaki dayanak noktaları içerisinde görünümü verilmiştir.

Karşılaştırma için ise, standart sapma veya Karesel Ortalama Hata (KOH) değerleri kullanılmıştır.

i.ölçü için hesaplanan ölçü ile model arasındaki derinlik farkı (d_i) olmak üzere

$$d_i = Z(i)_{Test} - Z(i)_{model} \tag{3.10}$$

standart sapma:

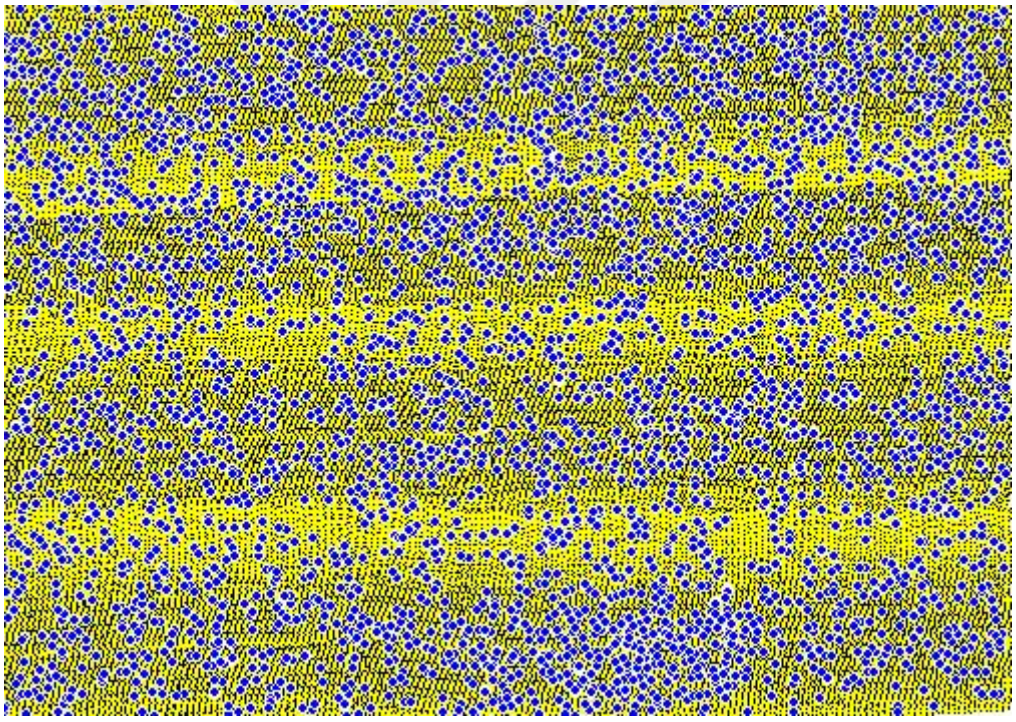
$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(d_l - d_i)^2}{n}} \tag{3.11}$$

karesel ortalama hata:

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Z_i(x,y)-Z_l(x,y))^2}{n}} \tag{3.12}$$

olarak hesaplanır. Burada $Z(i)_{Test}$ test noktalarına ait derinlik değerleri, $Z(i)_{model}$ oluşturulan modellerin yükseklik değerleri, n ise toplam nokta sayısını göstermektedir [38][17]. Eşitlik 3.8'de verilen $Z_i(x,y)$, (x,y) koordinatı üzerinde enterpolasyon ile elde edilen derinlik değerini, $Z_l(x,y)$ ise ölçülerek elde edilmiş olan derinliği temsil etmektedir.

Şekil 3.3 de %5 oranında ayrılmış olan test noktalarının, %95 oranındaki dayanak noktaları içindeki dağılımları, sırası ile mavi ve sarı renkler ile gösterilmiştir.



Şekil 3.3 5% oranında test verisinin, %95 oranındaki dayanak noktaları içerisinde görünümü

4
UYGULAMA

4.1 Çalışma Alanı ve Veri Seti

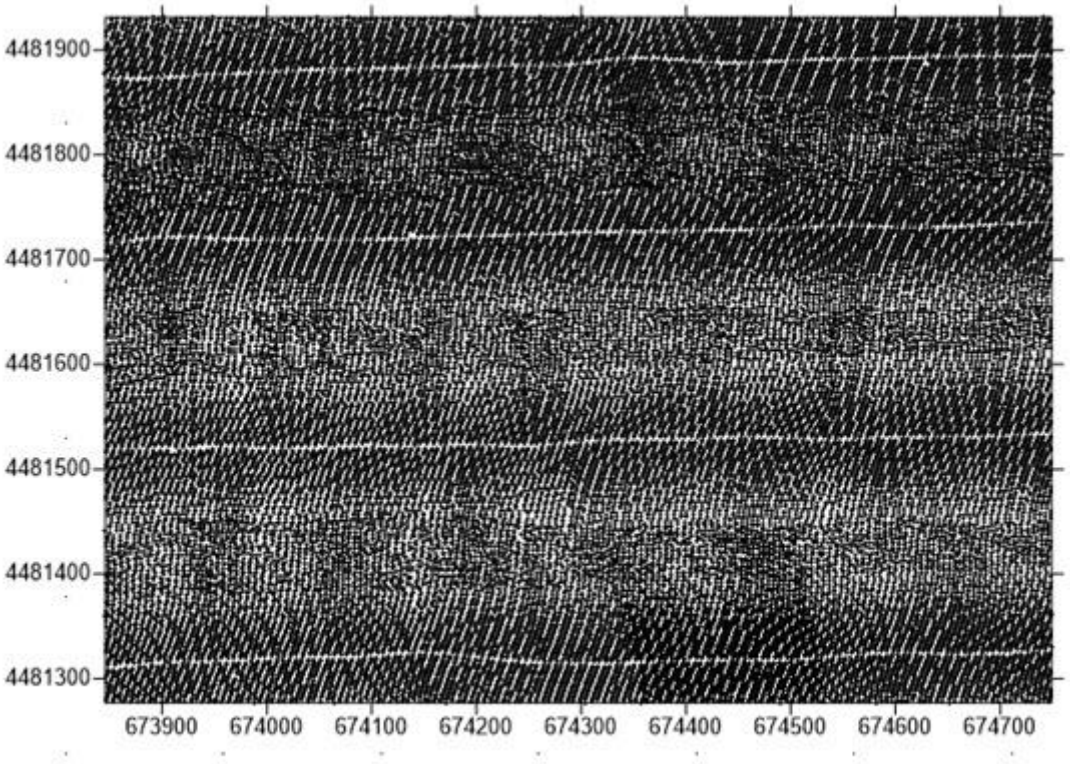
Bu tez çalışmasına ilişkin veriler, Bursa ilinde bulunan Gemlik ilçesi, Gemlik körfezinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Çalışma alanı

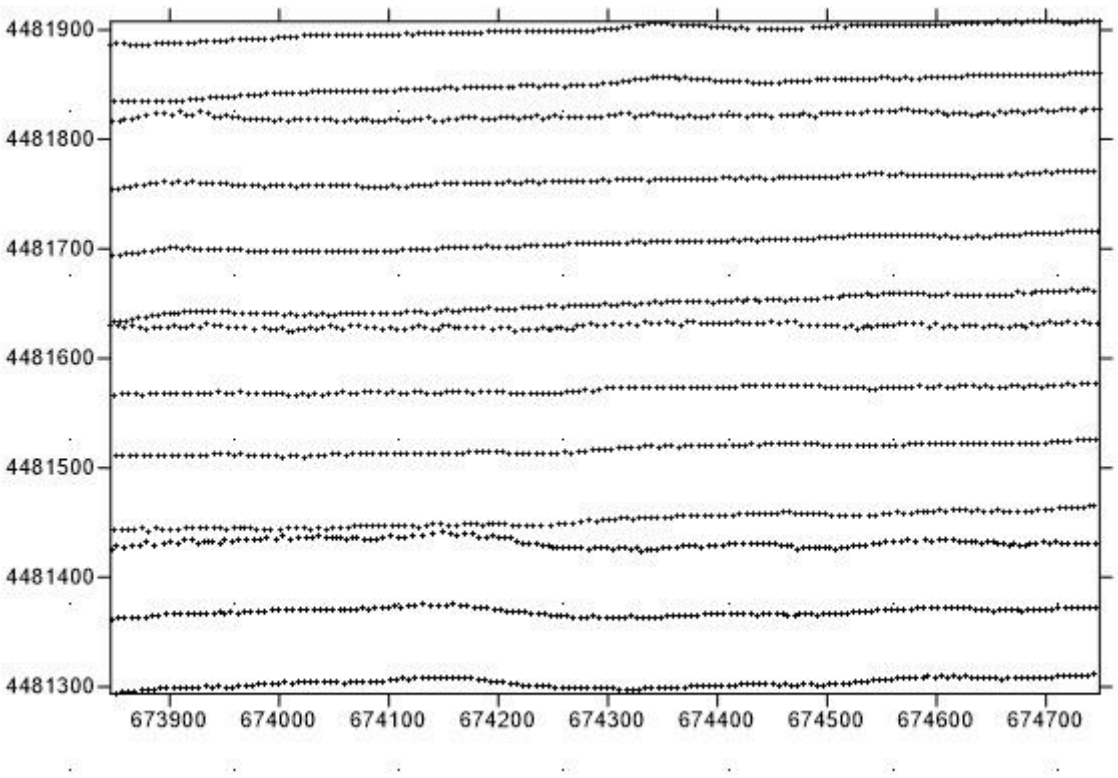
Şekil 4.1'de gösterilen çalışma alanında ÇBİ ve TBİ olmak üzere iki farklı veri seti elde edilmiştir. Çalışma yapılan alan, kıyıya yakın olmakla beraber, kıyıyı içermemekte ve en derin nokta 69.80 m iken en sığ nokta 55.83 m'dir.

ÇBİ verisi 73079 noktadan oluşmakta ve nokta bulutu olarak elde edilmiş olup şekil 4.2 de gösterilmektedir.



Şekil 4.2 ÇBİ veri seti

TBİ verisi ise hat şeklinde elde edilmiş olup boşluklu yapıdadır ve 3260 noktadan oluşmakta ve Şekil 4.3' de gösterilmektedir.

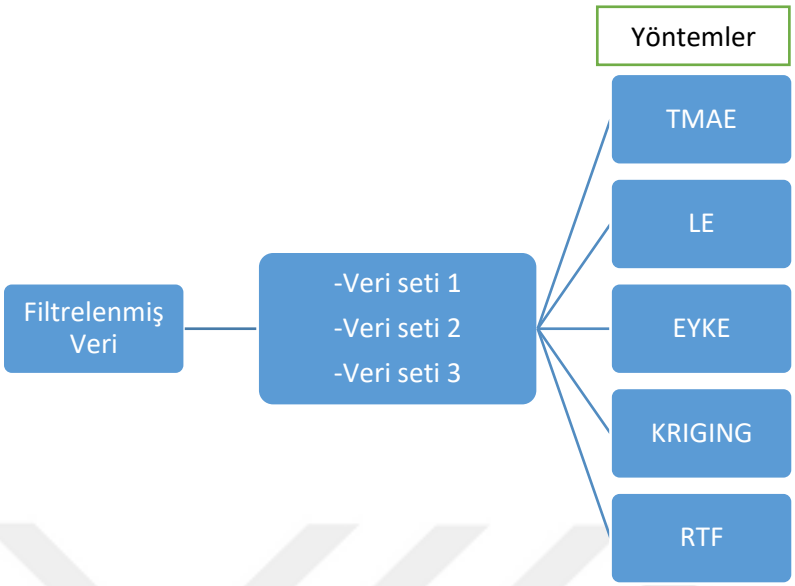


Şekil 4.3 TBİ veri seti

4.2 Çok Bimli İskandil Veri Setinin Farklı Enterpolasyon Yöntemleriyle Modellenmesi

Bu uygulama, batimetrik model elde etme sürecinde kullanıldığımız verinin kalite kontrolünün yapılması maksadıyla yapılmıştır. ÇBİ verisinden farklı oranlarda test verilerini ayrılmış ve geriye kalan veriler ise dayanak noktası olarak yüzey oluşturmak maksadıyla kullanılmıştır.

Elde edilen modellerin hassasiyetlerini değerlendirmek için standart sapma değerlerinden faydalanılmıştır.

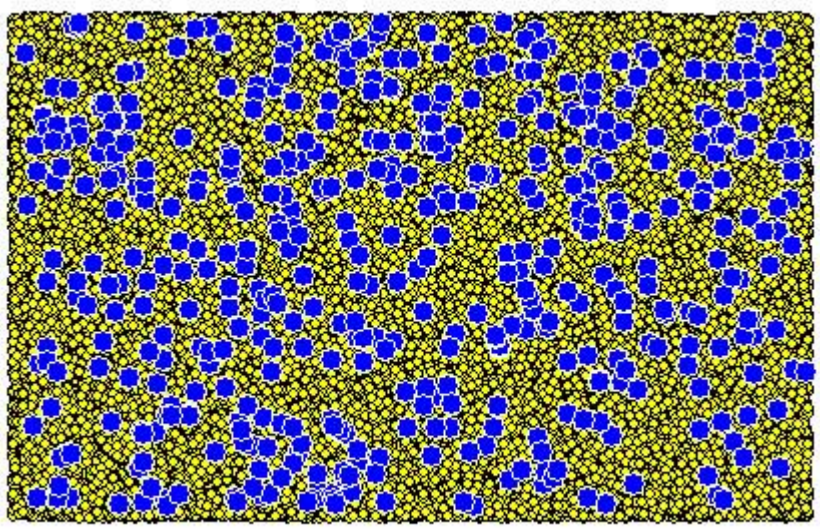


Şekil 4.4 Veri setleri ve enterpolasyon sürecinde uygulanan yöntemler

Veri setinin değerlendirilebilmesi için veri seti içerisinden belli oranlarda nokta verisinin ayrılmış olması gerekmektedir. Bunu homojen bir şekilde yapabilmek için belli adımlar izlenmiştir. İçerisinden belirli oranda nokta seçimi yapmak için Transform fonksiyonu kullanılmıştır. Bu kapsamda test noktası 3 farklı oranda, saha üzerinde homojen bir şekilde dağılmış olarak seçilmiştir. Ve bu oranlar sırası ile %1, %5 ve %10'dur (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Veri setleri ile test noktası - dayanak noktası oranları

Veri Seti No	Test Noktası Oranı	Dayanak Noktası Oranı
1	%1	%99
2	%5	%95
3	%10	%90



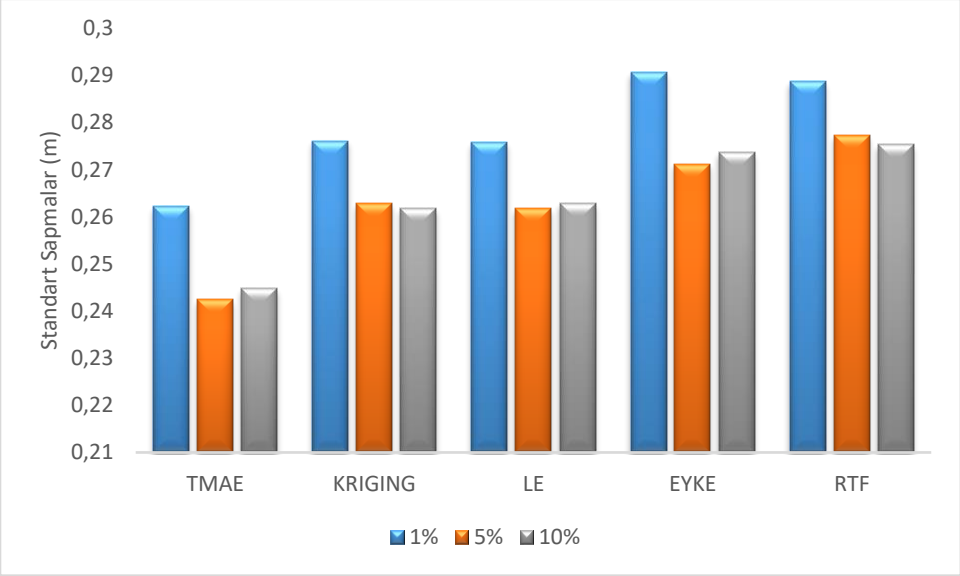
Şekil 4.5 1% oranında test verisinin, %99 oranındaki dayanak noktaları içerisinde görünümü

Şekil 4.5'de, % 1 oranında seçilmiş olan test noktalarının, yüzey oluşturmak için kullanılan %99 oranındaki dayanak noktaları içerisindeki dağılımı gösterilmiştir. Mavi renk % 1' lik test noktalarını, sarı renk ise % 99'luk dayanak noktalarını temsil etmektedir.

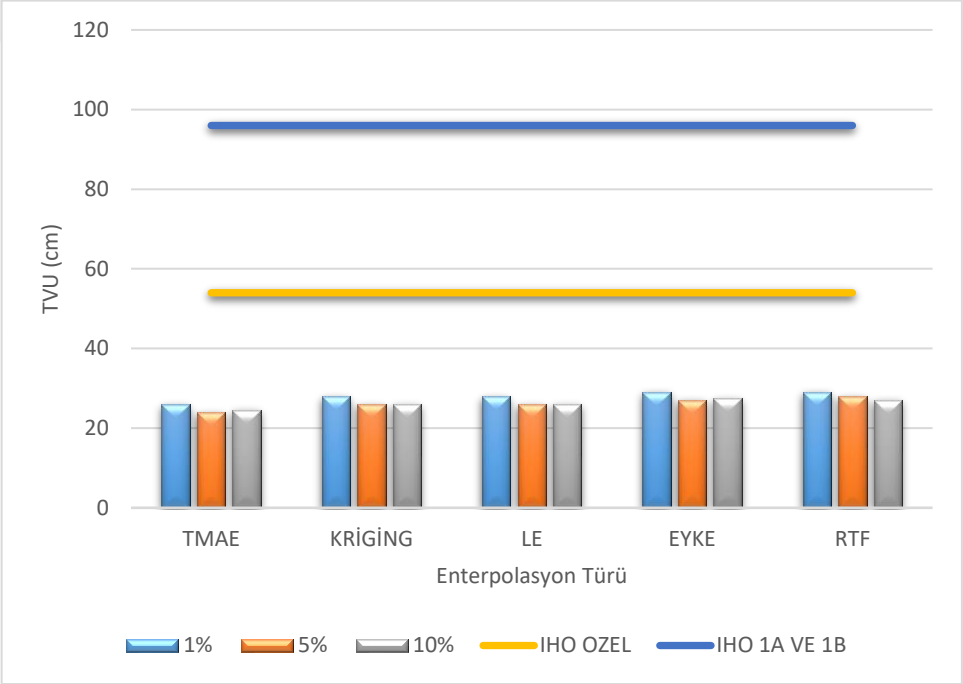
Bu çalışmada farklı enterpolasyon yöntemleri ve dayanak noktaları göz önüne alınarak modelleme çalışması yapılmıştır. Ayrıca, bu çalışmada karakteristik bir etki yaratmadığı için tüm modellerde grid aralığı 1 m sabit alınmıştır.

1 m grid aralığında oluşturulan modeller, dayanak noktaları ile karşılaştırılmış ve model ile ölçü arasındaki hatalar baz alınarak standart sapma değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

TMAE - Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon, LE – Lineer Enterpolasyon, EYKE - En yakın komşu enterpolasyonu, RTF- Radyal tabanlı fonksiyon'un kısaltması olarak verilmiştir.



Şekil 4.6 Yöntemlere göre standart sapma değerleri



Şekil 4.7 IHO hidrografik ölçme standartları ve elde edilen değerler

Şekil 4.7 de elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı biçimde, IHO hidrografik ölçme standartları ile beraber verilmiştir.

Şekil 4.6'ya göre, % 5 oranında seçilmiş test noktalarının diğer oranlara göre daha yüksek doğruluk verdiği görülmektedir. Enterpolasyon yöntemleri arasında Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon (TMAE) yönteminin doğruluğunun diğer yöntemlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. En yakın komşu enterpolasyonu (EYKE) ve

Radyal tabanlı fonksiyon (RTF) yöntemlerinin doğruluğu diğer yöntemlemlere göre daha düşük çıkmıştır. Bu analiz ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- 5 farklı enterpolasyon yöntemi ve 3 farklı oranda dayanak noktası kullanılarak yapılan çapraz doğrulama işlemi sonucunda en düşük standart sapma değeri TMAE yöntemi ile % 5 oranında dayanak noktası kullanılarak 0.24 m olarak elde edilmiştir.
- En yüksek standart sapma değeri ise 0.29 m olarak, EYKE ile % 1 oranında dayanak noktası kullanılan işlem sonucunda elde edilmiştir.
- Kullanılan dayanak noktasına göre elde edilen sonuçlar değişiklik göstermiştir. Bütün modellerde, en yüksek standart sapma değerleri % 1 oranında dayanak noktası kullanımı ile elde edilmiştir.
- Beklenildiği gibi % 5 ve % 10 oranında dayanak noktası kullanıldığında daha düşük standart sapma değerleri elde edilmiştir.
- % 1 'lik verilerde sırası ile yöntemlerden TMAE 26 cm, Kriging 28 cm, Lineer enterpolasyon (LE) 0.28 m, EYKE 0.29 m ve RTF ise 0.29 m olacak şekilde standart sapma değerleri elde edilmiştir.

% 5'lik verilerde sırası ile yöntemlerden TMAE 0.24 m, Kriging 0.26 m, LE 0.26 m, EYKE 0.27 m ve RTF ise 0.28 m olarak standart sapma değerleri elde edilmiştir.

- % 10'luk verilede sırası ile yöntemlerden TMAE 0.24 m, Kriging 0.26 m, LE 0.26 m, EYKE 0.27 m ve RTF 0.27 m standart sapma değeri sağlamıştır.
- Üç farklı dayanak noktası oranı göz önüne alındığında, % 1'lik veri seti ile düşük doğruluk elde edilmiştir. % 5 ve % 10 veri setlerinden ise birbirine göre yakın sonuçlar bulunmuştur.
- Şekil 3.1 de verilmiş olan IHO hidrografik ölçme standartlarına göre 1A ve 1B dereceli sahalarda, çalışma alanının ortalama derinliği olan 63 m için maksimum belirsizlik oranı (TVU) sınırı 0.96 m, özel dereceli sahalarda ise 0.54 m'dir. Elde edilen sapma değerleri bütün modeller ve farklı dayanak noktası oranları için bu sınırların altında kalmaktadır.
- [16] da benzer bir çalışma olup %1, %5, % 10, %25 oranında ayrılan test noktaları için sonuçlar neredeyse aynı değerlerde elde edilmiş ve %50, %75,

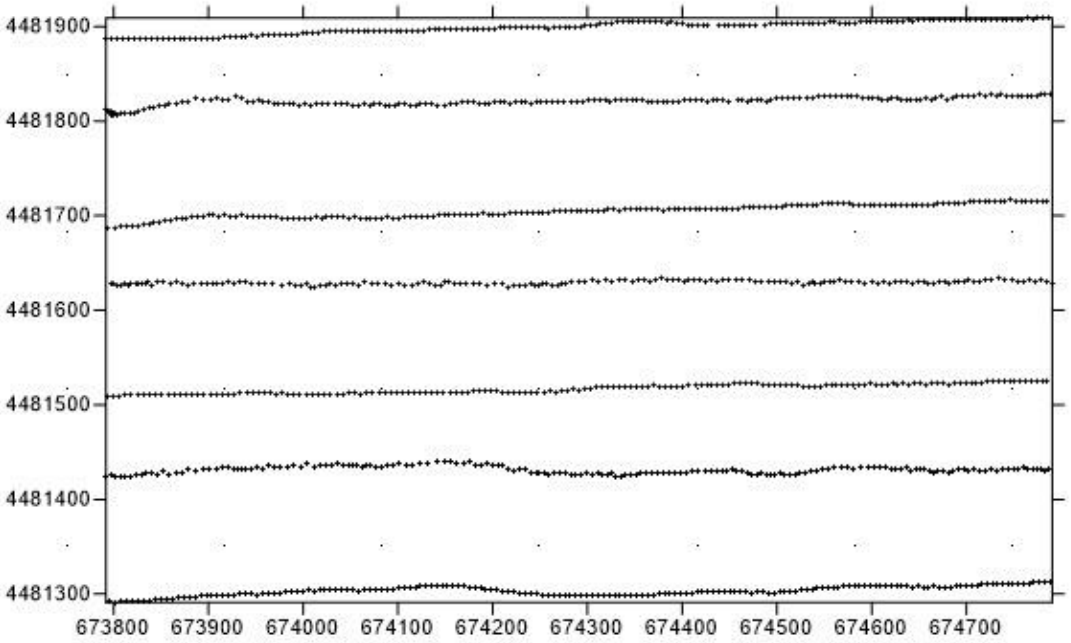
%90, %95, %99 olarak seçilen test oranlarından yüksek doğruluklu sonuçlar vermişlerdir.

- Enterpolasyon yöntemleri içerisinde en yüksek doğruluk TMAE başta olmak üzere, kriging ve LE yöntemleri ile elde edilmiştir.
- Elde edilen sonuçlar, IHO hidrografik ölçme standartına uymaktadır. Herhangi bir yöntemi ile oluşturulan model, sınır değerlerin üzerine çıkmamıştır.

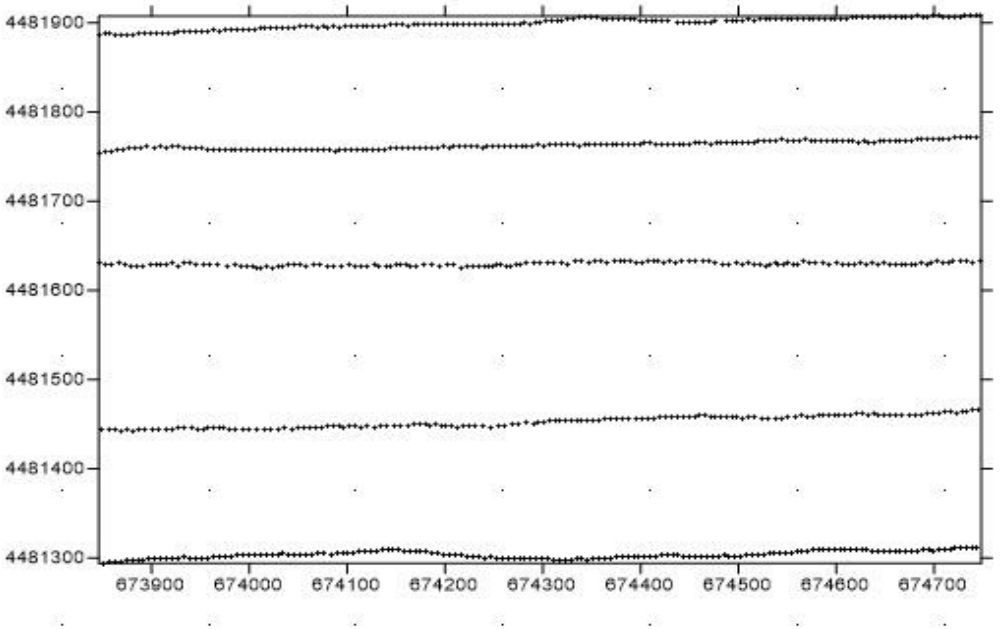
4.3 Tek Bimli İskandil Veri Setinin Farklı Veri Aralıklarına Göre Analizi

Bu analiz çalışmasında farklı aralıklarda üretilen TBİ veri setlerine göre elde edilecek modelin doğruluğunun araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında

TBİ verisi iki kez seyreltilerek toplamda üç farklı TBİ verisi üretilmiştir (Şekil 4.3 - 4.5). Şekil 4.4'de verilen TBİ veri seti, ham TBİ veri setinin (Şekil 4.3) her iki hattından birinin silinerek seyrekleştirilmiş veri "TBİ_1" ve şekil 4.5' de verilen TBİ veri seti ise ham TBİ veri setinin (Şekil 4.3) her üç hattından ikisinin silinerek seyrekleştirilmiş veri "TBİ_2" olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.8 Bir kez seyreltilmiş TBİ verisi (TBİ_1)

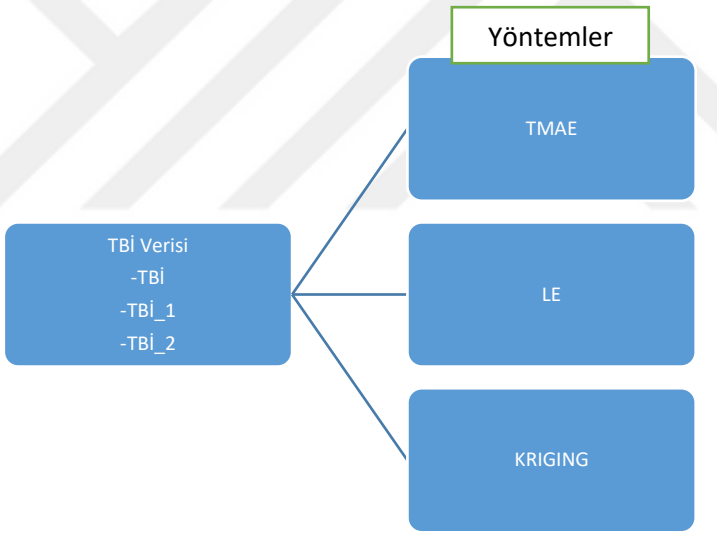


Şekil 4.9 İki kez seyreltilmiş TBİ verisi (TBİ_2)

Bu uygulamada TBİ verisinden türetilen veri setlerinin herbiri TMAE, Kriging ve LE yöntemleri ile modellenmiş ve model sonuçları ÇBİ nokta verisi ile noktasal olarak karşılaştırılmış ve istatistikel olarak elde edilen analiz sonuç değerleri belirlenmiştir (Şekil 4.10).

3 Farklı modelin değerlendirilmesinin sebebi, yapılan bu uygulamanın sonucunda diğer yöntemlerden daha iyi sonuç vermiş olmalarından kaynaklanmaktadır. Yanısıra, grid aralıklarındaki değişimlerin karakteristik sonuçlar oluşturmaması dolayısı ile grid aralıklarında uygulanan değişimler ve etkileri bu analizde dahil edilmemiştir.

Model oluşturmak için kullanılan veriseti, kullanlan enterpolasyon yöntemi ve istatistik değerler oluşturmak için yapılan karşılaştırma (referans) verisi Tablo 4.2 de gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Veri setleri ve uygulanan enterpolasyon yöntemleri

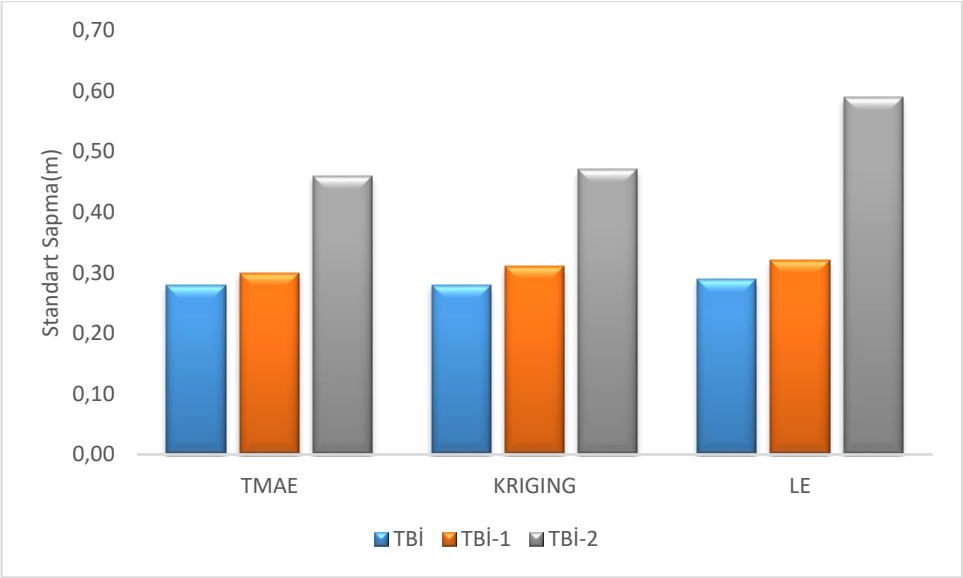
Tablo 4.2 Veri setleri, uygulanan enterpolasyon yöntemi ve karşılaştırma

Veri Seti	Modelleme Yöntemi	Karşılaştırılan Veri
TBİ	TMAE	ÇBİ Verisi
TBİ	Kriging	ÇBİ verisi
TBİ	LE	ÇBİ Verisi
TBİ-1	TMAE	ÇBİ Verisi
TBİ-1	Kriging	ÇBİ Verisi
TBİ-1	LE	ÇBİ Verisi
TBİ-2	TMAE	ÇBİ Verisi
TBİ-2	Kriging	ÇBİ Verisi
TBİ-2	LE	ÇBİ Verisi

Bİ noktaları, oluşturulan model ile çakışmaktadır. Başka bir deyişle, TBİ noktalarından elde edilen model ve yüksek yoğunluklu ÇBİ noktaları aynı bölgeyeyi temsil etmektedir. Her bir ÇBİ noktası, model üzerinde bir noktaya karşılık gelmektedir. Bu çalışmada, yüksek yoğunluğa sahip ÇBİ noktaları referans veri kabul edilmiş ve ÇBİ noktaları ile TBİ noktalarından oluşturulan model karşılaştırılmıştır. Her bir ÇBİ noktası'nın derinlik değeri model ile karşılaştırılmış ve elde edilen farklardan standart sapma değerleri elde edilmiştir.

Her bir i. ölçü için ÇBİ değeri doğru kabul edilerek ilgili TBİ veri setleri belirtilen enterpolasyon yöntemleri ile modellenerek elde edilen değer arasındaki farklar

$d(i) = Z(i)_{ÇBİ} - Z(i)_{TBİ\ model}$ göz önüne alınarak hesaplanan standart sapmalar Şekil 4.15'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 Standart sapma değerleri

- Elde edilen sonuçlara göre her üç modelde de ham TBİ verisi ile elde edilen standart sapma değerleri daha düşük gelmiştir.
- Değerlendirmeye alınan üç modelden, bütün veri setleri için en düşük değeri sağlayan enterpolasyon yöntemi TMAE yöntemi olmuştur.
- TBİ verisi modellenmiş olduğu her üç yöntemde de çok yakın değerler sağlamıştır. TMAE ve Kriging yöntemlerinde 0.28 m olmak üzere eşit değer sağlamış ve bu değer 0.29 m standart sapma elde edilen LE yönteminden düşüktür.
- Modellenmiş olan TBİ-1 verisi en düşük değeri 0.30 m ile TMAE enterpolasyon yönteminde sağlamakla beraber, grid aralığı arttıkça standart sapmada da artış göstermiştir. Kriging ve LE yöntemlerinde sırası ile 0.31 ve 0.32 m standart sapma değerleri elde edilmiştir.
- TBİ ve TBİ-1 verilerinden elde edilen sonuçlar arasında farklar olmasına rağmen, karakteristik değişimler gözlenmemiştir. Fakat TBİ-2 verisinde, en düşük standart sapma değeri 0.46 m iken en yüksek standart sapma değeri 0.59 m olarak bulunmuştur. Bu sonuç ile TBİ-2 verisi diğer iki veri aralığından daha düşük doğruluk vermiştir.
- Şekil 3.1'de verilmiş olan IHO hidrografik ölçme standartları göz önünde bulundurulduğunda ve çalışma alanının ortalama derinliği baz alındığında LE yöntemi ile modellenen TBİ-2 verisinin özel dereceli alanlar için gerekli

doğruluğu sağlamadığı gözlenmiştir. Geri kalan bütün modeller 1A – 1B ve özel dereceli alanlarda gerekli doğruluğu sağlamaktadır.

- Hat aralıklarındaki mesafe yükseldikçe doğruluk, nokta yoğunluğu ve haliyle ayrıntı gösterme gücü azalmıştır.
- En doğru, gerçeğe en yakın şekilde modelleme yapılan veri seti, daha yoğun olan sahip TBİ veri setidir.
- Tek bimli iskandil ölçme yönteminin dezavantajı deniz tabanında dar bir Alana ait bilgi sağlamasıdır. [11]. Referans alınan çok bimli iskandil verisi ise pürüzsüz ve eksiksiz bir yüzey sağladığı için, hatlar arasındaki mesafe artırıldığında, Tek bimli iskandil verisinin doğruluğu azalmaktadır. [39.] da da gözlendiği gibi, veri yoğunluğu model doğtuluğu üzerinde büyük etkiye sahiptir.

4.4 Çok Bimli İskandil ve Tek Bimli İskandil Ölçülerinin Profil Bazlı Analizi

Bu çalışmada profil bazlı hatlar ile ÇBİ veri seti ile TBİ veri seti arasındaki doğruluk analizleri yapılmıştır. Bunun için öncelikle ÇBİ verisi TMAE, Kriging ve LE yöntemleri ile modellenmiştir. Daha sonra bu modeller referans Kabul edilerek, üzerlerinde 5 farklı profil hatlar seçilmiştir.

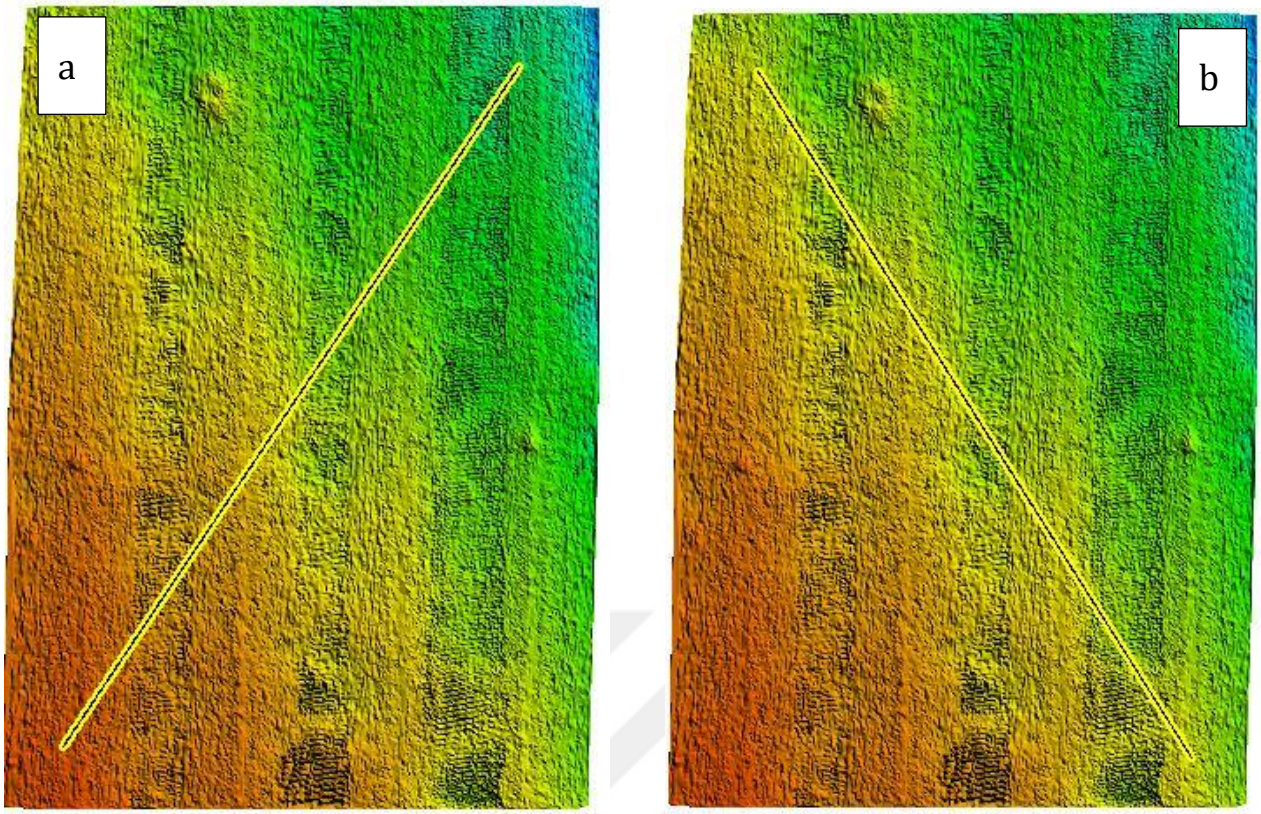
Ayrıca, ham TBİ verisi de TMAE, Kriging, LE, EYKE, RTF enterpolasyon yöntemleri ile modellenmiş olup aynı profil hatlar bu modellerde de seçilmiştir. Öncelikle seçilen bir profil hat ve her bir referans model (ÇBİ veri seti) için derinlik değerleri farkı alınmış ve bu farklardan istatistiki sonuçlara ulaşılmıştır. Değerlendirme için standart sapma değerleri hesaplanarak karşılaştırmalar yapılmıştır.

Tablo 4.3'de sadece Çapraz-1 hattına ilişkin yapılan işlemler örnek olarak gösterilmiş olup, aynı süreçte Çapraz-2, Doğu-batı-1, Doğu-batı-2 ve Doğu-batı-3 hatları için de uygulanmıştır. 5 farklı hat seçilmesinin sebebi, saha üzerindeki farklı bölgelerde, hat bazında değerlendirmeler yapabilmektir. Farklı hatlar seçerken, çeşitli morfolojik özelliklere hassasiyet göstermekten ziyade, farklı alanlarda seçim yapılmaya çalışıldı. Zira çalışma alanının homojen bir yapıya sahip olması mümkün olmasa da, genel olarak benzer morfolojiye sahiptir. Seçilen hatlar üzerinden elde

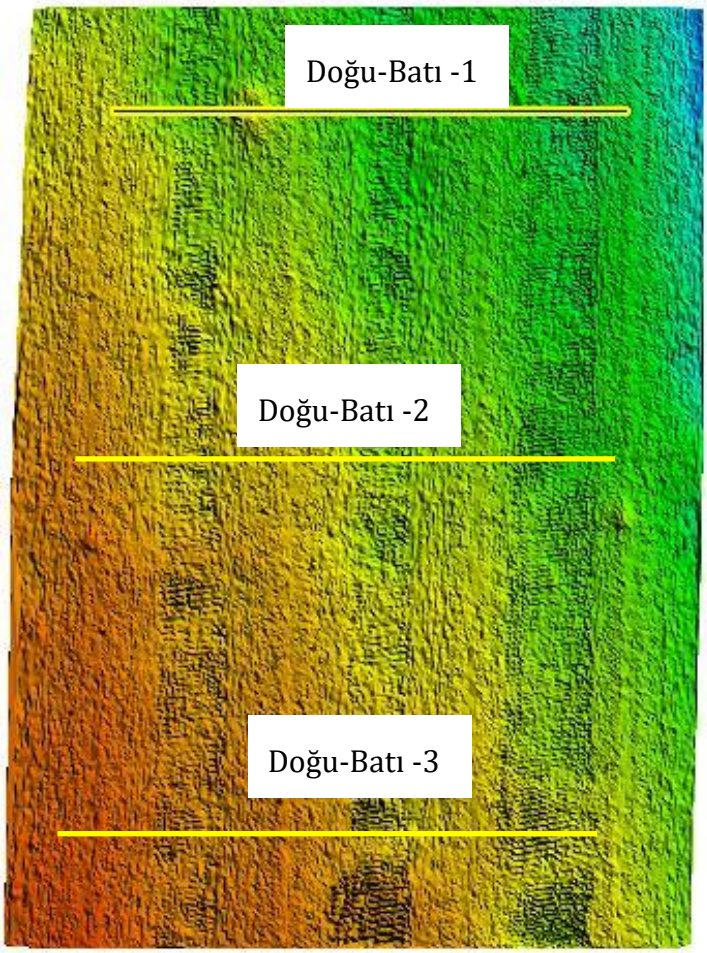
edilen sonuçların benzer değerler taşıması beklenmektedir. Ve her bir hat üzerindeki noktalar 1'er metre ara ile belirlenmiştir.

Tablo 4.3 Referans model, karşılaştırma verisi ve test edilen profil hat

Referans Model	**Hat No**	**Karşılaştırma Verisi**
ÇBİ-TMAE	Çapraz-1	TBİ-TMAE
		TBİ-Kriging
		TBİ-LE
		TBİ-EYKE
		TBİ-RTF
ÇBİ-Kriging	Çapraz-1	TBİ-TMAE
		TBİ-Kriging
		TBİ-LE
		TBİ-EYKE
		TBİ-RTF
ÇBİ-LE	Çapraz-1	TBİ-TMAE
		TBİ-Kriging
		TBİ-LE
		TBİ-EYKE
		TBİ-RTF

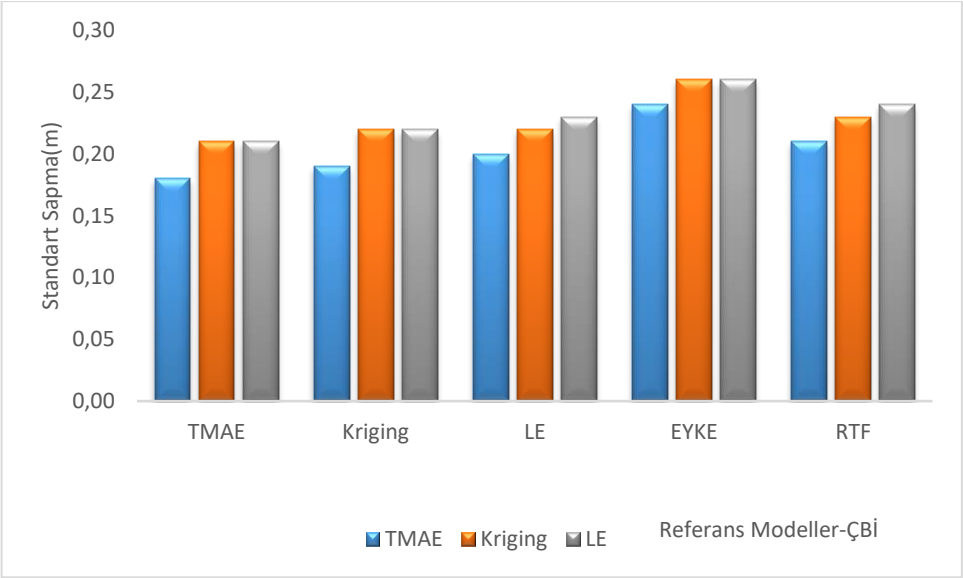


Şekil 4.12 Çapraz – 1(a) ve Çapraz -2 (b) hatlarının model üzerinde görünümü



Şekil 4.13 Doğu - Batı profil hatların model üzerinde görünümü

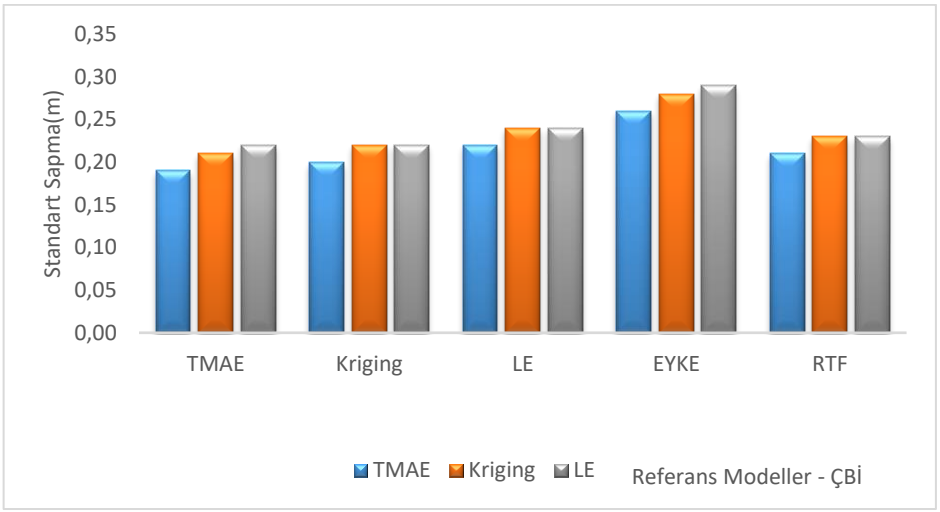
Burada, her bir profil hat için 5 farklı enterpolasyon yöntemi ile ham TBİ verisi modellenerek elde edilen sonuçlar TMAE, Kriging ve LE yöntemleri ile modellenen ÇBİ verileri modelleri üzerindeki profil hatların referans kabul edildiği sonuçlar ile karşılaştırılması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.18 – 4.22'de gösterilmiştir.



Şekil 4.14 Çapraz- 1 hattı için analiz sonuçları

Şekil 4.18'e göre elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

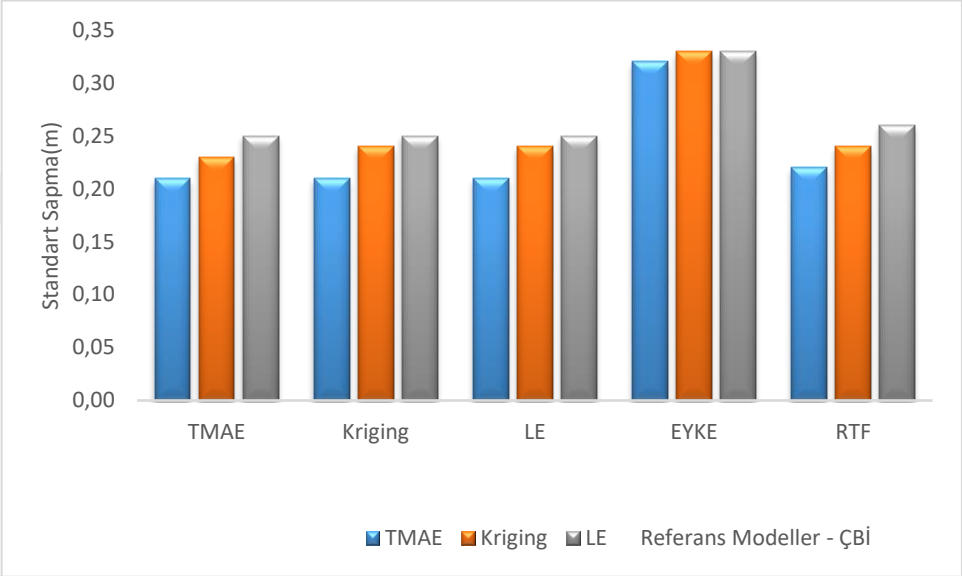
- Çapraz-1 hattı için standart sapma değerleri 0.18 m ile 0.26 m arasında değişmektedir. En düşük değer, referans modelin ÇBİ- TMAE , karşılaştırma modelinin TBİ -TMAE olarak kabul edildiği uygulamada alınmıştır.
- En yüksek değer, referans modelin ÇBİ- LE , karşılaştırma modelinin TBİ - EYKE olarak kabul edildiği uygulamada alınmıştır.
- Bütün TBİ modelleri için en düşük değerler, sırası ile ÇBİ verisinden elde edilen TMAE, Kriging ve LE referans modellerinden sağlanmıştır.



Şekil 4.15 Çapraz- 2 hattı için analiz sonuçları

Şekil 4.19'e göre elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

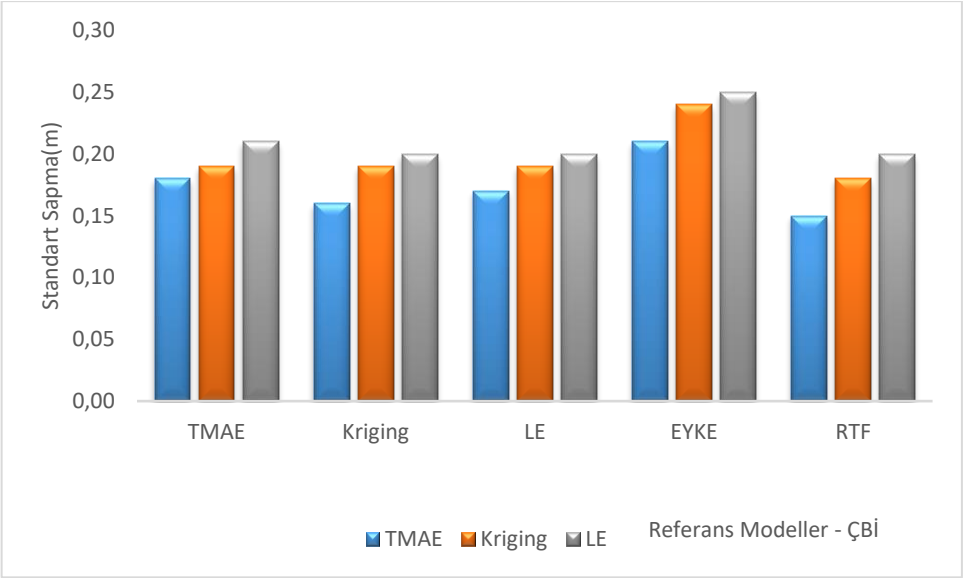
- Çapraz-2 hattı için standart sapma değerleri 0.19 m ile 0.29 m arasında değişmektedir. En düşük değer, referans modelin ÇBİ- TMAE, karşılaştırma modelinin TBİ -TMAE olarak kabul edildiği uygulamada alınmıştır.
- En yüksek değer, referans modelin ÇBİ- EYKE , karşılaştırma modelinin TBİ - EYKE olarak kabul edildiği uygulamada alınmıştır.
- Bütün TBİ modelleri için en düşük değerler, sırası ile ÇBİ verisinden elde edilen TMAE, Kriging ve LE referans modellerinden sağlanmıştır.



Şekil 4.16 Doğu batı - 1 hattı için analiz sonuçları

Şekil 4.20'e göre elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

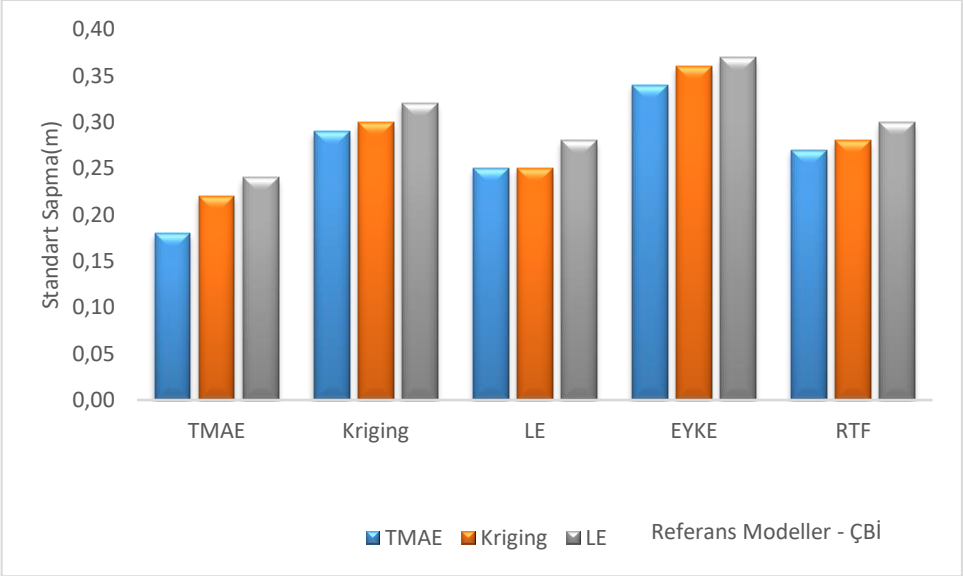
- Çapraz-2 hattı için standart sapma değerleri 0.21 m ile 0.33 m arasında değişmektedir. En düşük değer, referans modelin ÇBİ- TMAE , karşılaştırma modelinin TBİ –TMAE, TBİ- Kriging ve TBİ – LE olarak kabul edildiği uygulamada alınmıştır.
- En yüksek değer , referans modelin ÇBİ- EYKE , karşılaştırma modelinin TBİ -EYKE olarak kabul edildiği uygulamada alınmıştır.
- Bütün TBİ modelleri için en düşük değerler, sırası ile ÇBİ verisinden elde edilen TMAE, Kriging ve LE referans modellerinden sağlanmıştır.



Şekil 4.17 Doğu batı - 2 hattı için analiz sonuçları

Şekil 4.21'e göre elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- Çapraz-2 hattı için standart sapma değerleri 0.15 m ile 0.25 m arasında değişmektedir. En düşük değer, referans modelin ÇBİ- TMAE, karşılaştırma modelinin TBİ - RTF olarak kabul edildiği uygulamada alınmıştır.
- En yüksek değer, referans modelin ÇBİ- EYKE, karşılaştırma modelinin TBİ - EYKE olarak kabul edildiği uygulamada alınmıştır.
- Bütün TBİ modelleri için en düşük değerler, sırası ile ÇBİ verisinden elde edilen TMAE, Kriging ve LE referans modellerinden sağlanmıştır.



Şekil 4.18 Doğu batı - 3 hattı için analiz sonuçları

Şekil 4.22'e göre elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- Çapraz-2 hattı için standart sapma değerleri 0.18 m ile 0.37 m arasında değişmektedir. En düşük değer, referans modelin ÇBİ- TMAE , karşılaştırma modelinin TBİ - EYKE olarak kabul edildiği uygulamada alınmıştır.
- En yüksek değer, referans modelin ÇBİ- EYKE , karşılaştırma modelinin TBİ - EYKE olarak kabul edildiği uygulamada alınmıştır.
- TBİ modelleri için en düşük değerler, sırası ile ÇBİ verisinden elde edilen TMAE, Kriging ve LE referans modellerinden sağlanmıştır. Yalnızca TBİ – LE için referans modell ÇBİ – Kriging ve ÇBİ – TMAE aldındığında eşit standart sapma sağlamıştır.

Tablo 4.4 de uygulama 4.4'e ait, hatlar boyunca ÇBİ – TBİ farklarından elde edilen standart sapma değerleri verilmiştir. Ve tablo 4.5'de ise IHO tarafından yayınlanan farklı sahalara ait asgari değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.4 ÇBİ ve TBİ modellerinin profil bazlı karşılaştırma sonuçları

			Çapraz - 1		
	TMAE	Kriging	LE	EYKE	RTF
TMAE	0.18	0.19	0.20	0.24	0.21
Kriging	0.21	0.22	0.22	0.26	0.23
LE	0.21	0.22	0.23	0.26	0.24
			Çapraz - 2		
	TMAE	Kriging	LE	EYKE	RTF
TMAE	0.19	0.20	0.22	0.26	0.21
Kriging	0.21	0.22	0.24	0.28	0.23
LE	0.22	0.22	0.24	0.29	0.23
			Doğu - Batı 1		
	TMAE	Kriging	LE	EYKE	RTF
TMAE	0.21	0.21	0.21	0.32	0.22
Kriging	0.23	0.24	0.24	0.33	0.24
LE	0.25	0.25	0.25	0.33	0.26
			Doğu - Batı 2		
	TMAE	Kriging	LE	EYKE	RTF
TMAE	0.18	0.16	0.17	0.21	0.15
Kriging	0.19	0.19	0.19	0.24	0.18
LE	0.21	0.20	0.20	0.25	0.20
			Doğu - Batı 3		
	TMAE	Kriging	LE	EYKE	RTF
TMAE	0.18	0.29	0.25	0.34	0.27
Kriging	0.22	0.30	0.25	0.36	0.28
LE	0.24	0.32	0.28	0.37	0.30

Tablo 4.5 Derinlik değerlerine göre maksimum belirsizlik (TVU) değeri

Derinlik (m)	1A ve 1B	Özel
0	0.5	0.25
10	0.52	0.26
20	0.56	0.29
30	0.63	0.34
40	0.72	0.39
50	0.82	0.45
60	0.93	0.51
63(ort.derinlik)	0.96	0.53
70	1.04	0.58
80	1.15	0.65

Bu bölümde elde edilen genel sonuçlar ise,

- Seçilen hatlar farklı arazi tiplerini, farklı bölgeleri temsil etikleri için enterpolasyon yöntemlerinin sağladıkları standart sapmalar ve sıralamaları farklılık göstermiştir.
- TBİ verisinden elde edilen modeller içerisinde en düşük değerler bütün hatlarda TMAE yöntemi ile elde edilmiştir.
- Çapraz-1, Çapraz-2, Doğu-batı 1, Doğu-batı 2 hatlarında EYKE yöntemi diğer yöntemlerden daha yüksek standart sapma değerleri sağlamıştır. Diğer methodlar ise birbirlerine yakın değerler vermektedir.
- Referans ÇBİ modellerinde ise en düşük değerler ise sırası ile TMAE, Kriging ve LE yöntemi ile elde edilmiştir.

Bu uygulama gösteriyor ki kullanılan enterpolasyon yöntemi ve morfoloji üzerindeki farklılıklar sonuç ürün üzerinde etkiye sahip. Doğu – batı 2 hattı için elde edilen sonuçlarda diğer modellerin aksine en düşük standart sapma değeri RTF ve Kriging yöntemi ile elde edilmiştir. Benzer bir çalışma olan [10] da veri yoğunlukları, veri elde etme yöntemi, enterpolasyon yöntemi ve morfolojinin sonuç ürüne olan etkileri gözlenmiştir. Yine aynı şekilde [17]de de farklı morfolojiler, enterpolasyon yöntemleri ve farklı veri yoğunlukları ele alınmış olup model doğruluğu üzerinde en büyük etkinin sırası ile morfoloji, veri yoğunluğu ve enterpolasyon olduğu saptanmıştır.

Bu uygulamada ulaşılan standart sapma değerleri ve aralarındaki ilişkinin benzerliği ise morfolojide çok büyük değişimler olmaması ile açıklanabilir.

Ulaşılan standart sapma değerlerini, IHO hidrografik ölçme standartları ile karşılaştırıldığında ise elde edilen bütün değerler 1A ve 1B ile Özel derece sınır değerini sağlamaktadır. Fakat burada referans olarak kullanılan modeller, çok bimli iskandil verisi kullanılarak oluşturulan batimetri modelleridir ve %100 doğru olarak kabul edilerek bu sonuçlar elde edilmiştir.

4.5 Çok Bimli İskandil ve Tek Bimli İskandil Verilerinden Hacimsel Karşılaştırma

Bu uygulamada, ÇBİ ve TBİ verileri TMAE, Kriging ve LE enterpolasyon yöntemleri ile modellenmiş ve her bir ÇBİ yüzey modeli ile TBİ yüzey modeli arasındaki hacim

farkı elde edilmiştir. Üst üste gelen gridler arasındaki yükseklik farkından faydalanılarak hacim hesabı yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.7'da verilmiş ve hangi yüzeyler için bu işlemin yapıldığı da Tablo 4.6'te gösterilmiştir.

Tablo 4.6 Kullanılan referans ve karşılaştırma yüzeyleri

Referans Model	**Karşılaştırılan Model**
ÇBİ-TMAE	TBİ-TMAE
ÇBİ-TMAE	TBİ-Kriging
ÇBİ-TMAE	TBİ-LE
ÇBİ-Kriging	TBİ-TMAE
ÇBİ-Kriging	TBİ-Kriging
ÇBİ-Kriging	TBİ-LE
ÇBİ-LE	TBİ-TMAE
ÇBİ-LE	TBİ-Kriging
ÇBİ-LE	TBİ-LE

Tablo 4.7 ÇBİ ve TBİ yüzey modelleri arasındaki farklar (m^3)

	TMAE-TBİ	Kriging-TBİ	LE-TBİ
TMAE-ÇBİ	66835.81	70260.59	74407.66
Kriging-ÇBİ	76128.4	78556.46	82076.97
LE-ÇBİ	79887.46	82054.69	85561.54

Tablo 4.6'da, TMAE-ÇBİ, Kriging-ÇBİ ve LE-ÇBİ, ÇBİ verisi kullanılarak TMAE, Kriging ve LE enterpolasyon yöntemleri ile oluşturulan referans modelleri göstermektedir. TMAE-TBİ, Kriging-TBİ ve LE-TBİ ise, TBİ verisi kullanılarak TMAE, Kriging ve LE enterpolasyon yöntemleri ile oluşturulan yüzey modelleri temsil

etmekte ve elde edilen sonuç değerleri bu modeller arasındaki farklardan oluşmaktadır.

Tablo 4.7'ye göre elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- En düşük değer, referans yüzey TMAE – ÇBİ ve karşılaştırma yüzeyi TMAE – TBİ olarak alındığında elde edilmiştir.
- Bütün referans yüzeylerinde en düşük değeri TMAE yöntemi ile modellenen TBİ verisi sağlamıştır.
- En yüksek değer LE - ÇBİ yüzeyi ile LE , TBİ yüzeyi arasında elde gözlenmiştir.

5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması ile, TBİ yöntemi ile elde edilen verilerin, ÇBİ yöntemi ile elde edilmiş yoğun ve yüksek doğruluklu nokta bulutu verisine ne kadar doğrulukla yaklaşabileceği belirlenmiş ve tek bimli iskandilin ÇBİ yöntemine göre güvenilirliği test edilmiştir.

Bu kapsamda, TBİ ve ÇBİ yöntemleri ile elde edilen batimetri verileri, ÇBİ verisi referans alınarak analiz edilmiştir. TBİ verileri 5 farklı enterpolasyon yöntemi ve 3 farklı hat aralığında modellendirilmiş ve oluşturulan modellerden, ÇBİ verisi referans kabul edilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca, bu analizler veri kalitesini test etmiş, nokta bazlı ve alan bazlı olacak şekilde karşılaştırma şeklinde yapılmış ve IHO hidrografik ölçme standartları göz önünde bulundurulmuştur.

Yapılan ilk test (4.2) ile ÇBİ veri kalitesi standart sapma ile belirlenmiş olup, diğer testlerde bu yüzeyler referans olarak kullanılmıştır. Burada, %1, %5, %10 olmak üzere üç farklı oranda test noktası ayrılmıştır. Ve geriye kalan noktalar 5 farklı yöntem ile modellenerek, çapraz doğrulama şeklinde karşılaştırma yapılmış, standart sapmalar elde edilmiştir. En yüksek değerler %1 oranında ayrılmış olan test noktalarının bulunduğu veristinden elde edilmiştir ve 0.26 m ile 0.29 m arasında değişmektedir. En düşük değerler ise her bir model ile %5 ve %10 oranında ayrılmış test noktalarının olduğu veri setlerinde biririne yakın veya aynı olacak şekilde elde edilmiştir. Elde edilen değerler ise IHO asgari değerlerini sağlamaktadır.

4.3 de TBİ verisi farklı aralıklarla seyreltilerek modellenmiş ve ÇBİ verisi referans alınarak karşılaştırma yapılmıştır. TBİ verisinin ÇBİ verisine ne kadar yakın sonuçlar vereceği gözlenmiş, test edilmiştir.

En düşük değer TMAE, Kriging ve LE yöntemlerinde 0.28 m standart sapma değeri olarak TBİ verisi ile sağlanmıştır. En yüksek değer ise 0.59 m standart sapma ile LE yöntemi ile modellenen TBİ-2 verisinden elde edilmiştir ve Özel dereceli alanlarda IHO asgari değerlerini sağlamamaktadır. Ayrıca, Özel dereceli bölgeler için %100

oranında sahanın ölçülmesi, çok bimli iskandil kullanılma zorunluluğu vardır. Burada ise ne kadar yaklaşılacağı gözlenmiştir.

Ölçüm hatları arasındaki mesafe arttıkça, elde edilen standart sapma değerleri yükselmiştir. Ve TBİ ölçümlerinde, ölçüm hat aralıklarının etkisi gözlenmiştir.

Modeller arasında farklar birbirlerine yakın olmasına karşın hat aralıkları yükseldikçe, karakteristik farklar oluşmuştur.

.4 de 5 farklı hat seçilmiş olup, hat bazlı karşılaştırma yapılmıştır. Referans hatlar ÇBİ modelleri üzerinden alınıp, TBİ modellerinden sağlanan hatlar ile karşılaştırılmıştır.

Referans modeller arasında en düşük değerler sırası ile TMAE, EYKE ve LE yöntemleri ile elde edilmiştir. Bütün değerler IHO asgari değerlerinin altındadır. Fakat burada referans alınan yüzeyler %100 doğru olarak kabul edilmiştir.

4.5 de ÇBİ verisi 3 farklı enterpolasyon yöntemi ile modellenmiş olup, aynı üç farklı yöntem kullanılarak modellenen TBİ verisetinden elde edilen modeller ile hacim farklari alinmiştir. En düşük değerleri TMAE-ÇBİ ile TMAE-TBİ modelleri arasındaki farktan elde edilmiş iken, en yüksek değerler LE-ÇBİ ile LE-TBİ modelleri arasında sağlanmıştır.

Çok bimli iskandil sistemleri nokta bulutu şeklinde yoğun veri sağlaması ve deniz tabanı hakkında detaylı bilgi sağlamasına ragmen, tek bimli iskandil sistemleri de hala geçerliliğini korumaktadır ve bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile bu gözlenmiştir.

TBİ verilerinin hat aralıkları arasındaki değişimler karakteristik sonuçlar doğururken, enterpolasyon yöntemleri arasında değişimler fark yaratmasına rağmen, hat aralıklarının oluşturduğu kadar farklar oluşturmamıştır.

Saha üzerindeki farklı bölgelerde hatlar seçilmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Doğu – Batı 2 hattında RTF yöntemi en düşük değeri sağlamıştır ve bu hat saha üzerindeki - diğerlerine nazaran – en yumuşak yüzeydir. Ve farklı saha tiplerinde modeller arasında farklar oluşabileceği gözlenmiştir.

Yapılan çalışma ve alınan sonuçlar bu saha için geçerlidir ve herhangi başka bir alanda farklı sonuçlar elde edilebilir, Çalışma 4.4 bunu göstermektedir.

Çalışmada farklı enterpolasyon yöntemleri, farklı hat aralıkları kullanılmıştır ve farklı karşılaştırmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan, 4.3 de TBİ-2

Verisi ile LE yöntemi kullanılarak elde edilen değer özel dereceli alanlar için IHO asgari değerini sağlamamaktadır.

KAYNAKÇA

[1] T. A. Kearns ve J. Breman, The Art And Science Of Seafloor Modelling For Modern Applications, Bathymetry, 2017.

[2] Finkl, C. W., Benedet, L., ve Andrews, J. L.: Laser airborne depth sounder (lads): a new bathymetric survey technique in the service of coastal engineering, environmental studies, and coastal zone management, in: Proceedings of the 17th annual national conference on beach preservation technology, Tallahassee, Florida, 11–13 February 2004

[3] Ernstsen, V., Noormets, R., Hebbeln, D., Bartholomé, A., ve Flemming, B.: Precision of high-resolution multibeam echo sounding coupled with high-accuracy positioning in a shallow water coastal environment, Geo-Mar. Lett., 26, 141–149, 2006

[4] [Federation Iinternationale des Geometres FIG., 2010. Guidelines for the Planning, Execution and Management of Hydrographic Surveys in Ports and Harbours, International Federation of Surveyors, FIG Commission 4 No 56.].

[5] Wilson, J. P. ve Gallant, J. C.: Digital terrain analysis, in: Terrain analysis: principles and applications, edited by: Wilson, J. P. ve Gallant, J. C., John Wiley ve Sons, New York, 1–27, 2000 [3] J. Van Hulse, T. M. Khoshgoftaar, and A. Napolitano, "Experimental perspectives on learning from imbalanced data," in Proceedings of the 24th international conference on Machine learning, ACM, 2007, pp. 935–942

[6] Li, Z., Zhu, Q., and Gold, C.: Digital Terrain Modeling, CRC Press,London, 2005

[7] Fisher, P. F. ve Tate, N. J.: Causes and consequences of error in digital elevation models, Prog. Phys. Geog., 30, 467–489, 2006

[8] Wilson, J.: Digital terrain modeling, Geomorphology, 137, 269–297, 2011.

[9] Erdogan, S.: A comparison of interpolation methods for producing digital elevation models at the field scale, Earth Surf. Proc. Land., 34, 366–376, 2009

[10] A. Šiljeg, S. Lozi´c, ve S. Šiljeg , A comparison of interpolation methods on the basis of data obtained from a bathymetric survey of Lake Vrana, Croatia, Hydrol. Earth Syst. Sci., 19, 3653–3666, 2015

[11] Ahmed I. EL-Hattab, Single beam bathymetric data modelling techniques for accurate maintenance dredging, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, 2014

[12] D. L. Sterling, A Comparison of Spatial Interpolation Techniques For Determining Shoaling Rates of The Atlantic Ocean Channel, Master of Science In Geography, 2003

[13] N. O. Aykut, Sığ Sulardaki Hidrografik ÖlçmelerdeÇok Bimli İskandillerin Kullanımı Ve Hata Analizi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009

[14]Hydrographic data modeling methods for determining precise seafloor topography Nedim Onur Aykut · Burak Akpınar · Ömer Aydın, Springer Science+Business Media Dordrecht 2013 [1] K. N. Rao, "A novel class imbalance learning method using subset filtering," 2012.

[15]Accuracy of Interpolated Bathymetric Digital Elevation Models Christopher Joseph Amante

[16]Geçki Planlama Çalişmalari Için Hava Lidar Verisine Dayali Sayisal Arazi Modelleme Ve Doğruluk Analizi, Nur su Tunalıoğlu, Metin Soycan, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 1822, Nisan 2011, Ankara

[17]F. J.Aguilar , F. Agüera, M. Aguilar, ve Carvajal, F.: Effects of terrain morphology, sampling density, and interpolation methods on grid DEM accuracy, Photoframm. Eng. Rem. S., 71, 805–816, 2005

[18]R. M. ALKAN, Prezisyonlu Hidrografik Ölçmelerde Bat-Çık Etkisinin GPS Yöntemi İle Belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009

[19]U.S. Army Corp of Engineers. (21 March 2001) "Atlantic Ocean Channel: Project Condition Survey of August and October 2000". File no. H-10-23-10 (1). Department of the Army. Norfolk District, Corps of Engineers. Norfolk, Virginia, 2000

[20]USACE (2002). "Engineering and Design – Hydrographic Surveying." EM 1110-2-1003, U.S. Army Corp of Engineers, Washington, DC.

[21]D. Erdoğan, Çok Yönlü Sonar İle Toplanmış Derinlik Verilerinin CBS Ortamında İşlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008. [3] J. Van Hulse, T. M. Khoshgoftaar, and A. Napolitano, "Experimental perspectives on learning from imbalanced data," in Proceedings of the 24th international conference on Machine learning, ACM, 2007, pp. 935–942

[22]Erkaya, H. (2007), "İleri Hidrografik Ölçmeler", Yüksek Lisans Ders Notu, Yıldız TeknikÜniversitesi.

[23]Weibel, R. ve Heller, M., 1991, Digital Terrain Modeling. In: Maguire, D.J., Goodchild, M.F. and Rhind, D.W. (eds.). Geographical Information Systems: Principles and Applications, London: Longman, 269-297

[24]M.Doğruluk, Sayısal Arazi Modellerinin Karayolu Projelerindeki Hacim Hesaplamalarına Etkisi, Yüksek lisans tezi, selçuk üniversitesi fen bilimleri enstitüsü, 2013

[25]Martensson, SG,. Height determination by GPS accuracy with respect to different geoid models in Sweden, FIG XXII. International Congress, Washington DC, U.S.A, April 19-26-2002

[26]S.Yaprak, Kriging Yönteminin Geoit Yüzeyi Modellemesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması Ve Varolan Yöntemlerle Karşlaştırılması, Doktora Tezi, İstanbul teknik üniversitesi, fen bilimleri enstitüsü, 2007.

[27]İnal, C. ve Yiğit, C. Ö, Jeodezik uygulamalarda kriging enterpolasyon yönteminin kullanılabilirliği, TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, Konya, 24-26 Eylül, s.177-185, 2003.

[28]T.Üstüntaş, Ssayısal Arazi Modellerinde Bazı Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Selçuk-Teknik DergisiCilt 5, Sayı:2-2006

[29]Johnston, Kevin,. Ver Hoef, Jay M., Krivoruchko, Konstantin,. & Lucas. Neil, Using ArcGIS Geostatistical Analyst. Environmental Systems Research Institute, 2001

[30]M.Tomczak, "Spatial Interpolation and its Uncertainty Using Automated Anisotropic Inverse Distance Weighting (IDW) – Cross – Validation/Jackknife Approach." Journal of Geographic Information and Decision Analysis, vol.2, pp.18 – 33,1998..

[31]Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yönteminde Güç Fonksiyonu Etkisinin İncelenmesi Sinan Göğsu1, *, Kemal Özgür Hastaoğlu2, nisan 2019

[32]Yanalak, M., Yön Ve Ters Uzaklık Ağırlıklı Ortalama İle Enterpolasyon, Harita Dergisi, 127, Ocak, Ankara, (2002),

[33]M.Yanalak. Sayısal arazi modellerinde yükseklik enterpolasyonu

[34]M.D. Buhmann, Radial Basis Functions: Theory and Implementations. Cambridge University Press, ISBN 978-0-521-63338-3. Canadian Hydrographic Service (CHS), 2005. CHS Standards for Hydrographic Surveys, first ed. Fisheries and Oceans, Canada, 2003

[35]K. GÜMÜŞ1, A. ŞEN, Ssayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluğunu Etkileyen Faktörlerin Varyans Analizi İle İstatiksel Olarak İncelenmesi , Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 6, Sayı 1,46-58, 2017

[36]Mgr. Miroslav Dressler, Ph.D., Art of Surface Interpolation, KUNŠTAT, 2009

[37]IHO: IHO Standards for Hyrdographic Surveys, 6th edn.Special Publication

No:44, Monaco (2020)

[38]Yang, X. and Hodler, T.: Visual and statistical comparisons of surface modeling techniques for point-based environmental data, Cartography and Geographic Information Science, 27, 165–175, 2000

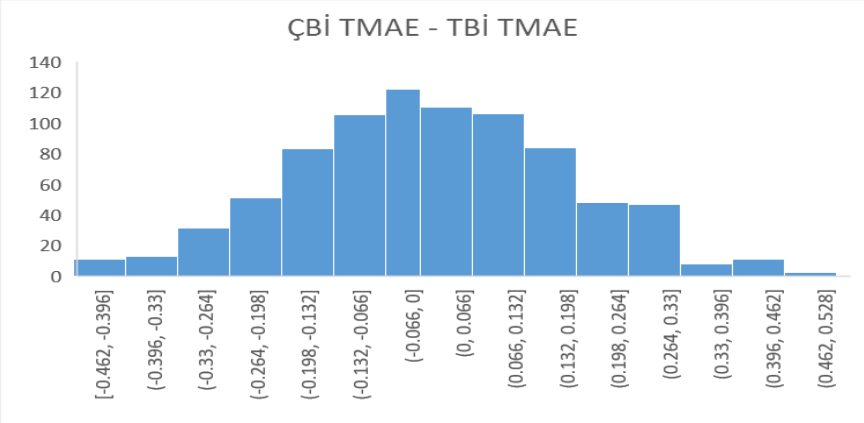
[39]Makarovic, B., 1979. From progressive to composite sampling for digital terrain models, *Geo-Processing*, 1:145–166. Ve Li, Z., 1992. Variation of the accuracy of digital terrain models with sampling interval, The Photogrammetric Record, 14(79):113–128.

A

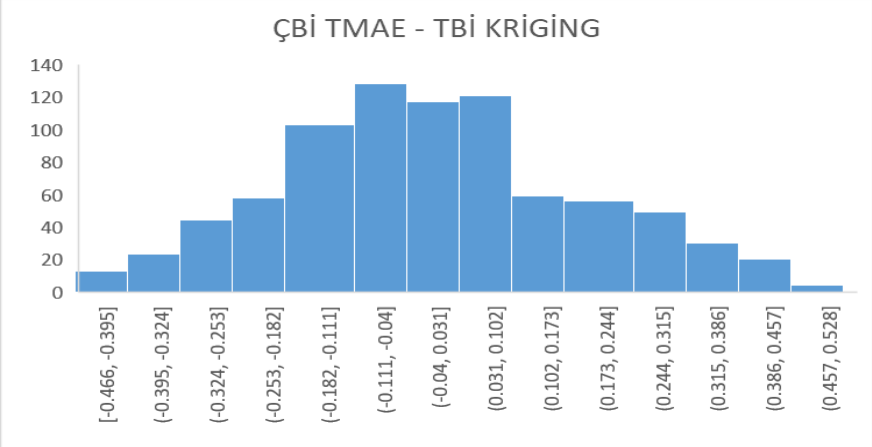
PROFİL BAZLI FARKLAR

Uygulama 4.4 ‘ de profil bazlı analiz yapılmış olup. Seçilen her bir hat-profil noktalardan oluşmaktadır. ÇBİ modelleri ve TBİ modelleri üzerinde seçilmiş olan profillerin yatay koordinatları ortaktır, derinlik değerlerinde ise farklar vardır. Her bir ÇBİ modeli ve karşılaştırılan TBİ modeli üzerindeki hatların derinlik değerleri farkları histogram olarak verilmiştir.

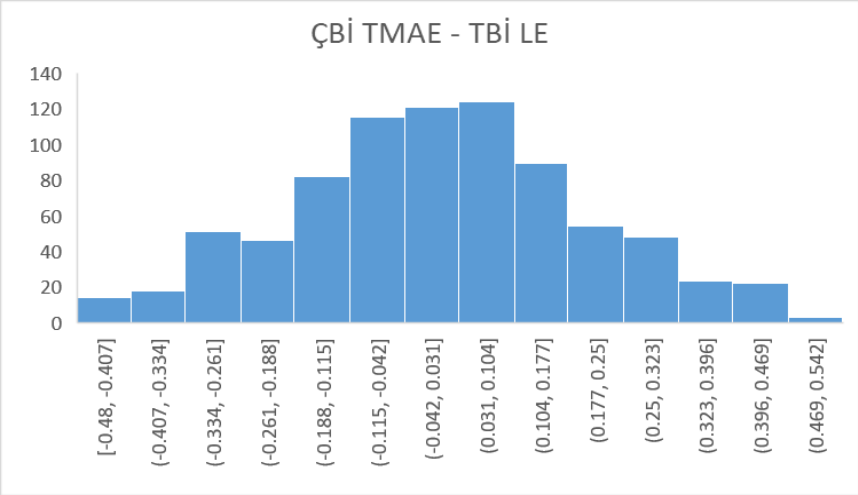
Çapraz – 1 Hattı ;



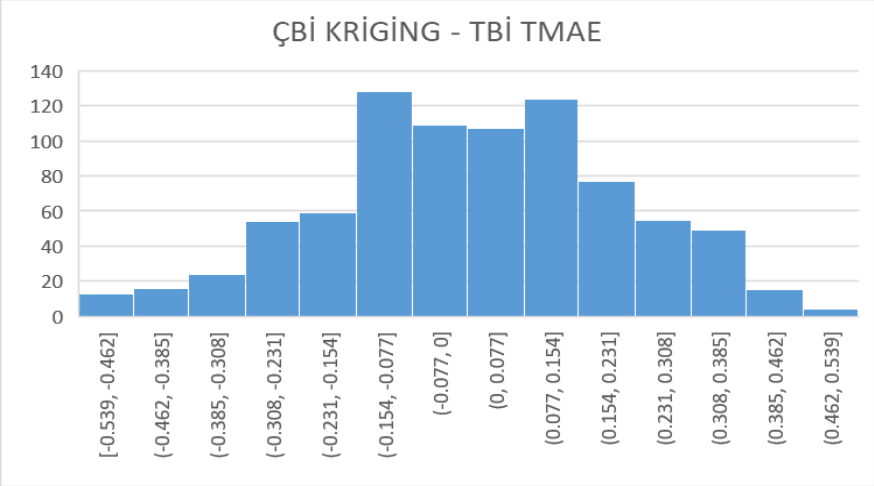
Şekil A.1 Çapraz – 1 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ – TMAE modelleri farkları



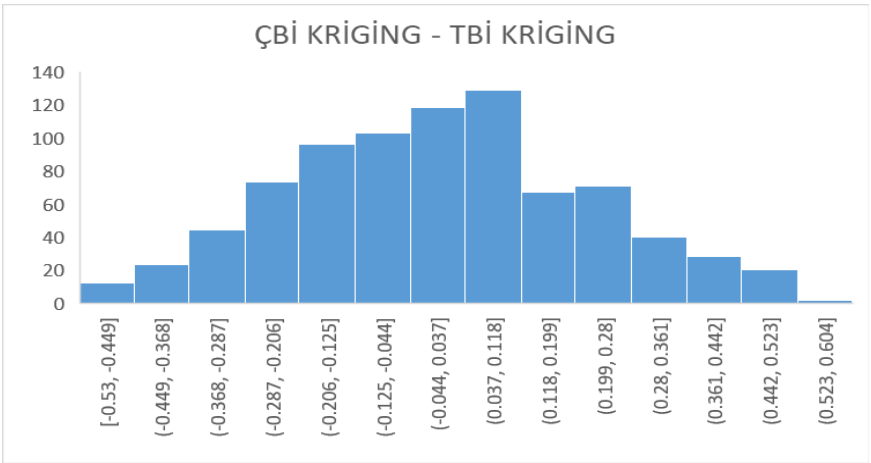
Şekil A.2 Çapraz – 1 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ – Kriging modelleri farkları



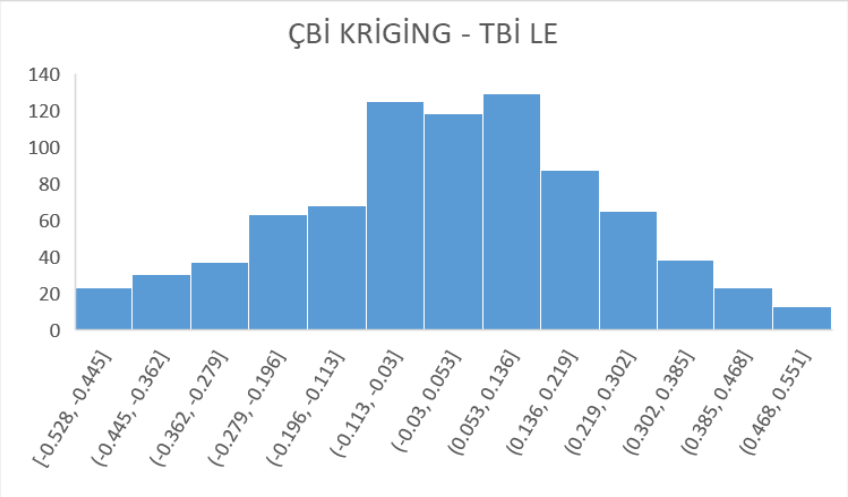
Şekil A.3 Çapraz – 1 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ – LE modelleri farkları



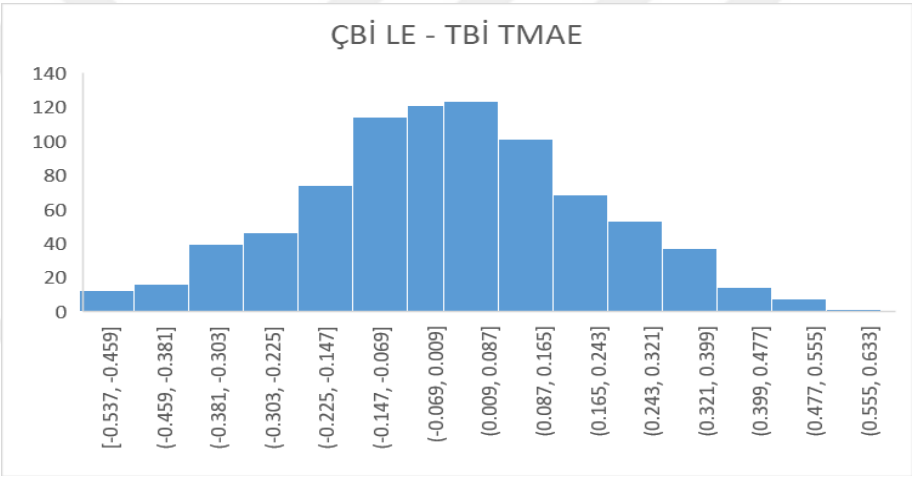
Şekil A.4 Çapraz – 1 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ – TMAE modelleri farkları



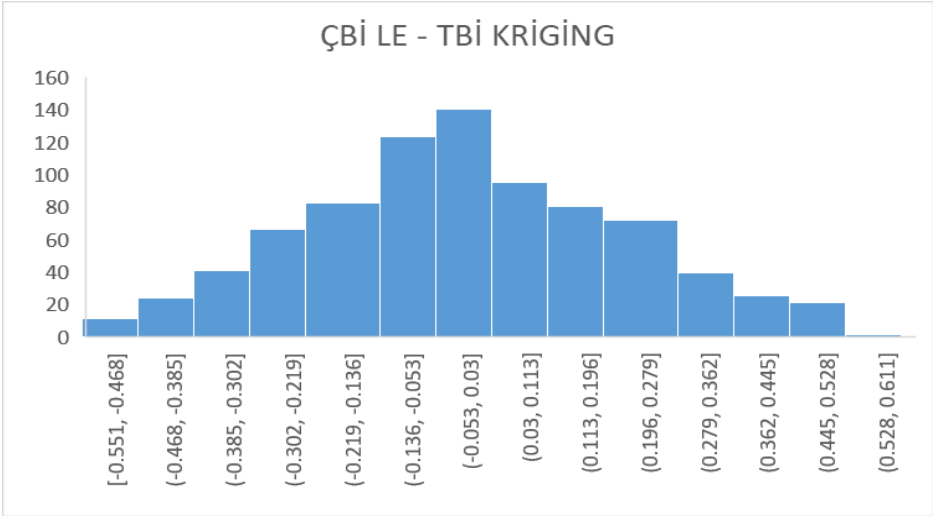
Şekil A.5 Çapraz – 1 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ – Kriging modelleri farkları



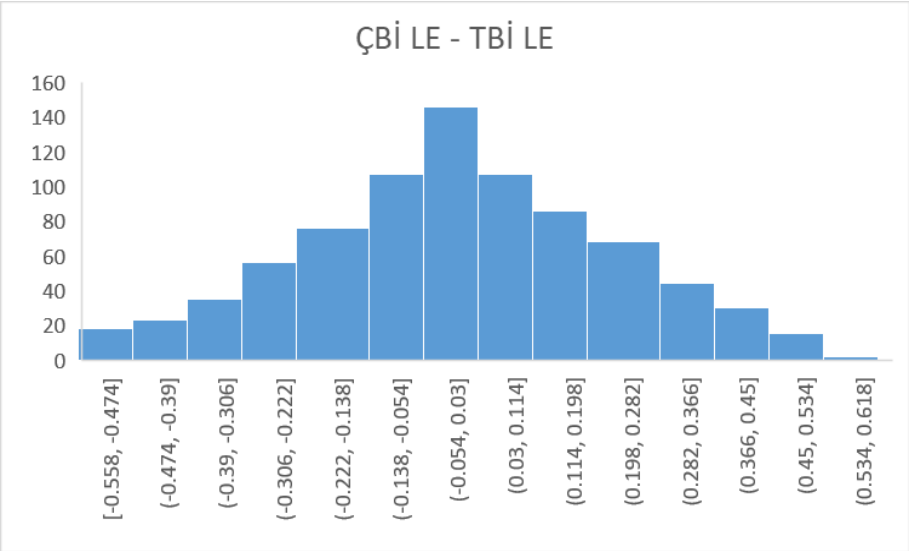
Şekil A.6 Çapraz – 1 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ – LE modelleri farkları



Şekil A.7 Çapraz – 1 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – TMAE modelleri farkları

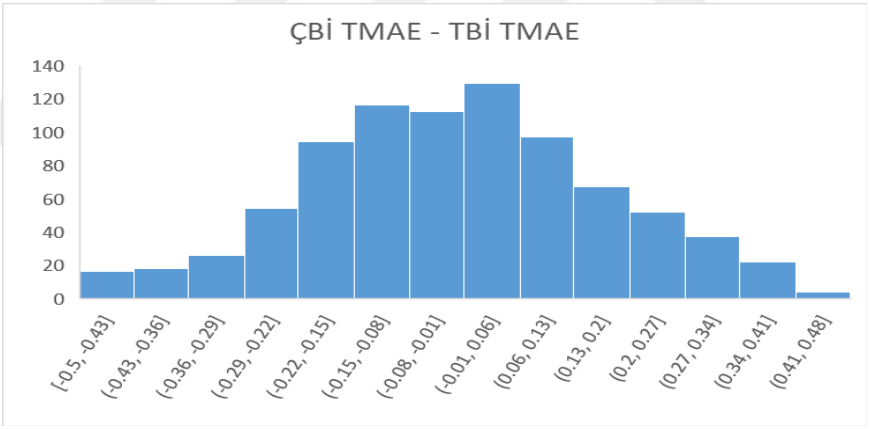


Şekil A.8 Çapraz – 1 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – Kriging modelleri farkları

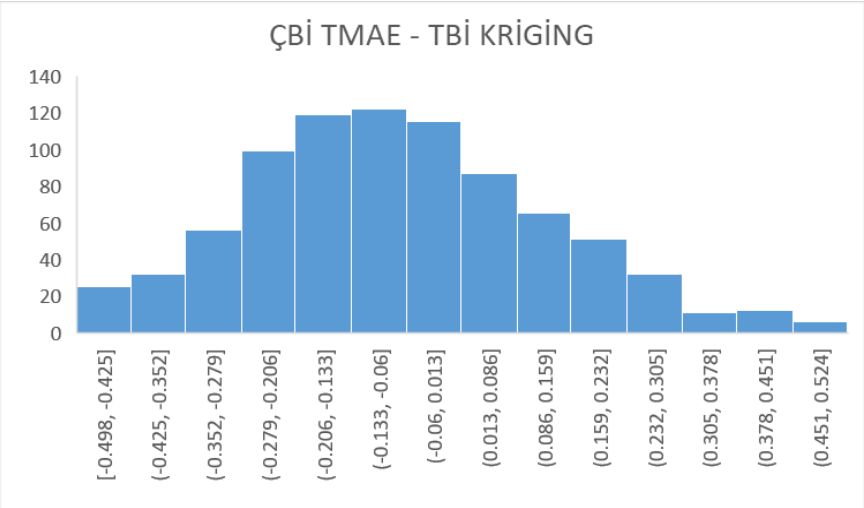


Şekil A.9 Çapraz – 1 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – LE modelleri farkları

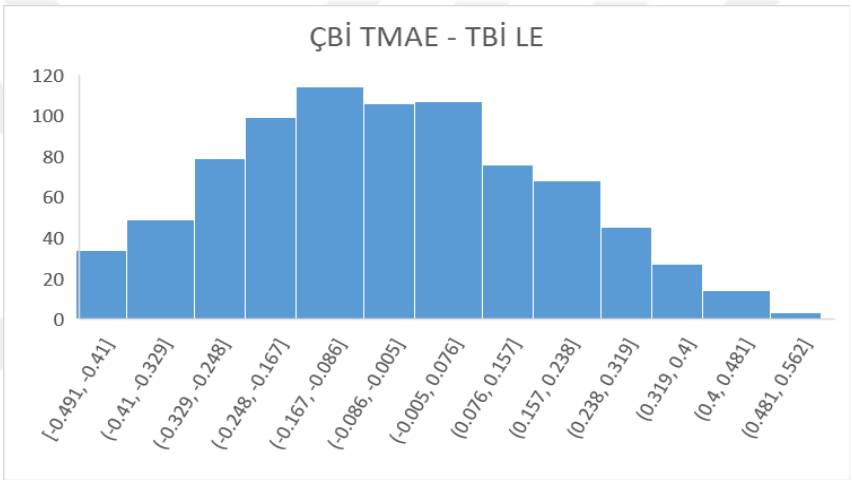
Çapraz – 2 Hattı



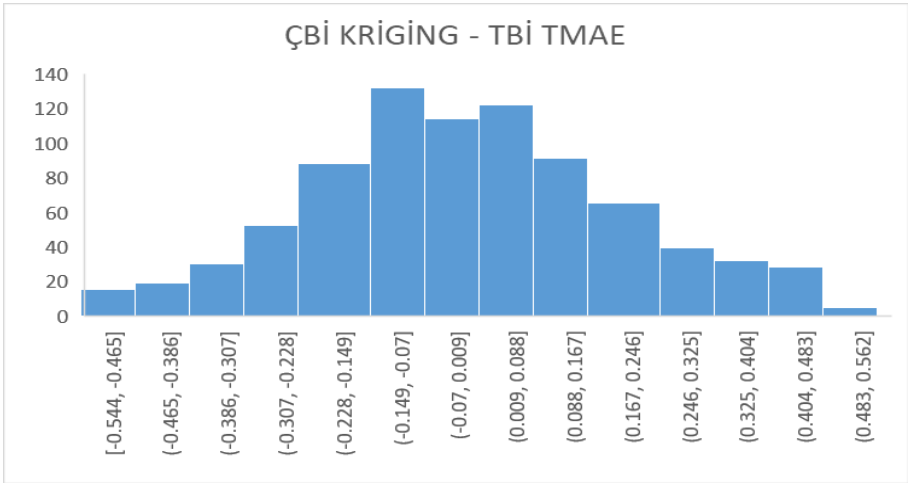
Şekil A.10 Çapraz – 2 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ – TMAE modelleri farkları



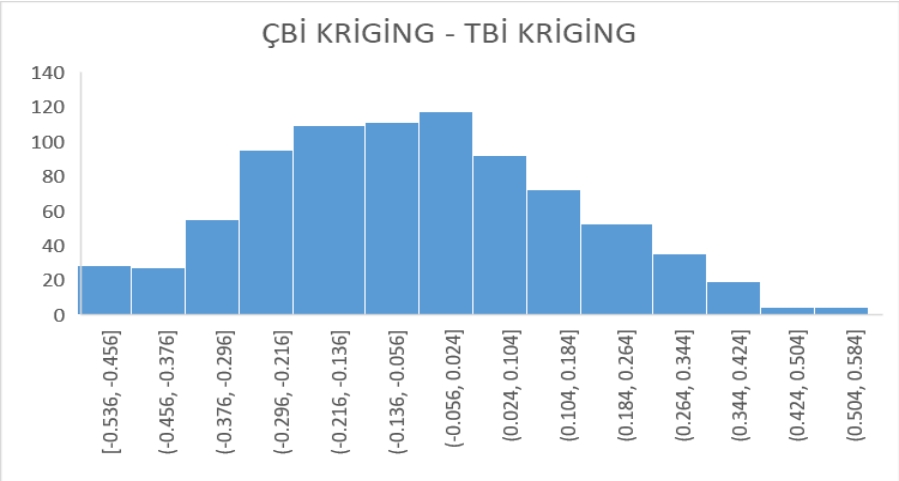
Şekil A.11 Çapraz – 2 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ – Kriging modelleri farkları



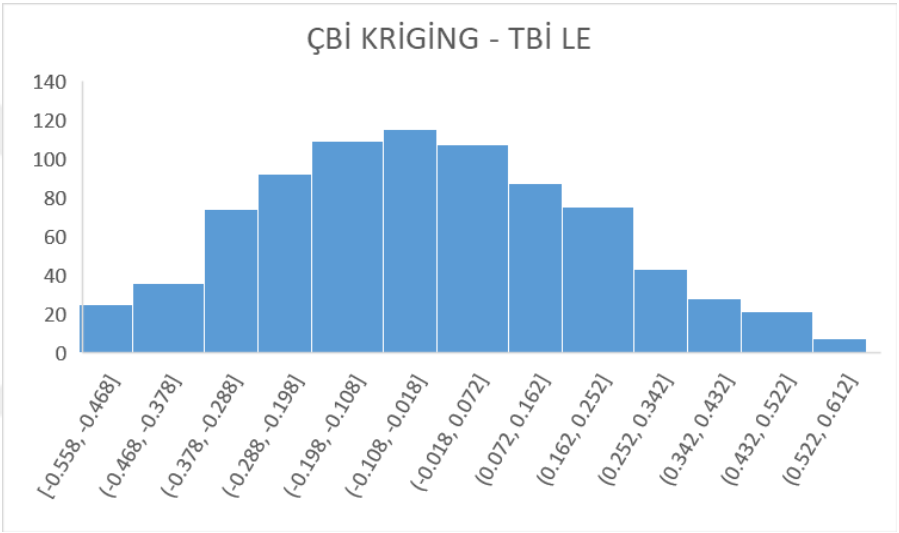
Şekil A.12 Çapraz – 2 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ – LE modelleri farkları



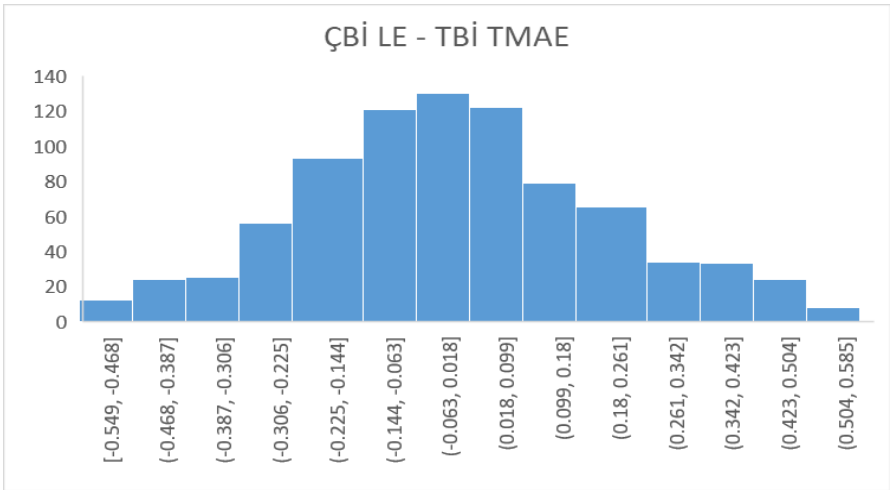
Şekil A.13 Çapraz – 2 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ – TMAE modelleri farkları



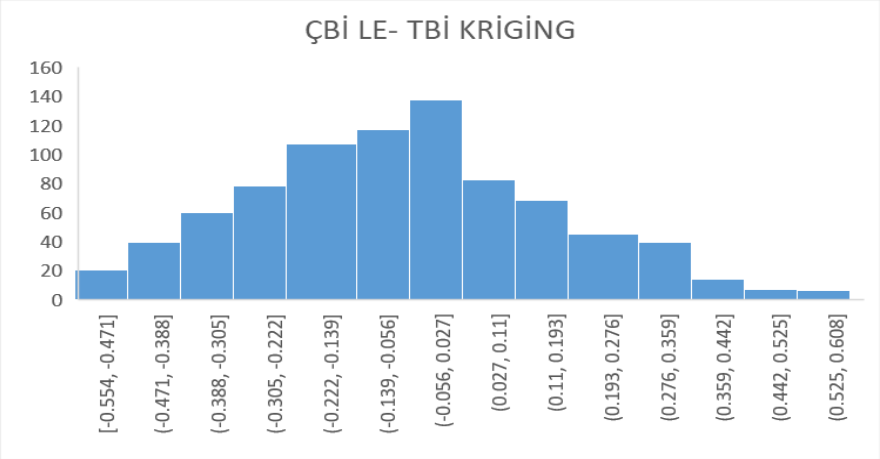
Şekil A.14 Çapraz – 2 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ – Kriging modelleri farkları



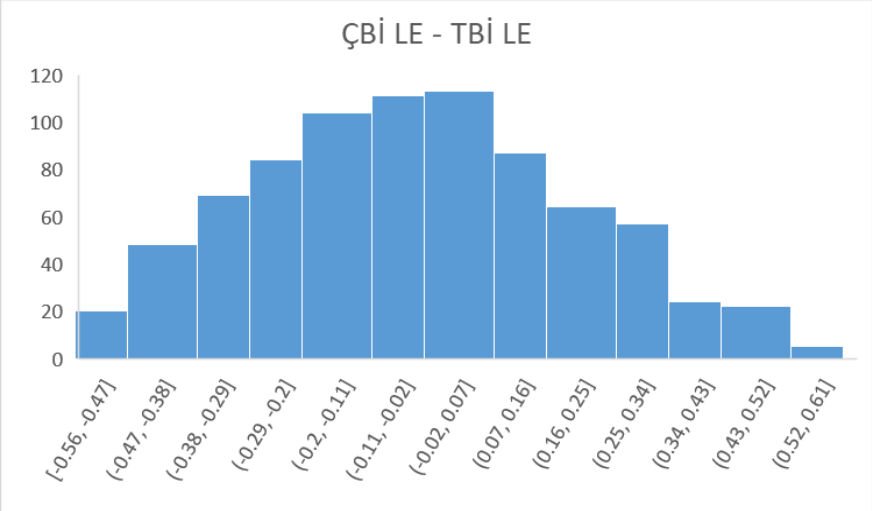
Şekil A.15 Çapraz – 2 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ – LE modelleri farkları



Şekil A.16 Çapraz – 2 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – TMAE modelleri farkları

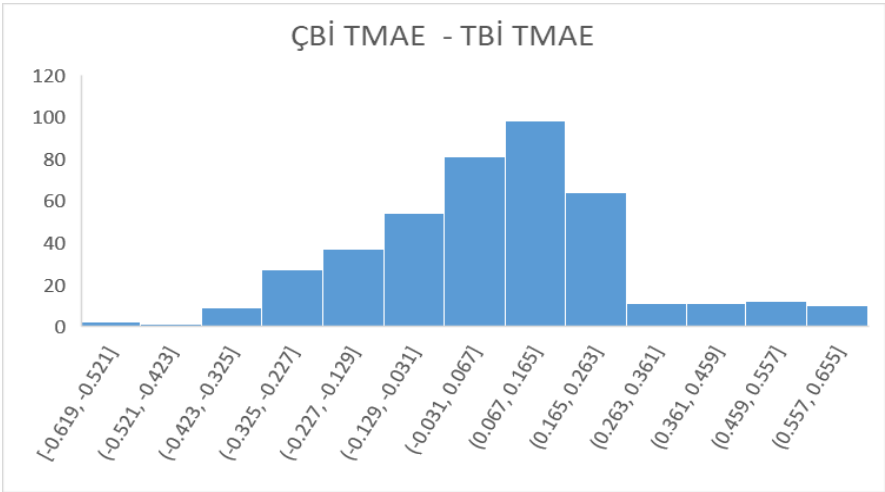


Şekil A.17 Çapraz – 2 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – Kriging modelleri farkları

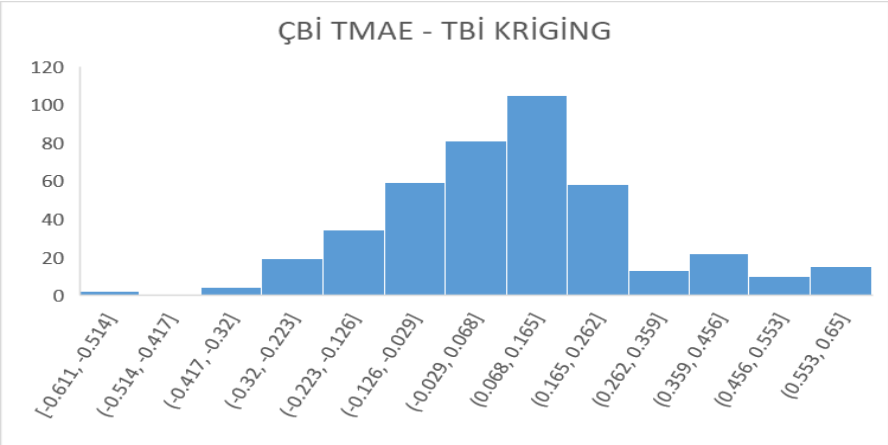


Şekil A.18 Çapraz – 2 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – LE modelleri farkları

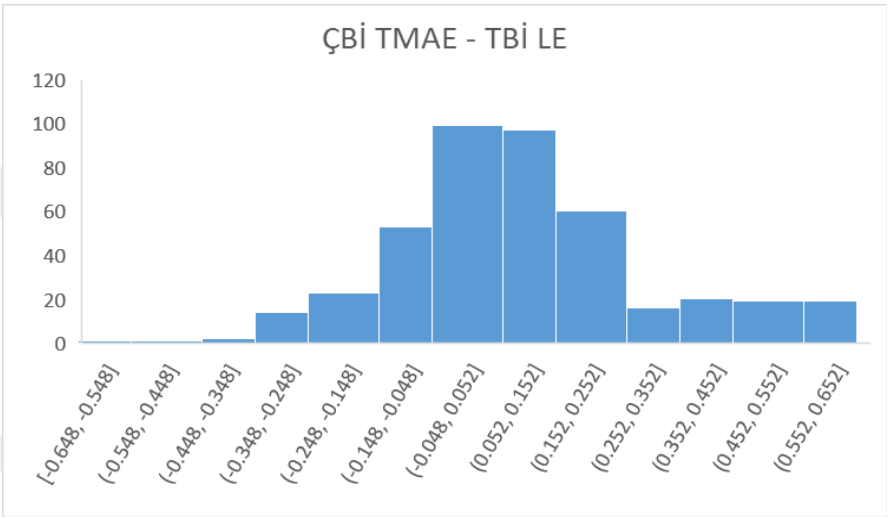
Doğu – Batı 1 Hattı;



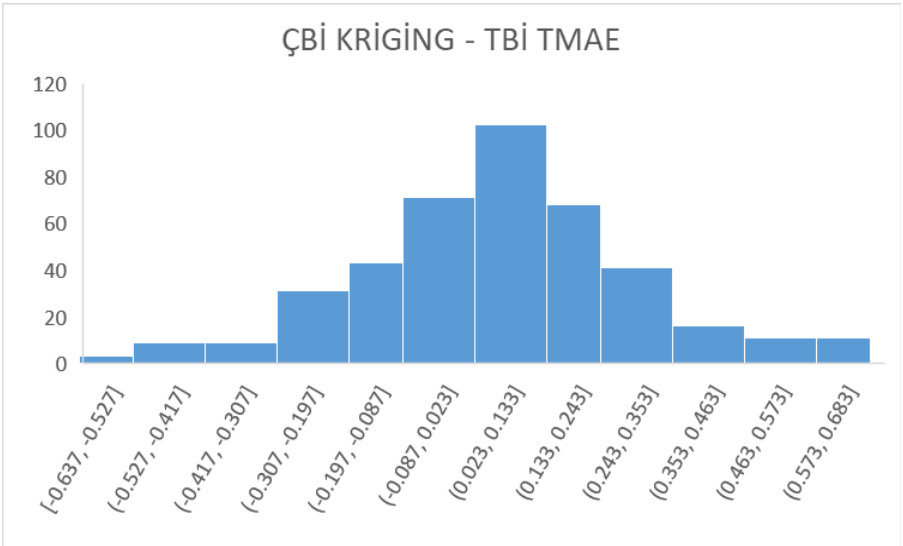
Şekil A.19 Doğu – Batı 1 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ – TMAE modelleri farkları



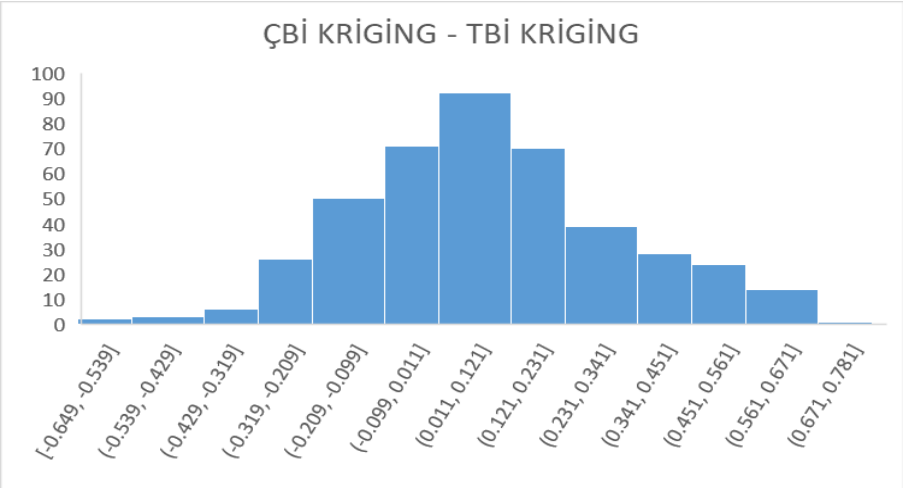
Şekil A.20 Doğu – Batı 1 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ – Kriging modelleri farkları



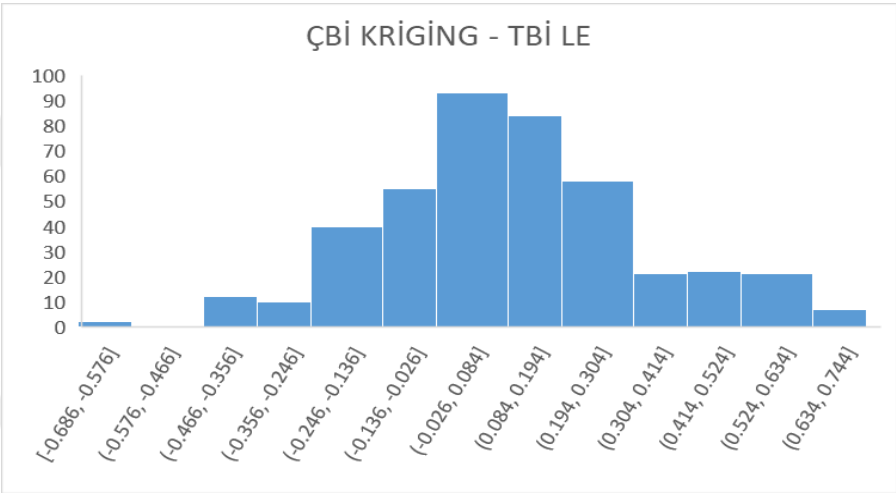
Şekil A.21 Doğu – Batı 1 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ – LE modelleri farkları



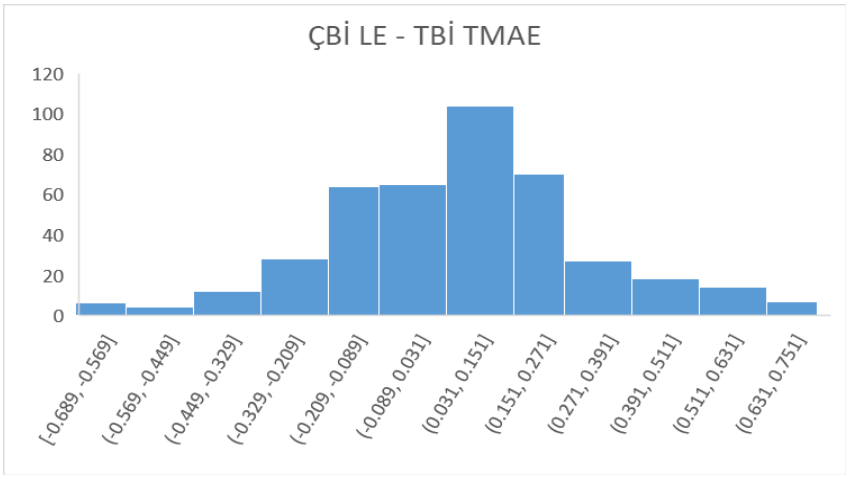
Şekil A.22 Doğu – Batı 1 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ – TMAE modelleri farkları



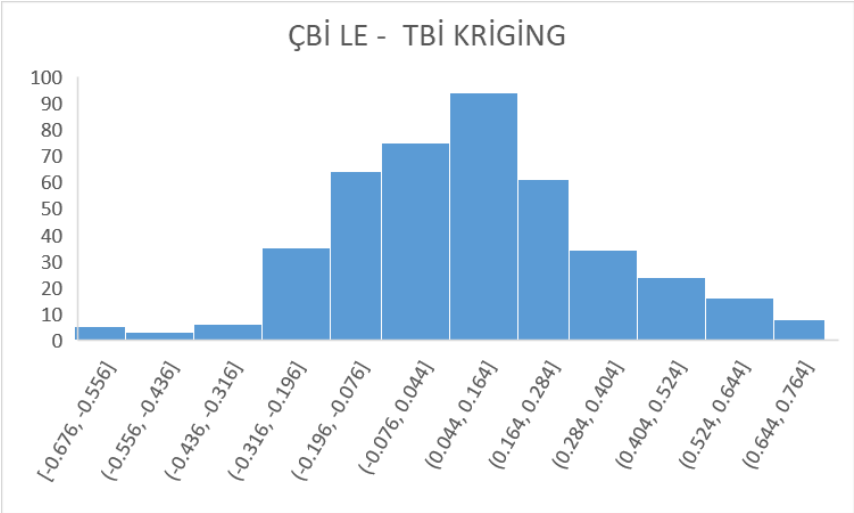
Şekil A.23 Doğu – Batı 1 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ – Kriging modelleri farkları



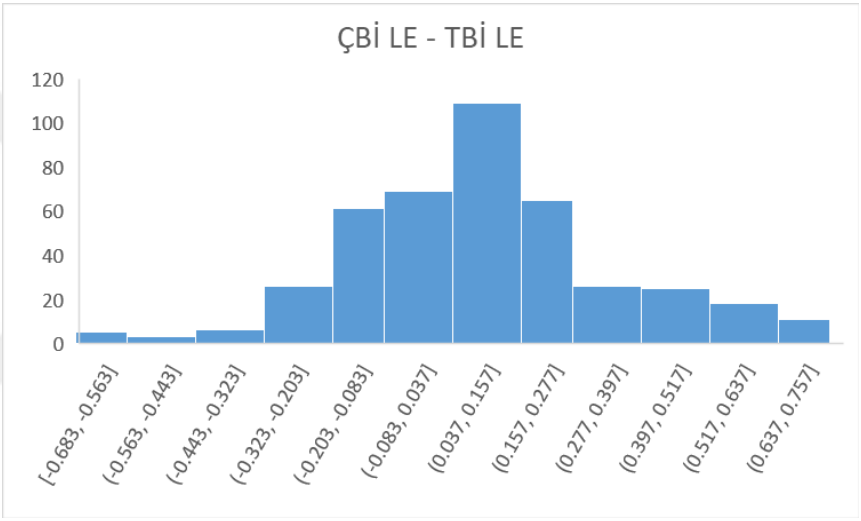
Şekil A.24 Doğu – Batı 1 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ – LE modelleri farkları



Şekil A.25 Doğu – Batı 1 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – TMAE modelleri farkları

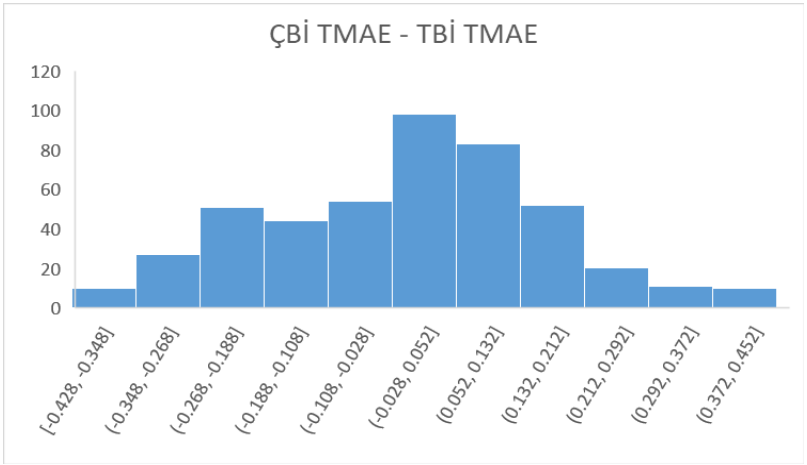


Şekil A.26 Doğu – Batı 1 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – Kriging modelleri farkları

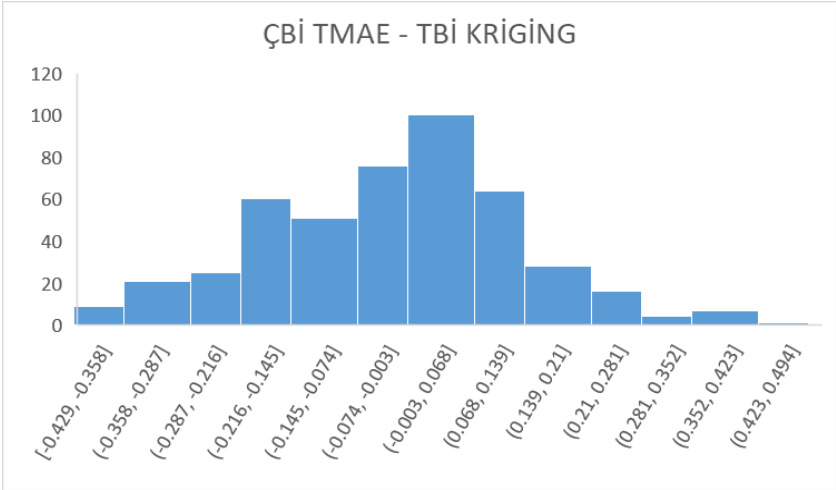


Şekil A.27 Doğu – Batı 1 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – LE modelleri farkları

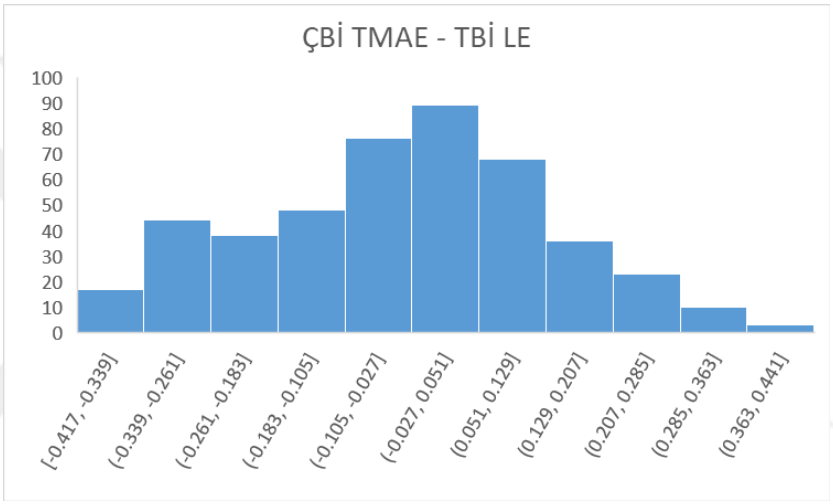
Doğu – Batı 2 Hattı ;



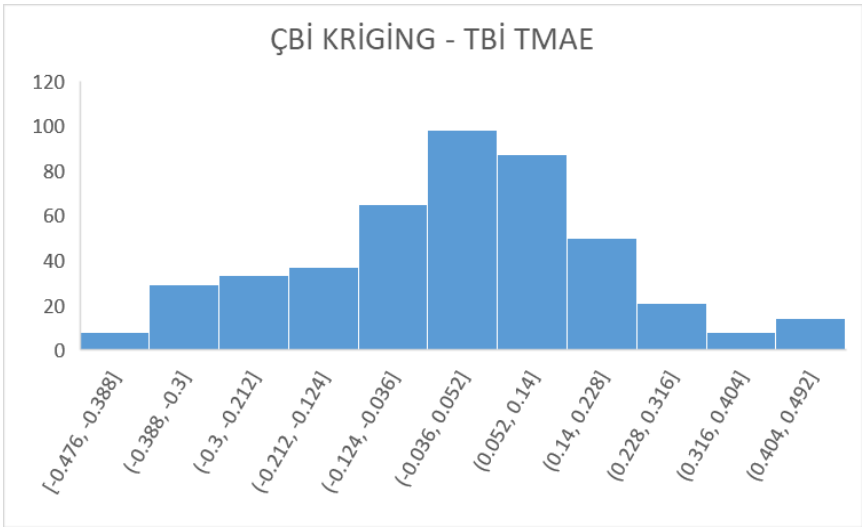
Şekil A.28 Doğu – Batı 2 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ – TMAE modelleri farkları



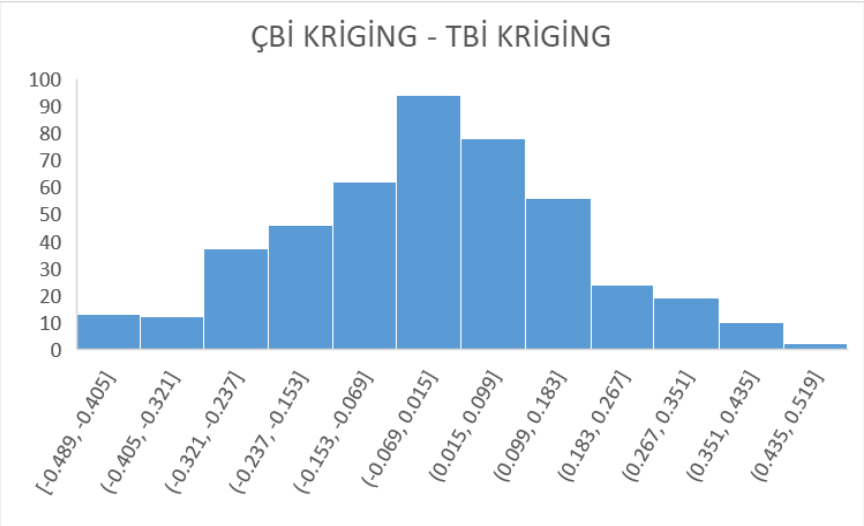
Şekil A.29 Doğu – Batı 2 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ – Kriging modelleri farkları



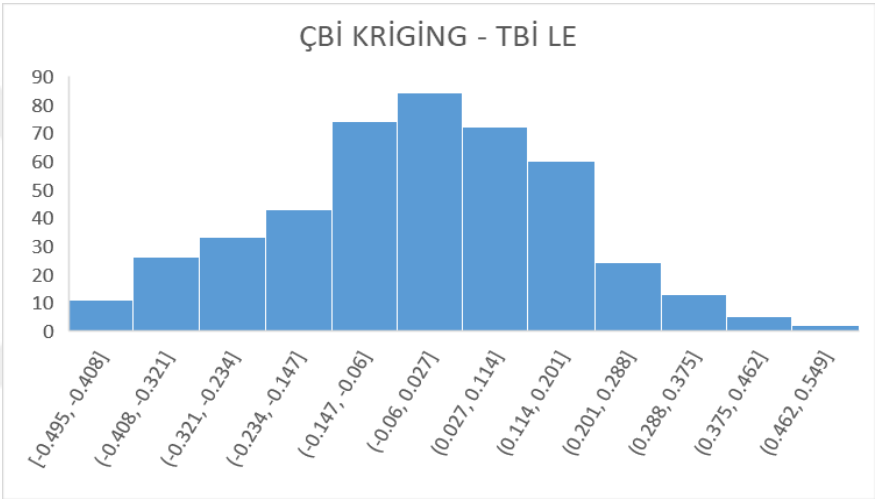
Şekil A.30 Doğu – Batı 2 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ – LE modelleri farkları



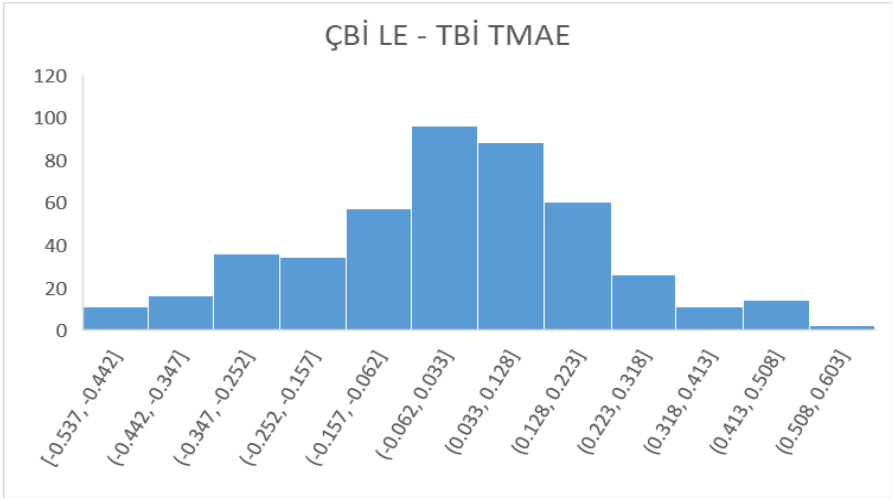
Şekil A.31 Doğu – Batı 2 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ – TMAE modelleri farkları



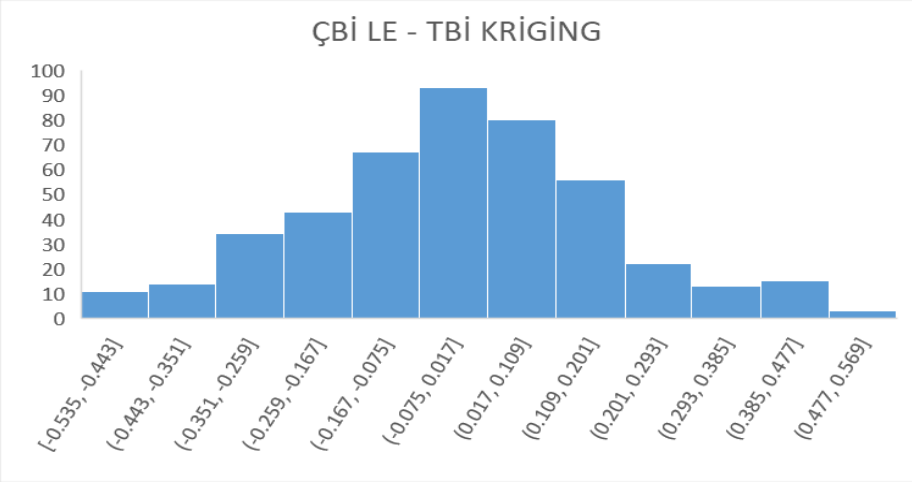
Şekil A.32 Doğu – Batı 2 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ – Kriging modelleri farkları



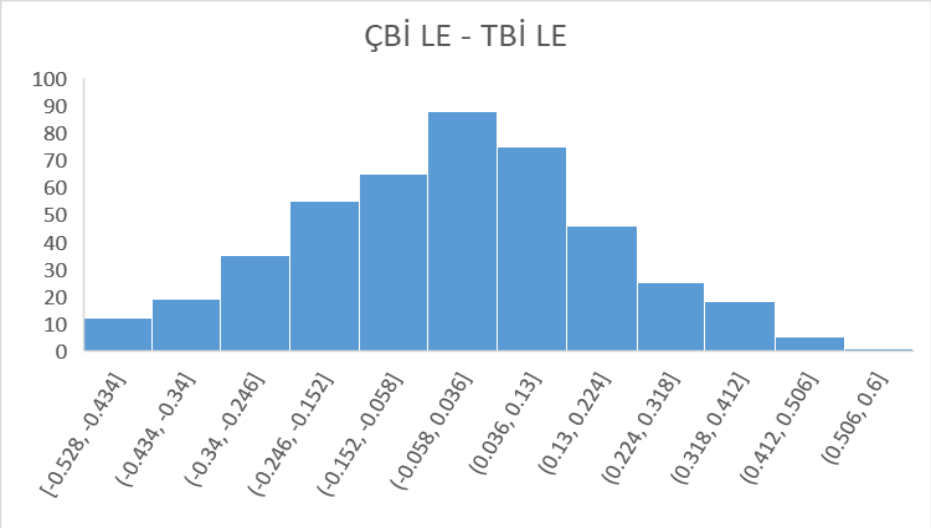
Şekil A.33 Doğu – Batı 2 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ – LE modelleri farkları



Şekil A.34 Doğu – Batı 2 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – TMAE modelleri farkları

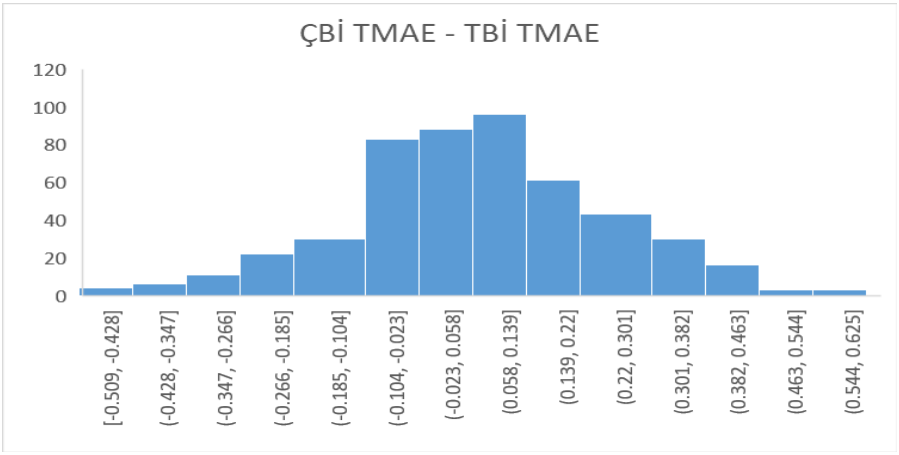


Şekil A.35 Doğu – Batı 2 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – Kriging modelleri farkları

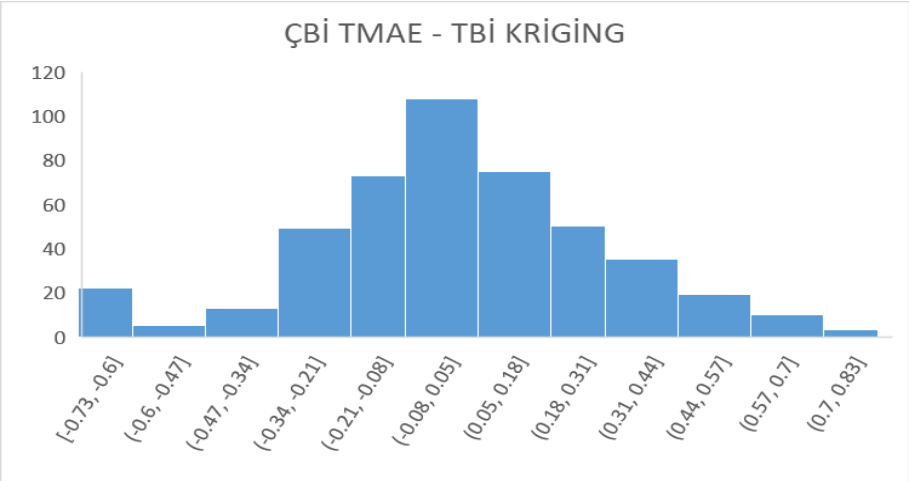


Şekil A.36 Doğu – Batı 2 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – LE modelleri farkları

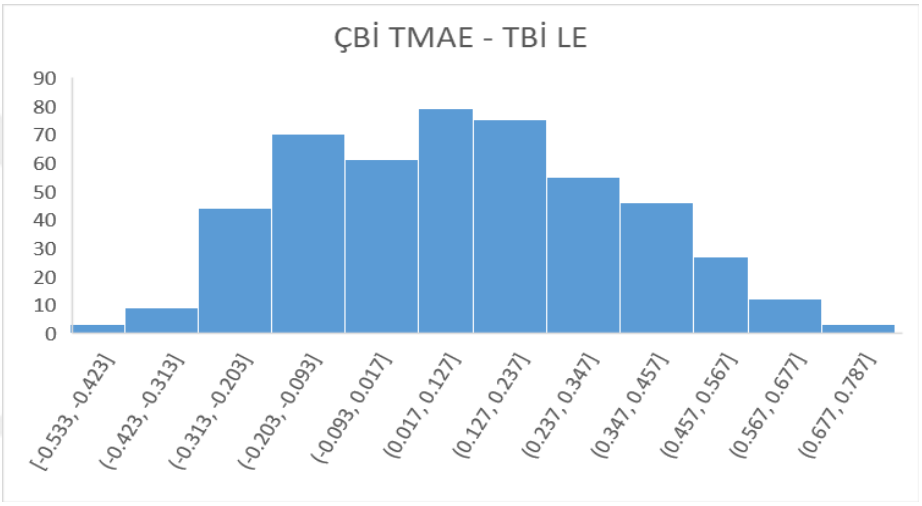
Doğu – Batı 3 Hattı;



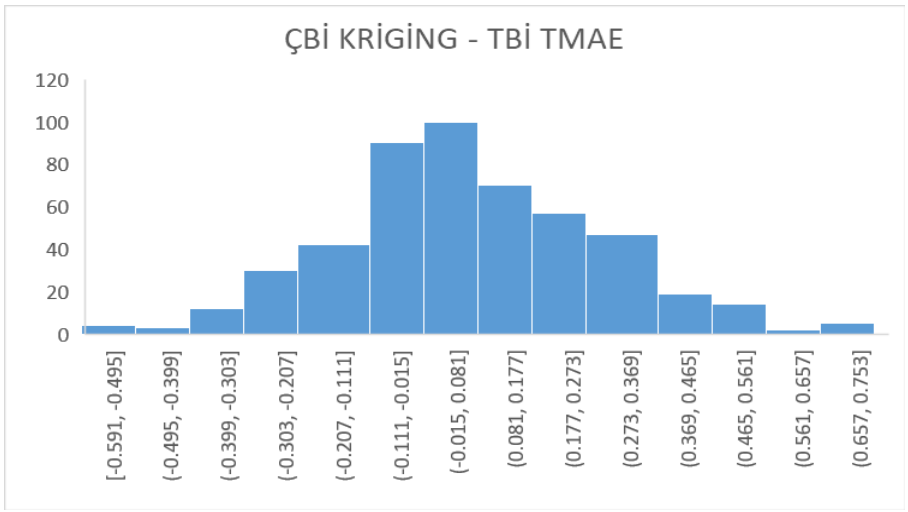
Şekil A.37 Doğu – Batı 3 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ – TMAE modelleri farkları



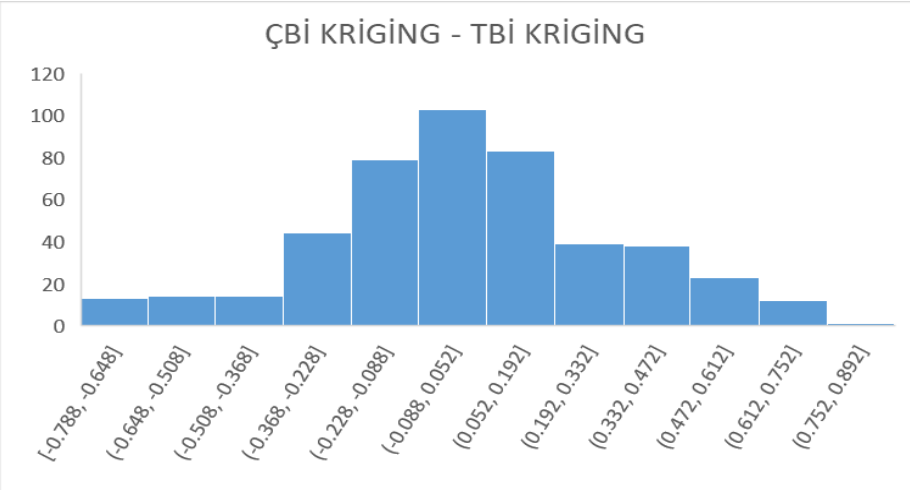
Şekil A.38 Doğu – Batı 3 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ – Kriging modelleri farkları



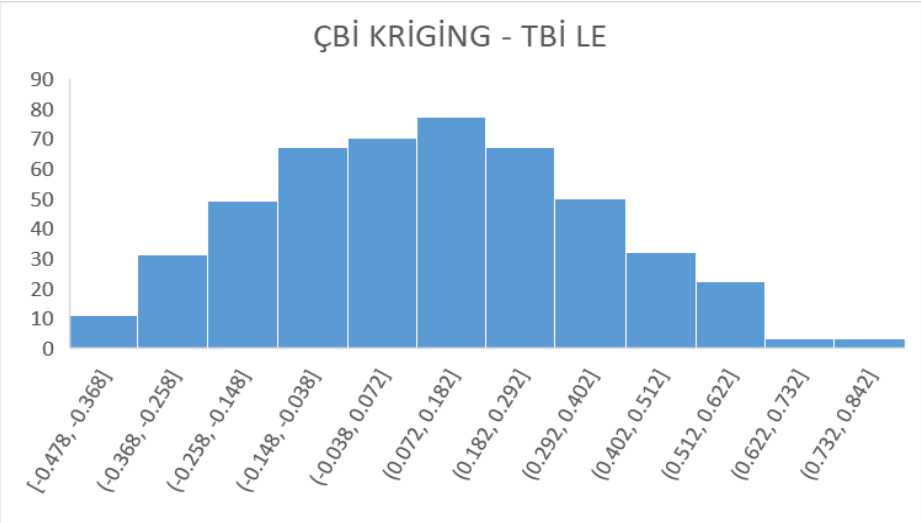
Şekil A.39 Doğu – Batı 3 hattı için ÇBİ-TMAE ve TBİ – LE modelleri farkları



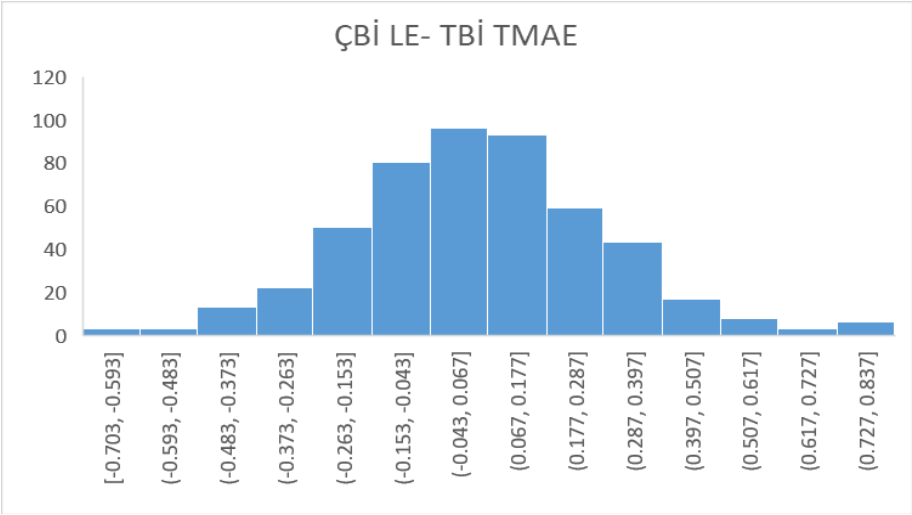
Şekil A.40 Doğu – Batı 3 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ – TMAE modelleri farkları



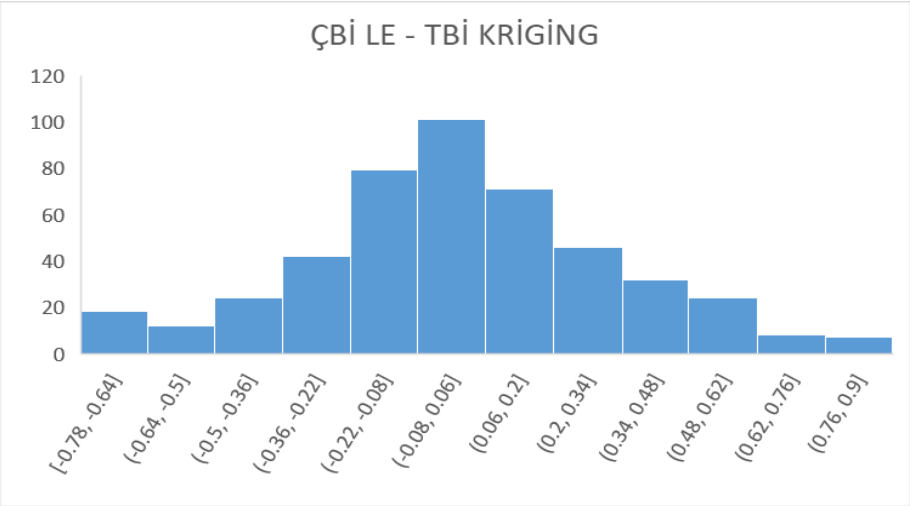
Şekil A.41 Doğu – Batı 3 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ – Kriging modelleri farkları



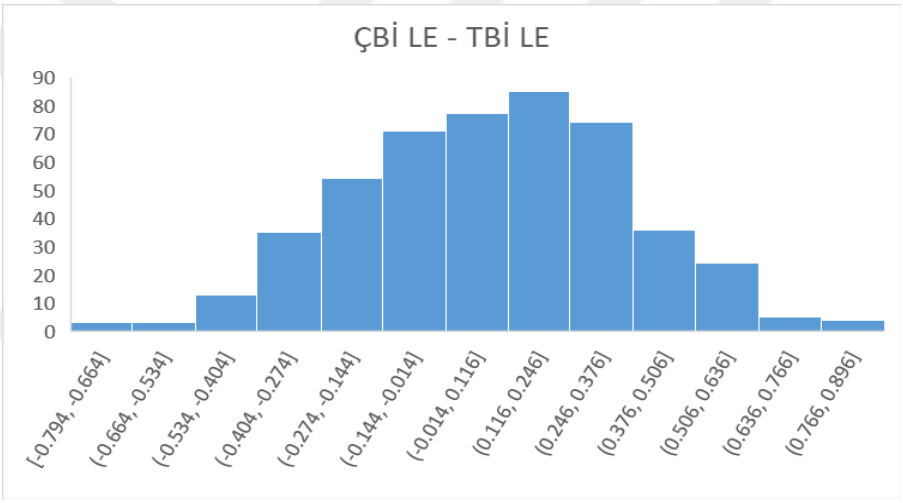
Şekil A.42 Doğu – Batı 3 hattı için ÇBİ-Kriging ve TBİ – LE modelleri farkları



Şekil A.43 Doğu – Batı 3 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – TMAE modelleri farkları



Şekil A.44 Doğu – Batı 3 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – Kriging modelleri farkları

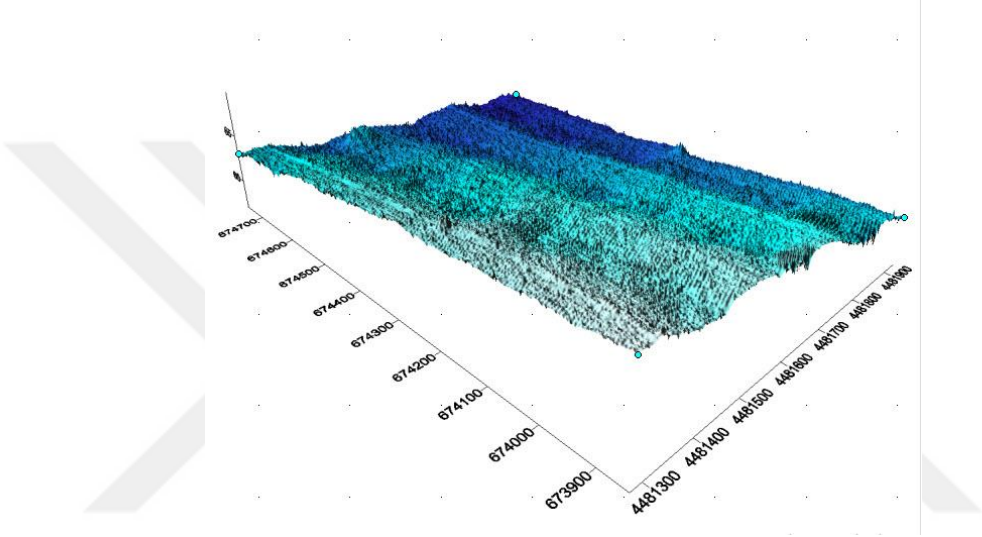


Şekil A.45 Doğu – Batı 3 hattı için ÇBİ-LE ve TBİ – LE modelleri farkları

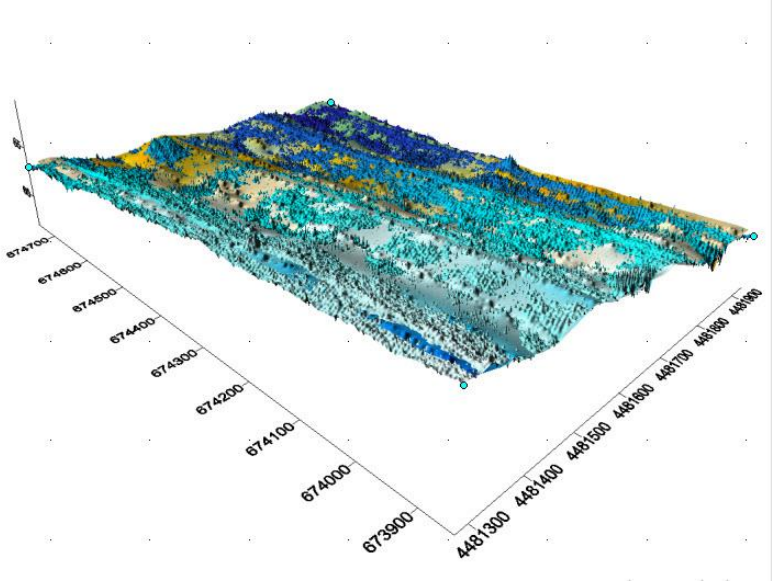
B

MODEL KARŞILAŞTIRMALARI

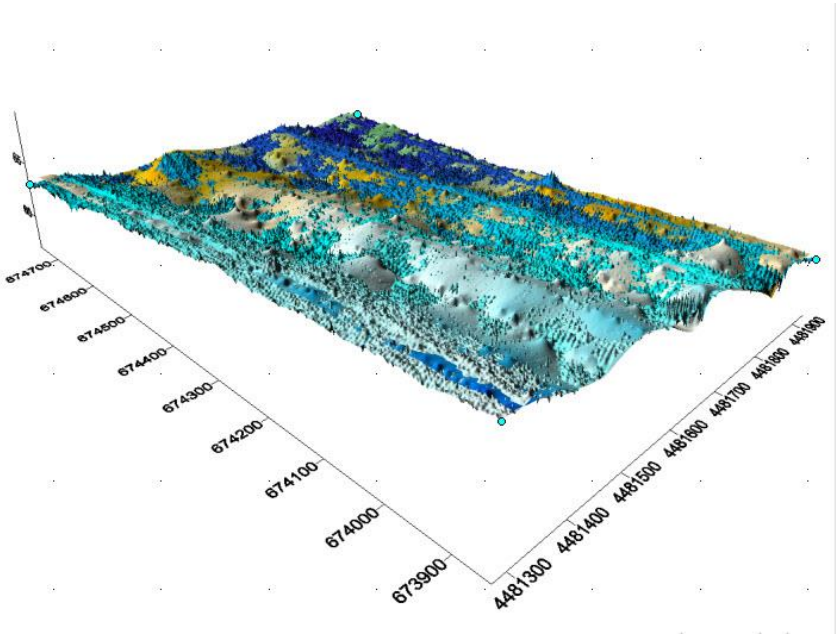
4.5 uygulamasında hacım farkları üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Aşağıda karşılaştırma yapılan modeller verilmiştir.



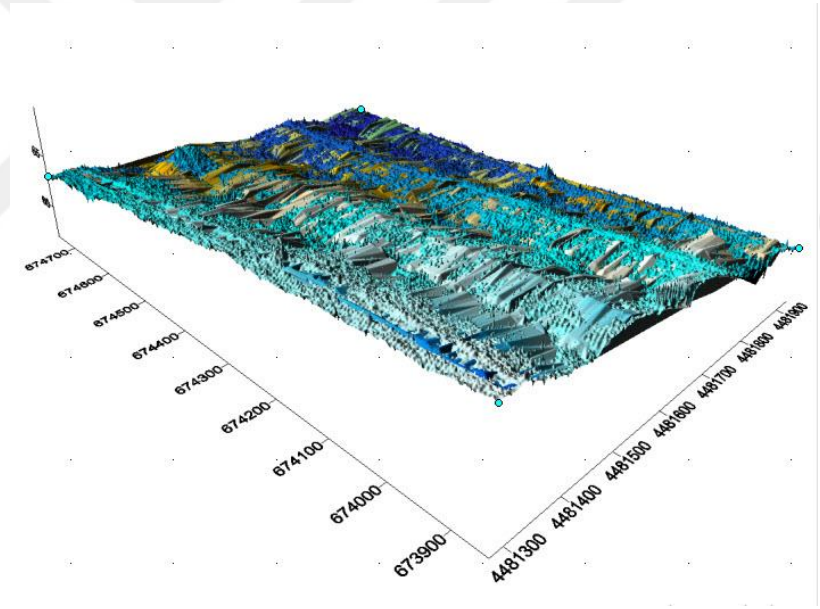
Şekil B.1 ÇBİ verisinden TMAE yöntemi ile elde edilen model



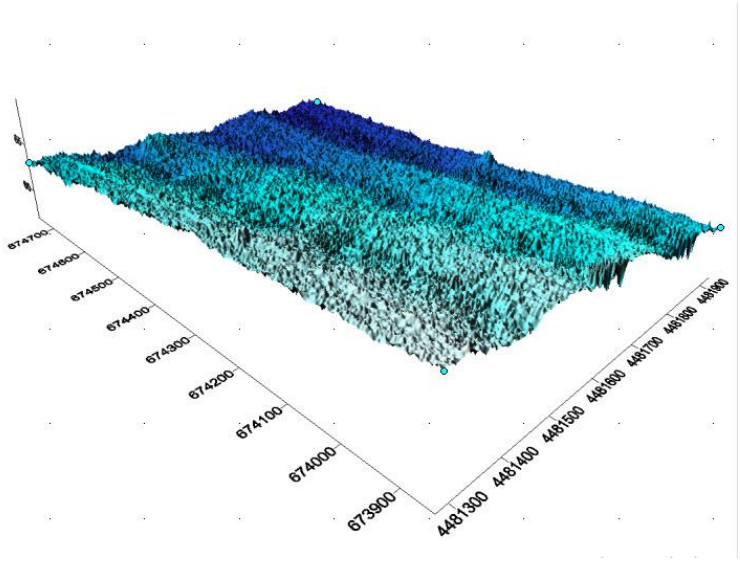
Şekil B.2 ÇBİ - TMAE modeli ile TBİ - TMAE modeli



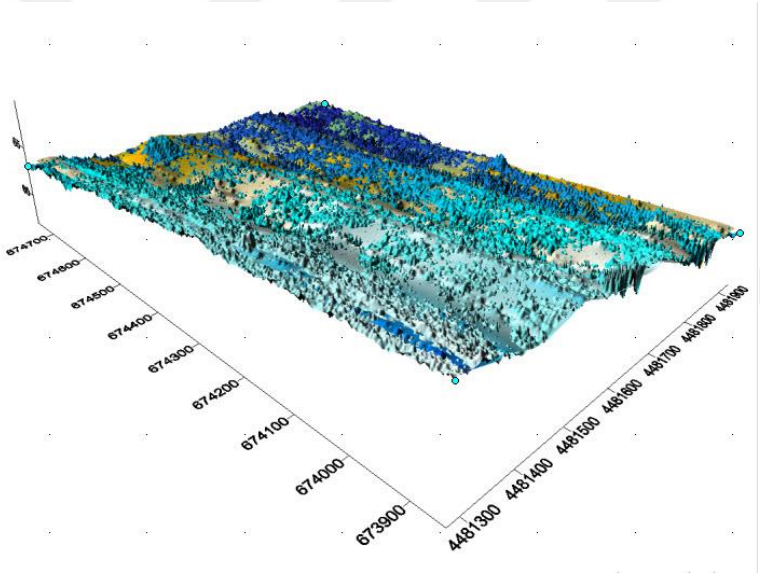
Şekil B.3 ÇBİ - TMAE modeli ile TBİ – Kriging modeli



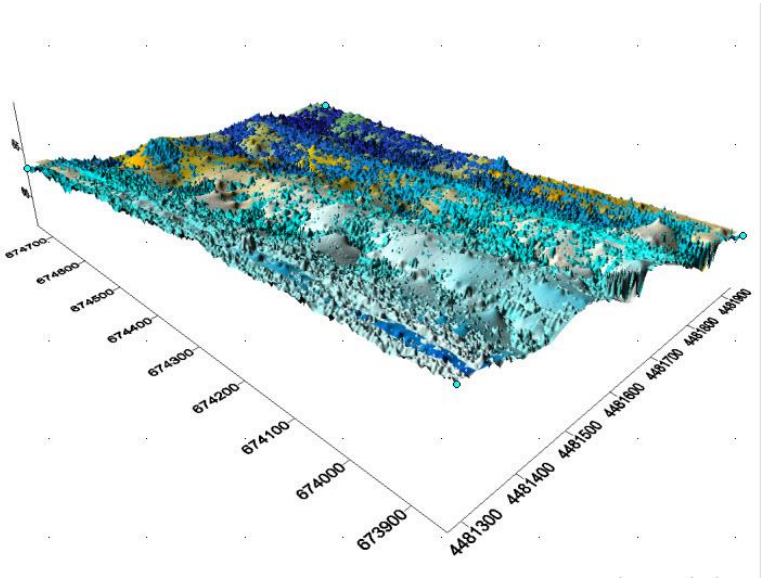
Şekil B.4 ÇBİ - TMAE modeli ile TBİ – LE modeli



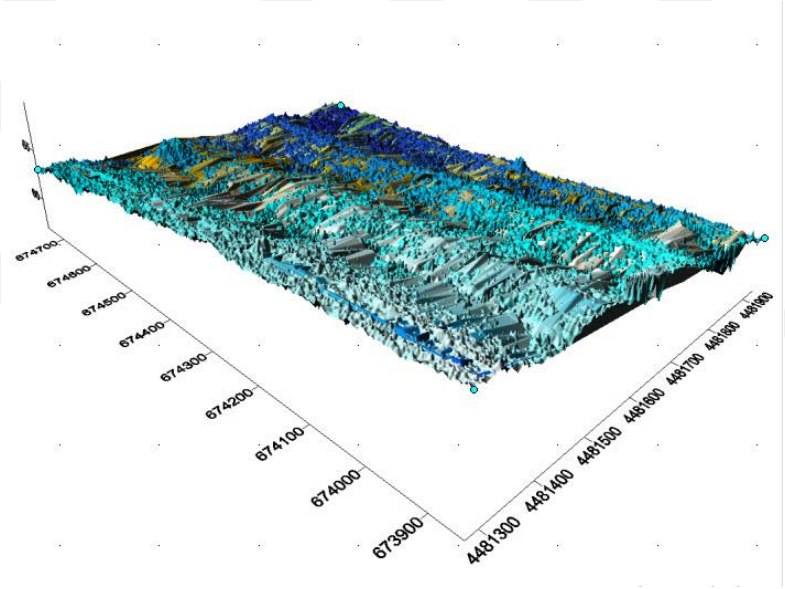
Şekil B.5 ÇBİ verisinden Kriging yöntemi ile elde edilen model



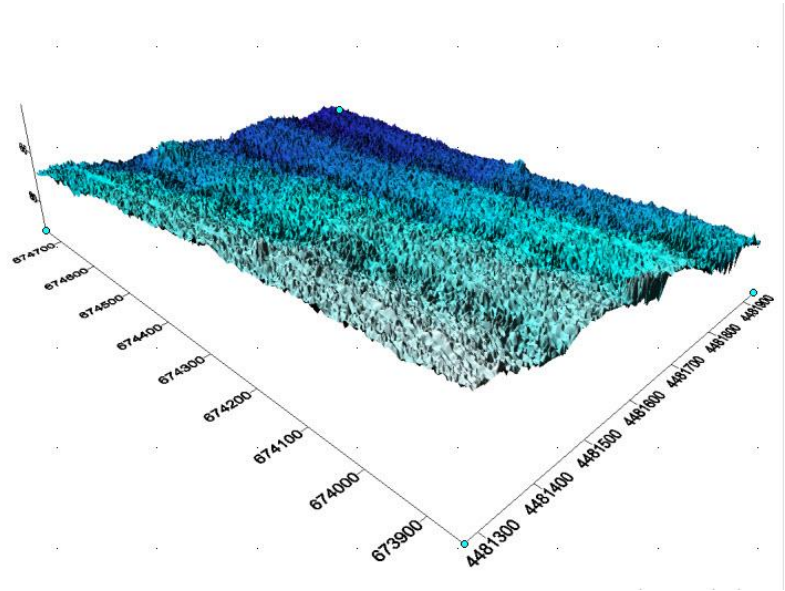
Şekil B.6 ÇBİ - Kriging modeli ile TBİ – TMAE modeli



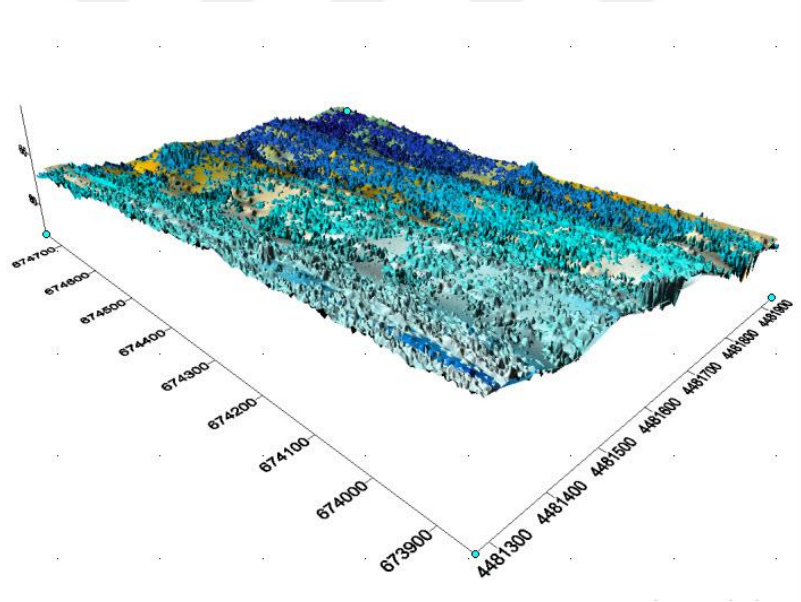
Şekil B.7 ÇBİ - Kriging modeli ile TBİ – Kriging modeli



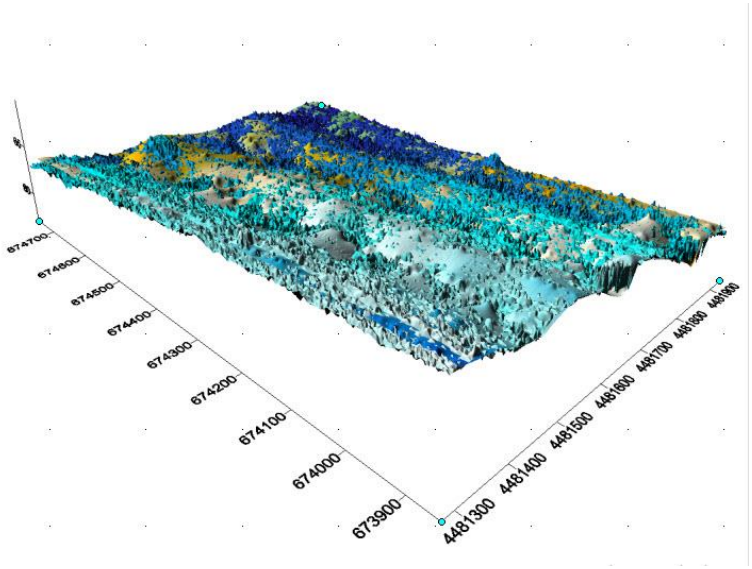
Şekil B.8 ÇBİ - Kriging modeli ile TBİ – LE modeli



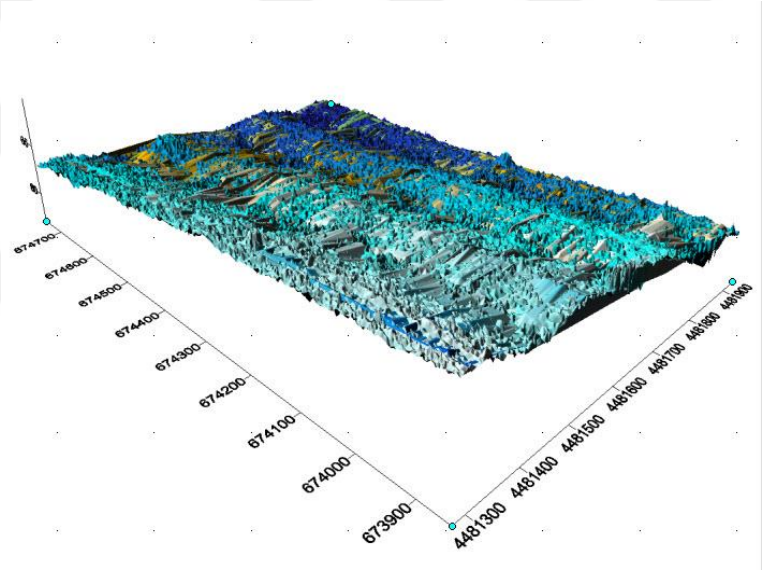
Şekil B.9 ÇBİ verisinden LE yöntemi ile elde edilen model



Şekil B.10 ÇBİ - LE modeli ile TBİ – TMAE modeli



Şekil B.11 ÇBİ - LE modeli ile TBİ – Kriging modeli



Şekil B.12 ÇBİ - LE modeli ile TBİ – LE modeli

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

İletişim Bilgisi: safaburak16@gmail.com

Konferans Bildirileri

1. Kaya S.B., Doğan U., Aykut N.O., "Composing An Accurate Digital Bathymetric Model By Using Single Beam Data ", The International Symposium on Applied Geoinformatics, İstanbul, Türkiye 7- 9 kasım 2019.