T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADIYAMAN İLİ İÇİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE GEOİT BELİRLEME

Nihat DİNÇ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vii
1. GİRİŞ 1
1.1. Yükseklik Kavramı 2
1.1.1. Jeopotansiyel yükseklik 2
1.1.2. Dinamik yükseklik 2
1.1.3. Normal yükseklik 3
1.1.4. Ortometrik yükseklik 3
1.1.5. Elipsoit yükseklik 3
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 4
3. MATERYAL ve YÖNTEM 8
3.1 Geoit 8
3.2. Geoit Belirleme Yöntemleri 8
3.2.1. Astro-jeodezik yöntemle geoit belirleme 9
3.2.2. Global geoit belirleme modelleri 10
3.2.3. Gravite değerlerine göre geoit belirleme 11
3.2.4. GPS/nivelman yöntemi ile geoit belirleme 11
3.2. Yapay Sinir Ağları 12
3.3. Yapay Sinir Ağlarının Özelikleri 13
3.4. Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları 14
3.5. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları 15
3.6. Eğitim Fonksiyonu (Training Function) 15
4. ARAŞTIRMA BULGULAR ve TARTIŞMA 21
4.1. Çalışma Alanı 21
4.2. Veriler 21
4.3. Uygulama 1 22
4.4. Uygulama 2 40
4.5. Uygulama 3 59
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 81
KAYNAKLAR 83
ÖZGEÇMİŞ ..... **Error! Bookmark not defined.**

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ADIYAMAN İLİ İÇİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE GEOİT BELİRLEME

Nihat DİNÇ

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mustafa ULUKAVAK
Yıl: 2022, Sayfa: 86

Geoit, Dünya'nın yerçekimi alanının ortalama deniz seviyesine en iyi uyan eş potansiyel yüzeydir. Geoidin yüksek hassasiyette hesaplanması jeodezide önemlidir. Geoit belirleme yatay konumu bilinen noktalarda, geoit yüksekliğini analog veya sayısal olarak elde edilmesinin sağlayacak şekilde verilerin modellenmesidir. Bu çalışmada geoit modelinin yapay sinir ağları ile belirlenmesi ve kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma alanı olarak Adıyaman İli mücavir alan sınırını kapsayacak 165 km^2 alan içinde enlem, boylam, ortometrik yüksekliği ve elipsoit yüksekliği bilinen 126 adet nirengi noktası ve 10 000 adet poligon noktasından 874 adet poligon noktası homojen dağılımda seçilmiştir. Çalışmada 3 farklı uygulama yapılmıştır. Her uygulama için 14 eğitim fonksiyonu ve 15 farklı katman sayısı ile her uygulama için 210 adedi deney olmak üzere toplamda 630 adet deney yapılmıştır. Yapılan deneylerin %87'sinde elde edilen düşey konum doğruluğunun Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretimi Yönetmeliği'nde belirlenen sınır değerin (±5 cm) altında elde edildiği görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Geoit belirleme, Yapay Sinir Ağları, Ortometrik Yükseklik, Elipsoit Yükseklik

ABSTRACT

MSc Thesis

GEOID DETERMINATION WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR ADIYAMAN PROVINCE

Nihat DİNÇ

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Assoc.Prof. Dr. Mustafa ULUKAVAK
Year: 2022, Page: 86

The geoid is the equipotential surface that best fits the mean sea level of the Earth's gravitational field. High-precision calculation of the geoid is necessary for geodesy. Geoid determination is the modeling of data in such a way that the geoid height can be obtained analog or digitally at points whose horizontal position is known. In this study, the determination and usability of the geoid model with artificial neural networks were investigated. As the study area, 126 landmarks with known latitude, longitude, orthometric height, and ellipsoidal height and 874 polygon points out of 10 000 polygon points were selected in a homogeneous distribution within an area of 165 km2 that will cover the adjacent area border of Adıyaman Province. Three different applications were made in the study. With 14 training functions and 15 different layers for each application, 210 experiments and 630 experiments were conducted for each application. It was observed that the vertical position accuracy obtained in 87% of the experiments was obtained below the limit value (±5 cm) determined in the Regulation on Large-Scale Map and Map Information Production.

KEY WORDS: Geoid Determination, Artificial Neural Networks, Orthometric Height, Ellipsoid Height

TEŞEKKÜR

Tez çalışması boyunca bana destek olan değerli hocam Doç. Dr. Mustafa ULUKAVAK'a, veri kullanımına izin veren Adıyaman Belediyesi'ne, tezin yürütülmesi aşamasında gerekli kolaylığı sağlayan çalıştığım kurum Adıyaman Üniversitesi yöneticilerine, eğitimimin her aşamasında bana destek olan anne ve babama, tez süresince fazla zaman ayıramadığım sevgili eşime, çocuklarım Müberra ve Ahmet'e teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Ortometrik ve Elipsoit yüksekliği. 1
Şekil 3.1. Geoit, elipsoit ve çekül sapması arasındaki ilişki. 9
Şekil 3.2. Uygulama noktalarının homojen dağılım olarak seçilmesi 20
Şekil 4.1. Uygulama 1 noktaların konumlarını gösteren harita 22
Şekil 4.2. Uygulama 1 için *Trainbfg* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 23
Şekil 4.3. Uygulama 1 için *Trainbr* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 24
Şekil 4.4. Uygulama 1 için *Traincgb* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 26
Şekil 4.5. Uygulama 1 için *Traincgf* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 27
Şekil 4.6. Uygulama 1 için *Traincgp* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 28
Şekil 4.7. Uygulama 1 için *Traingd* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 29
Şekil 4.8. Uygulama 1 için *Traingda* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 30
Şekil 4.9. Uygulama 1 için *Traingdm* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 32
Şekil 4.10. Uygulama 1 için *Traingdx* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 33
Şekil 4.11. Uygulama 1 için *Trainlm* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 34
Şekil 4.12. Uygulama 1 için *Trainoss* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 36
Şekil 4.13. Uygulama 1 için *Trainr* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 37
Şekil 4.14. Uygulama 1 için *Trainrp* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 38
Şekil 4.15. Uygulama 1 için *Trainscg* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 40
Şekil 4.16. Uygulama 2 noktaların konumlarını gösteren harita 41
Şekil 4.17. Uygulama 2 için *Trainbfg* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 42
Şekil 4.18. Uygulama 2 için *Trainbr* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 43
Şekil 4.19. Uygulama 2 için *Traincgb* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 44
Şekil 4.20. Uygulama 2 için *Traincgf* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 45
Şekil 4.21. Uygulama 2 için *Traincgp* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 47
Şekil 4.22. Uygulama 2 için *Traingd* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 48
Şekil 4.23. Uygulama 2 için *Traingda* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 49
Şekil 4.24. Uygulama 2 için *Traingdm* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 50
Şekil 4.25. Uygulama 2 için *Traingdx* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 52

Şekil 4.26. Uygulama 2 için *Trainlm* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 53
Şekil 4.27. Uygulama 2 için Trainoss fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 54
Şekil 4.28. Uygulama 2 için *Trainr* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 56
Şekil 4.29. Uygulama 2 için *Trainrp* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 57
Şekil 4.30. Uygulama 2 için *Trainscg* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 58
Şekil 4.31. Uygulama 3 noktaların konumlarını gösteren harita 59
Şekil 4.32. Uygulama 3 için *Trainbfg* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 60
Şekil 4.33. Uygulama 3 için *Trainbr* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 62
Şekil 4.34. Uygulama 3 için *Traincgb* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 63
Şekil 4.35. Uygulama 3 için *Traincgf* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 64
Şekil 4.36. Uygulama 3 için *Traincgp* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 66
Şekil 4.37. Uygulama 3 için *Traingd* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 67
Şekil 4.38. Uygulama 3 için *Traingda* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 68
Şekil 4.39. Uygulama 3 için *Traingdm* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 70
Şekil 4.40. Uygulama 3 için *Traingdx* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 71
Şekil 4.41. Uygulama 3 için *Trainlm* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 72
Şekil 4.42. Uygulama 3 için *Trainoss* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 74
Şekil 4.43. Uygulama 3 için *Trainr* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 75
Şekil 4.44. Uygulama 3 için *Trainrp* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 76
Şekil 4.45. Uygulama 3 için *Trainscg* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği 78

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

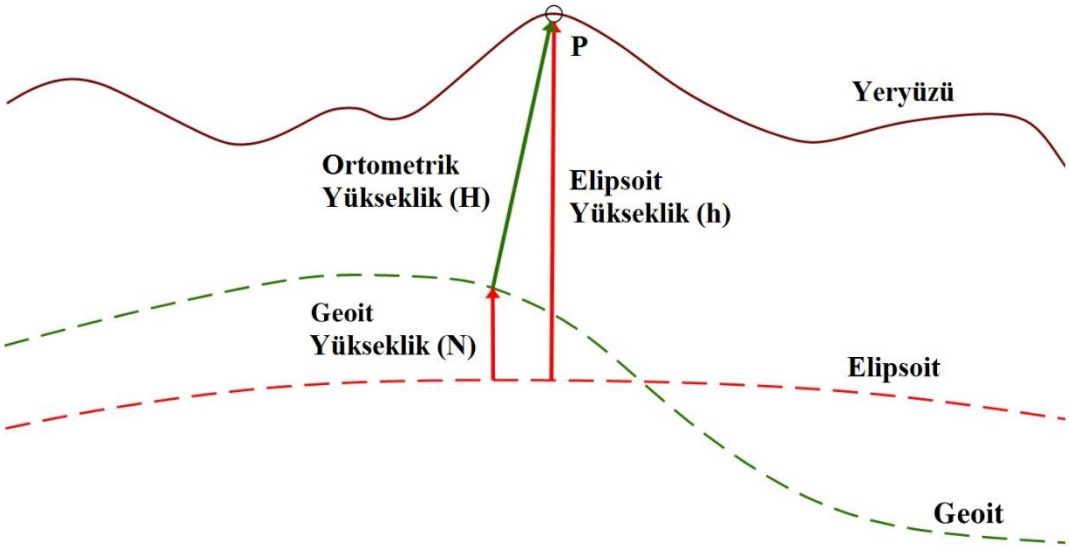
Çizelge 3. 1. Uygulamadaki eğitim ve test verilerinin sayısı 19
Çizelge 4.1. Uygulama 1 için *Trainbfg* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....23
Çizelge 4.2. Uygulama 1 için *Trainbr* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 24
Çizelge 4.3. Uygulama 1 için *Traincgb* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....25
Çizelge 4.4. Uygulama 1 için *Traincgf* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....26
Çizelge 4.5. Uygulama 1 için *Traincgp* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....27
Çizelge 4.6. Uygulama 1 için *Traingd* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....29
Çizelge 4.7. Uygulama 1 için *Traingda* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....30
Çizelge 4.8. Uygulama 1 için *Traingdm* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....31
Çizelge 4.9. Uygulama 1 için *Traingdx* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....32
Çizelge 4.10. Uygulama 1 için *Trainlm* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....34
Çizelge 4.11. Uygulama 1 için *Trainoss* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....35
Çizelge 4.12. Uygulama 1 için *Trainr* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 36
Çizelge 4.13. Uygulama 1 için *Trainrp* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 38
Çizelge 4.14. Uygulama 1 için *Trainscg* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 39
Çizelge 4.15. Uygulama 2 için *Trainbfg* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....41
Çizelge 4.16. Uygulama 2 için *Trainbr* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 42
Çizelge 4.17. Uygulama 2 için *Traincgb* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 44
Çizelge 4.18. Uygulama 2 için *Traincgf* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....45
Çizelge 4.19. Uygulama 2 için *Traincgp* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 46
Çizelge 4.20. Uygulama 2 için *Traingd* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....47
Çizelge 4.21. Uygulama 2 için *Traingda* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 49
Çizelge 4.22. Uygulama 2 için *Traingdm* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) ...50
Çizelge 4.23. Uygulama 2 için *Traingdx* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 51
Çizelge 4.24. Uygulama 2 için *Trainlm* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....52
Çizelge 4.25. Uygulama 2 için *Trainoss* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....54
Çizelge 4.26. Uygulama 2 için *Trainr* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 55
Çizelge 4.27. Uygulama 2 için *Trainrp* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 56
Çizelge 4.28. Uygulama 2 için *Trainscg* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 58
Çizelge 4.29. Uygulama 3 için *Trainbfg* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....60
Çizelge 4.30. Uygulama 3 için *Trainbr* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 61
Çizelge 4.31. Uygulama 3 için *Traincgb* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 62
Çizelge 4.32. Uygulama 3 için *Traincgf* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....64
Çizelge 4.33. Uygulama 3 için *Traincgp* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 65
Çizelge 4.34. Uygulama 3 için *Traingd* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....66
Çizelge 4.35. Uygulama 3 için *Traingda* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)....68
Çizelge 4.36. Uygulama 3 için *Traingdm* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)...69
Çizelge 4.37. Uygulama 3 için *Traingdx* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 70
Çizelge 4.38. Uygulama 3 için *Trainlm* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....72
Çizelge 4.39. Uygulama 3 için *Trainoss* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm).....73
Çizelge 4.40. Uygulama 3 için *Trainr* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 74
Çizelge 4.41. Uygulama 3 için *Trainrp* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 76
Çizelge 4.42. Uygulama 3 için *Trainscg* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm) 77
Çizelge 4.43. Üç uygulama için eğitim fonksiyonlarının karşılaştırması.....79

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

BÖHHBÜY	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
GPS	Küresel Konum Belirleme Sistemi (Global Positioning System)
H	Ortometrik Yükseklik
h	Elipsoit Yükseklik
KOH	Karesel Ortalama Hata
MATLAB	Matrix Laboratory
N	Geoit Yükseklik
Λ	Astronomik Boylam
λ	Coğrafi Boylam
φ	Coğrafi Enlem
ϕ	Astronomik Enlem

1. GİRİŞ

Jeodezi, üç boyutlu ve zamana bağlı değişkenlik gösteren, yerin çekim alanı ile yeryuvarının alanını hesaplayarak topoğrafyanın ölçülmesi ve haritaya çizilmesi ile ilgili bir bilim dalıdır (Abbak, 2019). Geoit matematiksel olarak ifade edilmeyen karmaşık bir yüzey olarak tanımlanabilir. Geoit yüksekliğin düşey uzaklığı referans yüzeyi olmasından dolayı jeodezide önemli bir yüzeydir (Fidancı, 2019). Geoit belirleme, yatay konum bilgisi olan noktalarda, geoit yüksekliğini sayısal veya analog yöntemler ile elde edilmesini sağlayan verilerin modellenmesidir. Geoit yüksekliği hassas bir şekilde belirlenebilirse, ortometrik yüksekliklerden elipsoit yüksekliklerin hesaplanması veya elipsoit yüksekliklerinden ortometrik yüksekliklerin hesaplanması daha hassas yapılabilir (Yılmaz ve Arslan, 2006; Ceylan ve Akkul, 2009).



Şekil 1. 1. Ortometrik ve Elipsoit yüksekliği (Akiz ve Yerci, 2009).

Şekil 1.1.'de Fiziksel yeryüzü ile elipsoit yüksekliği arasındaki ilişkinin kurulduğu geoit yükseklik verilmiştir. Burada geoit yükseklik (N), elipsoit ile geoit arasındaki uzaklık; ortometrik yükseklik (H), fiziksel yeryüzü ile geoit arasındaki uzaklık ve elipsoit yükseklik (h), fiziksel yeryüzü ile elipsoit arasındaki uzaklık olarak ifade edilir (Albayrak ve ark. 2020; Akiz ve Yerci, 2009). Geoit yükseklik, elipsoit yükseklik ve ortometrik yükseklik ile ilgili bağıntı denklem 1.1 de verilmiştir.

$$N = h - H \tag{1.1}$$

Elipsoit yüksekliği (h), GPS ölçüleri ile bir koordinat sisteminin başlangıç elipsoidi kullanılarak belirlenir. Uygulamalarda geometrik nivelman ölçülerine bağlı olarak ortometrik yükseklik kullanılır (Kutoglu, 2015).

1.1. Yükseklik Kavramı

Ülke gelişiminde ve günlük yaşamda büyük rahatlık sağlayan mühendislik çalışmalarının uygulamaya geçirilmesi, planlama ve savunma çalışmaları için yeryüzünün yükseklik bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bir ülkenin üç boyutlu haritasının üretilmesi için yatay kontrol noktaları ve düşey kontrol noktalarına ihtiyaç duyulmaktadır (Yiğit, 2003). Topoğrafya üzerindeki bir noktanın yükseklik değerinin ölçülmesi için başlangıç yüzeyi ve bu başlangıç yüzeyine dik düşülen doğruların ölçülmesi gerekir (Kuru, 2018).

1.1.1. Jeopotansiyel yükseklik

Fiziksel yeryüzü üzerindeki noktaların veya noktalardan geçen eşpotansiyel yüzeylerin geoitin potansiyeli arasında kilogal×metre birimindeki farklar ve bu farklara jeopotansiyel yükseklik denir (Kuru, 2018). Fiziksel bir büyüklüğü ifade ettiğinden yükseklik sistemlerinde kullanılabilmesi için 1 kilogal'a bölünür. İki nokta arasındaki potansiyel farkın aynı olduğundan dolayı jeopotansiyel yükseklik nivelman yoluna bağlı değildir (Gürses, 2011).

1.1.2. Dinamik yükseklik

Dinamik yükseklik, jeopotansiyel sayılar için seçilmiş sabit gravite ivmesine bölünmesi sonucunda uzunluk birimine geçirilerek elde edilen yüksekliklere denir. Dinamik yükseklikleri hesaplayabilmek için jeopotansiyel yüksekliklerin ya da yükseklik farklarının daha önceden bilinmesi gerekir (Yiğit, 2003; Kuru, 2018).

Dinamik yükseklik değerlerinin geometrik bir anlamı olmayıp, jeopotansiyel yüksekliğe benzer fiziksel özeliğe sahiptir (Gürses, 2011).

1.1.3. Normal yükseklik

Yeryüzünün gerçek gravite potansiyelinin normal gravite potansiyeline eşit olduğu, normal gravite değerinin yerin gerçek gravite değerine eşit olmasından dolayı bozucu potansiyel değerlerinin olmadığı varsayılarak hesaplanan yükseklik sistemlere normal yükseklik denir (Kuru, 2018). Normal yüksekliğin tanımından da anlaşılacağı üzere çekül eğrisi boyunca normal gravite değerine ihtiyaç duyulur (Abbak, 2019). Yaygın olarak kullanılan yükseklik türü olarak normal yükseklikler elipsoit yüzeyinden de gösterilebilir (Üstün, 2006).

1.1.4. Ortometrik yükseklik

Ortometrik yükseklik, topografya üzerindeki bir noktanın geoite olan uzaklığı olarak tanımlanır (Kuru, 2018). Topografik harita üretimi için ortometrik yükseklik kullanılır ve başlangıcı geoittir. Ortometrik yükseklikler geometrik bir anlamı olmayıp fiziksel değerlerdir (Gürses, 2011; Kuru, 2018). Herhangi bir noktanın ortometrik yüksekliği kara parçaları nedeniyle kıtalar altındaki jeoidin uzunluğu ölçülmediğinden doğrudan ölçülemez (Yiğit, 2003).

1.1.5. Elipsoit yükseklik

Elipsoit yükseklik, topografya üzerindeki bir noktanın elipsoit yüzeyine elipsoit normali boyunca olan uzaklıktır (Yiğit, 2003). Elipsoit, yeryuvarına benzer özelikte olduğundan dolayı matematiksel çalışmalarda kolaylık sağlar jeodezik işlemlerde genellikle elipsoit referans yüzeyi olarak kullanılır (Kuru, 2018). GPS ile ölçülen elipsoit yükseklikler geometrik esaslara göre hesaplandığından gravite alanı ile ilişkisi yoktur. Elipsoit yükseklik referans elipsoidine göre oluşturulur (Gürses, 2011).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çorumluoğlu ve ark. (2005), Konya ilinde yapay sinir ağlarını kullanarak geoit model oluşturmuşlardır. Çalışma 30x50 km^2'lik alan içerisinde geoit yükseklikleri bilinmeyen noktalar için yapay sinir ağları yöntemiyle geoit ondülasyonları elde edilerek bölge geoidi oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen geoit yükseklikler ±4.67 cm standart sapmayla üretilmiştir. Ayrıca çalışmada farklı yapay sinir ağları teknikleri ile doğruluğu daha yüksek olan sonuçların alınabileceği belirtilmiştir.

Kutoğlu (2006), 650 noktadan oluşan Türkiye ulusal Düşey Kontrol Ağı içinden 453 noktayı kullanarak uygulama yapmıştır. Bu noktalardan 353 nokta eğitim verisi ve 100 nokta da test verisi olarak kullanılmıştır. Çalışmada polinomal yöntem ile yapay sinir ağları teknolojisi kullanılarak geoit modeller oluşturularak model sonuçları karşılaştırılmıştır. Polinomal yöntemde karesel ortalama hata ±21.34 cm olarak bulunurken yapay sinir ağları ile karesel ortalama hata ±15.62 cm olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmaya göre yapay sinir ağları polinomal yönteme göre daha iyi sonuç vermiştir.

Veronez ve ark. (2006), Brezilya Rio'da bulunan Rio Dos Sinos Hidrolojik Havzasında yaptıkları çalışmada bölgede 314 nokta üreterek rastgele 8 noktaya elipsoit ve ortometrik kot ölçülmüşlerdir. Çalışmada yapay sinir ağları ve MAPGEO2004 programı arasında karşılaştırılma yapılmıştır. 8 nokta test edilerek MAPGEO2004 programının ürettiği karesel ortalama hata ±79.0 cm, yapay sinir ağları ile hesaplanan karesel ortalama hata ise ±8.9 cm olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak yapılan çalışmada yapay sinir ağlarının MAPGEO2004 programından daha iyi sonuç elde edildiği tespit edilmiştir. Henüz test edilmemiş ve daha iyi sonuçlar verebilen yapay sinir ağlarını kurmanın mümkün olduğunu ifade etmişlerdir.

Akyılmaz ve Ayan (2006), İzmir İli GPS nirengi ağında nivelman ölçüleri ile ölçülmüş geoit yükseklikleri bilinen noktalar kullanılmışlardır. GPS nirengi ağından

310 noktadan 235 nokta model noktası geriye kalan 75 nokta da test noktası verisi olarak kullanılmıştır. Çalışma yapay sinir ağları ile bulanık mantık çıkarım sistemleri için kullanılmıştır. Bu yöntemlerin jeodezik hesaplamalarda uygulanabilirliği sayısal örneklerle yapılmıştır. Yöntemlerin ikisinde de girdi-çıktı olarak uygun yöntemlerle hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmada geoit belirlemede yapay sinir ağlarının daha iyi sonuç verdiği söylenmiştir. Sonuç olarak yapay sinir ağlarının ve bulanık mantık çıkarım sistemlerinin yakında jeodezik uygulamalarda yer alacağı söylenmiştir.

Arslan ve ark. (2007), yapay sinir ağlarının birçok uygulama alanında kullanılan hesaplama modeli sistemleri olduğunu söylemişlerdir. Çalışmada Kocaeli ili sınırları içerisinde GPS nivelman yüzeyini modellemek amacıyla polinomal yaklaşım ve yapay sinir ağları teknikleri kullanılmışlardır. Polinomal yüzey uydurma tekniği ile hesaplanan geoit yükseklik farklarının standart sapması 2.05 cm olarak hesaplanmıştır. Yapay sinir ağları tekniği ile hesaplanan geoit yükseklik farklarının standart sapması ise 1.39 cm'dir. Yapılan çalışma alanın küçük olmasından dolayı polinomal yüzey uydurma tekniği ile yapay sinir ağları tekniğinin benzer sonuç ürettiğinin sonucuna varmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda jeodezik uygulamalarda yapay sinir ağları ile benzer sonuçları elde edilebileceği ifade edilmiştir.

Güllü ve Yılmaz (2011), tarafından Afyonkarahisar ilinde yaptıkları çalışmada geri yayılımlı yapay sinir ağları yöntemi ile bazı enterpolasyon yöntemlerinden modifiye shepard, lokal polinomal, kriging, radyal fonksiyon, ters mesafe ağırlıklandırma ve polinomal yöntemleri karşılaştırmışlardır. Çalışma verisi olarak Türkiye Ulusal Temel GPS ağı (TUTGA) noktaları kullanılmıştır. Uygulamada kullanılan 38 noktanın 14 adeti model noktası geriye kalan 24 adeti ise test noktası olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak yapılan çalışmada karesel ortalama hatalar karşılaştırıldığında yapay sinir ağlarının diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Aşık (2013), Afyonkarahisar ili ve çevresini kapsayacak bir çalışma alanı içerisinde Kriging yöntemi ile yapay sinir ağlarını karşılaştırılmıştır. Uygulama verilerini 86 noktanın geoit yüksekliği bilinen TUTGA noktalarını kullanmıştır.

Çalışma 360x340 km^2'lik alanda üç farklı modelde uygulanmıştır. Üç modelde de yapay sinir ağlarının Kriging yöntemine göre daha iyi modellendiği değerlendirilmiştir. Sonuç olarak yapay sinir ağlarının lokal geoit yüzey modellemesinde kullanılabilirliği tespit edilmiştir.

Çakır (2015), çalışmasında uygulama alanı olarak çukurlar, dağlar, engebeli bir arazi görünümünde fonksiyonel test yüzeyi kullanmıştır. Bu çalışma alanında 80 model noktası ve 30 test noktası belirlemiştir. Bu noktalar ile ileri beslemeli yapay sinir ağları, multikuadrik enterpolasyon, polinomal yüzey uydurma ve bulanık mantık yöntemlerini karşılaştırmıştır. Yapılan çalışma sonucunda polinomal yöntem ±0.86m, multikuadrik yöntem ±0.70m, ileri beslemeli yapay sinir ağları ±0.55m ve bulanık mantık ise ±0.52m olarak hesaplanmıştır. Bu yöntemler karşılaştırıldığında ise bulanık mantık ve ileri beslemeli yapay sinir ağlarının daha etkin sonuçlar verdiği görülmüştür.

Turgut (2016), Amerika Birleşik Devletlerindeki 6 eyaletteki istasyonlarından alınan 23 noktanın gravite değerleri ile geri yayılımlı yapay sinir ağları ve global jeopotansiyel model yardımıyla hesaplanma yapmıştır. Çalışmadaki 23 noktadan 13 nokta model noktası olarak geriye kalan 10 nokta da test noktası verisi olarak kullanılmıştır. Test edilen 10 noktanın gravite değerleri Dünya Gravite Modeli-2008 (EGM2008) modelinden üretilmiştir. Çalışmada yapay sinir ağları ile hesaplanan karesel ortalama hata 33.432 mgal ve Dünya Gravite Modeli-2008 ile hesaplanan karesel ortalama hata ise 37.555 mgal olduğu görülmüştür. Sonuç olarak yapay sinir ağlarının kullanımıyla daha iyi sonuç elde edildiğini saptamıştır.

Fidancı (2019), Belçika'da seçilen bir çalışma bölgesinde toplam 326 noktadan oluşan eğitim ve test verilerinden 6 farklı deney yapmıştır. Bu eğitim ve test noktalarından yapay sinir ağları modeli ve polinomal eğri yüzey modeli oluşturmuştur. Farklı deneylere bakıldığında eğitim ve test verilerinin homojen dağılmaması karesel ortalamayı etkilemektedir. Deneylere göre eğitim verisinin oran olarak en yüksek olan deneyde karesel ortalama hata en küçük değeri vermiştir. Eğitim verinin azalması hatanın artmasına sebep olmuştur. Yapılan çalışma sonucunda geoit belirleme de yapay sinir ağlarının polinomal yönteme göre daha hassas olduğunu ortaya koymuş ve

yapay sinir ağları günümüz teknolojisinde kullanılabilir nitelikte olup jeodezik çalışmalarda kullanılabileceğini belirtmiştir.

Demir ve Ülke (2020), Samsun İli Mert ırmağı havzasının kent sınırları ile kesiştiği alanda yapmışlardır. Çalışma verisi halihazır haritalardan alınan 14362 noktadan oluşmaktadır. Noktaların %80'i model noktası geriye kalan %20'si de test noktası verisi olarak kullanılmıştır. Yükseklik değerleri çok katmanlı yapay sinir ağları ve regresyon analizi yapılarak hesaplamaya çalışılmıştır. Çalışma 3 farklı model ile denenmiştir. Karşılaştırma ölçütleri karekök karesel hata, ortalama mutlak hata ve determinasyon katsayısı olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak yüzey modellemesinin yapay sinir ağları ile hesaplanabileceği görülmüştür. Yapay sinir ağlarının regresyon modellemelerinde daha iyi sonuçların elde edildiğini belirtmişlerdir.

Boateng ve Peprah (2020), Gana'nın güneybatısında olan maden ocağı alanı içinde bulunan 328 adet kontrol noktası ile geoit belirleme çalışması yapmışlardır. Çalışma geri yayılımlı yapay sinir ağları ile geleneksel yöntemleri kullanarak geoit modelini oluşturup çıkan sonuçlar karşılaştırmışlardır. Kullanılan kontrol noktaların %70'i model noktası olarak %30'u test noktası olarak alınmıştır. Sonuçlar geoit modelli oluşturmada yapay sinir ağları ve bulanık mantık yöntemlerin klasik yöntemlere göre daha hassas sonuçların verdiğini tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Geoit

Geoit, Dünya'nın gravite alanı ile ortalama deniz seviyesine en yakın eş potansiyel yüzeydir (Survey National Geodetic, 2021). Geoit topoğrafya yüzeyinden geçen bir nivo yüzeyi olarak da tanımlanabilir. Topoğrafyanın eğimli olmasından dolayı süreksizlik gösterir. Geoit analitik bir yüzey olmayıp yükseklik için bir referans yüzeyidir (Yılmaz, 2005).

Geoit, Güneş ve Ay'ın var oluşundan kaynaklanan yeryüzünün deformasyonu sebebiyle karışıktır. Bu gelgit etkilerinden kaynaklı üç tip geoit tanımlanmıştır (Geopotential EGM96 The NASA GSFC and NIMA Joint, 2021).

Gel-gitsiz Geoit: Güneş ve Ay'ın doğrudan ve dolaylı gelgit etkilerinin kaldırıldığı durumlardaki dünya için var olan geoittir (Geopotential EGM96 The NASA GSFC and NIMA Joint, 2021).

Ortalama Geoit: Güneş ve Ay'ın kalıcı gelgit etkilerinin kalıcı olarak ortadan kaldırılmadığı durumlardaki geoittir (Geopotential EGM96 The NASA GSFC and NIMA Joint, 2021).

Sıfır Geoit: Güneş ve Ay'ın doğrudan kalıcı etkileri ortadan kaldırılması ile var olan bu geoit fakat Dünya'nın elastik deformasyonu korunduğunda sıfır geoidi elde edilir (Geopotential EGM96 The NASA GSFC and NIMA Joint, 2021).

3.2. Geoit Belirleme Yöntemleri

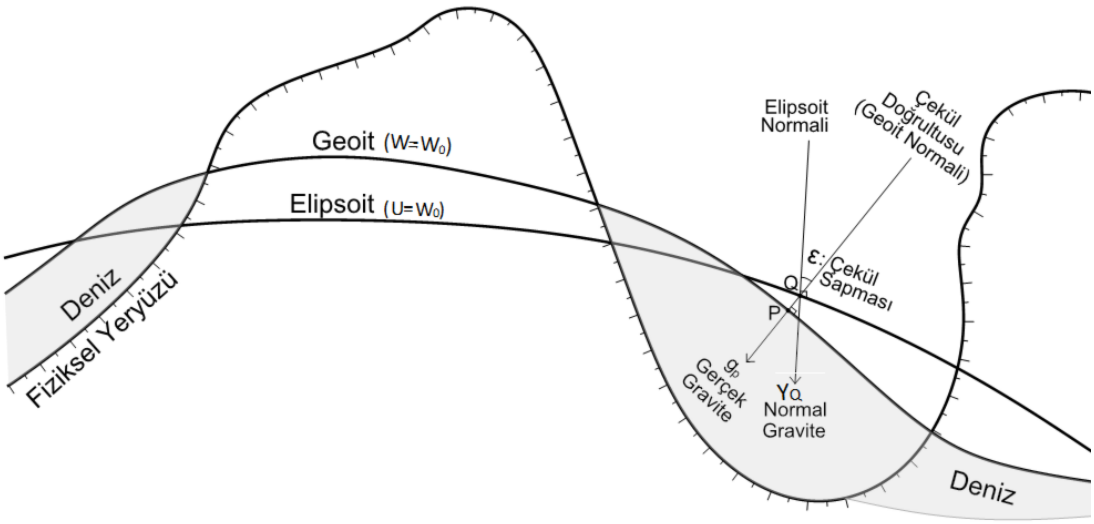
Türkiye'de geoit belirleme çalışmaları 1976 yılından itibaren halen devam etmektedir. Yapılan ilk çalışmada 98 astronomi noktasındaki çekül sapması değerleri kullanılmış (Akiz ve Yerci, 2009). Güncel teknolojiyi kullanan herkesin referans

yüzeyi olarak yükseklik sistemi olarak kullanacak geoide ihtiyaç vardır. Geoit uydulardan elde edilen konumlar ile hassas koordinatlar arasındaki bağdır. Bu sebeple uydu teknolojilerinin kullanılması için geoit önemlidir. Enlem ve boylamları bilinen bir noktada, analog veya sayısal olarak geoit yüksekliğinin elde edilmesidir (Yılmaz, 2005).

3.2.1. Astro-jeodezik yöntemle geoit belirleme

Eğer bir noktadaki çekül sapması verilmiş ya da elde edilebiliyorsa geoidin şekli hesaplanabilir. Bir ds mesafesindeki geoit yüksekliği N'deki değişim şekil 3.1.'de hesaplanabilir (Yılmaz, 2005; Ceylan ve Akkul, 2009).

$$dN = -\varepsilon ds \tag{3.1.}$$



Şekil 3. 1. Geoit, elipsoit ve çekül sapması arasındaki (Kahveci, Tuşat ve Doğanalp, 2021).

Eşitlikte ε, azimutu α olan doğrultudaki çekül sapmasıdır ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\varepsilon = \xi cos\alpha + \eta sin\alpha \tag{3.2.}$$

Eşitlikte geçen ξ noktadaki çekül sapmasının meridyen bileşeni ve η paralel daire doğrultusundaki bileşenidir.

$$\xi = \phi - \varphi \quad (3.3.)$$

$$\eta = (\Lambda - \lambda)cos\varphi \quad (3.4.)$$

(3.4.) eşitliğinde φ ve λ noktanın jeodezik enlem ve boylamı, Φ ve Λ ise noktanın astronomik koordinatlarıdır. Eğer başlangıç noktası olan A noktasının geoit yüksekliği belli ise AB kenarı boyunca N değerindeki değişim denklem (3.5) ile hesaplanabilir (Heiskanen ve Moritz, 1984).

$$N_B = N_A - \int_A^B \varepsilon ds \quad (3.5.)$$

Geoidin bu şekilde belirlenmesine, astronomik koordinatlar ve jeodezik koordinatlar içermesi nedeniyle astro-jeodezik geoit belirlenmesi olarak tanımlanır. Enlem ve boylam (φ ve λ) eskiden açı ve kenar ölçümleri yapılarak zaman alan ve yorucu bir çalışma ile belirlenirdi. Günümüzde ise GPS ölçümleri ile kolayca belirlenebilirler (Kuru, 2018).

3.2.2. Global geoit belirleme modelleri

Global geoit modelleri, dünyaya ait gravite verilerinden faydalanarak oluşturulan bir modeldir. Her milletin birkaç istasyonu dünya çapındaki gravite istasyon ağını oluşturur. Uluslararası gravite standardizasyon ağı (International gravity standardization net) 1971 datumu, 1906 yapılan çekül ölçüleri ile belirlenmiş Postdam sisteminde yerini almış ve gravite ölçülerinin referansı olarak kabul edilmiştir (Yiğit, 2003).

Stokes'in 1849'da gravite ölçülerini kullanarak geoit yüksekliğini hesaplanmaya yönelik

$$N = \frac{R}{4\pi G} \iint_{\sigma} \Delta g S(\psi) d\sigma \tag{3.6}$$

eşitliğini bulmuştur. Eşitlikte geçen R dünyanın yarıçapı, G ortalama gravite, Δg gravite anomalisi ve S(ψ) Stokes fonksiyonudur (Yiğit, 2003).

Stokes formülünde, geoidin dış tarafında kitle olmadığı kabul edilir. Geoidin dış tarafında kitleler var olursa Stokes formülünün uygulanabilmesi için önce bu kitlelerin geoidin içine götürülmesi veya tamamının ortadan kaldırılması gerekir. Tüm gravite indirgemelerinin amacıdır (Yiğit, 2003).

3.2.3. Gravite değerlerine göre geoit belirleme

Çekül sapmalarının elde edilmesi yöntemlerinden biride gravimetrik yöntemdir. Çekül sapmasının meydana gelmesindeki etken, dünyanın kütle dağılımına benzer olmamasıdır. Yerin kütle yoğunluğu yerçekimi ivmesi dağılımı ile ilişkilidir. Gravimetrik çekül sapması, yerçekimi ivmesinin indirgemesiyle elde edilen ağırlık anonimleri fonksiyonu olarak tanımlanabilir. Bu yöntemle hesaplanan gravimetrik çekül sapmaları mutlak çekül sapmalarıdır. Ağırlık anonimleri belli ise geoidin elipsoit yüksekliği ve gravimetrik çekül sapmaları hesaplanabilir (Yiğit, 2003; Akçın, 2001).

Gravite değerlerine göre geoit belirleme de aşağıdaki üç yöntem kullanılır;

- Klasik veya hızlı Fourier tekniği ile Stokes integrasyonu
- En küçük karelerle kollokasyon yöntemi
- Kollokasyon ve integrasyon yöntemlerinin kombinasyonudur.

3.2.4. GPS/nivelman yöntemi ile geoit belirleme

GPS (Global Konum Belirleme) jeodezi alanında etkisi büyüktür. Klasik yöntemle yapılan ölçümlerde açı ve kenar ölçümleri ile yapıldığı için ölçümler yorucu ve zaman alırdı. GPS ile yapılan ölçümler bu zorlukları ortadan kaldırmıştır (Arslan ve Yılmaz, 2005).

GPS ile ölçülen yükseklik sistemi ile klasik yöntemle yapılan nivelman ölçüleri sonucunda elde edilen yükseklik sistemi farklıdır. GPS ile ölçülen yükseklik elipsoit yükseklik (h) ölçülür. Fakat nivelman ölçüleri ile Ortometrik yükseklik (H) ölçülür. Elipsoit yükseklik ile ortometrik yükseklik arasındaki ilişki;

$$N = h - H \tag{3.7.}$$

eşitliği ile ifade edilir. Eşitlikte N geoit yüksekliktir. Bir noktanın elipsoit yüksekliği (h) ve ortometrik yükseklik (H) biliniyor ise geoit yükseklik (N) hesaplanabilir (Yılmaz, 2005).

3.2. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, insan beyninin temel özellikleri olan öğrenme fonksiyonu ile bilgi keşfetme ve türetme yeteneklerini hiçbir yardım almayarak otomatik olarak geliştirilen bilgisayar sistemleridir (Öztürk ve Şahin, 2018). Bilgi keşfetme ve türetme işlemlerini örneklerle gerçekleştirirler. Ağlar birbirlerine bağlı yapay sinir hücrelerinden oluşur (Ballı, 2014).

Yapay sinir ağlarının tarihçesi insanların biyolojik sinir sistemleri konusu ile ilgilenerek elde edilen bilgilerin bilgisayar sistemlerine uygulaması ile başlamaktadır (Ballı, 2014). Yapay sinir ağları ile insan beyninin fonksiyonlarını konu alan ilk çalışma 1870 yılında yayınlanmıştır (Fidancı, 2019). 1940 yılından önce yapay sinir ağlar konusunda yayın değeri olmayan bazı çalışmalar yapılmıştır. İlk yapay sinir ağları modelli 1943 yıllında Walter Pitts ve Warren Mc Cullock tarafından modellenmiştir (Keskenler ve Keskenler, 2017). Yapay sinir ağları konusu 1970 yılı bir dönüm noktası olduğu görülmektedir. 1970 yılından itibaren yapay sinir ağları gelişme göstermiştir (Fidancı ve Abbak, 2019).

Yapay sinir ağlarında amaç, matematiksel fonksiyonlarla ifade edilemeyen yada karmaşık algoritmaları çözmek için kullanılır. Bundan dolayı çevreden gelen etkileri

okuyan, tepki veren ve öğrenen bir sistemdir (Keskenler ve Keskenler, 2017). İnsan beynine benzer şekilde,

- Öğrenme
- İlişkilendirme
- Sınıflandırma
- Genelleme
- Optimizasyon

gibi görevleri başarılı bir şekilde yapmaktadır (Öztemel, 2016).

3.3. Yapay Sinir Ağlarının Özelikleri

Yapay sinir ağlarının özelikleri uygulanan modele göre değişiklik göstermektedir. Yapay sinir ağlarının genel özelikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Öztemel, 2016).

- Yapay sinir ağları bilgisayar öğrenmesini sağlar.
- Programları çalışma stili bilinen diğer programlama yöntemlerine bezemektedir.
- Bilgilerin saklanması kolaydır.
- Yapay sinir ağları örnekler üzerinden öğrenilir.
- Yapay sinir ağları eğitimleri ve performansları test edilerek güvenle çalışabilmesi sağlanır.
- Görülmemiş örneklere bilgi üretir.
- Algılamaya yönelik ağlarda kullanılabilir.
- Şekil sınıflandırma ve ilişkilendirme yapabilir.
- Şekil tamamlama gerçekleştirebilir.
- Kendi kendini organize etme ve öğrenme yetenekleri vardır.
- Bilgi eksiğiyle çalışabilir.
- Hata sınırına sahiptir.
- Belirsiz ve eksik bilgi ile çalışabilir.
- Dereceli bozulma gösterir.
- Dağıtık bir belleğe sahiptir.

- Sadece sayısal bilgi ile çalışabilir.

Bu özeliklere ek olarak geliştirilen her modelin kendisine özgü özelikleri de olabilir. Bu özeliklere göre yapay sinir ağlarının bilgisayar teknolojisine avantajlı katkılarının olduğu görülmektedir. Yazılım teknolojisi ile çözüm üretilmeyen problemlerin yapay sinir ağları çözüm üretilebileceği görülmektedir. Yapay sinir ağları normal olmayan, eksik bilgiye ve belirsiz bilgilere sahip problemleri çözme tekniğidir.

Yapay sinir ağlarının bu özelikleri yanında önemli dezavantajlarından bahsetmek gerekirse;

- Donanıma bağlı çalışması,
- Probleme uygun ağ yapısının belirlemesi deneme yanılma yolu ile belirlenmesi önemli bir problemdir. Sorun için uygun bir ağlar oluşturulmaz ise performansı düşük çözümlerin veya problemlerin çözülmemesi söz konusu olabilir.
- Yapay sinir ağlarının öğrenme katsayısı proses elemanı sayısı ve katman sayısı gibi değişken değerlerinin belirlenmesinde belli bir standart olmaması ayrı bir problemdir. Buda iyi çözümler bulmayı zorlaştıran bir durumdur.
- Yapay sinir ağları yukarıda belirtildiği gibi sadece sayısal bilgi ile çalışmaktadır. Problemlerin çözümü için verilerin sayısal halle dönüştürülmesi gerekir. Buda kulacının becerisine bağlıdır.
- Ağ eğitiminin ne kadar sürede bitirileceğine ilişkin geliştirilmiş bir yöntem olmamasıdır.
- Ağın davranışlarının açıklanmaması da önemli bir dezavantajdır.

3.4. Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları

Yapay sinir ağlarının uygulama alanlarını sınırlamak çok zordur. Yapay sinir ağlarını daha güncel yapan, eksik bilgi ile çalışabilmesi ve normal olmayan verileri işleyebilmesidir. Özellikle çok sayıda veriyi işleme gerektiren problemlerde çok avantajlı çözümler elde edilebilir. Böylelikle yapay sinir ağlarının kullanılacağı çok

sayıda alan vardır. Bir algoritmanın yapay sinir ağı ile sonuçlanması için şu iki maddeyi sağlaması gerekir (Öztemel, 2016).

- Yalnızca yapay sinir ağları ile kolay çözümler üretebilme imkânı var mı?
- Yapay sinir ağlarına olan ihtiyaç, farklı çözüm yollarının olması durumunda, çok daha etkili ve pratik bir çözüm üretebiliyor mu?

3.5. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

İleri beslemeli yapay sinir ağlarında akışın girdi katmanından çıkış katmanına doğru gerçekleştiği ağ şeklindedir. Katmandan sadece ileri katmana doğru bağ kurarak gerçekleşmektedir. Bir katmanın girişine gelen nöronların bilgiler değişime uğramadan diğer katmandaki nöronlara diğer bir deyişle gizli katmandaki hücrelere girdi olarak iletilir (Öztürk ve Şahin, 2018).

3.6. Eğitim Fonksiyonu (Training Function)

Belli bir problem için hangi eğitim fonksiyonunun daha hızlı çözüm sağlayacağının belirlenmesi zordur. Problemin karmaşıklığı, eğitim noktalarının sayısı, ağdaki ağırlıkların ve önyargıların sayısı, hataların hedefi ve ağın örüntü tanıması için kullanılabilmesi (ayırt edici analiz) gibi birçok faktörlere bağlıdır. İleri beslemeli yapay sinir ağları altı farklı problem üzerinde eğitilir. Problemlerden üç tanesi örüntü tanıma sınıfına ve diğer problemlerden üç tanesi ise fonksiyon yaklaşımı sınıfına girer. Problemlerden iki tanesi basit oyuncak, diğer dört tanesi ise gerçek dünya problemleridir. (Mathworks, 2022; Demuth ve Beale, 2004).

Trainlm: Levenberg-Marquardt metodunu kullanarak ağa ait parametreleri (ağırlık ve bias) günceller (Mathworks, 2022; Demuth ve Beale, 2004).

Levenberg-Marquardt yöntemi yarı Newton yöntemleri gibi Hessian matrisini tasarlamak zorunda kalmadan ikinci dereceden eğitimine hızlı yaklaşmak için tasarlanmıştır. Hessian matrisi şu şekilde tahmin edilebilir.

$$H = J^{TJ} \tag{3.8}$$

gradyan ise

$$g = J^{T} e \tag{3.9}$$

(3.9) eşitliğinde geçen J ağ hatalarının önyargılara ve ağırlıklara göre birinci türevlerini içeren Jacobian matrisi e ise ağ hatalarının vektörüdür. Levenberg-Marquardt algoritması,

$$x_{k+1} = x_k - [J^T J + \mu I]^{-1} J^T e \tag{3.10}$$

(3.10) eşitliği gibi Newton benzeri güncellemede Hessian matrisi bu yaklaşımı kullanılır (Xing, ve diğerleri, 2018; Demuth ve Beale, 2004).

Trainbfg: Yarı Newton metoduna göre ağa ait parametreleri (ağırlık ve bias) günceller (Mathworks, 2022; Demuth ve Beale, 2004).

Newton yöntemine eşlenik gradyan yöntemlerine bir alternatiftir. Newton yönteminin temel adımı,

$$x_{k+1} = x_k - {A_k}^{-1} g_k \tag{3.11}$$

(3.11) eşitliğinde A_k performans endeksin Hessian matrisidir (Demuth & Beale, 2004).

Trainbr: Levenberg-Marquardt metodunu güncelleyen bir ağ fonksiyonudur. (Mathworks, 2022; Demuth ve Beale, 2004).

p girdilerinden ve t çıktılarından oluşan bir problemin çözümü;

$$p = [-1 : 0.5 : 1] \tag{3.12}$$

$$t = \sin(2\pi p) + 0.1 * randn\big(size(p)\big) \quad (3.13)$$

eşitlik (3.12) ve (3.13)'da iki katmanlı ileri beslemeli ağ oluşturulur (Demuth ve Beale, 2004).

Trainr: Ağa ait parametreleri (ağırlık ve bias) girdinin sunumundan sonra rastgele sıra ile ağı günceller (Mathworks, 2022; Demuth ve Beale, 2004).

Trainrp: Ağa ait parametreleri (ağırlık ve bias) esnek geri yayılım algoritmasına göre günceller (Mathworks, 2022; Demuth ve Beale, 2004).

p girdilerinden ve t çıktılarından oluşan bir problemin çözümü;

$$p = [0\ 1\ 2\ 3\ 4\ 5] \quad (3.14)$$

$$t = [0\ 0\ 0\ 1\ 1\ 1] \quad (3.15)$$

eşitlik (3.14) ve (3.15)'da iki katmanlı ileri beslemeli ağ oluşturulur (Demuth ve Beale, 2004).

Trainscg: Ağa ait parametreleri (ağırlık ve sapma) ölçeklenmiş eşlenik gradyan yöntemine göre günceller (Mathworks, 2022; Demuth ve Beale, 2004).

Traincgb: Ağa ait parametreleri (ağırlık ve bias) Powell-Beale yeniden başlatmaları ile eşlenik gradyan geri yayılımına göre günceller (Mathworks, 2022; Demuth ve Beale, 2004).

Ağırlık, net girdi ve transfer fonksiyonlarının türev fonksiyonları olduğu sürece herhangi bir ağı eğitebilir.

$$X = X + a * dX \quad (3.16)$$

$$dX = -gX + dX_{eski} * Z \quad (3.17)$$

eşitlik (3.16) ve (3.17)'da X ağırlık ve yanlılık değişkenlerine göre performans türevlerini hesaplamak için kullanılır. Parametre a arama yönü boyunca performansı en aza indirecek şekilde seçilir ve gX gradyana göre Z birkaç farklı şekilde hesaplanabilir (Saini ve Soni, 2002; Demuth ve Beale, 2004).

Traincgf: Ağa ait parametreleri (ağırlık ve bias) Fletcher-Reeves güncellemeleriyle eşlenik gradyan geri yayılımına göre günceller (Mathworks, 2022; Demuth ve Beale, 2004).

Traincgp: Ağa ait parametreleri (ağırlık ve bias) Polak-Ribiére güncellemeleriyle eşlenik gradyan geri yayılımına göre günceller (Mathworks, 2022; Demuth ve Beale, 2004).

Trainoss: Tek adımlı sekant yöntemine göre ağa ait parametreleri (ağırlık ve bias) günceller (Mathworks, 2022; Demuth ve Beale, 2004).

Traingd: Ağa ait parametreleri (ağırlık ve bias) gradyan inişine göre günceller (Mathworks, 2022; Demuth ve Beale, 2004).

Uyarlanabilir öğrenme oranını momentum eğitimi ile birleştirir. Net girdi ve transfer fonksiyonlarının türev fonksiyonları olduğu sürece herhangi bir ağı eğitebilir.

$$dX = lr * d_{pref}/dX \quad (3.18)$$

eşitlik (3.18)'de dX_{prev} ağırlık ve yanlılıkta önceki değişiklik, lr performans hedefe doğru düşerse öğrenme faktörüdür (Demuth ve Beale, 2004; Singh ve ark., 2015).

Traingdm: Ağa ait parametreleri (ağırlık ve bias) momentumlu gradyan inişine göre günceller (Mathworks, 2022; Demuth ve Beale, 2004).

Traingda: Ağa ait parametreleri (ağırlık ve bias) uyarlanabilir öğrenme oranıyla gradyan inişine göre günceller (Mathworks, 2022; Demuth ve Beale, 2004).

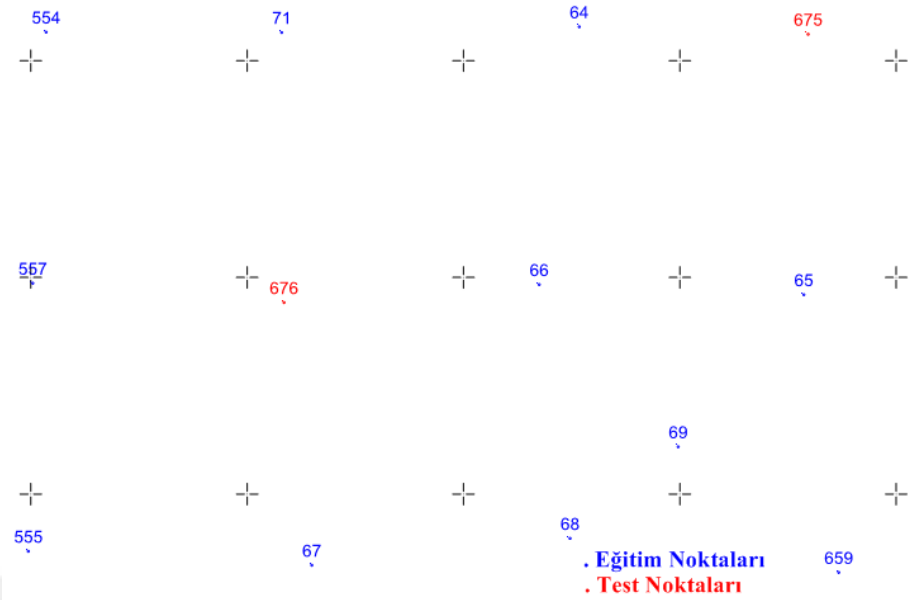
Traingdx: Gradyan iniş momentumuna ve uyarlanabilir bir öğrenme oranına göre ağa ait parametreleri (ağırlık ve bias) günceller (Mathworks, 2022; Demuth ve Beale, 2004).

Bu çalışmanın amacı geoit yüksekliğini ileri beslemeli yapay sinir ağları 14 farklı eğitim fonksiyonu ve 15 farklı katman sayısı ile eğiterek en hızlı ve hassas olanını araştırmaktır. Çalışmada bölgesinde 126 adet nirengi, 874 adet poligon noktası olmak üzere toplamda 1000 adet nokta bulunmaktadır. Bu noktalardan 3 farklı uygulama oluşturularak test edilmiştir.

Çizelge 3. 1. Uygulamadaki eğitim ve test verilerinin sayısı

Uygulama No	Nokta Türü	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Nokta Dağılımı
1	Nirengi	100	26	Homojen
2	Poligon	100	26	Homojen
3	Poligon	700	174	Homojen

Çizelge 3.1'de Uygulama noktalarının homojen dağılımı Netcad programı yardımı ile Adıyaman Belediyesinden alınan 10.000 adet nokta arasında 250 m x 250 m ölçülerinde karelaj oluşturularak karelajları en yakın noktalar uygulama noktası olarak seçilmiştir.



Şekil 3.2. Uygulama noktalarının homojen dağılım olarak seçilmesi

Yapay sinir ağların modelini oluşturmak için MATLAB R2022b yazılımı kullanılmıştır. Yapay sinir ağı uygulaması için MATLAB®'ın Neural Network ara yüzünde değerlendirme yapılmıştır. Yapay sinir ağları model oluşturmak için belli bir kural yoktur. Model için belirlenecek ara katman sayısı, toplama fonksiyonu, öğrenme algoritması, iterasyon sayısı, uygulamaya alınan veri sayısı gibi değişkenler birçok deneme yapılarak belirlenebilmektedir. Bu sebeplerden dolayı verilerin çözümü için çok sayıda uygulama yapılarak süreç sonunda elde edilen hata değerlerinin minimum olanı optimum yöntem olarak değerlendirilir.

Yapay sinir ağları modelini oluştururken üç farklı uygulama yapılmıştır. Her uygulama için;

Eğitim fonksiyonu (Training Function) olan toplam 14 farklı (*trainbfg, trainbr, traincgb, traincgf, traincgp, traingd, traingda, traingdm, traingdx, trainlm, trainoss, trainr, trainrp* ve *trainscg*) fonksiyonda deneme yapılmıştır.

Katman sayısı (Number of Layers) ise toplam 15 farklı (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 40, 50, 100) deneme her eğitim fonksiyonu için ayrı ayrı deneme yapılmıştır. Her uygulama için 210 deneme 3 uygulama için toplam 630 deneme yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma Adıyaman Belediyesi mücavir alan sınırlarını kapsayan yaklaşık olarak $37.72° < \varphi < 37.81°$ kuzey ve $38.17° < \lambda < 38.33°$ doğu coğrafi sınırları arasında kalmaktadır. Çalışma alanı 11×15 km boyutlarında olup yaklaşık 165 km^2'dir. Çalışma alanı ortometrik yüksekliklerinin 558 m ile 1083 m arasında değişmektedir. Söz konusu alan, topoğrafya değişiminin fazla olmasından dolayı çalışma bölgesi olarak seçilmiştir.

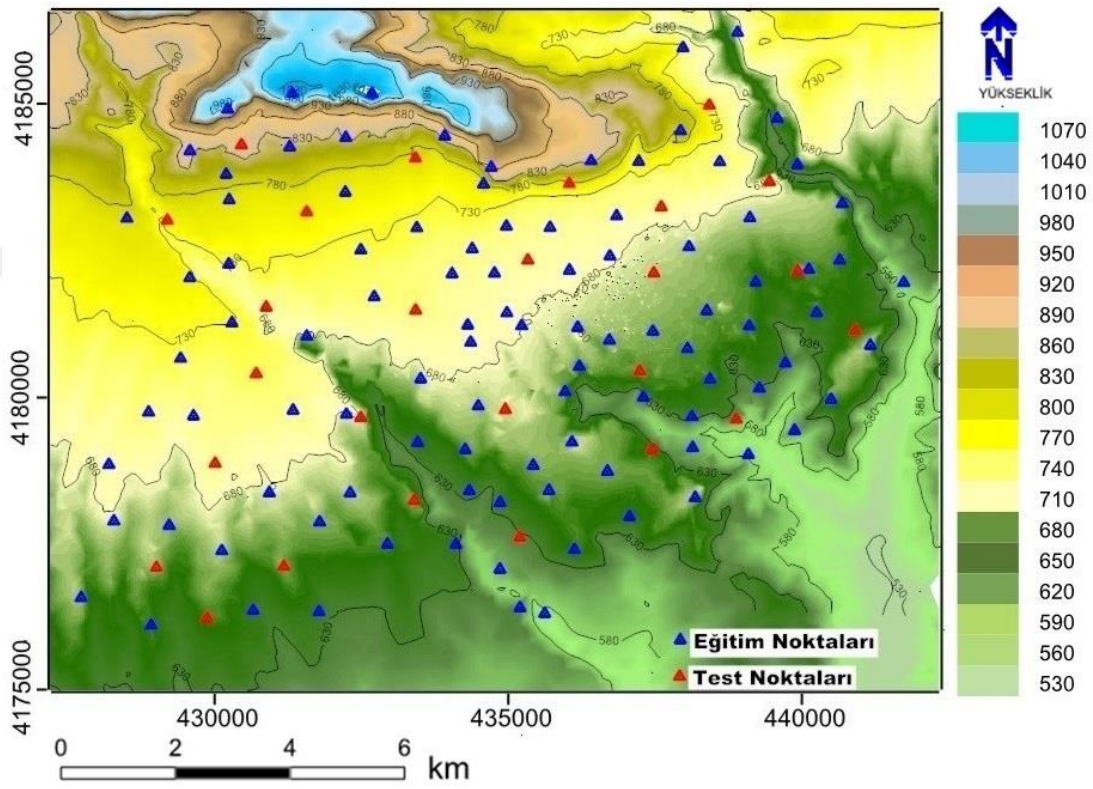
4.2. Veriler

Çalışma bölgesine ait veriler Adıyaman Belediyesi'nin yaptığı halihazır çalışmasına ait poligon ve nirengilerinden elde edilmiştir (Adıyaman Belediyesi, 2022). Çalışma bölgesinde 126 adet nirengi, 874 adet poligon noktası olmak üzere toplamda 1000 adet nokta bulunmaktadır. Noktaların Uluslararası Yersel Referans Çerçevesi ITRF96 (Universal Transversal Merkator UTM) projeksiyon koordinat değerleri (x ve y) ortometrik yükseklik (H) ve Dünya Jeodezik Sistem 1984 (World Geodetic System 1984: WGS84) elipsoidal yükseklik (h) değerlerinden oluşmaktadır. Elipsoidal yükseklik (h) ve ortometrik yükseklik (H) değerlerine göre geoit yükseklik değişimi 1.02 m olarak hesaplanmıştır. 1000 adet noktadan oluşan çalışma verileri eğitim ve test verileri olarak geoit modeli belirlenecektir.

Yapılan çalışmada Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğine (BÖHHBÜY) göre karesel ortalama hatanın ±5 cm'nin altında olması gerekmektedir (T.C. Resmi Gazete, 2018).

4.3. Uygulama 1

126 adet nirengi noktalarından oluşan 100 adet nirengi noktası eğitim ve 26 adet nirengi noktası test verisi olarak seçildi. Bu uygulamada nirengi noktaların %21 noktası test verisi olarak alınmıştır.

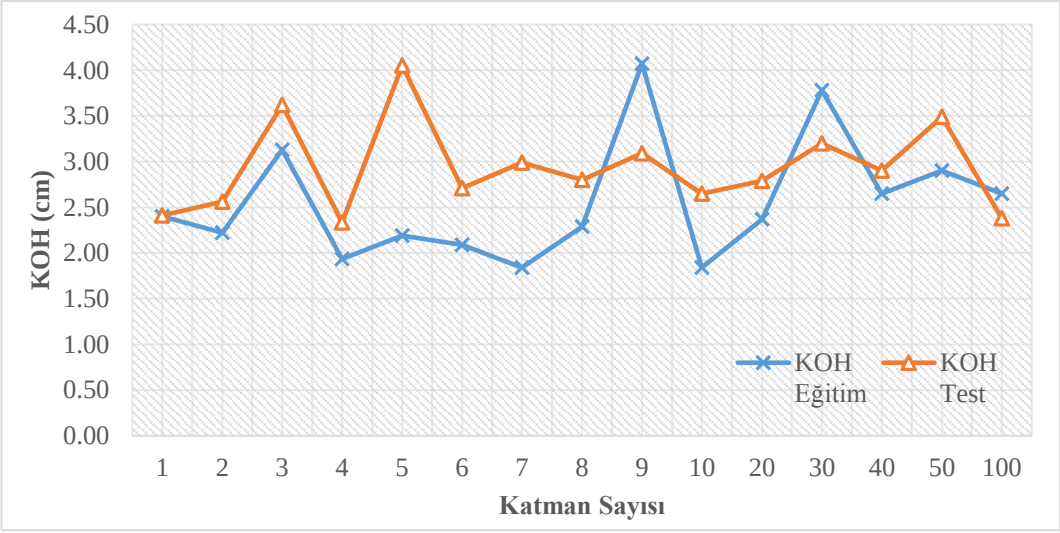


Şekil 4.1. Uygulama 1 noktaların konumlarını gösteren harita

Çizelge 4.1. Uygulama 1 için *Trainbfg* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
1	100	26	TRAINBFG	1	2.40	2.41	5.50	0.17
				2	2.22	2.56	5.86	0.15
				3	3.13	3.62	8.52	0.59
				4	1.94	2.33	5.59	0.15
				5	2.19	4.05	11.70	0.01
				6	2.09	2.71	6.23	0.15
				7	1.84	2.99	7.84	0.35
				8	2.29	2.80	7.00	0.10
				9	4.07	3.09	12.02	0.02
				10	1.84	2.65	5.71	0.04
				20	2.37	2.79	7.42	0.10
				30	3.78	3.20	5.15	0.09
				40	2.65	2.90	7.70	0.09
				50	2.90	3.49	9.95	0.07
				100	2.65	2.38	7.90	0.07

Çizelge 4.1'de *Trainbfg* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.84 cm olan katman sayısı 7 ve 10 olan denemelerdir. Test verilende ise en düşük KOH ±2.33 cm olan katman sayısı 4 olan denemedir.



Şekil 4.2. Uygulama 1 için *Trainbfg* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

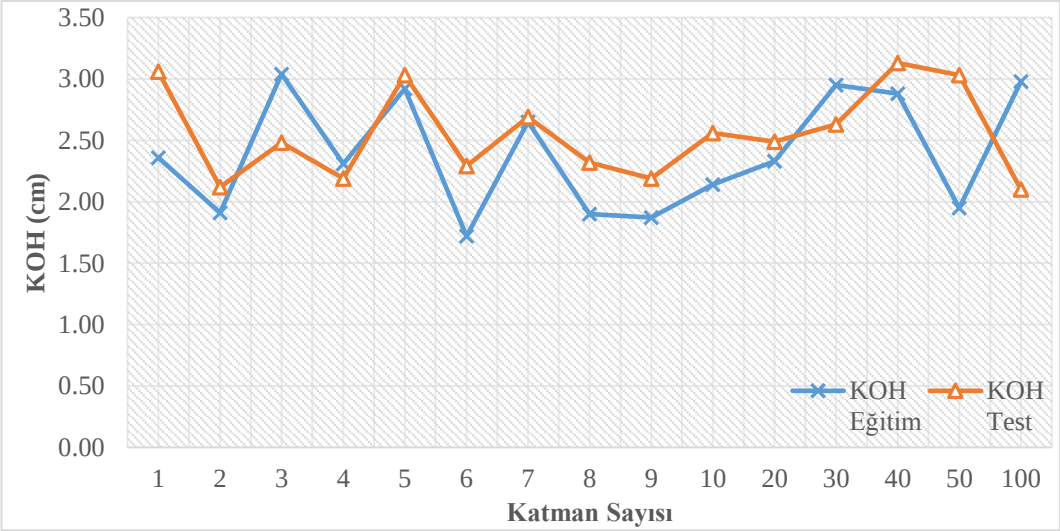
Şekil 4.2'de *Trainbfg* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±1.84-4.07 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±2.33-4.05 cm değer

arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4. 2. Uygulama 1 için *Trainbr* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
1	100	26	TRAINBR	1	2.36	3.06	7.96	0.09
				2	1.91	2.12	5.65	0.01
				3	3.04	2.48	6.64	0.03
				4	2.31	2.19	5.99	0.07
				5	2.92	3.03	8.03	0.20
				6	1.72	2.29	5.69	0.02
				7	2.65	2.69	6.75	0.11
				8	1.90	2.32	6.12	0.15
				9	1.87	2.19	6.21	0.18
				10	2.14	2.56	7.59	0.01
				20	2.33	2.49	7.73	0.06
				30	2.95	2.63	7.62	0.03
				40	2.88	3.13	7.14	0.01
				50	1.95	3.03	11.08	0.01
				100	2.98	2.10	5.29	0.02

Çizelge 4.2'de *Trainbr* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.72 cm olan katman sayısı 6 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±2.10 cm olan katman sayısı 100 olan denemedir.



Şekil 4.3. Uygulama 1 için *Trainbr* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

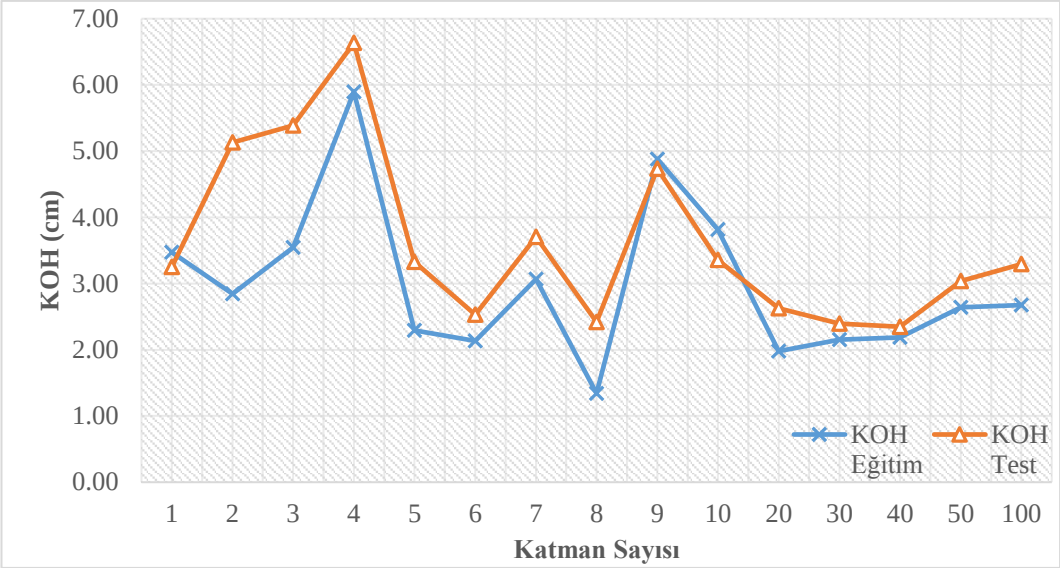
Şekil 4.3'de *Trainbr* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±1.72-3.04 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±2.10-3.13 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

.

Çizelge 4.3. Uygulama 1 için *Traincgb* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
1	100	26	TRAINCGB	1	3.47	3.25	9.13	0.02
				2	2.85	5.13	17.00	0.09
				3	3.54	5.39	22.73	0.07
				4	5.89	6.63	30.61	0.03
				5	2.29	3.33	7.10	0.04
				6	2.13	2.53	6.28	0.02
				7	3.07	3.70	8.12	0.06
				8	1.34	2.42	7.52	0.26
				9	4.88	4.73	8.75	0.32
				10	3.82	3.36	7.31	0.07
				20	1.98	2.63	6.48	0.14
				30	2.15	2.39	6.37	0.16
				40	2.19	2.35	5.92	0.02
				50	2.64	3.04	5.98	0.15
				100	2.67	3.29	8.22	0.25

Çizelge 4.3'de *Traincgb* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.34 cm olan katman sayısı 8 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±2.35 cm olan katman sayısı 40 olan denemedir.



Şekil 4.4. Uygulama 1 için *Traincgb* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

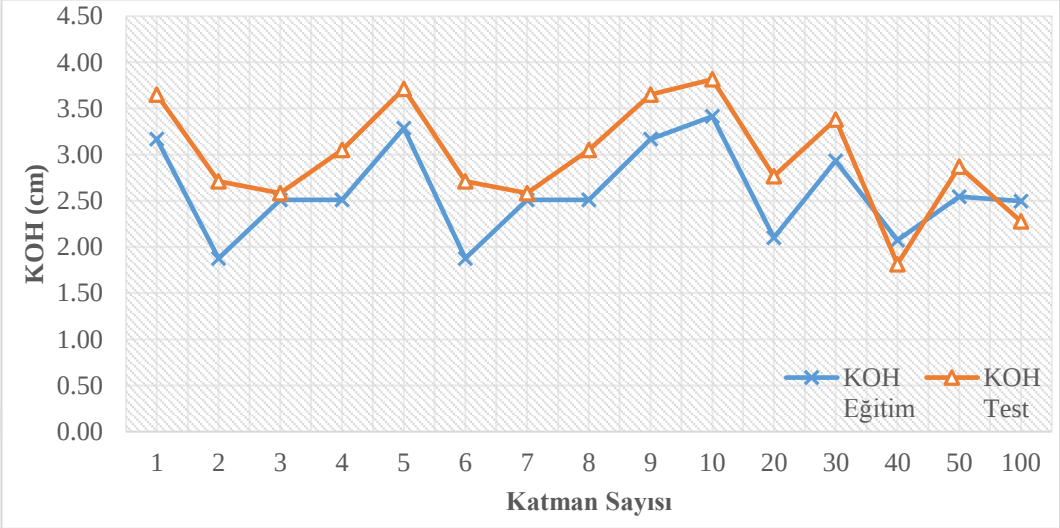
Şekil 4.4'de *Traincgb* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±1.34-5.89 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±2.35-6.63 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Bazı sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Uygulama 1 için *Traincgf* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
1	100	26	TRAINCGF	1	3.17	3.65	9.29	0.08
				2	1.88	2.71	6.60	0.02
				3	2.51	2.58	5.13	0.09
				4	2.51	3.05	7.32	0.03
				5	3.29	3.71	8.43	0.03
				6	1.88	2.71	6.60	0.02
				7	2.51	2.58	5.13	0.09
				8	2.51	3.05	7.32	0.03
				9	3.17	3.65	9.29	0.08
				10	3.41	3.82	9.91	0.32
				20	2.10	2.77	6.95	0.04
				30	2.93	3.38	8.55	0.02
				40	2.07	1.81	4.75	0.10
				50	2.55	2.87	10.21	0.01
				100	2.50	2.28	4.90	0.01

Çizelge 4.4'de *Traincgf* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.88 cm olan katman sayısı 2 ve 6 olan

denemelerdir. Test verilende ise en düşük KOH ±1.81 cm olan katman sayısı 40 olan denemedir.



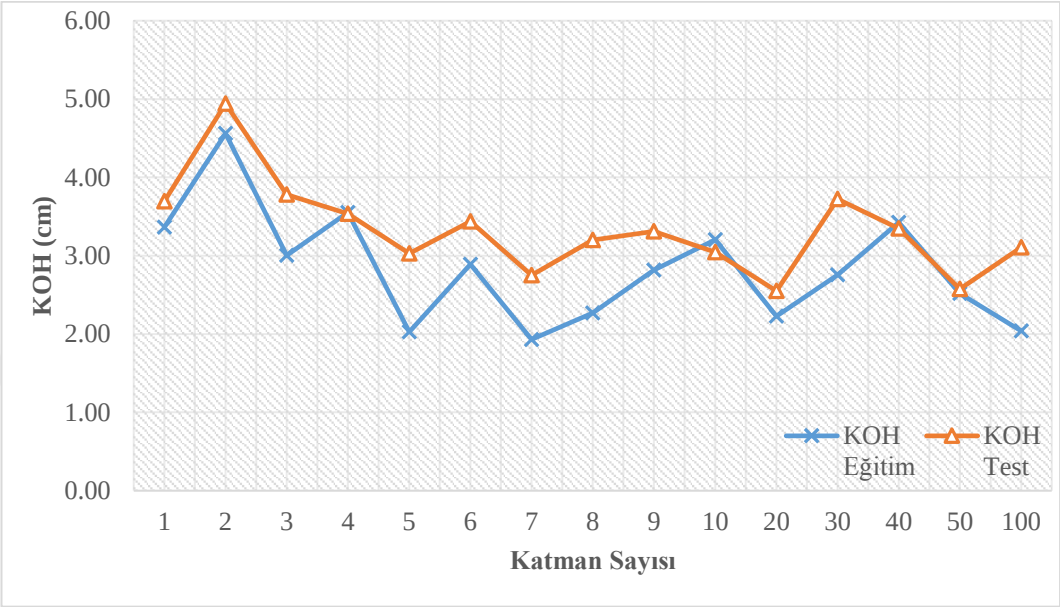
Şekil 4.5. Uygulama 1 için *Traincgf* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.5'da *Traincgf* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±1.88-3.41 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±1.81-3.82 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Uygulama 1 için *Traincgp* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
1	100	26	TRAINCGP	1	3.36	3.69	7.67	0.01
				2	4.56	4.94	11.42	0.12
				3	3.01	3.78	10.59	0.10
				4	3.55	3.53	7.67	0.02
				5	2.03	3.03	8.21	0.10
				6	2.89	3.44	6.85	0.11
				7	1.93	2.75	4.94	0.12
				8	2.27	3.20	7.27	0.32
				9	2.82	3.31	10.34	0.11
				10	3.20	3.05	7.31	0.18
				20	2.23	2.55	4.86	0.10
				30	2.75	3.72	9.95	0.18
				40	3.43	3.35	9.57	0.07
				50	2.52	2.57	4.75	0.10
				100	2.04	3.10	7.82	0.13

Çizelge 4.5'da *Traincgp* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.93 cm olan katman sayısı 7 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±2.55 cm olan katman sayısı 20 olan denemedir.



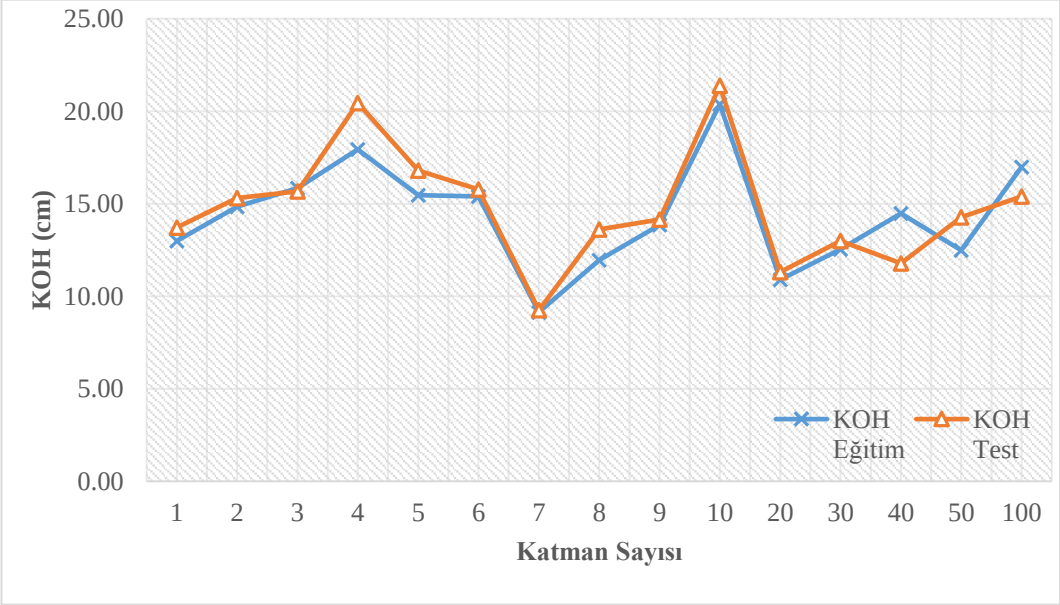
Şekil 4.6. Uygulama 1 için *Traincgp* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.6'de *Traincgp* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±1.93-4.56 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±2.55-4.94 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Uygulama 1 için *Traingd* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
1	100	26	TRAINGD	1	12.98	13.71	33.16	2.65
				2	14.84	15.31	26.19	0.63
				3	15.84	15.66	34.59	0.45
				4	17.93	20.45	41.73	2.67
				5	15.47	16.80	32.36	0.34
				6	15.40	15.78	35.26	0.10
				7	9.14	9.24	21.10	0.10
				8	11.95	13.62	36.47	0.57
				9	13.85	14.14	31.10	0.04
				10	20.38	21.37	41.21	3.16
				20	10.90	11.31	26.46	1.62
				30	12.55	12.99	30.89	0.78
				40	14.47	11.77	26.98	1.15
				50	12.49	14.27	31.71	0.29
				100	16.99	15.40	42.40	0.79

Çizelge 4.6'de *Traingd* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±9.14 cm olan katman sayısı 7 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±9.24 cm olan katman sayısı 7 olan denemedir.



Şekil 4.7. Uygulama 1 için *Traingd* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

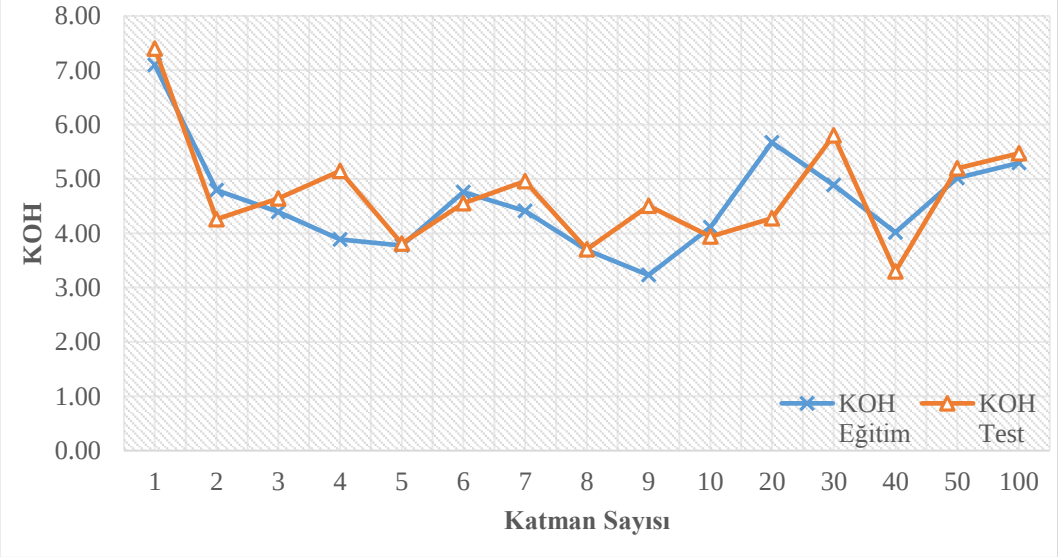
Şekil 4.7'de *Traingd* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±9.14-20.38 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±9.24-21.37cm

değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok yüksek çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Uygulama 1 için *Traingda* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
1	100	26	TRAINGDA	1	7.09	7.40	18.52	0.09
				2	4.79	4.26	10.92	0.03
				3	4.39	4.64	10.49	0.33
				4	3.89	5.15	13.46	0.05
				5	3.77	3.81	7.15	0.10
				6	4.76	4.55	9.88	0.01
				7	4.41	4.96	10.54	0.01
				8	3.69	3.70	6.41	0.07
				9	3.23	4.51	10.35	0.08
				10	4.11	3.94	9.12	0.10
				20	5.67	4.28	9.95	0.12
				30	4.89	5.80	15.26	0.03
				40	4.02	3.30	6.44	0.27
				50	5.02	5.19	9.53	0.14
				100	5.29	5.47	10.39	0.49

Çizelge 4.7'de *Traingda* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±3.23 cm olan katman sayısı 9 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±3.30 cm olan katman sayısı 40 olan denemedir.



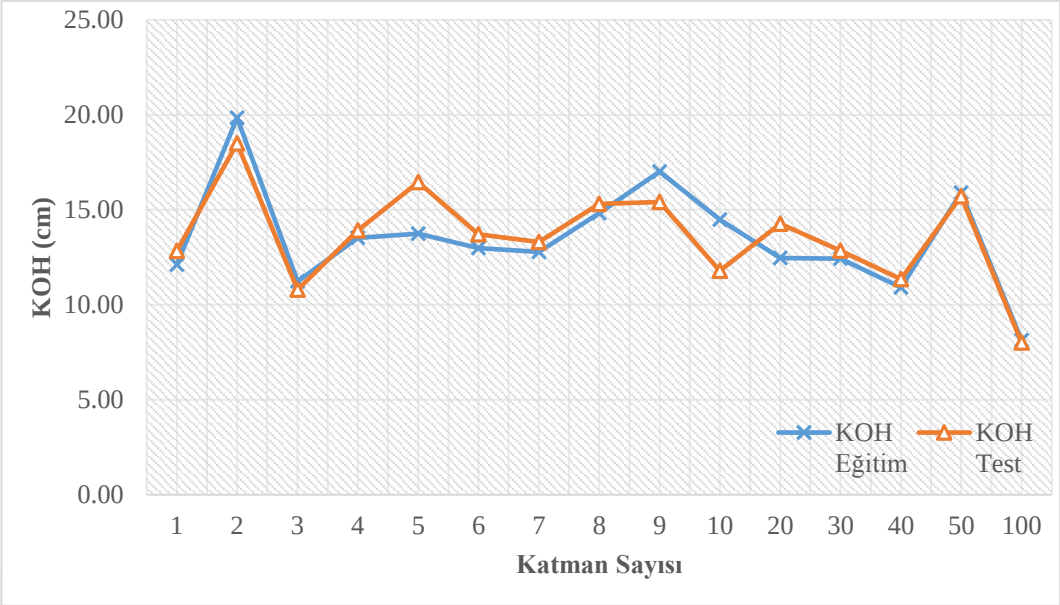
Şekil 4.8. Uygulama 1 için *Traingda* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.8'da *Traingda* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±3.23-7.09 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±3.30-7.40 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Bazı sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Uygulama 1 için *Traingdm* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
1	100	26	TRAINGDM	1	12.11	12.83	21.13	0.67
				2	19.85	18.50	50.41	0.01
				3	11.24	10.80	22.12	0.13
				4	13.53	13.92	36.64	0.65
				5	13.75	16.45	35.24	0.11
				6	12.98	13.72	33.12	2.62
				7	12.79	13.30	32.28	0.75
				8	14.82	15.31	26.29	0.50
				9	17.01	15.42	42.44	0.84
				10	14.48	11.79	27.04	1.28
				20	12.47	14.26	31.62	0.36
				30	12.42	12.85	30.46	0.53
				40	10.92	11.35	26.49	1.60
				50	15.90	15.72	34.80	0.50
				100	8.14	8.01	18.86	0.17

Çizelge 4.8'da *Traingdm* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±8.14 cm olan katman sayısı 100 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±8.01 cm olan katman sayısı 100 olan denemedir.



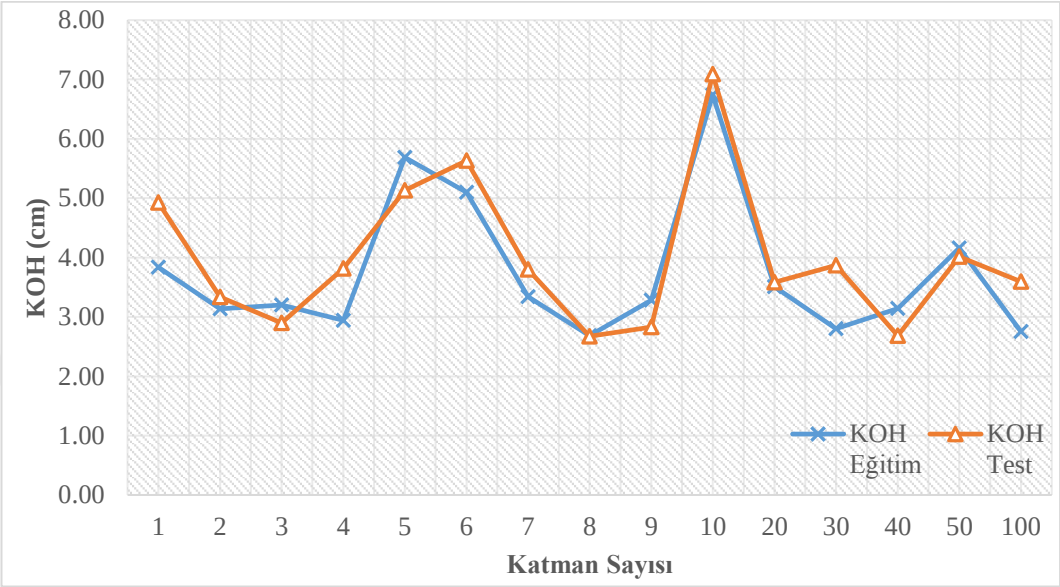
Şekil 4.9. Uygulama 1 için *Traingdm* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.9'de *Traingdm* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±8.14-19.85 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±8.01-18.50 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok yüksek çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Uygulama 1 için *Traingdx* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
1	100	26	TRAINGDX	1	3.84	4.93	12.29	0.09
				2	3.14	3.33	7.68	0.09
				3	3.20	2.90	7.41	0.06
				4	2.94	3.81	10.29	0.27
				5	5.69	5.13	15.19	0.10
				6	5.10	5.63	18.80	0.02
				7	3.34	3.80	12.11	0.07
				8	2.68	2.67	7.08	0.16
				9	3.28	2.83	6.49	0.04
				10	6.74	7.09	18.54	0.27
				20	3.51	3.58	6.37	0.23
				30	2.80	3.87	7.98	0.11
				40	3.14	2.68	5.95	0.04
				50	4.16	4.02	7.25	0.40
				100	2.76	3.59	6.92	0.13

Çizelge 4.9'da *Traingdx* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±2.68 cm olan katman sayısı 8 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±2.67 cm olan katman sayısı 8 olan denemedir.



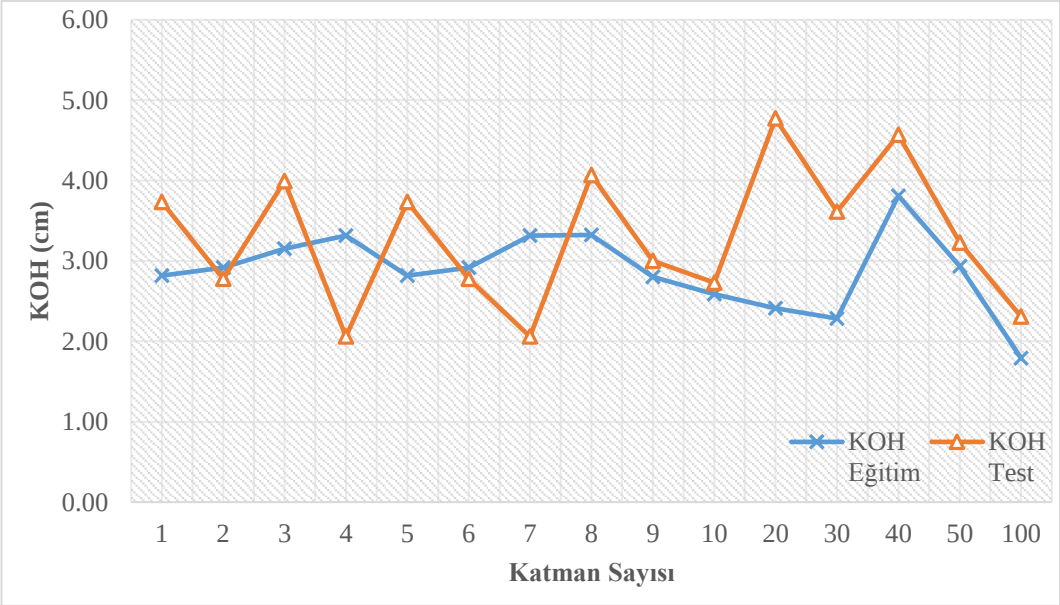
Şekil 4.10. Uygulama 1 için *Traingdx* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.10'de *Traingdx* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±2.68-6.74 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±2.67-7.09 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. 3 deneme hariç diğer denemelerin sonuçları BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Uygulama 1 için *Trainlm* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
1	100	26	TRAINLM	1	2.82	3.73	9.28	0.07
				2	2.92	2.78	5.95	0.08
				3	3.15	3.99	11.49	0.05
				4	3.32	2.06	4.66	0.13
				5	2.82	3.73	9.28	0.07
				6	2.92	2.78	5.95	0.08
				7	3.32	2.06	4.66	0.13
				8	3.33	4.07	12.66	0.04
				9	2.80	3.00	6.51	0.04
				10	2.59	2.73	9.74	0.12
				20	2.41	4.77	9.86	0.16
				30	2.29	3.62	9.48	0.07
				40	3.81	4.57	10.74	0.33
				50	2.94	3.23	6.69	0.06
				100	1.79	2.31	4.82	0.13

Çizelge 4.10'de *Trainlm* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.79 cm olan katman sayısı 100 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±2.06 cm olan katman sayısı 4 ve 7 olan denemelerdir.



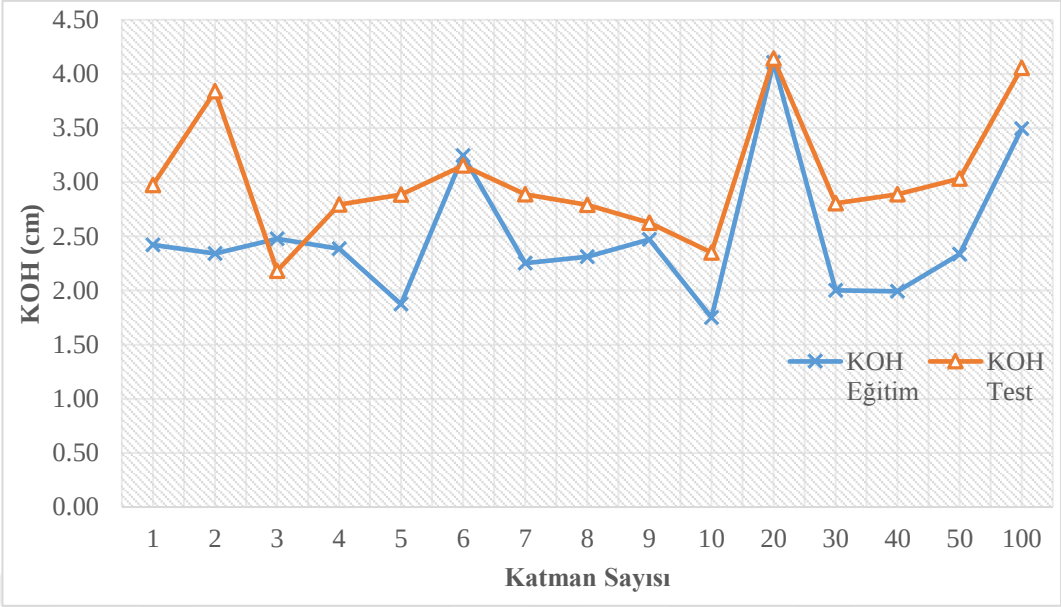
Şekil 4.11. Uygulama 1 için *Trainlm* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.11'de *Trainlm* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±1.79-3.81 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±2.06-4.77 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.11. Uygulama 1 için *Trainoss* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
1	100	26	TRAINOSS	1	2.42	2.98	7.07	0.15
				2	2.34	3.84	10.07	0.09
				3	2.48	2.18	5.23	0.01
				4	2.39	2.79	7.99	0.14
				5	1.87	2.88	7.98	0.17
				6	3.25	3.16	9.12	0.01
				7	2.25	2.89	7.13	0.02
				8	2.31	2.79	6.32	0.13
				9	2.47	2.62	7.14	0.04
				10	1.75	2.35	5.98	0.08
				20	4.11	4.14	8.65	0.13
				30	2.00	2.81	6.49	0.15
				40	1.99	2.89	6.70	0.04
				50	2.34	3.03	8.17	0.18
				100	3.49	4.06	7.76	0.06

Çizelge 4.11'de *trainoss* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.75 cm olan katman sayısı 10 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±2.18 cm olan katman sayısı 3 olan denemedir.



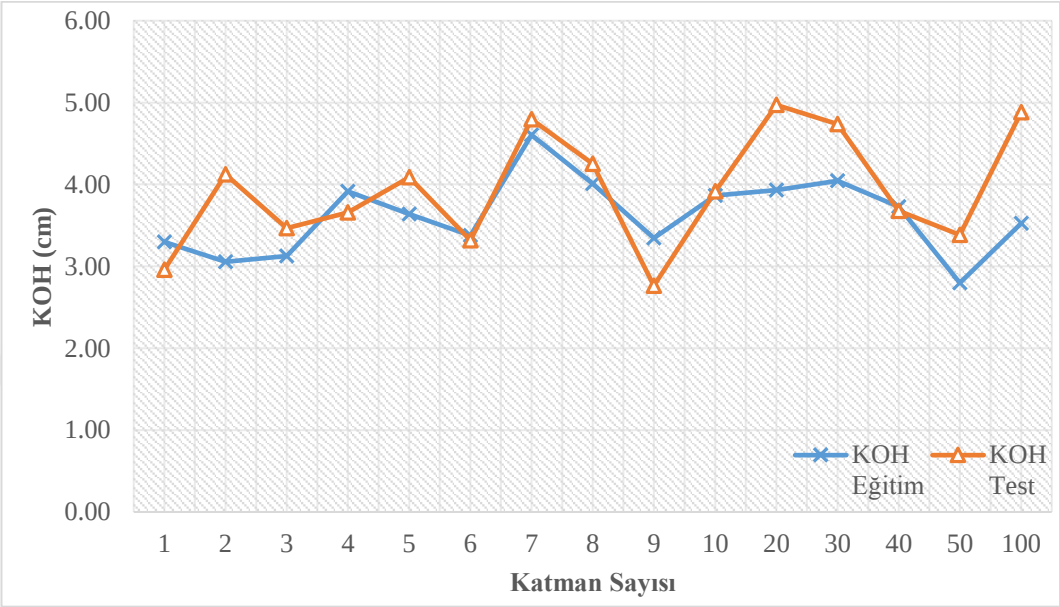
Şekil 4.12. Uygulama 1 için *Trainoss* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.12'de *Trainoss* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±1.75-4.11 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±2.18-4.14 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Uygulama 1 için *Trainr* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
1	100	26	TRAINR	1	3.30	2.96	6.09	0.06
				2	3.06	4.12	8.15	0.18
				3	3.13	3.47	8.77	0.05
				4	3.92	3.66	10.00	0.15
				5	3.64	4.09	9.04	0.10
				6	3.38	3.32	7.10	0.40
				7	4.60	4.80	12.54	0.46
				8	4.01	4.25	10.36	0.18
				9	3.35	2.76	5.75	0.08
				10	3.87	3.92	8.98	0.37
				20	3.93	4.97	12.38	0.09
				30	4.05	4.74	10.88	0.02
				40	3.73	3.68	9.75	0.01
				50	2.80	3.38	7.19	0.06
				100	3.53	4.88	14.55	0.06

Çizelge 4.12'de *Trainr* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±2.80 cm olan katman sayısı 50 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±2.76 cm olan katman sayısı 9 olan denemedir.



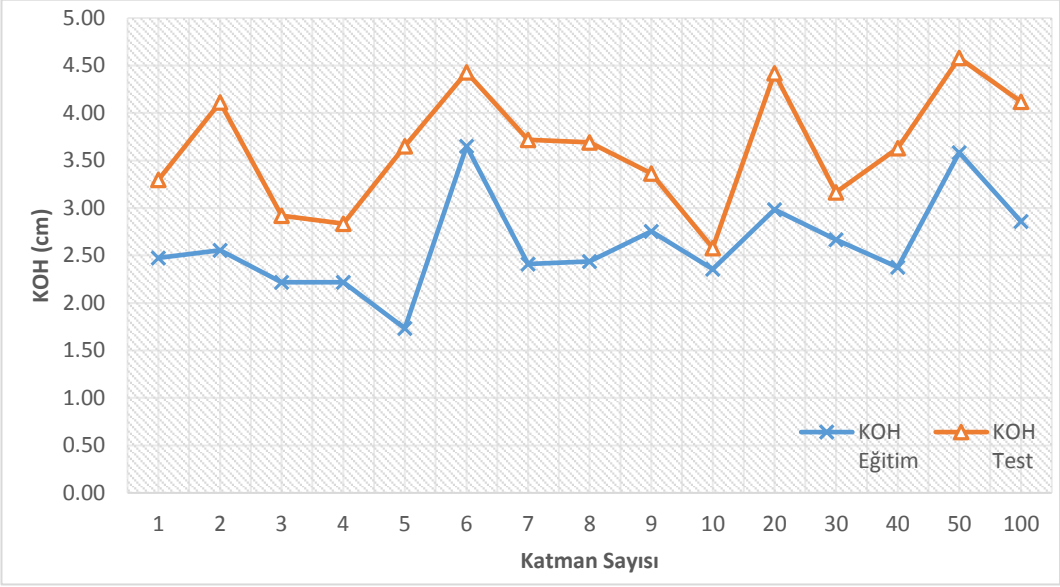
Şekil 4.13. Uygulama 1 için *Trainr* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.13'de *Trainr* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±2.80-4.60 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±2.76-4.97 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.13. Uygulama 1 için *Trainrp* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
1	100	26	TRAINRP	1	2.48	3.30	7.84	0.02
				2	2.55	4.11	12.77	0.06
				3	2.22	2.92	6.45	0.02
				4	2.22	2.83	9.02	0.02
				5	1.73	3.65	7.87	0.05
				6	3.65	4.43	17.33	0.25
				7	2.41	3.72	8.22	0.36
				8	2.44	3.69	6.07	0.19
				9	2.76	3.36	7.11	0.12
				10	2.36	2.58	6.37	0.07
				20	2.98	4.42	12.73	0.01
				30	2.67	3.17	8.39	0.12
				40	2.38	3.63	8.71	0.30
				50	3.58	4.58	11.30	0.82
				100	2.86	4.12	12.36	0.00

Çizelge 5.13'de *Trainrp* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.73 cm olan katman sayısı 5 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±2.58 cm olan katman sayısı 10 olan denemedir.



Şekil 4.14. Uygulama 1 için *Trainrp* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

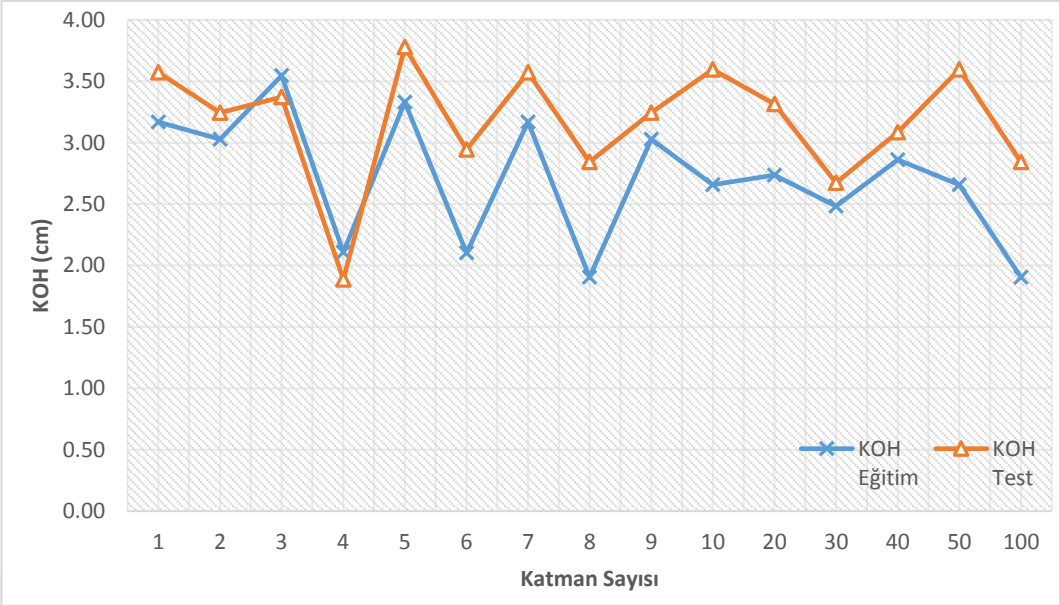
Şekil 4.14'de *Trainrp* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±1.73-3.65 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±2.58-4.58 cm değer

arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Uygulama 1 için *Trainscg* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
1	100	26	TRAINSCG	1	3.17	3.57	8.96	0.01
				2	3.03	3.24	8.44	0.05
				3	3.55	3.37	5.83	0.20
				4	2.11	1.89	4.92	0.17
				5	3.33	3.78	6.96	0.04
				6	2.10	2.94	7.70	0.01
				7	3.17	3.57	8.96	0.01
				8	1.90	2.84	7.21	0.05
				9	3.03	3.24	8.44	0.05
				10	2.66	3.60	10.86	0.08
				20	2.73	3.31	9.01	0.14
				30	2.48	2.67	9.67	0.04
				40	2.86	3.08	5.90	0.28
				50	2.66	3.60	10.86	0.08
				100	1.90	2.84	7.21	0.05

Çizelge 4.14'de *Trainscg* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.90 cm olan katman sayısı 8 ve 100 olan denemelerdir. Test verilende ise en düşük KOH ±1.89 cm olan katman sayısı 4 olan denemedir.



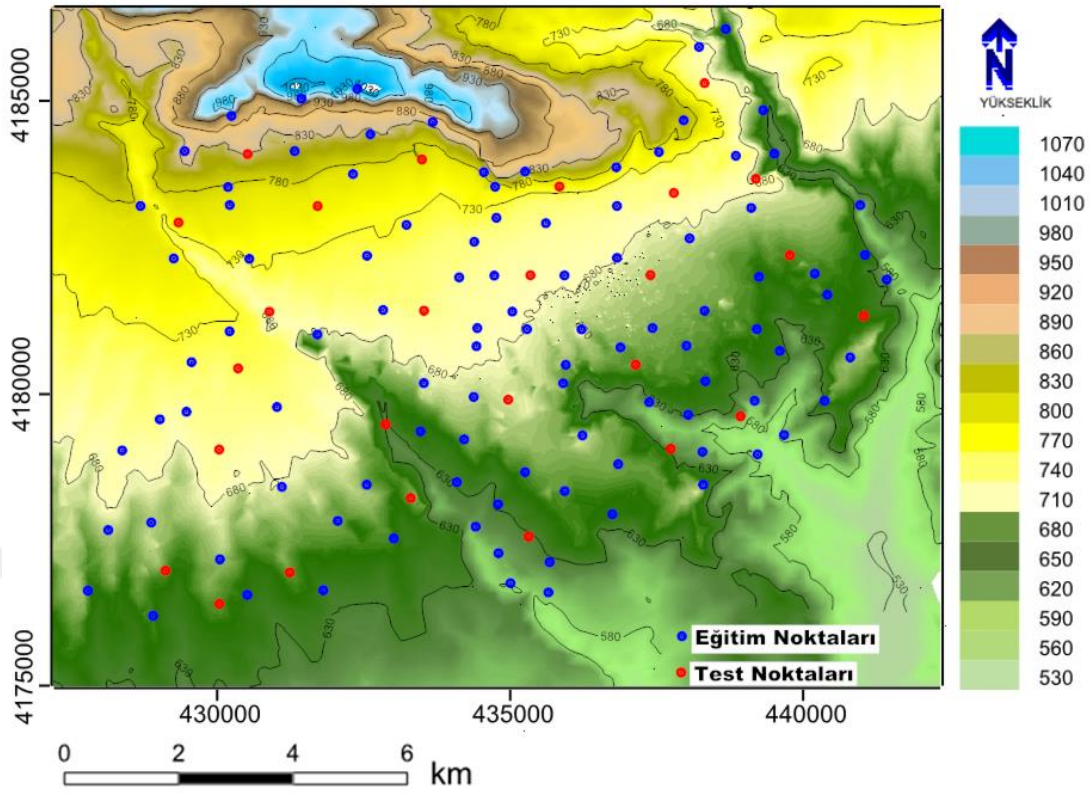
Şekil 4.15. Uygulama 1 için *Trainscg* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.15'da *Trainscg* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±1.90-3.55 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±1.89-3.78 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Uygulama 1 bütün olarak incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.34 cm olan *Traincgb* fonksiyonunda katman sayısı 8 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±1.81 cm olan *Traincgf* fonksiyonunda katman sayısı 40 olan denemedir.

4.4. Uygulama 2

126 adet poligon noktalarından oluşan 100 adet poligon noktası eğitim ve 26 adet poligon noktası test verisi olarak seçildi. Bu uygulamada poligon noktaların %21 noktası test verisi olarak alınmıştır.

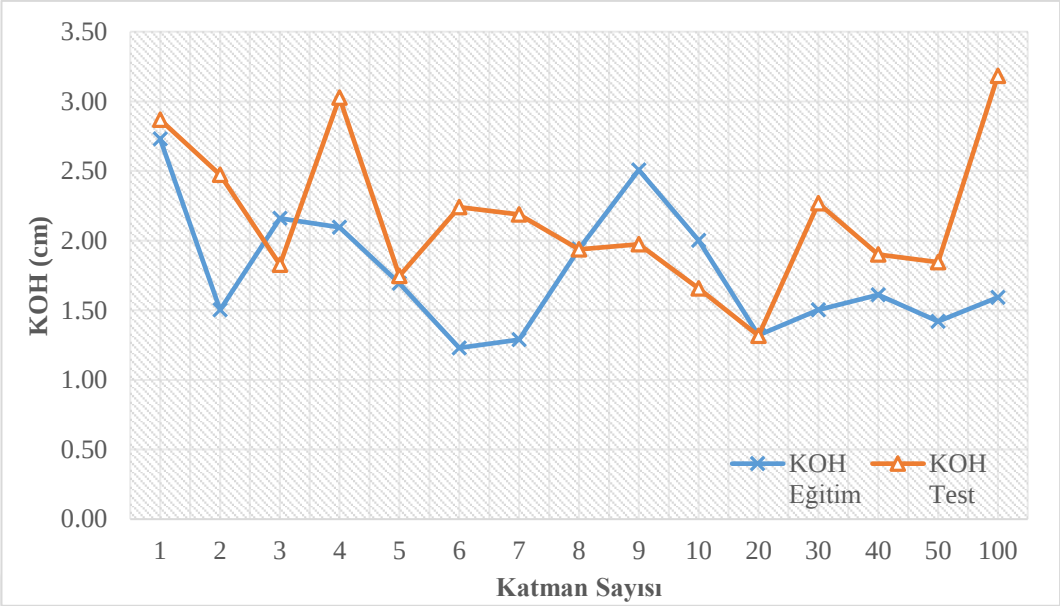


Şekil 4.16. Uygulama 2 noktaların konumlarını gösteren harita

Çizelge 4.15. Uygulama 2 için *Trainbfg* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
2	100	26	TRAINBFG	1	2.73	2.87	8.15	0.00
				2	1.50	2.47	7.18	0.09
				3	2.16	1.83	5.93	0.06
				4	2.10	3.03	11.26	0.02
				5	1.69	1.75	4.64	0.07
				6	1.23	2.24	5.70	0.08
				7	1.29	2.19	5.20	0.01
				8	1.94	1.94	4.75	0.31
				9	2.51	1.97	4.81	0.07
				10	2.00	1.66	5.19	0.05
				20	1.32	1.32	3.07	0.05
				30	1.50	2.27	6.82	0.05
				40	1.61	1.90	5.46	0.12
				50	1.42	1.84	5.18	0.20
				100	1.59	3.18	11.28	0.04

Çizelge 5.15'da *Trainbfg* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.23 cm olan katman sayısı 6 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±1.32 cm olan katman sayısı 20 olan denemedir.



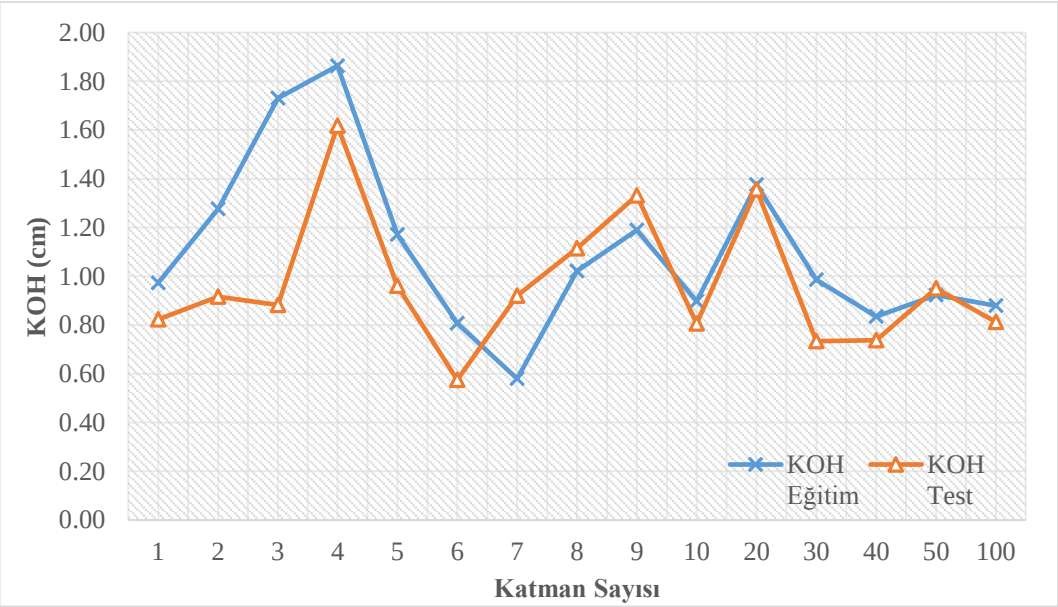
Şekil 4.17. Uygulama 2 için *Trainbfg* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.17'de *Trainscg* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±1.23-2.73 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±1.32-3.18 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Uygulama 2 için *Trainbr* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
2	100	26	TRAINBR	1	0.97	0.82	2.11	0.07
				2	1.28	0.92	2.91	0.06
				3	1.73	0.88	2.95	0.04
				4	1.86	1.62	3.86	0.15
				5	1.17	0.96	1.86	0.03
				6	0.81	0.58	1.81	0.05
				7	0.58	0.92	2.52	0.01
				8	1.02	1.12	2.46	0.06
				9	1.19	1.33	4.51	0.01
				10	0.90	0.81	2.49	0.01
				20	1.38	1.36	3.78	0.02
				30	0.99	0.73	1.55	0.05
				40	0.83	0.74	1.94	0.01
				50	0.92	0.95	2.56	0.04
				100	0.88	0.81	3.04	0.04

Çizelge 4.16'de *Trainbr* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±0.58 cm olan katman sayısı 7 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±0.58 cm olan katman sayısı 6 olan denemedir.



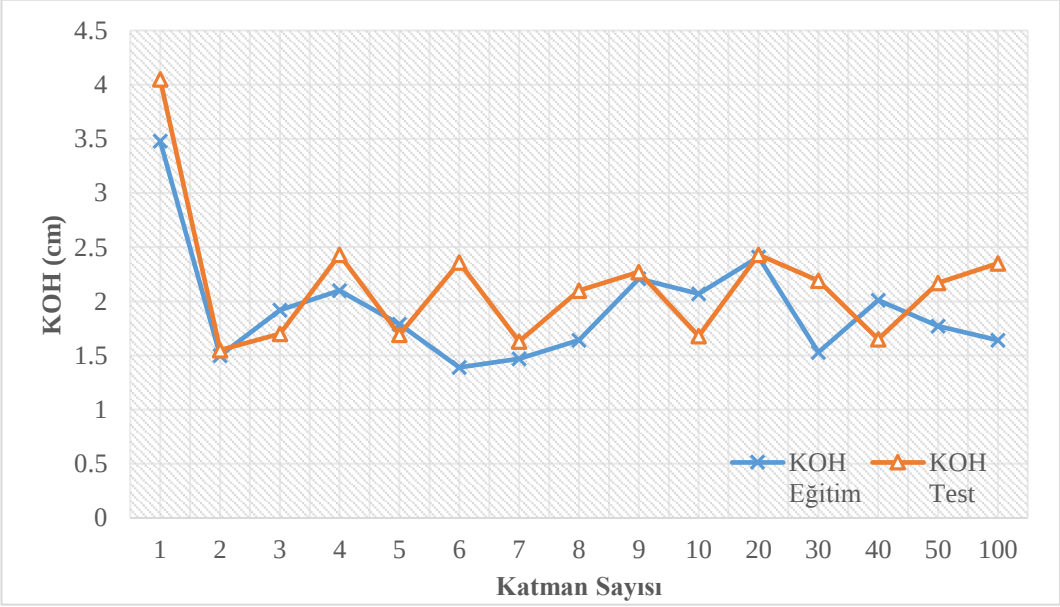
Şekil 4.18. Uygulama 2 için *Trainbr* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.18'da *Trainbr* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±0.58-1.86 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±0.58-1.62 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4. 17. Uygulama 2 için *Traincgb* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
2	100	26	TRAINCGB	1	3.48	4.05	11.06	0.00
				2	1.50	1.55	3.88	0.02
				3	1.92	1.70	4.81	0.02
				4	2.10	2.43	7.84	0.04
				5	1.79	1.69	3.31	0.37
				6	1.39	2.36	5.32	0.09
				7	1.47	1.63	4.41	0.04
				8	1.64	2.10	5.70	0.00
				9	2.21	2.27	5.54	0.05
				10	2.07	1.68	5.27	0.06
				20	2.41	2.43	5.66	0.07
				30	1.53	2.19	9.50	0.07
				40	2.01	1.65	4.69	0.03
				50	1.77	2.17	4.59	0.06
				100	1.64	2.35	6.02	0.16

Çizelge 4.17'de *Traincgb* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.39 cm olan katman sayısı 6 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±1.55 cm olan katman sayısı 2 olan denemedir.



Şekil 4.19. Uygulama 2 için *Traincgb* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

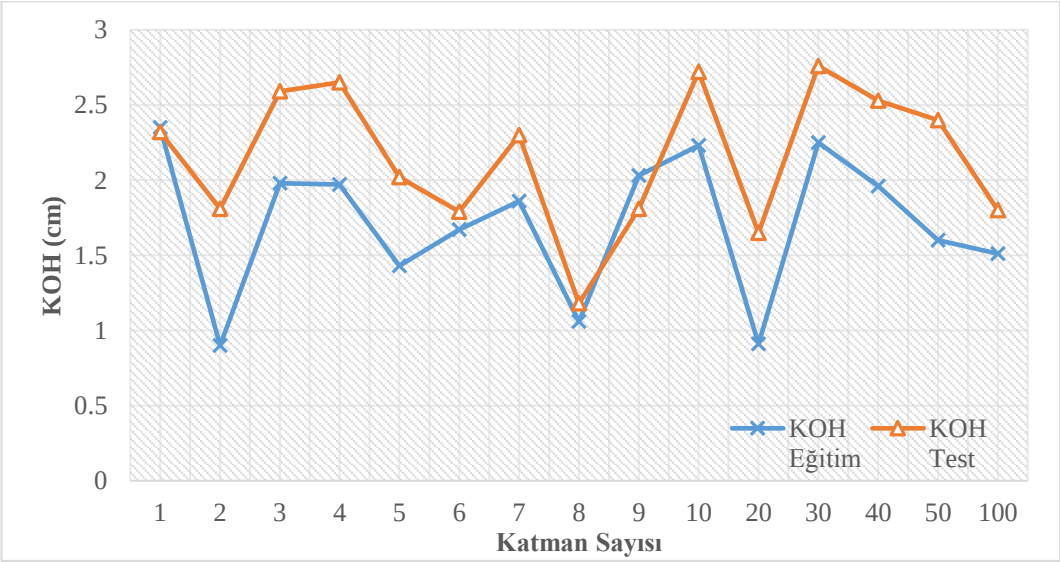
Şekil 4.19'de *Traincgb* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±1.39-3.48 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±1.55-4.05 cm değer

arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir

Çizelge 4.18. Uygulama 2 için *Traincgf* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
2	100	26	TRAINCGF	1	2.35	2.32	6.43	0.09
				2	0.90	1.81	5.45	0.04
				3	1.98	2.59	5.81	0.10
				4	1.97	2.65	7.55	0.07
				5	1.43	2.02	5.07	0.04
				6	1.67	1.79	4.51	0.08
				7	1.86	2.30	5.35	0.03
				8	1.06	1.18	2.91	0.01
				9	2.03	1.81	4.26	0.21
				10	2.23	2.72	5.23	0.10
				20	0.91	1.65	3.85	0.10
				30	2.25	2.76	9.17	0.18
				40	1.96	2.53	7.06	0.12
				50	1.60	2.40	7.77	0.21
				100	1.51	1.80	5.89	0.02

Çizelge 4.18'da *Traincgf* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±0.90 cm olan katman sayısı 2 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±1.18 cm olan katman sayısı 8 olan denemedir.



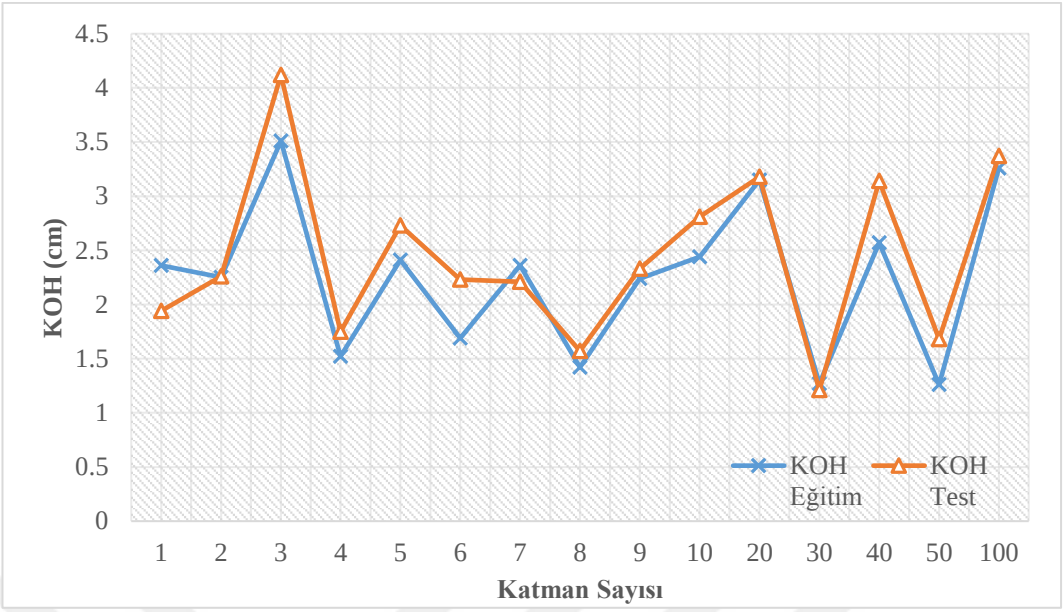
Şekil 4.20. Uygulama 2 için *Traincgf* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.20'de *Traincgf* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±0.90-2.35 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±1.18-2.76 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.19. Uygulama 2 için *Traincgp* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
2	100	26	TRAINCGP	1	2.36	1.94	5.45	0.15
				2	2.25	2.26	4.24	0.12
				3	3.51	4.12	8.53	0.14
				4	1.52	1.75	5.18	0.05
				5	2.41	2.73	6.98	0.15
				6	1.69	2.23	5.04	0.03
				7	2.36	2.21	6.77	0.01
				8	1.42	1.57	3.64	0.01
				9	2.24	2.33	6.09	0.05
				10	2.44	2.81	9.69	0.03
				20	3.15	3.18	13.18	0.02
				30	1.27	1.21	2.58	0.16
				40	2.57	3.14	7.39	0.09
				50	1.26	1.68	3.96	0.35
				100	3.26	3.37	9.50	0.01

Çizelge 4.19'de *Traincgp* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.26 cm olan katman sayısı 50 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±1.21 cm olan katman sayısı 30 olan denemedir.



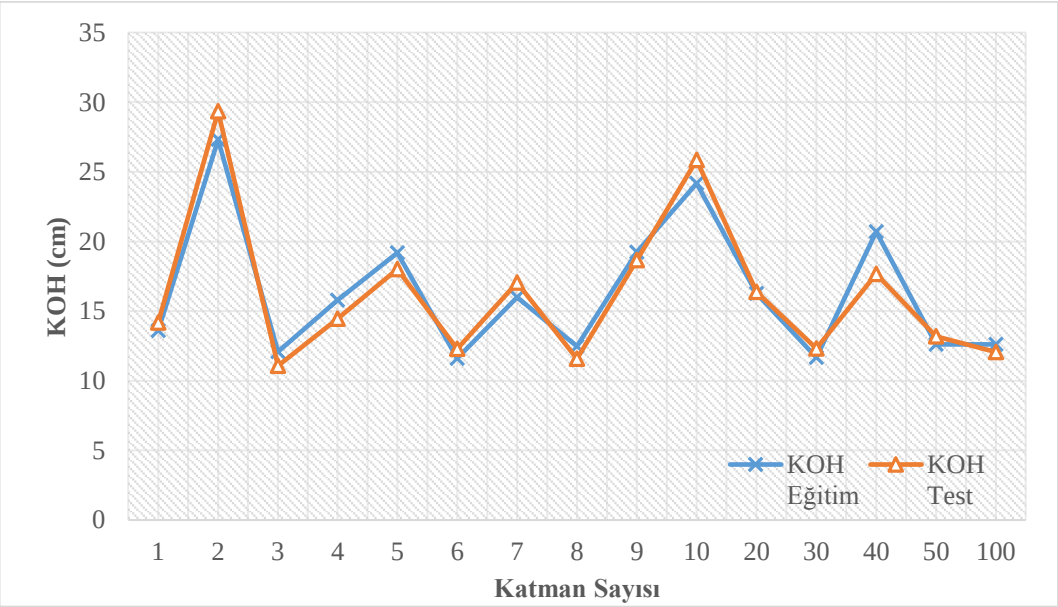
Şekil 4.21. Uygulama 2 için *Traincgp* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.21'de *Traincgp* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±1.26-3.51 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±1.21-4.12 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.20. Uygulama 2 için *Traingd* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
2	100	26	TRAINGD	1	13.60	14.17	27.54	0.20
				2	27.31	29.34	75.09	0.57
				3	12.08	11.07	25.36	1.33
				4	15.79	14.45	26.92	0.34
				5	19.19	18.02	53.03	1.57
				6	11.61	12.29	24.83	0.31
				7	16.00	17.04	42.80	1.70
				8	12.47	11.57	22.31	0.56
				9	19.24	18.65	44.38	0.16
				10	24.17	25.84	51.58	3.06
				20	16.26	16.37	49.10	0.10
				30	11.66	12.32	28.86	0.03
				40	20.70	17.66	43.39	0.99
				50	12.61	13.18	36.30	0.04
				100	12.60	12.06	23.13	0.73

Çizelge 4.20'de *Traingd* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±11.61 cm olan katman sayısı 6 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±11.07 cm olan katman sayısı 3 olan denemedir.



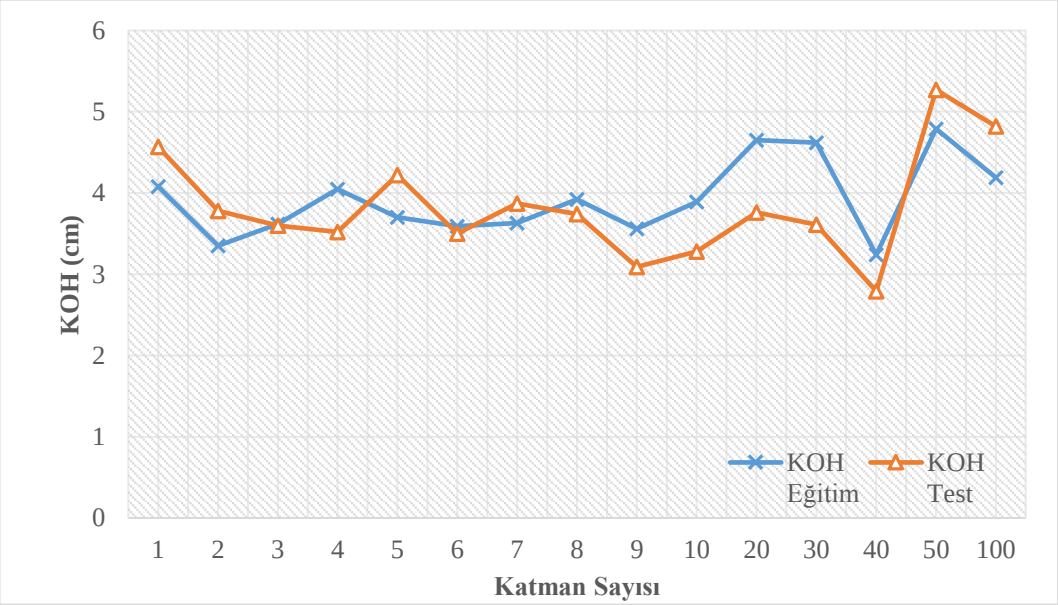
Şekil 4.22. Uygulama 2 için *Traingd* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.22'de *Traingd* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±11.61-27.31 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±11.07-29.34 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok yüksek çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.21. Uygulama 2 için *Traingda* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
2	100	26	TRAINGDA	1	4.08	4.57	11.77	0.01
				2	3.35	3.78	9.03	0.19
				3	3.62	3.60	9.01	0.05
				4	4.05	3.52	6.70	0.09
				5	3.70	4.22	11.27	0.05
				6	3.59	3.50	6.75	0.28
				7	3.63	3.87	8.64	0.04
				8	3.92	3.74	13.10	0.00
				9	3.56	3.09	6.06	0.03
				10	3.89	3.28	9.36	0.18
				20	4.65	3.76	8.56	0.06
				30	4.62	3.61	7.48	0.10
				40	3.24	2.79	5.63	0.10
				50	4.79	5.27	14.45	0.25
				100	4.19	4.82	10.50	0.16

Çizelge 4.21'de *Traingda* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±3.24 cm olan katman sayısı 40 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±2.79 cm olan katman sayısı 40 olan denemedir.



Şekil 4.23. Uygulama 2 için *Traingda* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

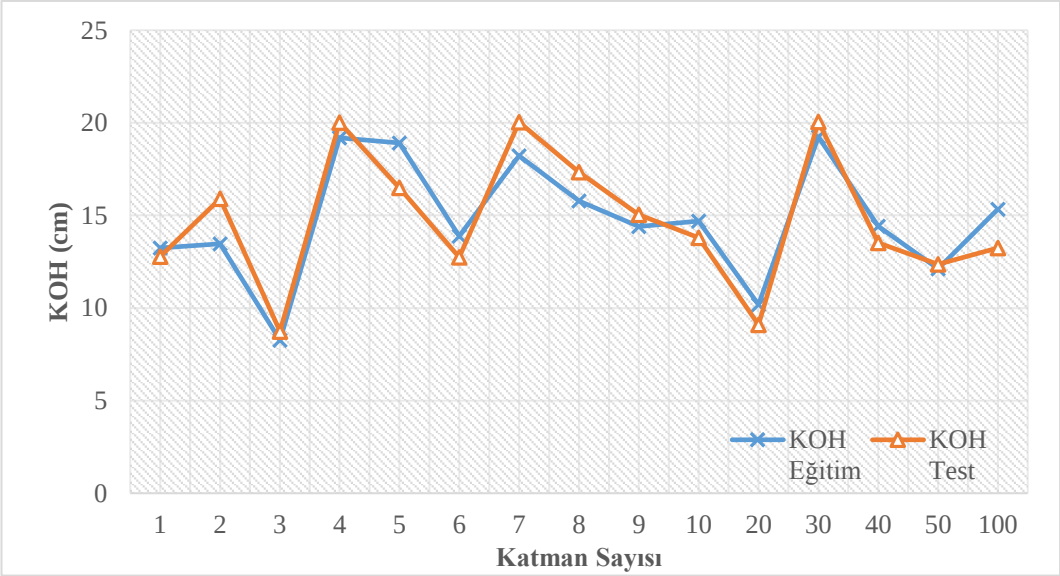
Şekil 4.23'de *Traingda* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±3.24-4.79 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±2.79-5.27 cm değer

arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.22. Uygulama 2 için *Traingdm* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
2	100	26	TRAINGDM	1	13.25	12.77	27.41	0.07
				2	13.47	15.90	36.43	1.95
				3	8.26	8.74	20.96	0.04
				4	19.19	20.02	44.02	1.22
				5	18.91	16.49	45.80	0.24
				6	13.88	12.74	33.21	0.19
				7	18.22	20.04	42.94	0.42
				8	15.79	17.34	37.89	1.65
				9	14.40	15.04	32.38	1.46
				10	14.69	13.79	38.01	0.09
				20	10.19	9.10	24.77	0.54
				30	19.24	20.06	44.09	2.01
				40	14.42	13.52	31.90	0.05
				50	12.12	12.36	26.21	0.20
				100	15.33	13.25	31.59	0.59

Çizelge 4.22'de *Traingdm* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±8.26 cm olan katman sayısı 3 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±8.74 cm olan katman sayısı 3 olan denemedir.



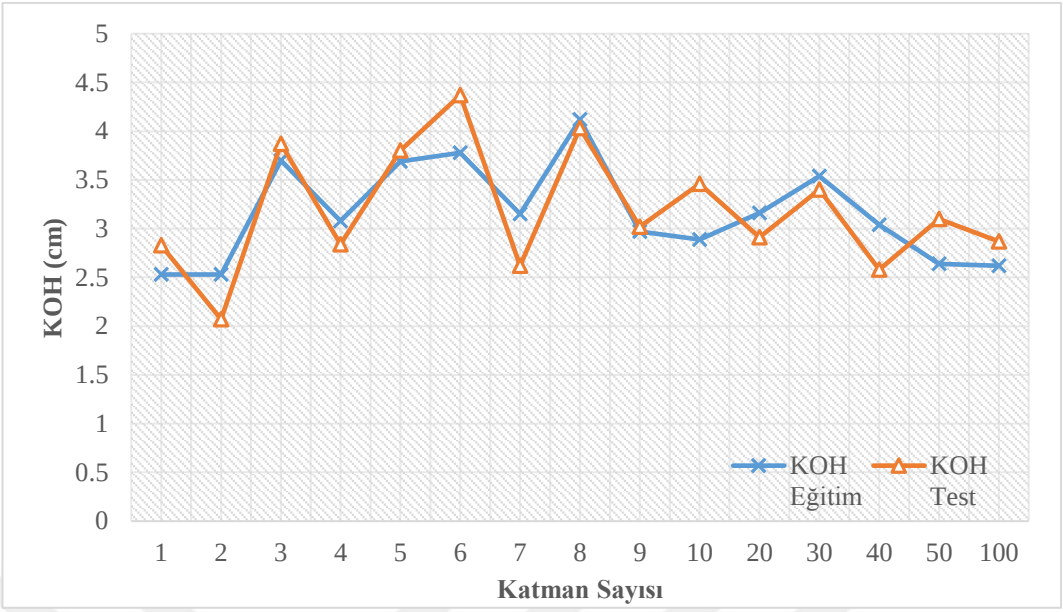
Şekil 4.24. Uygulama 2 için *Traingdm* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.24'de *Traingdm* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±8.26-37.39 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±8.74-36.53 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok yüsek çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.23. Uygulama 2 için *Traingdx* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
2	100	26	TRAINGDX	1	2.53	2.83	8.27	0.03
				2	2.53	2.07	4.77	0.18
				3	3.70	3.87	12.71	0.27
				4	3.08	2.84	5.05	0.02
				5	3.69	3.80	9.13	0.16
				6	3.78	4.37	13.47	0.00
				7	3.15	2.62	5.45	0.06
				8	4.12	4.03	8.23	0.21
				9	2.97	3.02	7.08	0.32
				10	2.89	3.46	8.70	0.12
				20	3.16	2.91	5.45	0.21
				30	3.54	3.40	7.87	0.02
				40	3.04	2.58	7.41	0.05
				50	2.64	3.10	8.50	0.01
				100	2.62	2.87	4.67	0.49

Çizelge 4.23'de *Traingdx* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±2.53 cm olan katman sayısı 2 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±2.07 cm olan katman sayısı 2 olan denemedir.



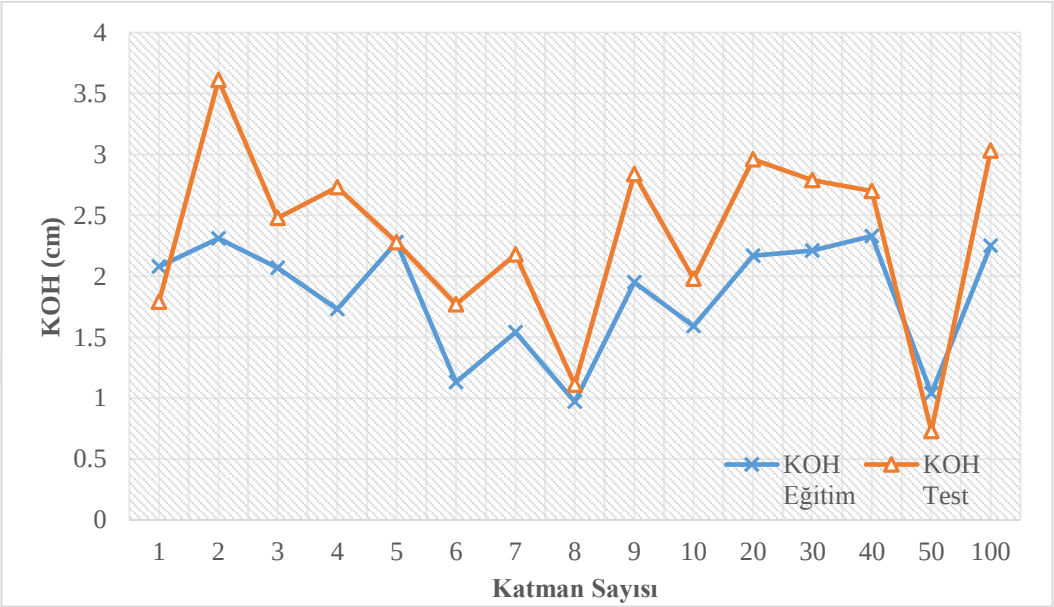
Şekil 4.25. Uygulama 2 için *Traingdx* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.25'da *Traingdx* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±2.53-4.12 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±2.07-4.37 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.24. Uygulama 2 için *Trainlm* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
2	100	26	TRAINLM	1	2.08	1.79	3.75	0.03
				2	2.31	3.61	12.25	0.04
				3	2.07	2.48	9.24	0.05
				4	1.73	2.73	9.00	0.05
				5	2.28	2.28	5.95	0.00
				6	1.13	1.77	5.65	0.06
				7	1.54	2.18	4.93	0.00
				8	0.97	1.11	2.73	0.01
				9	1.95	2.84	6.33	0.01
				10	1.59	1.98	5.67	0.01
				20	2.17	2.96	5.34	0.11
				30	2.21	2.79	6.86	0.52
				40	2.33	2.70	9.04	0.01
				50	1.04	0.73	1.62	0.01
				100	2.25	3.03	7.33	0.10

Çizelge 4.24'de *Trainlm* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±0.97 cm olan katman sayısı 8 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±0.73 cm olan katman sayısı 50 olan denemedir.



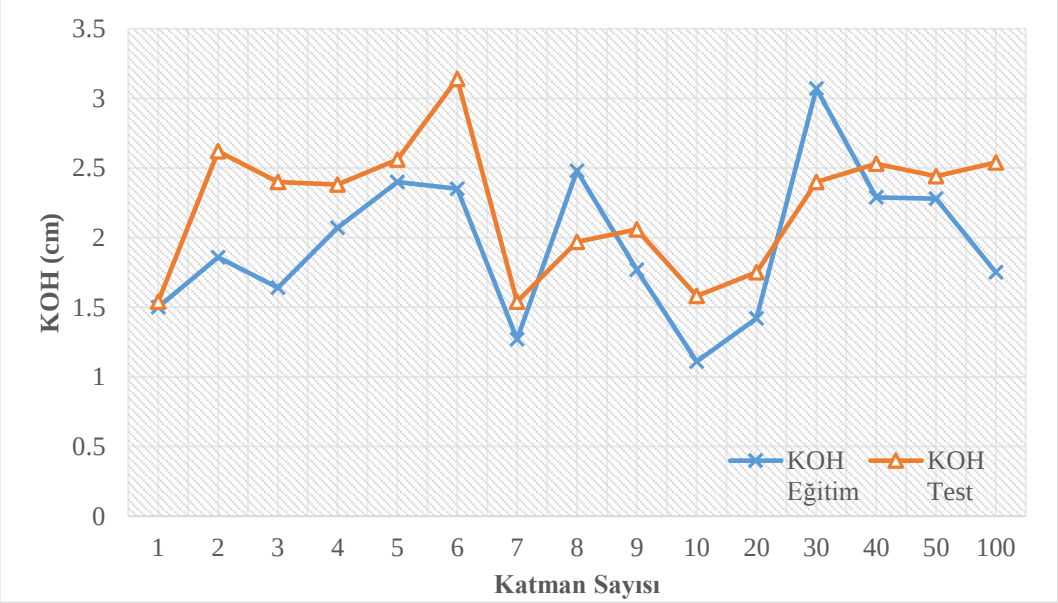
Şekil 4.26. Uygulama 2 için *Trainlm* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.26'de *Trainlm* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±0.97-2.33 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±0.73-3.61 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.25. Uygulama 2 için *Trainoss* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
2	100	26	TRAINOSS	1	1.50	1.54	3.70	0.12
				2	1.86	2.62	7.01	0.03
				3	1.64	2.40	5.76	0.12
				4	2.07	2.38	7.63	0.12
				5	2.40	2.56	5.38	0.03
				6	2.35	3.14	8.74	0.14
				7	1.27	1.54	3.45	0.05
				8	2.48	1.97	6.85	0.04
				9	1.77	2.06	8.30	0.03
				10	1.11	1.58	3.68	0.10
				20	1.42	1.75	4.78	0.04
				30	3.07	2.40	7.40	0.02
				40	2.29	2.53	7.77	0.02
				50	2.28	2.44	7.42	0.09
				100	1.75	2.54	7.12	0.14

Çizelge 4.25'da *Trainoss* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.11 cm olan katman sayısı 10 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±1.54 cm olan katman sayısı 1 ve 7 olan denemelerdir.



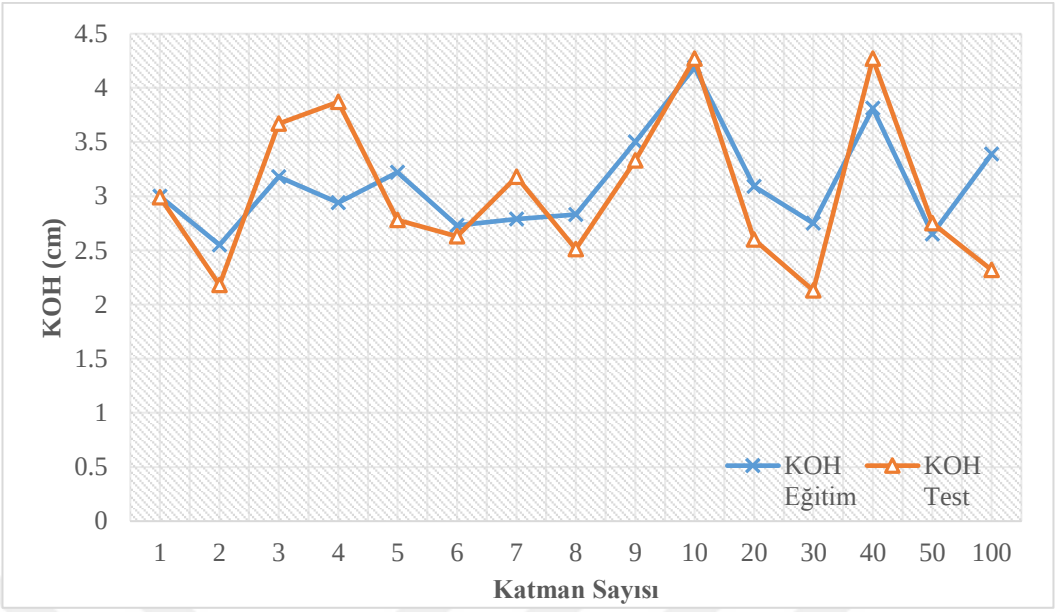
Şekil 4.27. Uygulama 2 için Trainoss fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.27'de *Trainoss* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±1.11-3.07 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±1.54-3.14 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.26. Uygulama 2 için *Trainr* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
2	100	26	TRAINR	1	3.00	2.99	6.09	0.05
				2	2.55	2.18	4.65	0.04
				3	3.18	3.67	7.39	0.05
				4	2.94	3.87	10.21	0.29
				5	3.22	2.78	7.37	0.11
				6	2.73	2.63	5.66	0.15
				7	2.79	3.18	6.70	0.04
				8	2.83	2.51	5.81	0.08
				9	3.50	3.33	9.64	0.04
				10	4.19	4.27	10.93	0.22
				20	3.09	2.60	7.58	0.24
				30	2.75	2.13	4.57	0.02
				40	3.81	4.27	11.55	0.14
				50	2.65	2.75	5.84	0.11
				100	3.39	2.32	5.34	0.16

Çizelge 4.26'de *Trainr* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±2.55 cm olan katman sayısı 2 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±2.13 cm olan katman sayısı 30 olan denemedir.



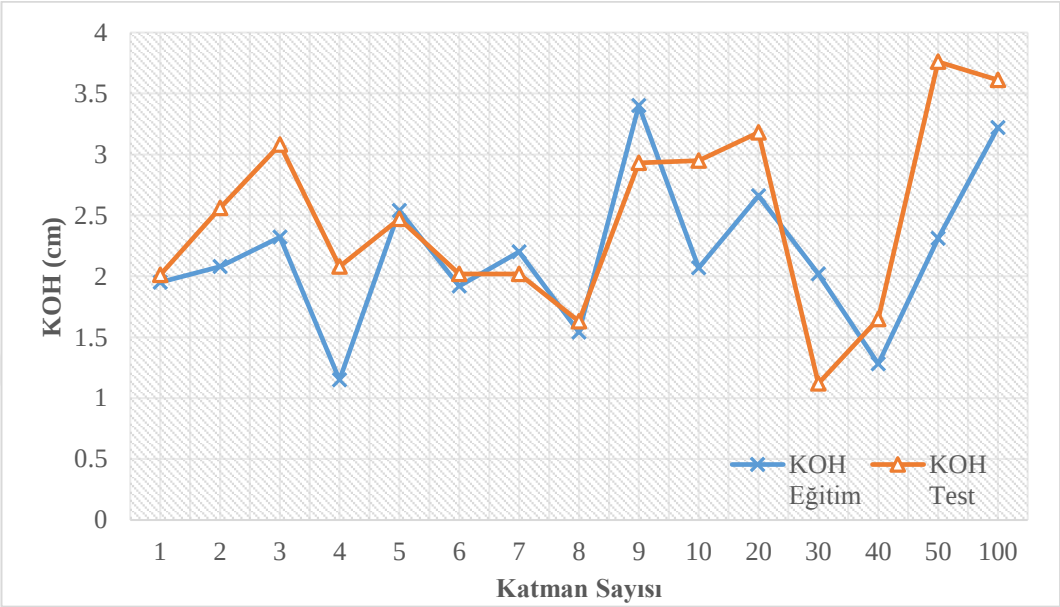
Şekil 4.28. Uygulama 2 için *Trainr* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.28'da *Trainr* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±2.55-4.19 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±2.13-4.27 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.27. Uygulama 2 için *Trainrp* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
2	100	26	TRAINRP	1	1.95	2.01	5.26	0.03
				2	2.08	2.56	6.65	0.08
				3	2.32	3.08	11.26	0.03
				4	1.15	2.08	5.64	0.01
				5	2.54	2.47	5.59	0.05
				6	1.92	2.02	4.39	0.02
				7	2.20	2.02	4.39	0.02
				8	1.54	1.63	4.13	0.10
				9	3.40	2.93	6.78	0.05
				10	2.07	2.95	8.19	0.05
				20	2.66	3.18	7.13	0.02
				30	2.02	1.12	2.35	0.06
				40	1.28	1.65	4.22	0.06
				50	2.31	3.76	10.02	0.39
				100	3.22	3.61	11.23	0.01

Çizelge 4.27'de *Trainrp* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.15 cm olan katman sayısı 4 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±1.12 cm olan katman sayısı 30 olan denemedir.



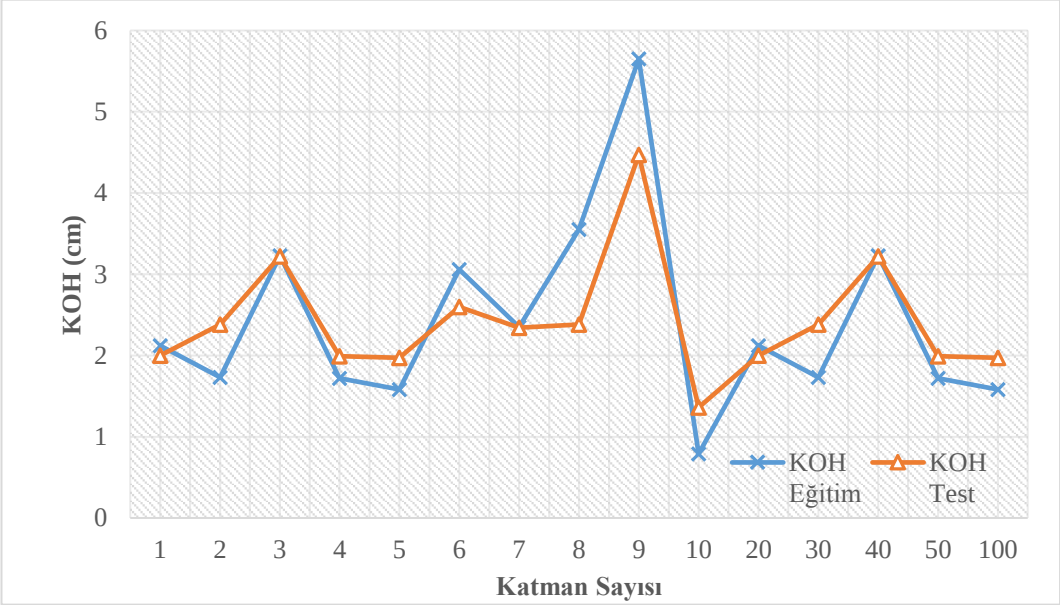
Şekil 4.29. Uygulama 2 için *Trainrp* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.29'da *Trainrp* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±1.15-3.40 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±1.12-3.76 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.28. Uygulama 2 için *Trainscg* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
2	100	26	TRAINSCG	1	2.12	2.00	5.84	0.05
				2	1.73	2.38	6.62	0.05
				3	3.23	3.22	8.28	0.15
				4	1.72	1.99	6.52	0.10
				5	1.58	1.97	5.77	0.11
				6	3.06	2.60	6.52	0.06
				7	2.35	2.34	4.97	0.08
				8	3.55	2.38	4.71	0.18
				9	5.65	4.47	21.41	0.01
				10	0.79	1.36	3.14	0.01
				20	2.12	2.00	5.84	0.05
				30	1.73	2.38	6.62	0.05
				40	3.23	3.22	8.28	0.15
				50	1.72	1.99	6.52	0.10
				100	1.58	1.97	5.77	0.11

Çizelge 4.28'da *Trainscg* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±0.79cm olan katman sayısı 10 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±1.36 cm olan katman sayısı 10 olan denemedir.



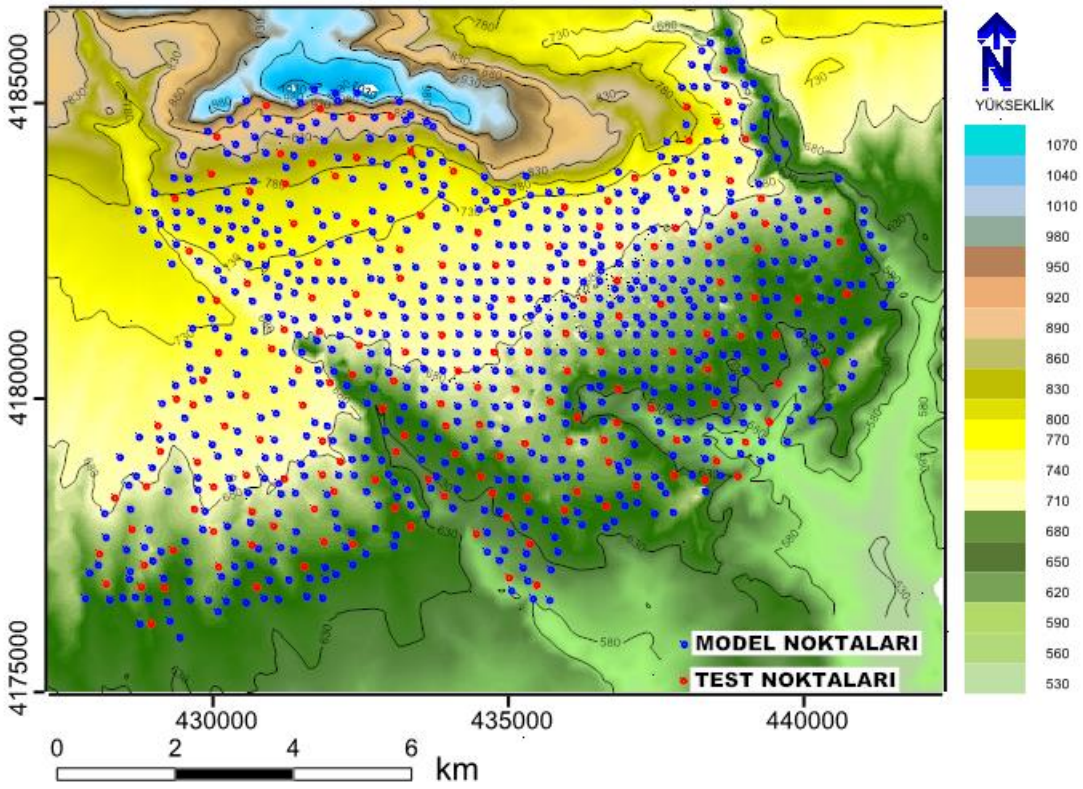
Şekil 4.30. Uygulama 2 için *Trainscg* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.30'de *Trainscg* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±0.79-5.65 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±1.36-4.47 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

Uygulama 2 bütün olarak incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±0.58 cm olan *Trainbr* fonksiyonunda katman sayısı 7 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±0.58 cm olan *Trainbr* fonksiyonunda katman sayısı 6 olan denemedir.

4.5. Uygulama 3

874 adet poligon noktalarından oluşan 700 adet poligon noktası eğitim ve 174 adet poligon noktası test verisi olarak seçildi. Bu uygulamada poligon noktaların %20 noktası test verisi olarak alınmıştır.

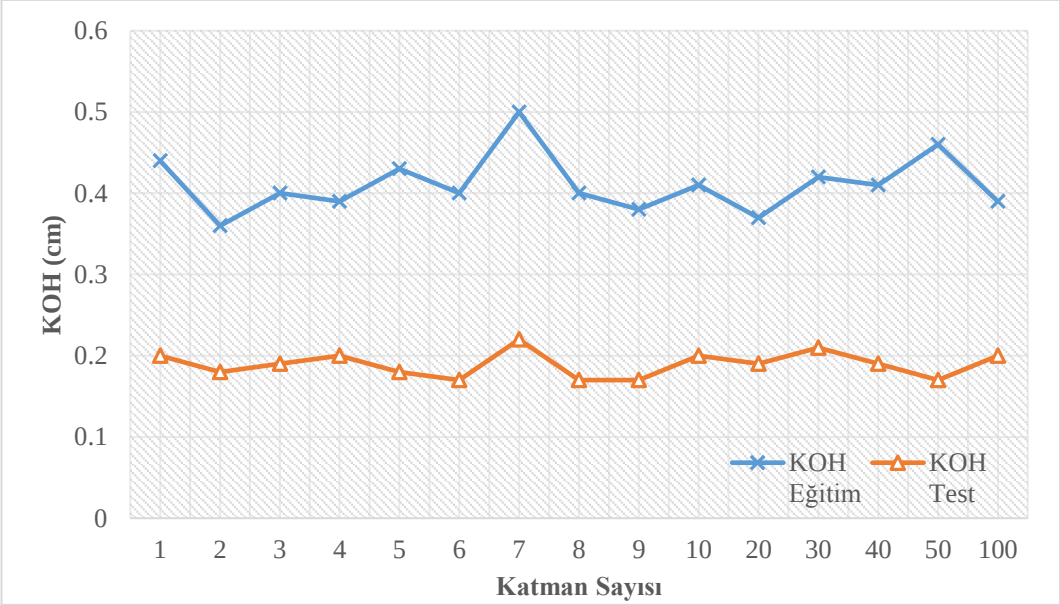


Şekil 4.31. Uygulama 3 noktaların konumlarını gösteren harita

Çizelge 4.29. Uygulama 3 için *Trainbfg* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
3	700	174	TRAINBFG	1	0.44	0.20	2.13	0.01
				2	0.36	0.18	2.02	0.00
				3	0.40	0.19	2.18	0.01
				4	0.39	0.20	2.15	0.01
				5	0.43	0.18	2.10	0.01
				6	0.40	0.17	1.98	0.01
				7	0.50	0.22	2.38	0.01
				8	0.40	0.17	1.85	0.01
				9	0.38	0.17	1.89	0.01
				10	0.41	0.20	2.30	0.01
				20	0.37	0.19	2.09	0.01
				30	0.42	0.21	2.55	0.01
				40	0.41	0.19	2.07	0.01
				50	0.46	0.17	2.05	0.01
				100	0.39	0.20	2.42	0.01

Çizelge 4.29'da *Trainbfg* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±0.36 cm olan katman sayısı 2 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±0.17 cm olan katman sayısı 6, 8, 9 ve 50 olan denemelerdir.



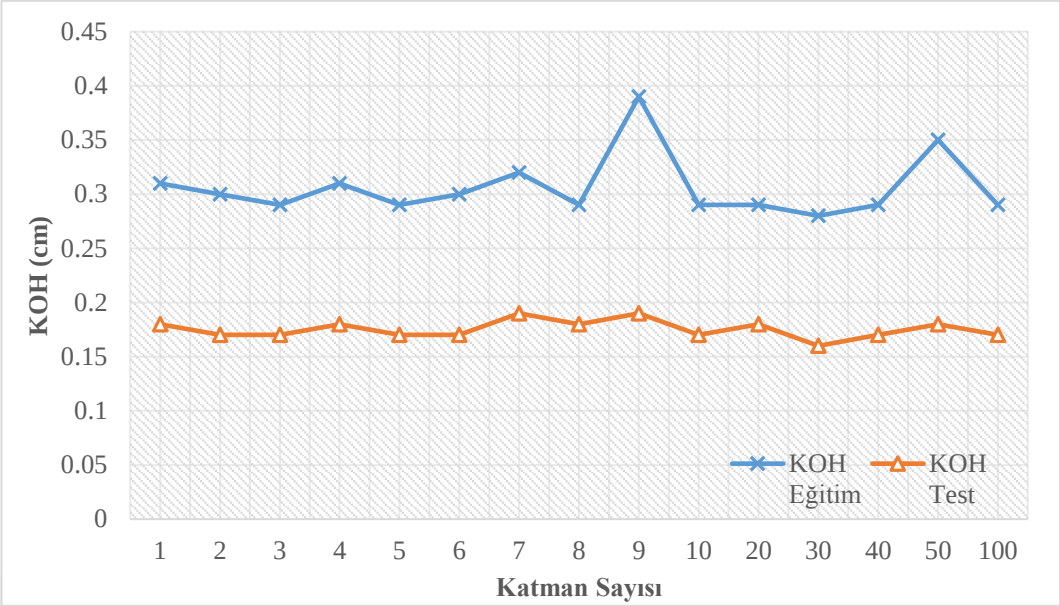
Şekil 4.32. Uygulama 3 için *Trainbfg* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.32'de *Trainbfg* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±0.36-0.50 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±0.17-0.22 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.30. Uygulama 3 için *Trainbr* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
3	700	174	TRAINBR	1	0.31	0.18	2.25	0.01
				2	0.30	0.17	1.87	0.00
				3	0.29	0.17	1.88	0.01
				4	0.31	0.18	1.72	0.01
				5	0.29	0.17	2.05	0.01
				6	0.30	0.17	2.12	0.01
				7	0.32	0.19	2.23	0.01
				8	0.29	0.18	2.16	0.01
				9	0.39	0.19	2.17	0.01
				10	0.29	0.17	1.98	0.01
				20	0.29	0.18	2.15	0.01
				30	0.28	0.16	1.89	0.01
				40	0.29	0.17	1.73	0.01
				50	0.35	0.18	2.33	0.01
				100	0.29	0.17	1.89	0.01

Çizelge 4.30'de *Trainbr* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±0.28 cm olan katman sayısı 30 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±0.16 cm olan katman sayısı 30 olan denemedir.



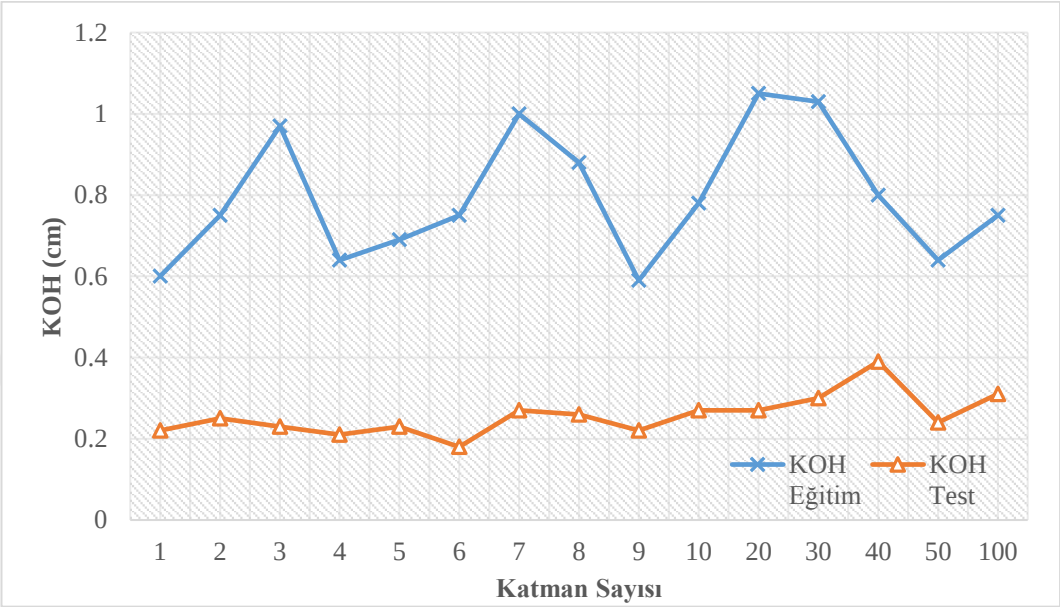
Şekil 4.33. Uygulama 3 için *Trainbr* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.33'de *Trainbr* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±0.28-0.39 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±0.16-0.19 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.31. Uygulama 3 için *Traincgb* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
3	700	174	TRAINCGB	1	0.60	0.22	2.22	0.00
				2	0.75	0.25	2.17	0.01
				3	0.97	0.23	3.41	0.00
				4	0.64	0.21	1.93	0.01
				5	0.69	0.23	2.05	0.00
				6	0.75	0.18	2.33	0.00
				7	1.00	0.27	2.57	0.01
				8	0.88	0.26	3.28	0.00
				9	0.59	0.22	1.72	0.00
				10	0.78	0.27	2.40	0.00
				20	1.05	0.27	4.07	0.01
				30	1.03	0.30	3.99	0.03
				40	0.80	0.39	3.24	0.00
				50	0.64	0.24	2.42	0.00
				100	0.75	0.31	2.13	0.00

Çizelge 4.31'de *Traincgb* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±0.59 cm olan katman sayısı 9 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±0.18 cm olan katman sayısı 6 olan denemedir.



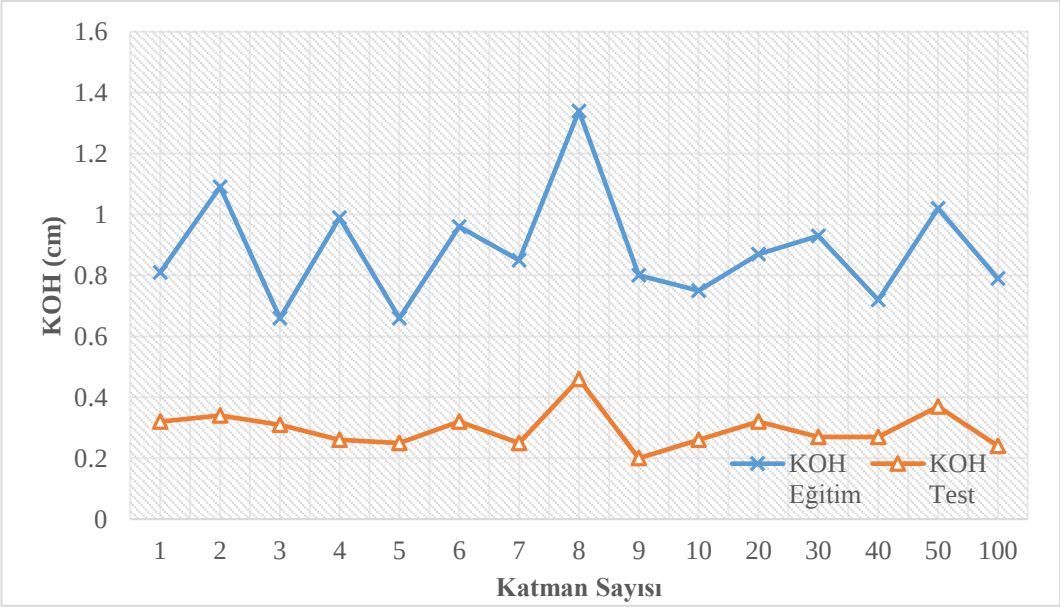
Şekil 4.34. Uygulama 3 için *Traincgb* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.34'de *Traincgb* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±0.59-1.05 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±0.18-0.39 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.32. Uygulama 3 için *Traincgf* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
3	700	174	TRAINCGF	1	0.81	0.32	4.25	0.00
				2	1.09	0.34	3.74	0.01
				3	0.66	0.31	3.25	0.01
				4	0.99	0.26	4.10	0.00
				5	0.66	0.25	2.24	0.00
				6	0.96	0.32	2.26	0.01
				7	0.85	0.25	2.83	0.01
				8	1.34	0.46	4.83	0.00
				9	0.80	0.20	2.94	0.00
				10	0.75	0.26	2.81	0.00
				20	0.87	0.32	2.55	0.00
				30	0.93	0.27	2.49	0.01
				40	0.72	0.27	3.06	0.00
				50	1.02	0.37	2.51	0.00
				100	0.79	0.24	2.78	0.00

Çizelge 4.32'de *Traincgf* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±0.66 cm olan katman sayısı 3 ve 5 olan denemelerdir. Test verilende ise en düşük KOH ±0.20 cm olan katman sayısı 9 olan denemedir.



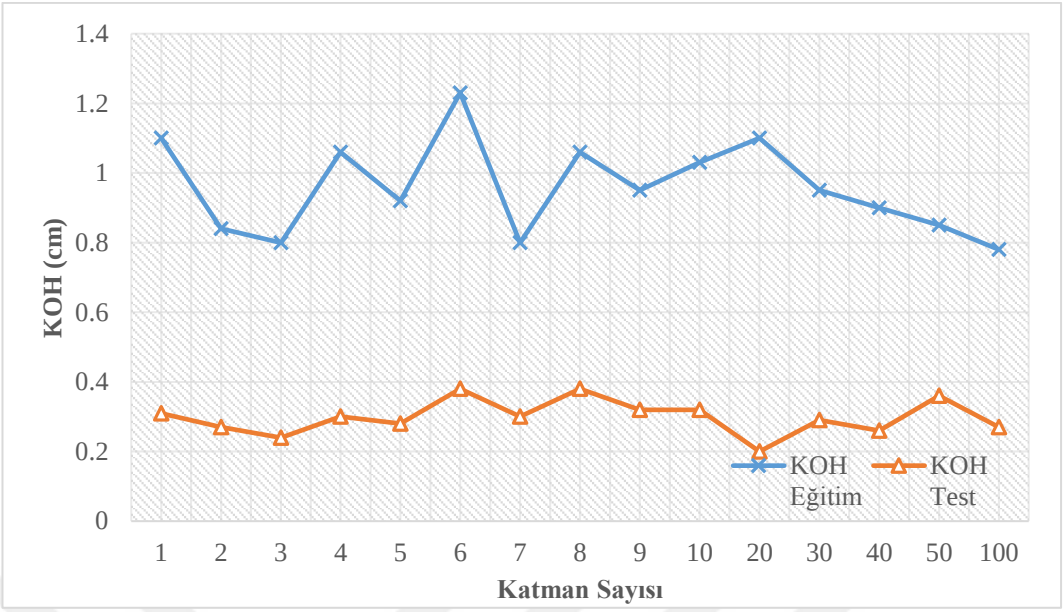
Şekil 4.35. Uygulama 3 için *Traincgf* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.35'da *Traincgf* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±0.59-1.05 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±0.18-0.39 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.33. Uygulama 3 için *Traincgp* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
3	700	174	TRAINCGP	1	1.10	0.31	3.96	0.00
				2	0.84	0.27	3.33	0.00
				3	0.80	0.24	2.60	0.00
				4	1.06	0.30	3.04	0.00
				5	0.92	0.28	2.71	0.01
				6	1.23	0.38	3.80	0.01
				7	0.80	0.30	1.92	0.01
				8	1.06	0.38	3.53	0.00
				9	0.95	0.32	4.01	0.00
				10	1.03	0.32	4.99	0.00
				20	1.10	0.20	4.88	0.01
				30	0.95	0.29	2.28	0.00
				40	0.90	0.26	3.33	0.01
				50	0.85	0.36	2.72	0.02
				100	0.78	0.27	2.80	0.01

Çizelge 4.33'de *Traincgp* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±0.78 cm olan katman sayısı 100 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±0.20 cm olan katman sayısı 20 olan denemedir.



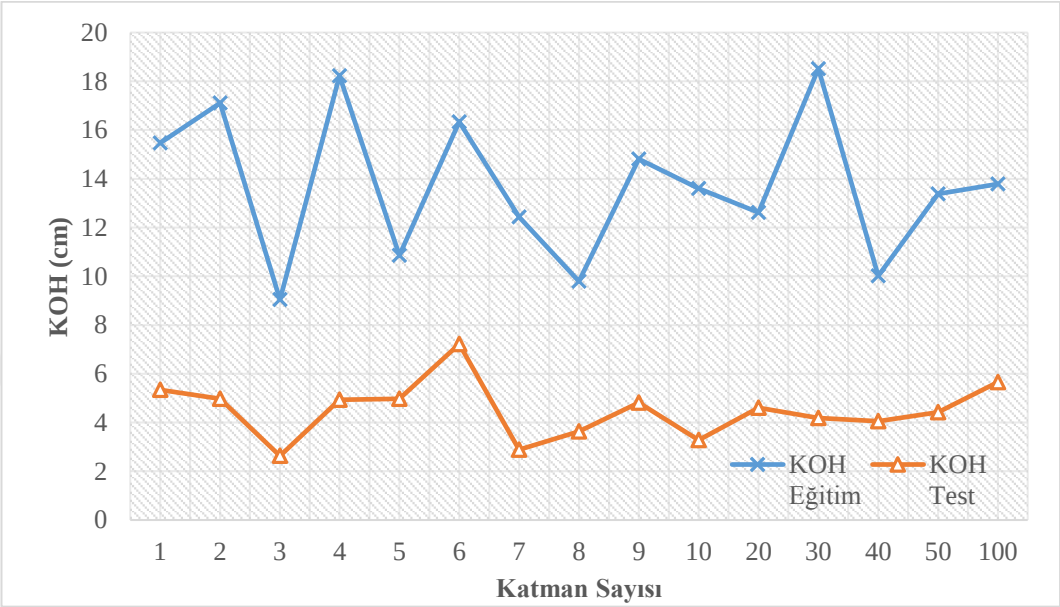
Şekil 4.36. Uygulama 3 için *Traincgp* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.36'de *Traincgp* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±0.78-1.23 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±0.20-0.38 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.34. Uygulama 3 için *Traingd* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
3	700	174	TRAINGD	1	15.47	5.34	34.06	0.12
				2	17.11	4.97	43.54	0.14
				3	9.04	2.63	26.32	0.02
				4	18.22	4.93	64.09	0.04
				5	10.86	4.98	32.05	0.08
				6	16.33	7.22	37.51	0.25
				7	12.44	2.88	40.77	0.19
				8	9.80	3.64	24.91	0.10
				9	14.81	4.82	37.54	0.01
				10	13.60	3.28	47.35	0.07
				20	12.62	4.61	34.52	0.06
				30	18.52	4.19	48.96	0.04
				40	10.02	4.05	28.35	0.14
				50	13.38	4.42	33.47	0.11
				100	13.78	5.65	36.68	0.15

Çizelge 4.34'de *Traingd* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±9.04 cm olan katman sayısı 3 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±2.63 cm olan katman sayısı 3 olan denemedir.



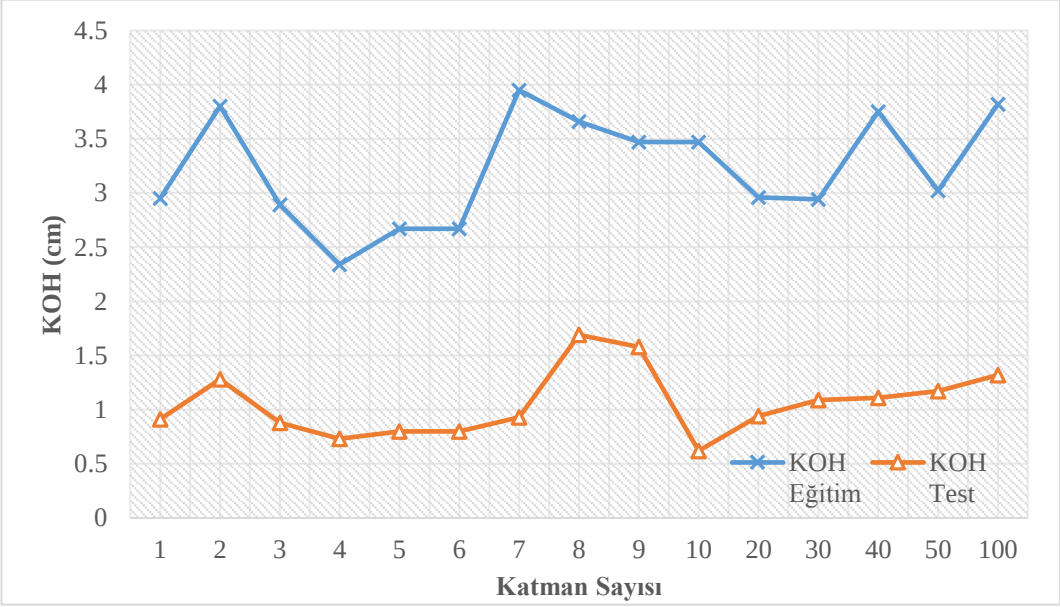
Şekil 4.37. Uygulama 3 için *Traingd* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.37'de *Traingd* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±9.04-18.52 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±2.63-7.22 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre kısmen düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.35. Uygulama 3 için *Traingda* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
3	700	174	TRAINGDA	1	2.95	0.91	9.86	0.01
				2	3.80	1.28	14.03	0.02
				3	2.89	0.88	8.79	0.03
				4	2.34	0.73	7.39	0.02
				5	2.67	0.80	10.91	0.01
				6	2.67	0.80	10.91	0.01
				7	3.95	0.93	15.39	0.00
				8	3.66	1.69	11.31	0.01
				9	3.47	1.58	8.48	0.00
				10	3.47	0.62	13.39	0.01
				20	2.96	0.94	7.30	0.02
				30	2.94	1.09	7.11	0.03
				40	3.75	1.11	10.11	0.01
				50	3.02	1.17	13.91	0.03
				100	3.82	1.32	12.32	0.01

Çizelge 4.35'da *Traingda* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±2.34 cm olan katman sayısı 4 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±0.62 cm olan katman sayısı 10 olan denemedir.



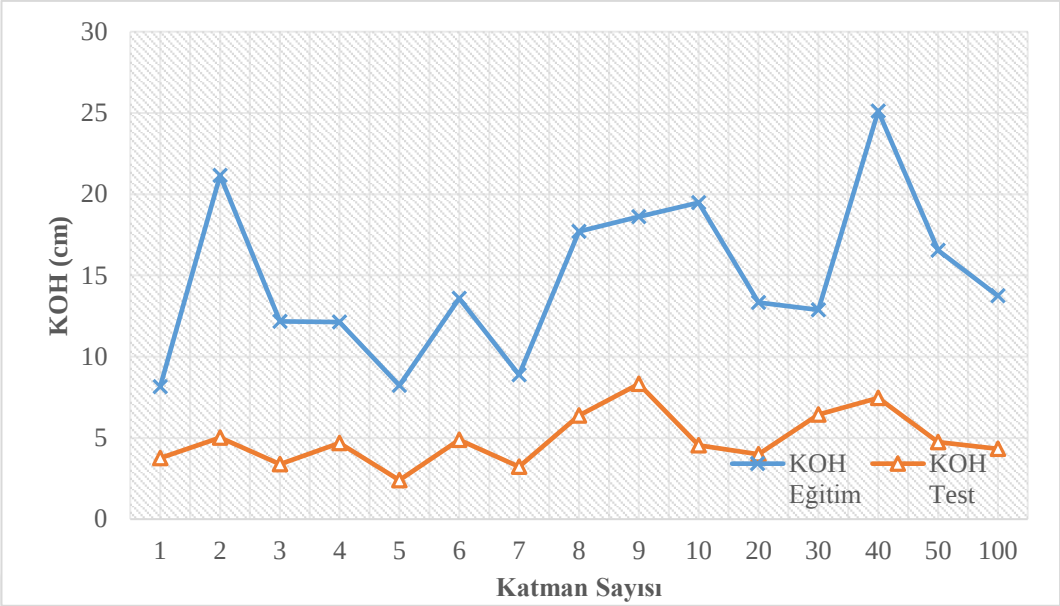
Şekil 4.38. Uygulama 3 için *Traingda* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.38'de *Traingda* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±2.34-3.95 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±0.62-1.69 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.36. Uygulama 3 için *Traingdm* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
3	700	174	TRAINGDM	1	8.15	3.76	27.37	0.06
				2	21.16	5.01	50.36	0.36
				3	12.17	3.39	36.92	0.02
				4	12.13	4.69	34.46	0.30
				5	8.23	2.40	21.80	0.09
				6	13.59	4.88	41.23	0.17
				7	8.88	3.22	32.87	0.00
				8	17.71	6.37	44.00	0.19
				9	18.62	8.32	42.12	0.06
				10	19.47	4.54	56.75	0.00
				20	13.33	3.99	27.72	0.02
				30	12.87	6.43	35.22	0.12
				40	25.12	7.47	66.85	0.23
				50	16.54	4.75	45.78	0.09
				100	13.74	4.33	36.66	0.08

Çizelge 4.36'de *Traingdm* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±8.15 cm olan katman sayısı 1 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±2.40 cm olan katman sayısı 5 olan denemedir.



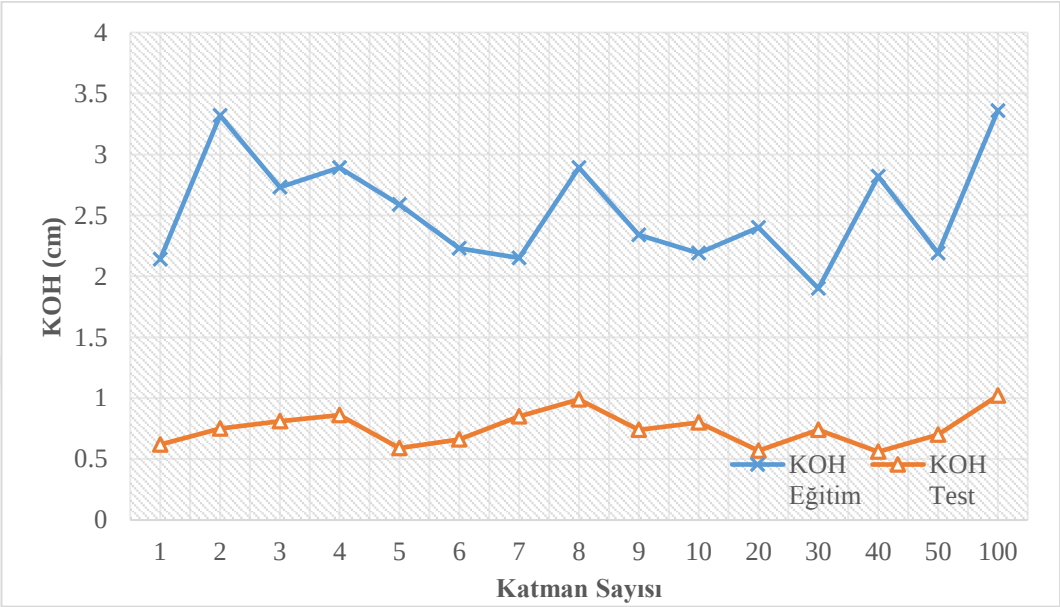
Şekil 4.39. Uygulama 3 için *Traingdm* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.39'da *Traingdm* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±8.15-25.12 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±2.40-8.32 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre kısmen düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.37. Uygulama 3 için *Traingdx* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
3	700	174	TRAINGDX	1	2.14	0.62	5.33	0.01
				2	3.32	0.75	9.37	0.01
				3	2.73	0.81	7.74	0.01
				4	2.89	0.86	10.62	0.01
				5	2.59	0.59	8.70	0.03
				6	2.23	0.66	9.04	0.00
				7	2.15	0.85	5.69	0.05
				8	2.89	0.99	7.35	0.05
				9	2.34	0.74	6.29	0.04
				10	2.19	0.80	7.75	0.01
				20	2.40	0.57	7.28	0.01
				30	1.90	0.74	4.66	0.02
				40	2.82	0.56	6.73	0.02
				50	2.19	0.70	7.09	0.01
				100	3.36	1.02	11.61	0.00

Çizelge 4.37'de *Traingdx* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.90 cm olan katman sayısı 30 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±0.56 cm olan katman sayısı 40 olan denemedir.



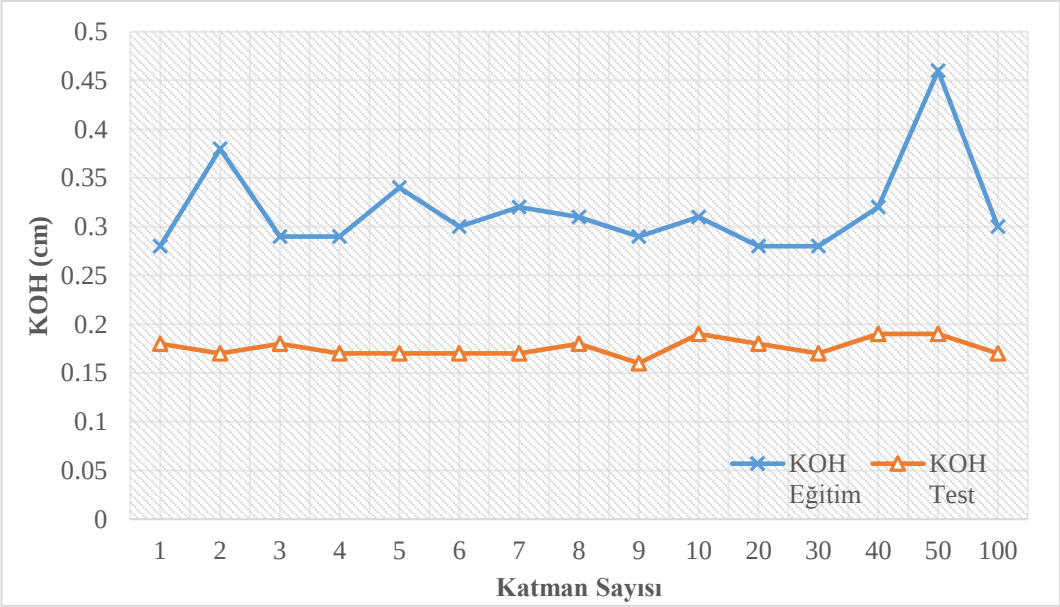
Şekil 4.40. Uygulama 3 için *Traingdx* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.40'de *Traingdx* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±1.90-3.36 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±0.56-1.02 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.38. Uygulama 3 için *Trainlm* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
3	700	174	TRAINLM	1	0.28	0.18	2.11	0.00
				2	0.38	0.17	2.01	0.00
				3	0.29	0.18	2.14	0.00
				4	0.29	0.17	2.09	0.00
				5	0.34	0.17	1.67	0.00
				6	0.30	0.17	1.93	0.00
				7	0.32	0.17	2.07	0.00
				8	0.31	0.18	1.94	0.00
				9	0.29	0.16	7.14	0.00
				10	0.31	0.19	2.38	0.00
				20	0.28	0.18	2.04	0.00
				30	0.28	0.17	2.00	0.00
				40	0.32	0.19	2.43	0.00
				50	0.46	0.19	2.26	0.00
				100	0.30	0.17	1.80	0.00

Çizelge 4.38'da *Trainlm* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±0.28 cm olan katman sayısı 1, 20 ve 30 olan denemelerdir. Test verilende ise en düşük KOH ±0.16 cm olan katman sayısı 9 olan denemedir.



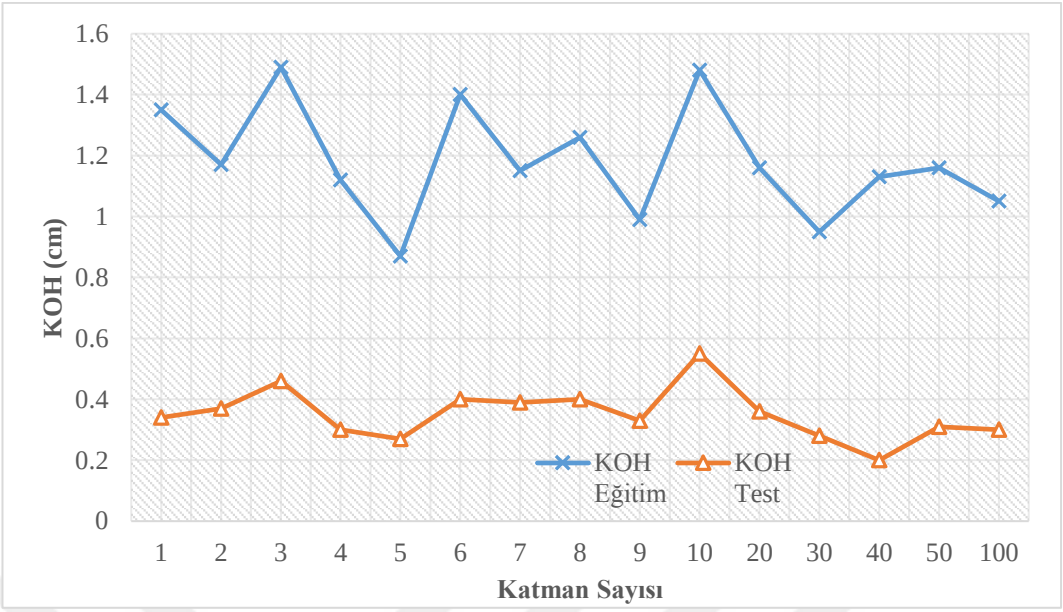
Şekil 4.41. Uygulama 3 için *Trainlm* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.41'de *Trainlm* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±0.28-0.46 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±0.16-0.19 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.39. Uygulama 3 için *Trainoss* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
3	700	174	TRAINOSS	1	1.35	0.34	4.71	0.01
				2	1.17	0.37	3.40	0.01
				3	1.49	0.46	4.70	0.01
				4	1.12	0.30	4.40	0.00
				5	0.87	0.27	2.80	0.00
				6	1.40	0.40	4.88	0.01
				7	1.15	0.39	3.72	0.01
				8	1.26	0.40	3.34	0.01
				9	0.99	0.33	2.54	0.01
				10	1.48	0.55	4.40	0.06
				20	1.16	0.36	3.08	0.01
				30	0.95	0.28	2.56	0.00
				40	1.13	0.20	4.77	0.00
				50	1.16	0.31	2.86	0.00
				100	1.05	0.30	5.77	0.01

Çizelge 4.39'da *Trainoss* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±0.87 cm olan katman sayısı 5 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±0.20 cm olan katman sayısı 40 olan denemedir.



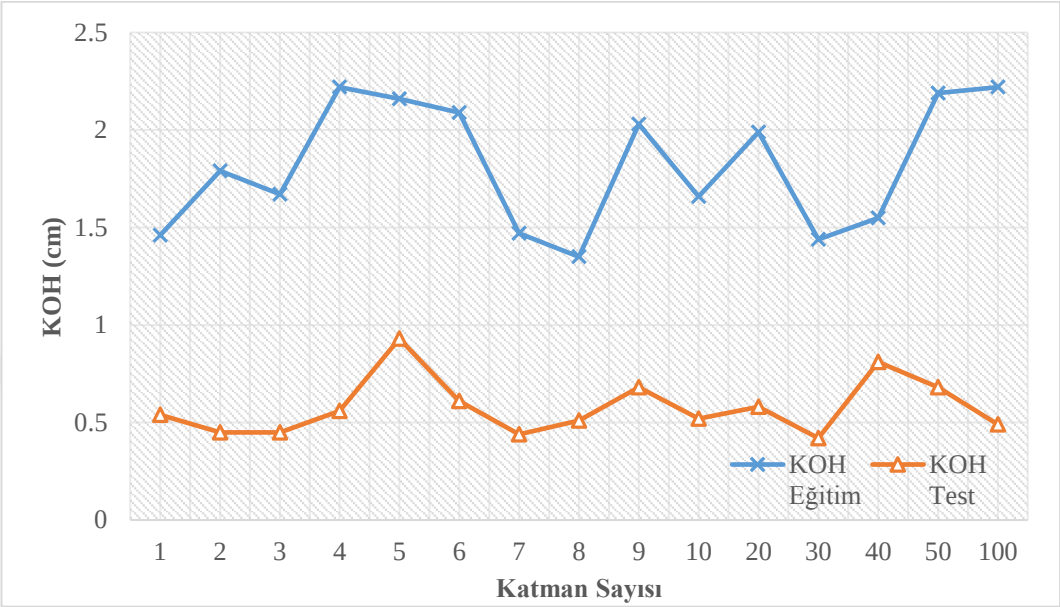
Şekil 4.42. Uygulama 3 için *Trainoss* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.42'de *Trainoss* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±0.87-1.49 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±0.20-0.55 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.40. Uygulama 3 için *Trainr* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
				1	1.46	0.54	4.53	0.01
				2	1.79	0.45	6.00	0.00
				3	1.67	0.45	5.32	0.04
				4	2.22	0.56	7.28	0.00
				5	2.16	0.93	7.24	0.02
				6	2.09	0.61	7.47	0.02
				7	1.47	0.44	5.52	0.00
3	700	174	TRAINR	8	1.35	0.51	4.67	0.01
				9	2.03	0.68	5.66	0.01
				10	1.66	0.52	4.98	0.00
				20	1.99	0.58	8.49	0.01
				30	1.44	0.42	4.42	0.01
				40	1.55	0.81	5.77	0.01
				50	2.19	0.68	5.42	0.00
				100	2.22	0.49	7.85	0.02

Çizelge 4.40'de *Trainr* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±1.35 cm olan katman sayısı 8 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±0.42 cm olan katman sayısı 30 olan denemedir.



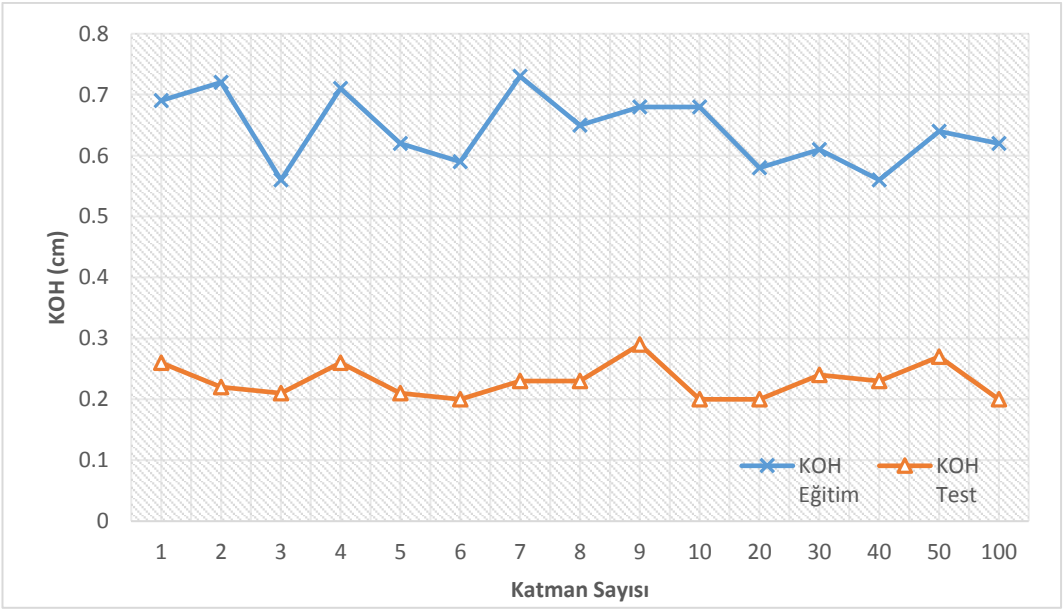
Şekil 4.43. Uygulama 3 için *Trainr* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.43'de *Trainr* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±1.35-2.22 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±0.42-0.93 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.41. Uygulama 3 için *Trainrp* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
3	700	174	TRAINRP	1	0.69	0.26	2.66	0.00
				2	0.72	0.22	2.08	0.00
				3	0.56	0.21	2.26	0.00
				4	0.71	0.26	2.85	0.00
				5	0.62	0.21	1.82	0.01
				6	0.59	0.20	1.94	0.00
				7	0.73	0.23	3.41	0.00
				8	0.65	0.23	2.32	0.01
				9	0.68	0.29	2.50	0.00
				10	0.68	0.20	2.18	0.01
				20	0.58	0.20	2.82	0.00
				30	0.61	0.24	1.94	0.00
				40	0.56	0.23	2.30	0.00
				50	0.64	0.27	2.79	0.00
				100	0.62	0.20	2.04	0.00

Çizelge 4.41'de *Trainrp* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±0.56 cm olan katman sayısı 3 ve 40 olan denemelerdir. Test verilende ise en düşük KOH ±0.20 cm olan katman sayısı 6, 10, 20 ve 100 olan denemelerdir.



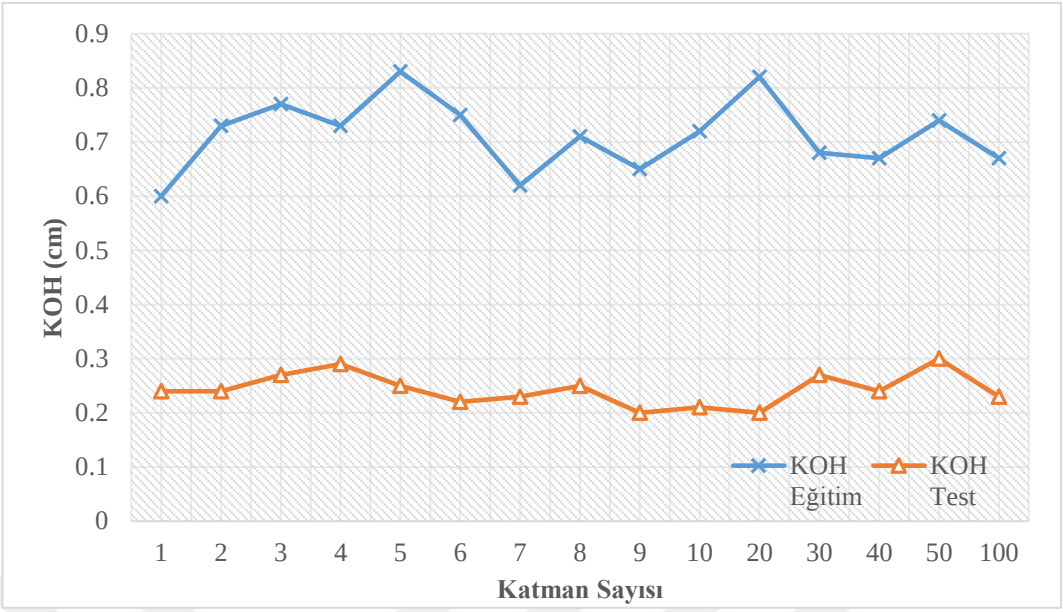
Şekil 4.44. Uygulama 3 için *Trainrp* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.44'de *Trainr* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±0.56-0.73 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±0.20-0.29 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok düşük çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.42. Uygulama 3 için *Trainscg* fonksiyonun katman sayılarına göre karşılaştırması (cm)

Uygulama No	Eğitim Seti Adedi	Test Seti Adedi	Eğitim Fonksiyonu	Katman Sayısı	KOH Eğitim	KOH Test	Test seti Max hata	Test seti Min hata
3	700	174	TRAINSCG	1	0.60	0.24	2.28	0.01
				2	0.73	0.24	2.09	0.00
				3	0.77	0.27	2.89	0.00
				4	0.73	0.29	2.80	0.00
				5	0.83	0.25	3.20	0.00
				6	0.75	0.22	3.05	0.00
				7	0.62	0.23	2.47	0.01
				8	0.71	0.25	2.34	0.00
				9	0.65	0.20	1.96	0.00
				10	0.72	0.21	2.77	0.00
				20	0.82	0.20	3.05	0.00
				30	0.68	0.27	2.14	0.01
				40	0.67	0.24	2.61	0.01
				50	0.74	0.30	3.00	0.01
				100	0.67	0.23	1.99	0.01

Çizelge 4.42'de *Trainscg* fonksiyonun katman sayılarına göre incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±0.60 cm olan katman sayısı 1 olan denemedir. Test verilende ise en düşük KOH ±0.20 cm olan katman sayısı 9 ve 20 olan denemelerdir.



Şekil 4.45. Uygulama 3 için *Trainscg* fonksiyonunun katman sayılarına göre eğitim ve test verilerinin KOH grafiği

Şekil 4.45'de *Trainr* KOH grafiği incelendiğinde eğitim KOH değerlerinin ±0.60-0.83 cm değer arasında değiştiği, test KOH değerlerinin ise ±0.20-0.30 cm değer arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre çok düşük çıktığı belirlenmiştir.

Uygulama 3 bütün olarak incelendiğinde eğitim verilerinde en düşük KOH ±0.28 cm olan *Trainlm* fonksiyonunda katman sayısı 20 ve 30 olan denemelerdir. Test verilende ise en düşük KOH ±0.16 cm olan *Trainbr* fonksiyonunda katman sayısı 30 olan denemedir.

Çizelge 4.43. Üç uygulama için eğitim fonksiyonlarının karşılaştırması

	Eğitim Fonksiyonu	Eğitim KOH Aralığı (cm)	Test KOH Aralığı (cm)	BÖHHBÜY'e Göre Kıyaslama (KOH ±5 cm)
Uygulama 1 Eğitim Seti Adeti:100 Test Seti Adeti: 26 Nokta Türü: Nirengi	TRAINBFG	1.84 - 4.07	2.33 - 4.05	Düşük
	TRAINBR	1.72 - 3.04	2.10 - 3.13	Düşük
	TRAINCGB	1.34 - 5.89	2.35 - 6.63	Kısmen düşük
	TRAINCGF	1.88 - 3.41	1.81 - 3.82	Düşük
	TRAINCGP	1.93 - 4.56	2.55 - 4.94	Düşük
	TRAINGD	9.14 - 20.38	9.24 - 21.37	Yüksek
	TRAINGDA	3.23 - 7.09	3.30 - 7.40	Kısmen düşük
	TRAINGDM	8.14 - 19.85	8.01 - 18.50	Yüksek
	TRAINGDX	2.68 - 6.74	2.67 - 7.09	Kısmen düşük
	TRAINLM	1.79 - 3.81	2.06 - 4.77	Düşük
	TRAINOSS	1.75 - 4.11	2.18 - 4.14	Düşük
	TRAINR	2.80 - 4.60	2.76 - 4.97	Düşük
	TRAINRP	1.73 - 3.65	2.58 - 5.28	Düşük
	TRAINSCG	1.90 - 3.55	1.89 - 3.78	Düşük
Uygulama 2 Eğitim Seti Adeti:100 Test Seti Adeti: 26 Nokta Türü: Poligon	TRAINBFG	1.23 - 2.73	1.32 - 3.18	Düşük
	TRAINBR	0.58 - 1.86	0.58 - 1.62	Düşük
	TRAINCGB	1.39 - 3.48	1.55 - 4.05	Düşük
	TRAINCGF	0.90 - 2.35	1.18 - 2.76	Düşük
	TRAINCGP	1.26 - 3.51	1.21 - 4.12	Düşük
	TRAINGD	11.61 - 27.31	11.07 - 29.34	Yüksek
	TRAINGDA	3.24 - 4.79	2.79 - 5.27	Düşük
	TRAINGDM	8.26 - 37.39	8.74 - 36.53	Yüksek
	TRAINGDX	2.53 - 4.12	2.07 - 4.37	Düşük
	TRAINLM	0.97 - 2.33	0.73 - 3.61	Düşük
	TRAINOSS	1.11 - 3.07	1.54 - 3.14	Düşük
	TRAINR	2.55 - 4.19	2.13 - 4.27	Düşük
	TRAINRP	1.15 - 3.40	1.12 - 3.76	Düşük
	TRAINSCG	0.79 - 5.65	1.36 - 4.47	Düşük
Uygulama 3 Eğitim Seti Adeti:700 Test Seti Adeti: 174 Nokta Türü: Poligon	TRAINBFG	0.36 - 0.50	0.17 - 0.22	Çok düşük
	TRAINBR	0.28 - 0.39	0.16 - 0.19	Çok düşük
	TRAINCGB	0.59 - 1.05	0.18 - 0.39	Çok düşük
	TRAINCGF	0.66 - 1.34	0.20 - 0.46	Çok düşük
	TRAINCGP	0.78 - 1.23	0.20 - 0.38	Çok düşük
	TRAINGD	9.04 - 18.52	2.63 - 7.22	Kısmen düşük
	TRAINGDA	2.34 - 3.95	0.62 - 1.69	Çok düşük
	TRAINGDM	8.15 - 25.12	2.40 - 8.32	Kısmen düşük
	TRAINGDX	1.90 - 3.36	0.56 - 1.02	Çok düşük
	TRAINLM	0.28 - 0.46	0.16 - 0.19	Çok düşük
	TRAINOSS	0.87 - 1.49	0.20 - 0.55	Çok düşük
	TRAINR	1.35 - 2.22	0.42 - 0.93	Çok düşük
	TRAINRP	0.56 - 0.73	0.20 - 0.29	Çok düşük
	TRAINSCG	0.60 - 0.83	0.20 - 0.30	Çok düşük

Çizelge 4.43'e göre; uygulama 1 ve uygulama 2'de kullanılan eğitim fonksiyonlarından *traingd* ve *traingdm* sonuçlarının BÖHHBÜY'e göre çok yüksek çıktığı uygulama 3'de ise kısmen düşük çıktığı belirlenmiştir. Kullanılan diğer eğitim fonksiyonlarının 3 uygulamada da sonuçların BÖHHBÜY'e göre düşük çıktığı belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada yapay sinir ağları ile yerel geoit modeli belirleme konusunda çözümler araştırılmıştır. Uygulamalarda 165 km^2'lik alanda farklı nokta sayıları ile üç farklı uygulama ile geoit modellerin doğruluğu araştırılmıştır. Uygulamada kullanılan noktaların enlem, boylam, ortometrik yükseklik ve elipsoit değerleri bilinen 1.000 adet nokta kullanılmıştır.

Yapılan bu çalışmada;

- BÖHHBÜY'e göre karesel ortalama ±5 cm altında kalan toplam 210 denemeden, birinci uygulamada toplam 167 deneme, ikinci uygulamada 179 deneme ve üçüncü uygulamada 202 deneme vardır.

Eğitim fonksiyonu olarak incelendiğinde;

- Birinci uygulamada minimum karesel ortalama hataya sahip eğitim fonksiyonu "*traincgf*" fonksiyonudur. Maximum karesel ortalama hataya sahip eğitim fonksiyonu ise "*traingd*" fonksiyonudur.
- İkinci uygulamada, minimum karesel ortalama hataya sahip eğitim fonksiyonu "*trainbr*" fonksiyonudur. Maximum karesel ortalama hataya sahip eğitim fonksiyonu ise "*traingd*" fonksiyonudur.
- Üçüncü uygulamada, minimum karesel ortalama hataya sahip eğitim fonksiyonları "*trainbr* ve *trainlm*" fonksiyonlarıdır. Maximum karesel ortalama hataya sahip eğitim fonksiyonu ise "*traingdm*" fonksiyonudur.

Katman sayısı olarak incelendiğinde;

- Birinci uygulamada, katman sayıların karesel ortalama hatalarına bakıldığında en düşük sonucu veren katman sayısı 40 olan denemedir.

- İkinci uygulamada, katman sayıların karesel ortalama hatalarına bakıldığında en düşük sonucu veren katman sayısı 3 ve 6 denemelerdir.
- Üçüncü uygulamada, katman sayıların karesel ortalama hatalarına bakıldığında en düşük sonucu veren katman sayısı 3 denemelerdir.

Üç uygulama birlikte incelendiğinde;

Birinci ve ikinci uygulama verileri eşit olarak alınmıştır. Birinci uygulamada 126 adet nirengi noktalarından, ikinci uygulama 126 adet poligon noktalarından ve üçüncü uygulama ise 874 adet poligon noktalarından oluşmaktadır. İlk iki uygulamada yapılan yapay sinir ağları ile geoit modelinde test verilenin karesel ortalama hataları yaklaşık olarak aynı çıkmıştır. Her iki uygulamada da yapılan 210 adet denemeden birinci uygulamada 47 deneme, ikinci uygulamada ise 163 deneme daha iyi sonuç vermiştir. Üçüncü uygulama da ise ilk iki uygulamaya göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre;

- Yapay sinir ağlarında noktaların hassasiyetine bağlı olmadığı anlaşılmaktadır.
- Eğitim ve test verilerinin artması sonucu daha iyi sonuçların elde edildiği görülmektedir.
- Yapılan üç uygulamada da eğitim fonksiyonu olarak "*trainbr*" fonksiyonunda daha iyi sonuçların elde edildiği görülmektedir.
- Yapılan üç uygulamada da eğitim fonksiyonu olarak "*traingd* ve *traingdm*" fonksiyonları daha büyük sonuçların elde edildiği ve diğer eğitim fonksiyonlarının ise düşük sonuçların elde edildiği görülmektedir.
- Katman sayıları için net bir şey söylenememektedir.

Yapay sinir ağları ile arazi ve jeodezi çalışmalarında daha kısa sürede ve daha az emek harcayarak geoit modelden ortometrik yükseklikler elde edileceği görülmektedir.

KAYNAKLAR

ABBAK, R. 2019. Fiziksel Jeodezi Teori ve Uygulama. Atlas Akademi Yayınevi. Konya, 142 s.

AKÇIN, H. 2001. Jeoid Kavramı ve Belirleme Teknikleri Üzerine Bir İnceleme. Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 41: 37-50.

AKİZ, E. ve YERCİ, M. 2009. Jeoit Kullanarak Elipsoit Yüksekliklerinden Ortometrik Yükseklik Belirleme Yöntemlerinin Doğruluk Araştırması. Harita Dergisi 141: 13-25.

AKYILMAZ, O. ve AYAN, T. 2006. Esnek hesaplama yöntemlerinin jeodezide uygulamaları. itüdergisi/d, 5(1): 261-268.

ALBAYRAK, M., ÖZLÜDEMİR, M., AREF, M. and HALICIOĞLU, K. 2020. Determination of Istanbul geoid using GNSS/levelling and valley cross levelling data. Geodesy and Geodynamics, 11(3): 163-173. doi:10.1016/j.geog.2020.01.003.

ADIYMAN BELEDİYESİ, 2022. Adıyaman Belediyesi Fiziksel Arşivinden Sağlanan Veriler.

ARSLAN, E. ve YILMAZ, M. 2005. Geoit Belirleme yöntemleri. 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart-1 Nisan, Ankara.

ARSLAN, O., KURT, O. ve KONAK, H. 2007. Yapay Sinir Ağlarının Jeodezide Uygulamaları Üzerine Öneriler. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 2-6 Nisan, Ankara.

AŞIK, E. 2013, Haziran. Lokal Jeoit Belirlemede Yapay Sinir Ağları Ve Kriging Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyon, 71 s.

BALLI, M. 2014. Yapay Sinir Ağları İle Talep Tahmini Ve Gıda Sektöründe Uygulanması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 165 s.

BOATENG, B. and PEPRAH, M. 2020. Modelling Local Geometric Geoid using Soft Computing and Classical Techniques: A Case Study of the University of Mines and Technology UMaT Local Geodetic Reference Network. nternational Journal of Earth Sciences Knowledge and Applications, 2(3): 166-177.

CEYLAN, A. ve Akkul, M. 2009. Gps Ve Nivelman Ölçüleri İle Çekül Sapması Bileşenlerinin Hesaplanması Üzerine Bir Çalışma. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 11-15 Mayıs, Ankara.

ÇAKIR, L. 2015. Sayısal Yükseklik Modelinde Klasik Ve Esnek Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması. 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 25-28 Mart, Ankara, 1-6.

ÇORUMLUOĞLU, Ö., ÖZBAY, Y., KALAYCI, İ., ve ŞANLIOĞLU, İ. 2005. GPS Yüksekliklerinden Ortometrik Yüksekliklerin Elde Edilmesinde Yapay Sinir Ağı YSA Tekniğinin Kullanımı. Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası,

Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu 23-25 Kasım, İstanbul, 552-560.

DEMİR, V. ve ÜLKE, K. 2020. Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Yükseklik Modellemesi Samsun-Mert Irmağı Havzası Örneği. Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(1): 54-61.

DEMUTH, H. ve BEALE, M., 2004. Neural Network Toolbox, For Use with MATLAB, User's Guide, Version 4.

FİDANCI, Y. 2019. Yapay Sinir Ağları İle Yerel Jeoit Belirleme. Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Konya, 44 s.

FİDANCI, Y. ve ABBAK, R. 2019. Yerel Jeoit Belirlemede Yapay Sinir Ağlarının Farklı Nokta Yoğunluğundaki Performansı. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 9(3): 486-495, doi:10.17714/gumusfenbil.503340.

GEOPOTENTİAL EGM96 THE NASA GSFC and NIMA JOİNT. 2021. https://cddis.nasa.gov/926/egm96/doc/S11.HTML, (Erişim: 10 Eylül 2022)

GÜLLÜ, M., YILMAZ, İ. and YILMAZ, M. 2011. Application of Back Propagation Artificial Neural Network for Modelling Local GPS/Levelling Geoid Undulations. A comparative study, Bridging the Gap between Cultures, FIG Working Week, 18-22 May, Marrakech, Morocco.

GÜRSES, H. 2011, Mart. Şeritvari Projelerde Ortometrik Yükseklik Hesabı İçin Bir Yaklaşım. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 68 s.

HEİSKANEN, W. ve Moritz, H. 1984. Fiziksel Jeodezi. Çeviren: GÜRKAN, O., Trabzon, KTÜ Matbaası, 491 s.

KAHVECİ, M., TUŞAT, E. ve DOĞANALP, S. 2021. Jeodezik Koordinat Sistemleri. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 222 s.

KESKENLER, M. F. ve KESKENLER, E. F., 2017. Geçmişten Günümüze Yapay Sinir Ağları ve Tarihçesi. Takvim-i Vekayi, 5(2): 8-18.

KURU, B. 2018. Lokal Jeoid Belirlemede Kullanılan Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Afyon Koçatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar, 54 s.

KUTOGLU, H. S., 2006. Artificial Neural Network versus Surface Polynomials for Determination of Local Geoid. 1st International Gravity Symposium, İstanbul, Turkey, 1-6.

MATHWORKS. 2022. https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ug/choose-a-multilayer-neural-network-training-function.html, (Erişim: 9 Ekim 2022)

ÖZTEMEL, E. 2003. Yapay Sinir Ağları. Papatya Yayıncılık, İstanbul.

ÖZTÜRK, K., ve ŞAHİN, M., 2018. Yapay Sinir Ağları ve Yapay Zeka'ya Genel Bir Bakış. Takvim-i Vekayi, 6(2): 25-36.

SAİNİ, L. and SONİ, M., 2002. Methods, Artificial Neural Network-Based Peak Load Forecasting Using Conjugate Gradient. IEEE Transactıons On Power Systems, 17(3): 907-912.

SURVEY NATİONAL GEODETİC. 2022. https://geodesy.noaa.gov/GEOID/geoid_def.html, (Erişim: 9 Ekim 2022).

T.C. Resmi Gazete, 2018. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği.

TURGUT, B. 2016. Gravite Değerlerinin Geri Yayılımlı Yapay Sinir Ağları ile Hesaplanması. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(3):660-664.

ÜSTÜN, A. 2006. Fiziksel Jeodezi, Lisans Ders Notları. Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği. Konya, 111 s.

VERONEZ, M., THUM, A. B. and SOUZA, G., 2006. A new method for obtaining geoidal undulations through Artificial. 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, 5(7): 306-316. Lisbon, Portugal.

XİNG, L. C., ZHANG, Y., NA, J., Li, X., LİU, Y. and Wang, F., 2018. Levenberg–Marquardt Backpropagation Training of Multilayer Neural Networks for State Estimation of a Safety-Critical Cyber-Physical System. Ieee Transactıons On Industrıal Informatıcs, 14(8): 3436-3446.

YİĞİT, C. 2003. Elipsoital Yüksekliklerin Ortometrik Yükseklige Dönüsümünde Kullanılan Enterpolasyon Yöntemlerinin Karsılastırılması. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya., 131 s.

YILMAZ, M. 2005, Kasım. İstanbul Metropolitan Alanında Geoit Araştırması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İsanbul, 106 s.

YILMAZ, M. ve ARSLAN, E., 2006. İstanbul Metropolitan Alanında Geoit Araştırması. itüdergisi/d, 5(3): 107-114.