



**KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ  
LİSANS TÖ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK VE BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**DAYANMA DUVARLARINDA MAKİNE ÖĞRENMESİ İLE  
GÜVENLİK SAYISI TAHMİNİ**

**Şüheda SEYHAN**

**Yüksek Lisans Tezi**

**KONYA  
Mart 2021**

DAYANMA DUVARLARINDA MAKİNE ÖĞRENMESİ İLE  
GÜVENLİK SAYISI TAHMİNİ

Şüheda SEYHAN

KTO Karatay Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı  
Tezli Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr.Öğr. Üyesi Semih YUMUŞAK  
İkinci Danışman: Dr.Öğr. Üyesi Esra URAY

Konya  
Mart 2021

## KABUL VE ONAY

Şüheda SEYHAN tarafından hazırlanan “Dayanma Duvarlarında Makine Öğrenmesi ile Güvenlik Sayısı Tahmini” başlıklı bu çalışma, 17 Mart 2021 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Başkanı:** **Doç. Dr. Hüseyin HAKLI** \_\_\_\_\_  
Necmettin Erbakan Üniversitesi

**Jüri Üyesi:** **Dr. Öğr. Üyesi H. Oktay ALTUN** \_\_\_\_\_  
KTO Karatay Üniversitesi

**Tez Danışmanı:** **Dr. Öğr. Üyesi Semih YUMUŞAK** \_\_\_\_\_  
KTO Karatay Üniversitesi

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Hüseyin Bekir YILDIZ**  
Enstitü Müdürü

## BİLDİRİM

Enstitü tarafından onaylanan Yüksek Lisans tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını basılı veya dijital biçimde arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullar dahilinde erişime açma iznini KTO Karatay Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle, Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak ve gelecekteki çalışmalar (makale, kitap, lisans, patent vb.) için tezimin tamamının veya bir bölümünün kullanım hakları yalnızca bana ait olacaktır.

Tezimin bütünüyle kendi çalışmam olduğumu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izinle kullanılması zorunlu olan kaynakları, yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde izinlerin suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında, tezim, aşağıda belirtilen koşullar haricince, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve KTO Karatay Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.<sup>1</sup>

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir.<sup>2</sup>

Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.<sup>34</sup>

17 Mart 2021

**Şüheda SEYHAN**

<sup>1</sup> MADDE 6(1) Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

<sup>2</sup> MADDE 6(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

<sup>3</sup> MADDE 7(1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

<sup>4</sup> MADDE 7(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

## ETİK BEYAN

KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kurallarına uygun olarak Dr. Öğr. Üyesi Semih YUMUŞAK danışmanlığında tarafımdan üretilen bu tez çalışmasında; sunduğum tüm veri, enformasyon, bilgi ve belgeleri bilimsel etik kuralları çerçevesinde elde ettiğimi, tüm değerlendirme, analiz, bulgu ve sonuçları bilimsel usullere uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım kaynakların tümüne bilimsel normlara uygun biçimde atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime

17 Mart 2021

---

**Şüheda SEYHAN**

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Semih YUMUŞAK Hocam'a ve lisans eğitimimden bu yana her zaman desteğini gördüğüm, yüksek lisans çalışmam süresince de yardımlarını eksik etmeyen ikinci danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Esra URAY Hocam'a teşekkürlerimi sunarım.

Mart, 2021

Şüheda SEYHAN

## ÖZET

Şüheda SEYHAN

Dayanma Duvarlarında Makine Öğrenmesi ile Güvenlik Sayısı Tahmini

Yüksek Lisans

Konya, 2021

Bu tez çalışmasında dayanma yapıları özelinde kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik katsayısı değerlerinin tahmini için makine öğrenmesi yöntemleri incelenmektedir. Ayrıca tahmin değerlerini oluşturan denklem elde edilerek yeni bir matematik model oluşturulmuştur. Matematik model oluşturma işlemi Polinom Regresyon yöntemiyle elde edilen modelin içerisindeki matematik formüllerinin çıkarımı ile gerçekleştirilmektedir. Model doğrulama ve karşılaştırma işlemleri için, gradyan artırılmış regresyon ağacı, karar ağacı, k-en yakın komşu ve rastgele orman algoritmaları ile elde edilen tahminler gerçek değerler ile karşılaştırılmıştır. Tahminlerin hata oranları, ortalama kare hata, kök ortalama kare hata ve ortalama mutlak hata metrikleriyle ölçülmüştür. Ayrıca tahmin edilen değer ve gerçek değer arasında saçılım grafikleri oluşturulduğunda, korelasyon katsayısı değerinin bire oldukça yakın olduğu gözlemlenmiştir. Böylece, elde edilen matematik modelin, dayanma yapılarındaki güvenlik sayılarının değerinin bulunmasında önemli ve pratik bir çözüm olabileceği düşünülmektedir. Dayanma yapıları, bu tez çalışması için örnek bir uygulama alanı olduğundan, matematik modelin çıkarılması işlemi genelleştirilmiş olup diğer fiziksel problemler için de kullanılabilir hale getirilmiştir. Matematik model oluşturma işlemi Python programlama dili kullanılarak geliştirilen bir Python paketi olarak kullanıma sunulmuştur. Bu sayede kullanıcıların, sahip oldukları fiziksel problemlere ait veri kümelerini kullanarak bir matematik model formülü geliştirebilmesi sağlanmaktadır. Geliştirilen model bir hesap tablosu şeklinde (csv biçimi) kullanıcıya çıktı olarak sağlanmaktadır.

### **Anahtar Kelimeler**

Makine öğrenmesi, matematik model, polinom regresyon, dayanma yapıları

## **ABSTRACT**

Şüheda SEYHAN

Prediction of Safety Factor with Machine Learning on Retaining Walls

Master's Thesis

Konya, 2021

In this thesis, machine learning methods are examined for the estimation of sliding, overturning and slope stability safety factor values specific to retaining structures. In addition, a new mathematical model was created by obtaining the equation that constitutes the predicted values. Mathematical model creation process is carried out by extracting the mathematical formulas within the model obtained by Polynomial Regression method. For the model verification and comparison processes, the predictions obtained by gradient boosting regression tree, decision tree, k-nearest Neighbor and random forest algorithms are compared with the real values. The error rates of the estimates were measured with the mean square error, root mean square error and mean absolute error metrics. In addition, when the scatter plots are created between the estimated value and the actual value, it was observed that the correlation coefficient value is very close to one. Thus, it is thought that the obtained mathematical model can be an important and practical solution for determining the value of safety factors in retaining structures. Since retaining structures are an exemplary application area for this thesis, the process of deriving the mathematical model has been generalized and made it can be used for other physical problems. The mathematical model creation process is available as a Python package developed using the Python programming language. In this way, users can develop a mathematical model formula using the data sets of their physical problems. The developed model is provided to the user as an output in the form of a spreadsheet (csv format).

### **Keywords**

Machine learning, mathematical model, polinomial regression, retaining structures



## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY .....	i
BİLDİRİM .....	ii
ETİK BEYAN.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
TABLolar DİZİNİ .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER DİZİNİ.....	xii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	3
3. METODOLOJİ .....	7
3.1. Dayanma Yapıları.....	7
3.2. Dayanma Yapılarının Sınıflandırılması.....	8
3.3. Konsol Dayanma Duvarlarında Güvenlik Katsayılarının Hesaplanması .....	9
3.4. Makine Öğrenmesi Algoritmaları .....	11
3.4.1. Polinom Regresyon.....	12
3.4.2. Gradyan Artırılmış Regresyon Ağacı Algoritması.....	12
3.4.3. Karar Ağacı Algoritması.....	12
3.4.4. K-En Yakın Komşu Algoritması .....	13
3.4.5. Rastgele Orman Algoritması .....	14
3.5. Tek-Çıkışlı Çapraz Doğrulama .....	14
3.6. Hata Hesaplama Yöntemleri .....	15
4. ANALİZ SONUÇLARI .....	17
4.1. Veri Kümesinin Oluşturulması.....	17
4.2. Algoritmaların Değerlendirilmesi .....	17
4.3. Matematik Model .....	34
5. YAZILIMIN PAKETLENMESİ .....	36
6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	38
KAYNAKLAR .....	39

ÖZGEÇMİŞ .....	41
----------------	----

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Tasarım parametreleri ve seviyeleri.....	17
Tablo 2. Kayma değeri için tahmin hata oranları.....	27
Tablo 3. Devrilme değeri için tahmin hata oranları .....	28
Tablo 4. Toptan göçme değeri için tahmin hata oranları .....	28
Tablo 5. Matematik model .....	35

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Dayanma yapılarının uygulama alanları .....	7
Şekil 2. Dayanma yapılarının sınıflandırılması.....	8
Şekil 3. Kayma tahkiki.....	9
Şekil 4. Devrilme tahkiki hesabında duvara etkiyen kuvvetler.....	10
Şekil 5. Bishop yönteminde şev stabilite tahkiki .....	11
Şekil 6. Karar ağacı yapısı .....	13
Şekil 7. Tek-çıkışlı çapraz doğrulama görseli.....	15
Şekil 8. Polinom regresyon kayma güvenlik sayısı için saçılım grafiği .....	18
Şekil 9. Polinom regresyon devrilme güvenlik sayısı için saçılım grafiği.....	18
Şekil 10. Polinom regresyon toptan göçme güvenlik sayısı için saçılım grafiği .....	19
Şekil 11. Gradyan artırılmış regresyon ağacı kayma güvenlik sayısı için saçılım grafiği .....	20
Şekil 12. Gradyan artırılmış regresyon ağacı devrilme güvenlik sayısı için saçılım grafiği .....	20
Şekil 13. Gradyan artırılmış regresyon ağacı toptan göçme güvenlik sayısı için saçılım grafiği .....	21
Şekil 14. Karar ağacı kayma güvenlik sayısı için saçılım grafiği .....	22
Şekil 15. Karar ağacı devrilme güvenlik sayısı için saçılım grafiği .....	22
Şekil 16. Karar ağacı toptan göçme güvenlik sayısı için saçılım grafiği.....	23
Şekil 17. KNN kayma güvenlik sayısı için saçılım grafiği.....	24
Şekil 18. KNN devrilme güvenlik sayısı için saçılım grafiği .....	24
Şekil 19. KNN toptan göçme güvenlik sayısı için saçılım grafiği.....	25
Şekil 20. Rastgele orman kayma güvenlik sayısı için saçılım grafiği.....	26
Şekil 21. Rastgele orman devrilme güvenlik sayısı için saçılım grafiği .....	26
Şekil 22. Rastgele orman toptan göçme güvenlik sayısı için saçılım grafiği.....	27
Şekil 23. Polinom regresyon kayma güvenlik sayısı hata grafiği .....	28
Şekil 24. Polinom regresyon devrilme güvenlik sayısı hata grafiği .....	29
Şekil 25. Polinom regresyon toptan göçme güvenlik sayısı hata grafiği .....	29
Şekil 26. Gradyan artırılmış regresyon ağacı kayma güvenlik sayısı hata grafiği.....	30
Şekil 27. Gradyan artırılmış regresyon ağacı devrilme güvenlik sayısı hata grafiği .....	30
Şekil 28. Gradyan artırılmış regresyon ağacı toptan göçme güvenlik sayısı hata grafiği .....	31
Şekil 29. Karar ağacı kayma güvenlik sayısı hata grafiği.....	31

Şekil 30. Karar ağacı devrilme güvenlik sayısı hata grafiği .....	32
Şekil 31. Karar ağacı toptan göçme güvenlik sayısı hata grafiği .....	32
Şekil 32. KNN kayma güvenlik sayısı hata grafiği .....	33
Şekil 33. KNN devrilme güvenlik sayısı hata grafiği .....	33
Şekil 34. KNN toptan göçme güvenlik sayısı hata grafiği .....	34
Şekil 35. Dosya hiyerarşisi .....	36
Şekil 36. Setup.py dosyasının detayı .....	37

## SİMGELER DİZİNİ

<b>Simge</b>	<b>Açıklama</b>
$P_p$	Pasif zemin basınç kuvveti
$P_a$	Aktif zemin basınç kuvveti
$\Sigma W$	Toplam düşey ağırlık
$F_s(s)$	Kayma güvenlik sayısı
$F_s(d)$	Devrilme güvenlik sayısı
$F_s(tg)$	Toptan göçme güvenlik sayısı
$\Sigma F_r$	Kaymaya karşı toplam kuvvet
$\Sigma F_s$	Duvarı kaydıran toplam kuvvet
$\Sigma M_T(r)$	Devrilmeye engel olan toplam moment
$\Sigma F_o$	Devrilmeye neden olan toplam moment
$\emptyset$	İçsel sürtünme açısı
$c$	Kohezyon
$\beta$	Dilim taban uzunluğu
$\alpha$	Dilim taban eğimi
$N$	Normal kuvvet
$X_1$	Temel taban genişliği
$X_2$	Ön çıkma mesafesi
$X_3$	Temel kalınlığı
$X_4$	Duvar ön yüz eğimi
$y$	Gerçek değer
$x$	Tahmin edilen değer

## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Kısaltma</b>	<b>Açıklama</b>
BA	Bayes Ağları
GA	Genetik Algoritma
GARA	Gradyan Artırılmış Regresyon Ağacı
GBR	Gradient Boosting Regression / Gradyan Artırma Regresyonu
KNN	K-En Yakın Komşu
KOKH	Kök Ortalama Kate Hata
MLP	Multilayer Perceptron / Çok Katmanlı Algılayıcı
OKH	Ortalama mutlak hata
OMH	Ortalama Mutlak Hata
OMYH	Ortalama mutlak Yüzde Hata
PSO	Parçacık Sürü Optimizasyonu
RO	Rastgele Orman
SVR	Support Vector Regression / Destek Vektör Regresyonu
XGBoost	Extreme Gradient Boosting / Ekstrem Gradyan Artırma
YSA	Yapay Sinir Ağları

## 1. GİRİŞ

Makine öğrenmesi yöntemleri günümüzde birçok disiplinde yaygın olarak uygulama alanı bulmaktadır. Bu tez çalışmasında makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak bir inşaat mühendisliği stabilite problemi olan dayanma duvarının güvenlik katsayılarının tahmin araştırılmıştır. Algoritmaların güvenlik sayısı tahmininde, Uray (2020) tarafından oluşturulan veri kümesi kullanılmıştır.

Yapılan uygulama ve veri kümesi örnek niteliği taşımaktadır. Bu çalışmanın, doğasında fiziksel kurallar bulunan her türlü problemin tahmin edilmesinde ve matematiksel modelinin elde edilmesinde önemli bir kaynak olabileceği düşünülmektedir. Günümüzde gelişen teknoloji ve veriye kolay bir şekilde ulaşılması bu kaynaktan faydalanmak isteyen kişiler için yazılım kullanımı oldukça kolay ve erişilebilir hale getirilmesi amaçlanmıştır.

Makine öğrenmesi yöntemleri uygulanan verilerle tahmin değerinin elde edilmesi işlemi, geleneksel yöntemlere göre oldukça hızlıdır. Verilerle makine yöntemleri kullanılarak tahmin değerlerinin elde edilmesi birçok farklı disiplinde kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında fiziksel bir problem olarak dikkate alınan olan dayanma duvarlarının geleneksel tasarımında deneme yanılma yöntemi kullanılması sebebiyle, güvenlik sayısı hesabı oldukça zaman almaktadır. Daha kısa zamanda güvenli bir şekilde dayanma duvarının güvenlik katsayıların elde edilmesinde makine öğrenmesi tabanlı algoritmaların kullanılması etkili bir yöntemdir. Makine öğrenmesi tabanlı geliştirilen yazılım sayesinde hesaplama ve deneme işlemine ihtiyaç duyulmadan, tasarlanması düşünülen duvar boyutları için ilgili güvenlik sayısının denkleminde ulaşılmış ve ortalama kare hata, kök ortalama kare hata ve ortalama mutlak hata metrikleri ile sonuçlar değerlendirilerek başarılı bir matematik modelin elde edilebildiği sonucuna ulaşılmıştır. Benzer şekilde sayısal veri içeren fiziksel problemlerde de oluşturulan yazılım, matematiksel model elde etmede yardımcı olacaktır.

Bu tez çalışması altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tezin konusu, kapsamı, önemi ve kullanılan yöntemlere yer verilmiştir. İkinci bölümde, makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmaların literatür özetleri verilmiştir.



Üçüncü bölümde, tasarım parametrelerinin veri kümesi olarak kullanıldığı dayanma yapıları ile makine öğrenmesi kullanılarak tahmin edilen güvenlik sayılarının hesaplanmasında kullanılan metodoloji açıklanmıştır. Bu bölümde matematiksel modelin oluşturulmasını sağlayan polinom regresyon yöntemi, kıyaslama için kullanılan gradyan artırılmış regresyon ağacı, karar ağacı, k-en yakın komşu ve rastgele orman algoritmaları açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde, veri kümesinin oluşturulması, algoritmaların değerlendirilmesi ve hataların hesaplanmasında kullanılan yöntemlere ve analiz sonucunda elde edilen matematik modele yer verilmiştir.

Beşinci bölümde, tez çalışması esnasında kullanılan kodlar paketlenip, isteyen kullanıcılar tarafından kendi fiziksel problemlerine uygulanabilir bir matematiksel model çıktısı veren Python paketi oluşturulması işlemler açıklanmıştır.

Altıncı bölümde, yapılan çalışmalara ilişkin sonuçların değerlendirilmesi, yorumlanması ve ileride yapılacak çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Makine öğrenmesi algoritmaları günümüzde finans, sağlık hizmetleri, insan kaynakları, haritalama, sürücüsüz araçlar ve diğer mühendislik disiplinleri gibi pek çok alanda ortaya çıkan problemlere çözüm getirmektedir. Bu bölümde makine öğrenmesinin inşaat mühendisliğinde ve geoteknik alanında yapılmış çalışma örneklerine yer verilmiştir.

Puri vd. tarafından yapılan çalışmada yerinde yoğunluk, sıkışma indisi, kohezyon ve içsel sürtünme açısı gibi parametreler, laboratuvar ve sahada belirlenen zemin parametreleriyle ilişkilendirilmesi amacıyla, Doğrusal Regresyon Analizi, Destek Vektör Makineleri, Rastgele Orman (RO), Yapay Sinir Ağları (YSA) ve M5 Karar Ağacı gibi makine öğrenmesi tekniklerinden yararlanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla, laboratuvar da belirlenen değerlerin çapraz doğrulamasında kullanabileceği veya koşulların uygunsuz ve gerekli uzmanın mevcut olmadığı durumlarda tasarım amacıyla da kullanılmasının doğru olabileceği sonucuna varılmıştır.

Bir diğer çalışmada, Zhang vd. (2020) basınç deformasyonunu etkileyen en önemli zemin parametrelerinden biri olan ve elde edilmesi zor ve maliyetli olan zemin elastisite modülünü yapay zekâ yöntemleri yardımıyla elde etmeye çalışmıştır. Giriş değişkenleri ve hedef nitelik arasındaki doğrusal olmayan modeli tanımlamak için Gradyan Artırılmış Regresyon Ağacı (GARA) algoritmasına ek olarak hiper parametreleri ayarlamak için Genetik Algoritma (GA) kullanılmıştır. Oluşturulan model test edilirken 10 kat çapraz doğrulama uygulanmıştır. Test kümesine uygulanan optimum GARA modelinin ortalama kare hatası ve korelasyon katsayısı sırasıyla 0,13 ve 0,91 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar kullanılan makine öğrenmesi modelinin yumuşak kilin elastisite modülünün tahmini için oldukça başarılı olduğunu göstermektedir.

Shahin, vd. (2001) tarafından yapılan çalışmada ise kazık kapasitesi, zemin oturması, zemin özellikleri ve davranışları, sıvılaşma, saha karakterizasyonu, toptan göçme katsayısı, zemin dayanma yapıları, zemin sınıflandırılması gibi geoteknik alanını ilgilendiren alanlarda YSA yöntemi uygulamıştır. En çok başarı elde edilen uygulamalar kazık kapasitesi tahmini, sıvılaşma ve zemin özellik ve davranışlarının tahmininde elde edilmiştir.

Yurtcu ve Özocak (2016) tarafından yapılan çalışmada sıkışma indisinin indeks parametrelerinden belirlenmesinde Bulanık Mantık ve YSA yöntemleri kullanılmıştır.

Araştırmalar sonucu elde ettikleri 285 adet veriyi, 200 adet eğitim ve 85 adet test olarak ayırmışlardır. Bağımlı değişkene bağımsız değişkenin etkisini ölçmek için çoklu regresyon analizi yöntemi uygulanmıştır. Sonuç olarak likit limit, plastisite indisi, boşluk oranı, doğal efektif gerilme parametrelerinin, bağımsız değişkene etkisi büyük olan parametreler olduğu görölmüştür. Yöntem olarak ise YSA modeli gerçekte ölçülen değerler arasında en iyi tahmin başarısına sahip olduğu sonucu verilmiştir.

Chou ve Thedja (2016) çalışmasında geoteknik mühendisliği alanındaki problemlerin tahmin doğruluğunu arttırmak adına ateş böceği optimizasyon algoritmasını, makine öğrenmesi yöntemlerinden, en küçük kareler destek-vektör makineleri metoduna entegre eden hibrit bir sürü zekâsı yöntemi oluşturmuştur. Kaotik haritalar, atalet ağırlığı gibi meta sezgisel ajanlarla oluşturulan bir ateş böceği algoritması, global optimumu bulmak için kullanılmıştır. Algoritma performansını kıyaslamak için 9 kat çapraz doğrulama uygulandı ve %100 doğruluk oranına ulaşılmıştır.

Uray vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada minimum konsol dayanma duvar ağırlığını amaç fonksiyonu olarak dikkate alınmış ve optimum tasarım araştırılmıştır. Tasarım algoritması ile optimal tasarım değişkenleri (temel genişliği, ön çıkma mesafesi, temel kalınlığı, duvar önyüz açısı) duvar ağırlığını en az olacak şekilde elde edilmiştir. Farklı zemin parametre değerleri için karşılanan stabilite koşulları belirlenmiştir. Optimizasyon algoritması olarak harmoni arama algoritması kullanılmıştır. Optimum duvar ağırlığında içsel sürtünme açısının değişiminin, birim hacim ağırlığın değişiminden daha etkili olduğu ve tasarımda etkili parametrenin bilinmesinin güvenli ekonomik tasarım sağlanması kolaylık oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

Uray vd. (2021) yaptıkları çalışmada konsol istinat duvarları ve bu tür duvarların ön tasarımı için bir kılavuz oluşturmuşlardır. Bu duvarların kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarını hesaplamak için istatistiksel yöntemlere dayalı matematiksel modeller geliştirmiştir. Meta sezgisel bir optimizasyon yöntemi olan harmoni arama algoritmasını tüm farklı durumlar için ön tasarım kılavuzunun optimum tasarımlarını elde etmek için kullanmışlardır. Bu sayede ekonomik duvar tasarımı için optimal bir ön tasarım ile geleneksel yöntemle göre daha kısa sürede tasarım yapma imkanı veren yöntem elde edilmiştir.

Kayhan ve Demir (2016) yaptıkları çalışmada konsol istinat duvarını optimum olarak tasarlamayı amaçlamışlardır. Optimizasyon algoritması olarak Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) tabanlı algoritma kullanmışlardır. Tasarımda düşey yükler ile beraber statik yatay yükler de dikkate alınıp deprem etkisiyle oluşabilecek dinamik yükler ihmal edilmiştir. Problem kısıtları olarak kayma, devrilme ve zeminin taşıma gücü güvenlik katsayıları yönetmeliklerde belirtilen şekli ile dikkate alınmıştır. Sonuç olarak PSO tabanlı algoritma ülkemizdeki betonarme konsol istinat duvarlarının optimum tasarımında önemli bir araç olabileceği görülmüştür.

Nguyen vd. (2020) yaptıkları çalışmada zeminin içsel sürtünme açısını tahmin edebilmek için Bayes düzenleme algoritmasına sahip Yapay Sinir Ağı modeli önermişlerdir. Modeli oluşturmak için Vietnam'daki Danang-Quang Ngai otoyol projesinden toplam 145 deneysel sonuç toplanmışlardır. Ağ eğitimine girdi verisi olarak kil içeriği, nem oranı, likit limit, plastik limit, özgül ağırlık ve boşluk oranı verilmiştir. Model ile tahmin edilen değer ve gerçek deney değerleri arasındaki korelasyonu değerlendirmek için Pearson korelasyon katsayısı (R), ortalama mutlak hata (OMH), kök ortalama kare hata (KOKH) olmak üzere üç kriter kullanılmıştır. Test veri kümesi üzerinde sonuçlar  $R=0,8885$   $KOKH=0,0442$  (rad)  $OMH=0,0328$  (rad) şeklinde elde edilmiş olup zeminin içsel sürtünme açısını tahmin etmede iyi bir araç olduğu görülmektedir.

H. Nguyen vd. (2021) yaptıkları çalışmada yüksek performanslı betonların basınç ve çekme dayanımını tahmin etmek için makine öğrenmesi uygulamalarından Destek Vektör Regresyonu (SVR), Multilayer Perceptron (MLP), Gradyan Artırma Regresyonu (GBR) ve Ekstrem Gradyan Artırma (XGBoost) algoritması olmak üzere 4 farklı yöntem kullanmışlardır. İki farklı veri kümesi oluşturulmuştur. Bu kümelerden basınç dayanımını içeren 1133 örneklem ve çekme dayanımını içeren ise 714 örneklem vardır. Veri kümesindeki eksik veriler ortalama kullanılarak tamamlanmıştır. Tahmin sonuçlarını karşılaştırmak için KOKH, OMH ve ortalama mutlak yüzde hata (OMYH) kullanılmıştır. Modeller karşılaştırıldığında GBR ve XGBoost yöntemlerinin, SVR ve MLP modellerine göre daha iyi performans gösterdiği anlaşılmıştır.

Lin vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada büyük kazalar hakkında inceleme sunmakta ve son on yıldaki kazı sistemi için risk değerlendirme yöntemlerinin bibliyometrik analizini yapmaktadır. Kazı sırasında oluşabilecek risklerin özetlenmesi, erken uyarı

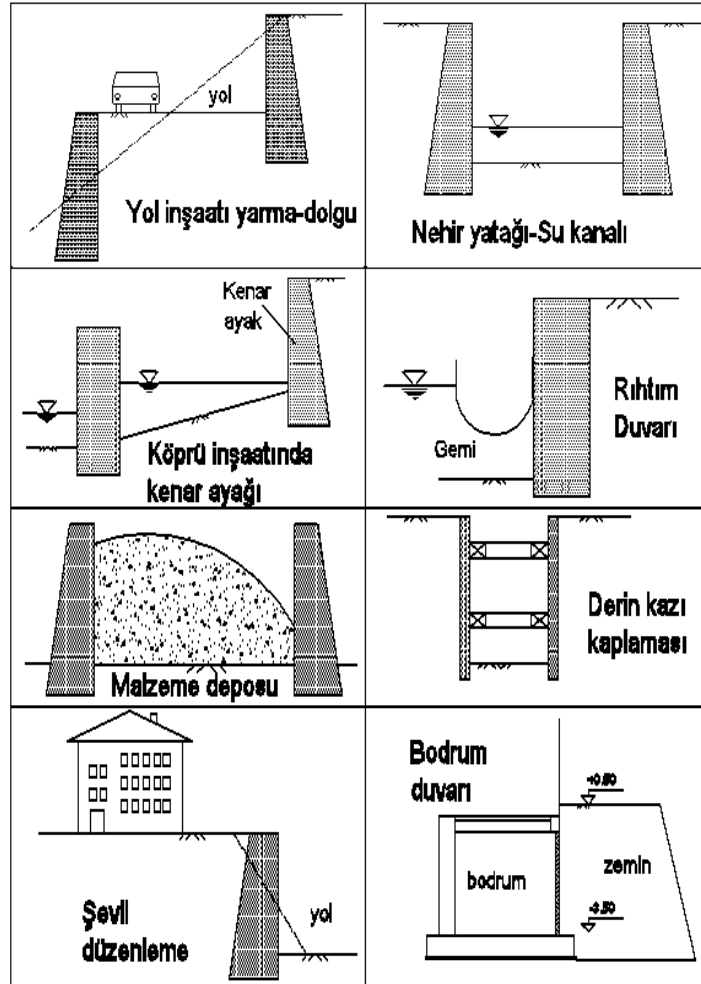
sisteminin kurulması için önemli bir indeks sağlamaktadır. Kazı sırasında risk değerlendirmesinde bulanık küme teorisi ve makine öğrenme yöntemlerinin uygulamaları sunulmaktadır. Makine öğrenmesi yöntemi olarak Bayes Ağları (BA), RO, YSA ve SVM kullanılmıştır. Guangzhou Metro İstasyonundaki kazı vaka çalışması ve risk değerlendirmesi için bir makine öğrenimi yönteminin uygulanmasını göstermiştir. Veri toplarken RS, GIS, GPS ve sensörlerden faydalanarak kazıda risk değerlendirme seviyelerinin doğruluğu artırılmaya çalışılmıştır. Çalışılan bu problemde temel zorluk, parametreler ve risk seviyeleri arasındaki çok değişkenli ve doğrusal olmayan ilişkidir. Sonuçlar derin kazının tahmini risk seviyesinin gerçek risk seviyesiyle tutarlı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu da sahada çalışanlarda kazaların yaşanmasını önlemek için ve uygun önlemleri almaları için önemli kriterler sağlamaktadır.

Alias vd. (2015) çalışmalarında konsol betonarme istinat duvarlarının stabilitesini tahmin etmek için YSA yöntemi kullanmışlardır. YSA için 1 çıktı ve 3 çıktı olmak üzere iki farklı model oluşturulmuştur. Duvar yüksekliği, eğim açısı ve sürşarj yükü gibi güvenlik faktörlerinin tahmini için kullanılan üç giriş parametresine sahip 235 farklı konsol betonarme istinat duvarı tasarımı vardır. Çıkış parametreleri kayma, devrilme ve taşıma kapasitesi gibi güvenlik faktörlerinden oluşur. Her iki YSA modelinin tahmin doğruluğunun değerlendirilmesinde belirleme katsayısı ( $R^2$ ) ve kök ortalama kare hatası (KOKH) kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları,  $R^2$  değeri açısından karşılaştırıldığında 1 çıktı içeren YSA modelinin, dış kararlılığı tahmin etmede 3 çıktı içeren YSA modelinden daha iyi performans gösterdiğini, çünkü  $R^2$  değerinin tüm çıktı parametreleri için bire yakın olduğunu göstermiştir. Ayrıca, 3 çıktı içeren YSA modeli, KOKH değeri açısından karşılaştırıldığında, çıktı parametreleri için KOKH değeri sıfıra yakın olduğundan 1 çıktı içeren YSA modelinden daha iyi performans gösterdiği görülmektedir.

### 3. METODOLOJİ

#### 3.1. Dayanma Yapıları

İnşaat mühendisliğinin bir alt dalı olan geoteknik mühendisliğinde iki farklı zemin seviyesi arasında oluşan yatay zemin basıncına karşı zeminin stabilitesinin sağlanması amacıyla zeminlerin şevli olarak bağlanması en çok kullanılan yöntemlerden biridir. İki farklı kotta bulunan zemin seviyelerinin birbirlerine şevli olarak bağlamadığı durumlarda (Uray, 2014). Şekil 1’de dayanma yapılarının uygulama alanlarına yer verilmiştir.



Şekil 1. Dayanma yapılarının uygulama alanları

Kaynak: Uray (2014)

### 3.2. Dayanma Yapılarının Sınıflandırılması

İki farklı zemin seviyesinin güvenli bir şekilde düşey eleman bağlantısı ile sağlayan dayanma yapılarının türü, inşa alanı zemin özellikleri zeminler arası kot farkı, uygulama alanı fiziksel özellikleri, yeraltı suyu seviyesi ve maliyeti gibi değişkenlere bağlı olarak tespit edilir. Şekil 2’de dayanma yapılarının sınıflandırılması verilmiştir.

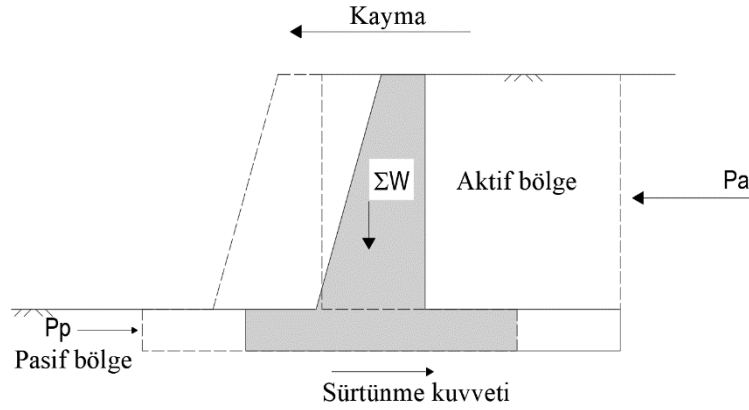


Şekil 2. Dayanma yapılarının sınıflandırılması

Kaynak: Uray (2014)

### 3.3. Konsol Dayanma Duvarlarında Güvenlik Katsayılarının Hesaplanması

Konsol dayanma duvarının yapılacağı zeminin, inşa edilmeden önce arazi ve laboratuvar deneylerine tabii tutularak zemin özellikleri belirlenerek ve ortalama zemin profili elde edilmektedir. Yapılar genel olarak statik ve dinamik olmak üzere iki farklı tür yüke maruz kalırlar ve tasarımlar bu yükleri güvenli olarak taşıyacak şekilde olmalıdır. Konsol dayanma duvarı için de bu yükler etkisinde duvar yanal olarak ötelenmeyecek (kayma tahkiki), burun noktasından dönmeyecek (devrilme tahkiki), üzerine gelen yükleri güvenli bir şekilde temel vasıtasıyla zemine aktaracaktır (taşınma gücü tahkiki) ve taşıdığı eğimli zeminin kayma yüzeyinde göçme (toptan göçme tahkiki) olmayacak şekilde tasarlanmalıdır (Uray, 2020). Kayma tahkiki ile ilgili görsele Şekil 3'te yer verilmiştir.



**Şekil 3. Kayma tahkiki**

Kaynak: Uray (2020)

Duvar yüksekliği boyunca oluşan yatay zemin basıncının etkisiyle duvar, tabanı üzerinde kayma kuvveti etkisi altındadır. Bu etkiyle dayanma duvarı öne doğru hareket etme eğilimindedir. Yanal genişlemeyle duvar arkasında aktif bölge ve yanıl sıkışma etkisiyle duvarın önünde pasif bölge oluşur (Uray, 2014). Dayanma duvarlarında kayma etkisine göre güvenlik tahkiki, duvarın kaymasına karşı koyan kuvvetlerin toplamının, duvarı kaydıran kuvvetlerin toplamına oranı hesaplanarak Denklem 1'de görüldüğü şekilde bulunur. Denklem 1'de kullanılan  $\sum Fr$  kaymaya karşı toplam kuvvetleri ifade etmekte olup, detaylı açık formu Denklem 2 ile verilmiştir.

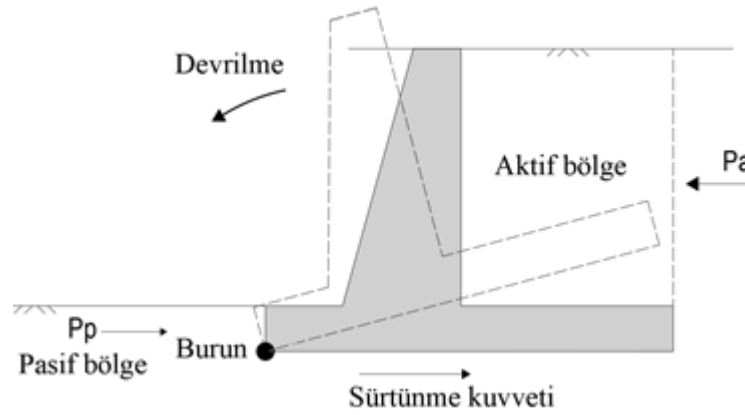


$$F_s(s) = \frac{\sum F_r}{\sum F_s} \quad (1)$$

$$\sum F_r = \sum W \times \tan \delta + P_p \quad (2)$$

İstinat duvarının devrilmeye karşı güvenlik katsayısının kontrolünde burun noktasına göre devrilmeye engel olan momentler toplamının ( $\sum M_T(r)$ ) duvarın devrilmesine neden olacak momentler toplamına ( $\sum F_o$ ) oranı olarak hesaplanır (Uray, 2014). Hesapla bulunan bu değer (Denklemler 3) devrilmeye karşı referans güvenlik sayısı ( $G_s$ ) ile karşılaştırılır. Devrilme hesabında duvara etkiyen kuvvetler Şekil 4'te gösterilmiştir. Granüler zeminlerde devrilmeye karşı referans güvenlik katsayısının en az 2 olması gerekmektedir (Yıldırım, 2002).

$$F_s(d) = \frac{\sum M_T(r)}{\sum F_o} \quad (3)$$

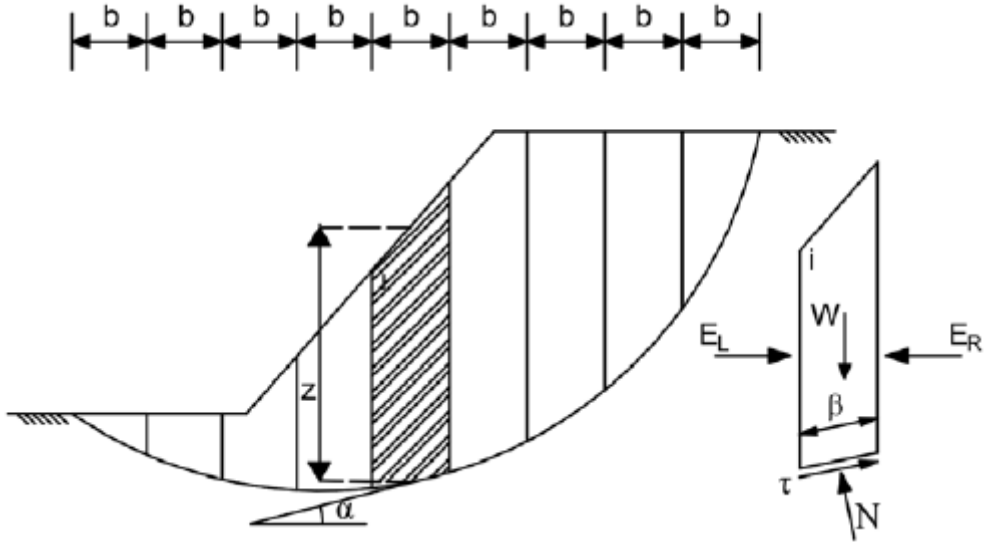


**Şekil 4. Devrilme tahkiki hesabında duvara etkiyen kuvvetler**

Kaynak: Uray (2014)

Veriler için şev güvenlik katsayısı elde edilirken GEO5<sup>5</sup> programında Bishop yöntemi (1955) kullanarak analizler yapılmıştır. Bishop yönteminde (1955) olası kayma yüzeyi belirlenip yaklaşık olarak eşit dilimlere ayrılarak dilimlerin moment dengesi dikkate alınır. Şev stabilitesi analizinde bir dilim üzerine etkileyen kuvvetler Şekil 5'te verilmiştir.

<sup>5</sup> <https://www.finesoftware.eu>, Erişim tarihi: 15 Şubat 2021



**Şekil 5. Bishop yönteminde şev stabilite tahkiki**

Bishop yöntemine göre şevin toptan göçme güvenlik sayısı Denklem 4 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$F_s(tg) = \frac{\sum \left[ (c\beta + W \tan \phi) \left( \cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi}{F_s} \right) \right]}{\sum W \sin \alpha} \quad (4)$$

Denklem 4'te  $c$ , zeminin kohezyonu,  $\beta$ , dilim taban uzunluğu,  $\phi$ , zeminin içsel sürtünme açısı,  $W$ , dilimin ağırlığı,  $\alpha$ , dilim tabanın eğimi,  $N$ , normal kuvvet olarak tanımlanır (Uray, 2020).  $F_s$  değeri denklemin her iki tarafında yer aldığından değeri bulunurken deneme-yanılma yöntemi kullanılır. Denklemin sağ ve solunda yer alan  $F_s$  değerleri arasındaki fark 0,001'e eşit veya küçük oluncaya dek bu işleme devam edilir (Uray, 2020). En son bulunan değer toptan göçme güvenlik katsayısını vermektedir.

### 3.4. Makine Öğrenmesi Algoritmaları

Veri kümesine ait matematik model elde edilirken polinom regresyon yöntemi kullanılmıştır. Bunun yanında diğer makine öğrenmesi algoritmalarının dayanma yapılarında tahmin başarısı kontrol edilmiştir.

### 3.4.1. Polinom Regresyon

Bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişki her zaman doğrusal olmayıp sabit bir değişim oranına da sahip olmayabilir. Böyle durumlarda polinom regresyon yöntemi çözüm olabilmektedir. Denklem 5'te iki değişkenli ikinci dereceden bir polinomal regresyonun genel formülasyonu gösterilmektedir. Polinom regresyon yöntemiyle ilgili detaylı çalışma Varol (2017) tezinde yer almaktadır.

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_{11}x_1^2 + \beta_{22}x_2^2 + \beta_{12}x_1x_2 + \varepsilon \quad (5)$$

Tez çalışmasında kullanılan verinin yapısı gereği beş değişken kullanılıp, polinom derecesi üç seçilmiştir. Dolayısıyla 56 farklı terim ve bunların katsayıları elde edilmiştir. Elde edilen denklem matematik model bölümünde açık bir şekilde verilmektedir.

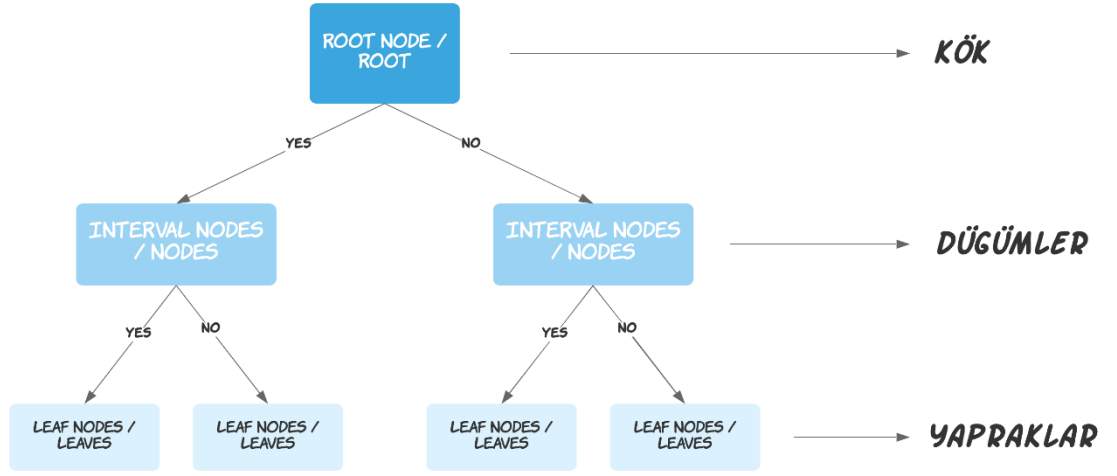
### 3.4.2. Gradyan Artırılmış Regresyon Ağacı Algoritması

Gradyan Artırılmış Regresyon Ağacı (GARA) algoritması, zayıf öğrenenleri güçlü öğrenenlere dönüştürme yöntemidir (Muratlar, 2020). Güçlendirmede, her yeni ağaç, orijinal veri kümesinin değiştirilmiş bir versiyonuna uygundur. Gradyan artırılmış regresyon ağacı her bir gözlemin eşit ağırlıkta olduğu bir karar ağacı eğiterek başlar. İlk ağacı değerlendirdikten sonra sınıflandırması zor olan gözlemlerin ağırlıklarını artırıp, sınıflandırması kolay olanlar için ağırlıkları düşürür. İkinci ağaç bu nedenle bu ağırlıklı veriler üzerinde geliştirilir. Amaç ilk ağacın öngörülerini geliştirmektir. Sonra, bu yeni iki ağaçlı topluluk modelinden sınıflandırma hatasını hesaplar ve yenilenmiş kalıntıları tahmin etmek için üçüncü bir ağaç geliştirilir. Bu işlemi belirli sayıda yineleme için tekrarlanır. Sonraki ağaçlar, önceki ağaçlar tarafından iyi sınıflandırılmamış gözlemleri sınıflandırmamıza yardımcı olur. Bu nedenle, son topluluk modelinin tahminleri, önceki ağaç modelleri tarafından yapılan tahminlerin ağırlıklı toplamıdır. Bu yöntemde birçok model aşamalı, eklemeli ve sıralı bir şekilde eğitilir (Singh, 2018).

### 3.4.3. Karar Ağacı Algoritması

Karar ağacı, ağaç yapısı şeklinde model oluşturan bir algoritmadır. Regresyon veya sınıflandırma problemleri için kullanılabilir. Bu tez çalışmasında değer tahmini için regresyon kullanılmıştır. Algoritma, veri kümesini alt kümelere ayırırken aynı zamanda karar ağacı aşamalı olarak geliştirilir. Bu geliştirmenin sonucunda karar ve yaprak

düğümüleri olan bir ağaç elde edilir. Kök düğümü bir ağaçtaki en üst karar düğümüdür ve en iyi tahmin edicidir. Yaprak düğümü sayısal nitelik ile ilgili kararı temsil eder. Karar ağaçları hem sayısal hem de kategorik değerleri işleyebilirler. Karar ağacı, veri kümesini kök düğümünden aşağıya doğru dallanmasıyla alt gruplara ayırır (Uğurlu, 2020). Şekil 6'da karar ağacı genel yapısı gösterilmektedir. Her düğüm bir özelliği kontrol eder ve dallar ile diğer düğümlere geçiş yapılır. Geçiş yapılacak düğüm kalmadığında yapraklara yani sonuca ulaşılır. Konu ile ilgili detaylı bilgi Uğurlu (2020) çalışmasında bulunmaktadır.



**Şekil 6. Karar ağacı yapısı**

Kaynak: Akca (2020)

#### 3.4.4. K-En Yakın Komşu Algoritması

K-en yakın komşu (KNN) algoritmasında, tahmin edilmesi istenen değere en yakın k tane komşusunun değerlerinin ortalaması alınmaktadır. Yakınlık ölçülürken algoritmada minkowski mesafesi metriği kullanılır. Denklem 6'da minkowski mesafesinin genel formülüne yer verilmiştir. P=2 değeri için denklem Öklid uzaklığı haline gelmektedir. K-en yakın komşu algoritmasından model oluşturulurken Scikit-learn kütüphanesinin `KNeighborsRegressor()` fonksiyonu kullanılmıştır. Modeldeki k komşu sayısı değeri olarak varsayılan değer olan beş kullanılmıştır. K-en yakın komşu algoritması ile ilgili ayrıntılı bilgi Gül (2020) yüksek lisans tezinde bulunmaktadır.

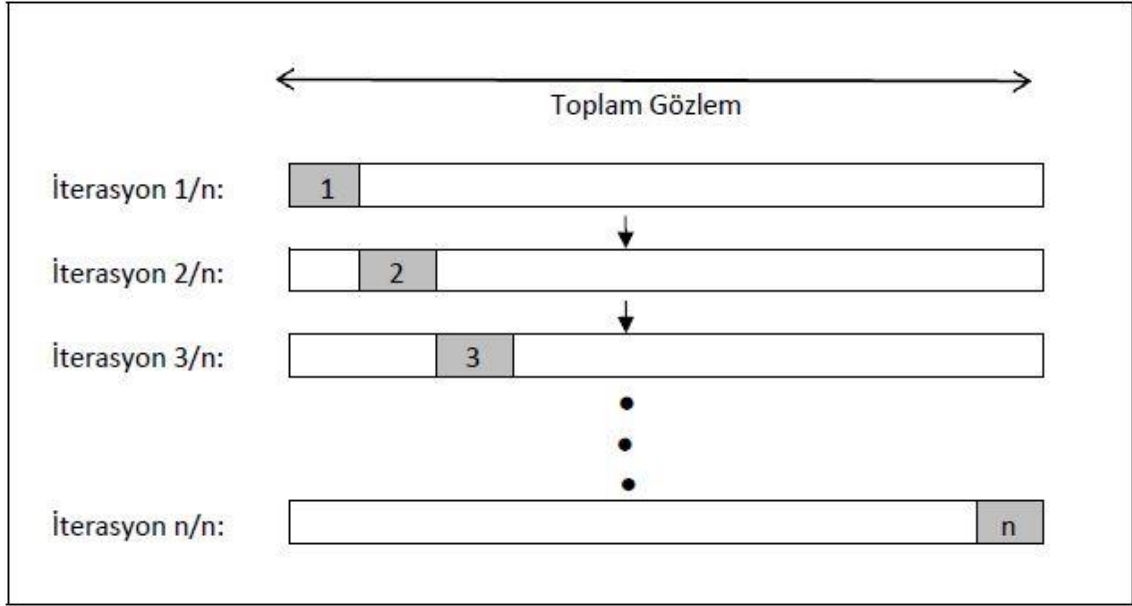
$$D(x, y) = \sqrt[p]{|x - y|^p} \quad (6)$$

#### 3.4.5. Rastgele Orman Algoritması

Rastgele orman (RO) algoritması hem sınıflandırma hem de regresyon için kullanılabilen çoğu zaman çok iyi sonuçlar veren denetimli bir makine öğrenmesi algoritması türüdür. Birden çok rastgele karar ağacının büyük bir koleksiyonundan oluşan bir orman oluşturularak çalışır ve daha doğru tahminler elde etmek için bunları bir araya getirir (Hassanien vd., 2020). Rastgele özellik alt kümesinden en uygun özellikleri seçerek, ağaç oluştururken modele ekstra rastgelelik ekler. Aynı zamanda bir karar ağacı olan rastgele orman algoritması, özniteliklerin zayıflığının bir ölçüsü olan Gini indeksi yöntemi ile dallanma kriterini belirler (Atasever, 2011). Rastgele orman ayrıca, aşırı ezberlemeyi önlemek için hangi özelliklerin düşürülmesini seçebileceğimize bakarak her özelliğin göreceli önemini belirlemenin kolay bir yolunu sağlar. Rastgele orman algoritması ile ilgili detaylı bilgi Mouli Satapathy vd. (2014) yaptıkları çalışmada bulunmaktadır.

#### 3.5. Tek-Çıkışlı Çapraz Doğrulama

Veri, makine öğrenmesi algoritması tarafından oluşturulacak modele gönderilmeden önce eğitim ve test kümesi olmak üzere ikiye ayrılmalıdır. Ayrımı yapmak için birçok farklı yöntem bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında verilerin tümünden yararlanarak doğrulama yapabilmek amacıyla tek-çıkışlı çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde tek bir satırlık veri, test kümesine ayrılırken, geriye kalan kısım doğrulama veri kümesini oluşturmaktadır. N satırlık veri için tek-çıkışlı çapraz doğrulama görseli Şekil 7'de (Erkal, 2020) gösterilmiştir.



**Şekil 7. Tek-çıkışlı çapraz doğrulama görseli**

Kaynak: Erkal (2020)

### 3.6. Hata Hesaplama Yöntemleri

Makine öğrenmesi algoritmalarının uygulanması sonucunda elde edilen tahmin değerlerinin doğruluğunu değerlendirmek için bazı metrikler kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan yöntemlerden ilki Ortalama Kare Hata (OKH) yöntemidir. OKH bir regresyon eğrisinin bir dizi noktaya ne kadar yakın olduğunu belirlemek için kullanılır (Kayakuş ve Üncü, 2020). Hiçbir zaman negatif değer almaz. OKH değerinin sıfıra yakın olması, tahminlerin daha iyi performans gösterdiği anlamına gelmektedir. OKH formülü Denklem 7’de verilmiştir. Burada  $y$  gerçek değer,  $x$  ise algoritma tarafından tahmin edilen değerdir.

$$OKH = \frac{1}{n} \sum (y_i - x_i)^2 \quad (7)$$

Tahmin değerleri ile gerçek değerleri kıyaslamada kullandığımız ikinci bir yöntem ise kök ortalama kare hata (KOKH) yöntemidir. Bu iki değer arasındaki uzaklığı bulmak için kullanılan ikinci derece bir metriktir (Kayakuş ve Üncü, 2020). Bu metrikte de sonucun sıfıra yakınlığı ile başarı doğru orantılıdır. Denklem 8’de KOKH hesaplamak için kullanılan formüle yer verilmiştir.

$$KOKH = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (y_i - x_i)^2} \quad (8)$$

Hata kıyaslamasında kullanılan bir diğer yöntem ise Ortalama Mutlak Hata (OMH) yöntemidir. Bu yöntem gerçek değer ile tahmin edilen değerlerin birbirine yakınlığını gösteren bir ölçüttür ve Denklem 9'da gösterilmiştir (Onan, 2015).

$$OMH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \quad (9)$$

Yaygın olarak kullanılan hata değerlendirme yöntemlerine ek olarak, veri kümesindeki ilgili güvenlik katsayısı (kayma, devrilme ve toptan göçme) için tahmin edilen değer ile gerçek değer farkının, küme içindeki en büyük ( $y_{\max}$ ) ve en küçük ( $y_{\min}$ ) değer arasındaki farka oranı hata oranı olarak ele alınmıştır. Denklem 10'da bu hata hesaplama yönteminin formülüne yer verilmiştir.

$$\text{Hata} = \frac{x - y}{y_{\max} - y_{\min}} \quad (10)$$

Formülde  $x$  tahmin edilen,  $y$  ise gerçek değeri temsil etmektedir.

## 4. ANALİZ SONUÇLARI

### 4.1. Veri Kümesinin Oluşturulması

Düzenli ve düzensiz olarak adlandırılabilen iki farklı veri kümesi birleştirilerek analizlerde kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir. Veri kümesi beş girdi parametresinden ve hedef nitelik olarak kayma, devrilme ve toptan göçme olmak üzere üç güvenlik katsayısından oluşmaktadır. Girdi parametrelerinden olan  $X_1$  temel taban genişliğini,  $X_2$  gövdeden çıkma mesafesini,  $X_3$  temel plağı kalınlığını,  $X_4$  duvar eğimini ve  $\emptyset$  içsel sürtünme açısını temsil etmektedir (Uray, 2020). Beş farklı parametrenin dört seviyesi dikkate alındığında 1024 kombinasyon bulunması sebebiyle düzenli veri 1024 satırdan meydana gelmektedir. Tablo 1’de düzenli veri kümesi için dikkate alınan tasarım parametreleri parametre seviyeli ile birlikte verilmiştir.

**Tablo 1. Tasarım parametreleri ve seviyeleri**

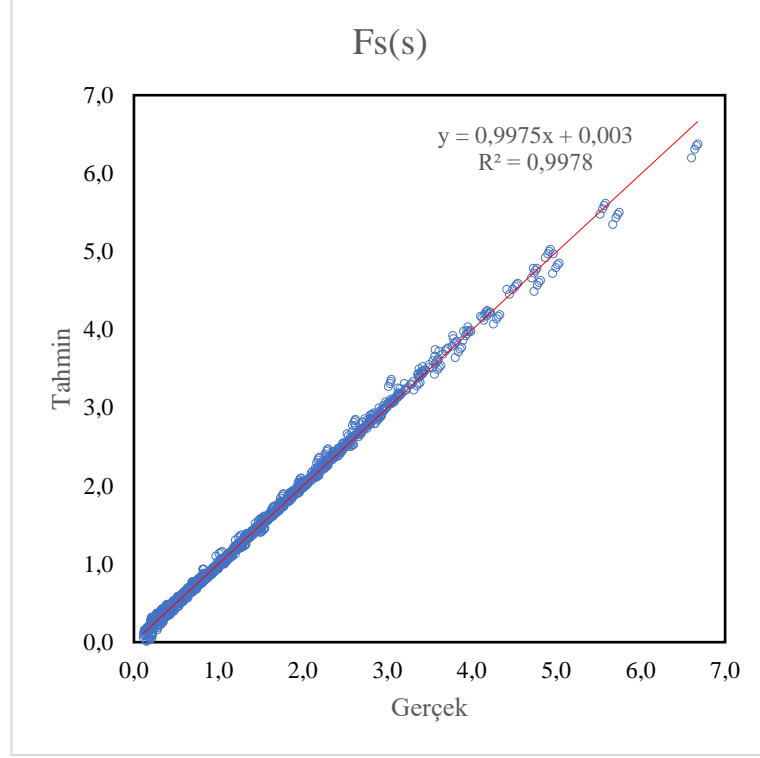
Tasarım Parametresi	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4
X1: temel taban genişliği	0.25H	0.50H	0.75H	1.0H
X2: Ön çıkma mesafesi	0.15X1	0.30X1	0.45X1	0.60X1
X3: Temel kalınlığı	0.06H	0.09H	0.12H	0.15H
X4: Duvar önyüz eğimi (%)	0	1	2	4
$\emptyset$ : İçsel sürtünme açısı (°)	20	27	34	41

1024 tasarım durumu için kayma ve devrilme güvenlik sayıları Denklem 1 ve 3 kullanılarak, toptan göçme güvenlik sayıları ise Bishop yöntemine (1955) göre GEO5 programında yapılan nümerik analizlerden elde edilmiştir. Düzensiz veri, Tablo 1’de verilen tasarım parametrelerinin seviye değerlerinden farklı olacak ve tanımlanan alt ve üst sınırlar arasında kalacak şekilde rastgele 1251 değerden oluşturulmuştur.

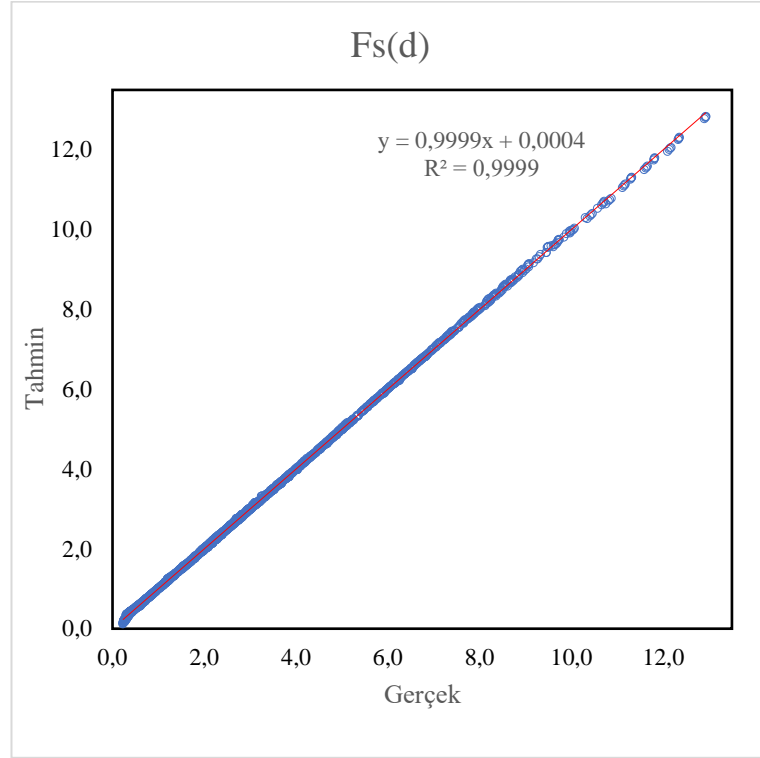
### 4.2. Algoritmaların Değerlendirilmesi

Polinom Regresyonu yöntemiyle elde edilen tahmin değerlerinin, gerçek değerlerle kıyaslanması Şekil 8-10’da saçılım grafikleriyle gösterilmiştir. Bire çok yakın  $R^2$  değerlerinin elde edilmesi modelin başarısının oldukça yüksek olduğunu göstermektedir.

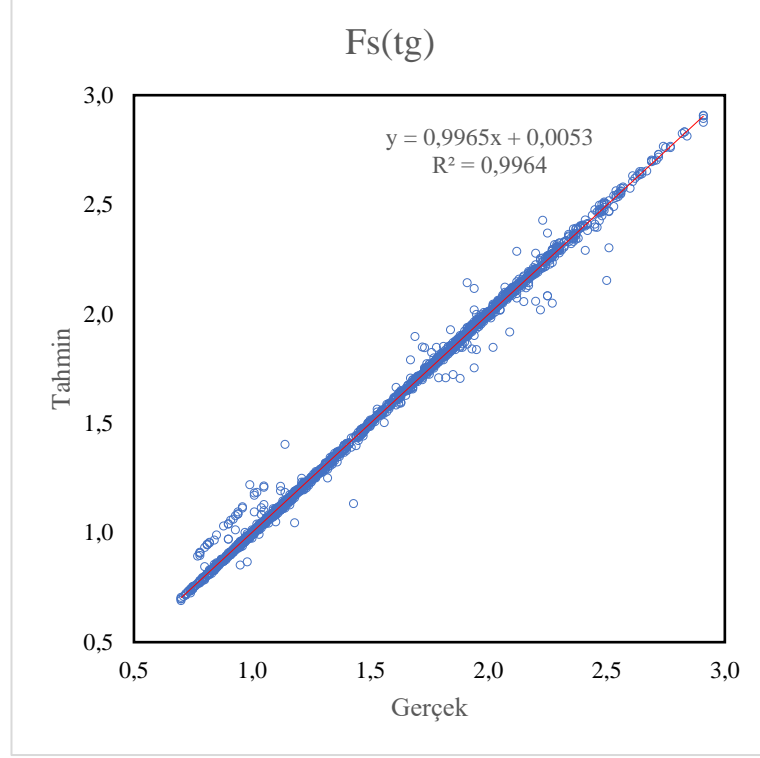




**Şekil 8. Polinom regresyon kayma güvenlik sayısı için saçılım grafiği**

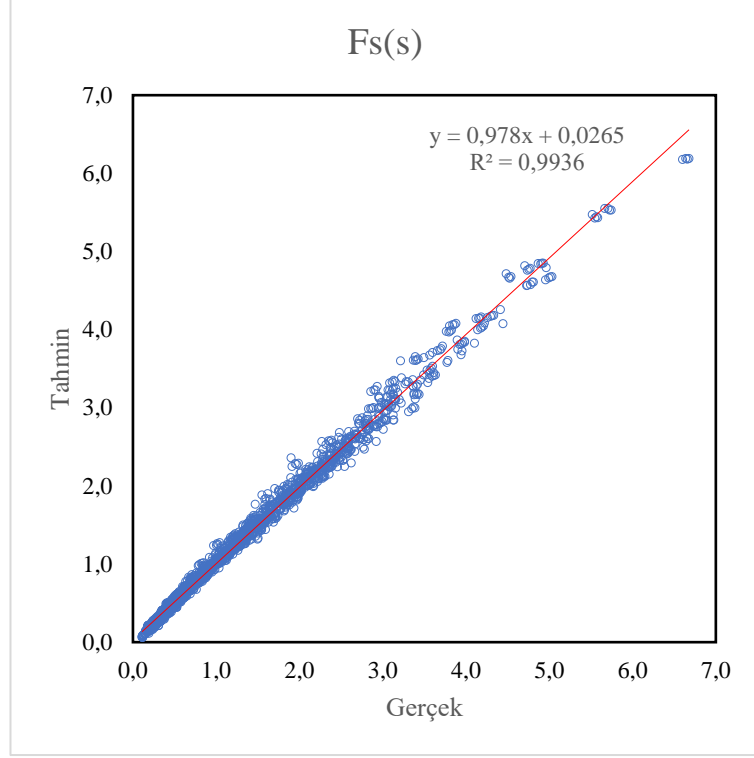


**Şekil 9. Polinom regresyon devrilme güvenlik sayısı için saçılım grafiği**

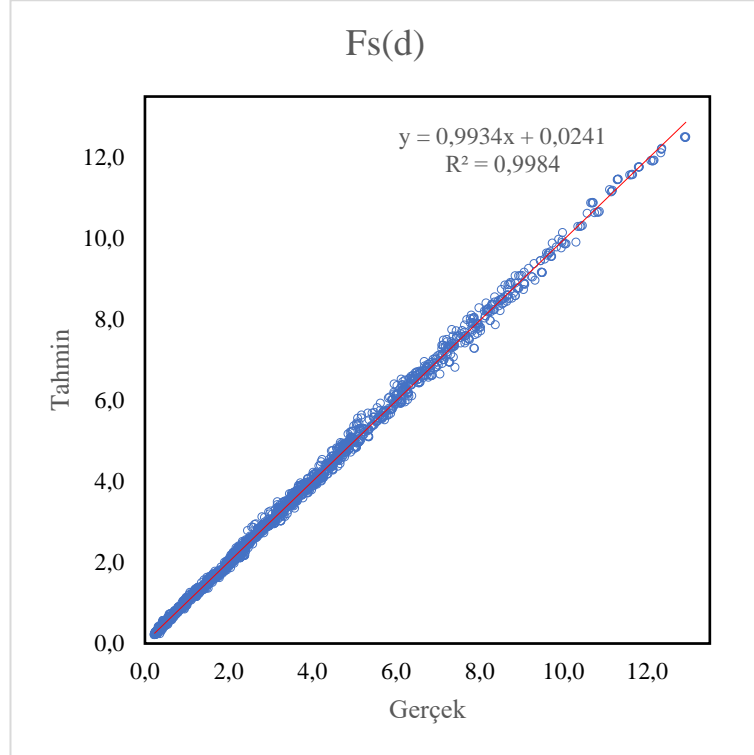


**Şekil 10. Polinom regresyon toptan göçme güvenlik sayısı için saçılım grafiği**

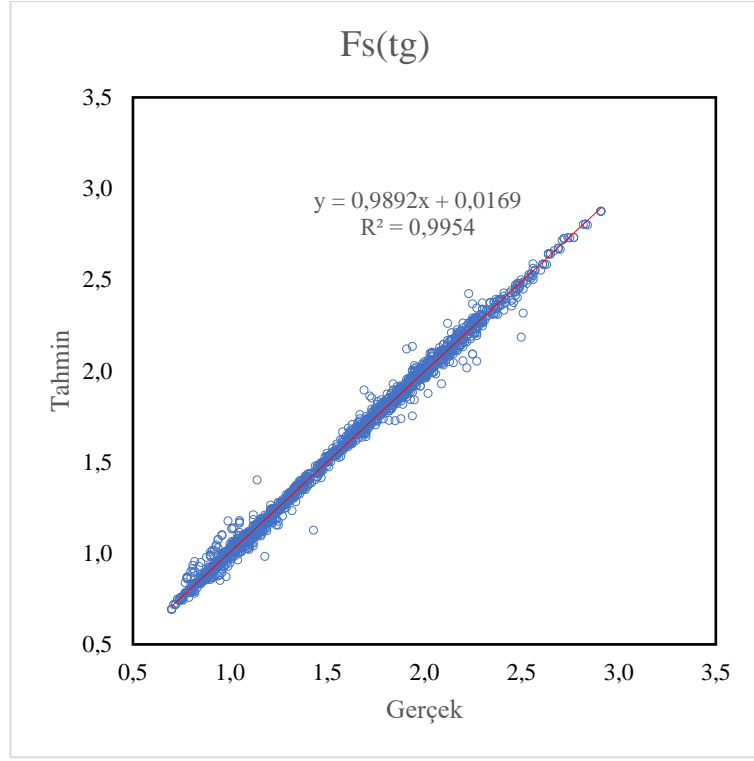
Şekil 11-13'te Gradyan Artırılmış Regresyon Ağacı algoritmasına göre tahmin edilen değerlerin gerçek değerlere yakınlığı korelasyon grafiğinde gösterilmiştir.  $R^2$  değerinin bire yakın olması algoritmanın tahminde başarılı olduğunu göstermektedir.



**Şekil 11. Gradyan artırılmış regresyon ağacı kayma güvenlik sayısı için saçılım grafiği**

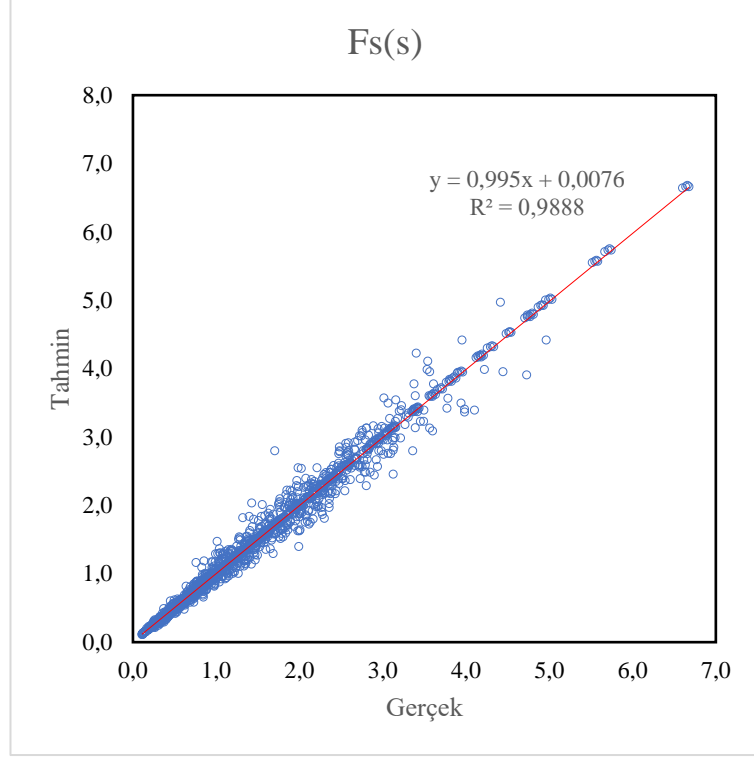


**Şekil 12. Gradyan artırılmış regresyon ağacı devrilme güvenlik sayısı için saçılım grafiği**

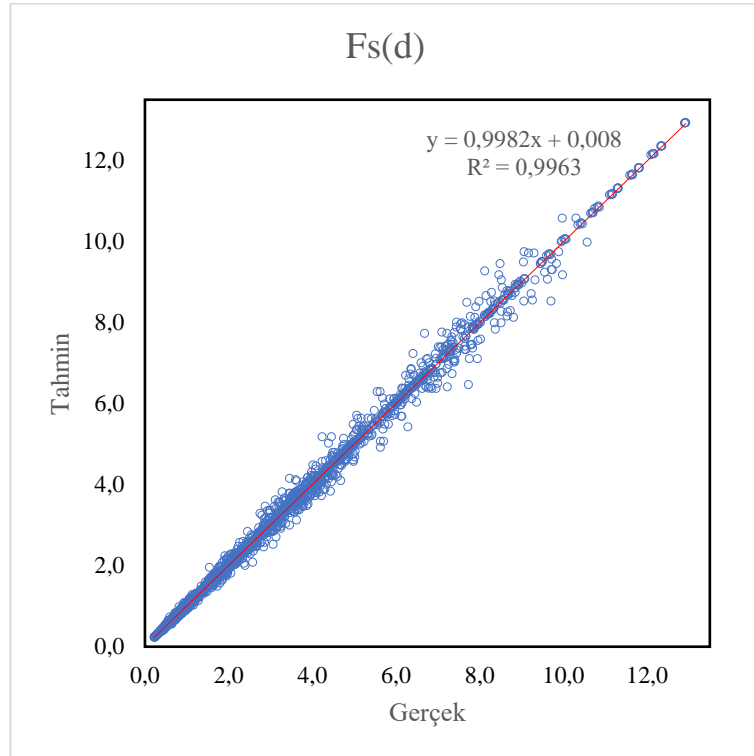


**Şekil 13. Gradyan artırılmış regresyon ağacı toptan göçme güvenlik sayısı için saçılım grafiği**

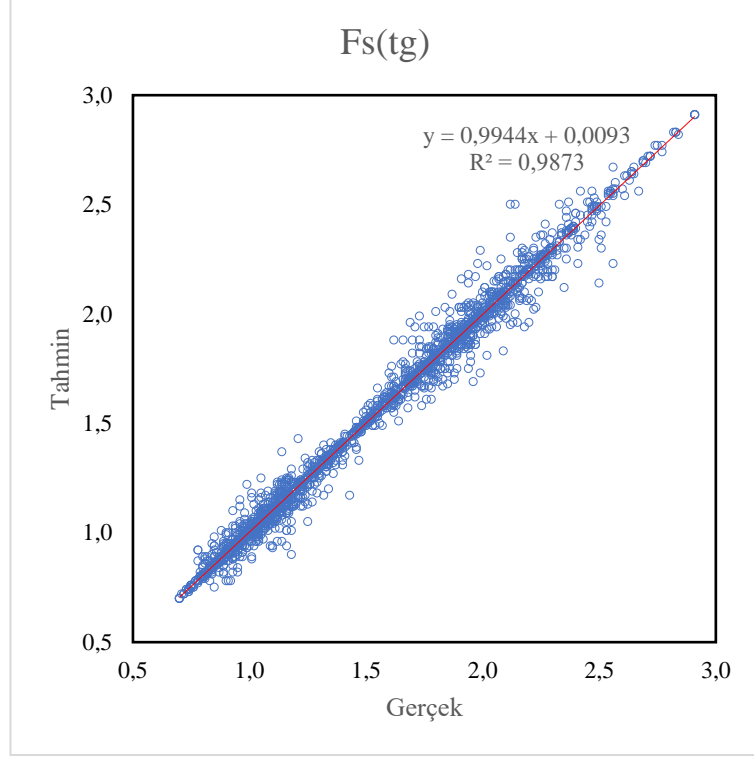
Şekil 14-16'da karar ağacı algoritmasına göre sırasıyla kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik katsayıları tahminleri ve gerçek değerleri arasındaki saçılım grafiği oluşturulmuş ve  $R^2$  değerlerinin bire oldukça yakın olduğu görülmektedir. Bu da ilgili algoritmanın tahmin etmede başarı performansının yüksek olduğunu kanıtlamaktadır.



**Şekil 14. Karar ağacı kayma güvenlik sayısı için saçılım grafiği**

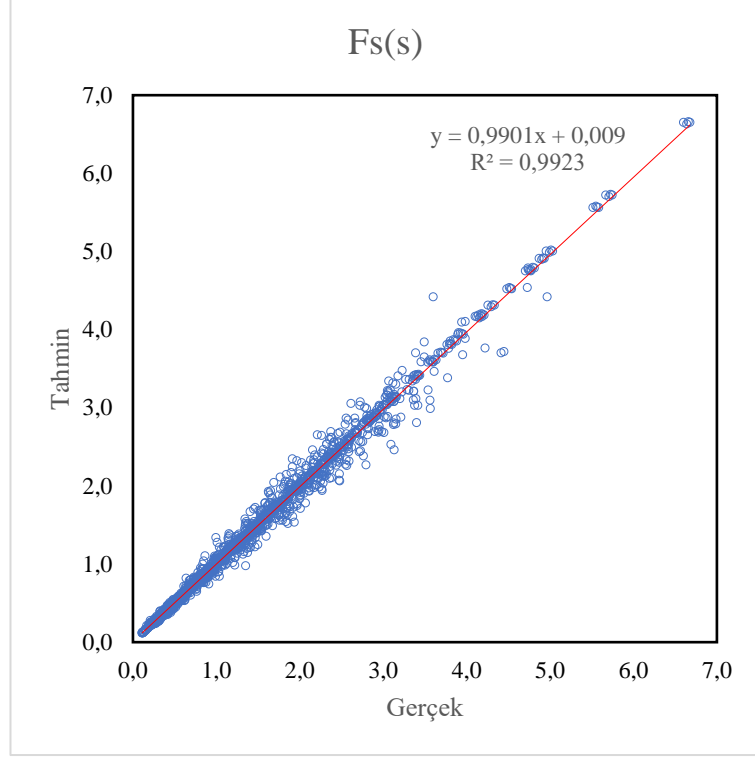


**Şekil 15. Karar ağacı devrilme güvenlik sayısı için saçılım grafiği**

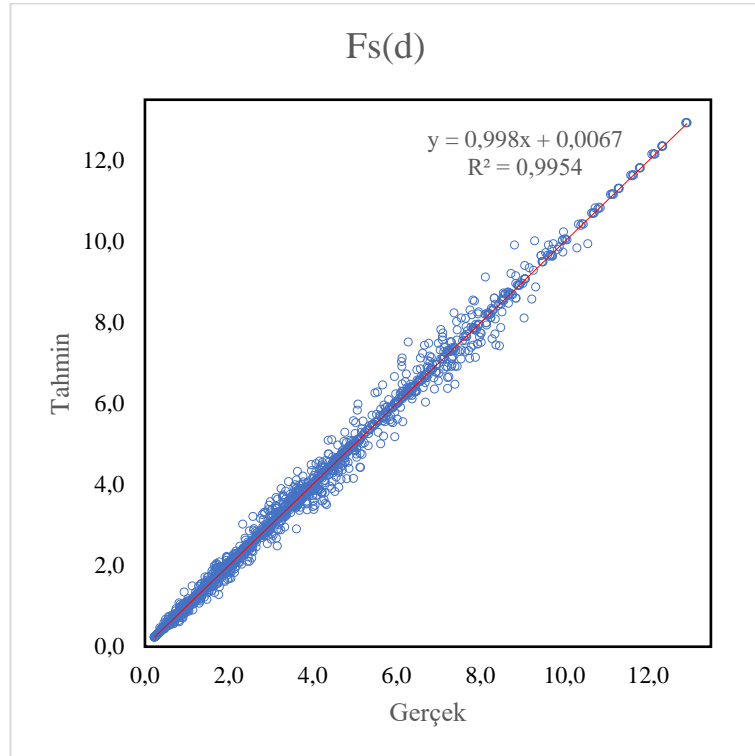


**Şekil 16. Karar ağacı toptan göçme güvenlik sayısı için saçılım grafiği**

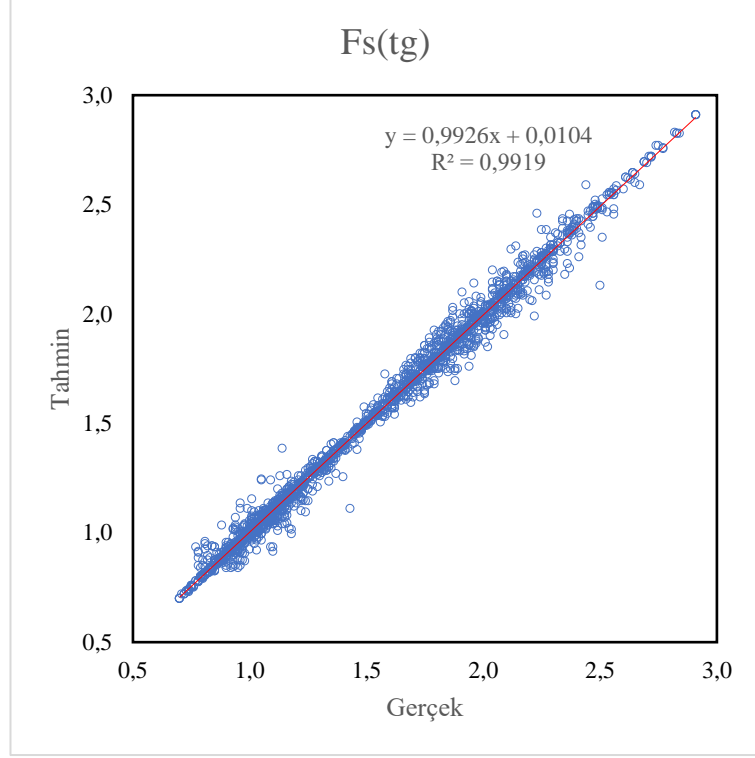
Şekil 17-19'da KNN algoritmasına göre tahmin sonuçlarının gerçek sonuçlarla kıyaslanması ve  $R^2$  değeri verilmiştir. Bu değerlerin birine yakın olması tahmin değerleri ile gerçek değerlerin birbirine oldukça yakın olduğunu göstermektedir.



**Şekil 17. KNN kayma güvenlik sayısı için saçılım grafiği**



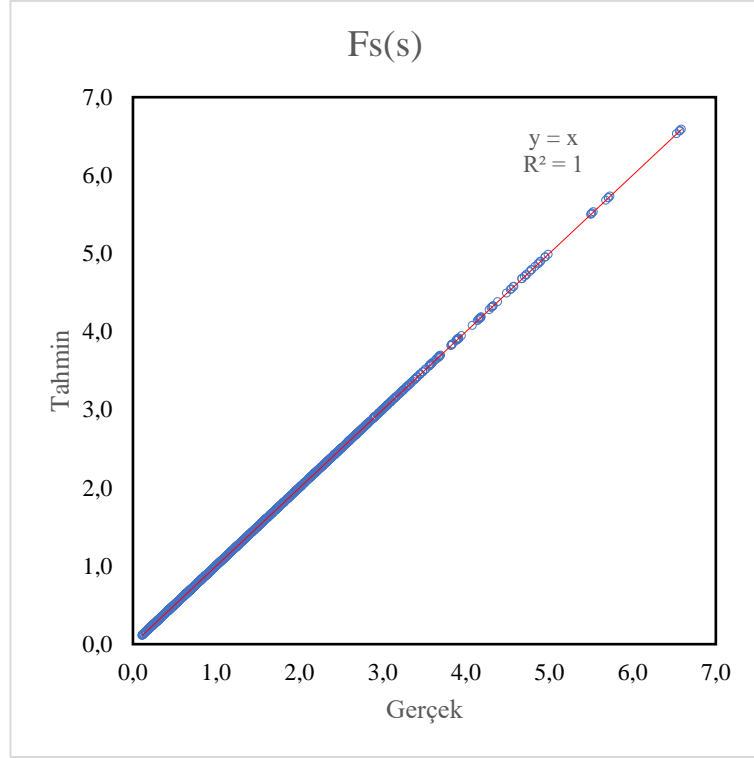
**Şekil 18. KNN devrilme güvenlik sayısı için saçılım grafiği**



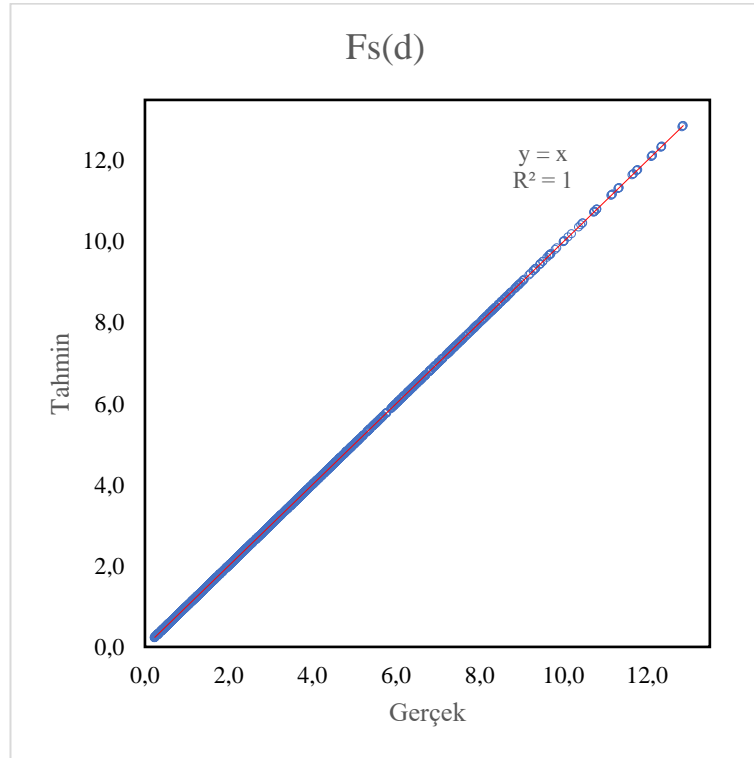
**Şekil 19. KNN toptan göçme güvenlik sayısı için saçılım grafiği**

Şekil 20-22’de rastgele orman algoritmasına göre tahmin sonuçlarının gerçek sonuçlarla kıyaslanması ve  $R^2$  değeri verilmiştir. Bu değerın 1 olması tahmin değerleri ile gerçek değerin aynı olduğunu göstermektedir. Problem doğası gereği fizik kurallarına dayandığı için doğru tahmin etmesi beklenen bir sonuçtur.

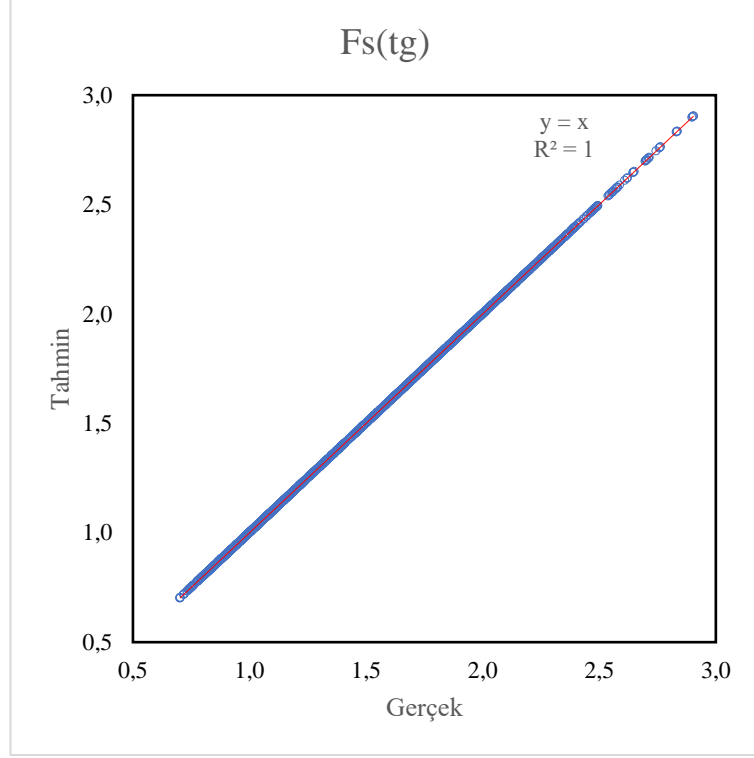




Şekil 20. Rastgele orman kayma güvenlik sayısı için saçılım grafiği



Şekil 21. Rastgele orman devrilme güvenlik sayısı için saçılım grafiği



**Şekil 22. Rastgele orman toptan göçme güvenlik sayısı için saçılım grafiği**

Kıyaslamada kullanılan rastgele orman, k-en yakın komşu, gradyan artırılmış regresyon ağacı ve karar ağacı algoritmalarının doğruluğu, ortalama kare hata, kök ortalama kare hata ve ortalama mutlak hata metrikleriyle ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 2-4'te gösterilmiştir. Sonucun sıfıra yakın olması modelin başarılı olduğunu doğrulamaktadır. Polinom regresyon yönteminin diğer algoritmalarla kıyaslandığında oldukça başarılı olduğu görülmektedir.

**Tablo 2. Kayma değeri için tahmin hata oranları**

<b>Algoritmalar</b>	<b>OKH</b>	<b>KOKH</b>	<b>OMH</b>
Polinom Regresyon	0,002298394	0,0479415	0,031143412
Rastgele Orman	0,00423338	0,0650644	0,034264522
K-En Yakın Komşu	0,008019422	0,0895488	0,044197411
GARA	0,006915833	0,0831614	0,055384512
Karar Ağacı	0,011716584	0,1082431	0,05174423

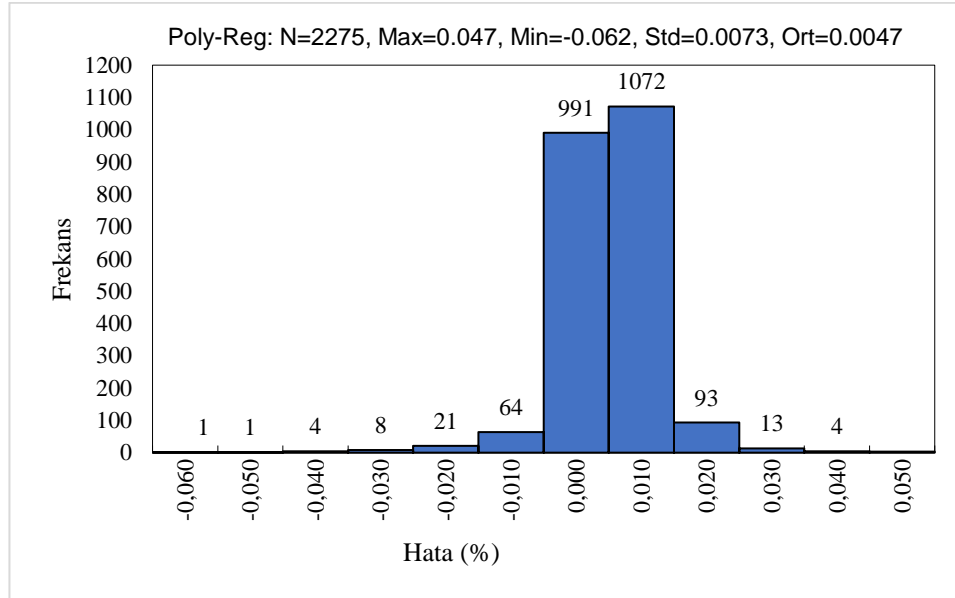
**Tablo 3. Devrilme değeri için tahmin hata oranları**

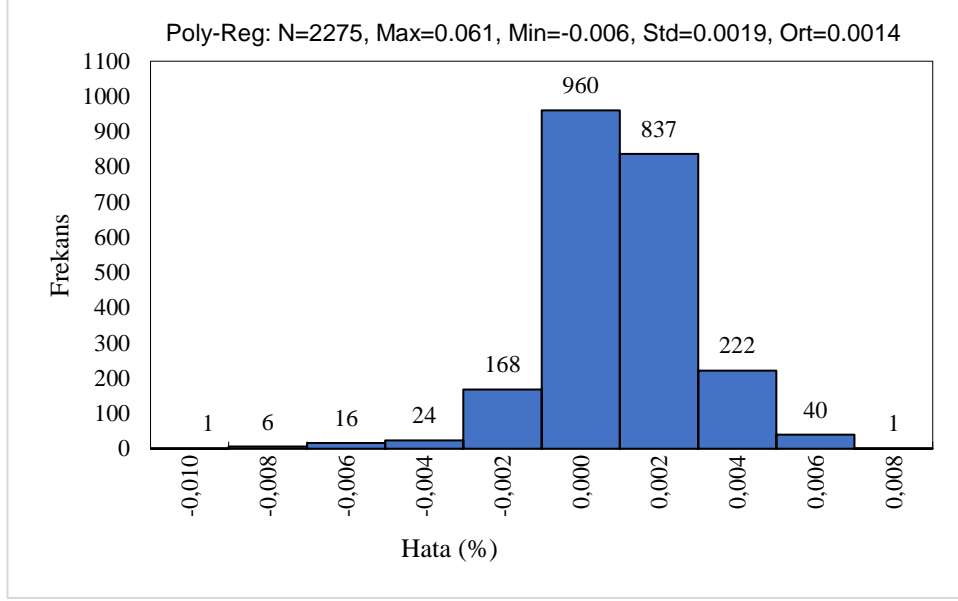
Algoritmalar	OKH	KOKH	OMH
Polinom Regresyon	0,00055703	0,023601	0,017681084
Rastgele Orman	0,009518327	0,097562	0,052819119
K-En Yakın Komşu	0,031192196	0,176613	0,087415293
GARA	0,011190441	0,105785	0,074831047
Karar Ağacı	0,024602878	0,156853	0,078275462

**Tablo 4. Toptan göçme değeri için tahmin hata oranları**

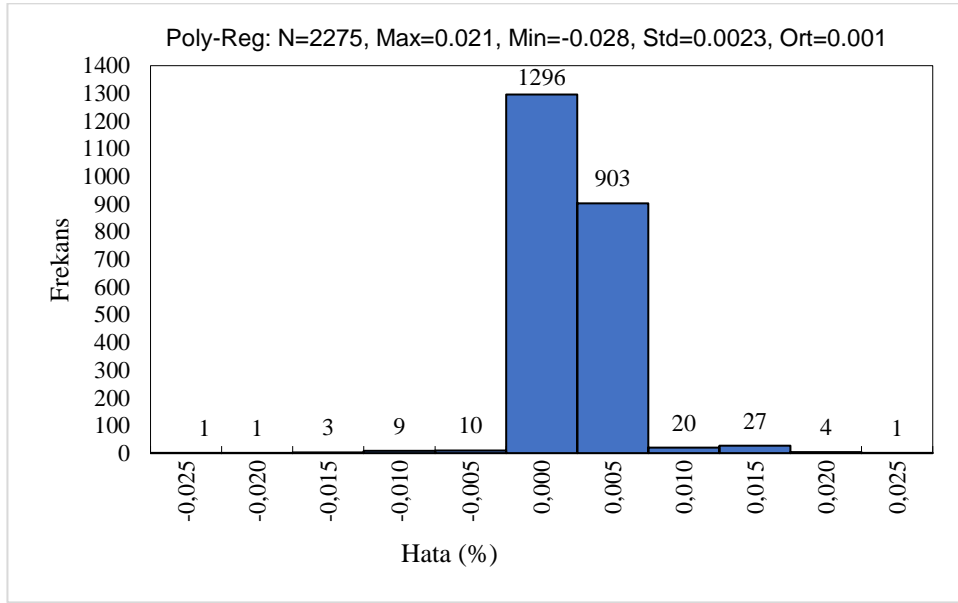
Algoritmalar	OKH	KOKH	OMH
Polinom Regresyon	0,000865705	0,02942286	0,012153555
Rastgele Orman	0,001607771	0,04009702	0,023941945
K-En Yakın Komşu	0,001961692	0,04429099	0,026373626
GARA	0,001132002	0,03364523	0,020914887
Karar Ağacı	0,031624176	0,17783187	0,003092934

Hesaplanan hata oranlarına karşı, hataların ilgili aralıkta geçme sıklığı (frekans) grafiklerle gösterilmiştir. Şekil 23-25'te sırasıyla kayma, devrilme ve toptan göçme değerleri için Polinom Regresyon yöntemine göre hata histogramlarına yer verilmiştir. Şekil 26-28'de gradyan artırılmış regresyon ağacı, Şekil 29-31'de karar ağacı ve Şekil 32-34'te ise k-En Yakın Komşu algoritmalarına göre histogramları, veri kümesi boyutu, en büyük değer, en küçük değer, standart sapma ve hata ortalamaları gösterilmektedir.

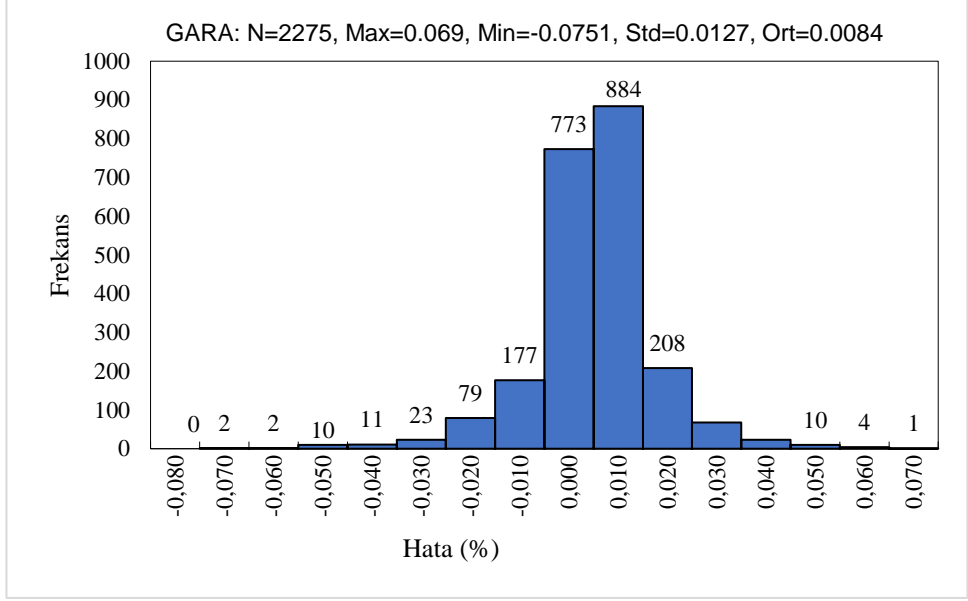
**Şekil 23. Polinom regresyon kayma güvenlik sayısı hata grafiği**



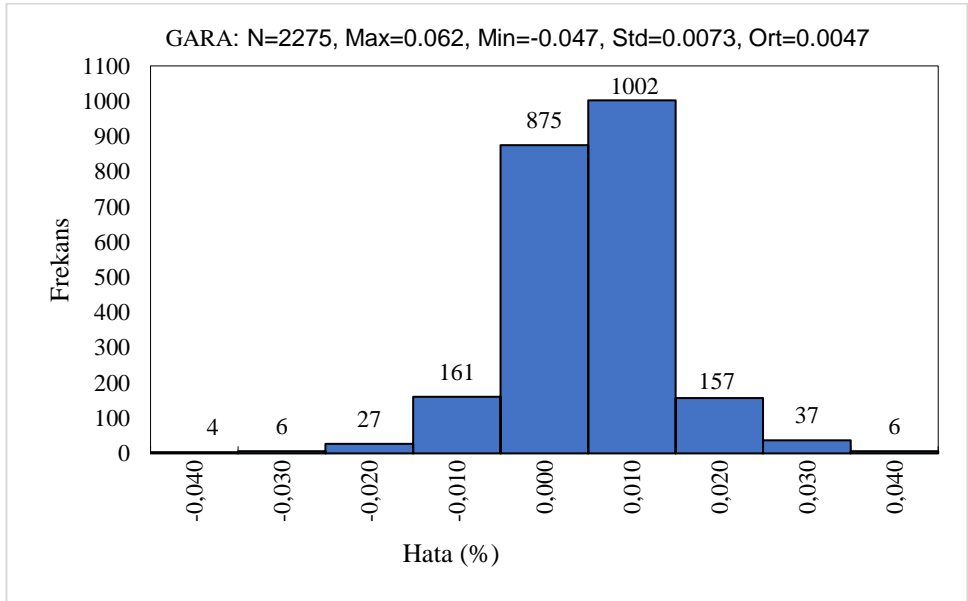
**Şekil 24. Polinom regresyon devrilme güvenlik sayısı hata grafiği**



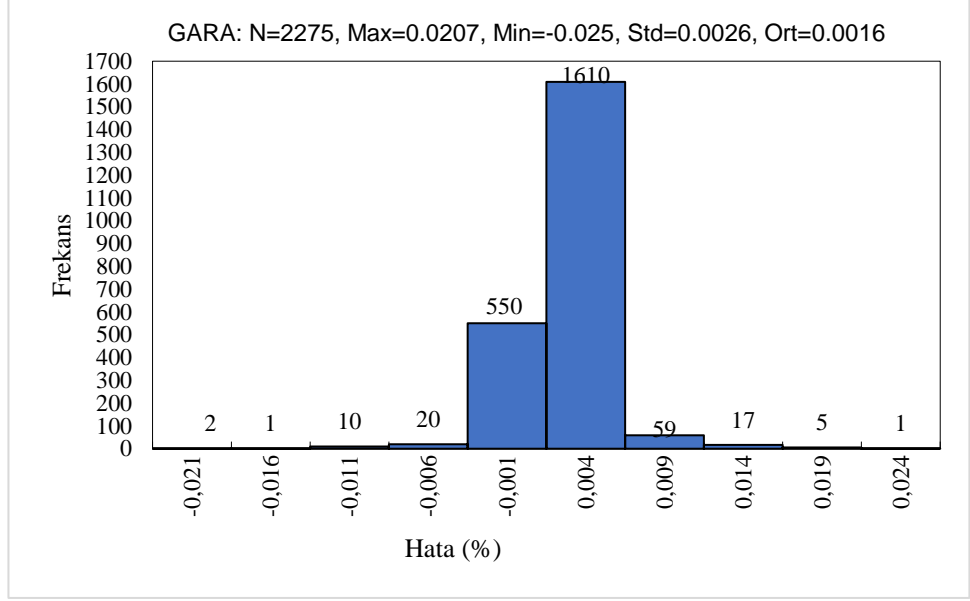
**Şekil 25. toptan göçme güvenlik sayısı hata grafiği**



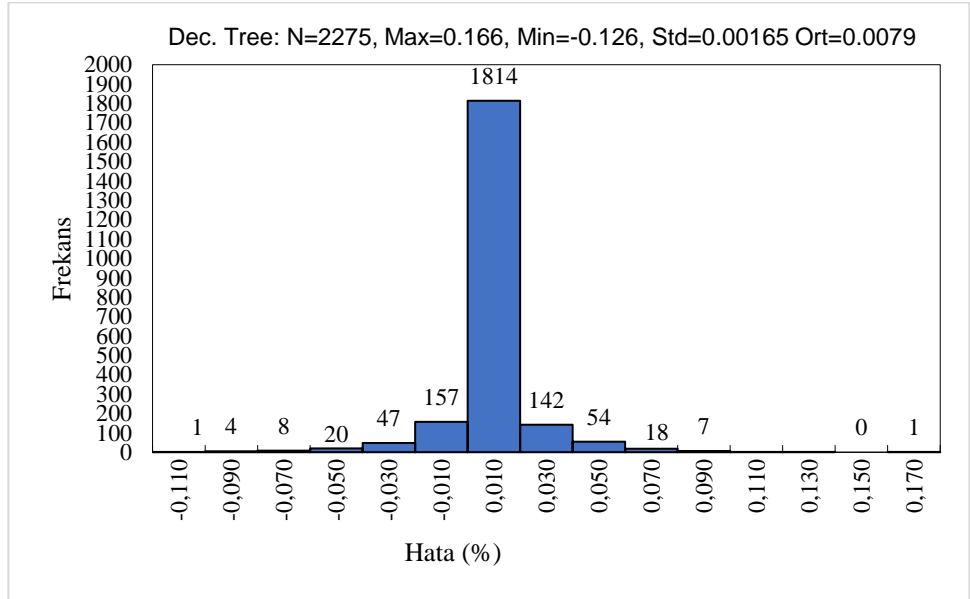
Şekil 26. Gradyan artırılmış regresyon ağacı kayma güvenlik sayısı hata grafiği



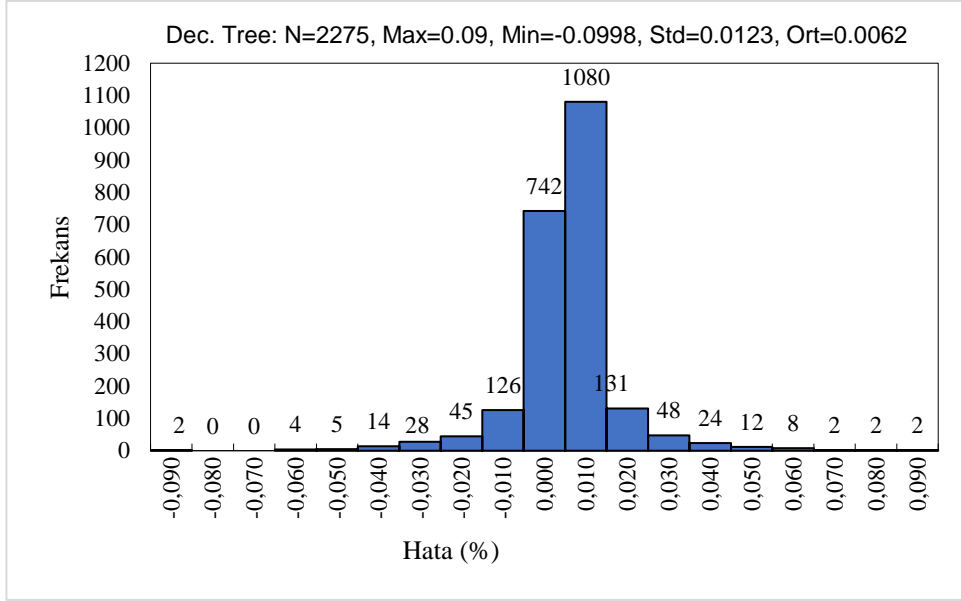
Şekil 27. Gradyan artırılmış regresyon ağacı devrilme güvenlik sayısı hata grafiği



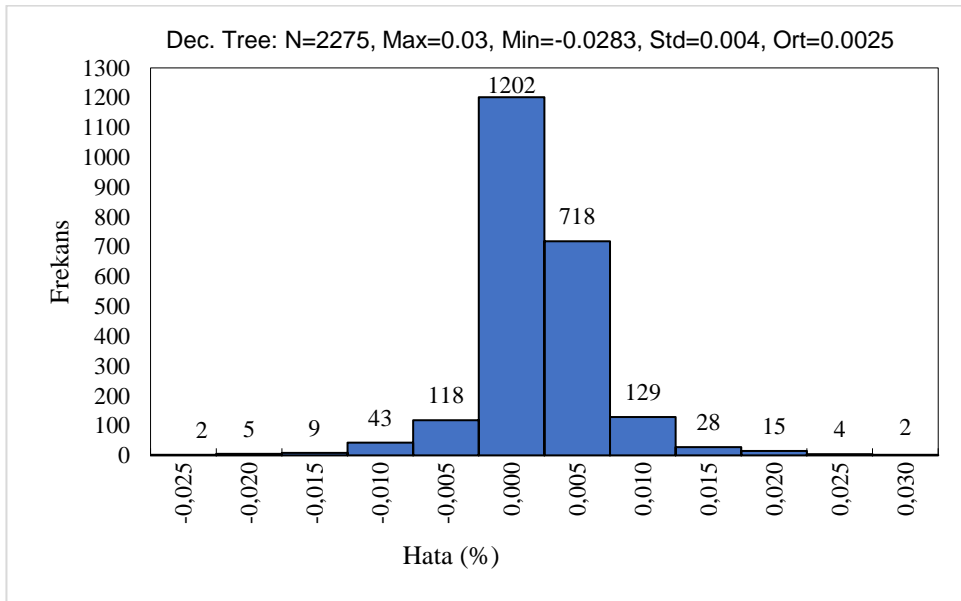
**Şekil 28. Gradyan artırılmış regresyon ağacı toptan göçme güvenlik sayısı hata grafiği**



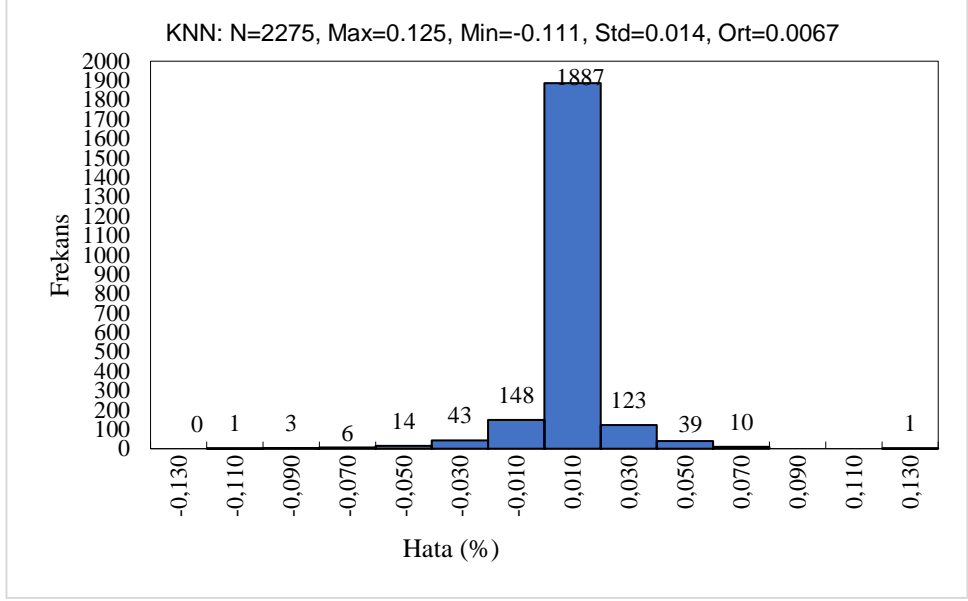
**Şekil 29. Karar ağacı kayma güvenlik sayısı hata grafiği**



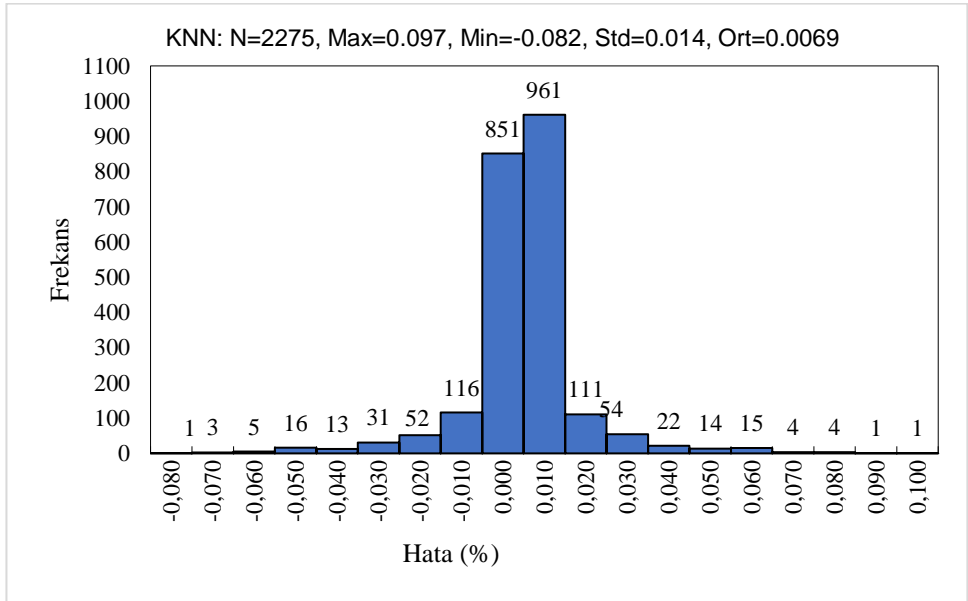
**Şekil 30. Karar ağacı devrilme güvenlik sayısı hata grafiği**



**Şekil 31. Karar ağacı toptan göçme güvenlik sayısı hata grafiği**

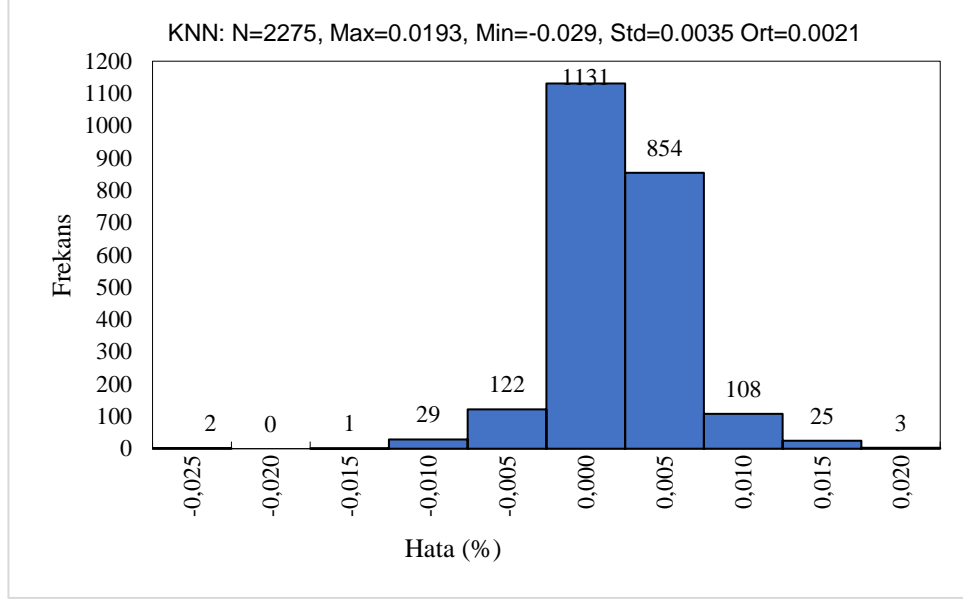


**Şekil 32. KNN kayma güvenlik sayısı hata grafiği**



**Şekil 33. KNN devrilme güvenlik sayısı hata grafiği**





**Şekil 34. KNN toptan göçme güvenlik sayısı hata grafiği**

### 4.3. Matematik Model

Matematiksel model polinom regresyon yöntemiyle elde edilmiştir. Polinom derecesi üç seçildiği için algoritmaya girdi olarak verilen beş parametrenin, üçüncü kuvvetleri de dahil oluşturulabilecek tüm çarpanların kombinasyonları *get\_feature\_names()* fonksiyonundan alınmıştır. Çarpan katsayıları ise kayma, devrilme ve toptan göçme için *coef\_()* fonksiyonu kullanılarak elde edilmiştir ve Tablo 5'te gösterilmiştir.

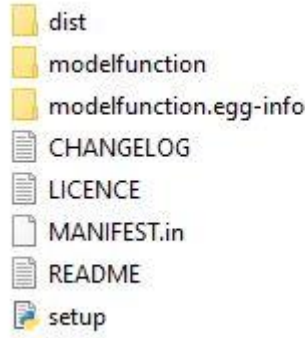
Matematik modelin 56 farklı terim ve katsayıdan oluşuyor olması kendi çabamızla hesaplamayı oldukça zorlaştırmaktadır. Polinomun derecesinin arttığı durumlarda terim sayısı da artmaktadır. Bu da matematik modelin karmaşıklığını ve işlem için gereken hesaplama gücünü artırmaktadır. Bu nedenle kod ile elde edilen matematik model csv biçiminde bir dosya olarak dışarı aktarılmıştır. Giriş değişkeni olarak algoritmaya verilen değişkenler, elde edilen matematik modele parametre olarak verilip tablolama yazılımları aracılığı ile hesaplama yaptırılabilir. Böylece sadece veriyi içeren değerler değil modelle hesaplanması istenen diğer değerler için de anında sonuca ulaşılabilir.

**Tablo 5. Matematik model**

<b>Çarpan</b>	<b>Kayma</b>	<b>Devrilme</b>	<b>Toptan Göçme</b>	<b>Çarpan</b>	<b>Kayma</b>	<b>Devrilme</b>	<b>Toptan Göçme</b>
1	-10,30853	-3,16853	-0,02130	x1 x2 x4	0,04972	-0,00518	-0,04024
x1	1,48385	1,27837	-0,01021	x1 x2 Ø	-0,00080	-0,00035	0,00003
x2	-1,22355	-0,45279	0,03971	x1 x3 <sup>2</sup>	0,31733	0,08565	0,00862
x3	12,37831	-0,99372	0,21787	x1 x3 x4	-0,57284	-0,00942	-0,31929
x4	-10,23246	-2,68214	0,46803	x1 x3 Ø	0,03068	-0,01758	-0,00153
Ø	0,82662	0,29924	0,02780	x1 x4 <sup>2</sup>	1,34630	0,52214	2,18513
x1 <sup>2</sup>	-0,01096	-0,02065	0,00638	x1 x4 Ø	-0,03273	-0,01510	-0,00366
x1 x2	0,02176	0,01191	-0,00467	x1 Ø <sup>2</sup>	0,00184	0,00181	0,00006
x1 x3	-1,13154	0,42715	0,00543	x2 <sup>3</sup>	-0,00065	-0,00131	0,00028
x1 x4	1,41488	0,60063	0,01163	x2 <sup>2</sup> x3	0,01379	0,08687	0,01659
x1 Ø	-0,09234	-0,09933	0,00325	x2 <sup>2</sup> x4	-0,00382	0,02335	0,02976
x2 <sup>2</sup>	-0,01369	-0,02254	-0,01669	x2 <sup>2</sup> Ø	0,00065	-0,00774	0,00002
x2 x3	0,81811	-0,29219	0,00183	x2 x3 <sup>2</sup>	-0,24021	-0,09342	-0,02647
x2 x4	-1,12675	-0,38348	-0,34268	x2 x3 x4	0,39059	0,48138	-0,05890
x2 Ø	0,07695	0,03972	-0,00430	x2 x3 Ø	-0,01992	0,01253	0,00218
x3 <sup>2</sup>	-5,91357	-0,18527	-0,37864	x2 x4 <sup>2</sup>	2,42528	1,77037	0,67235
x3 x4	8,75960	-1,56824	2,86936	x2 x4 Ø	0,01946	-0,02490	0,01391
x3 Ø	-0,60266	0,06099	0,00670	x2 Ø <sup>2</sup>	-0,00160	-0,00075	-0,00005
x4 <sup>2</sup>	-103,4655	-25,29575	-108,07078	x3 <sup>3</sup>	1,25940	-0,00708	0,23927
x4 Ø	0,51150	0,19509	0,04770	x3 <sup>2</sup> x4	-0,42074	0,28271	0,15589
Ø <sup>2</sup>	-0,02173	-0,00859	-0,00013	x3 <sup>2</sup> Ø	0,11521	0,00332	-0,00119
x1 <sup>3</sup>	0,00026	0,00043	-0,00078	x3 x4 <sup>2</sup>	-6,90790	2,15981	-6,24461
x1 <sup>2</sup> x2	0,00121	-0,00109	0,00094	x3 x4 Ø	-0,22340	0,02497	-0,05963
x1 <sup>2</sup> x3	0,00373	-0,05812	0,00302	x3 Ø <sup>2</sup>	0,00754	-0,00075	0,00018
x1 <sup>2</sup> x4	-0,02985	-0,02324	0,03094	x4 <sup>3</sup>	1601,61939	293,59387	1484,63189
x1 <sup>2</sup> Ø	0,00021	0,00934	0,00001	x4 <sup>2</sup> Ø	-0,06525	0,07610	0,23646
x1 x2 <sup>2</sup>	-0,00147	0,00183	0,00088	x4 Ø <sup>2</sup>	-0,00546	-0,00252	-0,00053
x1 x2 x3	-0,01220	0,00481	-0,01160	Ø <sup>3</sup>	0,00019	0,00007	0,00001

## 5. YAZILIMIN PAKETLENMESİ

Python programlama dilinde programı kütüphane haline getirip dağıtımını sağlamak için birtakım dosyaların oluşturulması ve programın kök dizinine yerleştirilmesi gerekmektedir. Şekil 35'te örnek dosya hiyerarşisine yer verilmiştir.



**Şekil 35. Dosya hiyerarşisi**

Uygulamada kullanılan kodlar Python paketinde kullanılmak üzere fonksiyon haline getirildikten sonra `__init__.py` dosyası içerisine kaydedilmiştir ve `modelfunction` klasörünün içine yerleştirilmiştir. `Changelog.txt` belgesinin içinde yayınlanan her versiyon için değişiklikler ve versiyon bilgileri yer almaktadır. `Licence.txt` belgesinde telif hakkı ve kopyalamaya dair bilgiler yer almaktadır. Burada MIT License kullanılmıştır. `README` belgesinde kütüphanenin matematiksel model oluşturmayı sağladığı bilgisi yer almaktadır. `Setup.py` kütüphanenin ismi, versiyon numarası, yazar adı ve bilgileri, lisans gibi bilgileri tutmaktadır. İlgili kod Şekil 36'da detaylı olarak gösterilmektedir. Dosyaları hazır hale getirdikten sonra `pypi.org` adresinde yayınlamak için komut istemcisinde ilk olarak

```
>> pip3 install setuptools twine
```

komutu yazılmıştır. Daha sonra hazırlanan klasör dizinine geçilmiştir ve `python setup.py sdist` yazılarak dağıtım yapılmak istenen kütüphane için gerekli klasörlerin oluşması sağlanmıştır. Şekil 33'te görülen `dist` ve `modelfunction.egg-info` dosyası bu komutla oluşturulmuştur. Son olarak

```
>> twine upload --repository-url https://upload.pypi.org/legacy/ dist/*
```

komutu kullanıldığında siteye kütüphaneyi yüklemek için `pypi.org` adresinde oluşturulmuş üyelik için gerekli kullanıcı adı ve parola bilgileri sorulmaktadır. Bu işlem

tamamlandıktan sonra kütüphaneye erişebilecek link ekranda gösterilmektedir. Oluşturulan kütüphanenin son versiyonu Pypi Python deposunda modelfunction<sup>6</sup> ismi ile versiyon 0.0.5 olarak erişilebilmektedir.

```
>>pip install modelfunction==0.0.5
```

komutuyla Python 3 versiyonunun kurulu olduğu herhangi bir bilgisayara yüklenebilmektedir.

```
C: > Users > Şuheda > Desktop > ModelFunction > setup.py > ...
1  from setuptools import setup, find_packages
2
3  classifiers = [
4      'Development Status :: 5 - Production/Stable',
5      'Intended Audience :: Education',
6      'Operating System :: Microsoft :: Windows :: Windows 10',
7      'License :: OSI Approved :: MIT License',
8      'Programming Language :: Python :: 3'
9  ]
10
11  setup(
12      name='modelfunction',
13      version='0.0.5',
14      description='Extract model function',
15      long_description=open('README.txt').read() + '\n\n' + open('CHANGELOG.txt').read(),
16      url='',
17      author='Suheda Seyhan',
18      author_email='suhedaseyhan@hotmail.com',
19      license='MIT',
20      classifiers=classifiers,
21      keywords='model',
22      packages=find_packages(),
23      install_requires=[]
24  )
```

Şekil 36. Setup.py dosyasının detayı

---

<sup>6</sup> <https://pypi.org/project/modelfunction/0.0.5/>, Erişim tarihi: 16 Mart 2021

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında örnek problem olarak inşaat mühendisliğinin bir alt dalı olan geoteknik mühendisliğinde, dayanma duvarlarının stabilitesi için gerekli olan güvenlik sayılarının tahmin edilmesi ele alınmıştır. Bu tahminler yapılırken Python programlama dilinin Sckit-learn kütüphanesi kullanılmıştır.

Makine öğrenmesi algoritmalarından k-en yakın komşu, karar ağacı, rastgele orman, gradyan Artırılmış regresyon ağacı ve polinom regresyon kullanılarak tahminler elde edilmiştir. Hata metriği olarak OKH, KOKH, OMH kullanılarak algoritmalar değerlendirilmiş ve hataların oldukça küçük olmasından dolayı kabul edilebilir olduğu doğrulanmıştır. Polinom Regresyon yöntemi dışındaki makine öğrenmesi algoritmaları, ilgili fiziksel problem için fikir vermiş olup, eğri uydurma yöntemine dayalı ve uygulanması daha kolay olan polinom regresyonu yönteminin de tahmin etme konusunda başarılı olduğunu göstermiştir.

Bu tez çalışmasında ele alınan problem olan dayanma duvarlarının güvenlik sayısının bulunması, gerçek hayatta hesaplanırken uzun zaman gerektiren ve deneme yanılmaya dayanan bir problemdir. Dayanma duvarı boyutları tasarlayan mühendisin, üç güvenlik sayısı (kayma, devrilme ve toptan göçme) için de kabul edilebilir güvenlik sayılarını karşılayan tasarımı elde etmesi için birçok deneme ve hesap yapması gerekmektedir. Tez çalışması sonucunda oluşturulan yazılım sayesinde hesaplamaya gerek kalmadan, çok kısa süre içerisinde sonuca ulaşılmasının mümkün olduğu görülmüştür. Yazılım ulaşılabilir ve kolay kullanılabilir hale getirilip paylaşılmıştır. Sonuç olarak bu yöntemden elde edilecek matematiksel modelin, benzer fiziksel problemlere uygulanması sonucunda ilgili problemi özetleyen kabul edilebilir bir matematik model oluşturabileceği görülmüştür.

Daha sonra yapılacak çalışmalarda, özellikle fiziksel problemlerin fazla olduğu inşaat mühendisliği gibi mühendislik alanlarında, makine öğrenmesi algoritmaları ve bu çalışmada kullanılan kütüphane geliştirilerek ve yazılım haline getirilerek kullanılması yaygınlaştırılabilir. Kullanıcılara kolaylık sağlanması için arayüz geliştirilebilir ve grafik gibi çıktılar verilerek görsellik açısından zenginleştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- Akca, M. F. (2020). Karar ağaçları (makine öğrenmesi serisi-3). Erişim adresi: <https://medium.com/deep-learning-turkiye/karar-agac-lari-makine-ogrenmesi-serisi-3-a03f3ff00ba5>. Erişim tarihi: 13 Nisan 2021.
- Alias, R., Kasa, A. ve Taha, M. R. (2015). Artificial neural networks approach for predicting the stability of cantilever RC retaining walls. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(10), 26005–26014.
- Atasever, Ü. H. (2011). *Uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında hızlandırma (boosting), destek vektör makineleri, rastgele orman (random forest) ve regresyon ağaçları yöntemlerinin kullanılması*. Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri .
- Bishop, A. W. (1955). The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. *Geotechnique*, 5(1), 7–17.
- Chou, J. S. ve Thedja, J. P. P. (2016). Metaheuristic optimization within machine learning-based classification system for early warnings related to geotechnical problems. *Automation in Construction*, 68, 65–80.
- Erkal, B. (2020). *Ölçüt tabanlı yazılım hata kestirim yaklaşımlarının incelenmesi ve yeni bir yazılım hata kestirim önerisi*. Yüksek Lisans tezi, Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gül, E. (2020). *Ağır vasıta hava kompresörü arızalarının makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak analizi*. Yüksek Lisans tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Hassanien, A. E., Bhatnagar, R. ve Darwish, A. (2020). 4th International Conference on Advanced Machine Learning Technologies and Applications, AMLTA 2019. *Advances in Intelligent Systems and Computing*.
- Kayakuş, M. ve Üncü, İ. S. (2020). Basketbol salonlarının parıltısının makina öğrenme yöntemleriyle tahmini. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(4), 2468–2479.
- Kayhan, A. H. ve Demir, A. (2016). Betonarme konsol istinat duvarlarının parçacık sürü optimizasyonu ile optimum tasarımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(3), 129–135.
- Lin, S. S., Shen, S. L., Zhou, A. ve Xu, Y. S. (2021). Risk assessment and management of excavation system based on fuzzy set theory and machine learning methods. *Automation in Construction*, 122, 103490.
- Mouli Satapathy, S., Prasanna Acharya, B., Kumar Rath, S., Satapathy, S. M., Acharya, B. P. ve Rath, S. K. (2014). Early stage software effort estimation using random forest technique based on optimized class point approach. *INFOCOMP Journal of Computer Science*, 13(2), 22–33.
- Muratlar, E. R. (2020). Gradient boosted regresyon ağaçları. Erişim adresi: <https://www.veribilimiokulu.com/blog/gradient-boosted-regresyon-agaclari/>. Erişim tarihi: 19 Şubat 2021.

- Nguyen, H., Vu, T., Vo, T. P. ve Thai, H. T. (2021). Efficient machine learning models for prediction of concrete strengths. *Construction and Building Materials*, 266, 120950.
- Nguyen, T. A., Ly, H. B. ve Pham, B. T. (2020). Backpropagation Neural Network-Based Machine Learning Model for Prediction of Soil Friction Angle. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020.
- Onan, A. (2015). Şirket iflaslarının tahminlenmesinde karar ağacı algoritmalarının karşılaştırmalı başarımlarını analiz. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 8(1).
- Puri, N., Prasad, H. D. ve Jain, A. (2018). Prediction of geotechnical parameters using machine learning techniques. *Procedia Computer Science*, 125, 509-517.
- Shahin, M. A., Jaksa, M. B. ve Maier, H. R. (2001). Artificial neural network applications in geotechnical engineering. *Australian Geomechanics*, 36(1), 49–62.
- Singh, H. (2018). Understanding gradient boosting machines. Erişim adresi: <https://towardsdatascience.com/understanding-gradient-boosting-machines-9be756fe76ab>. Erişim tarihi: 19 Şubat 2021.
- Uğurlu, M. (2020). *Şifrelenmiş internet trafiğinin makine öğrenmesi yaklaşımı ile sınıflandırılması*. Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Uray, E. (2014). *Gabion tipi dayanma duvarlarında tasarım kriterlerinin araştırılması*. Yüksek Lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Uray, E. (2020). *Dayanma yapılarının sezgisel yöntemler kullanılarak optimum tasarımı*. Doktora tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Uray, E., Çarbaş, S., Erkan, İ. H. ve Tan, Ö. (2019). Parametric investigation for discrete optimal design of a cantilever retaining wall. *Challenge Journal of Structural Mechanics*, 5(3), 108–120.
- Uray, E., Tan, Ö., Çarbaş, S. ve Erkan, H. (2021). Metaheuristics-based Pre-Design Guide for Cantilever Retaining Walls. *Teknik Dergi*, 32(4).
- Varol, B. (2017). *Parçalı Regresyon ile Polinom Regresyon Analizlerinin Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Yıldırım, S., (2002). Zemin incelemesi ve temel tasarımı, Birsen yayınevi, p.
- Yurtcu, Ş. ve Özocak, A. (2016). İnce daneli zeminlerde sıkışma indisi'nin istatistiksel ve yapay zeka yöntemleri ile tahmin edilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(3).
- Zhang, D. ming, Zhang, J. zhang, Huang, H. wei, Qi, C. chong ve Chang, C. yu. (2020). Machine learning-based prediction of soil compression modulus with application of 1D settlement. *Journal of Zhejiang University: Science A*, 21(6), 430–444.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Şüheda SEYHAN

Doğum Yeri – Tarihi : İstanbul

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi :2018, KTO Karatay Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği

2017, KTO Karatay Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği

Yüksek Lisans Öğrenimi : KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,  
Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

### İŞ DENEYİMİ

Stajlar : 2015, Stajyer, Entegre Proje Yönetimi

2016, Stajyer, Berri Yapı Mimarlık,

Projeler :

Çalıştığı Kurumlar : 2018-2019 Proje Asistanı, KTO Karatay Üniversitesi

2019-Halen Araştırma Görevlisi, KTO Karatay Üniversitesi

Tarih: 17 Mart 2021