



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**KAYA VE TOPRAK DOLGU BARAJLAR İÇİN İNŞAAT
PROJELERİNDEKİ MALİYET BELİRSİZLİKLERİNİN YAPAY
ZEKA TEKNİKLERİYLE TAHMİNİ**

ÖMER GENÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. RIFAT AKBIYIKLI**

DÜZCE, 2022

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

KAYA VE TOPRAK DOLGU BARAJLAR İÇİN İNŞAAT
PROJELERİNDEKİ MALİYET BELİRSİZLİKLERİNİN YAPAY
ZEKA TEKNİKLERİYLE TAHMİNİ

Ömer GENÇ tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Rıfat AKBIYIKLI

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Rıfat AKBIYIKLI

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Latif Onur UĞUR

Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Osman AYTEKİN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 16/06/2022

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

16 Haziran 2022

Ömer GENÇ

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Rıfat AKBIYIKLI' ya, Dr. Öğretim Üyesi Volkan ATEŞ'E en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

16 Haziran 2022

Ömer GENÇ



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR.....	ix
SİMGELER	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. TEZİN AMACI.....	2
1.2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	2
2. BARAJ YAPILARI.....	5
2.1. BARAJLAR YAPILARI HAKKINDA GENEL BİLGİLER	5
2.1.1. Kaya Dolgu Barajlar	6
2.1.2. Toprak Dolgu Barajlar	6
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	9
3.1. PROJELERİNİN İNCELENMESİ.....	9
3.2. VERİ SETLERİNİN HAZIRLANMASI	12
3.3. PROJELERDE KULLANILAN DEĞİŞKENLERİN TANIMLARI	17
3.4. VERİLERİN NORMALİZASYONU.....	19
3.5. MATEMATİKSEL MODELLERİN OLUŞTURULMASI	20
3.5.1. Lineer Model.....	20
3.5.2. Power Model.....	21
3.5.3. Quadratic Model	21
3.5.4. Semi Quadratic Model.....	22
3.6. GRİ KURT OPTİMİZASYON ALGORİTMASI.....	22
4. VERİLERİN ANALİZİ	27
4.1. ANALİZLERDE KULLANILAN TAHMİN MODEL KOMBİNASYONLARI	30
4.1.1. P1 Modeli Test Sonuçları.....	32
4.1.2. P2 Modeli Test Sonuçları.....	33
4.1.3. P3 Modeli Test Sonuçları.....	34
4.1.4. P4-A Modeli Test Sonuçları	35
4.1.5. P4-B Modeli Test Sonuçları.....	37
4.1.6. P5 Modeli Test Sonuçları.....	38
4.1.7. P6-A Modeli Test Sonuçları	39
4.1.8. P6-B Modeli Test Sonuçları.....	40
4.1.9. P7-A Modeli Test Sonuçları	41
4.1.10. P7-B Modeli Test Sonuçları.....	42
4.1.11. P8-A Modeli Test Sonuçları	44

4.1.12. P8-B Modeli Test Sonuçları.....	45
4.1.13. P9-A Modeli Test Sonuçları	46
4.1.14. P9-B Modeli Test Sonuçları.....	47
4.1.15. P10-A Modeli Test Sonuçları	48
4.1.16. P10-B Modeli Test Sonuçları.....	49
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	51
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	62
7. KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	65



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Örnek kaya dolgu baraj gövde kesiti [15].	7
Şekil 2.2. Örnek toprak dolgu baraj kesiti [15].	8
Şekil 3.1. Yaklaşık maliyetlerin gruplandırılması.	16
Şekil 3.2. Yaklaşık maliyetlere ait normalleştirilmiş grafik.	20
Şekil 3.3. Kurtların doğadaki hiyerarşisi [20].	23
Şekil 3.4. İki boyutlu olası konum vektörleri [20].	24
Şekil 3.5. Üç boyutlu olası konum vektörleri [20].	24
Şekil 3.6. Algoritmada av konumunun güncellenmesi [20].	25
Şekil 3.7. Gri kurt optimizasyonu algoritması kod akış sıralaması [20].	26
Şekil 4.1. P1 modeli sonuç grafiği.	33
Şekil 4.2. P2 modeli sonuç grafiği.	34
Şekil 4.3. P3 modeli Sonuç grafiği.	35
Şekil 4.4. P4-A modeli sonuç grafiği.	36
Şekil 4.5. P4-B modeli sonuç grafiği.	37
Şekil 4.6. P5 modeli sonuç grafiği.	39
Şekil 4.7. P6-A modeli sonuç grafiği.	40
Şekil 4.8. P6-B modeli sonuç grafiği.	41
Şekil 4.9. P7-A modeli sonuç grafiği.	42
Şekil 4.10. P7-B modeli sonuç grafiği.	43
Şekil 4.11. P8-A modeli sonuç grafiği.	44
Şekil 4.12. P8-B modeli sonuç grafiği.	46
Şekil 4.13. P9-A modeli sonuç grafiği.	47
Şekil 4.14. P9-B modeli sonuç grafiği.	48
Şekil 4.15. P10-A modeli sonuç grafiği.	49
Şekil 4.16. P10-B modeli sonuç grafiği.	50
Şekil 5.1. Birinci ana modele ait toplu sonuç grafiği.	52
Şekil 5.2. Birinci ana modele ait lineer model başarı grafiği.	53
Şekil 5.3. Birinci ana modele ait power model başarı grafiği.	53
Şekil 5.4. Birinci ana modele ait semi quadratic model başarı grafiği.	54
Şekil 5.5. Birinci ana modele ait quadratic model başarı grafiği.	54
Şekil 5.6. İkinci ana modele ait toplu model başarı grafiği.	58
Şekil 5.7. İkinci ana modele ait lineer model başarı grafiği.	59
Şekil 5.8. İkinci ana modele ait power model başarı grafiği.	59
Şekil 5.9. İkinci ana modele ait quadratic model başarı grafiği.	60
Şekil 5.10. İkinci ana modele ait semi quadratic model başarı grafiği.	60

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Modelde Kullanılan Proje İsim ve İhale Bilgileri.	9
Çizelge 3.2. Yaklaşık Maliyetlerin Güncellenmesi [4].....	12
Çizelge 3.3. Modelde Kullanılan Güncellenmiş Yaklaşık Maliyetler.	12
Çizelge 3.4. Yaklaşık Maliyetlerin Tutar Aralıklarına Göre Sayıları.....	16
Çizelge 4.1. Normalleştirilmiş Veri Seti Örneği.....	27
Çizelge 4.2. Lineer Model Veri Giriş Örneği.	28
Çizelge 4.3. Lineer Model Algoritma Ağırlık Katsayıları Hesabı.....	28
Çizelge 4.4. Lineer Model Algoritma Tahmini Örneği.	28
Çizelge 4.5. MAPE Sonuçlarının Yorumlanması.	29
Çizelge 4.6. Tahmin Modelleri Bağımsız Değişkenleri.	30
Çizelge 4.7. Eğitim ve Test Model Sayıları.....	31
Çizelge 4.8. P1 Model Sonuçları.	32
Çizelge 4.9. P2 Model Sonuçları.	33
Çizelge 4.10. P3 Model Sonuçları.	35
Çizelge 4.11. P4-A Model Sonuçları.	36
Çizelge 4.12. P4-B Model Sonuçları.	37
Çizelge 4.13. P5 Model Sonuçları.	38
Çizelge 4.14. P6-A Model Sonuçları.	39
Çizelge 4.15. P6-B Model Sonuçları.	40
Çizelge 4.16. P7-A Model Sonuçları.	42
Çizelge 4.17. P7-B Model Sonuçları.	43
Çizelge 4.18. P8-A Model Sonuçları.	44
Çizelge 4.19. P8-B Model Sonuçları.	45
Çizelge 4.20. P9-A Model Sonuçları.	46
Çizelge 4.21. P9-B Model Sonuçları.	48
Çizelge 4.22. P10-A Model Sonuçları.	49
Çizelge 4.23. P10-B Model Sonuçları.	50
Çizelge 5.1. Birinci Ana Modele Ait Sonuç Çizelgesi.	51
Çizelge 5.2. İkinci Ana Modele Ait Sonuç Çizelgesi.	55
Çizelge 5.3. Kaya Dolgu Lineer Model En İyi Sonuçlar.....	61

KISALTMALAR

EKAP	Elektronik Kamu Alımları Protokolü
GWO	Gri Kurt Optimizasyonu Algoritması
KİK	Kamu İhale Kanunu
LM	Lineer Model
M	Milyon
MAPE	Ortalama Mutlak Yüzde Hata
max	Maksimum
min	Minimum
PM	Power Model
QM	Quadratic Model
SQM	Semi Quadratic Model
Yİ-ÜFE	Yurt İçi Üretici Fiyat Endeksi
YM	Yaklaşık Maliyet
YMT	Yaklaşık Maliyet Tahmin

SİMGELER

A	Normalleştirilmiş bağımsız değişken
B	Normalleştirilmiş bağımsız değişken
C	Normalleştirilmiş bağımsız değişken
D	Normalleştirilmiş bağımsız değişken
m	Metre
m ³	Metreküp
w _n	Matematiksel model ağırlık değişkeni
x'	Normalize edilen değer
x _i	i'nci veri değeri
x _{max}	Veri seti içindeki maksimum değer
x _{min}	Veri seti içindeki minimum değer



ÖZET

KAYA VE TOPRAK DOLGU BARAJLAR İÇİN İNŞAAT PROJELERİNDEKİ MALİYET BELİRSİZLİKLERİNİN YAPAY ZEKA TEKNİKLERİYLE TAHMİNİ

Ömer GENÇ

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Rıfat AKBIYIKLI

Haziran 2022, 64 sayfa

Bir baraj yapısının inşaatı için yaklaşık olarak otuz farklı iş kalemi bulunmaktadır. Projenin tipi, kullanılan dolgu malzemelerin miktarı, türü gibi değişkenlerden dolayı planlama ve uygulama sırasında çok fazla sayıda belirsizlik oluşmaktadır. Bu belirsizliklerden dolayı yaklaşık maliyetin hesaplanma süresi uzun bir çalışma gerektirmektedir. Yaklaşık maliyetteki belirsizlikler, işe teklif veren istekliler için de dezavantaj oluşturmakta, işi alan yüklenici firmalar verebilecekleri hatalı fiyat tekliflerinden dolayı zarara uğrayabilmekte ve işler yarıda kalabilmektedir. Yaklaşık maliyetin kısa sürede tahmini için yapay zeka ve matematiksel modeller ile yüksek doğruluk ile hesaplanabileceği yapılan literatür incelemesiyle görülmüştür. Bu çalışma kapsamında 2011 ve 2020 yılları arasında, 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu (KİK) kapsamında ihalesi yapılmış ve sonuç ilanı açıklanmış olan 114 adet baraj ve gölet projesi incelenmiş ve yaklaşık maliyet için önemli olan iş kalemleri tespit edilmiştir. Tüm projelerde yaklaşık maliyetleri birbirleri ile ilişkilendirmek için 2020 yılı Aralık ayına göre fiyatlar güncellenmiştir. Bu faktörler kullanılarak farklı yaklaşım modelleri oluşturulmuş ve oluşturulan yaklaşımlar matematiksel modellerle test edilmiştir. Oluşturulan matematiksel modellerdeki ağırlık oranları Gri Kurt Algoritması ile hesaplanmıştır. Bu çalışma sonucunda; KİK ile baraj yapılarında ihale öncesi az verinin bulunduğu ve hızlı bir şekilde yaklaşık maliyetin tespit edilmesi gerektiği durumlarda matematiksel modeller ile yüksek doğruluk oranlarında tespit edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar sözcükler: Baraj yapıları, Yaklaşık maliyet tahmini, Gri kurt algoritması

ABSTRACT

ESTIMATION OF COST UNCERTAINTIES IN CONSTRUCTION PROJECTS FOR ROCK AND EARTHFILL DAMS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUES

Student Ömer GENÇ

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Civil Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Rıfat AKBIYIKLI

June 2022, 64 pages

There are approximately thirty different work items for the construction of a dam structure. Due to variables such as the type of the project, the amount and type of filling materials used, too many uncertainties occur during planning and implementation of projects. These uncertainties prolong evaluation of the approximate cost estimates. Uncertainties in the approximate cost also disadvantage the bidders bidding for the project, contractor companies that take the job may suffer losses due to incorrect price offers that they may give, and jobs may be interrupted as well. It is seen by examining the literature that the approximate cost can be calculated with high accuracy with artificial intelligence and mathematical models to estimate it in a short time. In this study, 114 dam and pond projects, whose tender were made and the results were announced, between 2011 and 2020 within the scope of the Public Procurement Law No. 4734 (KİK) were examined and the work items that were important for the approximate cost were determined. To correlate approximate costs across all projects, prices were fixed to the December 2020 prices. By using these factors different approaches were created and the generated approaches were tested with regression models. The weight ratios of the regression models were calculated using the gray wolf algorithm. As a result of this study; it is found that dam construction through the Public Procurement Law, where there is little pre-tender data and the approximate cost needs to be determined quickly, it can be determined with high accuracy rates with mathematical models.

Keywords: Dam structures, Approximate cost estimate, Grey wolf algorithm

1. GİRİŞ

Baraj yapıları genellikle sağlam zeminli, su akışının yeterli olduğu dere ve benzeri kollarda vadilere konumlandırılan ve burada suyu depolayabilmek için yapılmış sızdırması minimuma indirilmiş bir set yapısıdır. Bir baraj yapısının dolgusunda genellikle beton, kaya veya toprak malzeme bulunabilir. Yapının dolgu içeriğinin seçimini civarda bulunan malzemelerin türleri, zemin cinsi ve ekonomik olarak yapılabilme koşullara bağlıdır. Barajların yapılarının fonksiyonel olarak amacı suyu kontrol etmek ve kurak mevsimler için gerekli olan suyun sürdürülebilirliğini sağlamaktır. Membada depolanan su sayesinde; taşkın ve sellere karşı korunma, enerji üretimi, tarım alanlarının sulanması, içme-kullanma suyu ve benzeri değişkenler için büyük miktarda su rezervi sağlanmış olur ve bu rezervin kullanımıyla ülke ekonomisine katkı sağlayarak yeni istihdam alanları oluşturur. Ülkemizin en büyük barajı olan Yusufeli’nde yaklaşık olarak 2.20 milyar metreküp su depolayabilir. Barajların çalışma prensibi, gölde depolanan büyük miktarda suyu gövdede yapılan dolgu ağırlığı ile devrilmeden dengede kalmasına bağlıdır. Genellikle talvegden yüksekliği 20 metreden kısa olan, yapım teknikleri ve teknik şartnameleri barajlar ile aynı olan yapılar gölet olarak adlandırılmaktadır.

Yaklaşık maliyeti 4734 sayılı kanundaki tanıma göre tezde incelenen konuya özet olarak; yapım türü ihalelerdeki değişkenlerin belli dayanaklara göre fiyat analizleri (katma değer vergisi hariç ve belli bir miktar yüklenici karı dahil) yapılarak bulunan tutarların miktarlarla çarpılarak hesaplanan parasal tutarların toplamı olarak tanımlanabilir [1].

Bir işin ön keşfi ile fiyat teklifi aşamasındaki maliyetler farklılık gösterebilir. Maliyeti oluşturan her bir iş kalemindeki birimler yapay zekâ metotlarıyla tahmin edilebilir. Bisen ve Dikmen’e göre işin sözleşmesinin türü, zamanı, yapılan ihalenin türü gibi bilgiler belli olmadığında maliyet analizlerinin yapılması güçleşir [2].

Bir işin ihalesinin yapılabilmesi için ilgili kamu kurumu yaklaşık maliyeti hesaplanır ve tutara göre işin ödenek bütçesi çıkartılır. Projenin türü ve kullanılan yapım malzemelerinin farklılıklarından dolayı yaklaşık maliyet hesabında birçok belirsizlik oluşmaktadır. Bu sebeple yaklaşık maliyetin ortaya çıkması uzun vakit alan bir çalışma

gerektirmektedir. Yaklaşık maliyetteki belirsizlikler, işe teklif veren istekliler için de dezavantaj oluşturmakta, işi alan yüklenici firmalar verebilecekleri hatalı fiyat tekliflerinden dolayı zarara uğrayabilmekte ve inşaat işleri askıya alınarak ekonomik kayıplar oluşmaktadır. Yaklaşık maliyetin kısa sürede tahmini için yapay zekâ ve matematiksel modeller ile yüksek doğruluk ile hesaplanabileceği yapılan literatür incelemesiyle görülmüştür.

Baraj yapımı sırasında otuz adetten fazla iş kalemi bulunmaktadır. İş kalemlerindeki belirsizliklerden dolayı meydana gelen artışlar proje maliyetlerini arttırmaktadır. Bu sebepten dolayı iş bitmemekte, işletmeye açılış süresi uzayarak zaman ve para kaybı yaşanabilmektedir. Bu çalışma kapsamında maliyet analizlerini sağlıklı olarak belirleyebilmek için, işletmeye açılmış baraj yapılarının maliyete etki eden faktörler belirlenmiş ve bu bilgiler dahilinde yapay zekâ yöntemleriyle bundan sonra yapılacak ihaleler için maliyet belirsizlikleri hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında 2011 ve 2020 yılları arasında, 4734 sayılı KİK kapsamında ihalesi yapılmış ve sonuç ilanı açıklanmış olan 114 adet baraj ve gölet projesi incelenmiş ve yaklaşık maliyet için önemli olan iş kalemleri tespit edilmiştir [3]. Tüm projelerde yaklaşık maliyetleri birbirleri ile ilişkilendirmek için 2020 yılı aralık ayına göre fiyatlar güncellenmiştir [4]. Bu faktörler kullanılarak farklı yaklaşım modelleri oluşturulmuş ve oluşturulan yaklaşımlar optimizasyon tekniği ile modellerin performansı test edilmiştir. Oluşturulan modellerdeki ağırlık oranları gri kurt algoritması ile hesaplanmıştır.

1.1. TEZİN AMACI

Bu çalışma ile 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu ile yapılan baraj ve gölet ihaleleri için yaklaşık maliyet hesabı için harcanan zaman ve kaynağın azaltılması hedeflenmiştir. Oluşturulacak olan farklı modeller vasıtasıyla yaklaşık maliyet için önemli iş kalemleri belirlenmiş ve yaklaşık maliyetin kontrolü amacı ile de kullanılarak hesaplamada gözden kaçan bir yanlışlığın önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

1.2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Literatürde, üst yapı projeleri için maliyet belirsizlikleri hakkında birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda çoğunlukla üst yapı projelerinin yapay sinir ağları ile inşaat maliyetleri hesaplanmış, hesaplatılan maliyet tahminlerinin regresyon analizi ile

güvenirliği kontrol edilmiştir.

Arafa ve Alqedra 71 farklı bina projesinden oluşan veri tabanının kullanarak yapıların yaklaşık maliyetini yapay sinir ağlarıyla modellemişlerdir. Eğitim verileri, zemin kat alanı, tipik kat alanı, kat sayısı, kolon sayısı, temel tipi, asansör sayısı ve oda sayısı olmak üzere yedi parametreden oluşmaktadır. Yaptıkları duyarlılık analizi, binalardaki zemin kat alanı, kat sayısı, temel tipi ve asansör sayısının erken bina maliyeti tahminlerini etkileyen en etkili parametreler olduğunu göstermiştir [5].

Bisen ve Dikmen ise bir yapıım içindeki belirsizliklerin tespiti için yapay zekâ ve bulanık mantığı kullanmışlar ve belirsizliklerin derecelerini tespit etmişlerdir [2].

Boussabaine ve Kaka inşaat projelerinin nakit akışlarını tahmin etmek için sinir ağlarının kullanmış ve maliyet tahmini yapmışlardır [6].

Elhag ve Boussabaine yapay sinir ağları ile maliyet tahmini yapmış, oluşturdukları iki farklı modelde %79.30 ve %82.20 ortalama doğruluk yüzdelerine ulaşmayı başarmışlardır [7].

Mir ve arkadaşları inşaat malzeme fiyatlarındaki belirsizliklerin tahmini için optimal alt ve üst sınır tahmini yöntemi ile yapay sinir ağlarını eğitmiş ve bu sonuçlara dayanan regresyon analiziyle modelin güvenilirliğini hesaplamışlardır [8].

El-Sawalhi ve Shehatto 169 adet bina projesi için proje maliyetine etki eden değişkenleri yapay sinir ağları ile modelleyerek maliyet tahminini yaklaşık %6'lık bir hata ile hesaplamışlardır [9].

Marzouk ve Elkadi 160 farklı su arıtma tesisinden oluşan veriyi, 8 farklı eğitim seti ile yapay sinir ağlarında modelleyerek minimum %21.18 oranında hata ile maliyetleri tahmin etmişlerdir [10].

Ahiaga-Dagbui ve Smith su şebekesi, artıma tesisi, kanalizasyon inşaatı ve pompa tesisleri gibi 98 farklı projedeki 10 girdi değişkeni için YSA ile analiz etmişlerdir. Analiz verilerini Çok Katmanlı Perceptron Mimarisi ve Yarı-Newton algoritmasında çıktı olarak kullanmışlardır [11].

Dobrucalı tarafından yapılan doktora tezinde, 100 adet bina projesi için korelasyon analizi yaparak 3 adet veri seti hazırlamış ve bu veri setini YSA ile analiz yapmıştır. Bu analiz sonucu bulunan bağımsız değişkenleri Gen İfadeli Programlama (GİP) kullanılarak giriş verisi yaklaşık maliyetin çıkış verisi olduğu bir algoritma kurgusu yapılmıştır. Sözleşme

bedeli belirleme katsayısı eğitim seti için 0.9948, test seti için 0.9897 olarak bulmuştur [12].

Günaydın ve Doğan 4 ve 8 kat arası 30 farklı bina projesini, 8 farklı parametre ile YSA modeli geliştirmiş ve maliyeti %93 tahmin etmişlerdir [13].

Al-Tawal ve arkadaşları 2015-2020 yılları arası inşa edilen 104 farklı bina projesinin erken dönem maliyeti için YSA modelini kullanmıştır. Oluşturdukları 3 farklı model ile maliyeti %97-%98 doğruluk elde etmişlerdir [14].

Yapılan literatür çalışmasında baraj yapıları için herhangi bir çalışma olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışma ile baraj yapıları için yaklaşık maliyetin yapay zeka teknikleri ile hesaplanabileceği bulunmuştur.



2. BARAJ YAPILARI

Bu bölümde tez kapsamında incelenen baraj yapıları hakkında genel bilgiler verilmiştir. Çalışma kapsamındaki kullanılan matematiksel modeller için kaya ve dolgu baraj türleri kullanılmıştır.

2.1. BARAJLAR YAPILARI HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Kurak mevsimlerde su ihtiyacını karşılamak, taşkınlardan oluşacak selleri önlemek, temiz enerji üretimi; tarım, sanayi ve canlıların su ihtiyacını karşılamak için büyük bir su depolama alanı olan, sağlam vadi zeminlerine yapılan yapılar baraj olarak adlandırılmaktadır. Barajlar suyu depoladığı göldeki su hacminden oluşan basıncı gövdesindeki dolgu malzemeleriyle güvenle temele aktarır. Suyun toplandığı kısma memba, barajın ön kısmı mansap bölgesi olarak adlandırılır. Baraj tasarımı yapılırken sırasıyla jeolojik çalışmalar, kullanılacak malzemeler ile ilgili stabilize, gerilme ve deplasman, sızma, dinamik, ölçüm tesisleri ve derivasyon tesisleri ile ilgili analizler yapılır. Kullanılacak dolgu malzemesinin türüne karar verildikten sonra yapılan analizlere göre projeler oluşturulur [15]. Değişken sayısının ve üretim tekniklerinden dolayı baraj yapılarında birçok belirsizlik bulunmaktadır.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 2000 yılında 1652 m^3 , 2009 yılında 1544 m^3 , 2020 yılında ise 1346 m^3 olmuştur [16]. Kişi başına düşen temiz su miktarı azalırken, yıllık su miktarı artmaktadır. Sanayi, tarım, enerji üretimini de hesaba katılırsa yıllık su ihtiyacı yaklaşık 57 milyar m^3 'e çıkmaktadır [16].

Artan nüfus, azalan tarım arazileri ve gelişen saniyeden dolayı suya olan ihtiyaç her gün artmaktadır. Baraj rezervuarında depolanan su miktarı oldukça önemlidir. Bu yüzden yüzey akışına geçen suyu depolayabilmek için dolgu ve kaplama malzemesi olarak beton, kaya, toprak veya geçirimsiz örtü kaplamalı barajlar yapılır. Baraj dolgu malzemesinin seçiminde zemin özellikleri, çeşitli hidrolojik değişkenler, ekonomik analizler, bölgenin su ihtiyacı ve yapım sırasında kullanılacak dolgu malzemelerinin temini önemli parametrelerdir. Barajlar kullanılan dolgu malzemelerinden büyük miktarda olanına göre

isimlendirilir. Tüm baraj yapıları inşa edilirken derivasyon tesisleriyle şantiye sahasında kuru bir zemin elde edildikten sonra, sağlam zemine kadar temel kazısı yapıp zemin güçlendirmesi yapılır. Projedeki dolgu malzemeleri teknik şartnamelere ve projedeki kriterlere göre serilip sıkıştırılarak gövdedeki dolgu yükselir [15].

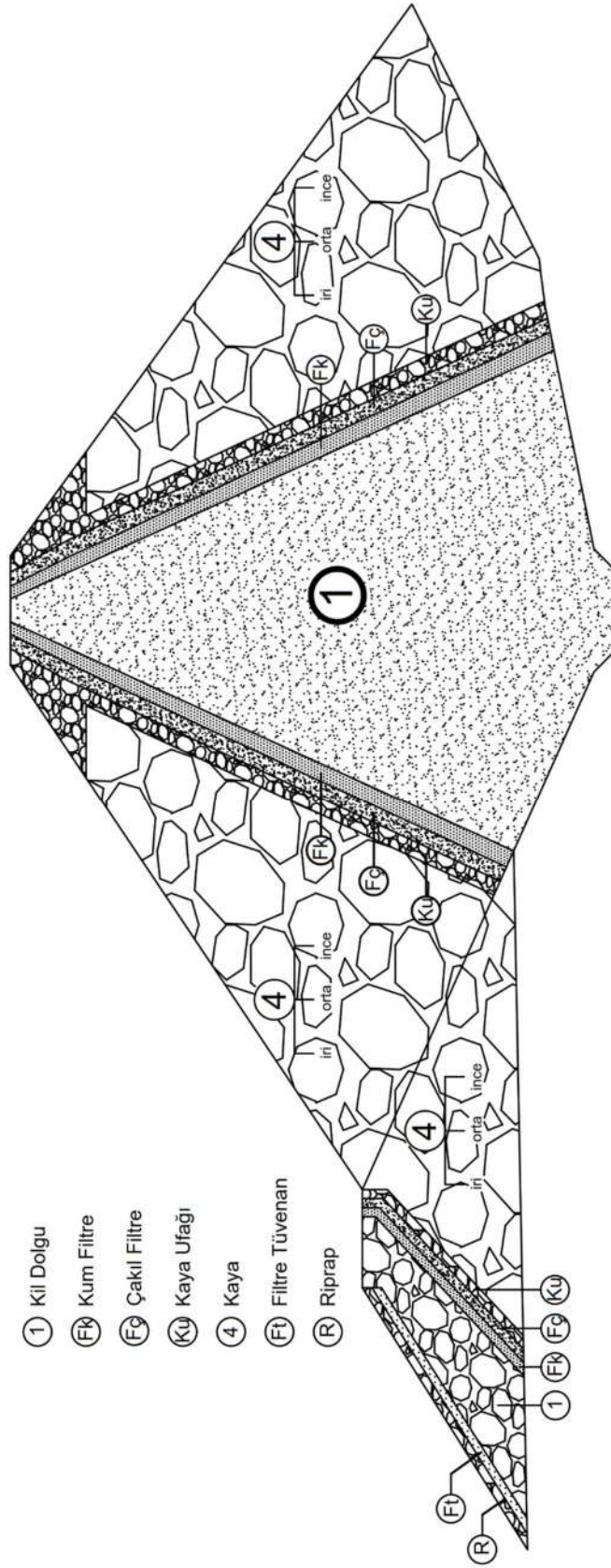
Bu tez kapsamında kaya ve toprak dolgu barajlar incelenmiştir. İmalatı bitmiş barajların büyük çoğunluğu su ihtiyacı için kullanılmaktadır.

2.1.1. Kaya Dolgu Barajlar

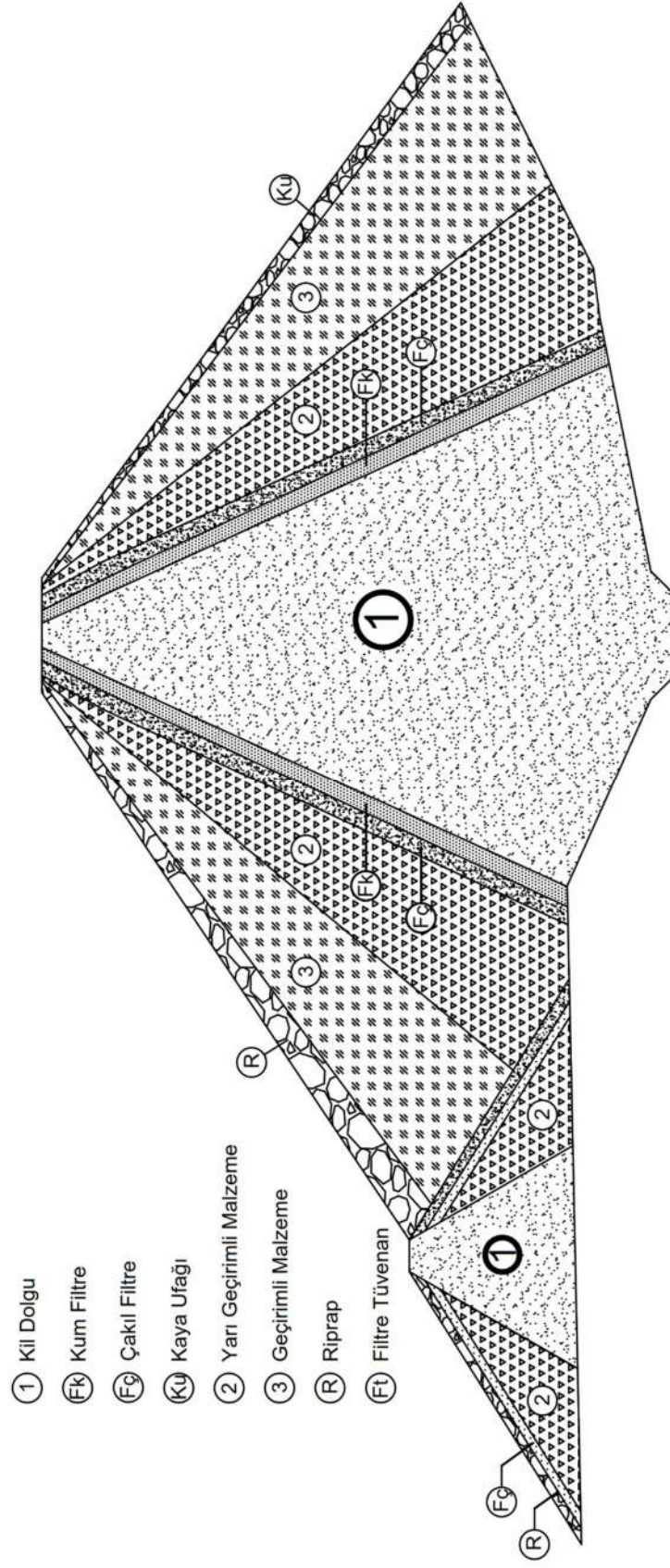
Gövde dolgu hacminin yarısından fazlasında kaya malzeme kullanılan barajlar kaya dolgu barajlar olarak adlandırılır. Baraj yapısında geçirimsizliği sağlamak için sıkıştırılmış kil çekirdek bulunur. Kaya dolgu barajlar su yüksekliği toprak dolgu barajlara göre daha fazla olan projelerde tercih edilir ve bu sayede su depolama hacmi artırılmış olur. Bu tip barajların üretimi mevsim şartlarından etkilenmez ve daha hızlı inşa edilir [15]. Ülkemizdeki önemli kaya dolgu barajlar Atatürk (184 m), Keban (207 m) ve Altinkaya (195 m) örnek verilebilir. Şekil 2.1’de örnek kaya dolgu baraj gövde kesiti verilmiştir [15].

2.1.2. Toprak Dolgu Barajlar

Gövde dolgu hacminin yarısından fazlasında toprak malzeme kullanılan barajlar toprak dolgu barajlar olarak adlandırılır. Bu tür barajlarda da kaya dolgu barajlar gibi kil çekirdek dolgu bulunur. Baraj yüksekliğinin çok fazla olmadığı durumlarda tercih edilir. Bu tür barajlarda kazıdan çıkan malzemeler kullanıldığı için yapımı ekonomiktir [15]. Dünyada en çok tercih edilen baraj türü toprak dolgu barajlardır. Şekil 2.2’de örnek toprak dolgu baraj gövde kesiti verilmiştir [15].



Şekil 2.1. Örnek kaya dolgu baraj gövde kesiti [15].



Şekil 2.2. Örnek toprak dolgu baraj kesiti [15].

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde sırasıyla çalışmada kullanılan projeler hakkında bilgiler, verilerin normalizasyonu ve algoritma modelinin geliştirilmesi hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1. PROJELERİNİN İNCELENMESİ

Ülkemizde yapılan baraj projelerinde dolgu malzemesi olarak kaya, toprak(zon) ve beton kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında veri setlerini birbiriyle ilişkilendirebilmek için 23 adet toprak dolgu 91 adet kaya dolgu projesi incelenmiştir. Analizlerde kullanılan 114 adet projeye ait proje adları, ihale yılları ve numaraları Çizelge 3.1’te sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Modelde Kullanılan Proje İsim ve İhale Bilgileri.

Sıra No	Projenin Adı	İhale Yıl ve Numarası
1	Eskişehir Mihalıççık Yarıkcı Göleti	2011/141802
2	Bilecik Merkez Selöz Göleti	2011/151258
3	Kütahya Hisarcık Güldüren Göleti	2011/182817
4	Adana-Pozantı Yağlıtaş Göleti	2011/190966
5	Sivas-Şarkışla Karacaören Göleti	2011/201244
6	Yozgat-Merkez Büyükmahal Göleti İnşaatı Yapım İşi	2011/201348
7	Ankara-Kızılcahamam Çeltikçi Kınık Göleti	2011/203901
8	Bursa Orhaneli Söğüt Göleti	2011/65632
9	Manisa-Kırkağaç Aydıncık Göleti	2011/69435
10	Ladik Göleti İnşaatı Yapım işi	2013/24329
11	Bursa Büyükşehir Durhasan Göleti	2013/28658
12	Kayseri-Sarız Çörekdere Göleti İnşaatı Yapım İşi	2013/35401
13	Kırşehir-Akpınar Pekmezci Göleti İnşaatı Yapım İşi	2013/36738
14	Uşak Banaz Bahadır Göleti	2013/38234
15	İzmir-Dikili Çandarlı Göleti	2013/49381
16	Gümüşhane Kelkit Söğütlü Göleti İnşaatı	2013/69734
17	Sakarya Pamukova Kemaliye (Deveboynu) Göleti	2014/116827
18	Sakarya Merkez Beşevler Göleti	2014/132971
19	Bursa Gemlik Küçükkuşla Göleti	2014/159752
20	Kocaeli Karamürsel İnebeyli Göleti	2014/160054
21	Yalova Armutlu Sarpdere Göleti	2014/160367
22	Yalova Armutlu Yumrudere Göleti	2014/160721
23	Çankırı-Yapraklı Yukarıöz Göleti	2014/166322
24	Bilecik Söğüt Savcıbey Göleti	2014/173025
25	Eskişehir Mihalıççık Güreş Göleti	2014/173040
26	Eskişehir Alpu Dereköy Göleti	2014/176962
27	Uşak Eşme Dereköy Göleti	2011/114365

Çizelge 3.1. (devamı) Modelde Kullanılan Proje İsim ve İhale Bilgileri.

Sıra No	Projenin Adı	İhale Yıl ve Numarası
28	Manisa-Selendi Ayanlar Göleti	2011/160522
29	İzmir-Tire Yenişehir Göleti	2011/185782
30	İzmir-Menemen Emiralem Göleti	2011/189641
31	Uşak Banaz Karaköse Göleti	2011/202836
32	Manisa Kula Bebekli Göleti	2011/206019
33	Yozgat-Sorgun Gülşehir (Hoşumlu) Göleti İnşaatı	2011/206669
34	Uşak Merkez Derbent Göleti	2011/206837
35	Uşak Merkez Kayaagıl Göleti	2011/207098
36	İzmir Menemen Süleymanlı Göleti İnşaatı	2011/208483
37	Manisa-Kula Çelengöz Göleti	2011/76208
38	İzmir-Dikili Harputlu Göleti	2011/81658
39	Kütahya Tavşanlı Uluçam Göleti	2011/83297
40	Manisa-Alaşehir Kavaklıdere Göleti	2011/84885
41	Uşak Eşme Güllübağ Göleti	2012/102623
42	Sivas-Ulaş Karaşar Göleti	2012/119576
43	Yozgat-Kadışehir Halıköy Göleti İnşaatı Yapım İşi	2012/146804
44	Yozgat-Sorgun Taşlık Göleti İnşaatı	2012/163555
45	Ankara – Haymana Türkserefli Göleti İnşaatı	2012/166007
46	Bursa Keles Sorgun Göleti İnşaatı	2012/178077
47	Bursa Kestel Gözede Göleti	2012/182906
48	Sivas-Yıldızeli Halkaçayır Göleti	2012/191088
49	Kırıkkale Balışeyh Akçakavak Göleti	2012/195462
50	Sivas-Yıldızeli Çağlayan Göleti	2012/22199
51	Sivas-Yıldızeli Topulyurdu Göleti	2012/32081
52	Ankara-Ayaş Gökler Göleti	2012/44752
53	İzmir Foça Arpaçay Göleti İnşaatı	2012/56001
54	Sivas-Kangal Çatköy Göleti	2012/57376
55	İzmir-Aliaga Yenişakran Göleti İnşaatı	2012/59768
56	Bursa Osmangazi Büyükdeliller Kızılkaya Göleti	2012/67485
57	Çorum - Merkez Şeyh Mustafa Göleti İnşaatı	2012/75112
58	Çorum - Boğazkale Evcı Göleti İnşaatı	2012/75392
59	Sivas-Merkez Tutmaç Göleti	2012/94908
60	Giresun-Alucra Çalgan Göleti	2013/102136
61	Diyarbakır Hani Güçlü Göleti İnşaatı	2013/103773
62	Siirt Veysel Karani Göleti İnşaatı	2013/103832
63	Yozgat-Sorgun Gevrek Göleti İnşaatı Yapım İşi	2013/107303
64	Bayburt Akşar Mehmet Aslan Göleti İnşaatı	2013/113555
65	Ankara Polatlı Karaahmetli Göleti İnşaatı	2013/126308
66	Sivas-Yıldızeli Yakup Göleti	2013/130630
67	Bursa İznik Derbent Göleti	2013/131569
68	Samsun-Ladik Fındık Göleti Yapım İşi	2013/132690
69	Sivas-Yıldızeli Kaman Göleti	2013/140028
70	Kars Sarıkamış Yedi Kasım Göleti	2013/149609
71	Çorum Ortaköy Daniş Göleti İnşaatı	2013/153623

Çizelge 3.1. (devamı) Modelde Kullanılan Proje İsim ve İhale Bilgileri.

Sıra No	Projenin Adı	İhale Yıl ve Numarası
72	Sivas-Kangal Hüyüküyurt Göleti	2013/155199
73	Bursa Kestel Ağlaşan Kayacık Göleti	2013/167267
74	Giresun Şebinkarahisar Şaplıca Göleti İnşaatı	2013/168281
75	Eskişehir Sivrihisar Nasrettinhoca Göleti	2013/170571
76	Kütahya Gediz Yağmurlar Göleti	2013/179822
77	Giresun-Şebinkarahisar Dönerçay Göleti	2013/180503
78	Giresun-Şebinkarahisar Ovacık Göleti	2013/183093
79	Sakarya- Merkez Kışlaköy Göleti	2013/185185
80	Giresun Alucra Yeşilyurt Göleti	2013/186500
81	Giresun Alucra Göleti	2013/186505
82	Uşak Merkez Kocadere Göleti	2013/189617
83	Kütahya Tavşanlı Doğanlar Göleti	2013/191786
84	Gümüşhane Kelkit Gündül Göleti İnşaatı	2013/193680
85	Gümüşhane-Merkez Aktutan Göleti	2013/193826
86	Gümüşhane-Şiran Bahçeli Göleti	2013/193937
87	Bursa İnegöl Çavuşköy Göleti	2013/194444
88	Bursa Büyükorhan Aktaş Göleti	2013/194551
89	Afyonkarahisar Merkez Halımoru Göleti İnşaatı	2013/43801
90	Gümüşhane Kelkit Örenbel Göleti İnşaatı	2013/52768
91	Bayburt Merkez Çayırözü Göleti İnşaatı	2013/58072
92	Bursa Yenişehir Gökçesu Göleti	2013/64433
93	Bursa Orhaneli Altıntaş Göleti	2013/68464
94	Bursa Yenişehir Fethiye Göleti	2013/71656
95	Bayburt Merkez Konursu Göleti İnşaatı	2013/75234
96	Tekirdağ Saray Ayvacık Göleti Yapım İşi	2013/76322
97	Ankara Ayaş Başayaş Göleti İnşaatı	2013/76497
98	İzmir-Karaburun Bozköy Göleti	2013/78199
99	Gümüşhane Köse Oylumdere Göleti İnşaatı	2013/81243
100	Ankara Ayaş Tekke Göleti İnşaatı	2013/84463
101	Afyonkarahisar Çobanlar Göynük Göleti İnşaatı	2013/98463
102	Afyonkarahisar Taşlıdere Yörükkaracaören Göleti	2013/98654
103	Bilecik Gölpazarı Demirhanlar Göleti	2014/126012
104	Sivas-Yıldızeli Gündoğan Gölet'i İnşaatı	2014/144785
105	Kütahya Gediz Muratdağı Göleti	2014/156686
106	Sakarya Pamukova Çilekli Göleti	2014/159404
107	Kütahya Tavşanlı Kışlademirli Göleti	2014/168823
108	Ankara-Ayaş Arıklar Bağlı Göleti	2014/179803
109	Manisa Akhisar Gürdük Göleti	2015/24371
110	Manisa Gördes Kobaklar Göleti	2017/176135
111	Manisa Demirci Kuzuköy Göleti	2017/181261
112	İzmir Kemalpaşa Akalan Göleti	2017/202553
113	İzmir Kemalpaşa Ansızca Göleti	2017/205488
114	İzmir Bergama Seklik Göleti	2020/544867

3.2. VERİ SETLERİNİN HAZIRLANMASI

Bu çalışmada kullanılan 114 adet baraj ve gölet projesi 2011-2020 yılları arası ihalesi yapılmış ve sonuçlanmış işlerden oluşmaktadır. Verilere ait bilgilerin tümü Elektronik Kamu Alımları Protokolü'nde (EKAP) bulunan yaklaşık maliyete ait parasal tutarlar ve birim fiyat teklif cetvellerindeki imalat miktarlardan yararlanılmıştır. İhale edilen yıllar farklı olduğundan tüm yaklaşık maliyetler Türkiye İstatistik Kurumu verileri kullanılarak 2020 Aralık ayına göre güncellenmiş ve fiyat değişkenleri birbiriyle ilişkilendirilmiştir. Çizelge 3.2'de yaklaşık maliyetlerin Aralık 2020 tarihine göre güncellenmesine ait örnek verilmiştir [4].

Çizelge 3.2. Yaklaşık Maliyetlerin Güncellenmesi [4].

İhaleye Ait Bilgiler	
İşin Adı:	Ankara-Kızılcahamam Çeltikçi Kınık Göleti
İhale No:	2011/203901
İhale Tarihi:	17.01.2012
Yİ-ÜFE Fiyat Güncellemesi	
İhale Ayı Endeksi (01/2012):	203.100
Güncellenen Endeks (12/2020):	568.270
Fiyat Çarpanı:	2.798
01/2012 Yaklaşık Maliyet Tutarı (TL):	7,749,362.48
12/2020 Yaklaşık Maliyet Tutarı (TL):	21,682,571.23

Tez kapsamında tüm projelerin güncellenmiş yaklaşık maliyetleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Modelde Kullanılan Güncellenmiş Yaklaşık Maliyetler.

Sıra No	İhale İlanı Proje Adı	İhale Yıl ve Numarası	Güncel Yaklaşık Maliyet (TL)
1	Eskişehir Mihalıççık Yarıkcı Göleti	2011/141802	12,621,912.07
2	Bilecik Merkez Selöz Göleti	2011/151258	14,594,067.96
3	Kütahya Hisarcık Güldüren Göleti	2011/182817	9,961,600.85
4	Adana-Pozantı Yağlıtaş Göleti	2011/190966	34,604,506.32
5	Sivas-Şarkışla Karacaören Göleti	2011/201244	13,765,480.54
6	Yozgat-Merkez Büyükmahal Göleti İnşaatı	2011/201348	21,264,657.80
7	Ankara-Kızılcahamam Çeltikçi Kınık Göleti	2011/203901	21,682,571.23

Çizelge 3.3. (devamı) Modelde Kullanılan Güncellenmiş Yaklaşık Maliyetler.

Sıra No	İhale İlanı Proje Adı	İhale Yıl ve Numarası	Güncel Yaklaşık Maliyet (TL)
8	Bursa Orhaneli Söğüt Göleti	2011/65632	11,985,345.62
9	Manisa-Kırkağaç Aydıncık Göleti	2011/69435	21,172,390.19
10	Ladik Göleti İnşaatı Yapım İşi	2013/24329	57,379,574.59
11	Bursa Büyükşehir Durhasan Göleti	2013/28658	23,411,903.85
12	Kayseri-Sarız Çörekdere Göleti İnşaatı	2013/35401	16,724,306.46
13	Kırşehir-Akpınar Pekmezci Göleti İnşaatı	2013/36738	13,708,447.92
14	Uşak Banaz Bahadır Göleti	2013/38234	68,909,591.81
15	İzmir-Dikili Çandarlı Göleti	2013/49381	21,590,695.32
16	Gümüşhane Kelkit Söğütlü Göleti İnşaatı	2013/69734	24,042,008.31
17	Sakarya Pamukova Kemaliye Göleti	2014/116827	18,867,190.41
18	Sakarya Merkez Beşevler Göleti	2014/132971	84,316,004.93
19	Bursa Gemlik Küçükkuşla Göleti	2014/159752	26,554,881.69
20	Kocaeli Karamürsel İnebeyli Göleti	2014/160054	14,763,174.62
21	Yalova Armutlu Sarpdere Göleti	2014/160367	17,832,204.65
22	Yalova Armutlu Yumrudere Göleti	2014/160721	26,078,957.54
23	Çankırı-Yapraklı Yukarıöz Göleti	2014/166322	29,352,543.78
24	Bilecik Söğüt Savcıbey Göleti	2014/173025	16,756,399.21
25	Eskişehir Mihalıççık Güreş Göleti	2014/173040	18,716,629.54
26	Eskişehir Alpu Dereköy Göleti	2014/176962	17,357,822.72
27	Uşak Eşme Dereköy Göleti	2011/114365	11,774,530.24
28	Manisa-Selendi Ayanlar Göleti	2011/160522	25,179,518.63
29	İzmir-Tire Yenişehir Göleti	2011/185782	25,075,066.88
30	İzmir-Menemen Emiralem Göleti	2011/189641	21,700,118.87
31	Uşak Banaz Karaköse Göleti	2011/202836	25,181,551.81
32	Manisa Kula Bebekli Göleti	2011/206019	13,981,512.51
33	Yozgat-Sorgun Gülşehri Göleti İnşaatı	2011/206669	16,803,607.51
34	Uşak Merkez Derbent Göleti	2011/206837	22,382,451.33
35	Uşak Merkez Kayaagıl Göleti	2011/207098	19,529,909.40
36	İzmir Menemen Süleymanlı Göleti	2011/208483	16,784,854.73
37	Manisa-Kula Çelengöz Göleti	2011/76208	16,567,177.55
38	İzmir-Dikili Harputlu Göleti	2011/81658	8,849,609.94
39	Kütahya Tavşanlı Uluçam Göleti	2011/83297	13,741,833.98
40	Manisa-Alaşehir Kavaklıdere Göleti	2011/84885	26,132,153.27
41	Uşak Eşme Güllübağ Göleti	2012/102623	27,884,520.07
42	Sivas-Ulaş Karaşar Göleti	2012/119576	6,915,404.73
43	Yozgat-Kadışehri Halıköy Göleti	2012/146804	27,381,227.72

Çizelge 3.3. (devamı) Modelde Kullanılan Güncellenmiş Yaklaşık Maliyetler.

Sıra No	İhale İlanı Proje Adı	İhale Yıl ve Numarası	Güncel Yaklaşık Maliyet (TL)
44	Yozgat-Sorgun Taşlık Göleti İnşaatı	2012/163555	35,638,525.74
45	Ankara – Haymana Türkşerefli Göleti	2012/166007	45,552,346.02
46	Bursa Keles Sorgun Göleti İnşaatı	2012/178077	15,101,357.18
47	Bursa Kestel Gözede Göleti	2012/182906	13,325,192.44
48	Sivas-Yıldızeli Halkaçayır Göleti	2012/191088	7,778,204.24
49	Kırıkkale Balışeyh Akçakavak Göleti	2012/195462	21,019,307.60
50	Sivas-Yıldızeli Çağlayan Göleti	2012/22199	17,263,894.48
51	Sivas-Yıldızeli Topulyurdu Göleti	2012/32081	14,625,263.39
52	Ankara-Ayaş Gökler Göleti	2012/44752	11,517,946.06
53	İzmir Foça Arpaçay Göleti İnşaatı	2012/56001	8,319,804.04
54	Sivas-Kangal Çatköy Göleti	2012/57376	24,374,447.70
55	İzmir-Aliaga Yenişakran Göleti İnşaatı	2012/59768	14,071,186.96
56	Bursa Osmangazi Kızılkaya Göleti	2012/67485	16,820,913.80
57	Çorum - Merkez Şeyh Mustafa Göleti	2012/75112	26,550,638.80
58	Çorum - Boğazkale Evcı Göleti İnşaatı	2012/75392	78,991,577.69
59	Sivas-Merkez Tutmaç Göleti	2012/94908	13,259,502.23
60	Giresun-Alucra Çalgan Göleti	2013/102136	19,746,366.95
61	Diyarbakır Hani Güçlü Göleti İnşaatı	2013/103773	20,023,647.32
62	Siirt Veysel Karani Göleti İnşaatı	2013/103832	15,175,164.81
63	Yozgat-Sorgun Gevrek Göleti İnşaatı	2013/107303	21,262,874.17
64	Bayburt Akşar Mehmet Aslan Göleti	2013/113555	42,122,529.53
65	Ankara Polatlı Karaahmetli Göleti	2013/126308	35,935,889.90
66	Sivas-Yıldızeli Yakup Göleti	2013/130630	15,038,072.20
67	Bursa İznik Derbent Göleti	2013/131569	10,731,661.19
68	Samsun-Ladik Fındıcak Göleti	2013/132690	20,283,894.17
69	Sivas-Yıldızeli Kaman Göleti	2013/140028	19,549,172.99
70	Kars Sarıkamış Yedi Kasım Göleti	2013/149609	43,361,211.24
71	Çorum Ortaköy Daniş Göleti İnşaatı	2013/153623	19,068,011.43
72	Sivas-Kangal Hüyüküyurt Göleti	2013/155199	14,412,949.69
73	Bursa Kestel Ağlaşan Kayacık Göleti	2013/167267	21,916,591.49
74	Giresun Şebinkarahisar Şaplıca Göleti	2013/168281	35,544,889.17
75	Eskişehir Sivrihisar Nasrettinhoca Göleti	2013/170571	34,116,744.44
76	Kütahya Gediz Yağmurlar Göleti	2013/179822	29,139,916.49
77	Giresun-Şebinkarahisar Dönençay Göleti	2013/180503	32,767,841.30
78	Giresun-Şebinkarahisar Ovacık Göleti	2013/183093	23,485,166.30
79	Sakarya - Merkez Kışlaköy Göleti	2013/185185	19,855,777.91

Çizelge 3.3. (devamı) Modelde Kullanılan Güncellenmiş Yaklaşık Maliyetler.

Sıra No	İhale İlanı Proje Adı	İhale Yıl ve Numarası	Güncel Yaklaşık Maliyet (TL)
80	Giresun Alucra Yeşilyurt Göleti	2013/186500	20,967,462.41
81	Giresun Alucra Göleti	2013/186505	33,001,282.52
82	Uşak Merkez Kocadere Göleti	2013/189617	24,072,720.86
83	Kütahya Tavşanlı Doğanlar Göleti	2013/191786	21,382,516.00
84	Gümüşhane Kelkit Güdül Göleti İnşaatı	2013/193680	18,275,900.29
85	Gümüşhane-Merkez Aktutan Göleti	2013/193826	27,335,769.47
86	Gümüşhane-Şiran Bahçeli Göleti	2013/193937	24,663,515.04
87	Bursa İnegöl Çavuşköy Göleti	2013/194444	13,427,504.59
88	Bursa Büyükşehir Aktaş Göleti	2013/194551	19,416,098.25
89	Afyonkarahisar Halımoru Göleti	2013/43801	12,123,699.20
90	Gümüşhane Kelkit Örenbel Göleti İnşaatı	2013/52768	22,849,799.01
91	Bayburt Merkez Çayırözü Göleti	2013/58072	21,774,319.64
92	Bursa Yenişehir Gökçesu Göleti	2013/64433	26,374,697.82
93	Bursa Orhaneli Altıntaş Göleti	2013/68464	21,705,513.08
94	Bursa Yenişehir Fethiye Göleti	2013/71656	12,319,849.85
95	Bayburt Merkez Konursu Göleti İnşaatı	2013/75234	23,922,320.69
96	Tekirdağ Saray Ayvacık Göleti Yapım İşi	2013/76322	8,346,157.83
97	Ankara Ayaş Başayaş Göleti İnşaatı	2013/76497	14,560,247.21
98	İzmir-Karaburun Bozköy Göleti	2013/78199	34,398,653.11
99	Gümüşhane Köse Oylumdere Göleti İnşaatı	2013/81243	22,752,250.40
100	Ankara Ayaş Tekke Göleti İnşaatı	2013/84463	10,299,723.16
101	Afyonkarahisar Çobanlar Göynük Göleti	2013/98463	9,597,819.27
102	Afyonkarahisar Bolvadin Taşlıdere Göleti	2013/98654	10,794,478.50
103	Bilecik Gölpazarı Demirhanlar Göleti	2014/126012	93,693,961.61
104	Sivas-Yıldızeli Gündoğan Gölet'i İnşaatı	2014/144785	20,382,605.33
105	Kütahya Gediz Muratdağı Göleti	2014/156686	73,302,675.92
106	Sakarya Pamukova Çilekli Göleti	2014/159404	30,044,183.70
107	Kütahya Tavşanlı Kışlademirli Göleti	2014/168823	39,156,158.89
108	Ankara-Ayaş Arıklar Bağ Göleti	2014/179803	20,611,417.25
109	Manisa Akhisar Gürdük Göleti	2015/24371	69,310,765.64
110	Manisa Gördes Kobaklar Göleti	2017/176135	24,763,878.24
111	Manisa Demirci Kuzuköy Göleti	2017/181261	20,931,259.19
112	İzmir Kemalpaşa Akalan Göleti	2017/202553	20,317,303.99

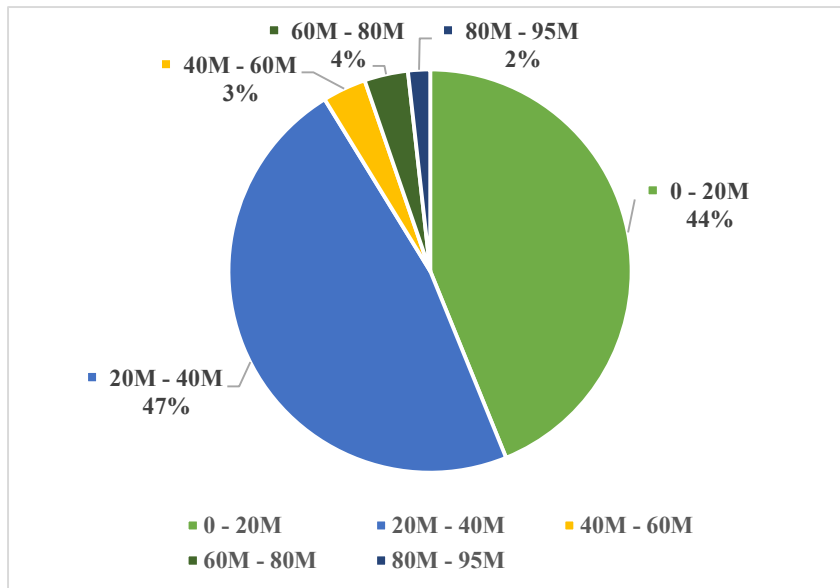
Çizelge 3.3. (devamı) Modelde Kullanılan Güncellenmiş Yaklaşık Maliyetler.

Sıra No	İhale İlanı Proje Adı	İhale Yıl ve Numarası	Güncel Yaklaşık Maliyet (TL)
113	İzmir Kemalpaşa Ansızca Göleti	2017/205488	34,352,589.68
114	İzmir Bergama Seklik Göleti	2020/544867	20,470,309.14

Güncellenmiş maliyetlere göre 114 proje içinde 44 numaralı Sivas-Ulaş Karaşar Göleti (toprak dolgu) 6,915,404.73 TL ile en düşük tutarı, 103 numaralı Bilecik Gölüzpazarı Demirhanlar Göleti (kaya dolgu) ise 93,693,961.61 TL ile en büyük tutara sahiptir. Projelerin aritmetik ortalaması 24,239,717.60 TL'dir. Yaklaşık maliyetlerin gruplandırılmış ve grafiksel gösterimleri Çizelge 3.4 ve Şekil 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Yaklaşık Maliyetlerin Tutar Aralıklarına Göre Sayıları.

Yaklaşık Maliyet Tutar Aralığı (Milyon TL)	Proje Sayısı (Adet)
0 - 20M	50
20M - 40M	54
40M - 60M	4
60M - 80M	4
80M - 95M	2
Toplam	114



Şekil 3.1. Yaklaşık maliyetlerin gruplandırılması.

Oluşturulan veri setlerinden yaklaşık %70'i eğitim verisi, %30'u test verisi olarak kullanılmıştır.

3.3. PROJELERDE KULLANILAN DEĞİŞKENLERİN TANIMLARI

Bu çalışma kapsamındaki baraj projelerindeki imalatlar incelendiğinde yaklaşık olarak 30 farklı imalat kalemi olduğu sonucuna varılmıştır. Benzer imalat faktörleri kendi imatları içinde değerlendirildiğinde Yaklaşık Maliyet Değişkeni, Kazı Değişkeni, Kaya Dolgu Değişkeni, Filtre Dolgu Değişkeni, Kil Dolgu Değişkeni, Toprak Dolgu Değişkeni, Karışık Dolgu Değişkeni, Diğer Dolgu Değişkeni, Beton Değişkeni, Donatı Değişkeni, Enjeksiyon İşleri Değişkeni, Demir İşleri Değişkeni, Sızdırmazlık-Drenaj Değişkeni, Ulaşım Yolu Değişkeni, Kamulaştırma Değişkeni ve Süre Değişkeni olmak üzere 16 grup değişken oluşturulmuştur. Bu değişkenlerin içeriği aşağıda açıklanmıştır [15].

Yaklaşık Maliyet Değişkeni: EKAP sitesinde elde edilen yaklaşık maliyet tutarlarının 2020 Aralık ayına göre güncellenmiş değerinin Türk lirası cinsinden parasal tutarını,

Kazı Değişkeni: Projelere ve teknik şartnamelere uygun şekilde, her türlü zeminde açıkta yapılan kazıların bitkisel toprağın tekrar köklenmeyecek şekilde temizlenmesi ile elde edilen değerlerin toplamının m^3 cinsinden hacmini,

Kaya Dolgu Değişkeni: Projelere ve teknik şartnamelere uygun şekilde, idarenin gösterdiği veya onayladığı ocaklardan kaya dolgu malzemesinin çıkarılıp şantiye alanına nakliye edilerek projesine uygun şekilde serilip sıkıştırılması sonucu ile elde edilen değerlerin toplamının m^3 cinsinden hacmini,

Filtre Dolgu Değişkeni: Projelere ve teknik şartnamelere uygun şekilde, idarenin gösterdiği veya onayladığı ocaklardan filtre dolgu malzemesinin çıkarılıp şantiye alanına nakliye edilerek projesine uygun şekilde serilip sıkıştırılması sonucu ile elde edilen değerlerin toplamının m^3 cinsinden hacmini,

Kil Dolgu Değişkeni: Projelere ve teknik şartnamelere uygun şekilde, idarenin gösterdiği veya onayladığı ocaklardan kil dolgu malzemesinin çıkarılıp şantiye alanına nakliye edilerek projesine uygun şekilde serilip sıkıştırılması sonucu ile elde edilen değerlerin toplamının m^3 cinsinden hacmini,

Toprak Dolgu Değişkeni: Projelere ve teknik şartnamelere uygun şekilde, idarenin gösterdiği veya onayladığı ocaklardan toprak dolgu malzemesinin çıkarılıp şantiye

alanına nakliye edilerek projesine uygun şekilde serilip sıkıştırılması sonucu ile elde edilen değerlerin toplamının m^3 cinsinden hacmini,

Karışık Dolgu Değişkeni: Yukarıda tanımlanmış olan kaya, filtre, kil ve toprak dolgu değerlerinin toplamının m^3 cinsinden hacmini,

Diğer Dolgu Değişkeni: Yukarıda tanımlanmış olan filtre, kil ve toprak dolgu değerlerinin toplamının m^3 cinsinden hacmini,

Dolgu Değişkeni: Projelere ve teknik şartnamelere uygun şekilde, malzeme ocaklarından elde edilen kil, kaya, çakıl, filtre, kum ve tüvenan dolgu malzemelerinin serilmesi ve sıkıştırılması ile elde edilen değerlerin toplamının m^3 cinsinden hacmini,

Beton Değişkeni: Projelere ve teknik şartnamelere uygun şekilde, belirtilen beton cinsine göre üretilen demirli ve demirsiz betonun kalıp işçiliği dahil elde edilen değerlerin toplamının m^3 cinsinden hacmini,

Donatı Değişkeni: Projelere ve teknik şartnamelere uygun şekilde, kesilip ve şekil verilen her türlü donatı çeliği değerlerinin toplamının ton cinsinden ağırlığını,

Enjeksiyon İşleri Değişkeni: Projelere ve teknik şartnamelere uygun şekilde, her cins klastaki zeminlerde yapılan enjeksiyon değerlerinin toplamının m^3 cinsinden hacmini,

Demir İşleri Değişkeni: Projelere ve teknik şartnamelere uygun şekilde, cebri boru, mesnetler, ek parçalar ve diğer demir işlerinin oluşturduğu ağırlığın kilogram cinsinden ağırlığını,

Sızdırmazlık-Drenaj Değişkeni: Projelere ve teknik şartnamelere uygun şekilde, sızdırmazlık ve drenaj işlerinin oluşturduğu uzunluğun metre cinsinden miktarını,

Ulaşım Yolu Değişkeni: Projelere ve teknik şartnamelere uygun şekilde, malzeme ocakları yolları, baraj yolları, kret ulaşım yolu için yapılan kazı ve bu yollara ait serilen malzemelerin toplamının m^3 cinsinden hacmini,

Kamulaştırma Değişkeni: Baraj gövdesi, ulaşım yolları ve malzeme ocaklarını kapsayan şantiye alanı içindeki kamulaştırılması gereken arazi parçalarının kilometre cinsinden toplam miktarını,

Süre Değişkeni: İdarece ilgili projenin yapılabilmesi için tatil günleri dahil işin toplam süresinin gün cinsinden değerini ifade etmektedir.

3.4. VERİLERİN NORMALİZASYONU

Çalışmada kullanılan birbirinden farklı birimdeki değişkenlerin birbiriyle ilişkilendirebilmek için tüm veri setindeki değişkenler normalleştirilmiştir. Literatürde normalleştirme için birçok yöntem kullanılmaktadır. En çok tercih edilen yöntemler İstatistiksel veya Z-Skoru, Min-Max, Medyan, Sigmoid Normalizasyonları örnek olarak verilebilir [17]. Bu çalışma kapsamında YSA modelindeki veriler için Min-Max Normalizasyonu yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile veriler 0-1 arasında verileri doğrusal bir metotla normalleştirir. Denklem (3.1)'de bu yönteme ait formül sunulmuştur [17].

$$x' = (x_{max} - x_{min}) * \frac{(x_i - x_{min})}{(x_{max} - x_{min})} + x_{min} \quad (3.1)$$

Burada,

x' = Normalize edilen değeri,

x_i = i'nci veri değerini,

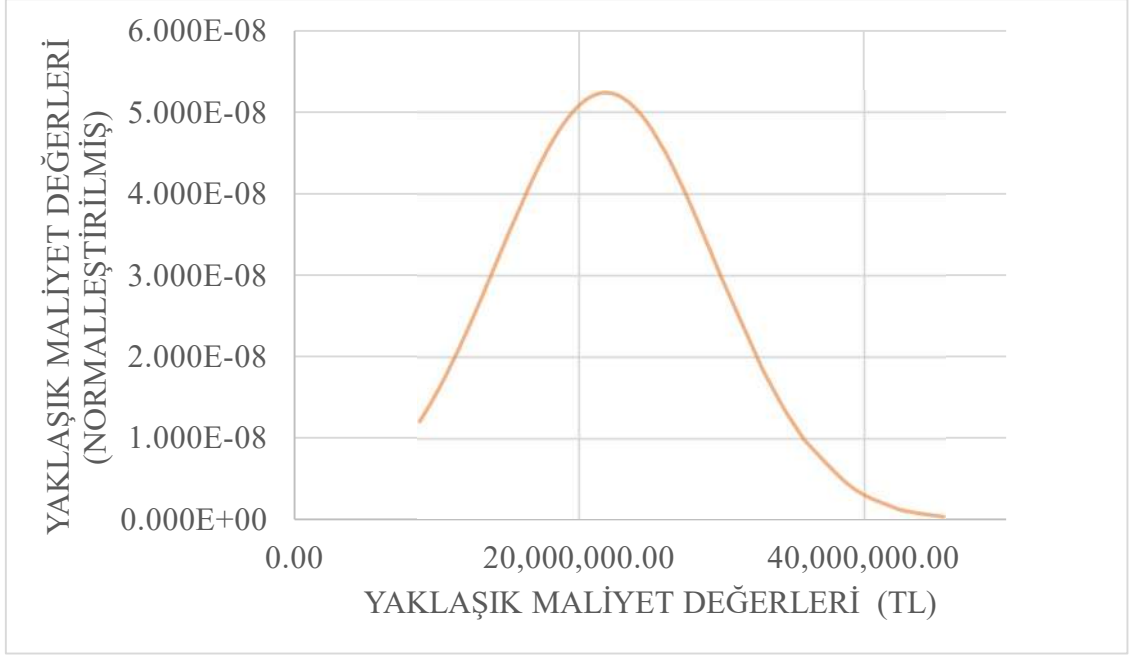
x_{min} = Veri seti içendeki minimum değeri,

x_{max} = Veri seti içendeki maksimum değeri,

ifade etmektedir.

Her bir proje değişkeninde veriler normalleştirilirken hata analiz değerlerinin tanımsız (sıfıra bölüm) olmaması için x_{max} değerlerinde artış, x_{min} değerlerinde azaltış yapılmıştır.

Bu tez kapsamında tanımlanan tüm değişkenler Min-Max normalizasyonu ile normalleştirilerek algorithmada veri girdisi olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.2. Yaklaşık maliyetlere ait normalleştirilmiş grafik.

Normalleştirilmiş verilerin modelde kullanılabilmesi için Tabahnick ve diğerlerine göre çarpıklık ve basıklık veri değerleriyle de kullanılabileceği belirtmiştir [18].

3.5. MATEMATİKSEL MODELLERİN OLUŞTURULMASI

Yaklaşık maliyetin tahmini için 50 farklı tahmin modeli oluşturulmuştur. Bu modellerdeki bağımsız değişkenlerden (Kazı, Kaya Dolgu, Filtre Dolgu, Kil Dolgu, Toprak Dolgu, Karışık Dolgu, Diğer Dolgu, Beton, Donatı, Enjeksiyon İşleri, Demir İşleri, Sızdırmazlık-Drenaj, Ulaşım Yolu, Kamulaştırma ve Süre) 4'ü seçilerek farklı kombinasyonlar oluşturulup yaklaşık maliyet hesaplanmıştır. Veri setleri kullanılarak Lineer (Denklem (3.2)), Power (Denklem (3.3)), Quadratic (Denklem (3.4)) ve Semi Quadratic (Denklem (3.5)) modellerle eğitim seti oluşturulmuştur [19]. Anlamlı ilişki kurulamayan tahmin modelleri elendiğinde 16 farklı modelde tahmin yapılmıştır.

3.5.1. Lineer Model

Lineer modelde normalleştirilmiş bağımsız değişken parametreleri (A, B, C, D) ile 5 farklı ağırlık değişkeni (w_1, w_2, w_3, w_4, w_5) mevcuttur. Bu modelin matematiksel formülü;

$$YM = w_1 * A + w_2 * B + w_3 * C + w_4 * D + w_5 \quad (3.2)$$

Burada,

$w_1, \dots, w_4$ = Matematiksel model ağırlık değişkeni,

$A, \dots, D$ = Veri setleri içindeki bağımsız değişkenlerin normalleştirilmiş değerlerini,

w_5 = Hata düzeltme katsayısını,

ifade etmektedir.

3.5.2. Power Model

Power modelde normalleştirilmiş bağımsız değişken parametreleri (A, B, C, D) ile 9 farklı ağırlık değişkeni ($w_1, w_2, w_3, \dots, w_9$) mevcuttur. Bu modelin matematiksel formülü;

$$YM = w_1 * (A)^{w_2} + w_3 * (B)^{w_4} + w_5 * (C)^{w_6} + w_7 * (D)^{w_8} + w_9 \quad (3.3)$$

Burada,

$w_1, \dots, w_8$ = Matematiksel model ağırlık değişkeni,

$A, \dots, D$ = Veri setleri içindeki bağımsız değişkenlerin normalleştirilmiş değerlerini,

w_9 = Hata düzeltme katsayısını,

ifade etmektedir.

3.5.3. Quadratic Model

Quadratic modelde normalleştirilmiş bağımsız değişken parametreleri (A, B, C, D) ile 11 farklı ağırlık değişkeni ($w_1, w_2, w_3, \dots, w_{11}$) mevcuttur. Bu modelin matematiksel formülü;

$$\begin{aligned} YM = & w_1 * (A)^2 + w_2 * (B)^2 + w_3 * (C)^2 + w_4 * (D)^2 + w_5 * (A) * (B) + \\ & w_6 * (A) * (C) + w_7 * (A) * (D) + w_8 * (B) * (C) + w_9 * (B) * (D) + \\ & w_{10} * (C) * (D) + w_{11} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Burada,

$w_1, \dots, w_{10}$ = Matematiksel model ağırlık değişkeni,

$A, \dots, D$ = Veri setleri içindeki bağımsız değişkenlerin normalleştirilmiş değerlerini,

w_{11} = Hata düzeltme katsayısını,

ifade etmektedir.

3.5.4. Semi Quadratic Model

Semi Quadratic modelde normalleştirilmiş bağımsız değişken parametreleri (A, B, C, D) ile 11 farklı ağırlık değişkeni ($w_1, w_2, w_3, \dots, w_{11}$) mevcuttur. Bu modelin matematiksel formülü;

$$\begin{aligned} YM = & w_1 * (A) + w_2 * (B) + w_3 * (C) + w_4 * (D) + w_5 * \sqrt{(A) * (B)} + \\ & w_6 * \sqrt{(A) * (C)} + w_7 * \sqrt{(A) * (D)} + w_8 * \sqrt{(B) * (C)} + w_9 * \sqrt{(B) * (D)} \\ & + w_{10} * \sqrt{(C) * (D)} + w_{11} \end{aligned} \quad (3.5)$$

Burada,

$w_1, \dots, w_{10}$ = Matematiksel model ağırlık değişkeni,

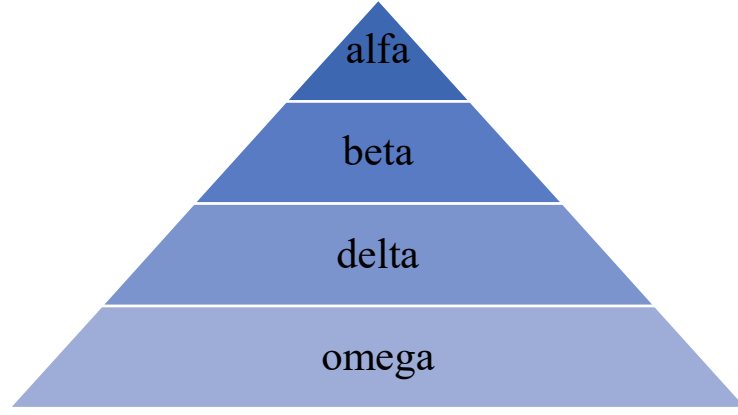
$A, \dots, D$ = Veri setleri içindeki bağımsız değişkenlerin normalleştirilmiş değerlerini,

w_{11} = Hata düzeltme katsayısını,

3.6. GRİ KURT OPTİMİZASYON ALGORİTMASI

Yaklaşık maliyetin hesabını test etmek için kullanılan 4 farklı tahmin modelindeki w_n katsayılarının hesabında Gri Kurt Optimizasyonu (GWO) kullanılmıştır. GWO, 2014 yılında Mirjalili ve diğerleri tarafından çok değişkenli mühendislik problemlerinin çözümü için geliştirilen meta sezgisel bir algoritmadır [20]. GWO literatürde birçok problemin çözümünde uygulaması kolay ve yüksek doğruluk oranından tercih edilmektedir. Örnek olarak veri madenciliği[21], mühendislik problemleri [22], [23], [24], parametre seçimi [25], [26], enerji [27] ve tıp [28] verilebilir.

Algoritma özetle gri kurtların doğadaki liderlik hiyerarşisini ve avlanma mekanizmasını taklit eder. Liderlik hiyerarşisini simüle etmek için alfa (α), beta (β), delta(δ) ve omega (ω) olmak üzere dört tür kurt grubu kullanılır [20].



Şekil 3.3. Kurtların doğadaki hiyerarşisi [20].

Doğada kurtlardaki hiyerarşi Şekil 3.3’de gösterildiği gibi en baskın kurt grupları sırasıyla alfa (α), beta (β), delta (δ) ve omega (ω)’dır. Bu hiyerarşik sistem algoritmaya da uygulanarak en iyi aday çözüm kümeleri sırasıyla α , β ve δ olarak kabul edilir. Son olarak oluşturulan ω çözüm kümesi ise geride kalan tüm kurtların (aday) çözüm kümeleridir. Algoritmadaki en iyi çözüm olarak hesaplanan avlanma ilk üç çözüm kümesi ile oluşturulur. Çözüm uzayında kurtların konumları vektörel olarak oluşturulur ve en optimum çözüme ava olan en iyi konum bulunana kadar devam edilir [20].

Çözüm uzayı av arama, avın etrafını sarma, avlanma ve avlara saldırma olmak üzere dört ana adım uygulanmaktadır [20].

Av için gezintiye çıkan kurt sürüsü bir av bulduğunda etrafını sarar. Kurtların konumları matematiksel olarak denklem (3.6) ve (3.7) gösterilebilir [20].

$$\vec{D} = |\vec{C} * \vec{X}_p(t) - \vec{X}(t)| \quad (3.6)$$

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}_p(t) - \vec{A} * \vec{D} \quad (3.7)$$

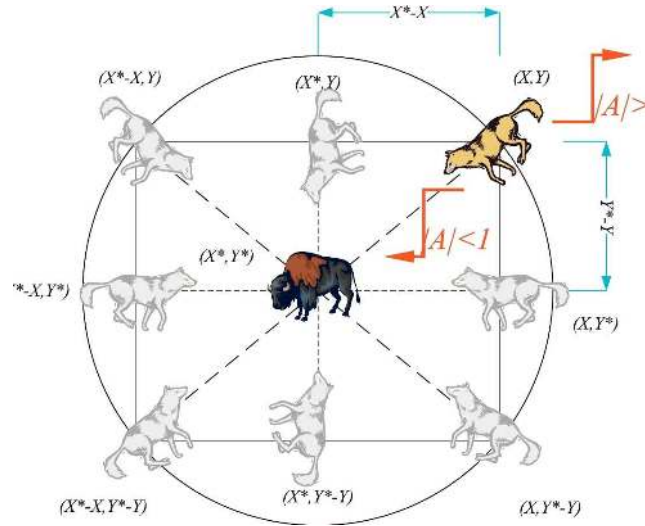
Denklem (3.6) ve (3.7)’de $\vec{A}$ ve $\vec{C}$ katsayı vektörleri, $\vec{X}_p$ ve $\vec{X}$ kurtların ava göre konumlarının vektörünü son olarak (t) ise algoritmadaki ilgili çözüm iterasyonunu temsil etmektedir [20].

Algoritmada $\vec{A}$ ve $\vec{C}$ katsayı vektörleri (3.8) ve (3.9) denklemlerine göre hesaplanmaktadır [20].

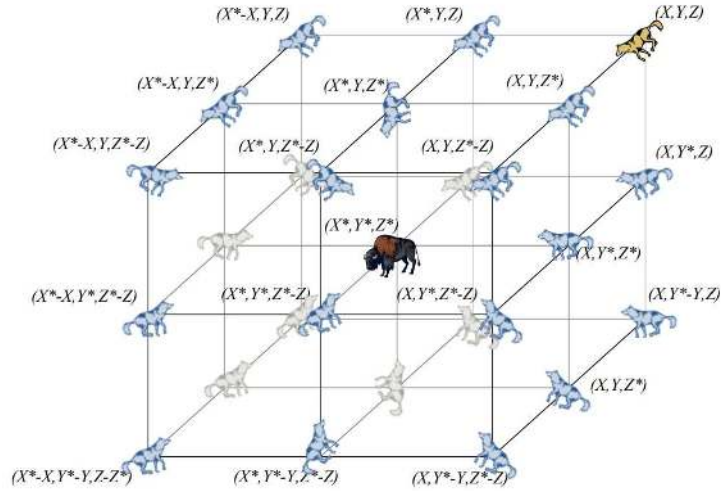
$$\vec{A} = 2 * \vec{a} * \vec{r}_1 - \vec{a} \quad (3.8)$$

$$\vec{C} = 2 * \vec{r}_2 \quad (3.9)$$

Denklem (3.8)'deki $\vec{a}$ vektörü optimizasyonda 2 değerinden başlayarak doğrusal olarak 0'a kadar azalır. $\vec{r}_1$ ve $\vec{r}_2$ vektörleri ise 0 - 1 arası rastgele üretilir ve bu şekilde kurtların rastlantısal bir şekilde çözüm uzayına 2 boyutlu (Şekil 3.4) ve 3 boyutlu (Şekil 3.5) olarak konumlandırılmasını sağlar [20].



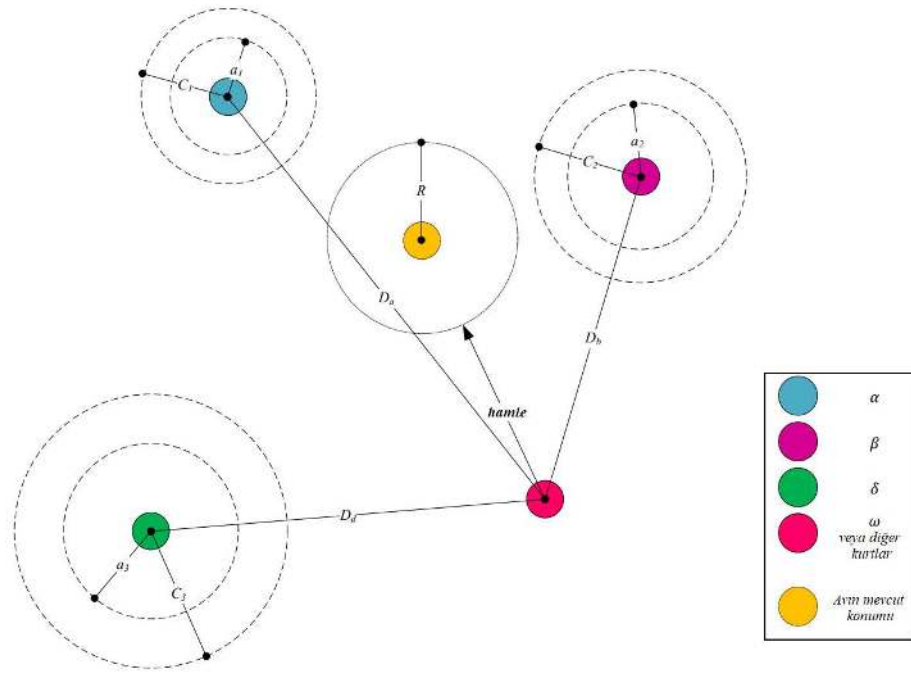
Şekil 3.4. İki boyutlu olasılıklı konum vektörleri [20].



Şekil 3.5. Üç boyutlu olasılıklı konum vektörleri [20].

Algoritmaya göre çözüm uzayını araştırılırken α , β ve δ 'nın en iyi yerleri seçtiği varsayılmaktadır. En optimum çözümler α , β ve δ olacak şekilde kurtların doğadaki hiyerarşisine benzetilerek kabul edilir. Hiyerarşide kalan ω gezici olarak diğer kurtlar

temsil eder. ω 'nın yeri değişebildiği için diğer kurtlara göre konumu güncellenebilir [20].



Şekil 3.6. Algoritmada av konumunun güncellenmesi [20].

$$\vec{D}_\alpha = |\vec{C}_1 * \vec{X}_\alpha - \vec{X}| \quad (3.10)$$

$$\vec{D}_\beta = |\vec{C}_2 * \vec{X}_\beta - \vec{X}| \quad (3.11)$$

$$\vec{D}_\delta = |\vec{C}_3 * \vec{X}_\delta - \vec{X}| \quad (3.12)$$

(3.10), (3.11) ve (3.12) denklemlerindeki $\vec{X}_\alpha$, $\vec{X}_\beta$ ve $\vec{X}_\delta$ vektörleri, sırasıyla en iyi ilk üç çözümdeki kurtların konumunu temsil etmektedir. $\vec{C}_1$, $\vec{C}_2$ ve $\vec{C}_3$ gelişigüzel oluşturulan katsayı vektörleridir. $\vec{X}$ vektörü ise çözümdeki konumu gösterir. Bu denklemler ile mevcut çözüm ile hiyerarşideki ilk üç kurt arasındaki konum hesaplanır. Mesafe verileri ile çözüm uzayının son konumu aşağıdaki denklemlerle hesaplanır [20].

$$\vec{X}_1 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_1 * (\vec{D}_\alpha) \quad (3.13)$$

$$\vec{X}_2 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_2 * (\vec{D}_\beta) \quad (3.14)$$

$$\vec{X}_3 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_3 * (\vec{D}_\delta) \quad (3.15)$$

$$\vec{X}_{(t+1)} = \frac{\vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3}{3} \quad (3.16)$$

Denklem (3.13), (3.14) ve (3.15) $\vec{A}_1$, $\vec{A}_2$ ve $\vec{A}_3$ vektörleri, -1 ile 1 arasında gelişigüzel oluşturulan katsayıyı, (3.16) denklemi ise mevcut “t” iterasyonundaki konumların aritmetik ortalamasını temsil etmektedir [20].

Ava saldırı sırasında denklem (3.8)’deki $\vec{a}$ vektörünün değeri küçültülerek $\vec{A}$ ’nın değişim aralığı azaltılır. Algoritma bu sıralamayla çözüm yaparak kurtların av araması ve saldırması sırasındaki olası çözümlerden en optimumunu bulmayı amaçlar [20].

Optimizasyonun kod akış sıralaması Şekil 3.7’de gösterilmiştir.

```

Algoritma başlangıcı,
xi= (i=1, 2, ..., n),
 $\vec{a}$ ,  $\vec{A}$  ve  $\vec{C}$  vektörlerinin belirlenmesi,
Her bir kurdun uygunluğunun hesaplanması,
 $\vec{X}_\alpha$ ,  $\vec{X}_\beta$  ve  $\vec{X}_\delta$  vektörlerinin hesaplanması,
 $\vec{X}_\alpha$  = Sürü içindeki en optimum konuma sahip kurt,
 $\vec{X}_\beta$  = Sürü içindeki en optimum ikinci konuma sahip kurt,
 $\vec{X}_\delta$  = Sürü içindeki en optimum üçüncü konuma sahip kurt,
while (t < maksimum iterasyon)
    for (her bir aday çözüm için)
        Mevcut konumları denklem (2.16) göre güncelleme,
        end for
         $\vec{a}$ ,  $\vec{A}$  ve  $\vec{C}$  değişkenlerinin güncellenmesi,
        Her bir kurdun uygunluğunun hesaplanması,
         $\vec{X}_\alpha$ ,  $\vec{X}_\beta$  ve  $\vec{X}_\delta$  vektörlerinin hesaplanması,
        t = t + 1
    end while
return  $\vec{X}_\alpha$ 

```

Şekil 3.7. Gri kurt optimizasyonu algoritması kod akış sıralaması [20].

4. VERİLERİN ANALİZİ

Bu çalışma kapsamında veri seti oluşturmak için kullanılan 114 adet projenin 91 tanesi kaya dolgu baraj, 21 tanesi toprak dolgu baraj olduğu tespit edilmiştir. İlgili projelerdeki imalat değişkenlerden 4 tanesi Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic modellerdeki A, B, C ve D katsayısı olarak tanımlanmıştır. Tüm projelerdeki imalat miktarları Çizelge 4.1'deki gibi Min-Max yöntemi ile normalleştirilerek algoritma veri setlerine altlık oluşturulmuştur.

Çizelge 4.1. Normalleştirilmiş Veri Seti Örneği.

Model Tahmin Numarası	Kazı Değişkeni (A)	Kaya Dolgu Değişkeni (B)	Kil Dolgu Değişkeni (C)	Beton Değişkeni (D)	Yaklaşık Maliyet Değişkeni (YM)
P1	0.0672	0.0359	0.2667	0.2641	0.5514
P2	0.0434	0.0147	0.0596	0.0718	0.1628
P3	0.0025	0.0229	0.0732	0.2051	0.3090
P4	0.1880	0.0231	0.1556	0.4379	0.4269
P5	0.0340	0.0061	0.0230	0.0274	0.0603
P6	0.2323	0.0572	0.2556	0.1697	0.3908
P7	0.1136	0.0221	0.1191	0.2826	0.3215
P8	0.1268	0.0016	0.6300	0.5385	0.3065
P9	0.0505	0.0021	0.9764	0.4103	0.3225
P10	0.0732	0.0102	0.0558	0.1667	0.2080
P11	0.0758	0.0314	0.1067	0.2826	0.2923
P12	0.0563	0.0139	0.0589	0.1231	0.2636
P13	0.0965	0.0143	0.0764	0.2411	0.2563
P14	0.0596	0.0117	0.0734	0.2539	0.2269
P15	0.0429	0.0089	0.0552	0.1047	0.1517
P16	0.0687	0.0211	0.0881	0.1082	0.2351
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
P83	0.0337	0.0017	0.0549	0.0473	0.0558

Lineer ($YM = w_1 * A + w_2 * B + w_3 * C + w_4 * D + w_5$) modele veri girişi örneği Çizelge 4.2'de örnek olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Lineer Model Veri Giriş Örneği.

Lineer Model Tahmin Numarası	Kazı Değişkeni (A)	Kaya Dolgu Değişkeni (B)	Kil Dolgu Değişkeni (C)	Beton Değişkeni (D)	Yaklaşık Maliyet Değişkeni (YM)
P1	$w_1 * 0.1172$	$w_2 * 0.1378$	$w_3 * 0.0742$	$w_4 * 0.1919$	0.2563
$0.2563 = w_1 * 0.1172 + w_2 * 0.1378 + w_3 * 0.0742 + w_4 * 0.1919 + w_5$					

Oluşturulan $0.2563 = w_1 * 0.1172 + w_2 * 0.1378 + w_3 * 0.0742 + w_4 * 0.1919 + w_5$ denklemindeki bilinmeyen değişkenler (w_1, w_2, w_3, w_4 ve w_5) Matlab programı ile çözülen Gri Kurt Optimizasyon Algoritması ile hesaplanmıştır. Modellerde veri setindeki projelerin yaklaşık %70'i eğitim seti, %30'u test verisi olarak kullanılmıştır. İlgili modeldeki eğitim veri (P1, ... PN) setleri algoritma ile çözümlenerek w_1, w_2, w_3, w_4 ve w_5 ağırlık katsayılarının en optimum değerleri bulunmuştur

Çizelge 4.3. Lineer Model Algoritma Ağırlık Katsayıları Hesabı.

w_1	w_2	w_3	w_4	w_5
0.4978	0.6397	0.5181	0.1669	0.0346

Bu katsayılar vasıtasıyla her bir proje için yaklaşık maliyetin tahmin miktarları hesaplanmıştır. Çizelge 4.4'de örnek bir proje için hesap adımı gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Lineer Model Algoritma Tahmini Örneği.

P1 Tahmin Modeli	$YMT = w_1*0.1172 + w_2*0.1378 + w_3*0.0742+ w_4*0.1919 + w_5$				
Optimizasyon Sonuçları	$w_1= 0.4978$	$w_2= 0.6397$	$w_3= 0.5181$	$w_4= 0.1669$	$w_5 = 0.0346$
YM Tahmin Denklemi	$YMT= 0.4978*0.1172 + 0.6397*0.1378 + 0.5181*0.0742+ 0.1669*0.1919 + 0.0346$				
YM Tahmin Sonucu = 0.2515					

Her bir tahmin modeli için yukarıdaki çizelgelerdeki işlem adımları eğitim ve test veri setleri ile tekrarlanarak yaklaşık maliyetin tahmin sonuçları hesaplanmıştır. Normalleştirilmiş gerçek yaklaşık maliyet değerleri ile algoritma ile hesaplanan yaklaşık maliyet değerleri arasındaki ilişki literatürde sıkça kullanılan ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) yöntemi ile analiz edilmiştir. Denklem (4.1)'de MAPE analizinin denklemi verilmiştir.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{ym_i - ymt_i}{ym_i} \right|}{n} * 100 \quad (4.1)$$

Burada,

ym_i = Yaklaşık maliyetin normalleştirilmiş gerçek değerini,

ymt_i = Yaklaşık maliyet normalleştirilmiş tahmin değerini,

n = veri setindeki toplam proje sayısını,

ifade etmektedir.

Literatürde yapılan çalışmalara göre MAPE değerlerinin yorumlanması Çizelge 4.5'de verilmiştir [29].

Çizelge 4.5. MAPE Sonuçlarının Yorumlanması.

MAPE (%)	Yorum
$MAPE \leq 10$	“Çok İyi”
$10 < MAPE \leq 20$	“İyi”
$20 < MAPE \leq 50$	“Kabul Edilebilir”
$MAPE < 50$	“Kabul Edilemez (Hatalı)”

Bu tez kapsamında oluşturulan tüm tahmin kombinasyonları Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic modellerle optimizasyonda hesaplanmış ve sonuçlar MAPE ile yorumlanmıştır.

4.1. ANALİZLERDE KULLANILAN TAHMİN MODEL KOMBİNASYONLARI

Tez kapsamında başlangıç aşamasında yaklaşık 50 model kombinasyonu oluşturulmuş, MAPE değerleri anlamlı olan 16 model kombinasyonu paylaşılmıştır. Bu veriler vasıtasıyla yaklaşık maliyetteki belirsizlik oluşturan proje değişkenleri belirlenmiştir. Çizelge 4.6’da oluşturulan tahmin bağımsız değişkenleri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Oluşturulan tahmin modellerinden ilk beşinde eğitim verisi olarak kaya dolgu baraj, test verisi olarak toprak dolgu baraj değişkenleri kullanılmıştır. Kalan diğer projelerdeki analizler sadece kaya dolgu baraj projeleri üzerinden değerlendirilmiştir. Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de eğitim ve test modellerine ait bilgiler verilmiştir.

Çizelge 4.6. Tahmin Modelleri Bağımsız Değişkenleri.

Sıra No	Tahmin Modeli	Bağımsız Değişkenler				Eğitim Proje Sayısı	Test Proje Sayısı
		A	B	C	D		
1	P1	Süre	Kazı	Karışık Dolgu	Beton	91	23
2	P2	Süre	Kazı	Karışık Dolgu	Donatı	91	23
3	P3	Kazı	Karışık Dolgu	Enjeksiyon İşleri	Demir İşleri	91	23
4	P4-A	Kazı	Karışık Dolgu	Kil Dolgu	Beton	91	23
5	P4-B	Kazı	Karışık Dolgu	Kil Dolgu	Beton	36	16
6	P5	Kil Dolgu	Kazı	Kaya Dolgu	Beton	58	25
7	P6-A	Demir İşleri	Kazı	Kaya Dolgu	Beton	61	22
8	P6-B	Demir İşleri	Kazı	Kaya Dolgu	Beton	42	11
9	P7-A	Donatı	Filtre Dolgu	Kaya Dolgu	Beton	61	22

Çizelge 4.6. (devamı) Tahmin Modelleri Bağımsız Değişkenleri.

Sıra No	Tahmin Modeli	Bağımsız Değişkenler				Eğitim Proje Sayısı	Test Proje Sayısı
		A	B	C	D		
10	P7-B	Donatı	Filtre Dolgu	Kaya Dolgu	Beton	44	18
11	P8-A	Kazı	Filtre Dolgu	Kaya Dolgu	Beton	61	21
12	P8-B	Kazı	Filtre Dolgu	Kaya Dolgu	Beton	29	9
13	P9-A	Kazı	Filtre Dolgu	Kaya Dolgu	Enjeksiyon İşleri	55	21
14	P9-B	Kazı	Filtre Dolgu	Kaya Dolgu	Enjeksiyon İşleri	45	17
15	P10-A	Kazı	Filtre Dolgu	Kaya Dolgu	Donatı	73	27
16	P10-B	Kazı	Filtre Dolgu	Kaya Dolgu	Donatı	63	18
14	P9-B	Kazı	Filtre Dolgu	Kaya Dolgu	Enjeksiyon İşleri	45	17
15	P10-A	Kazı	Filtre Dolgu	Kaya Dolgu	Donatı	73	27
16	P10-B	Kazı	Filtre Dolgu	Kaya Dolgu	Donatı	63	18

Çizelge 4.7. Eğitim ve Test Model Sayıları.

Eğitim Modeli Proje Türü (Model No)	Eğitim Modeli (Adet)	Test Modeli Proje Türü (Model No)	Test Modeli (Adet)
Kaya Dolgu (1, ..., 4)	5	Toprak Dolgu (1, ..., 4-B)	5
Kaya Dolgu (5, ..., 16)	11	Kaya Dolgu (6, ..., 10-B)	11

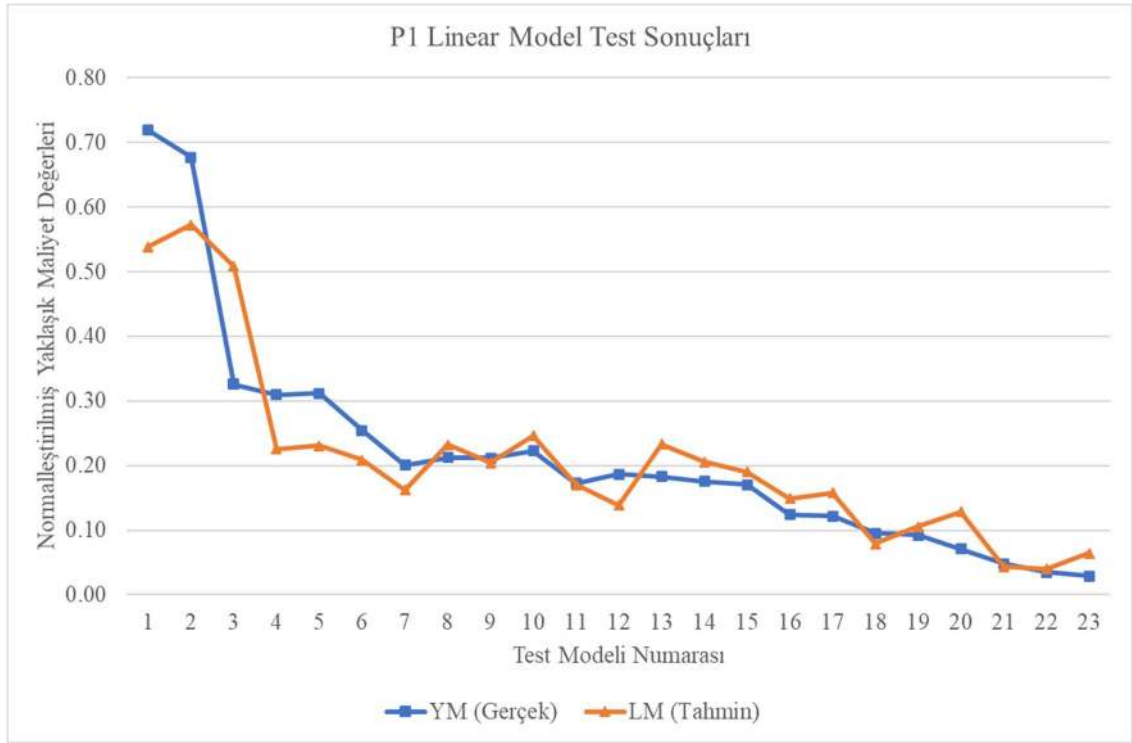
Oluşturulan tüm modellere ait sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

4.1.1. P1 Modeli Test Sonuçları

Bu modelde eğitim veri seti olarak 91 adet kaya dolgu baraj verisi, test verisi olarak 23 adet toprak dolgu baraj verisi kullanılmıştır. Modeldeki bağımsız değişkenler olarak Süre Değişkeni, Kazı Değişkeni, Karışık Dolgu Değişkeni ve Beton İşleri Değişkeni kullanılmıştır. Veri setleri Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic matematik testleriyle ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlarından anlamlı olanları aşağıdaki çizelge ve tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.8. P1 Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T1	0.5388	-	-	-	0.7190
T2	0.5726	-	-	-	0.6770
T3	0.5083	-	-	-	0.3256
T4	0.2258	-	-	-	0.3095
T5	0.2308	-	-	-	0.3116
...	...	-	-	-	...
T23	0.0642	-	-	-	0.0292



Şekil 4.1. P1 modeli sonuç grafiği.

P1 modelinde MAPE değeri Lineer Modelde %25.99 bulunarak kabul edilebilir bir sonuç elde edilmiştir. Diğer matematiksel modellerde başarı sağlanamamıştır.

4.1.2. P2 Modeli Test Sonuçları

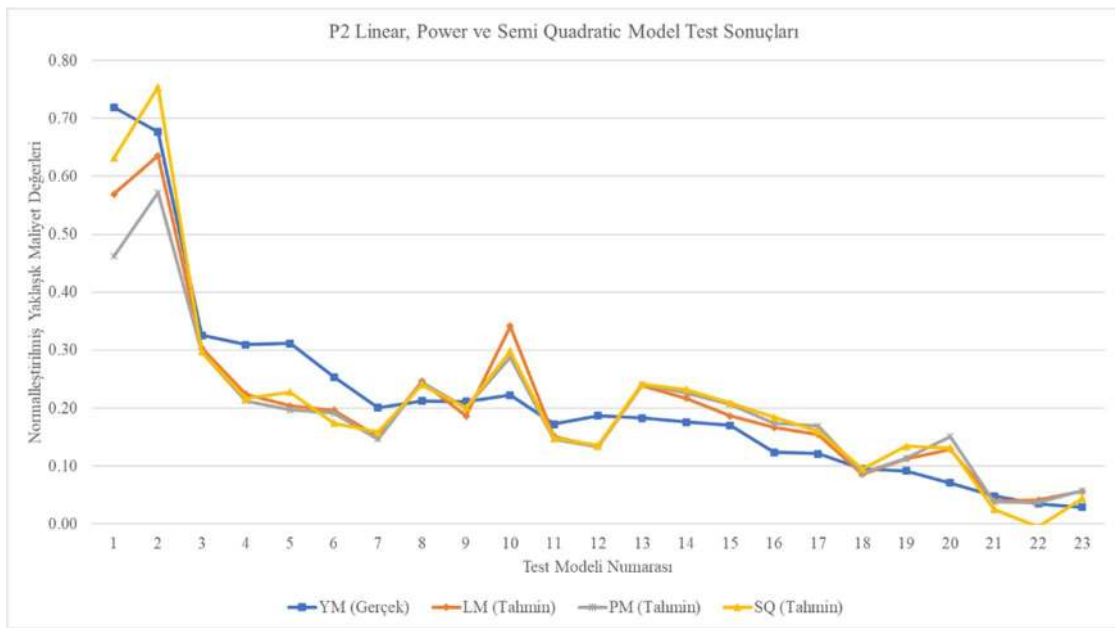
Bu modelde eğitim veri seti olarak 91 adet kaya dolgu baraj verisi, test verisi olarak 23 adet toprak dolgu baraj verisi kullanılmıştır. Modeldeki bağımsız değişkenler olarak Süre Değişkeni, Kazı Değişkeni, Karışık Dolgu Değişkeni ve Donatı Değişkeni kullanılmıştır. Veri setleri Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic matematik testleriyle ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlarından anlamlı olanları aşağıdaki çizelge ve tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.9. P2 Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T1	0.5697	0.4622	-	0.6316	0.7190
T2	0.6356	0.5719	-	0.7540	0.6770
T3	0.3040	0.2976	-	0.2976	0.3256
T4	0.2242	0.2126	-	0.2166	0.3095

Çizelge 4.9. (devamı) P2 Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T5	0.2041	0.1971	-	0.2274	0.3116
...	...	...	-	...	...
T23	0.0565	0.0579	-	0.0445	0.0292



Şekil 4.2. P2 modeli sonuç grafiği.

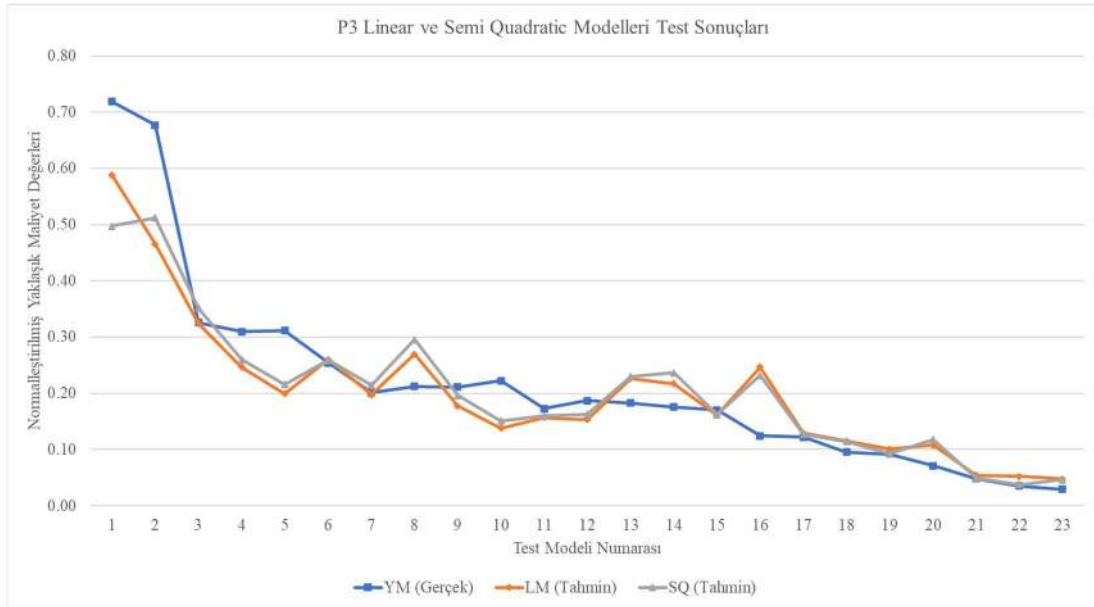
P2 modelinde MAPE değerleri sırasıyla Lineer %27.56, Power %30.60 ve Semi Quadratic'te %32.45 bulunarak kabul edilebilir bir sonuç elde edilmiştir. Quadratic matematiksel modelde başarı sağlanamamıştır.

4.1.3. P3 Modeli Test Sonuçları

Bu modelde eğitim veri seti olarak 91 adet kaya dolgu baraj verisi, test verisi olarak 23 adet toprak dolgu baraj verisi kullanılmıştır. Modeldeki bağımsız değişkenler olarak Kazı Değişkeni, Karışık Dolgu Değişkeni, Enjeksiyon İşleri Değişkeni ve Demir İşleri Değişkeni kullanılmıştır. Veri setleri Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic matematik testleriyle ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlarından anlamlı olanları aşağıdaki çizelge ve tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.10. P3 Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T1	0.5878	-	-	0.4976	0.7190
T2	0.4657	-	-	0.5119	0.6770
T3	0.3243	-	-	0.3516	0.3256
T4	0.2466	-	-	0.2600	0.3095
T5	0.1993	-	-	0.2158	0.3116
...	...	-	-	...	...
T23	0.0474	-	-	0.0466	0.0292



Şekil 4.3. P3 modeli sonuç grafiği.

P3 modelinde MAPE değerleri sırasıyla Lineer %25.19 ve Semi Quadratic'te %22.89 bulunarak kabul edilebilir bir sonuç elde edilmiştir. Power ve Quadratic matematiksel modellerde başarı sağlanamamıştır.

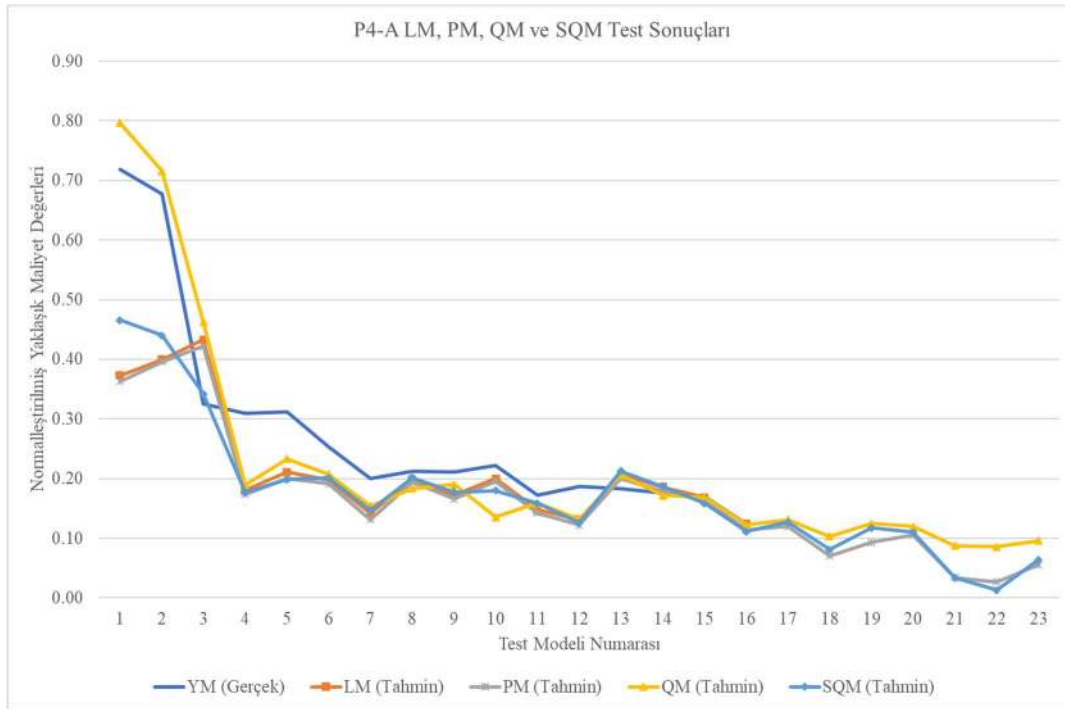
4.1.4. P4-A Modeli Test Sonuçları

Bu modelde eğitim veri seti olarak 91 adet kaya dolgu baraj verisi, test verisi olarak 23 adet toprak dolgu baraj verisi kullanılmıştır. Modeldeki bağımsız değişkenler olarak Kazı Değişkeni, Kaya Dolgu Değişkeni, Kil Dolgu Değişkeni ve Beton İşleri Değişkeni

kullanılmıştır. Veri setleri Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic matematik testleriyle ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlarından anlamlı olanları aşağıdaki çizelge ve tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.11. P4-A Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T1	0.3727	0.3631	0.7964	0.4655	0.7190
T2	0.3996	0.3957	0.7158	0.4400	0.6770
T3	0.4329	0.4221	0.4628	0.3419	0.3256
T4	0.1804	0.1736	0.1898	0.1770	0.3095
T5	0.2111	0.2007	0.2332	0.1988	0.3116
...	...	...	...	...	...
T23	0.0732	0.0556	0.0962	0.0639	0.0292



Şekil 4.4. P4-A modeli sonuç grafiği.

P4-A modelinde MAPE değerleri sırasıyla Lineer %28.76, Power %25.90, Quadratic %37.19 ve Semi Quadratic'te %27.67 bulunarak kabul edilebilir bir sonuç elde edilmiştir. Bu modelde anlamlı sonuçlar elde edildiği için fazla hataya neden olan veriler rastgele

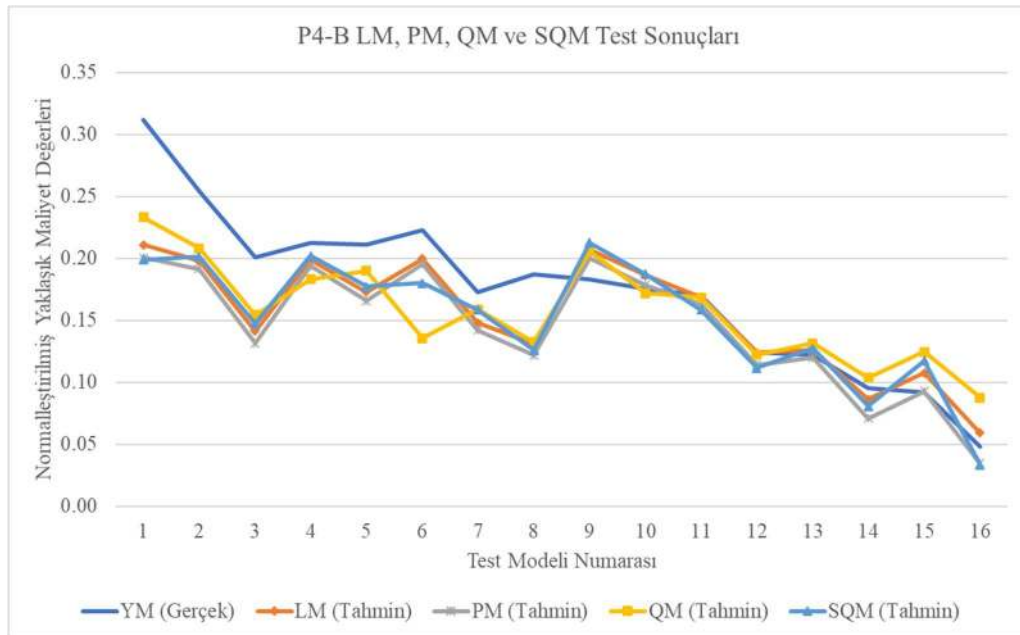
çıkarılarak P4-B tahmin modeli oluşturulmuştur.

4.1.5. P4-B Modeli Test Sonuçları

Bu modelde P4-A modelindeki aynı değişkenler kullanılmıştır. Modelde eğitim veri seti olarak 36 adet kaya dolgu baraj verisi, test verisi olarak 16 adet toprak dolgu baraj verisi kullanılmıştır. Veri setleri Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic matematik testleriyle ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlarından anlamlı olanları aşağıdaki çizelge ve tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.12. P4-B Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T1	0.2111	0.2007	0.7964	0.2332	0.3116
T2	0.1978	0.1914	0.7158	0.2081	0.2541
T3	0.1413	0.1313	0.4628	0.1544	0.2008
T4	0.1985	0.1937	0.1898	0.1833	0.2124
T5	0.1728	0.1658	0.2332	0.1899	0.2113
...	...	...	...	...	...
T16	0.0592	0.0345	0.0345	0.0876	0.0484



Şekil 4.5. P4-B modeli sonuç grafiği.

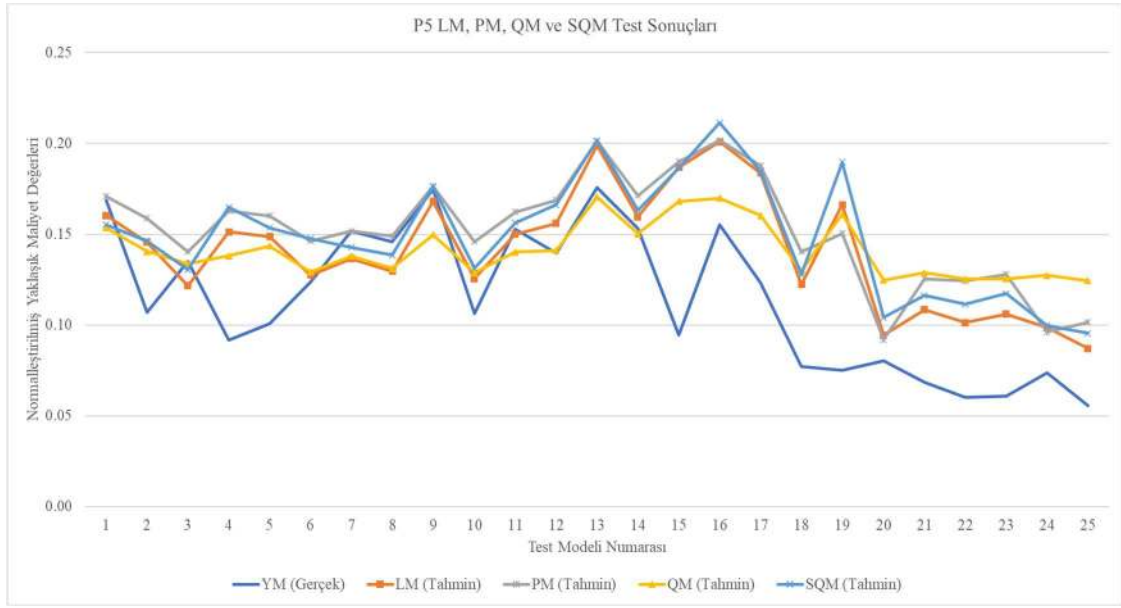
P4-B modelinde MAPE değerleri sırasıyla Lineer %14.70, Power %16.88, Quadratic %19.18 ve Semi Quadratic'te %17.66 bulunarak iyi bir sonuç elde edilmiştir.

4.1.6. P5 Modeli Test Sonuçları

Bu modelde sadece kaya dolgu baraj verileri kullanılmıştır. Modelde toplamda rastgele 83 adet kaya dolgu proje verisi kullanılmıştır. Eğitim veri seti olarak 58, test verisi olarak 25 proje seçilmiştir. Modeldeki bağımsız değişkenler olarak Kil Dolgu Değişkeni, Kazı Değişkeni, Kaya Dolgu Değişkeni ve Beton İşleri Değişkeni kullanılmıştır. Veri setleri Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic matematik testleriyle ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlarından anlamlı olanları aşağıdaki çizelge ve tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.13. P5 Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T1	0.1603	0.1710	0.1536	0.1554	0.1686
T2	0.1456	0.1588	0.1406	0.1463	0.1071
T3	0.1216	0.1404	0.1339	0.1305	0.1351
T4	0.1514	0.1629	0.1382	0.1649	0.0917
T5	0.1487	0.1603	0.1434	0.1536	0.1006
...	...	...	...	...	...
T25	0.0872	0.1016	0.1244	0.0954	0.0558



Şekil 4.6. P5 modeli sonuç grafiği.

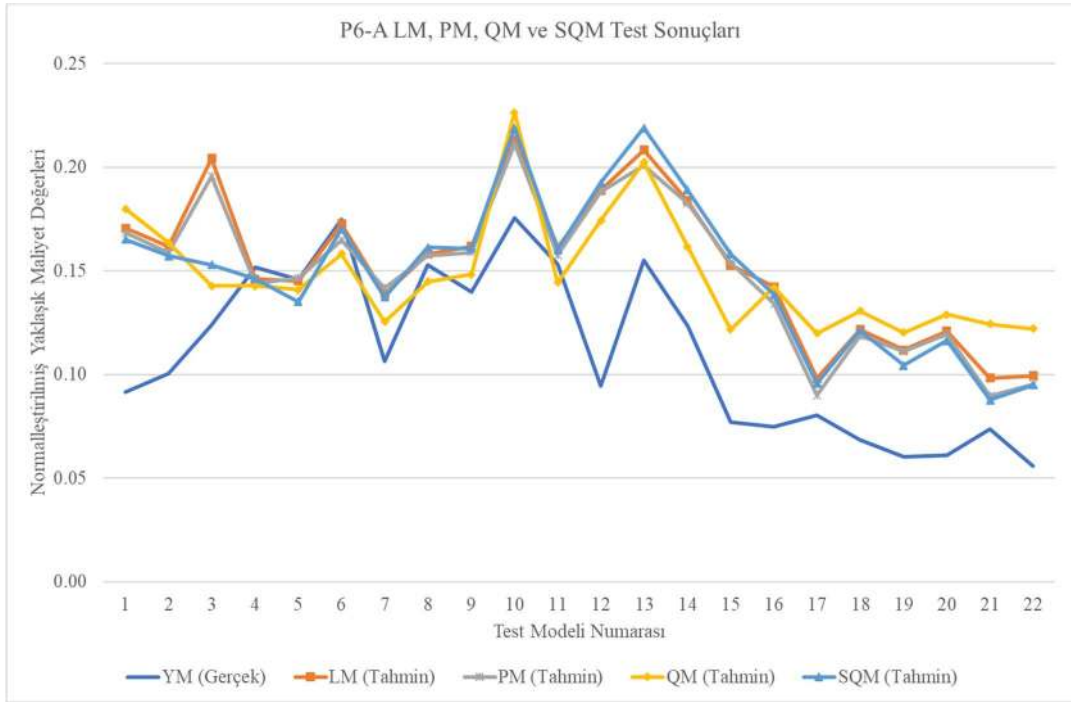
P5 modelinde MAPE değerleri sırasıyla Lineer %36.21, Power %43.79, Quadratic %42.43 ve Semi Quadratic'te %42.52 bulunarak kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir.

4.1.7. P6-A Modeli Test Sonuçları

Bu modelde sadece kaya dolgu baraj verileri kullanılmıştır. Modelde toplamda rastgele 83 adet kaya dolgu proje verisi kullanılmıştır. Eğitim veri seti olarak 61, test verisi olarak 22 proje seçilmiştir. Modeldeki bağımsız değişkenler olarak Demir İşleri Değişkeni, Kazı Değişkeni, Kaya Dolgu Değişkeni ve Beton İşleri Değişkeni kullanılmıştır. Veri setleri Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic matematik testleriyle ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlarından anlamlı olanları aşağıdaki çizelge ve tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.14. P6-A Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T1	0.1603	0.1710	0.1536	0.1554	0.1686
T2	0.1456	0.1588	0.1406	0.1463	0.1071
T3	0.1216	0.1404	0.1339	0.1305	0.1351
T4	0.1514	0.1629	0.1382	0.1649	0.0917
...	...	...	...	...	...
T22	0.0872	0.1016	0.1244	0.0954	0.0558



Şekil 4.7. P6-A modeli sonuç grafiği.

P6-A modelinde MAPE değerleri sırasıyla Lineer %48.83, Power %45.31, Quadratic %49.48 ve Semi Quadratic'te %44.99 bulunarak kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir. Matematiksel modellerde kabul edilebilir sonuçlara yakın değerler elde edildiği için aynı veri setinden rastgele kötü veriler çıkartılarak P6-B modeli oluşturulmuştur.

4.1.8. P6-B Modeli Test Sonuçları

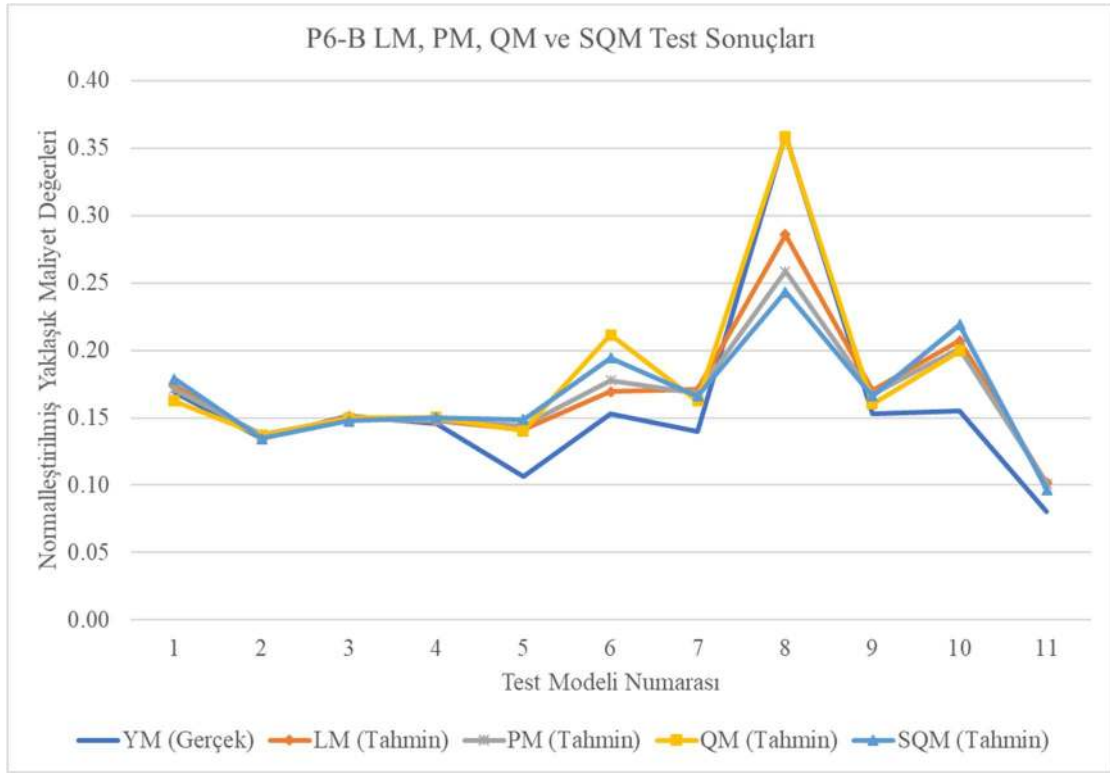
Bu modelde P6-A modelindeki aynı değişkenler kullanılmıştır. Modelde toplamda rastgele 53 adet kaya dolgu proje verisi kullanılmıştır. Eğitim veri seti olarak 42, test verisi olarak 11 proje seçilmiştir. Veri setleri Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic matematik testleriyle ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlarından anlamlı olanları aşağıdaki çizelge ve tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.15. P6-B Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T1	0.1736	0.1713	0.1623	0.1788	0.1686
T2	0.1355	0.1378	0.1367	0.1347	0.1351
T3	0.1510	0.1494	0.1499	0.1475	0.1517

Çizelge 4.15. (devamı) P6-B Model Sonuçları.

T4	0.1476	0.1477	0.1502	0.1502	0.1460
T5	0.1411	0.1440	0.1404	0.1487	0.1063
...	...	...	...	...	...
T11	0.1015	0.1012	0.1284	0.0969	0.0802



Şekil 4.8. P6-B modeli sonuç grafiği.

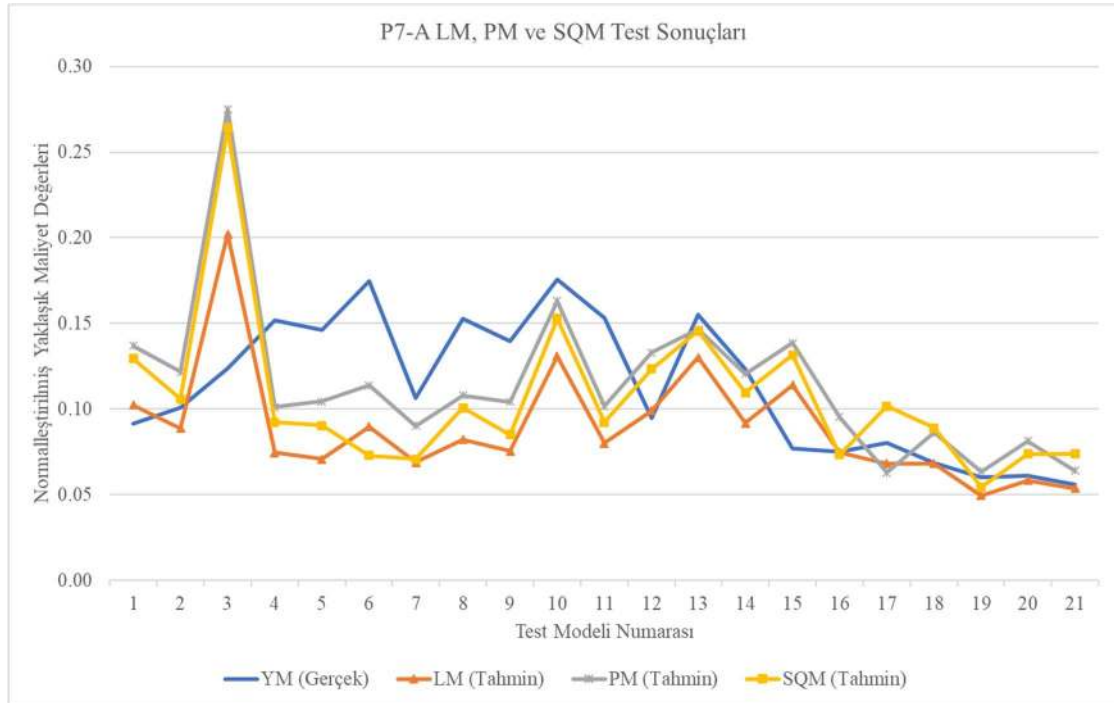
P6-B modelinde MAPE değerleri sırasıyla Lineer %14.73, Power %19.99, Quadratic %17.21 ve Semi Quadratic'te %18.24 bulunarak iyi sonuçlar elde edilmiştir.

4.1.9. P7-A Modeli Test Sonuçları

Bu modelde sadece kaya dolgu baraj verileri kullanılmıştır. Modelde toplamda rastgele 82 adet kaya dolgu proje verisi kullanılmıştır. Eğitim veri seti olarak 64, test verisi olarak 21 proje seçilmiştir. Modeldeki bağımsız değişkenler olarak Donatı İşleri Değişkeni, Kazı Değişkeni, Kaya Dolgu Değişkeni ve Beton İşleri Değişkeni kullanılmıştır. Veri setleri Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic matematik testleriyle ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlarından anlamlı olanları aşağıdaki çizelge ve tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.16. P7-A Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T1	0.1023	0.1370	-	0.1295	0.0917
T2	0.0888	0.1217	-	0.1060	0.1006
T3	0.2021	0.2753	-	0.2641	0.1238
T4	0.0746	0.1013	-	0.0922	0.1517
T5	0.0709	0.1046	-	0.0904	0.1460
...	...	...	-	...	...
T21	0.0536	0.0641	-	0.0739	0.0558



Şekil 4.9. P7-A modeli sonuç grafiği.

P7-A modelinde MAPE değerleri sırasıyla Lineer %27.38, Power %31.25 ve Semi Quadratic'te %33.10 bulunarak kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir. Matematiksel modellerde kabul edilebilir sonuçlara yakın değerler elde edildiği için aynı veri setinden rastgele kötü veriler çıkartılarak P7-B modeli oluşturulmuştur.

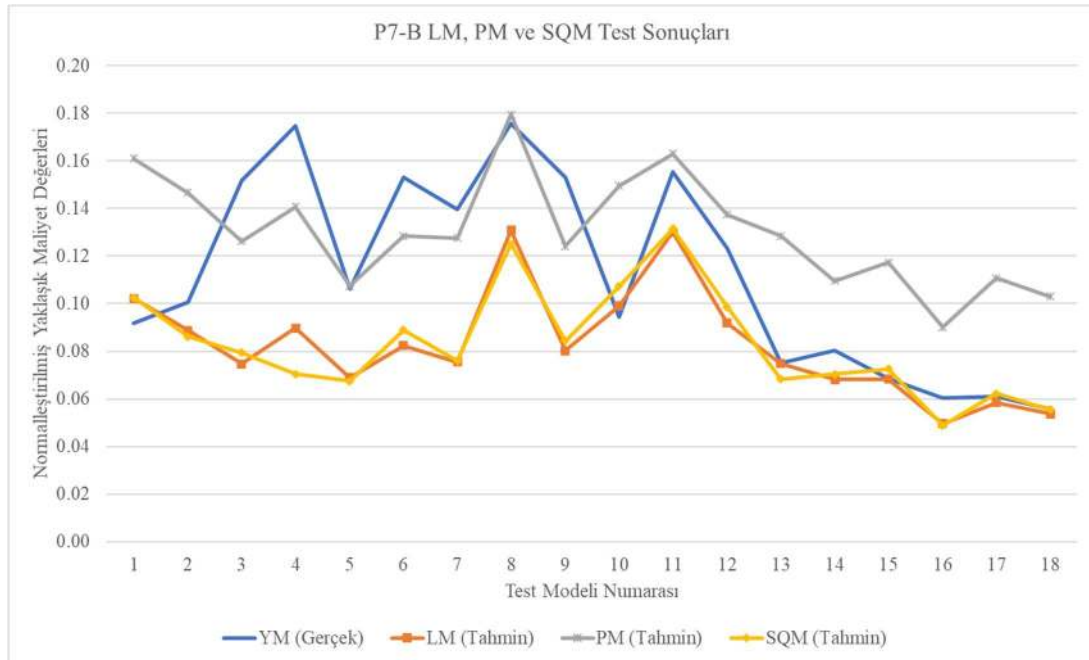
4.1.10. P7-B Modeli Test Sonuçları

Bu modelde P7-A modelindeki aynı değişkenler kullanılmıştır. Modelde toplamda rastgele 62 adet kaya dolgu proje verisi kullanılmıştır. Eğitim veri seti olarak 44, test

verisi olarak 18 proje seçilmiştir. Veri setleri Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic matematik testleriyle ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlarından anlamlı olanları aşağıdaki çizelge ve tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.17. P7-B Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T1	0.1023	0.1611	-	0.1025	0.0917
T2	0.0888	0.1467	-	0.0862	0.1006
T3	0.0747	0.1263	-	0.0794	0.1517
T4	0.0897	0.1408	-	0.0703	0.1746
T5	0.0689	0.1074	-	0.0675	0.1063
...	...	...	-	...	...
T18	0.0537	0.1030	-	0.0556	0.0558



Şekil 4.10. P7-B modeli sonuç grafiği.

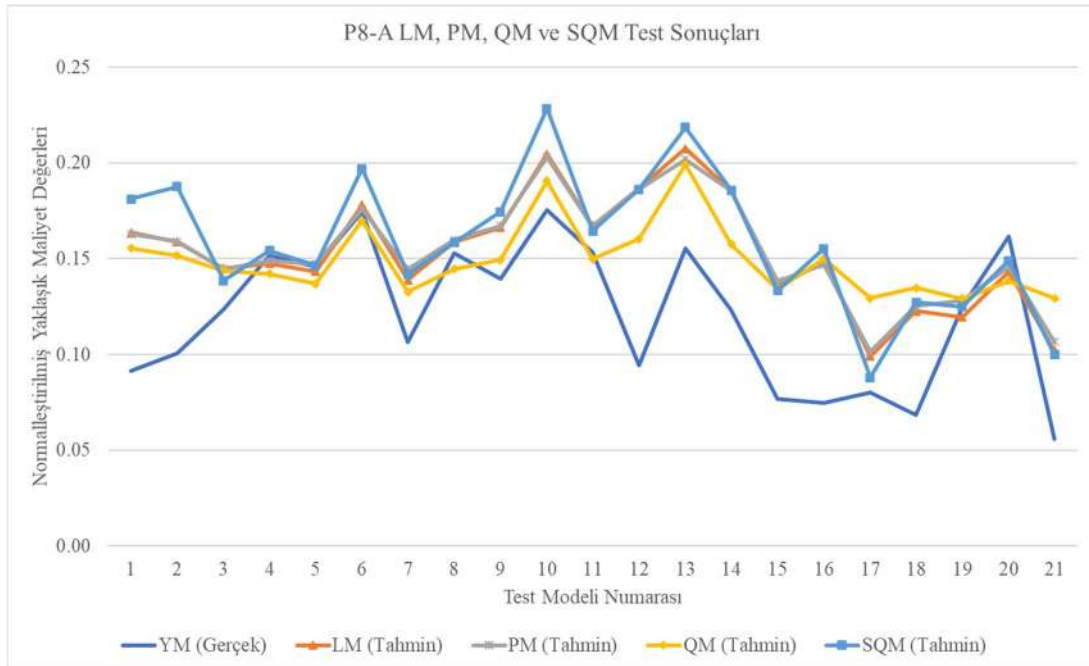
P7-B modelinde MAPE değerleri sırasıyla Lineer %22.86, Power %37.42 ve Semi Quadratic'te %23.81 bulunarak kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir. Quadratic modelde kabul edilebilir sonuçlara yakın değer hesaplanamamıştır.

4.1.11. P8-A Modeli Test Sonuçları

Bu modelde sadece kaya dolgu baraj verileri kullanılmıştır. Modelde toplamda rastgele 82 adet kaya dolgu proje verisi kullanılmıştır. Eğitim veri seti olarak 61, test verisi olarak 21 proje seçilmiştir. Modeldeki bağımsız değişkenler olarak Kazı Değişkeni, Filtre Dolgu Değişkeni, Kaya Dolgu Değişkeni ve Beton İşleri Değişkeni kullanılmıştır. Veri setleri Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic matematik testleriyle ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlarından anlamlı olanları aşağıdaki çizelge ve tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.18. P8-A Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T1	0.1636	0.1629	0.1556	0.1813	0.0917
T2	0.1589	0.1590	0.1518	0.1878	0.1006
T3	0.1450	0.1447	0.1438	0.1387	0.1238
T4	0.1475	0.1490	0.1421	0.1543	0.1517
T5	0.1435	0.1471	0.1369	0.1466	0.1460
...	...	...	...	...	...
T21	0.1019	0.1067	0.1295	0.1000	0.0558



Şekil 4.11. P8-A modeli sonuç grafiği.

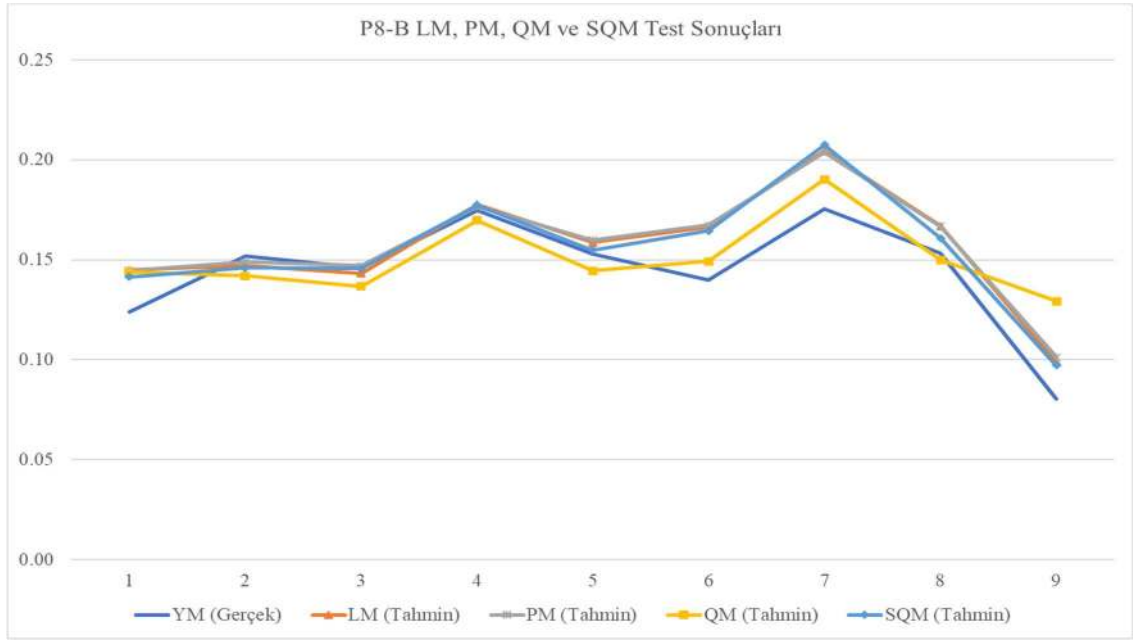
P8-A modelinde MAPE değerleri sırasıyla Lineer %37.87, Power %38.40, Quadratic %38.45 ve Semi Quadratic'te %41.05 bulunarak kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir. Quadratic modelde kabul edilebilir sonuçlara yakın değer hesaplanamamıştır. Bu modelde anlamlı sonuçlar elde edildiği için fazla hataya neden olan veriler rastgele çıkarılarak P8-B tahmin modeli oluşturulmuştur.

4.1.12. P8-B Modeli Test Sonuçları

Bu modelde P8-A modelindeki aynı değişkenler kullanılmıştır. Modelde toplamda rastgele 38 adet kaya dolgu proje verisi kullanılmıştır. Eğitim veri seti olarak 29, test verisi olarak 9 proje seçilmiştir. Veri setleri Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic matematik testleriyle ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlarından anlamlı olanları aşağıdaki çizelge ve tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.19. P8-B Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T1	0.1636	0.1629	0.1556	0.1813	0.0917
T2	0.1589	0.1590	0.1518	0.1878	0.1006
T3	0.1450	0.1447	0.1438	0.1387	0.1238
T4	0.1475	0.1490	0.1421	0.1543	0.1517
T5	0.1435	0.1471	0.1369	0.1466	0.1460
...	...	...	...	...	...
T9	0.1019	0.1067	0.1295	0.1000	0.0558



Şekil 4.12. P8-B modeli sonuç grafiği.

P8-B modelinde MAPE değerleri sırasıyla Lineer %10.56, Power %10.70 ve Quadratic %12.86 bulunarak iyi sonuçlar elde edilmiştir. Semi Quadratic modelde ise %9.24'lük başarı oranı ile çok iyi bir sonuç elde edilmiştir.

4.1.13. P9-A Modeli Test Sonuçları

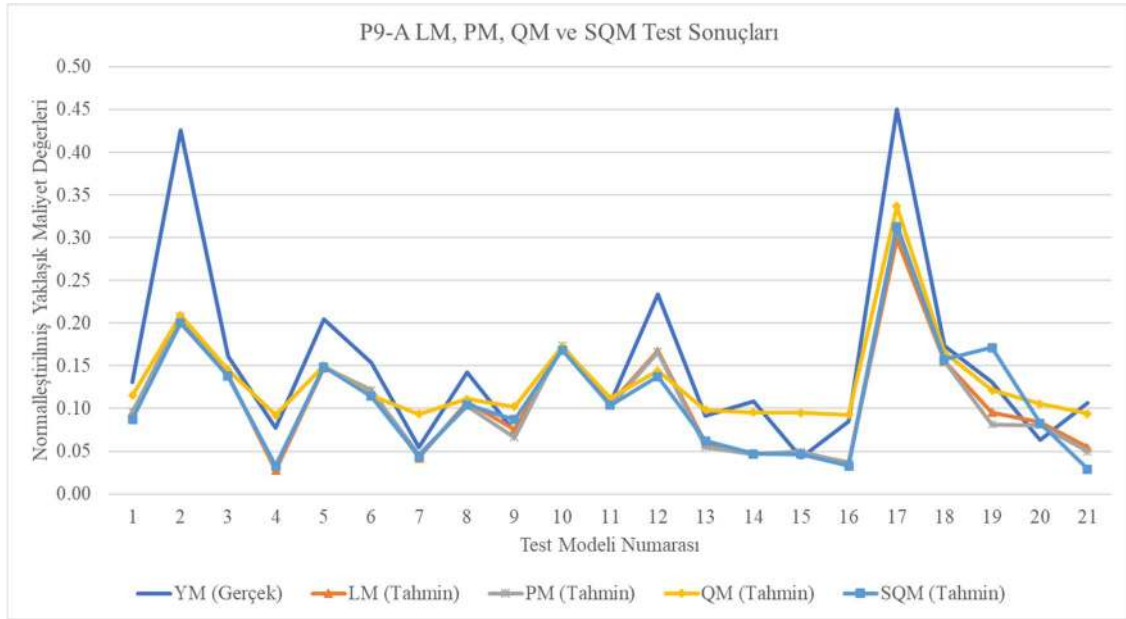
Bu modelde sadece kaya dolgu baraj verileri kullanılmıştır. Modelde toplamda rastgele 76 adet kaya dolgu proje verisi kullanılmıştır. Eğitim veri seti olarak 55, test verisi olarak 21 proje seçilmiştir. Modeldeki bağımsız değişkenler olarak Kazı Değişkeni, Filtre Dolgu Değişkeni, Kaya Dolgu Değişkeni ve Enjeksiyon İşleri Değişkeni kullanılmıştır. Veri setleri Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic matematik testleriyle ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlarından anlamlı olanları aşağıdaki çizelge ve tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.20. P9-A Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T1	0.0963	0.0953	0.1150	0.0874	0.1306
T2	0.2003	0.2081	0.2091	0.2006	0.4262
T3	0.1400	0.1375	0.1454	0.1380	0.1614
T4	0.0274	0.0320	0.0921	0.0328	0.0776
T5	0.1477	0.1486	0.1502	0.1485	0.2045

Çizelge 4.20. (devamı) P9-A Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
...	...	...	...	...	...
T21	0.0545	0.0499	0.0940	0.0292	0.1066



Şekil 4.13. P9-A modeli sonuç grafiği.

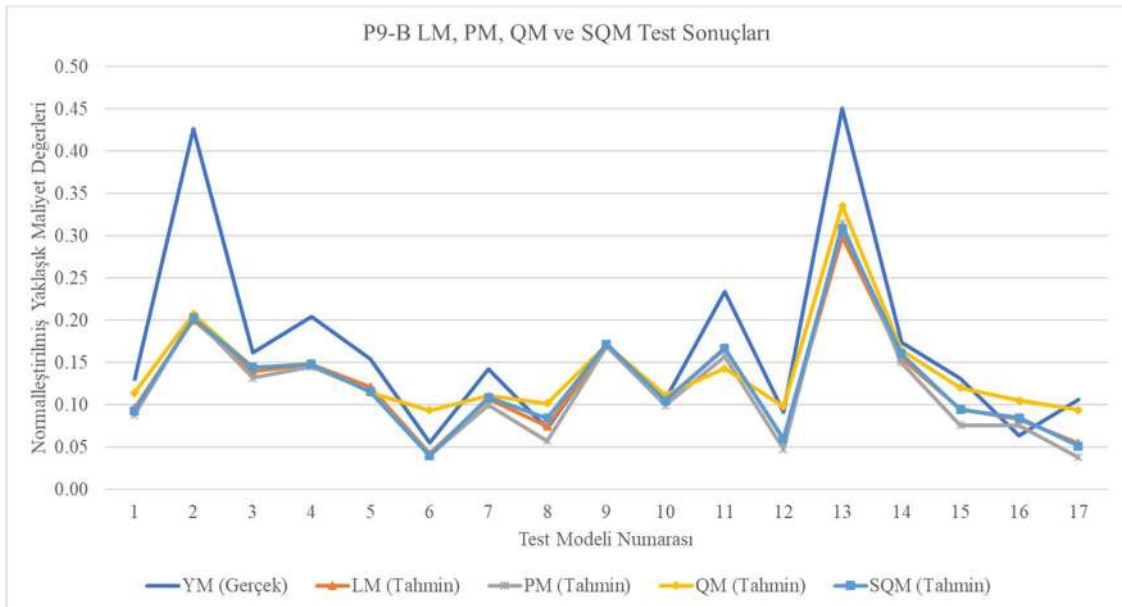
P9-A modelinde MAPE değerleri sırasıyla Lineer %28.59, Power %29.36, Quadratic %27.92 ve Semi Quadratic modelde ise %31.22’lik bulunarak kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir. Bu modelde anlamlı sonuçlar elde edildiği için fazla hataya neden olan veriler rastgele çıkarılarak P9-B tahmin modeli oluşturulmuştur.

4.1.14. P9-B Modeli Test Sonuçları

Bu modelde P9-A modelindeki aynı değişkenler kullanılmıştır. Modelde toplamda rastgele 62 adet kaya dolgu proje verisi kullanılmıştır. Eğitim veri seti olarak 45, test verisi olarak 17 proje seçilmiştir. Veri setleri Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic matematik testleriyle ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlarından anlamlı olanları aşağıdaki çizelge ve tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.21. P9-B Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T1	0.0963	0.0887	0.1145	0.0930	0.1306
T2	0.2003	0.2041	0.2072	0.2030	0.4262
T3	0.1400	0.1318	0.1446	0.1445	0.1614
T4	0.1477	0.1450	0.1493	0.1482	0.0776
T5	0.1214	0.1164	0.1146	0.1159	0.2045
...	...	...	...	...	...
T17	0.1552	0.1499	0.1647	0.1604	0.1735



Şekil 4.14. P9-B modeli sonuç grafiği.

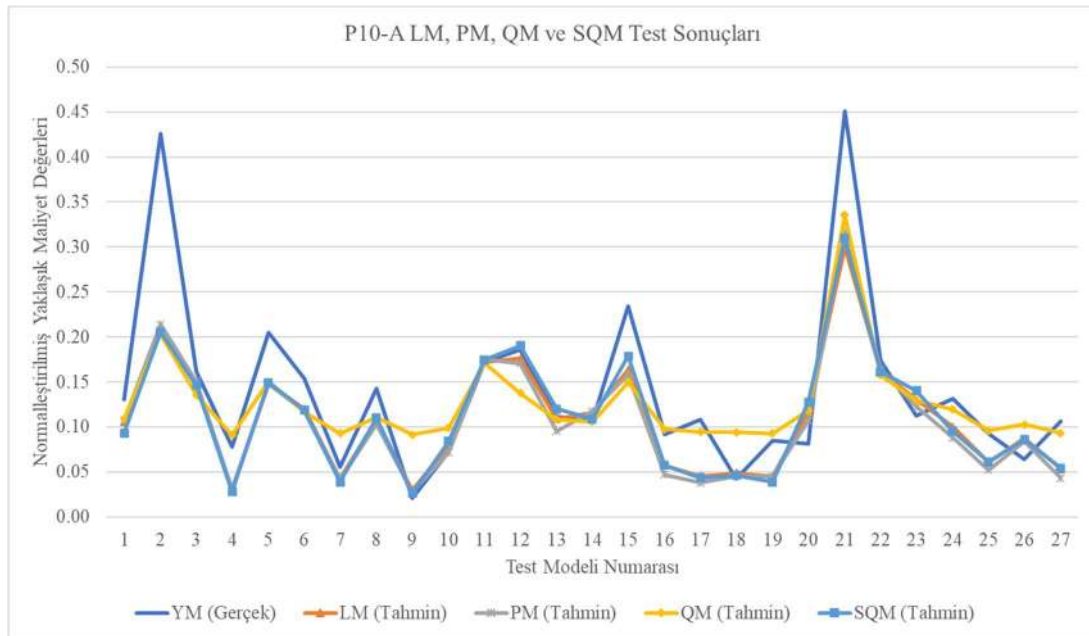
P9-B modelinde MAPE değerleri sırasıyla Lineer %24.12, Power % 25.15 ve Semi Quadratic modelde %25.13 bulunarak kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir.

4.1.15. P10-A Modeli Test Sonuçları

Bu modelde sadece kaya dolgu baraj verileri kullanılmıştır. Modelde toplamda rastgele 91 adet kaya dolgu proje verisi kullanılmıştır. Eğitim veri seti olarak 64, test verisi olarak 27 proje seçilmiştir. Modeldeki bağımsız değişkenler olarak Kazı Değişkeni, Filtre Dolgu Değişkeni, Kaya Dolgu Değişkeni ve Donatı Değişkeni kullanılmıştır. Veri setleri Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic matematik testleriyle ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlarından anlamlı olanları aşağıdaki çizelge ve tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.22. P10-A Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T1	0.1055	0.1076	0.1086	0.0934	0.1306
T2	0.2046	0.2143	0.2033	0.2054	0.4262
T3	0.1489	0.1506	0.1357	0.1464	0.1614
T4	0.0301	0.0312	0.0912	0.0281	0.0776
T5	0.1481	0.1481	0.1501	0.1494	0.2046
...	...	...	...	...	...
T27	0.0537	0.0430	0.0931	0.0542	0.1066



Şekil 4.15. P10-A modeli sonuç grafiği.

P10-A modelinde MAPE değerleri sırasıyla Lineer %27.17, Power %27.69, Quadratic %37.30 ve Semi Quadratic modelde %28.06 oranı bulunarak kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir. Bu modelde anlamlı sonuçlar elde edildiği için fazla hataya neden olan veriler rastgele çıkarılarak P9-B tahmin modeli oluşturulmuştur.

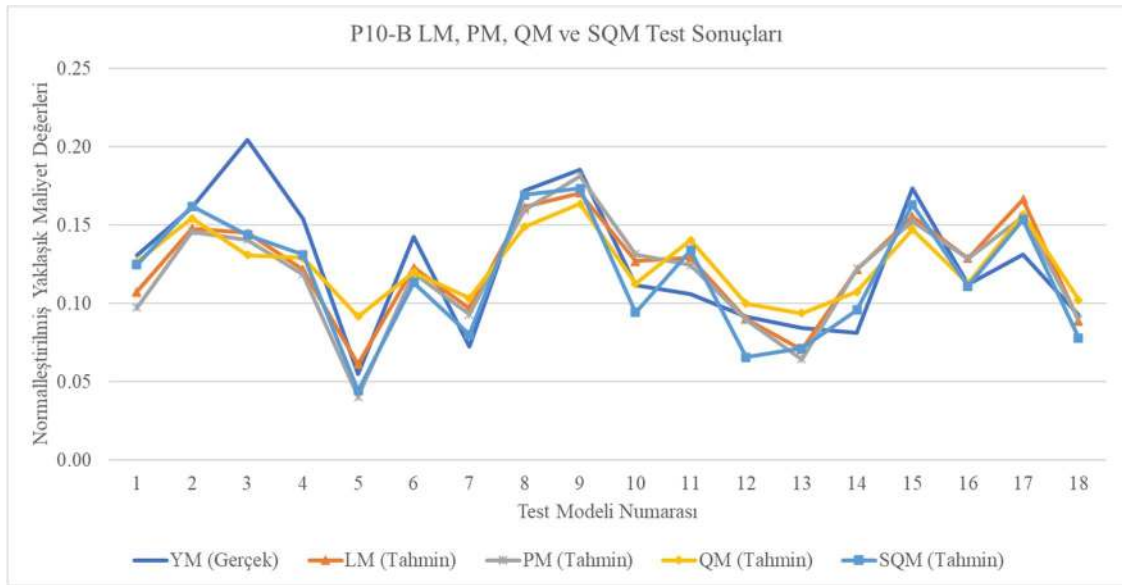
4.1.16. P10-B Modeli Test Sonuçları

Bu modelde P10-A modelindeki aynı değişkenler kullanılmıştır. Modelde toplamda rastgele 63 adet kaya dolgu proje verisi kullanılmıştır. Eğitim veri seti olarak 45, test verisi olarak 18 proje seçilmiştir. Veri setleri Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic

matematik testleriyle ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlarından anlamlı olanları aşağıdaki çizelge ve tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.23. P10-B Model Sonuçları.

Model No	Model Tahmin Sonuçları				Gerçek Yaklaşık Maliyet
	Lineer	Power	Quadratic	Semi Quadratic	
T1	0.1075	0.0976	0.1266	0.1248	0.1306
T2	0.1481	0.1460	0.1544	0.1620	0.1614
T3	0.1452	0.1407	0.1310	0.1438	0.2046
T4	0.1218	0.1186	0.1291	0.1312	0.1541
T5	0.0615	0.0405	0.0919	0.0445	0.0551
...	...	...	...	...	...
T18	0.0891	0.0901	0.1024	0.0782	0.0925



Şekil 4.16. P10-B modeli sonuç grafiği.

P10-B modelinde MAPE değerleri sırasıyla Lineer %17.11, Power %18.32, Quadratic %18.98 ve Semi Quadratic modelde ise %13.93’lük bulunarak iyi sonuçlar elde edilmiştir.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

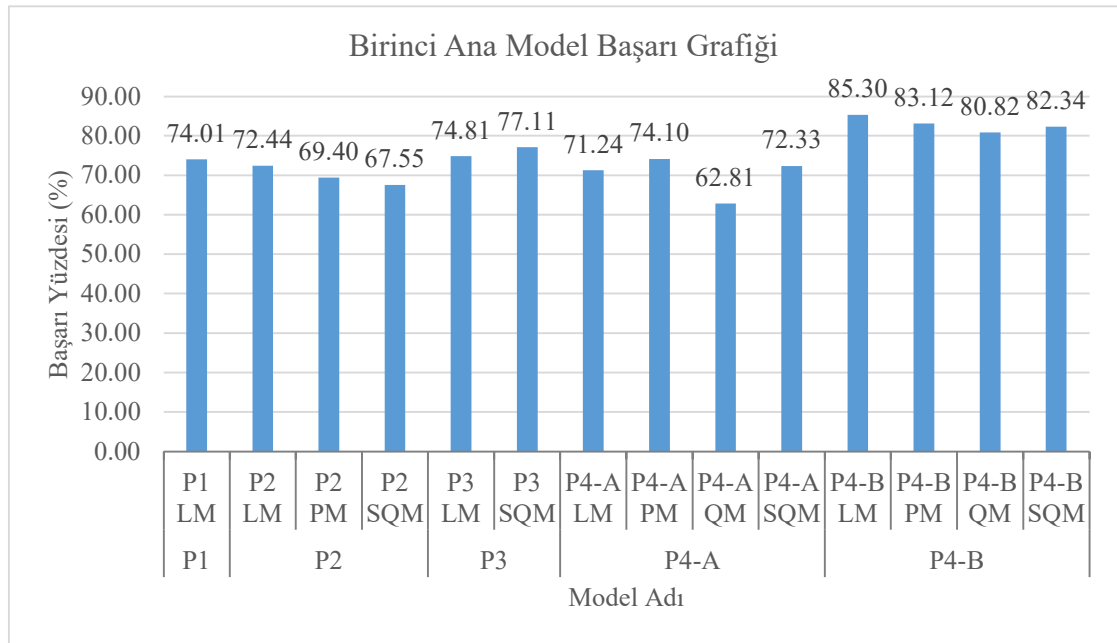
Model test sonuçları karşılaştırıldığında genel olarak iki farklı ana model geliştirilmiştir. 1.ana modelde eğitim amaçlı kaya dolgu baraj verileri, test amaçlı toprak dolgu baraj verileri kullanılmıştır. Ham veri setleri kullanılarak Lineer ve Semi Quadratik modelde kabul edilebilir sonuçlar bulunmuştur. Veri setlerinde rastgele hataya sebep olan veriler elenerek oluşturulan hesaplamalarda Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic modellerde iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bu modele ait anlamlı MAPE sonuçları Çizelge 5.1’de ve bu sonuçların matematiksel modellere ait başarı oranının grafiksel gösterimi Şekil 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Birinci Ana Modele Ait Sonuç Çizelgesi.

Model Numarası	Matematiksel Model	MAPE (%)	Başarı (%)
P1	Lineer	25.99	74.01
P2	Lineer	27.56	72.44
P2	Power	30.60	69.40
P2	Semi Quadratic	32.45	67.55
P3	Lineer	25.19	74.81
P3	Semi Quadratic	22.89	77.11
P4-A	Lineer	28.76	71.24
P4-A	Power	25.90	74.10
P4-A	Quadratic	37.19	62.81
P4-A	Semi Quadratic	27.67	72.33
P4-B	Lineer	14.70	85.30

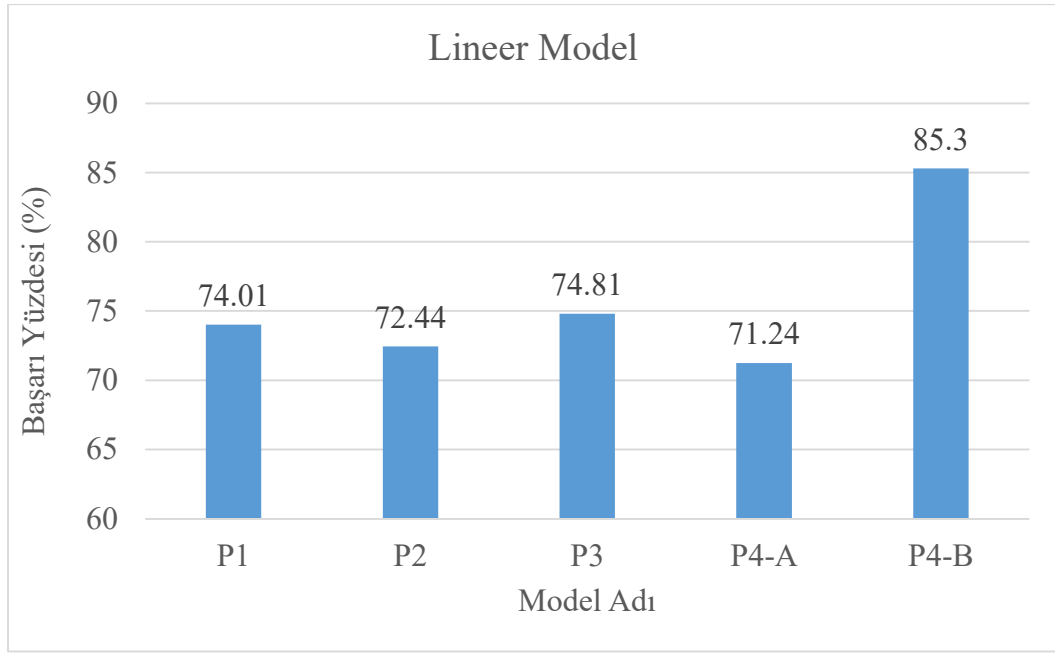
Çizelge 5.1. (devamı) Birinci Ana Modele Ait Sonuç Çizelgesi.

Model Numarası	Matematiksel Model	MAPE (%)	Başarı (%)
P4-B	Power	16.88	83.12
P4-B	Quadratic	19.18	80.82
P4-B	Semi Quadratic	17.66	82.34

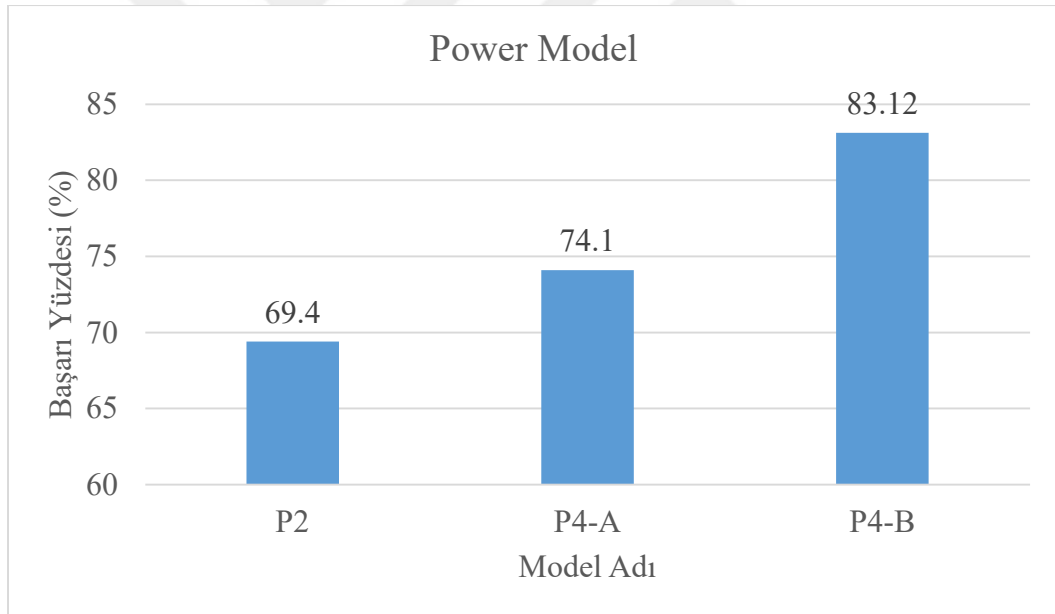


Şekil 5.1. Birinci ana modele ait toplu sonuç grafiği

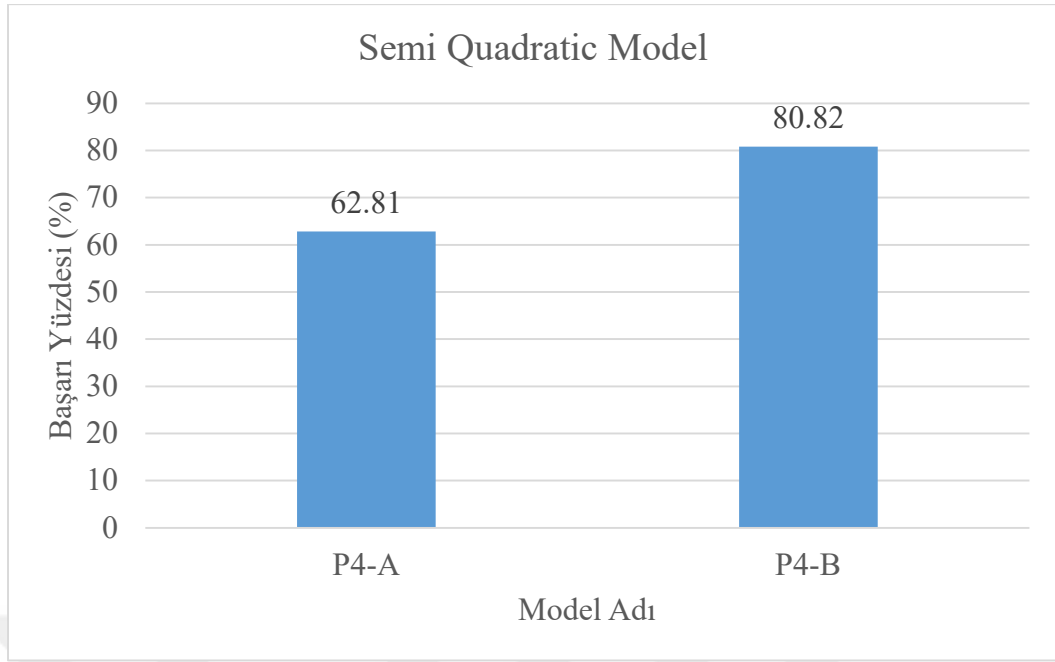
Birinci ana modele ait matematiksel tahminlerin gruplandırılmış başarı grafikleri; Lineer model için Şekil 5.2’de, Power model için Şekil 5.3’de, Quadratic model için Şekil 5.4’ ve Semi Quadratic Model için Şekil 5.5’de verilmiştir.



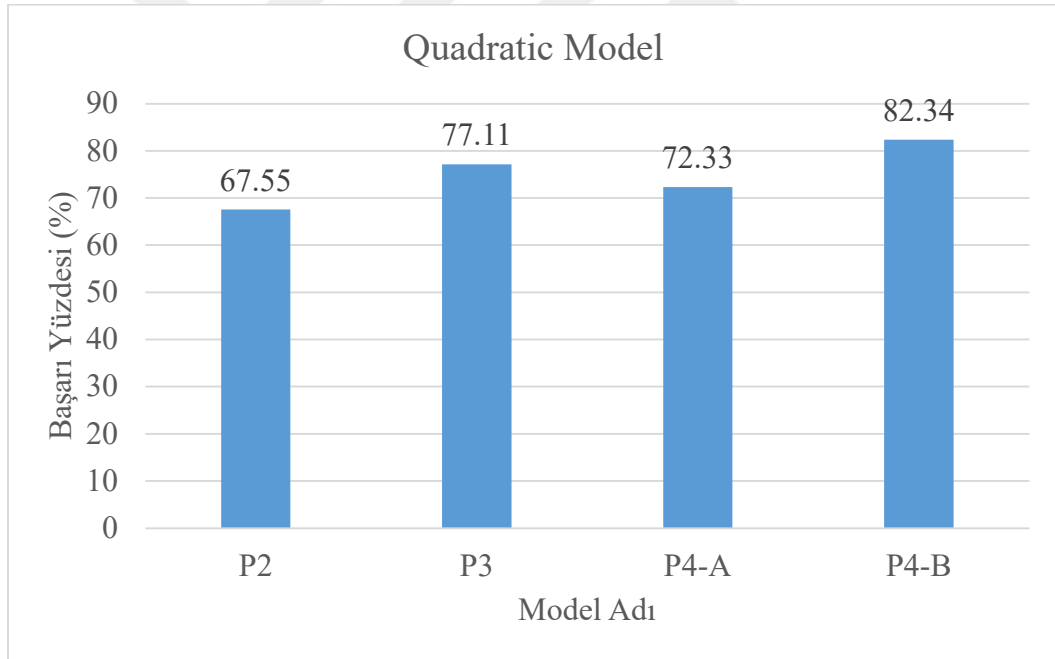
Şekil 5.2. Birinci ana modele ait lineer model başarı grafiği.



Şekil 5.3. Birinci ana modele ait power model başarı grafiği.



Şekil 5.4. Birinci ana modele ait semi quadratic model başarı grafiği.



Şekil 5.5. Birinci ana modele ait quadratic model başarı grafiği.

Özetle birinci ana modelde Lineer modelde kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiş olup en iyi MAPE değeri P4-B’de %14.70 (başarı oranı %85.30) olarak bulunmuştur. Kaya dolgu baraj verilerinden kazı, karışık dolgu, kil dolgu ve beton değişkeni toprak dolgu yaklaşık maliyeti için iyi bir tahmin sonucu oluşturmuştur. Bu sonuçların elde edilmesinde kaya ve toprak barajlarda ortak olan imalatlardan kazı, karışık (filtre, çakıl, kum hacim toplamı) dolgu, kil dolgu ve beton iş kaleminin seçilmesinin etkisi büyüktür.

İkinci ana modelde eğitim ve test amacı ile sadece kaya dolgu baraj verileri kullanılmıştır. Ham veri setleri kullanılarak Lineer matematiksel modellerde kabul edilebilir sonuçlar bulunmuştur. Veri setlerinde rastgele hataya sebep olan veriler elenerek oluşturulan hesaplamalarda Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic modellerde iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bu modele ait anlamlı MAPE sonuçları Çizelge 5.2’de, bu sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.2. İkinci Ana Modele Ait Sonuç Çizelgesi.

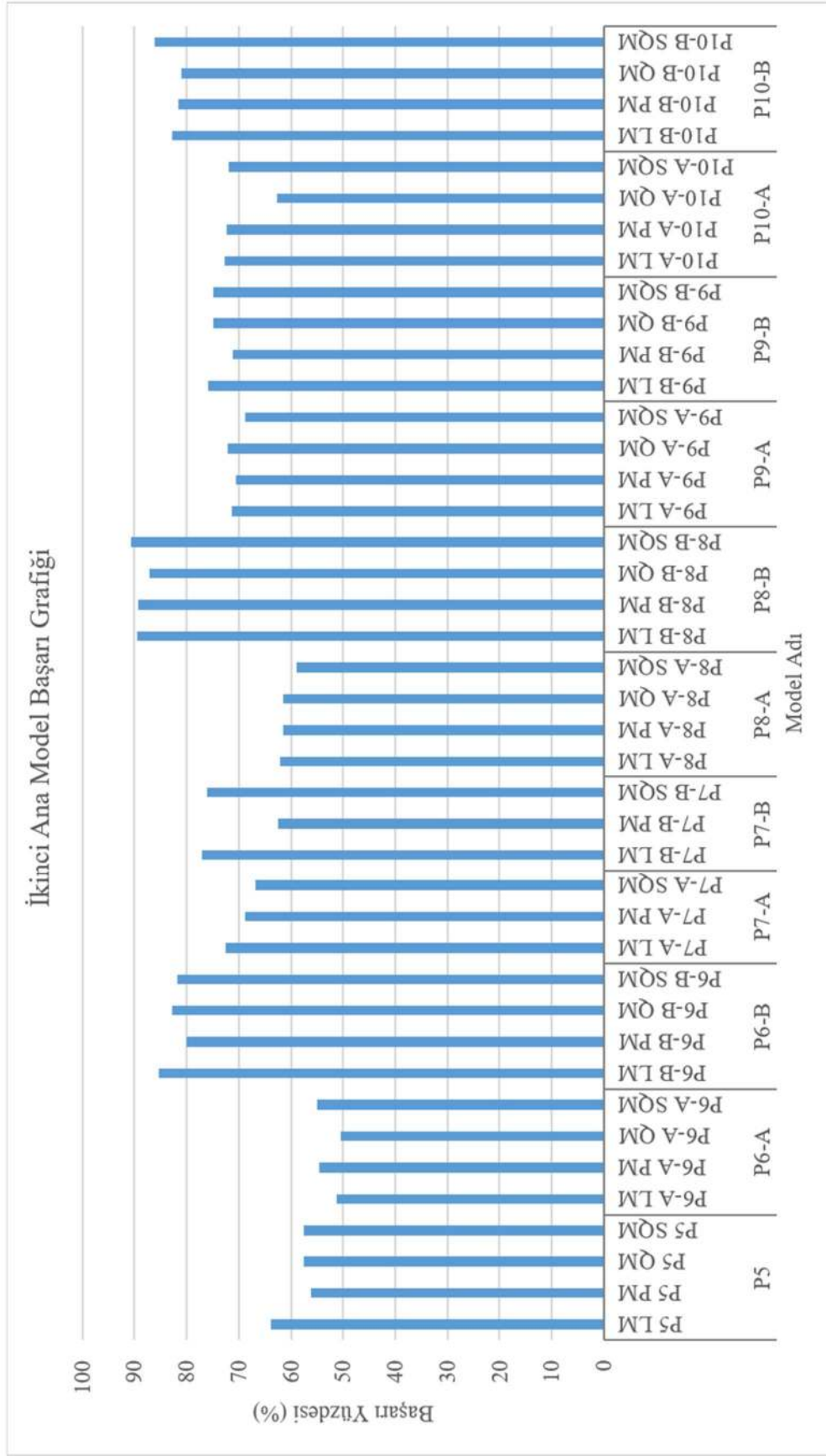
Model Numarası	Matematiksel Model	MAPE (%)	Başarı (%)
P5	Lineer	36.21	63.79
P5	Power	43.79	56.21
P5	Quadratic	42.43	57.57
P5	Semi Quadratic	42.52	57.48
P6-A	Lineer	48.83	51.17
P6-A	Power	45.31	54.69
P6-A	Quadratic	49.48	50.52
P6-A	Semi Quadratic	44.99	55.01
P6-B	Lineer	14.73	85.27
P6-B	Power	19.99	80.01
P6-B	Quadratic	17.21	82.79
P6-B	Semi Quadratic	18.24	81.76
P7-A	Lineer	27.38	72.62
P7-A	Power	31.25	68.75
P7-A	Semi Quadratic	33.10	66.90

Çizelge 5.2. (devamı) İkinci Ana Modele Ait Sonuç Çizelgesi.

Model Numarası	Matematiksel Model	MAPE (%)	Başarı (%)
P7-B	Lineer	22.86	77.14
P7-B	Power	37.42	62.58
P7-B	Semi Quadratic	23.81	76.19
P8-A	Lineer	37.87	62.13
P8-A	Power	38.40	61.6
P8-A	Quadratic	38.45	61.55
P8-A	Semi Quadratic	41.05	58.95
P8-B	Lineer	10.56	89.44
P8-B	Power	10.70	89.30
P8-B	Quadratic	12.86	87.14
P8-B	Semi Quadratic	9.24	90.76
P9-A	Lineer	28.59	71.41
P9-A	Power	29.36	70.64
P9-A	Quadratic	27.92	72.08
P9-A	Semi Quadratic	31.22	68.78
P9-B	Lineer	24.12	75.88
P9-B	Power	28.86	71.14
P9-B	Quadratic	25.15	74.85

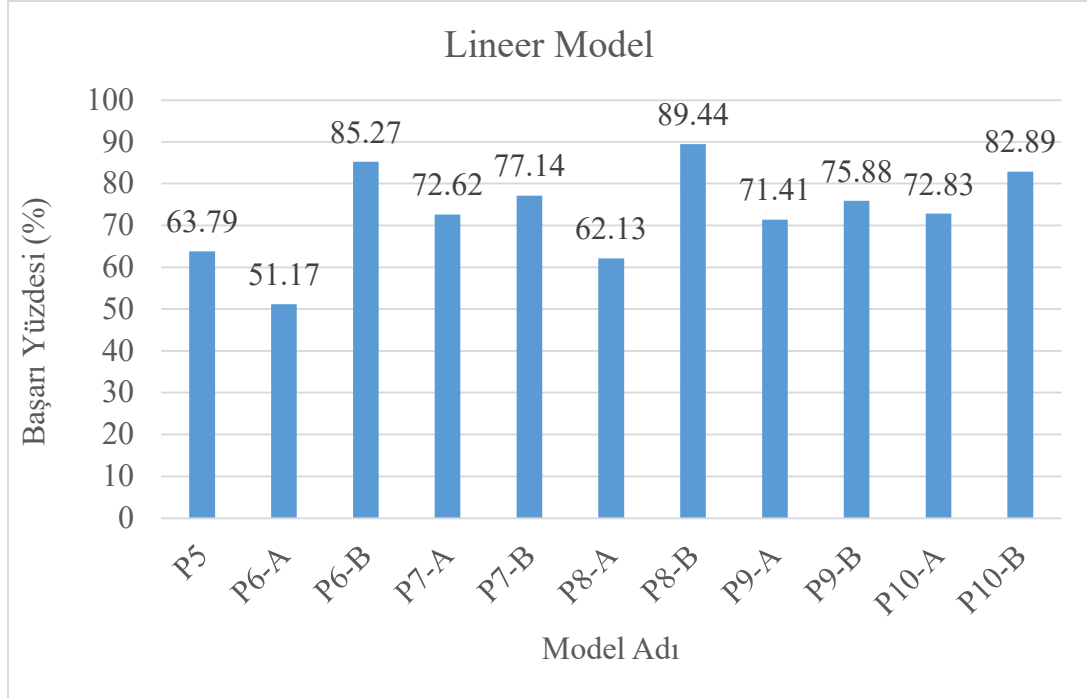
Çizelge 5.2. (devamı) İkinci Ana Modele Ait Sonuç Çizelgesi.

Model Numarası	Matematiksel Model	MAPE (%)	Başarı (%)
P9-B	Semi Quadratic	25.13	74.87
P10-A	Lineer	27.17	72.83
P10-A	Power	27.69	72.31
P10-A	Quadratic	37.30	62.70
P10-A	Semi Quadratic	28.06	71.94
P10-B	Lineer	17.11	82.89
P10-B	Power	18.32	81.68
P10-B	Quadratic	18.98	81.02
P10-B	Semi Quadratic	13.93	86.07

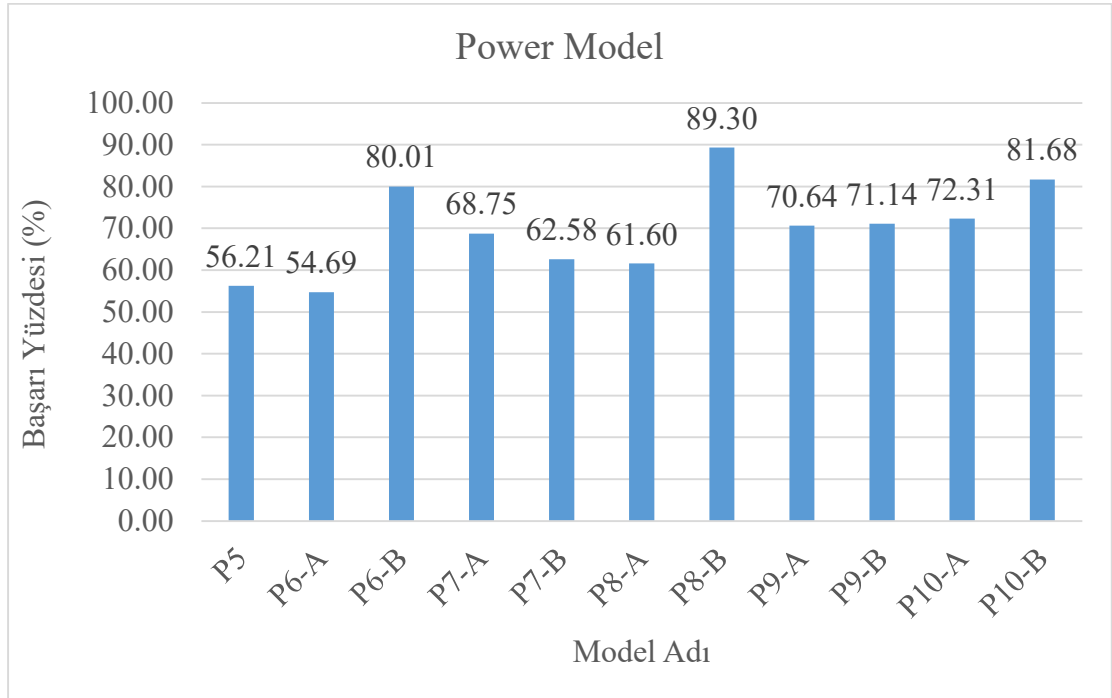


Şekil 5.6. İkinci ana modele ait toplu model başarı grafiği.

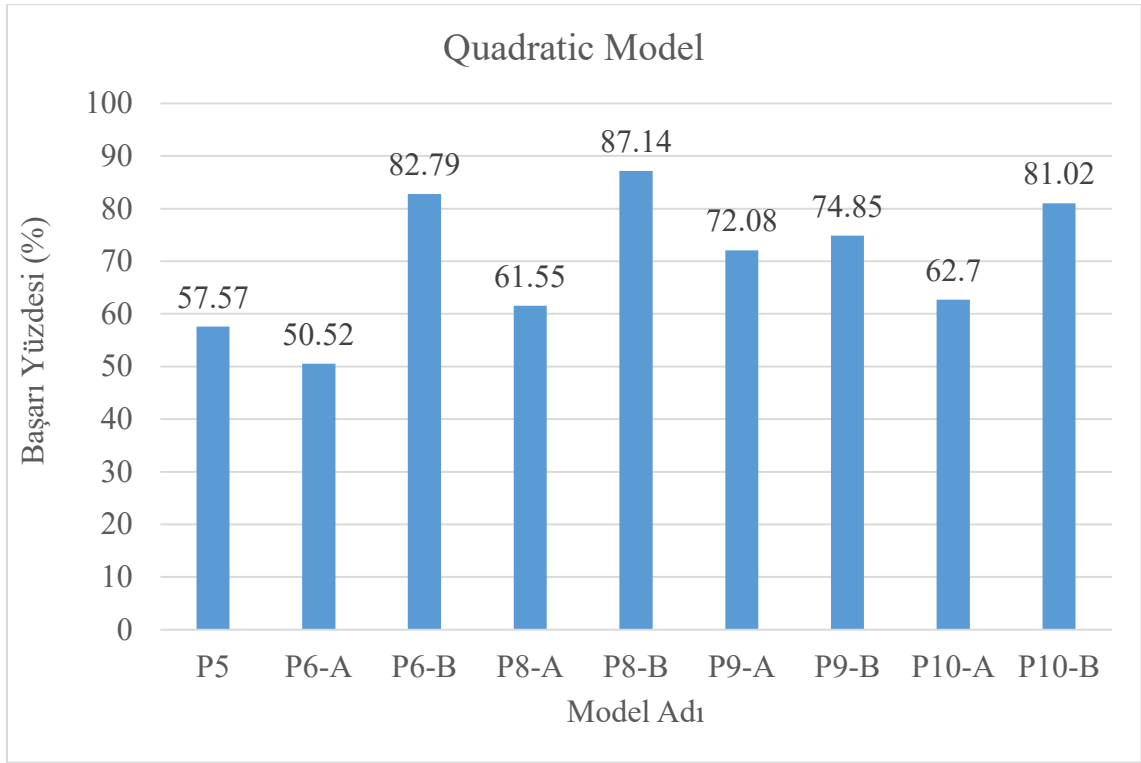
İkinci ana modele ait matematiksel tahminlerin gruplandırılmış grafikleri; Lineer model için Şekil 5.7, Power model için Şekil 5.8, Quadratic model için Şekil 5.9 ve Semi Quadratic model için Şekil 5.10’da verilmiştir.



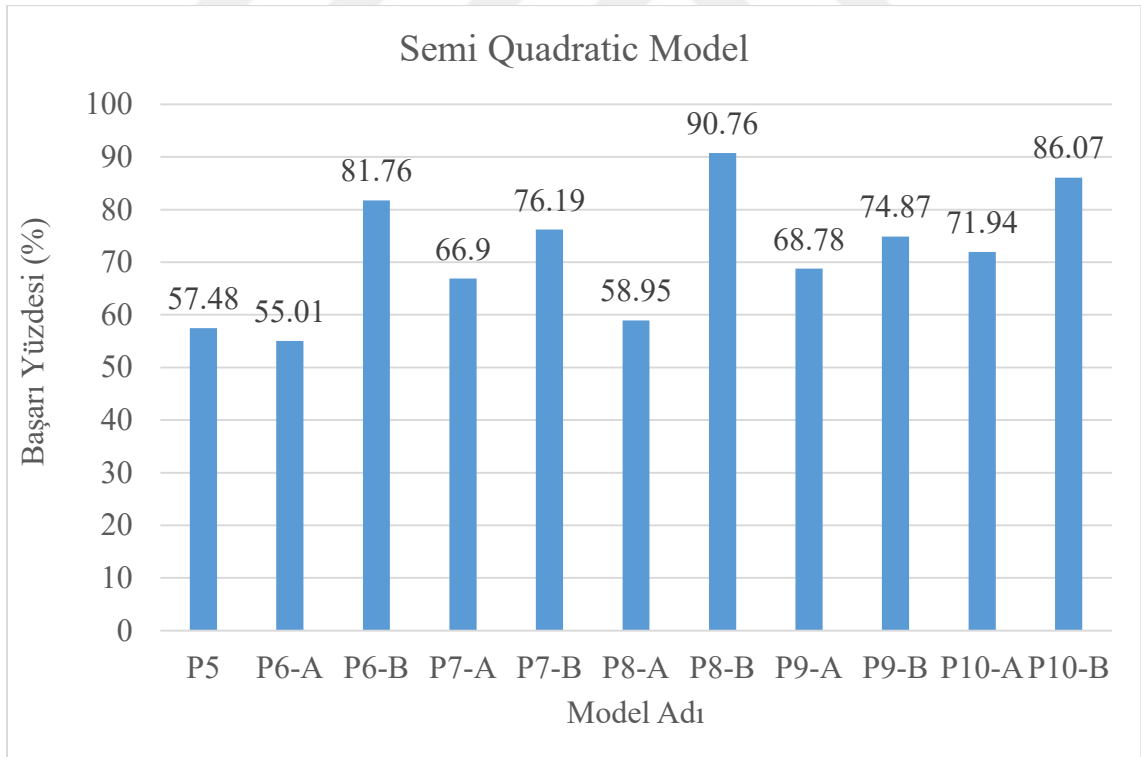
Şekil 5.7. İkinci ana modele ait lineer model başarı grafiği.



Şekil 5.8. İkinci ana modele ait power model başarı grafiği.



Şekil 5.9. İkinci ana modele ait quadratic model başarı grafiği.



Şekil 5.10. İkinci ana modele ait semi quadratic model başarı grafiği.

Özetle ikinci ana modelde en iyi ortalama başarıyı üç farklı model kombinasyonunda (Çizelge 5.3) “iyi” MAPE sonuçları veren Lineer denklem çözümü sağlamıştır.

Çizelge 5.3. Kaya Dolgu Lineer Model En İyi Sonuçlar.

Model Adı ve Numarası	Bağımsız Değişkenler	MAPE (%)	Başarı Oranı (%)
P6-B Lineer	Demir İşleri, Kazı, Kaya Dolgu, Beton	14.73	85.27
P8-B Lineer	Kazı, Filtre Dolgu, Kaya Dolgu, Beton	10.56	89.44
P10-B Lineer	Kazı, Filtre Dolgu, Kaya Dolgu, Donatı	17.11	82.89

Bu modellerdeki sonuçlara göre en önemli değişkenlerin Kazı, Filtre Dolgu, Kaya Dolgu, Beton İşleri ve Demir İşleri'nden oluşturulan kombinasyonların sağladığı tespit edilmiştir.

Tüm matematiksel test modellerinde yaklaşık sonuç veren ve bu şekilde iyi bir ilişki kurulduğu sonucuna varılan P8-B modeli olmuştur. Bu modelde Semi Quadratic model ile %9.24 MAPE çok iyi olarak değerlendirilen % 90.76 başarı sağlanmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezde 2011-2020 yılları arasında ihalesi sonuçlanmış 114 baraj projesinin yaklaşık maliyetinin tahmini için çeşitli bağımsız değişkenlerle matematiksel modeller geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Gri Kurt Optimizasyon algoritmasıyla test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Yapılan analizler sonucu 1.ana modelde (kaya dolgu eğitim- toprak dolgu test) en iyi sonuçları P4-B modelinde Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic matematiksel modellerde %80'den daha yüksek başarı bulunarak iyi bir ilişki kurulduğu sonucuna varılan kazı, karışık dolgu, kil dolgu ve beton bağımsız değişkenlerinin önemli parametreler olduğu belirlenmiştir. Bu modelde en iyi sonucu %85.30 Lineer model ile bulunmuştur. Kaya dolgu yaklaşık maliyetinden toprak dolgu baraj yaklaşık maliyetinde iyi sonuçlar çıkmasında her iki imalatla ortak olan iş kalemlerinin ve oluşturulan karışık dolgu parametresinin kullanılması etkili olmuştur.

İkinci ana modelde (kaya dolgu eğitim- kaya dolgu test) Lineer, Power, Quadratic ve Semi Quadratic modellerde yüksek başarı oranı elde ederek iyi bir ilişki kurulduğu tespit edilen P8-B Semi Quadratic modelinde yaklaşık maliyetin %90.76 başarı oranı ile hesaplanabileceği bulunmuştur. Modellerdeki bağımsız değişkenlerden kazı, filtre dolgu, kaya dolgu, beton işleri veya demir işlerinin maliyet hesabı için önemli parametreler olduğu belirlenmiştir.

Bu tez sonucu elde edilen veriler ile kaya dolgu baraj imalatları için yaklaşık maliyet hesabı yapmak isteyen kamu ve özel kuruluşların harcayacağı kaynağın azaltılabileceği; klasik yolla yapılan hesabın kontrolü için oluşturulan modelin kullanılabileceği önerilebilir.

7. KAYNAKLAR

- [1] “4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu”, (2022, 30 Mayıs). Erişim: <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.4734.pdf>
- [2] Ö. Bisen ve S. Ü. Dikmen, “Üstyapı projelerinin maliyet tahmin çalışmalarında belirsizliklerin yapay zeka teknikleriyle analizi,” *Engineering Sciences*, cilt 7, sayı 2, ss. 394–403, Mart, 2012.
- [3] “EKAP (Elektronik Kamu Alımları Platformu).”, (2022, 14 Temmuz). Erişim: <https://ekap.kik.gov.tr/EKAP/Default.aspx?ReturnUrl=%2fEKAP%2f>
- [4] “Tük Parasal Tutarı Güncelleme Aracı.”, (2022, 14 Temmuz). Erişim: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/donusum_hesap.zul
- [5] M. Arafa ve M. Alqedra, “Early stage cost estimation of buildings construction projects using artificial neural networks,” *Journal of Artificial Intelligence*, cilt 4, sayı 1, ss. 63–75, 2010.
- [6] A. H. Boussabaine ve A. P. Kaka, “A neural networks approach for cost flow forecasting,” *Construction Management and Economics*, ss. 471–479, 1998.
- [7] T. M. S. Elhag ve A. H. Boussabaine, “An artificial neural system for cost estimation of construction projects”, *14th Annual ARCOM Conference*, cilt 1, ss. 219–226, 1998.
- [8] M. Mir, H. M. D. Kabir, F. Nasirzadeh, ve A. Khosravi, “Neural network-based interval forecasting of construction material prices”, *Journal of Building Engineering*, cilt 39, 2021.
- [9] N. I. El-Sawalhi ve O. Shehatto, “A neural network model for building construction projects cost estimating,” *Journal of Construction Engineering and Project Management*, cilt 4, sayı 4, ss. 9–16, 2014.
- [10] M. Marzouk ve M. Elkadi, “Estimating water treatment plants costs using factor analysis and artificial neural networks,” *Journal of Cleaner Production*, cilt 112, ss. 4540–4549, 2016.
- [11] D. D. Ahiaga-Dagbui ve S. D. Smith, “Neural networks for modelling the final target cost of water projects,” *Procs 28th Annual ARCOM Conference*, ss. 307–316, 2012.
- [12] E. Dobrucalı, “Kamu Bina İnşaat İhalelerinde Sözleşme bedelinin yapay zeka teknikleri ile belirlenmesi,” Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2018.
- [13] H. M. Günaydin ve S. Z. Doğan, “A neural network approach for early cost estimation of structural systems of buildings,” *International Journal of Project Management*, cilt 22, sayı 7, ss. 595–602, 2004.
- [14] D. R. Al-Tawal, M. Arafah, ve G. J. Sweis, “A model utilizing the artificial neural network in cost estimation of construction projects in jordan”, *Engineering, Construction and Architectural Management*, cilt 28, sayı 9, ss. 2466–2488, 2021.
- [15] “Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Şartnameleri.”, (2022, 14 Temmuz).

Erişim: <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/740>

- [16] “Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.”, (2022, 22 Mayıs). Erişim: <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754>
- [17] A. Jayalakshmi ve T. Dr. Santhakumaran, “Statistical normalization and back propagation for clasification”, *International Journal of Computer Theory and Engineering*, cilt 3, sayı 1, ss. 89-93, 2011.
- [18] B. G. Tabachnick ve L. S. Fidell, “Using Multivariate Statistics Title: Using Multivariate Statistics,” 6. Baskı, Northridge, Amerika: Pearson Yayıncılık, böl. 4, ss. 79-99, 2012.
- [19] V. Ateş ve N. Barişçi, “Short-term load forecasting model using flower pollination algorithm,” *ISVOS JOURNAL*, cilt 1, sayı 1, ss. 22–29, 2017.
- [20] S. Mirjalili, S. M. Mirjalili, ve A. Lewis, “Grey wolf optimizer,” *Advances in Engineering Software*, cilt 69, ss. 46–61, 2014.
- [21] Q. Al-Tashi, H. Md Rais, S. J. Abdulkadir, S. Mirjalili, ve H. Alhussian, “A review of grey wolf optimizer-based feature selection methods for classification,” *Evolutionary Machine Learning Techniques*, ss. 273-286, 2020.
- [22] N. Mittal, U. Singh, ve B. S. Sohi, “Modified grey wolf optimizer for global engineering optimization”, *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*, 2016.
- [23] M. H. Nadimi-Shahraki, S. Taghian, ve S. Mirjalili, “An improved grey wolf optimizer for solving engineering problems,” *Expert Systems with Applications*, 2021.
- [24] M. H. Nadimi-Shahraki, S. Taghian, S. Mirjalili, H. Zamani, ve A. Bahreininejad, “GGWO: Gaze cues learning-based grey wolf optimizer and its applications for solving engineering problems,” *Journal of Computational Science*, 2022.
- [25] S. Eswaramoorthy, N. Sivakumaran, ve S. Sekaran, “Grey wolf optimization based parameter selection for support vector machines”, *COMPEL- The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical And Electronic Engineering*, 2016.
- [26] M. R. Mosavi, M. Khishe ve A. Ghamgosar, “Classification of sonar data set using neural network trained by gray wolf optimization”, *Neural Network World*, ss. 393-415, 2016.
- [27] M. Pradhan, P. K. Roy ve T. Pal, “Grey wolf optimization applied to economic load dispatch problems,” *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, cilt 83, ss. 325–334, 2016.
- [28] A. Sahoo ve S. Chandra, “Multi-objective grey wolf optimizer for improved cervix lesion classification,” *Applied Soft Computing*, cilt 52, ss. 64–80, 2017.
- [29] F. Yetiz, M. Terzioğlu, ve M. Kayakuş, “Makina öğrenmesi yöntemleri ile türk mevduat bankalarının müşteri tahminine yönelik bir uygulama”, *Sosyoekonomi*, cilt 29, sayı 50, ss. 413–432, 2021.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ömer GENÇ

Yabancı Dili : İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Pamukkale Üniversitesi	2010
Lise	-	Didim Selçuk Özsoy ÇPL	2005

YAYINLAR

- Ayvaz, M.T. ve Genç, Ö., "Optimal estimation of manning's roughness in open channel flows using a linked simulation-optimization model", *BALWOIS 2012 International Conference on Water, Climate and Environment*, Ohrid, Madeconia, May 28- June 2, 2012.
- Ayvaz, M.T. ve Genç, Ö., "Optimal estimation of the manning's surface roughness in river flows using hybrid PSOLVER optimization algorithm", *26th European Conference on Operational Research (EURO 2013)*, Rome, Italy, July 1-4, 2013,.
- Ayvaz, M.T. ve Genç, Ö., "A linked simulation-optimization model for estimating the manning's surface roughness in river flows", *8th International Conference of EWRA (EWRA2013)*, Porto, Portugal, June 26-29, 2013.
- Gökçe, Ş., Ayvaz, M.T., Genç, Ö., Koç, A.C., "Taşkın alanlarının coğrafi bilgi sistemi ve hidrolik modelleme teknikleri ile belirlenmesi: pamukkale ünivesitesi kınıklı yerleşkesi için bir uygulama", *Taşkın ve Heyelan Sempozyumu*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 24-26 Ekim 2013.
- Yurt, Ü., Tabanoğlu, M., Genç, Ö. "Coğrafi bilgi sistemleri ile gayrimenkul değer

tespiti: düzce örneği”, *Ulusal Mühendislik Araştırmaları Sempozyumu (UMAS’15)*, Düzce, Türkiye, 10-12 Eylül 2015.

- Gökçe, Ş., Ayvaz, M.T., Genç, Ö. ve Koç, A.C.,”Pamukkale üniversitesi kınıklı yerleşkesi’nin taşkın afetine maruz kalma potansiyelinin hidrolik modelleme ile belirlenmesi”, *Uluslararası Doğal Afet ve Afet Yönetimi Sempozyumu (DAAYS’16)*, Karabük, Türkiye, 2-4 Mart 2016.
- Akbıyıklı, R., Yıldız, D., Genç, Ö. “İnşaat projelerinde sağlık ve güvenlik maliyetleri: bir literatür taraması”, *III. Ulusal Mühendislikte Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar Kongresi (Bilmes’ 2020)*, Online, Türkiye
- Bozkurt, C., Karakaya, N., Genç, Ö., “Fırtına deresi havzasında gefc metodu kullanılarak çevresel su ihtiyacı tahmini”, *14. Ulusal 2. Uluslararası Çevre Mühendisliği Kongresi*, Çevrimiçi, Türkiye, 9-11 Aralık 2021.
- Genç, Ö., Akbıyıklı, R., Ateş, V. “Baraj yapılarındaki yaklaşık maliyet belirsizliklerinin yapay zekâ teknikleriyle tahmini”, *7. Uluslararası 19 Mayıs Yenilikçi Bilimsel Yaklaşımlar Kongresi*, Samsun, Türkiye, 19-20 Mayıs 2022.

