T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKİL TEMEL OPTİMUM TASARIMI İÇİN MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI TAHMİN MODELİ

Hani Kerem TÜRKOĞLU

DANIŞMAN
Prof. Dr. Gebrail BEKDAŞ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2022

Bu çalışma, Tarih girmek için burayı tıklatın. tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İnşaat Mühendisliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Gebrail BEKDAŞ(Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Fakülte

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Tekil temellerin optimum tasarımının makine öğrenmesi tabanlı bir tahmin modeli ile gerçekleştirilmesini hedefleyen tezimin oluşturulması aşamalarında her daim desteğini hissettiğim, sorularıma ve sorunlarıma anında yanıt bulduğum, kıymetli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Gebrail BEKDAŞ'a en içten dileklerimle teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmamın nihayete erdirilmesinde yardımlarından dolayı kıymetli hocam Doç. Dr. Sinan Melih NİĞDELİ'ye şükranlarımı sunarım.

Başta Prof. Dr. Namık Kemal ÖZTORUN ve Prof. Dr. Savaş ERDEM olmak üzere; lisansüstü eğitimim boyunca üzerimde emeği geçen bütün hocalarıma, eğitimim boyunca beni sabırla destekleyen anneme, babama, eşime ve oğluma minnettarım. Yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma da teşekkürü borç bilirim.

Haziran 2022 Hani Kerem TÜRKOĞLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **ix**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **x**
ÖZET ..... **xiii**
SUMMARY ..... **xv**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **4**
2.1 TEMELLER 4
2.1.1. Tasarım Dayanımları 7
2.1.2. Yüzeysel Temellerin Taşıma Gücü 8
2.1.2.1. Taşıma Gücü Katsayıları (N_c, N_q, $N\gamma$) *9*
2.1.2.2. Taşıma Şekli Katsayıları (s_c, s_q, $s\gamma$) *10*
2.1.2.3. Derinlik Katsayıları (d_c, d_q, $d\gamma$) *10*
2.1.2.4. Yükleme Eğikliği Katsayıları (i_c, i_q, $i\gamma$) *10*
2.1.2.5. Temel Zemini Eğimi Katsayıları (g_c, g_q, $g\gamma$) *11*
2.1.2.6. Temel Taban Eğimi Katsayıları (b_c, b_q, $b\gamma$) *11*
2.2 TEKİL TEMELLER 12
2.2.1. Tekil Temel Sınıflandırmaları 12
2.2.2. Tekil Temel Tasarımında Konstrüktif Kurallar 14
2.2.3. Tekil Temel Tasarımında Yapılması Gereken Kontroller 14
2.2.3.1. Zemin için taşıma gücü kontrolü *14*
2.2.3.2. Temelde kesme kontrolü *15*
2.2.3.3. Temelde eğilme kontrolü *15*
2.2.3.4. Temelde zımbalama kontrolü *15*
2.2.3.5. Donatı detayı kontrolü *16*
2.3 METASEZGİSEL ALGORİTMALAR 16
2.3.1. Metasezgisel algoritmalar ile alakalı yapılmış bazı çalışmalar 17
2.4 JAYA ALGORİTMASI 21
2.4.1. Ön Optimizasyon 23

2.4.2. Başlangıç Çözüm Matrisinin Oluşturulması ve Cezalandırma İşlemi 23
2.4.3. Analiz ve Optimizasyon Aşaması 23
2.5 YAPAY SİNİR AĞLARI 23
2.5.1. Yapay Sinir Ağları ile Alakalı Bazı Çalışmalar 24
2.5.2. İleri Beslemeli YSA 27
2.5.3. Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağlarının Yapısı ve Temel Elemanları 27
3. METODOLOJİ 30
3.1 MATLAB 30
3.2 OPTİMİZASYON İÇİN AMAÇ FONKSİYONUNUN ELDE EDİLMESİ 31
3.3 OPTİMİZASYON TASARIM KISITLARI 31
3.4 JAYA ALGORİTMASI İLE YAPILACAK OPTİMİZASYONUN İŞLEM ADIMLARI 32
3.4.1. Ön-Optimizasyon 32
3.4.2. Analiz Aşaması 33
3.4.3. Optimizasyon Aşaması 33
3.5 YAPAY SİNİR AĞLARI 34
4. BULGULAR 36
4.1 OPTİMİZASYON 36
4.2 YAPAY SİNİR AĞLARI 48
4.2.1 YSA Eğitimi 51
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR 58
KAYNAKLAR 60
EKLER 68
1. TASARIM KISITLARININ BULUNMASI 68
1.Tasarım kısıtının (g1) bulunması 68
2.Tasarım kısıtının (g2) bulunması 68
3.Tasarım kısıtının (g3) bulunması 69
4.Tasarım kısıtının (g4) bulunması 69
5.Tasarım kısıtının (g5) bulunması 69
2. OPTİMİZASYON KODLARI 70
3. YSA EĞİTİMİNDE KULLNILAN 2775 TAKIMLI VERİ SETİ – ÇEVRİMLİ OPTİMİZASYON SONUÇLARI 73
4. ÇEVRİMLİ OPTİMİZASYON KODLARI 103
4. YSA EĞİTİMİNE VERİ ÇEKME KODLARI 107
ÖZGEÇMİŞ 108

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Farklı zemin özelliklerinde zemin gerilmeleri davranışı (Celep, 2017). 5

Şekil 2.2: Temellerin sınıflandırılması (Doğangün, 2021). 7

Şekil 2.3: Simetrik ve eksantrik tekil temellerde gerilme dağılımı (Celep, 2017).....13

Şekil 2.4: Tekil temellerde yüklemelere göre gerilme dağılımları (Celep, 2017). 13

Şekil 2.4: Tekil temellerde zımbalama (Celep, 2017).....15

Şekil 2.6: Jaya algoritması işlem akış şeması (Kayabekir, Bekdaş ve Niğdeli, 2020). 22

Şekil 2.7: Yapay sinir ağlarının genel yapısı (Öztemel, 2003). 27

Şekil 2.8: Çok katmanlı yapay sinir ağları mimarisi (Karaboran, 2013). 28

Şekil 2.9: Çok katmanlı yapay sinir ağları şematik gösterim (Hagan, 1997). 29

Şekil 3.1: Tasarım kısıtını sağlamayan sonuçların cezalandırılması işlemi.....33

Şekil 3.2: Çalışmada kullanılan yapay sinir ağı mimarisi.....34

Şekil 3.3: Matlab – Neural Fitting Tool arayüzü. 35

Şekil 4.1: Optimum tekil temel maliyetinin moment etkisinde değişimi. 37

Şekil 4.2: Optimum tekil temel boyutlarının moment etkisinde değişimi. 38

Şekil 4.3: Optimum tekil temel maliyetinin normal kuvvet etkisinde değişimi. 40

Şekil 4.4: Optimum tekil temel boyutlarının normal kuvvet etkisinde değişimi. 40

Şekil 4.5: Optimum tekil temel maliyetinin zemin taşıma gücü etkisinde değişimi.....42

Şekil 4.6: Optimum tekil temel boyutlarının zemin taşıma gücü etkisinde değişimi. 42

Şekil 4.7: Optimum tekil temel maliyetinin beton sınıfı etkisinde değişimi. 43

Şekil 4.8: Optimum tekil temel boyutlarının beton sınıfı etkisinde değişimi. 44

Şekil 4.9: Optimum tekil temel maliyetinin kolon boyutları (y-ekseni) etkisinde değişimi. 45

Şekil 4.10: Optimum tekil temel boyutlarının kolon boyutları (y-ekseni) etkisinde değişimi. 46

Şekil 4.11: Optimum tekil temel maliyetinin kolon boyutları (x-ekseni) etkisinde değişimi. 46

Şekil 4.12: Optimum tekil temel boyutlarının kolon boyutları (x-ekseni) etkisinde değişimi. 47

Şekil 4.13: Optimum tekil temel maliyetinin kolon kesit alanı etkisinde değişimi. 47

Şekil 4.14: Optimum tekil temel boyutlarının kolon kesit alanı etkisinde değişimi. 48

Şekil 4.15: YSA eğitimi regresyon sonuçları. 52

Şekil 4.16: YSA eğitimi regresyon sonuçları. 53

Şekil 4.17: 10.000 veriilik setle eğitilmiş olan YSA'nın mimarisi. 55

Şekil 4.18: 10.000 verilik sertle eğitilmiş olan YSA'^nın regresyon grafikleri. 55

Şekil 4.19: YSA tahmin sonuçları 56

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Yerel zemin sınıfları tablosu (TBDY-2018, 2018). 5

Tablo 2.2: Dayanım katsayıları (TBDY-2018, 2018).....8

Tablo 4.1: İterasyon sayısı – optimum sonuçlar.....36

Tablo 4.2: Moment değişiminin optimum sonuçlara olan etkisi 36

Tablo 4.3: Normal kuvvet değişiminin optimum sonuçlara olan etkisi 38

Tablo 4.4: Zemin taşıma gücü değişiminin optimum sonuçlara olan etkisi.....41

Tablo 4.5: Beton sınıfı değişiminin optimum sonuçlara olan etkisi.....43

Tablo 4.6: Kolon boyutlarındaki değişimin optimum sonuçlara olan etkisi 44

Tablo 4.7: Yapay sinir ağları eğitiminde kullanılan veri seti 48

Tablo 4.8: 120'şer veri parametresinden oluşan veri takımıyla eğitilen YSA'nın tahmin sonuçları 51

Tablo 4.9: Yeni veri takımıyla eğitilen YSA'nın tahmin sonuçları 53

Tablo 4.10: Yeni veri takımıyla eğitilen YSA'nın tahmin sonuçları – hata yüzdeleri.....54

Tablo 4.11: Çıktı parametreleri güncellenmiş veri takımıyla eğitilen YSA'nın tahmin sonuçları – hata yüzdeleri.....56

Tablo 4.12: Çıktı parametreleri güncellenmiş veri takımıyla eğitilen YSA'nın tahmin sonuçları – hata yüzdeleri.....57

Tablo 4.13: Çıktı parametreleri güncellenmiş veri takımıyla eğitilen YSA'nın tahmin sonuçları – hata yüzdeleri.....57

Tablo 4.14: Çıktı parametreleri güncellenmiş veri takımıyla eğitilen YSA'nın tahmin sonuçları – hata yüzdeleri.....57

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler **Açıklama**

a_x : Kolon yüzünden tekil temel ucuna kadar olan konsol boyu (x-doğrultusu)

a_y : Kolon yüzünden tekil temel ucuna kadar olan konsol boyu (y-doğrultusu)

A_c : Temel altında basınç gerilmelerinin oluşturduğu toplam alan

A_p : Zımbalama alanı

b : Kolon genişliği

b_c, b_q, b_γ : Temel taban eğimi katsayıları

B : Etkin temel genişliği

B_x : Etkin temel genişliği (x-doğrultusu)

B_y : Etkin temel genişliği (y-doğrultusu)

b : Temel taban eğim faktörü

c : Efektif kohezyon

C : Tekil temel maliyeti

C_c : Tekil temel beton maliyeti

C_s : Tekil temel demir maliyeti

c_u : Drenajsız kayma dayanımı

d : Derinlik faktörü; faydalı yükseklik

D_f : Derinlik faktörü

F_a : Zımbalama çevresi içinde kalan zemin gerilmelerinin bileşkesi

f_{ctd} : Tasarım çekme dayanımı

g : Temel zemini eğim faktörü

g1 : 1.tasarım kısıtı

g2 : 2.tasarım kısıtı

g3 : 3.tasarım kısıtı

g4 : 4.tasarım kısıtı

g5 : 5.tasarım kısıtı

g_c, g_q, g_γ : Temel zemin eğimi katsayıları

h : Kolon genişliği (y – doğrultusu)

h_t : Temel yüksekliği

i : Eğim faktörü

L : Temel uzunluğu

M	: Moment
M_d	: Tasarım momenti
N	: Normal kuvvet
N_1	: Kolon yükü
N_d	: Tasarım normal kuvvet
N_c	: Taşıma gücü katsayısı
N_q	: Taşıma gücü katsayısı
N_γ	: Taşıma gücü katsayısı
N_{60}	: Standart penetrasyon deneyi darbe sayısı
P_{tv}	: Temel tabanına etkiyen tasarım düşey basınç kuvveti
Opt()	: Optimizasyon matrisi
pn	: Popülasyon sayısı
rand()	: 0-1 arasında rassal değer üretme fonksiyonu
R_k	: Karakteristik dayanım
R_t	: Tasarım dayanımı
s	: Şekil faktörü
u_p	: Zımbalama çevresi
V	: Kesme kuvveti
V_{cr}	: Kesmede çatlama dayanımı
V_d	: Tasarım kesme kuvveti (kolon yüzündeki)
V_{pd}	: Tasarım yükü
V_{pr}	: Zımbalama dayanımı
V_{th}	: Temel tabanına etkiyen tasarım düşey basınç kuvveti
Vs	: Kayma dalgası hızı
$X_{i,g\ en\ iyi}$	: Amaç fonksiyonu açısından en iyi olan çözüme ait i. tasarım değişkeni değeri
$X_{i,g\ en\ kötü}$	: Amaç fonksiyonu açısından en kötü olan çözüme ait i. tasarım değişkeni değeri
$X_{i,j}$	: i.tasarım değişkeninin j.aday çözümünün başlangıç matrisindeki değeri
$X_{i,yeni}$	: i.tasarım değişkeninin yeni değeri
γ_{ort}	: Temel ve üstünde kalan zeminin ortalama birim hacim ağırlığı
γ_R	: Dayanım katsayısı
γ_{Rv}	: Temel taşıma gücü dayanım katsayısı
γ_{Rh}	: Sürtünme direnci dayanım katsayısı

γ_{Rp} : Pasif direnç dayanım katsayısı

β : Temel zemini eğim açısı

q : Ek sürşarj yükü

q_o : Temel taban basıncı

q_{of} : Kolon yüzündeki taban basıncı

$q_{o,max}$: En büyük taban gerilmesi

$q_{o,min}$: En küçük taban gerilmesi

q_{oo} : Ortalama taban gerilmesi

q_t : Zemin tasarım dayanımı

ϕ' : Efektif sürtünme açısı

γ : Zemin birim hacim ağırlığı

Kısaltmalar	**Açıklama**
ACI	: American concrete institute
ANN	: Artificial Neural Networks
ART	: Uyarlanabilir rezonans teorisi
BA	: Yarasa algoritması
CBO	: Çarpışan cisimler optimizasyonu
ÇKYSA	: Çok katmanlı yapay sinir ağları
FPA	: Çiçek tozlaşma algoritması
GA	: Genetik algoritma
HS	: Armoni arama algoritması
JA	: Jaya algoritması
JMO	: Jeoloji mühendisleri odası
LVQ	: Öğrenen vektör kuantizasyonu
MBF	: Ağızda kuluçka yapan balık algoritması
PI	: Plastisite indisi
R	: Regresyon
SOM	: Kendini organize eden haritalar
TBDY	: Türkiye bina deprem yönetmeliği
TLBO	: Öğretme-öğrenme tabanlı optimizasyon
TMD	: Ayarlı kütle sönümleyiciler
YSA	: Yapay Sinir Ağları

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKİL TEMEL OPTİMUM TASARIMI İÇİN MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI TAHMİN MODELİ

Hani Kerem TÜRKOĞLU

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Gebrail BEKDAŞ

Yapı dinamik ve statik yükler altındayken, üzerinde bulunduğu zeminde üniform olmayan oturmaların oluşma riskinin bulunmadığı alanlarda tasarlanması daha uygun olan; planda farklı geometrilerde bulunabilen kolon altlarına tek bir kolon için teşkil edilen tekil temellerin yapısal tasarımında göz önüne alınması gereken birçok faktör bulunmaktadır. Tekil temel tasarımında, zemin özellikleri ile yapısal etkiler göz önünde bulundurularak; güvenlik, maliyet ve kaynakların optimum kullanıldığı bir tasarım yapmak gereklidir.

Bu çalışmada, tekil temellerin maliyet optimizasyonu, bir metasezgisel algoritma olan Jaya algoritması ile gerçekleştirilmiştir. Öncelikle tekil temel hesabında kullanılan formüller sentezlenerek bir amaç fonksiyonu bulunmuştur. Bu amaç fonksiyonunu optimize etmek üzere Jaya algoritması kullanılıp optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Çeşitli durumlar altında optimizasyonlar yapılıp; elde edilen veriler, insan beyninin bilgi işleme yönteminden yola çıkılarak geliştirilmiş bir veri işleme teknolojisi olan yapay sinir ağlarının (YSA) eğitiminde kullanılmıştır.

Optimizasyon işlemi ve farklı durumlardaki optimum tasarım sonuçlarının yapay sinir ağlarına (YSA) öğretilmesinin ardından, tasarımcıya optimum tasarıma yakın bir tasarımı önerebilen; makine öğrenmesi tabanlı bir tahmin modeli ortaya çıkartmak hedeflenmiştir.

Jaya algoritmasının tekil temel tasarım optimizasyonunu başarıyla gerçekleştirdiği ve tutarlı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Jaya algoritmasından elde edilen optimum sonuçlardan oluşan veri seti ile eğitimi gerçekleştirilen yapay sinir ağlarının, doğru tahminde bulunabilmesi için büyük ölçekli bir veri setine ihtiyaç duyduğu gözlemlenmiştir. Yeterli veri seti sağlandığında, başarılı tahminin gerçekleştiği belirlenmiştir. Ayrıca çıktı parametreleri sayısının azaltılmasıyla yapay sinir ağlarının tahmin oranının arttığı görülmüştür.

Haziran 2022, 123 sayfa.

Anahtar kelimeler: Tekil temeller, makine öğrenmesi, yapay sinir ağları, metasezgisel algoritmalar, optimizasyon, Jaya algoritması

SUMMARY

M.Sc. THESIS

MACHINE LEARNING BASED OPTIMUM DESIGN ESTIMATION OF REINFORCED CONCRETE FOOTING

Hani Kerem TÜRKOĞLU

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Civil Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Gebrail BEKDAŞ

Reinforced concrete footings are structural elements that are suitable to be designed in areas where there is no risk of non-uniform settlements on the ground. While the structure is under dynamic and static loads, there are many factors to be considered in the structural design of reinforced concrete footings which are found in different geometries in the plan. In the reinforced concrete footing design, considering the soil properties and structural effects; it is necessary to make a design in which safety, cost and resources are used optimally.

In this study, cost optimization of reinforced concrete footing is carried out with the Jaya (JA), which is one of a metaheuristic type of algorithm. First of all, an objective function was found by synthesizing the formulas used in structural analysis of reinforced concrete footings. In order to optimize this objective function, the Jaya algorithm was used and the optimization process was carried out. Optimizations are made under various situations; then the obtained data were

used in the training of artificial neural networks (ANN), which is a data processing technology developed based on the information processing method of the human brain.

After the optimization process, the optimum design results in different situations are taught to artificial neural networks (ANN), who can propose a design close to the optimum design to the designer; it is aimed to reveal a machine learning based prediction model.

It has been observed that the Jaya algorithm successfully performs the RC footing design optimization and gives consistent results. It has been observed that the artificial neural networks trained with the data set consisting of the optimum results obtained from the Jaya algorithm need a large-scale data set in order to make correct predictions. When sufficient data set is provided, it is determined that successful estimation has occurred. In addition, it was observed that the prediction rate of artificial neural networks increased by decreasing the number of output parameters.

June 2022, 123 pages.

Keywords: RC footings, machine learning, ANN, Jaya algorithm, optimization, metaheuristic algorithms

1. GİRİŞ

Mühendislik problemlerinde; sistemin bütünlüğünden ödün vermeden, verimli, güvenli ve uygun maliyetli bir tasarım ortaya çıkarmak, mühendisler için üstesinden gelinmesi gereken bir zorluktur (Arora, 2004). İnşaat mühendisliği bazında düşünüldüğünde, güvenlik kriteri yerine getirildikten sonra, maliyetin, zamanın ve kaynakların idareli kullanımının sağlandığı bir optimum tasarımı yerine getirmek önemlidir. Çalışma kapsamında ele alınacak olan tekil temellerin optimum tasarımı; betonarmenin dünyada en çok kullanılan yapı malzemesi olması (ERMCO, 2015) ve çelik ile ahşaba göre karbon salınımının yüksek olması (Maas, 2011); dolayısıyla kaynakların idareli kullanımı, maliyet ve güvenliğin bir arada düşünüldüğü bir tasarım modelinin gerekliliğinin hasıl oluşu sebebiyle, araştırılması gereken bir konu olarak öngörülmüştür.

Kesiti dikdörtgen, kare, daire gibi farklı geometrilere sahip olabilen ve tek bir kolon için teşkil edilen tekil temellerin yapısal tasarımında, göz önünde bulundurulması gereken birçok parametre vardır (Celep, 2017). Tasarım aşamasında; tasarım yükleri, geometrik kısıtlar, zemin özellikleri ve maliyetin bir arada ele alınması gereklidir. Eğilme momenti, kesme kuvveti, normal kuvvet, zemin özellikleri, gerekli geometri ve gerekli donatı oranı ile maliyet gibi farklı parametreler; tekil temellerin tasarlanmasında optimum çözüm için göz önünde bulundurulduğunda, iteratif çözümler yapılmakta ve bu durum zaman kaybına neden olabilmektedir (Niğdeli, Bekdaş ve Yang, 2018). Metasezgisel optimizasyon algoritmaları ile; mühendislik tasarımlarında, mühendisin tasarıma başlamadan evvel probleme verdiği önboyutlandırma ve aşamalı olarak tekrarlı işlemler ile optimum bir çözüm arayışından ortaya çıkan zaman kaybı önlenebilir.

Bu çalışmada, tekil temel optimum tasarımını sağlayabilmek için, çeşitli durumlar altında (farklı yükler, zemin özellikleri, beton birim maliyetleri, donatı maliyetleri vb.) optimizasyonlar yapılıp; elde edilen datalar kullanılarak, insan beyninin veri işleme yönteminden yola çıkılarak geliştirilmiş bir veri işleme teknolojisi olan yapay sinir ağları (ANN) ile ANN eğitimi yapılıp, eğitim sonucunda yapay sinir ağı modelinin, farklı durumlarda optimum tasarımı ne kadar gerçekçi tahmin edilebileceğini bulmak hedeflenmiştir. Yapay sinir ağlarının eğitiminde kullanılacak olan veriler, farklı senaryolarda Jaya algoritması sayesinde optimizasyonu yapılmış olan sonuçlardan alınacaktır. Çalışma başarıya ulaştığında, farklı durumlar altında

tekil temeller tasarlanırken, yapay sinir ağlarından faydalanılacak ve tasarıma pratiklik kazandırılacaktır. Böylelikle; tekrarlı çözümlere kıyasla tasarım, nihai biçimine daha kısa sürede ulaşacak ve tasarımcıya optimuma yakın bir konstrüksiyon önerebilen bir model oluşturulacaktır.

Çalışmada; öncelikle, tekil temeller, optimizasyon ve yapay sinir ağları ile alakalı literatür taraması yapılmış, tasarım ile alakalı bilgiler verilmiş ve tekil temellerin elle konstrüktif tasarımından yola çıkılarak optimizasyon ve YSA eğitimi kurgulanmıştır. Elle çözülen tekil temel problemi yardımıyla elde edilmiş bir 'amaç fonksiyonu', Jaya (JA) algoritması aracılığı ile yapılacak olan optimizasyon işleminde kullanılacaktır. Bu optimizasyon işlemi, her bir senaryoda farklı yüklemelerin olduğu durumlarda optimum temel boyutuna ulaşmayı amaçlar. Her bir durumdaki yükleme değerleri ve bulunan optimum değerler bir tablo haline getirilecek ve diğer aşama olan 'Yapay Sinir Ağları (YSA)' ile bir tahmin modeli oluşturulması aşamasına geçilecektir. Elde edilen sonuçlar, raporun sonunda ele alınıp değerlendirilecektir.

Çalışmanın "Genel Kısımlar" bölümünde; temeller ile alakalı genel bilgiler ve hesap usulleri, tekil temeller, metasezgisel optimizasyon algoritmaları ve yapay sinir ağları ile alakalı gerekli literatür taraması yer almaktadır. Ayrıca bu bölümünde, çalışma konusu ile alakalı tarifler, genel tanımlar, temel çeşitleri ve tekil temellerin kullanım alanları verilecektir. TBDY-2018 yönetmeliğine göre tekil temel yapısal tasarımında uyulması gereken yönetmelik kuralları da burada yer alacaktır. Bu alanda daha önce yapılmış olan çalışmalar incelenecek olup, bu çalışmalarda faydalanılabilecek bilgiler, çalışmaya yol göstermesi maksadıyla sentezlenecektir., Tekil temeller ile alakalı detaylı bilgilerin akabinde, yapay sinir ağlarına ve Jaya (JA) algoritmasına dair tanımlara ve tanımlamalar da bu bölümde aktarılacaktır. "Genel Kısımlar" bölümünün akabinde; "Metodoloji" kısmında, tekil temel yapısal tasarımı ile ilgili bir örnek üzerinden, hesap adımları ve optimizasyon algoritması girdileri anlatılacaktır.

"Metodoloji" bölümü, çalışmada kullanılan bilgisayar programlarının tanıtıldığı, bu araçların hangi sıralama ile ve ne amaçla kullanıldığının anlatıldığı, ayrıca çalışma yönteminde izlenecek adımlardan bahsedildiği kısımdır. "Metodoloji" kısmında, konunun literatür taraması ve örnek çözümünden sentezlenen amaç fonksiyonunun optimizasyonunda kullanılacak olan Jaya (JA) algoritması, temel hesabının Jaya algoritmasının işlem adımlarına uygulanması ve optimizasyon kodlarının yazılacağı çok paradigmalı sayısal hesaplama yazılımı olan MATLAB dördüncü nesil yazılım dilinden bahsedilecektir. Ayrıca; optimizasyon işleminden sonra Matlab

aracılığıyla yapılacak olan yapay sinir ağları eğitiminin aşamaları ele alınacaktır. Çalışmanın hem optimizasyon hem de yapay sinir ağları kısmında kullanılacak yazılım dili olan Matlab, birçok hesaplamada mühendisler ve bilim adamları için özel olarak tasarlanmış bir programlama platformudur (MathWorks, 2021). Veri toplama araçlarıyla, yani el hesabı, farklı senaryolar için optimum sonuçlardan elde edilecek olan Excel tabloları ve Matlab yazılım dilinde eğitilecek olan yapay sinir ağları (YSA) aracılığı ile toplanan verilerdeki değerler, sayılar, bulgular, grafikler ve tablolar; çalışmada yer alan "Bulgular" kısmında ele alınacaktır (Alhan, 2021).

"Bulgular" kısmı; araştırmaya konu olan ve çalışmanın hedefi olan, "Tekil temellerin optimum tasarımında yapay zekâ tabanlı bir tahmin modelinin oluşturulması başarıyla gerçekleştirilmiş midir?" sorusuna aranan yanıtların verildiği kısımdır. Bu bölüm, "Giriş" bölümünde detaylandırılan araştırma konusuna cevap aranan soruya karşılık olarak elde edilen verilerin objektif olarak sunulduğu ve "Tartışma ve Sonuçlar" bölümüne temel olacak olan bölümdür (Güzeldemir, 2015).

Çalışmanın kısa bir özetinin yapıldığı, elde edilen bulguların yorumlanarak sonuca varıldığı, çalışma sonucunda ne elde edildiği, bulguların ne anlam ifade ettiği ise "Tartışma ve Sonuçlar" kısmında yer alacaktır (İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, 2018). Tezin "Tartışma ve Sonuçlar" bölümü; yapılan çalışma vasıtasıyla ulaşılan bulguların, ilgili literatüre bağlı olarak yorumlandığı ve çalışmanın başında ortaya konan problemin sonuçlandırıldığı bölümdür. (Akhgari ve diğerleri, 2010). Dolayısıyla bu bölümde, çalışmada sunulan araştırmaya yönelik genel görüşün yazar tarafından sunulduğu (Karaçam, 2015), okuyanın çalışmayı idrakinin kolaylaştırılmasının da amaçlandığı bölümdür.

Çalışmanın ana hatları; genel tanımların ve gerekli literatür bilgilerinin verilmesinin ardından elle birkaç örnek çözümü, sonrasında örnek çözümlerinden elde edilmiş olan tekil temel amaç fonksiyonunun Jaya (JA) algoritmasıyla farklı senaryolar için optimizasyonu sonucunda elde edilen optimum sonuçlar tablolar haline getirilip Excel'e aktarılması, oluşturulan Excel tablosunun, yapay sinir ağlarının eğitiminde kullanılması ve sonucunda optimum tasarım önerebilen bir model bulunması şeklinde olacaktır. Ayrıca yapay sinir ağları eğitimi ile ortaya çıkacak olan bu modelin optimum sonuç verip vermediği, çalışmanın sonunda kontrol edilecektir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1 TEMELLER

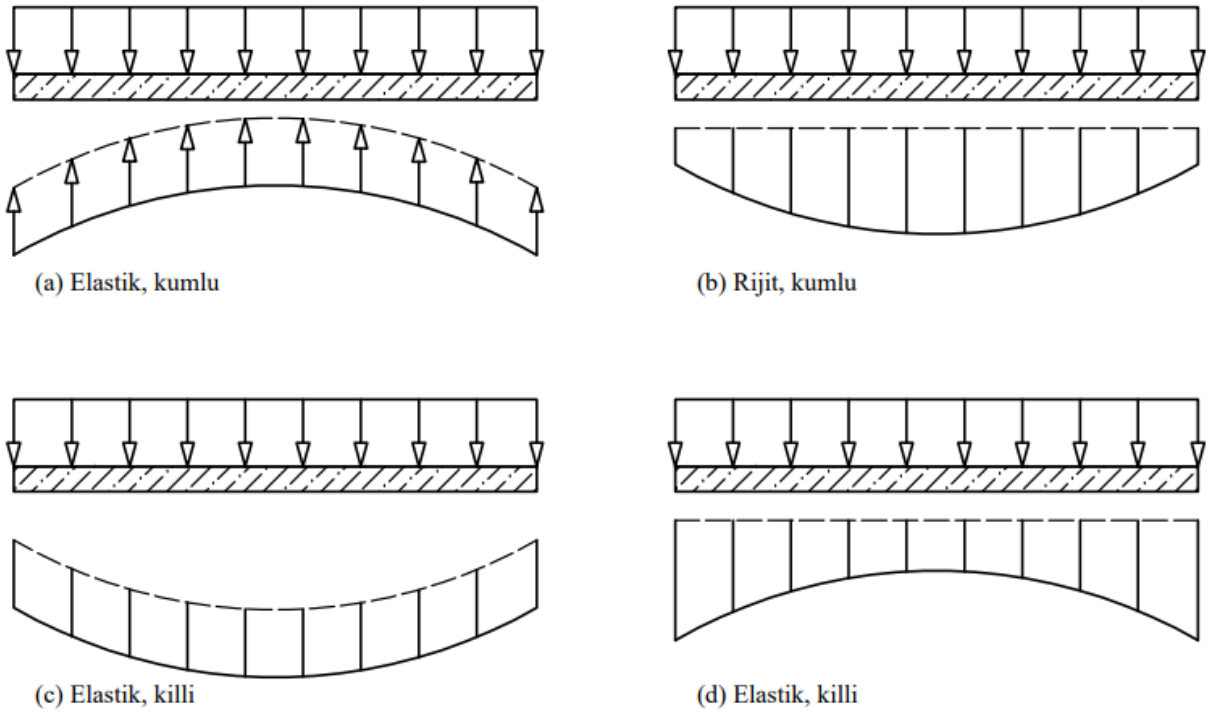
Tasarımı yapılan bir yapının üzerine etki eden yüklerin, yapı güvenliğini tehlikeye atmadan zemin aktarması beklenir. Yapının kendi içerisinde gerekli olan mukavemeti sağlamasına ilaveten, zeminin de yapıdan etkiyen kuvvetleri karşılaması ve zeminin taşıma gücünün sınırlarına riayet edilerek tasarımın tamamlanması önemlidir. Üstyapının kusursuz tasarımı; eğer zemin gerekli şartları sağlamıyorsa, yapının ayakta kalması için kendi başına yeterli olmaz (Doğangün, 2021).

Temeller, üstyapıdan gelen yükleri zemine aktaran yapısal elemanlardır (Celep, Temeller, 2017). Temellerin yapısal tasarımında, temel kesitinin gerekli mukavemeti sağlaması beklendiği gibi, temel altında zemin taşıma gücünün aşılmadığı ve yapıya ek etkiler oluşturup zarar görmesi neden olabilecek oturma ve dönme gibi durumların önüne geçilmesi gereklidir. Gerekli zemin mukavemetinin karşılanarak zeminde farklı oturmaların engellenmesiyle yapıda ortaya çıkabilecek ilave etkiler minimize edildikten sonra, temel elemanının iç kesit tesirlerinin belirlenmesi, buna uyularak betonarme kesit ve donatı düzenlemesi yapılması gerekir (Celep,2017).

Temel düzeni ve geometrisi, üstyapı taşıyıcı sisteminden gelen etkilerin yanı sıra zeminin taşıma gücü ile de teşkil edilir. Dolayısıyla temelin yapısal tasarım sürecinden önce, zeminin taşıma gücü parametrelerinin bilinmesi gerekir. Üstyapıdan gelen etkilerin temel vasıtası ile zemine etki etmesinde müteakip meydana gelen zemin gerilmeleri dağılımının biçimi; yükleme cinsine (tekil, yayılı vb.), zemin özelliklerine ve temel rijitliğine bağlıdır (Doğangün, 2021). Buradan, temellerin zemine aktardığı yüklerin tepkisi olan taban gerilmesinin dağılımının üniform olmadığı anlaşılmaktadır. Hesaplarda kolaylık olması açısından bu basınç üniform gibi kabul edilerek işlemler devam ettirilir (Efendioğlu, 2008).

Uygun bir tasarım için gerekli olan özelliklerden yapısal olanların yanı sıra zemin özelliklerinin de karşılanması; zeminin jeolojik kaynağı, taşınma şekli ve tabakalanma durumuna bağlıdır. Dolayısıyla tasarımı yapılacak olan tekil temelin zemini ile alakalı belirsizliklerin de göz önüne alındığı bir yol izlenilmelidir.

Temel üstündeki yüklerin zemine iletilmesine binaen oluşan zemin gerilmeleri (Celep, Temeller, 2017) Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Farklı zemin özelliklerinde zemin gerilmeleri davranışı (Celep, 2017).

Yerel zemin sınıfları, zemin özelliklerine bağlı olarak; ZA, ZB, ZC, ZD,ZE ve ZF olmak üzere altıya ayrılır. Buradaki ZF zemin sınıfı, sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler olarak adlandırılır. Tablo 2.1. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde yer alan bu zemin sınıflarının özelliklerini göstermektedir.

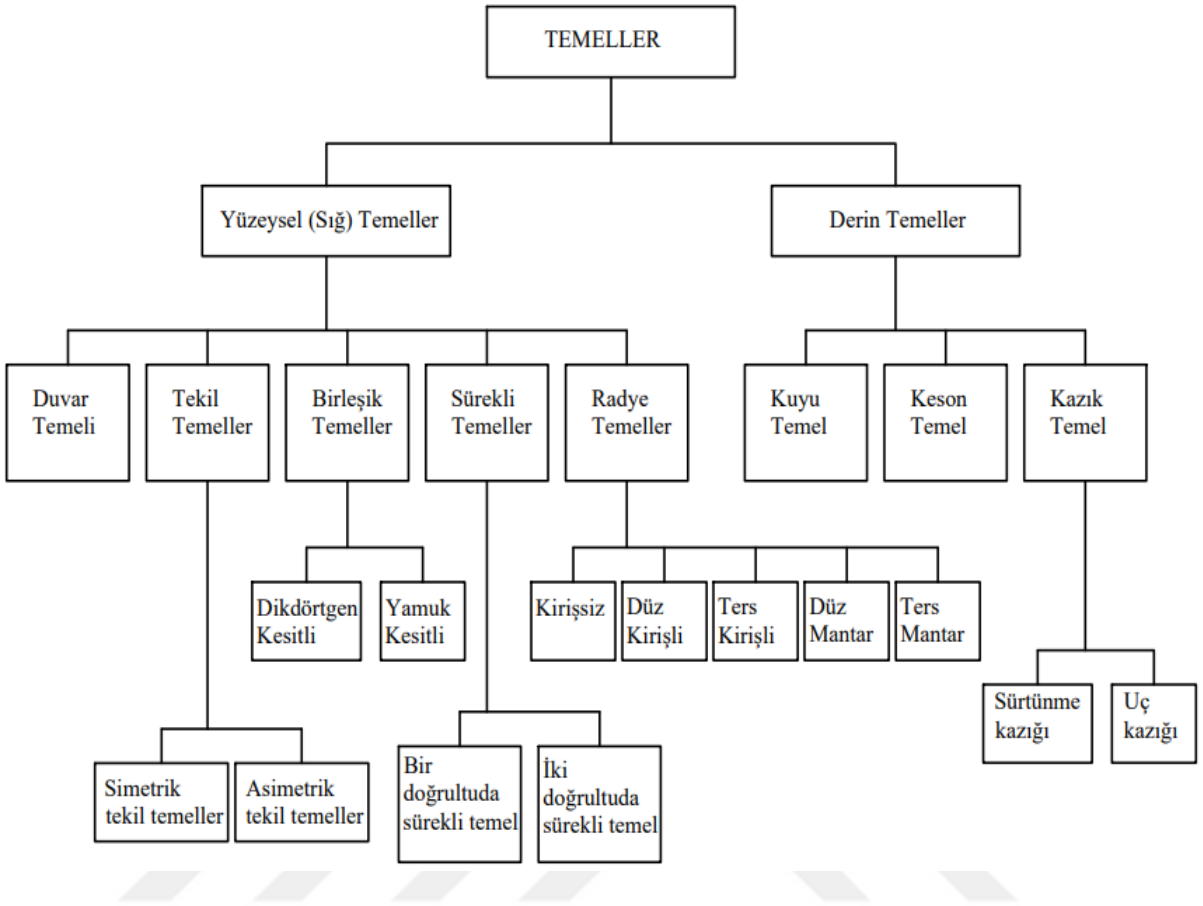
Tablo 2.1: Yerel zemin sınıfları tablosu (TBDY-2018, 2018).

Yerel Zemin Sınıfı	**Zemin Cinsi**	**Üst 30 metrede ortalama**		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe / 30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar(Yüzeysel temellerde, temel taban kotu ile kaya üst kotu arasında kalınlığı 3 m'den fazla zemin bulunması durumunda **ZA** sınıfı tanımlaması yapılamaz.)	> 1500	-	-

Tablo 2.1 (devamı): Yerel zemin sınıfları tablosu (TBDY-2018, 2018).

ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar (Yüzeysel temellerde, temel taban kotu ile kaya üst kotu arasında kalınlığı 3 m'den fazla zemin bulunması durumunda **ZB** sınıfı tanımlaması yapılamaz.)	760-1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360-760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180-360	15-50	70-250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya PI > 20 ve w > %40 koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası (c_u < 25 kPA) içeren profiller.	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli (PI > 50) killer, 4) Çok kalın (>35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Sınıflandırılmasında üzerine etkiyen yük, temele mesnetlenen yapısal unsurlar, zemin özellikleri vb. parametrelerin etkili olduğu temeller; her ne kadar çeşitli geometrik özelliklere ve yapısal davranışlara sahip olsalar da, zemine yük aktarma çeşitlerine göre yüzeysel ve derin temeller olarak iki sınıfa ayrılabilirler (Doğangün, 2021; Celep, 2017). Şekil 2.2 de temellerin sınıflandırılması gösterilmiştir. Derin temeller, yüzey seviyesi civarındaki zemin taşıma gücünün beklenen düzeyde olmaması ve mukavim zeminin daha derinlerde olduğu durumlarda göz önünde bulundurulur.



Şekil 2.2: Temellerin sınıflandırılması (Doğangün, 2021).

Bu çalışma kapsamında; yüzeysel temel kapsamına giren tekil temeller inceleneceğinden ötürü; yüzeysel temeller ile alakalı literatür bilgisi bu bölümde çalışmaya dahil edilmiştir.

Yüzeysel temeller ile alakalı genel literatür bilgisi verildikten sonra tekil temeller ile alakalı gerekli olan bilgiler de çalışmaya dahil edilecektir.

2.1.1. Tasarım Dayanımları

Statik ve dinamik etkilerin göz önüne alındığı yükleme durumlarına ilişkin tasarım dayanımı R_t'nin bulunması, karakteristik dayanımın dayanım katsayısına bölünmesi ile elde edilir.

$$R_t = \frac{R_k}{\gamma_R} \tag{2.1}$$

Dayanım katsayısının (γ_R) Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde öngörülen değerleri, temel türüne ve dayanım bileşenine göre tablo 2.2 de verilmiştir.

Tablo 2.2: Dayanım katsayıları (TBDY-2018, 2018).

Dayanımın Türü	Dayanım Katsayısı Simgesi	Dayanım Katsayısı Değeri
Temel Taşıma Gücü	γ_{Rv}	1,4
Sürtünme Direnci	γ_{Rh}	1,1
Pasif Direnç	γ_{Rp}	1,4

2.1.2. Yüzeysel Temellerin Taşıma Gücü

Statik ve deprem etkisini içeren yükleme durumlarının her birinde;

$$q_0 \leq q_t \tag{2.2}$$

koşulunun sağlanması gereklidir. Burada q_o temel seviyesinde etkiyen düşey yük, kesme ve moment etkilerinin oluşturduğu temel basıncıdır (Doğangün,say634). Bağıntıdaki q_t zeminin dizayn tasarım gücünü ifade eder. (Celep, 2017). İfadedeki q_t, tasarım dayanımı R_t nin temel taşıma gücüne ilişkin karşılığıdır (Doğangün, 2021). Bu değer karakteristik dayanıma(q_k) bağlı olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$q_t = \frac{q_k}{\gamma_{Rv}} \tag{2.3}$$

Kohezyonlu zeminlerin taşıma gücünün hesaplanmasında Terzaghi'nin (1943) yapmış olduğu kabullere ek olarak; şekil faktörü (s), derinlik faktörü (d) ve eğim faktörünü (i) dikkate alan Meyerhof (1951), taşıma kapasitesini, düşey yüklerin yanı sıra eğimli yükler için de hesaplayan bir formül ortaya çıkarmıştır.(Meyerhof, 1951). Hansen (1970) yapmış olduğu çalışmada, Terzaghi ve Meyerhof'un ortaya çıkarttığı formüllere ek olarak eğimli temel ve eğimli topografya durumuna göre, temel taban eğim faktörlerini (b) temel zemini eğim faktörlerini (g) dikkate alarak, önceden üretilmiş olan bağıntıları geliştirmiştir. (JMO, 2021). Vesic (1973), yapmış olduğu çalışmada ortaya koyduğu taşıma gücü formülü; Hansen tarafından geliştirilmiş

olan formüle benzemekle birlikte; taşıma gücü faktörü(N_γ) bu iki yöntem arasındaki farklardan biridir. Ayrıca Vesic (1973), temel taban eğim faktörü, zemin eğim faktörleri ve yük eğim faktörlerinin hesaplarında da farklı bir yol geliştirmiştir.

TBDY-2018 Deprem Yönetmeliğinde yer alan temel taşıma gücünün karakteristik dayanımını hesaplamayı sağlayan formül, Vesic (1973) tarafından geliştirilmiş formüle benzerdir, tek fark taşıma gücü faktörüdür (JMO, 2021).

TBDY-2018 Deprem Yönetmeliğinde belirtilen temel taşıma gücünün karakteristik dayanımı hesabında kullanılacak olan bağıntı aşağıda verilmiştir (TBDY-2018, 2018).

$$q_k=c\cdot N_C\cdot s_C\cdot d_C\cdot i_C\cdot g_C\cdot b_C+q\cdot N_q\cdot s_q\cdot d_q\cdot i_q\cdot g_q\cdot b_q+0{,}5\cdot\gamma\cdot B\cdot N_\gamma\cdot s_\gamma\cdot d_\gamma\cdot i_\gamma\cdot g_\gamma\cdot b_\gamma \quad (2.4)$$

Yukarıdaki verilmiş olan temel taşıma gücü karakteristik dayanımı bağıntısında görüldüğü üzere; mühendislerin alışkın olduğu parametrelere ek yeni parametreler de öngörülmektedir.(Doğangün, 2021). Çalışmanın bu bölümünün devamında, toplamda altı grupta sınıflandırılan parametrelere ilişkin hesaplar açıklanacaktır.

A_c, temel altında basınç gerilmelerinin oluşturduğu toplam alanı, B etkin temel genişliğini, c, efektif kohezyonu, D_f, L, temel uzunluğunu, P_{tv}, temel tabanına etkiyen tasarım düşey basınç kuvvetini (kN), q, ek sürşarj yükünü (kN/m^2), V_{th}, temel tabanına etkiyen tasarım yatay kuvvetini (kN), a, temel tabanı eğim açısını, β, temel zemini eğim açısını, ϕ', efektik sürtünme açısını, γ, temebel tabanı altındaki zeminin birim hacim ağırlığını sembolize etmektedir.

2.1.2.1. Taşıma Gücü Katsayıları (N_c, N_q, N_γ)

Bu katsayılar içsel sürtünme açısına bağlı olarak aşağıdaki bağıntılarla hesaplanabilir (Doğangün, 2021):

$$N_q = e^{\pi \tan\phi'} \cdot \tan^2(45 + \phi'/2) \quad (2.5)$$

$$N_c = (Nq - 1) \cdot cot\phi' \quad (2.6)$$

$$N_\gamma = 2\left(N_q - 1\right)\tan\phi' \quad (2.7)$$

2.1.2.2. Taşıma Şekli Katsayıları (s_c, s_q, s_γ)

Sürekli temellerde B/L oranı çok küçüleceğinden bu faktörler 1 alınabilir. Temel şekli katsayılarının bulunması için kullanılan formüller aşağıdaki bağıntılarla hesaplanır (Doğangün, 2021):

$$s_c = 1 + \left(\frac{B}{L}\right)\left(\frac{N_q}{N_C}\right) \tag{2.8}$$

$$s_q = 1 + \left(\frac{B}{L}\right)\tan\phi' \tag{2.9}$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4\left(\frac{B}{L}\right) \tag{2.10}$$

2.1.2.3. Derinlik Katsayıları (d_c, d_q, d_γ)

Sığ temellerde ($D_f/B<1$) için $k = D_f/B$ alınabilir (Coduto, 2001).

Daha derin temellerde ($D_f/B>1$) ise $k= \tan^{-1}\left(\frac{Df}{B}\right)$ olmak üzere;

$$d_c = 1 + 0{,}4k \tag{2.11}$$

$$dq = 1 + 2ktan\phi'(1 - \sin\phi')^2 \tag{2.12}$$

$$d_\gamma = 1 \tag{2.13}$$

olarak bulunur (Doğangün, 2021).

2.1.2.4. Yükleme Eğikliği Katsayıları (i_c, i_q, i_γ)

Temele dik etkiyen yüklerde, yük eğim faktörleri 1.0 olarak alınabilir.

B yönünde eğimli yükler için;

$$m = \frac{2+\frac{B}{L}}{1+\frac{B}{L}} \tag{2.14}$$

L yönünde eğimli yükler için;

$$m = \frac{2+\frac{L}{B}}{1+\frac{L}{B}} \tag{2.15}$$

olmak üzere, yükleme eğikliği faktörlerinin bulunuşu aşağıdaki gibidir:

$$i_c = 1 - \frac{m \cdot V_{th}}{A \cdot c' \cdot N_c} \geq 0 \tag{2.16}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{V_{th}}{P_{tv} + \frac{A_c \cdot c'}{tan\phi'}}\right)^m \geq 0 \tag{2.17}$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{V_{th}}{P_{tv} + \frac{A_c \cdot c'}{\tan \phi'}}\right]^{m+1} \geq 0 \tag{2.18}$$

2.1.2.5. Temel Zemini Eğimi Katsayıları (g_c, g_q, g_γ)

İnşaatı şev kenarına yakın yapılmış olan temellerin taşıma gücü daha düşük olmaktadır. Temel zemini eğitimi katsayıları, düz zeminler için 1.0 alınabilir. Katsayıların hesabı aşağıdaki bağıntılar ile verilmiştir:

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147^0} \tag{2.19}$$

$$g_q = [1 - \tan \beta]^2 \tag{2.20}$$

$$g_\gamma = [1 - \tan \beta]^2 \tag{2.21}$$

2.1.2.6. Temel Taban Eğimi Katsayıları (b_c, b_q, b_γ)

Temel tabanları genellikle yatay olduğundan dolayı, taban eğim faktörleri 1.0 alınabilir. Taban eğimi katsayılarının bağıntılar aşağıdaki verilmiştir.

$$b_c = 1 - \frac{a}{147^0} \tag{2.22}$$

$$b_q = \left(1 - \frac{a \cdot \tan \phi'}{57^0}\right)^2 \tag{2.23}$$

$$b_\gamma = \left(1 - \frac{a \cdot \tan \phi'}{57°}\right)^2 \quad (2.24)$$

2.2 TEKİL TEMELLER

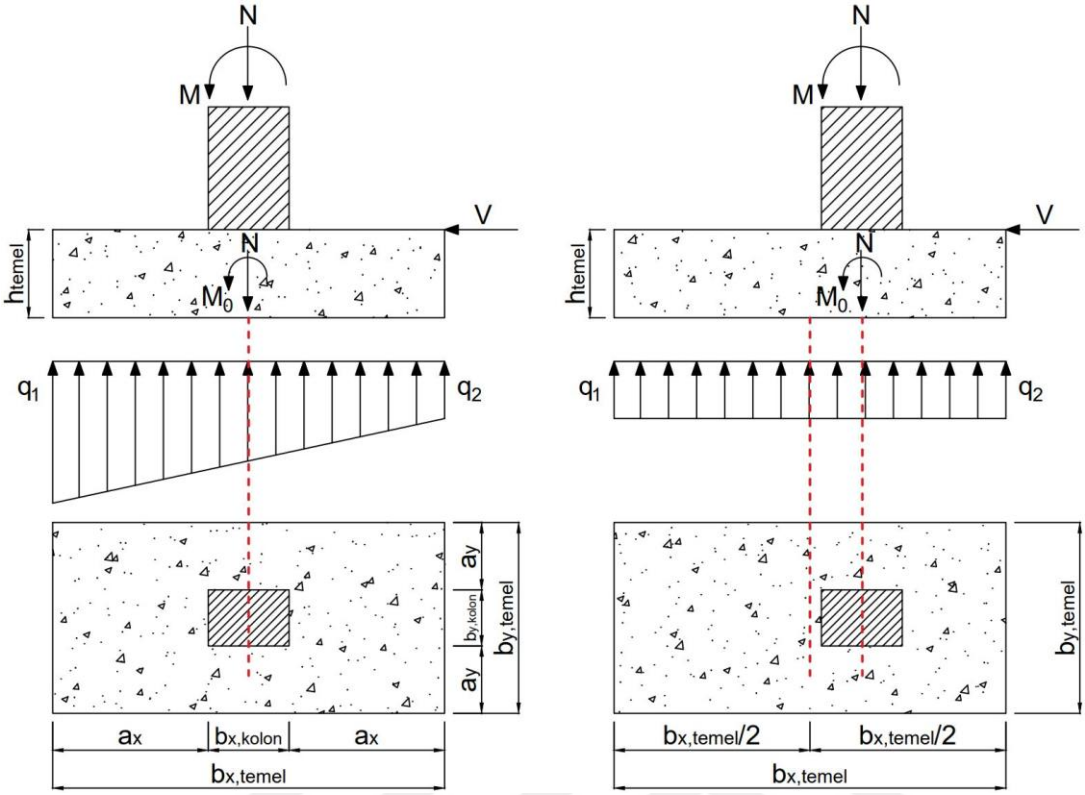
Üstyapıdan kolonlara gelen yükleri, zeminde daha geniş tabanlara yaymak üzere dizayn edilen betonarme elemanlar tekil temel olarak adlandırılır (Doğangün, say644). Tekil temeller literatürde; ayrık temel, tekli temel, münferit temel ve münferit sömel olarak da adlandırılabilirler (Doğangün, 2021).

Tekil temeller tek bir kolon için münferit olarak düzenlenen yapısal elemanlardır. Plandaki şekli daire, kare veya dikdörtgen olabilir. Düşey kesitleri genellikle dikdörtgen veya yamuk olarak ortaya çıkar. Tekil temellerde düşey ve deprem etkilerinden oluşan normal kuvvet ve deprem etkisi temele iletilir. Moment etkisi taşıyıcı sistemde kolonun konumuna ve özellikle kolonun eğilme rijitliğine bağlıdır. Genellikle kolon kesitinin eğilme rijitliğinin büyük olduğu eksende daha büyük eğilme momenti ortaya çıkar. Bu eğilme momentinin de temelden zemine iletilmesi gerekeceğinden, uygun bir düzenlemede kolon ve temel boyutlarının planda uyuşması yerinde olur (Celep, 2017).

Yapım uygulamasının kolay olması ve genellikle imalatında az malzeme kullanılan tekil temeller, her yapı için uygulanabilir olmayabilir. Tekil temellerin, temel altındaki üniform olmayan oturma yapma riski bulunan, zayıf zeminlerde veya üstyapıdaki kolonların tasarımının birbirine yakın olduğu durumlarda kullanımı uygun olmayabilir.

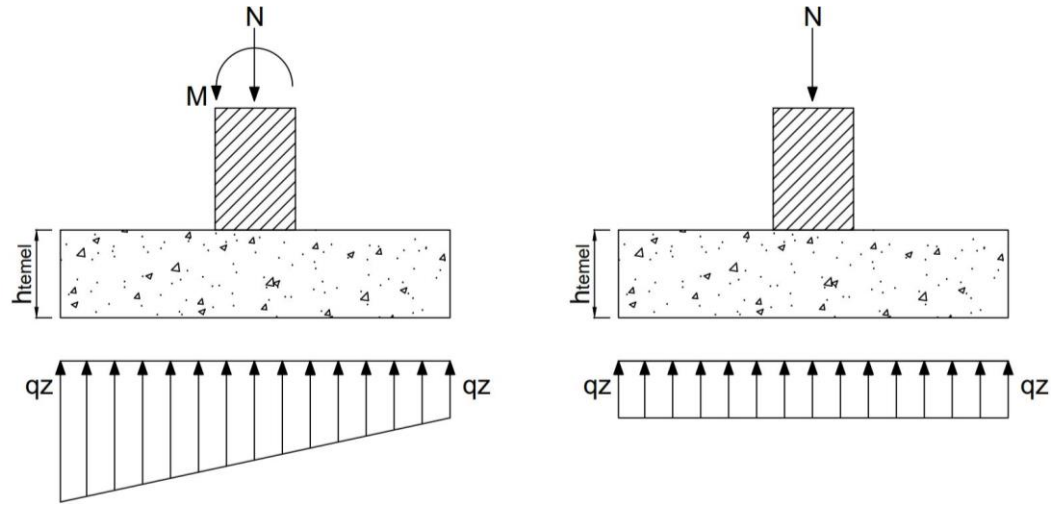
2.2.1. Tekil Temel Sınıflandırmaları

Tekil temeller, geometrilerine göre simetrik ve eksantrik (asimetrik) olmak üzere iki sınıfta incelenebilir (Doğangün, 2021). Simetrik temellerde kolon alanının merkezi ile tekil temel taban alanının merkezi çakıştığından ötürü dışmerkezlik oluşmazken; asimetrik temellerde merkezler düşeyde aynı eksende olmadığından ötürü, bir ya da iki doğrultuda dışmerkezlik ortaya çıkar. Moment ve normal kuvvet etkisindeki simetik ve eksantrik bir tekil temellerde ortaya çıkan zemin gerilmeleri, Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Şekil 2.4'te tekil temellerde moment ve normal kuvvet etkisinin zemin gerilmesi üzerindeki tepkisi gösterilmektedir. Normal kuvvetin olduğu temelde zemin gerilmesi düzgün yayılı yük şeklinde iken, momentin devreye girmesi ile gerilme trapez şeklinde devam eder.



Şekil 2.3: Simetrik ve eksantrik tekil temellerde gerilme dağılımı (Celep, 2017).

Tekil temeller için farklı bir sınıflandırma çeşidi de etkiyen yüke göre sınıflandırma yapılmasıdır. Temel ağırlık merkezinden yalnızca eksenel yük etkiyorsa, bu temel sınıfına eksenel yük taşıyan tekil temeller; eksenel yükün yanı sıra moment etkisine de maruzsa, bu temel türüne de eksenel yük ve eğilme momenti taşıyan tekil temeller denilir (Doğangün, 2021).



Şekil 2.4: Tekil temellerde yüklemelere göre gerilme dağılımları (Celep, 2017).

2.2.2. Tekil Temel Tasarımında Konstrüktif Kurallar

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin öngörmüş olduğu konstrüktif kurallara göre, tekil temel geometrisi ile alakalı; her iki yönde de en küçük boyutun 0.70m den ve temel taban alanının $1m^2$ den az olmaması gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca temel yüksekliğinin 0.25m ve konsol boyunun çeyreğinden az olmaması gerekmektedir. Donatı beton örtüsü 50mm den az olmamalıdır. Böylelikle zeminde karşılaşılacak olan belirsizliklerin yapıya olumsuz etkilerinden kaçınılmış, rijit temel sağlanmış ve donatı yeraltı suyunun zararlı etkilerinden sakınılmış olur (TBDY-2018, 2018).

Her iki doğrultudaki donatı aralığı 0.25m'yi geçmemeli ve her iki doğrultudaki donatı oranı 0.002 den küçük olmamalıdır. Tekil temelin dış kenarına konulacak bir çember donatısı, gergi çubuğu gibi çalışarak, temelin güç tükenmesine yakın davranışını olumlu etkiler. Ayrıca temel donatısının uçlarda yukarı kıvrılması bu davranış için gereklidir. Tekil temellerin birbirine göre göreli yatay yer değiştirmelerini önlemek amacıyla, konstrüktif olarak donatılan bağ kirişleri ile bağlanır (TBDY-2018, 2018).

2.2.3. Tekil Temel Tasarımında Yapılması Gereken Kontroller

Tekil temellerin yapısal tasarımında, yapının temel ve zemin açısından stabilitesinin sağlanabilmesi için bu bölümde yer alan beş kontrolün yapılması lazım gelmektedir.

2.2.3.1. Zemin için taşıma gücü kontrolü

Daha önce de çalışmanın yüzeysel temeller bölümünde açıklandığı üzere, statik ve deprem etkilerini içeren yükleme durumlarının her birinde;

$$q_0 \leq q_t = \frac{q_k}{\gamma_{Rv}} \tag{2.25}$$

bağıntısında verilen şart sağlanmalıdır (Doğangün, 2021). Burada q_o temel seviyesinde etkiyen düşey yük ve momentin oluşturduğu temel basıncının sembolüyken, q_t karakteristik dayanımın (q_k) dayanım katsayısına (γ_{Rv})bölünmesi ile elde edilen tasarım dayanımıdır.

Temel seviyesine etkiyen düşey yük ve momentin oluşturduğu temel basıncının zemin taşıma gücü karakteristik dayanımını aşıp aşmadığı kontrolünden sonra, temelde kesme kuvveti kontrolü yapılır.

2.2.3.2. Temelde kesme kontrolü

Bu kontrolde, kolon yüzünden temel ucuna kadar olan kısım bir konsol gibi düşünülüp, kolon yüzündeki kesme kuvveti V_d hesaplanır. Hesaplanan bu değer, kesmede çatlama dayanımı V_{cr}'den büyük olmamalıdır.

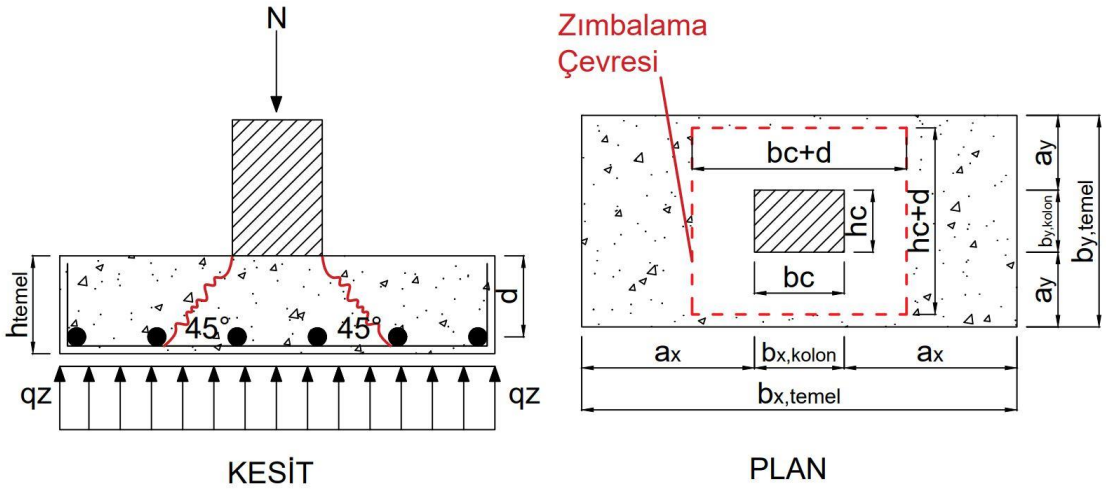
$$V_d \leq V_{Cr} = 0{,}65 \cdot f_{ctd} \cdot \left(B_x veya B_y\right) \cdot d \tag{2.26}$$

2.2.3.3. Temelde eğilme kontrolü

Kolon yüzünden temel ucuna kadar olan kısmın konsol olarak düşünülerek eğilme momenti (M) hesaplanır. Hesap iki doğrultu için de yapılarak eğilme çekme donatısı tatbik edilir.

2.2.3.4. Temelde zımbalama kontrolü

Temelde zımbalama kontrolü, kesme güvenliğinin iki doğrultuda kontrol edilmesi olarak da ifade edilebilir (Doğangün, 2021). Şekil 2.5 te görüldüğü üzere, kolonun dört yüzünden faydalı yüksekliğin yarısı kadar (d/2) kadar, mesafeye riayet edilerek zımbalama çevresi teşkil edilir. Faydalı yükseklik (d) olarak, iki doğrultudaki faydalı yüksekliklerin ortalaması alınabilir. Sonrasında zımbalama dayanımı (V_{pr}) ve tasarım yükü (V_{pd}) bulunur. Kolon hesap yükünden zımbalama çevresi bölgesi sınırlarında kalan zemin gerilmeleri toplamı çıkartılarak tasarım yükünün değeri hesaplanır. Zımbalama güvenliği için, zımbalama dayanımının (V_{pr}) tasarım yüküne (V_{pd}) eşit veya daha büyük olması gerekmektedir. ($V_{pr} \geq V_{pd}$). Şekil 2.5 tekil temellerde zımbalamanın bölgesini plan kesitinde göstermektedir.



Şekil 2.5: Tekil temellerde zımbalama (Celep, 2017).

Zımbalama çevresi içinde kalan zemin gerilmelerinin bileşkesi;

$$F_a = q_0 \cdot (b + d) \cdot (h + d) \tag{2.27}$$

bağıntısı ile elde edilir. Tasarım zımbalama kuvveti; N_1 kolon yükünü göstermek üzere;

$$V_{Pd} = N_1 - F_a \tag{2.28}$$

bağıntısı ile hesaplanır. Zımbalama dayanımı ise u_p zımbalama çevresi, γ zımbalamada eğilme etkisini yansıtan bir katsayıyı ($\gamma = 1$ eksenel yükleme durumunda) göstermek üzere aşağıdaki bağıntı ile elde edilip gerekli kontrol yapılır:

$$v_{pd} \leq v_{pr} = \gamma \cdot f_{Ctd} \cdot u_P \cdot d \tag{2.29}$$

2.2.3.5. Donatı detayı kontrolü

Hesap sonucunda donatı seçimleri yapıldıktan sonra en son aşama olan; diğer bir deyişle donatının hesap sonucunu gerekli olmadığı noktadan itibaren yapılan bu kontrolde, donatıların yeterli kenetlenme boyuna sahip olup olmadığı kontrol edilmektedir. Donatılar kenetlenme koşullarını sağlayacak şekilde detaylandırılmalıdır.

2.3 METASEZGİSEL ALGORİTMALAR

Yunan dilinde bulmak veya keşfetmek manasında bir yüklem olan heuriskein ve ileri, yüksek, üst vb. gibi anlamlarda kullanılan meta kelimesinin birleşiminden oluşan "metasezgisel" sözcüğü, sezgi üstü gibi bir anlamı belirtir (Bekdaş, Niğdeli, Yücel ve Kayabekir, 2021).

Mühendislikte karmaşık işlemler gerektiren tekrarlı problemler zaman kaybına neden olabilmektedir. Bu hususta, mühendislik problemlerindeki karmaşıklığın ve zaman kaybının önüne geçebilecek, tekrarlı işlemleri engelleyecek bir mekanizmaya ihtiyaç duyulur. Bu mekanizmalar arasında metasezgisel algoritmalar, kısa zamanda etkin sonuçlar üretmesi bakımından avantajlıdır (Ulusoy, 2019). Deneme-yanılma yoluyla kompleks problemlere pratik çözümler, metasezgisel algoritmalar sayesinde gerçekleştirilebilir (Gandomi, Yang ve diğerleri). Metasezgisel optimizasyon algoritmalarının genel çalışma prensibi, her bir işlem adımında problemde hedeflenen sonuca göre en iyi sonucun seçilerek optimizasyona devam edilmesi şeklindedir (Yang, 2011).

Doğadaki canlıların davranışlarından esinlenerek geliştirilen metasezgisel optimizasyon algoritmaları, çalışma prensipleri ve optimizasyon parametrelerine göre sınıflandırılabilir (Gandomi). Bu çalışma kapsamında, bir metasezgisel algoritma türü olan Jaya algoritması (JA) kullanılacak olup, ilerleyen bölümlerde metasezgizel algoritmalar ve Jaya algoritması ile alakalı gerekli literatür taramasına yer verilecektir.

2.3.1. Metasezgisel algoritmalar ile alakalı yapılmış bazı çalışmalar

Mühendislik problemlerinin çoğunda kullanılan optimizasyon algoritmaları nümerik lineer veya lineer olmayan programlama metotlarına dayanak, optimizasyonu başlangıç noktası civarlarında ilerletir (Lee ve Geem, 2005). Lee ve Geem (2005), yapmış oldukları çalışmada, devam eden tasarım parametrelerine sahip yeni bir metasezgisel algoritma türü olan armoni arama (HS) algoritmasını geliştirmiştir. Matematiksel fonksiyon minimizasyonları ve bir çok farklı türden mühendislik problemleminin çözülüp optimizasyonunun yapıldığı bu yeni algoritmanın mühendislik problemlerinin çözümünde çok güçlü bir meta sezgisel algoritma olduğu ortaya konmuştur.

Turgut (2008) tekil temellerin tasarımında; tekrarlı işlem ve çözümleri engelleyip, tasarım sürecini kısaltmak maksadıyla genetik algoritma (GA) ile optimizasyon gerçekleştirmiştir. Genetik algoritma ile yapılmış olan bu optimizasyon, temel boyutlarını başarı ile minimize ederek tasarımcıya tekrarlı işlemlere gerek kalmadan bir optimum tasarım önermeyi başarı ile sağlamıştır.

Temür ve Bekdaş (2016) yapmış oldukları çalışmada, konsol istinat duvarının ACI 318-05 standardına uygun olacak şekilde, öğretme-öğrenme tabanlı optimizasyon (TLBO) algoritması ile maliyet minimizasyonunu gerçekleştirmiştir.

Bekdaş ve Niğdeli (2016), yapı mühendisliğinde betonarme kolon hesabında hem maliyet hem de ekonominin birlikte düşünüldüğü bir tasarım modeli sunmak maksadıyla; betonarme kolonların optimum tasarımının icrasında öğrenme-öğretme tabanlı optimizasyon algoritmasından faydalanmıştır. Farklı kolon uzunlukları için optimum değerler araştırılmıştır. Ayrıca Armoni arama yöntemi (HS), yarasa algoritması (BA) ve öğretme-öğrenme tabanlı optimizasyon (TLBO) sonuçları kıyaslanmış; konu ile alakalı öğretme-öğrenme tabanlı optimizasyonunun daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Roslan ve Zawistowski (2016) ele aldıkları konuda, inşaat mühendisliğinin proje yönetimi dalında bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bir spor salonu imalat projesi örneğinde; metasezgisel yöntemler ile nakit akışı minimizasyonunu amaçlayan çalışmada, tabu arama algoritması ile optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Her ne kadar optimizasyon başarılı olsa da; projeler komplike hale geldikçe ve kısıtlar arttıkça optimizasyon sürecinin zaman alacağından ötürü, bu yöntemlerin sahada kullanımının zor olabileceği vurgulanmıştır.

Öztürk (2018) yapmış olduğu çalışmada, bir doğrultuda moment ve normal kuvvete maruz kalan tekil temellerin çeşitli metasezgisel algoritmalar ile maliyet optimizasyonunu gerçekleştirmiştir. Kullanılan algoritmalar arasında öğretme-öğrenme tabanlı optimizasyon algoritmasının (TLBO), en gerçekçi ve en hızlı sonuca ulaştığı görülmüştür. Temele gelen yüklerin artışının optimum maliyeti arttırdığı, zemin taşıma gücü artışının ise optimum maliyeti azalttığını ortaya koymuştur.

Niğdeli, Bekdaş ve Yang (2018), yapmış oldukları çalışmada tekil temellerin maliyete dayalı optimizasyonunu klasik ve yeni geliştirilen metasezgisel algoritmalara dayalı olarak gerçekleştirmiştir. Elde etmiş oldukları sonuçlarda, armoni arama yöntemi (HS), öğretme-öğrenme tabanlı optimizasyon (TLBO) ve çiçek tozlaşma algoritması (FPA), tekil temellerin optimum tasarımında başarılı bulunmuştur. Çalışma sonuçlarının beklentileri karşılamalarına rağmen; büyük ölçekli yapısal sistemlerde, daha çok tasarım değişkeni ve yapı elemanı ele alınarak optimizasyon modeli kurulmasını önermişlerdir.

Yapı tasarımı problemlerinin çözüme ulaştırılmasında, güvenliğin ve maliyetin esas alındığı optimum bir tasarım önem arz etmektedir. Bekdaş (2019), yapmış olduğu çalışmada ardgermeli eksenel simetrik silindirik duvarların optimum tasarımını, yeni metasezgisel optimizasyon algoritmalarından Jaya, çiçek tozlaşma ve öğretme-öğrenme tabanlı algoritma ile gerçekleştirmiştir. Ayrıca bunlardan eski tarihli bulunmuş olan armoni arama algoritması ile bu sonuçları kıyas etmiştir. Bazı yükleme senaryolarında, Jaya algoritmasının yerel çözüme takıldığı görülmüştür. Bu sorunu aşmak için Levy dağılımı kullanan hibrit Jaya algoritması kullanıldığında, optimizasyonun başarılı sonuç verdiği gözlenmiştir.

Tunay (2019) yapmış olduğu doktora tezinde, yüzeysel temellerin optimum tasarımını metasezgisel yöntemlerle ele almıştır. TS500 tasarım standartlarına göre temel optimizasyonu yapmak üzere bir yüzeysel temel optimizasyon programı yapan Tunay, ayrıca ACI318-14

standartlarına göre de analiz yapmak üzere başka bir optimizasyon programı yazmıştır. Kendi yazmış olduğu bu optimizasyon programları ile yapı analiz programlarındaki sonuçları kıyaslayıncaa, metasezgisel optimizasyon algoritmalarının temel boyutlarını ve yapım maliyetlerini düşürdüğü sonucuna ulaşmıştır.

Solorzano ve Plevris (2020), tekil temellerin maliyet optimizasyonunu ACI 318-19 standartlarına göre Genetik algoritma (GA) ile gerçekleştirmiştir. İncelenen durumların sonuçları 4.8 saniye gibi kısa bir sürede elde edilmesi, optimizasyon algoritmalarının ne denli etkili olduğunu göstermektedir. Tasarım zamanının önemli ölçüde azalabileceği ortaya konmuştur. Mühendislik probleminin karmaşıklığına göre, klasik hesap yöntemlerine nazaran %10-%20 azaltılmış maliyetler elde edilebileceği belirtilmiştir. Optimizasyonun hem ekonomi hem de çevreye olumlu etkileri olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Kayabekir, Bekdaş, Niğdeli ve Geem (2020), aktif ayarlı kütle sönümleyicilerinin optimizasyonunu modifiye edilmiş armoni arama algoritması yöntemi ile gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlarda, izlemiş oldukları yolun maksimum deplasmanı %53.71 kadar düşürdüğü sonucunu bulmuşlardır.

Ulusoy, Kayabekir, Bekdaş ve Niğdeli (2020) yapmış oldukları çalışmada, betonarme kirişlerin optimizasyonunda metasezgisel algoritmaların kullanımını ele almıştır. Metasezgisel optimizasyon algoritmalarından yarasa algoritması (BA), öğretme-öğrenme tabanlı (TLBO) optimizasyon algoritması, armoni arama algoritması (HS) bu çalışma kapsamında, maliyet minimizasyonu sağlanması açısından kullanılmıştır. Çalışmada ortaya çıkan sonuçlarda, betonun basınç mukavemeti arttıkça kiriş maliyetinin, basınç bölgesinde donatı kullanmaya gerek kalmadığından ötürü, azaldığı görülmüştür. Ayrıca farklı değerlendirilen senaryolarda farklı metasezgisel algoritmalarla yapılan optimizasyon; yapılacak olan yapı elemanı optimizasyonunda algoritma kullanımına karar verirken bir kesinliğin olmadığını göstermektedir.

Metasezgisel algoritmalar ile optimizasyon bir çok mühendislik alanında kullanılmaktadır. Garip, Çimen ve Boz (2021) yapmış oldukları çalışmada, tek ve çift diyotlu güneş panellerinin analizini dört farklı metasezgisel algoritmalarla gerçekleştirmişlerdir. Karşılaştırmalı bu analizler sonucunda, çiçek tozlaşma algoritmasının, parçacık sürüsü, ateş böceği ve guguk kuşu algoritmalarına nazaran daha etkili ve hızlı sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır.

Betonarme istinat duvarlarının optimum tasarımında Jaya algoritması aracılığı ile optimizasyonu araştıran çalışmalarında Eroğlu, Aral, Niğdeli ve Bekdaş (2021), DBYBHY 2007'ye göre depremli ve depremsiz olarak analiz ettikleri istinat duvarı çözümünü aynı dizayn parametrelerini ve sabitlerini kullanan Celep (2014) 'in çözmüş olduğu soru ile kıyas ederek optimizasyonun başarısı hakkında çıkarımlarda bulunmuştur. Sadece statik yük altındaki yapıda; elle çözüme göre %21 daha ekonomik çözüm, dinamik ve statik etkilerin bir arada düşünüldüğü yapıda ise elle çözüme göre %19 daha ekonomik bir çözüm elde edilmiştir. Bu rakamlar Jaya algoritmasının optimizasyonu başarı ile gerçekleştirdiğinin göstergesidir.

Shayegan, Lork ve Hashemi (2020) yapmış oldukları çalışmada, yeni geliştirmiş oldukları bir hibrit algoritmayı kaset döşemenin optimum tasarımında kullanmıştır. Kaset döşeme maliyeti, optimizasyon algoritmasının amaç fonksiyonu olarak belirlenip, maliyet optimizasyonu yapılmak istenmiştir. Amerikan Betonarme Enstitüsü ACI 318-08 standardına göre tasarım kriterleri belirlenmiş olup; MBF algoritmasını esas alan ve CBO algoritmasının özelliklerini kullanan bir hibrit algoritma ile optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Yeni buldukları hibrit algoritma ile gerçekleştirilen optimizasyon sonuçlarını, önceki bulunan optimizasyon algoritmaları ile kıyasladıklarında; hibrit algoritmanın optimizasyon problemlerini çözmede etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Optimize edilmiş, ayarlı sıvı sönümleyicilere sahip binaların dinamik etkiler altında gösterdiği tepkilerin araştırıldığı çalışmasında Ocak (2021); çalışma kapsamında ele alınan yapının dinamik etki altında minimum yer değiştirme yapmasını sağlamak üzere, farklı mmetasezgisel algoritmalar ile optimizasyon gerçekleştirmiştir. Metasezgisel algoritmaların, yapıda dinamik etkilere karşı tepkileri azaltmak için kullanılan ayarlı sıvı sönümleyicileri optimizasyonunda etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Betonarme dolgulu çelik silindir kolonların tasarımında maliyet ve karbon emisyonu optimizasyonunu araştıran Cakiroglu, İslam, Bekdaş ve Billah (2021) bu çalışmada örümcek algoritmasından yararlanmıştır. Görece olarak daha düşük basınç dayanımına sahip betonların araştırılan yapı elemanında kullanılmasının daha az karbon emisyonu ve maliyette olduğu görülmüştür. Ayrıca çelikte et kalınlığının düşürülmesi karbon emisyonunu düşürmektedir. Daha düşük karbon salınımı olan tasarımların ayrıca maliyetlerinin de düşük olduğu ortaya konulmuştur.

Çakmak ve Uysal (2021), farklı yapı elemanlarının geopolimerli beton ve geleneksel beton ile üretilmesinin CO_2 salınımı kıyasını metasezgisel yöntemler ile belirleme maksatlı bir çalışma yürütmüşlerdir. Optimum tasarımlar ayrı ayrı incelendiğinde, geopolimer beton ile imalatın, karbon salınımını %40 ila %58 oranında azalttığı ortaya konmuştur. Ayrıca, optimum tasarımı ve minimum karbon salınımını veren model sonuçları incelendiğinde, kiriş ve temellerde geopolimer beton kullanımının boyut ve donatı değişikliğine yol açmazken, kolonlarda geopolimer beton kullanımının kolon boyutunun artmasına ve donatı miktarının azalmasına sebep olduğu görülmüştür.

2.4 JAYA ALGORİTMASI

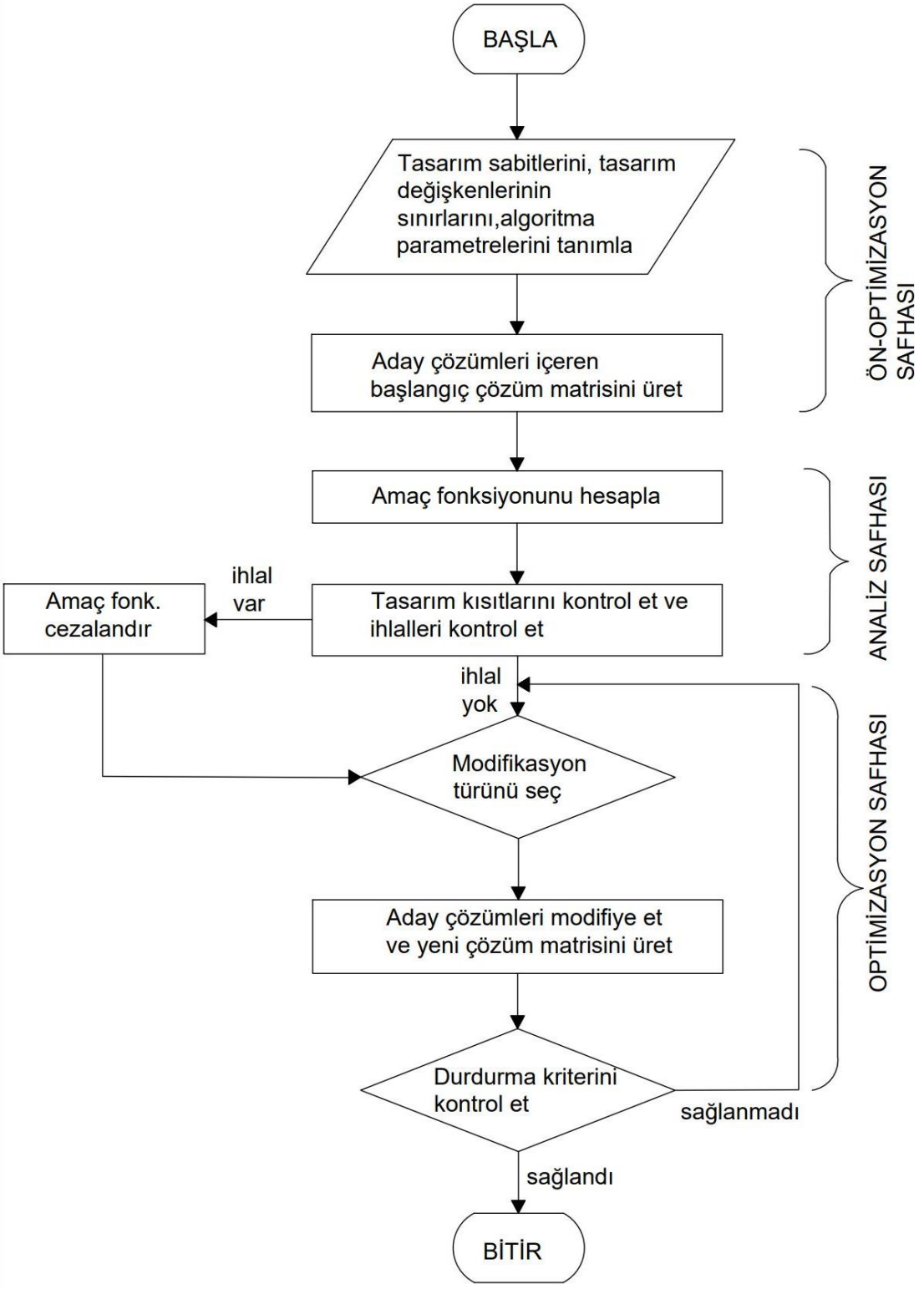
En iyi çözüme ulaşabilmek maksadıyla en kötü çözümden uzaklaşmayı hedefleyen bu algoritma Rao tarafından 2016 yılında geliştirilmiş olan yeni bir yöntemdir (Bekdaş, Niğdeli, Yücel, & Kayabekir, 2021). Diğer metasezgisel algoritma türlerine göre daha az sayıda fonksiyonu değerlendiren bu algoritma, çözüme ulaşma aşamasında nispeten daha az işleme ihtiyaç duyar (Bekdaş, Niğdeli ve Yücel, 2021). "JAYA" kelimesi, Sanskritçe zafer anlamına gelir (Aktepe, 2019).

Her bir iterasyon ile optimum çözüme, en kötü çözümden uzaklaşılarak erişilen Jaya algoritmasının formülü aşağıdaki gibidir:

$$X_{i,yeni} = X_{i,j} + rand() \times [X_{i,g(eniyi)} - |X_{i,j}|] - rand() \times [X_{i,g(enkötü)} - |X_{i,j}|] \quad (2.30)$$

$X_{i,yeni}$ ifadesi, optimizasyonu yapılacak olan proje parametresinin yeni değerini ifade ederken, rand() ifadesi, 0-1 arasında rastsal olarak seçilecek bir sayıyı ifade eder. $X_{i,g(eniyi)}$ ifadesi çözüm matrisindeki en iyi değeri ifade ederken, $X_{i,g(enkötü)}$ ifadesi çözüm matrisindeki en istenmeyen sonuçtur. Dolayısıyla halihazırdaki çözüm matrisinde, en iyi sonuç, en kötü sonuç ve değerin kendisi kullanılarak en optimum değer bulmaya yönelik adımlar atılır. Bir başka deyişle Jaya algoritmasındaki amaç, en kötü sonuçtan uzaklaşıp en iyi sonuca yaklaşmaktır (Uğur, 2017). Jaya algoritmasında, algoritma parametreleri, nüfus sayısı (pn) ve iterasyon sayısı (maxiter) olmak üzere 2 tanedir. Jaya algoritması aracılığı ile optimum sonuca ulaşmanın uygulama adımları ile detaylı bilgi, bu çalışmanın "Metodoloji" bölümünde detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

Çalışma kapsamında kullanılacak olan Jaya (JA) algoritmasıyla yapılacak olan optimizasyonun işlem basamakları aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.6: Jaya algoritması işlem akış şeması (Kayabekir, Bekdaş ve Niğdeli, 2020).

2.4.1. Ön Optimizasyon

Bu aşamada öncelikle problem tanımlanır; tasarım sabitleri girilir, tasarım değişkenlerinin alt ve üst menziller tanımlanır ve algoritma parametreleri (Jaya algoritması için popülasyon ve iterasyon) tanımlanır. Başlangıç çözüm matrisi projesinin dizayn değişkenlerinin menzillerine göre rassal olarak belirlenir (Bekdaş, Matematiksel Denklem Minimizasyon Örneği, 2021).

2.4.2. Başlangıç Çözüm Matrisinin Oluşturulması ve Cezalandırma İşlemi

Bu aşamada başlangıç çözüm matrisi, tasarım değişkenlerinin alt ve üst menzillerine riayet edilerek belirlenir. Proje kısıtlarına uymayan sonuçlar, çok büyük bir değer ile değiştirilerek optimizasyon işlemlerinde kullanılmaması sağlanır.

2.4.3. Analiz ve Optimizasyon Aşaması

Bu aşama, başlangıç çözüm matrisindeki değerlerden en iyi değerlerin ve en kötü değerlerin seçilip, iyiye yaklaşıp kötü değerden uzaklaşıldığı aşamadır. Her bir kod döngüsünde, Jaya (JA) algoritması aracılığıyla, bulunan değerler iyileştirilerek optimum değere döngü sonunda ulaşılır.

2.5 YAPAY SİNİR AĞLARI

Geçtiğimiz otuz yılda birçok alanda kendine yer edinmiş yapay sinir ağları, son zamanlardaki en başarılı buluşlardan biri sayılabilir (Suzuki, 2011). İnsan beyninin en temel özelliklerinden biri olan öğrenme fonksiyonunu taklit eden bir bilgisayar sistemi olan yapay sinir ağları, birbirine bağlı ve her biri münferit olarak belirli bir ağırlığa sahip olan bağlantılardan oluşur (Öztemel, 2003). Yapay sinir ağları öğrenme işlemini, örnekler vasıtası ile gerçekleştirir. Bir işlem birimi, aslında sık sık transfer fonksiyonu olarak anılan bir denklemdir. Bu işlem birimi, diğer nöronlardan sinyalleri alır; bunları birleştirir, dönüştürür ve sayısal bir sonuç ortaya çıkartır. Genelde, işlem birimleri kabaca gerçek nöronlara karşılık gelirler ve bir ağ içinde birbirlerine bağlanırlar; bu yapı da sinir ağlarını oluşturmaktadır (Boyraz, Seymen, Bozkurt ve Çetin, 2014). YSA'lar karmaşık, matematiksel olarak iyi tanımlanmamış, doğrusal olmayan veya stokastik problemleri çözmek için çok basit hesap operasyonlarını kullanmaya izin verir (Drew ve Monson, 2000). İlerleyen bölümlerde, yapay sinir ağlarının yapısı, bu çalışmada kullanılan yapay sinir ağlarının özellikleri ve gerekli literatür taraması verilecektir.

2.5.1. Yapay Sinir Ağları ile Alakalı Bazı Çalışmalar

Bu tez çalışmasında yapay sinir ağları modeli ile gerçekleştirilecek olan tahmin modeli, yapay zeka kullanımının mühendislik alanındaki bir uygulaması olmasına rağmen yapay zeka, mühendislikten, ekonomiye, sağlıktaREC n sanayiye bir çok farklı alanda kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin, ekonomi alanında Yümlü (2000) tarafından yapılmış olan çalışmada, yapay sinir ağları aracılığı ile volatilite modellemesi ve gelecek öngörüsü üzerine tahmin modeli bulunmuştur. Bu model İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Ulusal 100 endeksinin gelecek tahmininde kullanılmıştır.

Oreta ve Kawashima (2003) yapmış oldukları çalışmada dairesel donatılı kolonların basınç dayanımlarının yapay sinir ağları (ANN) yardımıyla tahmin edilmesini araştırmışlardır. Girdi parametreleri olarak yedi parametre (kolon yüksekliği, akma dayanımı, çekirdek çapı, basınç dayanımı, donatı oranı, donatı aralığı ve boyuna donatı) alınmıştır. Analitik model ile sonuçlar karşılaştırıldığında farkın %1 ile %3 arasında olduğu ortaya çıkmıştır. Yapay sinir ağlarının eğitimi sonucunda isabetli tahminler elde edilebilmek için, yüksek sayıda dataya ihtiyaç olduğu belirtilmiştir.

Yapay sinir ağları; karmaşık bir mühendislik probleminin fiziksel yapısının anlaşılmasına gerek kalmadan, ihtivadaki karmaşık ilişkileri rahatlıkla öğrenip yeni bilgileri işlemesi bakımından problemlerin çözümünde alternatif bir yol olarak kullanılabilirler. Şahin (2005) çalışmasında, akifer parametrelerinin belirlenmesinde yapay sinir ağlarından faydalanan bir model kurmuştur. Akifer parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan geleneksel eğri eşleştirme yöntemleri ile yapay sinir ağı modelinde elde edilen sonuçları karşılaştırmış ve yapay sinir ağlarının akifer parametrelerini tahmin etmede başarılı olduğunu göstermiştir. Ayrıca Şahin (2005), yapmış olduğu çalışmada hidroloji alanında yapay sinir ağları modellerinin alternatif bir çözümleme aracı olarak kullanılabileceğini ifade etmiştir.

Dumlupınar (2008) T-Kiriş köprülerin yoğunlukta olduğu projelerde zaman kaybını minimize etmek maksadıyla; sonlu elemanlar metoduyla üretilmiş verileri YSA modelinde girdi olarak kullanarak, T-Kiriş köprülerin yaklaşık analizinde kusursuza yakın bir tahmin gerçekleştirebilen YSA mimarisi ortaya koymuştur.

Alshihri, Azmy ve El-Bisy (2008) yapmış oldukları çalışmada, hafif betonların 3,7,14 ve 28 günlük basınç dayanımı tahminlerini, iki farklı yapay sinir ağı mimarisine tahmin

ettirtmişlerdir. Bunlardan ilki; ileri besleme-geri yayılımlı yapay sinir ağı mimarisi, diğeri ise kademeli korelasyon mimarisine sahip yapay sinir ağıdır. Çalışma sonucunda iki modelinde, basınç dayanımlarını tahmin etmede başarılı olduklarını fakat kademeli korelasyon mimarisinin ileri beslemeli-geri yayılımlı mimariye göre daha başarılı olduğu belirtilmiştir.

Sarıdemir (2008) yapmış olduğu doktora tezinde ortaya koyduğu çalışmada, farklı agregalardan oluşturulmuş birçok betonun mekanik özelliklerini yapay sinir ağlarının eğitiminde veri olarak kullanmıştır. Farklı özellikteki agregalardan oluşturulan betonların mekanik özelliklerinin gerçeğe çok yakın değerlerde YSA aracılığı ile tahmin edilebileceği sonucunu bulmuştur.

Uzaldı (2011) Schmertmann ve Terzaghi yöntemleri ile temel oturumlarını tahmin edebilen bir YSA modeli mimarisi ortaya koymuştur. Hesap değerleri ile YSA tahmininin birbirine çok yakın çıktığını ifade etmiştir.

Momeni, Nazir ve diğ. (2013), betonarme kazıkların düşey taşıma kapasitelerinin tespitinde kullanılan pahalı bir yöntem olan statik yükleme testi yerine, yüksek gerilimli kazık test sonuçları verileriyle eğitilmiş YSA kullanımı üzerine çalışma gerçekleştirmişlerdir. YSA modeli tahmin sonuçları, statik yükleme testi sonuçları ile paralel bulunmuştur.

Chandwani, Agrawal ve Nagar (2014) yapmış oldukları sentez çalışması ile yapay sinir ağlarının girdi ve çıktı verileri arasındaki ilişkinin tüm noktaları ile bilinmesine gerek olmaması açısından üstünlüğünü, tarihsel verileri bünyesinde toplayıp öğrenerek gerçeğe çok yakın tahminler elde edilmesine olanak verdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca; betonun içeriğine girecek malzemelere göre, betonun bütün özelliklerini, daha dökülmeden önce gün gün verebilen bir tahmin modelinin YSA ile rahatlıkla yapılabilirliğinden bahsetmişlerdir.

Yapı sistemlerinin çözümünde optimizasyonun önemine değinen Yücel, Bekdaş, Niğdeli ve Sevgen (2018) yapmış oldukları çalışmada; optimizasyon işlemlerinin tekrarlarından doğan zaman kaybının önüne geçilmesini amaçlayan bir yapay sinir ağı modeli kurmuştur. Öncelikle silindirik kolonun maliyet optimizasyonu, çiçek tozlaşma algoritması yardımıyla yapılmıştır. Yapar sinir ağlarına öğretilen çözümler ışığında; yapay sinir ağı modelinin optimum değerler bulmada başarılı olduğu görülmüştür.

Yücel, Öncü-Davas, Niğdeli ve diğerleri (2018) yapmış oldukları çalışmada, temeli sismik izolatörü yapıların analiz sonuçlarını tahmin eden bir yapay sinir ağı modeli kurgulamıştır.

Yapay sinir ağlarının eğitiminde, dinamik analiz sonuçları kullanılmıştır. Eğitimde kullanılan verilerin yüksek olması yapay sinir ağı modelinin performansının daha iyi olmasını ve daha başarılı sonuçlar tahmin etmesini sağlayabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Yücel (2019) tarafından hazırlanan yüksek lisans tezi kapsamında, dinamik etkilerin yapısal hasara yol açmasını engellemek maksadıyla özellikle yüksek yapılanda kullanılan ayarlı kütle sönümleyiciler (TMD) incelenmiş, bir metasezgisel algoritma olan çiçek tozlaşma algoritması (FPA) aracılığı ile en büyük genlik değerlerinin optimizasyonu gerçekleştirilmiş, bu değerler yapay sinir ağlarının (YSA) eğitimde kullanılarak tasarım modelleri için TMD parametrelerinin optimum değerlerini tahmin etmeyi mümkün kılan bir model ortaya konulmuştur.

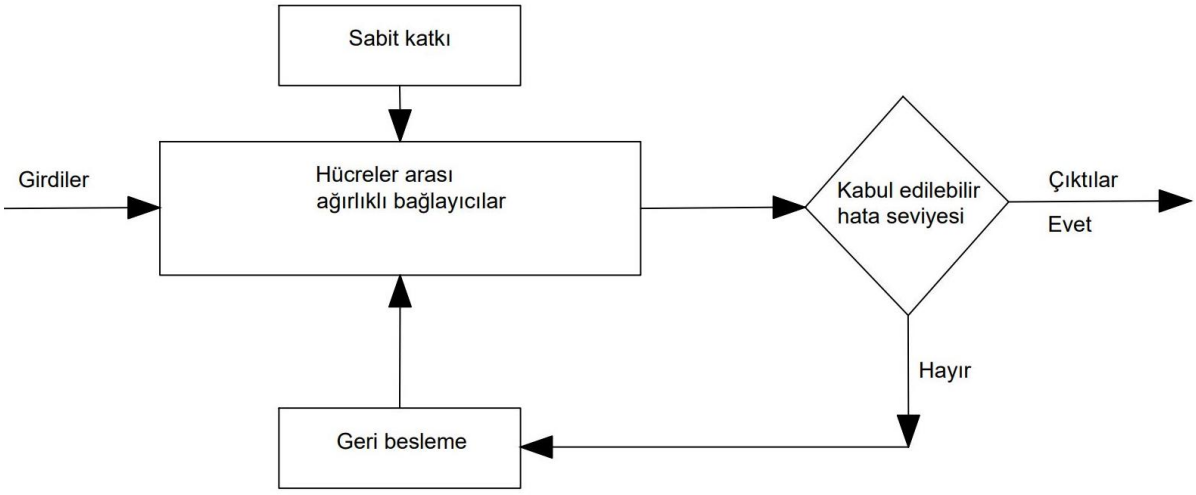
Yücel, Bekdaş ve Niğdeli (2019) tarafından yapılmış olan çalışmada, kütle ayarlı sönümleyicilerin (TMD) parametrelerinin bulunmasında çiçek tozlaşma algoritmasından yararlanılmıştır. Girdi parametreleri ve çiçek algoritması ile oluşturulan optimizasyon sonucu ortaya çıkan çıktı parametreleri; yapay sinir ağlarının eğitiminde kullanılarak, makine öğrenmesi tabanlı bir tahmin modeli kurulmuştur. Ayarlı kütle sönümleyicilerin parametreleri için geliştirilmiş olan yapay zeka tahmin modeli her ne kadar optimum sonuçlara yakın değer verse de, optimum sonuçların hassasiyetinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Ramirez ve Plevris (2021) yapmış olduğu çalışmada, eksenel yük altındaki tekil temellerin yapısal tasarımını yapay sinir ağları yardımıyla yerine getiren bir model ortaya koymuşlardır. Öncelikle yapay sinir ağlarının eğitiminde kullanılmak üzere; tekil temel çözümü, genetik algoritma ile optimize edilip, ortaya çıkan optimum sonuçlardan oluşan bir veri takımı elde edilmiştir. Bu veri takımı ile eğitilen yapay sinir ağları, temel boyutlarının tahmininde yüksek isabet göstermiştir.

İlerleyen bölümlerde, tezde kullanılan yapay sinir ağı mimarisi olan ÇKYSA (Çok katmanlı yapay sinir ağları) açıklanacaktır. Çalışma kapsamında çok katmanlı, ileri beslemeli ve geri yayılımlı bir yapay sinir ağı mimarisi kullanılacaktır. Devam eden bölümler, kullanılacak olan yapay sinir ağı mimarisi ile alakalı genel bilgiler ihtiva edecektir.

Yapay sinir ağı modelinin temel yapısı; giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere üç farklı katmandan oluşmaktadır (Abraham, 2005). Bir yapay sinir ağı örüntüsünde, istenilen hedef belirlendikten sonra beklenen donelerin girdi verilerinden elde edilmesi, bu ağda bilinmeyen bağlantı değerlerinin ardışık yaklaşımlarla eğitilmesi sonucunda teşkil edilir.

Şekil 2.7 de yapay sinir ağlarının genel yapısı gösterilmektedir. Bu takdirde ilk hesaplamalardan elde edilen çıktıların, beklenen çıktılar ile kıyasından sonra birbirlerine kabul edilebilir menziller yakınlık gösterdiği vakit yapay sinir ağlarının eğitimine son verilir. Aksi durumda eğitime beklenen yakınlıktaki sonuçlar elde edilene kadar devam edilir (Şen, 2004).



Şekil 2.7: Yapay sinir ağlarının genel yapısı (Öztemel, 2003).

Yapay sinir ağı modelleri arasında çokça kullanılan modeller; tek ve çok katmanlı algılayıcılar, LVQ, ART ağları, SOM, ELMAN gibi ağlardır (Şen, 2004).

2.5.2. İleri Beslemeli YSA

Çalışma kapsamında kullanılacak olan ileri beslemeli çok katmanlı yapay sinir ağında, bilgilerin akışı girdi katmanından çıktı katmanına doğru ileri yönde sağlanır. Yani başka bir deyişle, veri işlenmesi tek yönlüdür (Kröse ve Smagt, 1996). İleri beslemeli yapay sinir ağlarında aktivasyon giriş katmanından çıkış katmanına doğu beslenerek ilerler. Bu mimarideki ve özellikteki YSA'larda en yaygın öğrenme biçimi "geri yayılımlı" algoritmadır (Ünsal, 2017).

2.5.3. Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağlarının Yapısı ve Temel Elemanları

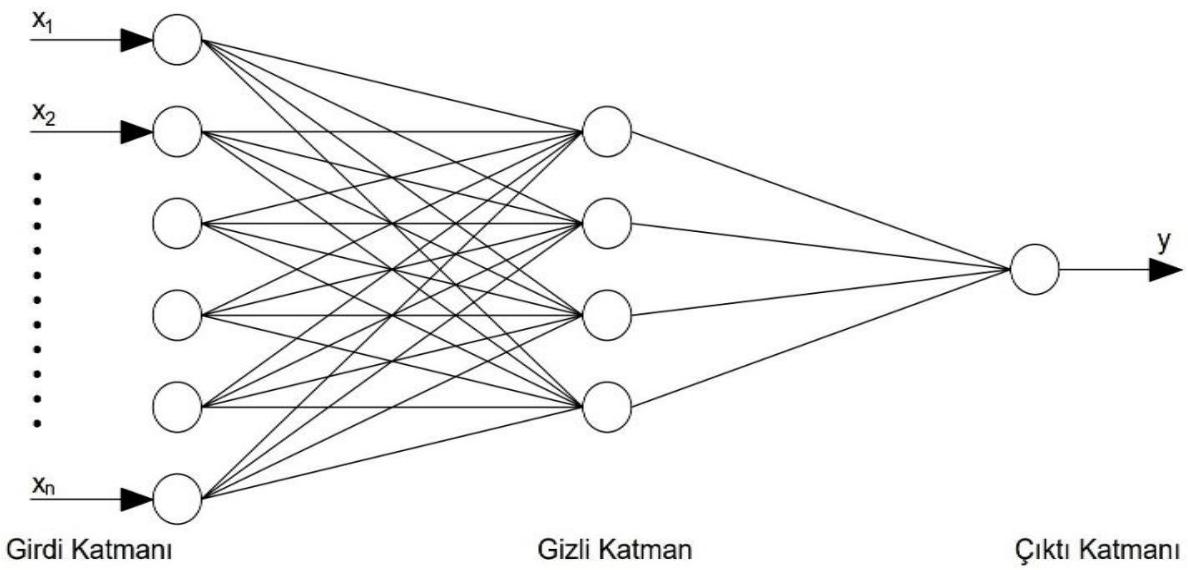
İnsan beyninin veri işleme özelliği, sinir sistemindeki her bir hücrenin birbiri ile haberleşmesi vasıtası ile gerçekleşmektedir. İleri beslemeli yapay sinir ağları (YSA), girdi katmanında gelen veriyi gizle katmana iletir ve iletim ileri yönlü devam eder (Ünsal, 2017). Buna paralel olarak, yapay sinir ağları da dışarıdan gelen bilgiyi bir toplama fonksiyonu ile toplayıp, aktivasyon

fonksiyonundan geçirerek çıktı üreten hücrelere gönderip birbirleriyle haberleşir (Öztemel, 2003).

Çok katmanlı sinir ağlarında ağ mimarisi birkaç katmandan oluşan nöronlar vasıtasıyla kurulur (Dumlupınar, 2008). Veriyi toplamada ve işlemede birbirinden farklı fonksiyonlar vardır. İşleme elemanları birbirine paralel üç katman halinde bir araya gelerek yapay sinir ağı modelini oluştururlar.(Ötemel, 2003). Bu katmanlar;

- Girdi Katmanı
- Ara Katmanlar
- Çıktı Katmanı

olarak ifade edilirler (Öztemel, 2003).Girdi katmanından yapay sinir ağına gelen bilgiler, ara katmanda işlenerek çıktı katmanına iletilir. Buradaki bilgi işlemede anlatılmak istenen durum, bilgilerin ağın ağırlık dereceleri kullanılarak çıktıya dönüştürülmesi işlemidir. Bahsedilen katmanların örüntüsü şekil 2.8 de gösterilmektedir.



Şekil 2.8: Çok katmanlı yapay sinir ağları mimarisi (Karaboran, 2013).

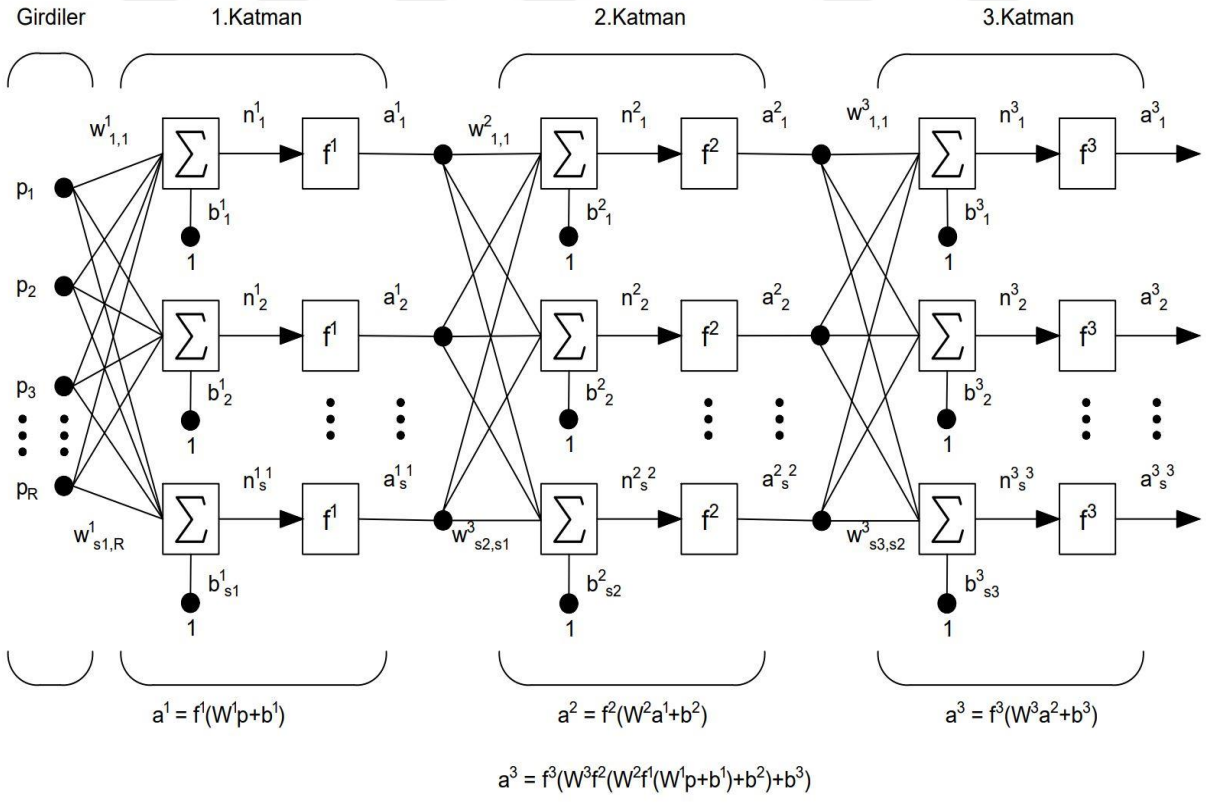
Yapay sinir ağının doğru doneler üretebilmesi, ağırlıkların doğru değer almaları ile mümkün olur. Doğru ağırlıkların atanması işlemi ağın eğitilmesi işlemidir. Ağ ağırlıklarının değerleri başlangıçta rassal olarak belirlenmekte olup, her örnek ağa öğretildikçe ağın öğrenme kuralına göre bu değerler değişir ve en doğru değerler bulunmaya çalışılır. Bu işlemler ağın

eğitilmesinde kullanılan veri setindeki örneklerin tamamı için doğru çıktılar elde edilinceye kadar devam eder.

Bir yapay sinir ağı modeli aşağıdaki maddeler ışığında karakterize olmaktadır (Öztemel, 2003):

- Ağın topolojisi
- Kullanılan toplama fonksiyonu
- Kullanılan aktivasyon fonksiyonu
- Öğrenme stratejisi
- Öğrenme kuralı

Yapay sinir ağlarında eğitim, ağ boyunca devam eden bilgi akışının ağırlıklarındırılmış sinir ağları ile şekillendiği, girdi ve çıktı parametrelerinin, bağlı bulundukları nöronlar aracılığı ile birbiri ile etkileşim içinde bulunduğu ve nöronun ağırlığı oranınca işlendiği bir süreçtir. Bilginin ağırlıklandırılmış nöron katmanları vasıtası (Olivas, 2019) ile yapar sinir ağı mimarisine öğretildiği, işlendiği ve sonuç elde edildiği bir çok katmanlı yapay sinir ağı gösterimi şekil 2.9 da verilmiştir.



Şekil 2.9: Çok katmanlı yapay sinir ağları şematik gösterim (Hagan, 1997).

3. METODOLOJİ

Bu bölümde, çalışmayı gerçekleştirebilmek için kullanılacak olan yazılım dili Matlab hakkında genel bilgiler verilecektir. Ayrıca; Jaya (JA) algoritmasında kullanılacak olan amaç fonksiyonu bu bölümde bulunacaktır. Amaç fonksiyonu, her bir yüklemeyi temsil eden senaryoların tümü için optimize edilerek, optimizasyon sonuçları yapay sinir ağlarının eğitimindeki doneleri oluşturacak; sonrasında, yapay sinir ağlarına öğretilmemiş bir senaryo için YSA modelinin tahmin yapması sağlanacaktır.

3.1 MATLAB

"Matrix Laboratory" ifadesinin kısaltması olan Matlab, mühendislik ve bilimsel araştırmalarda kullanılan yüksek performanslı bir programlama dilidir (Alkan, 2014). Bu programlama dili, kullanım kolaylığı, hazır kütüphaneleri, hazır fonksiyonları ve çalışılan alanlara özgü uygulamaları sayesinde mühendislik ve bilim alanında üstün bir avantaja sahiptir. "Fortran" yazılım dili ile ilk versiyonları Cleve Moler tarafından (Uzunoğlu ve Onar, 2003) geliştirilmiş olan Matlab, sonrasında "C" dili ile geliştirilmeye devam edilmiştir (Aydın, 2017).

Çalışma kapsamına kullanılacak olan Matlab versiyonu R2018a'dır. Program açıldığında; kodların yazıldığı bir "Editor" kısmı, kodların çalıştırıldığı bir "Command Window" penceresi, programa tanıtılan verilerin bulunduğu bir "Workspace" penceresi ve dosya konumlarının olduğu "Current Folder" penceresi ile karşılaşılır.

Matlab, içinde mühendislik, tasarım, grafik, yapay zeka ve birçok gömülü fonksiyon barındıran interaktif bir yazılım dilidir (Pratap, 1998). Ayrıca Matlab, içerisinde kullanıcıların programları kendi özelinde, eksiksiz olarak özelleştirmelerini sağlayacak programlama yapıları setine sahiptir (Attaway, 2013). Araç kutuları adı verilen bu program yapıları setleri, yazılan disipline özgü olarak kullanılmak üzere Matlab içinde gömülüdür (Schreiber, 2007).

Bu çalışmada, Matlab programlama dilinin "Editor" kısmı, ele alınan tekil temelin maliyet fonksiyonunun Jaya algoritması ile optimizasyonu için gerekli kodların yazılmasında kullanılacak olup, optimizasyon basamağı sona erdiğinde, Matlab programlama dilinde yer alan hazır bir araç kutusu olan yapay sinir ağları programı "Neural Network Tool" dan faydalanılacaktır.

3.2 OPTİMİZASYON İÇİN AMAÇ FONKSİYONUNUN ELDE EDİLMESİ

Çalışma kapsamında ele alınacak bir metasezgisel optimizasyon algoritması olan, Jaya algoritmasında kullanılmak üzere; çalışmanın hedefi olan tekil temel maliyet optimizasyonunda kullanılmak üzere bir amaç fonksiyonu elde edilmesine ihtiyaç vardır. Amaç fonksiyonu tekil temel beton maliyeti ve demir maliyetinin toplamı olarak ifade edilecek olup, aşağıdaki bağıntıda gösterilmektedir. Denklemin açılımı çalışmanın "EKLER" bölümünde detaylı olarak yer almaktadır.

$$C_F = C_C + C_s \tag{3.1}$$

Bu bağıntıda belirtilen C_F bir tekil temelin maliyetini belirtirken, C_c tekil temel imalatında kullanılacak betonun maliyetini, C_s ise donatı maliyetini ifade etmektedir. Öncelikle Jaya algoritmasında amaç fonksiyonunun optimum değeri, her bir farklı senaryodaki farklı zemin özellikleri parametreleri ve farklı yüklemeler için elde edilecektir. Elde edilen optimum sonuçlar, yapay sinir ağlarının eğitilmesinde veri olarak kullanılacaktır.

3.3 OPTİMİZASYON TASARIM KISITLARI

Jaya algoritması ile yapılacak olan optimizasyon işleminde temel tabanına, dış yükler ve temel ağırlığı ile zemin ağırlığından dolayı oluşacak olan taban basıncının, zeminin güvenli taşıma gücünü aşmaması gerekmektedir. Buna göre,Jaya algoritması ile yapılacak olan optimizasyon işlemlerinde tasarım kısıtı olarak kullanılmak üzere aşağıdaki bağıntılar, zemin taşıma gücü kontrolü şartlarının sağlanması ile ilgili olarak elde edilmiştir.

$$g_1 = N_d \cdot B_x + 6M_d - (q_t - \gamma_{Rv} \cdot \gamma_{ort} \cdot h_t) \cdot B_x^2 \cdot B_y \leq 0 \tag{3.2}$$

$$g_2 = N_d \cdot B_x - 6M_d - (q_t - \gamma_{Rv} \cdot \gamma_{ort} \cdot h_t) \cdot B_x^2 \cdot B_y \leq 0 \tag{3.3}$$

$$g_3 = 6M_d - N_d \cdot B_x \leq 0 \tag{3.4}$$

Bu bağıntılarda, 'Nd' tasarımda dikkate alınacak normal kuvveti ve 'Md' tasarım momentini ifade etmektedir. 'Bx' temelin x doğrultusundaki uzunluğunu, 'q_t' zemin taşıma gücünü, 'h_t' temel yüksekliğini, ' γ_{Rv}' temel taşıma gücü dayanım azaltma katsayısını, ' γ_{ort}' temel ve üstünde kalan zeminin ortalama birim hacim ağırlığını, 'B_y' ise temelin y doğrultusundaki uzunluğunu ifade etmektedir.

Kesme kontrolünden gelen tasarım kısıt bağıntısı 3.5 te verilmiştir. ‘ q_{of}’ kolon yüzündeki taban basıncını, q_{max} taban basıncının maksimum değerini ifade etmektedir. ‘h’ kolon genişliğini, B_x temelin x doğrultusundaki uzunluğunu, B_y temelin y doğrultusundaki uzunluğunu, d faydalı temel yüksekliğini ve f_{ctd} tasarım çekme dayanımını ifade eder.

$$g_4 = \left(\frac{q_{max}+q_{of}}{2}\right) \cdot \left(\frac{B_x-h}{2}\right) \cdot B_y - 0{,}65 \cdot f_{ctd} \cdot B_y \cdot d < 0 \quad (3.5)$$

Son tasarım kısıtı zımbalama tahkikinden dolayı teşkil edilmekte olup 3.6 bağıntısı ile ifade edilir.

$$g_5 = N_d - A_p \cdot q_{00} - \gamma \cdot f_{Ctd} \cdot Up \cdot d \cdot 1000 \leq 0 \quad (3.6)$$

3.4 JAYA ALGORİTMASI İLE YAPILACAK OPTİMİZASYONUN İŞLEM ADIMLARI

3.4.1. Ön-Optimizasyon

Bu aşamada öncelikle problem tanımlanır; tasarım sabitleri girilir, tasarım değişkenlerinin alt ve üst menziller tanımlanır ve algoritma parametreleri (JAYA algoritması için popülasyon ve iterasyon) tanımlanır. Başlangıç çözüm matrisi projesinin tasarım değişkenlerinin menzillerine göre rassal olarak belirlenir (Bekdaş, Matematiksel Denklem Minimizasyon Örneği, 2021). Matlab dilinde tasarım değişkenlerine rassal olarak atama yapılabilmektedir.

‘h_{temel}’, ‘bx_{temel}’ ve ‘by_{temel}’ ; temel boyutları olmak üzere, alt ve üst limitleri belirlenmiş tasarım değişkenleri olarak aşağıdaki bağıntı ile ifade edilerek rassal olarak atamaları yapılır.

$$h_{temel} = h_{temel,\,min} + (h_{temel,\,max} - h_{temel,\,min})*rand \quad (3.7)$$

$$bx_{temel} = bx_{temel,\,min} + (bx_{temel,\,max} - bx_{temel,\,min})*rand \quad (3.8)$$

$$by_{temel} = by_{temel,\,min} + (by_{temel,\,max} - by_{temel,\,min})*rand \quad (3.9)$$

Bu bağıntılardaki temel boyutlarının minimum ve maksimum değerleri, TBDY-2018 e göre belirlenecek olup, Jaya algoritmasıyla yapılacak olan optimizasyon işleminin ön-optimizasyon aşamasında kullanılacaktır. Buradaki ‘rand’ fonksiyonu, tasarım değişkenlerini rassal olarak atamaya yarayan ve 0-1 arasında rastgele değerler alan bir fonksiyondur.

3.4.2. Analiz Aşaması

Bu kısımda, amaç fonksiyonu hesaplanır, tasarım kısıtları kontrol edilir. Tasarım kısıtlarını karşılamayan çözümler, yüksek sayı verilerek cezalandırma işlemi uygulanır ve algoritma tarafından - minimizasyon adımlarında uzak çözüm kaldığından ötürü - dikkate alınmaması sağlanır. Böylelikle, bir ekseninde girdi parametreleri, kısıtlar ve amaç fonksiyonun yer aldığı, diğer ekseninde ise popülasyon sayısının yer aldığı çözüm matrisi oluşturulmuş olur. Cezalandırma işleminine örnek olması açıcısından aşağıdaki şekilde mantıksal değerlendirme bloğu verilmiştir.

```
if OPT(5,i)>0

        OPT(4,i)=10^6;

end
```

Şekil 3.1: Tasarım kısıtını sağlamayan sonuçların cezalandırılması işlemi

3.4.3. Optimizasyon Aşaması

Bu aşama, başlangıç çözüm matrisindeki değerlerden en iyi değerlerin ve en kötü değerlerin seçilip, iyiye yaklaşıp kötü değerden uzaklaşıldığı aşamadır. Her bir kod döngüsünde, Jaya algoritması aracılığıyla, bulunan değerler iyileştirilerek optimum değere döngü sonunda ulaşılır. Başlangıç çözüm matrisinde yer alan tasarım değişkenleri kullanılarak elde edilen çözüm matrisinden, yeni çözümler üretilerek optimizasyon adımlarına devam edilir. Yeni çözüm üretmede kullanılan Jaya algoritması bağıntısı aşağıdaki bağıntı ile verilmiştir. Xi,j aday çözümün başlangıçtaki değeri olmakla beraber; Xi,geniyi amaç fonksiyonu açısından en iyi olan çözüme ait i. Tasarım değişkeninin değerini, Xi,genkötü en kötü değerini, Xi,yeni ise i. tasarım değişkeni için belirlenecek yeni değeri ifade etmektedir (Bekdaş, Matematiksel Denklem Minimizasyon Örneği, 2021).

$$X_{i,yeni} = X_{i,j} + rand(\,)\,((X_{i,g})_{eniyi} - |X_{i,j}|) - rand(\,)((X_{i,g})_{enkötü} - |X_{i,j}|) \qquad (3.10)$$

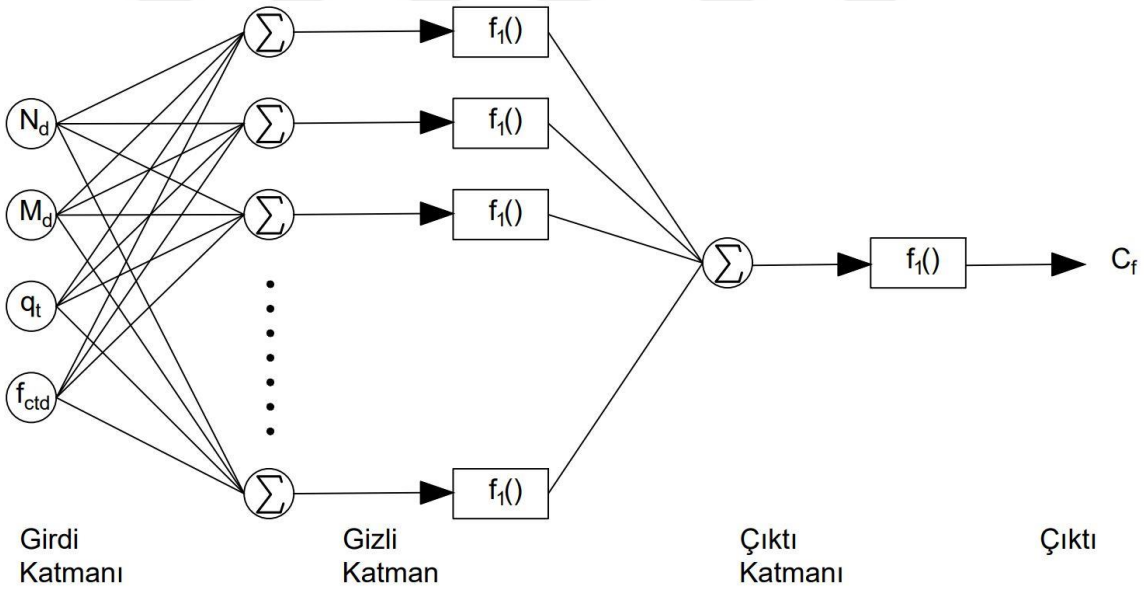
Üretilen bu yeni çözümler, mevcut çözümler ile kıyaslanıp, daha iyi olan çözümler kullanılarak çözüm matrisi güncellenir. Güncelleme işlemi, başlangıçta belirlenen algoritma parametresi olan iterasyon sayısı kadar tekrarlanır ve optimizasyon işlemi durdurulur.

3.5 YAPAY SİNİR AĞLARI

Farklı zemin özellikleri ve dış yükler, tekil temel boyutlarından yola çıkılarak oluşturulan tekil temel maliyet minimizasyonu Jaya algoritması ile oluşturup, elde edilen veriler ile oluşturulduktan sonra,

Jaya algoritması ile tekil temel maliyet optimizasyonu gerçekleştirildikten sonra, algoritma tekrarlı hale getirilip farklı zemin özellikleri ve dış yükler altında maliyetler bulunup bir veri takımı oluşturulacaktır. Oluşturulan bu veri takımı, yapay sinir ağları eğitiminde kullanılacak olup, moment (M_d), normal kuvvet (N_d), zemin özelliklerine bağlı taşıma gücü (qt) ve beton sınıfına özgü karakteristik çekme dayanımı (f_{ctd}) girdi parametrelerini oluştururken, tekil temel optimize maliyeti (C_f) çıktı parametresini ifade edecektir.

Çalışmada kullanılan YSA mimarisi; giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere çok katmanlı bir yapay sinir ağıdır. Çalışma kapsamında kullanılan yapay sinir ağı mimarisi aşağıdaki şekilde verilmiştir.

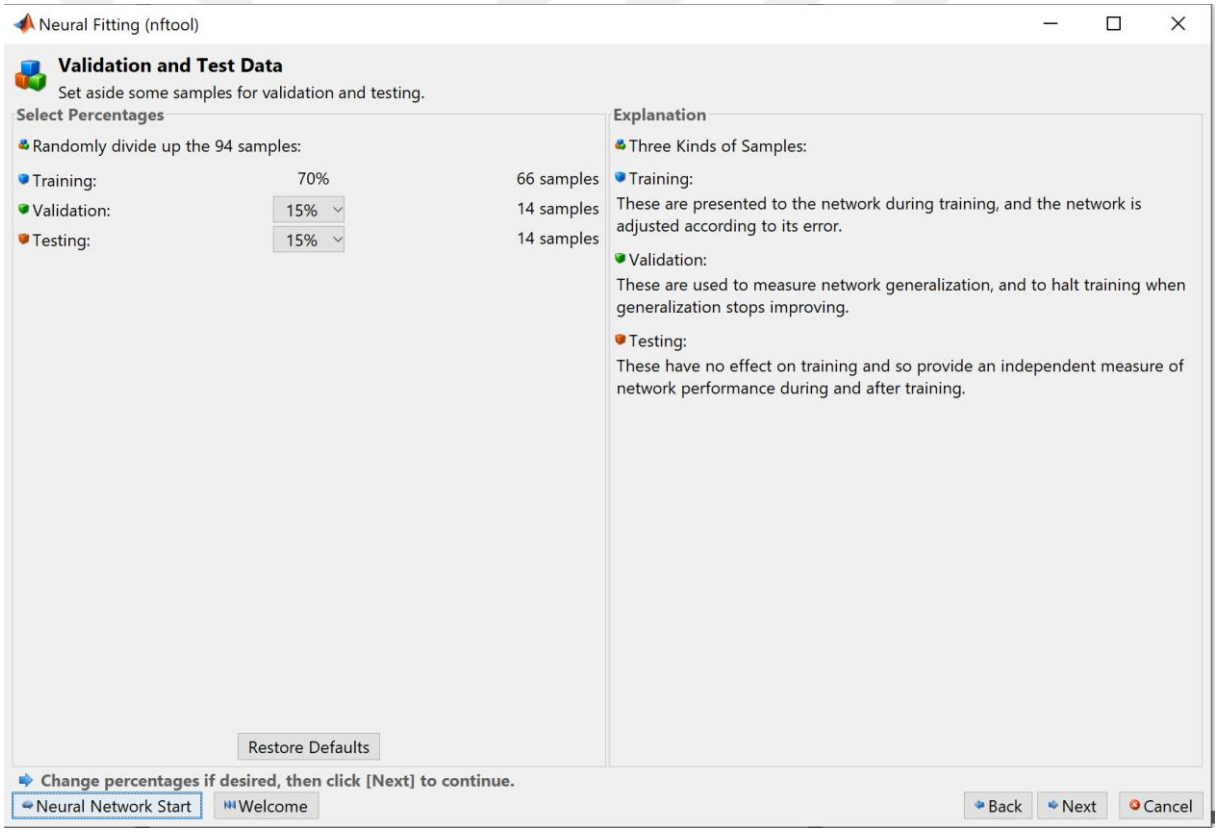


Şekil 3.2: Çalışmada kullanılan yapay sinir ağı mimarisi

Şekilde gösterilen girdi parametreleri; N_d ve M_d dış yükleri ifade ederken, q_t, tasarımda göz önüne alınacak zemin özelliği olan taşıma gücünü, f_{ctd} ise tasarımda dikkate alınan beton sınıfı özelliği olan çekme dayanımını ifade eder. Çıktı parametresi, tekil temel maliyeti olmak üzere

tekdir. Şekilde verilmiş olan f fonksiyonu aktivasyon fonksiyonudur. Girdi katmanı – gizli katman ve gizli katman – çıktı katmanı arasında bilgi akışı ileri yönlü olarak sağlanır.

Bu çalışmada, 'statik ağlar' da (Nguyen, 2007) denilebilen ileri beslemeli, geri yayılımlı bir YSA sistemi kullanılmıştır. Yazılım dili Matlab'in R2018B versiyonunda gömülü olarak bulunan yapay sinir ağı uygulaması ile eğitim sağlanmıştır. Eğitimde kullanılan Levenberg-Marquardt geri yayılım algoritması kullanılmıştır. Levenberg-Marquardt algoritması, ileri beslemeli – geri yayılımlı yapay sinir ağı modellerinde kullanılan bir algoritma türüdür (Hagan ve Menhaj, 1994; Ham ve Kostanic, 2001; Okkan ve Mollamahmutoğlu, 2010; Okkan, Serbeş ve Gedik, 2018). Kullanılan gömülü paketin arayüzü aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 3.3: Matlab – Neural Fitting Tool arayüzü

Çalışmada 120 farklı örnek üzerinden eğitim yapılacak olup, verilerin eğitim, doğrulama ve test için kullanılacak olan yüzdeleri, deneme yanılma yoluyla; en iyi eğitim ve test yüzdesini verecek şekilde ayarlanacaktır.

4. BULGULAR

4.1 OPTİMİZASYON

Öncelikle optimizasyon algoritmasının problemin çözümündeki tutarlılığının kontrolü için algoritma parametrelerinin hangi değer alınacağı birkaç tekrarla bulunur. Örnekte moment değeri 250 KNm, normal kuvvet değeri 1500 KN, beton sınıfı C30 kolon boyutları 55x55cm ve zemin taşıma gücü 240 KN/m^2 alınmıştır. Sonuçlar Tablo 4.1'de yer almaktadır.

M_d = 250 KNm, N_d =1500 KN, C30 beton sınıfı, 55*55kolon, qt=240 için;

Tablo 4.1: İterasyon sayısını – optimum sonuçlar

İterasyon Sayısı	Nüfus Adedi	Bx,temel	By,temel	htemel	Maliyet
50	10	3,33	2,56	0,39	4859
500	10	3,33	2,56	0,39	4777
5000	10	3,33	2,56	0,39	4777
50000	10	3,33	2,56	0,39	4777

Tutarlı sonuç 500 iterasyon sayısı ile sağlanmıştır. Çalışma kodlarında birçok senaryo için optimizasyon yapılacağından ötürü, popülasyon sayısı (pn) 15, iterasyon sayısı ise 20000 alınmıştır.

Optimizasyon algoritmasının tutarlığı test edildikten sonra, 25 farklı senaryo için moment değişiminin optimum sonuçlara olan etkisi araştırılmıştır. Bulunan değerler, Tablo 4.2'de verilmiştir.

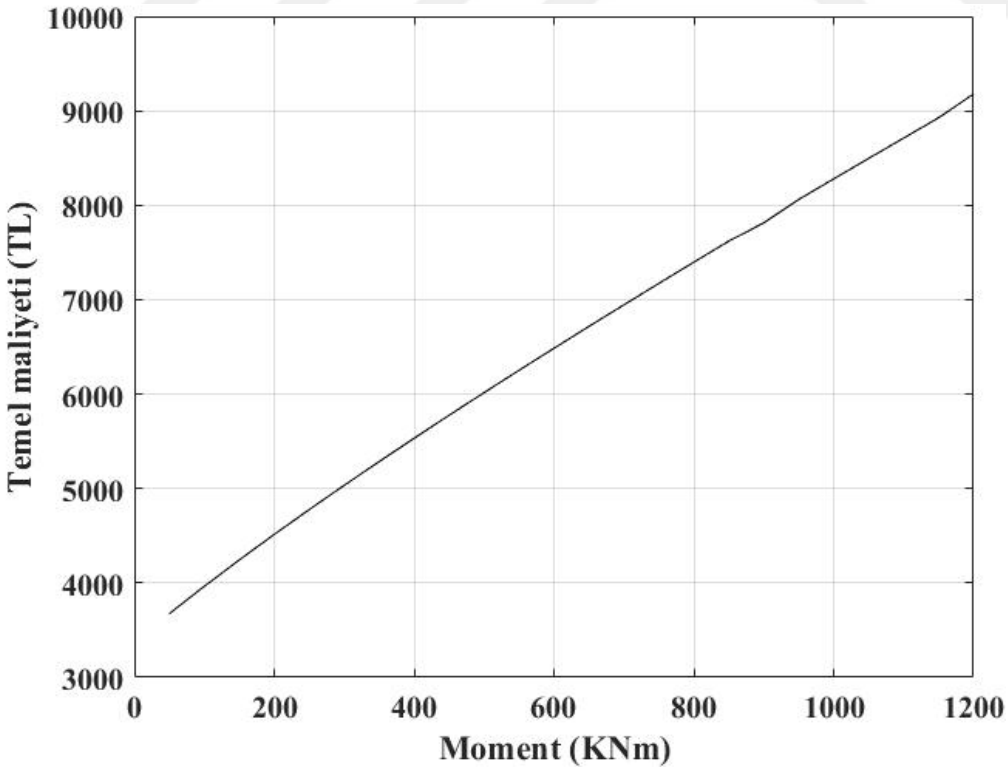
Tablo 4.2: Moment değişiminin optimum sonuçlara olan etkisi

Farklı Senaryolar	Tasarım Sabitleri						Optimizasyon Sonuçları			
	M_d (KNm)	N_d (KN)	f_{ctd} (MPa)	q_t (KN/m^2)	$B_{x,kolon}$ (m)	$B_{y,kolon}$ (m)	$B_{x,temel}$ (m)	$B_{y,temel}$ (m)	h_t (m)	C_f (TL)
1.	50	1500	1,26	240	0,55	0,55	2,87	2,43	0,36	3675
2.	100	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,00	2,46	0,37	3965
3.	150	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,11	2,50	0,38	4244
4.	200	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,22	2,53	0,38	4514
5.	250	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,33	2,56	0,39	4777
6.	300	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,42	2,58	0,39	5034
7.	350	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,52	2,60	0,40	5285
8.	400	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,61	2,62	0,40	5532

Tablo 4.2 (devamı): Moment değişiminin optimum sonuçlara olan etkisi

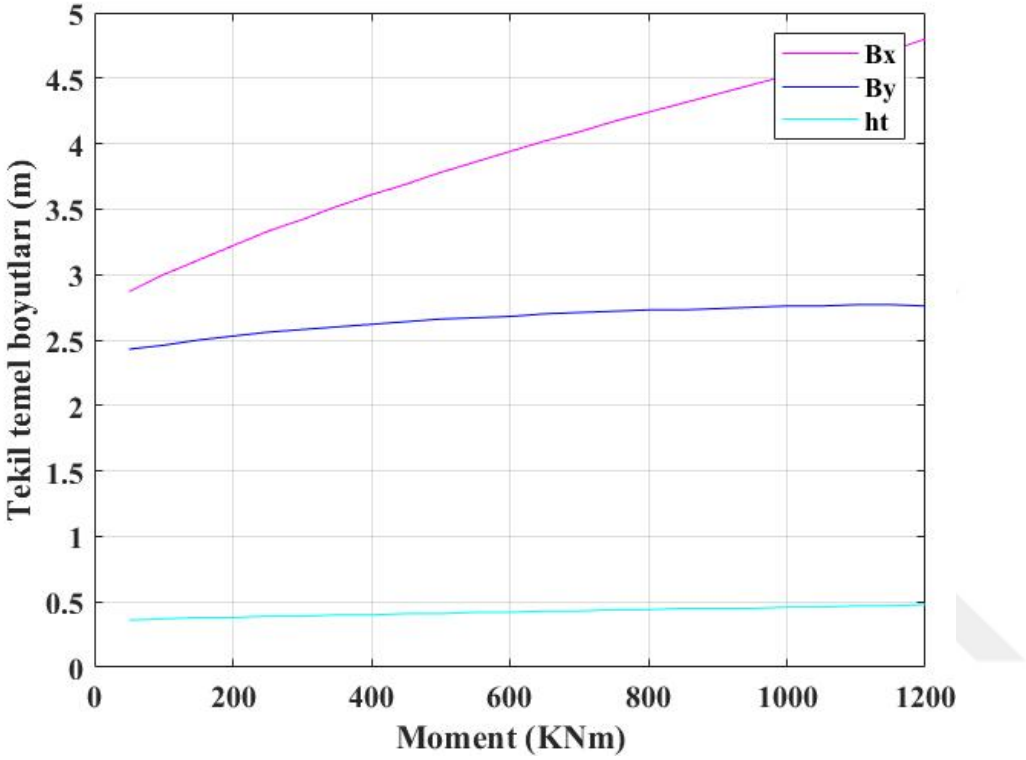
9.	450	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,69	2,64	0,41	5776
10	500	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,78	2,66	0,41	6015
11.	550	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,86	2,67	0,42	6252
12.	600	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,94	2,68	0,42	6485
13.	650	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,02	2,70	0,43	6717
14.	700	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,09	2,71	0,43	6945
15.	750	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,17	2,72	0,44	7172
16.	800	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,24	2,73	0,44	7397
17.	850	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,31	2,73	0,45	7620
18.	900	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,38	2,74	0,45	7813
19.	950	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,45	2,75	0,45	8061
20.	1000	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,52	2,76	0,46	8279
21.	1050	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,58	2,76	0,46	8496
22.	1100	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,65	2,77	0,47	8711
23.	1150	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,71	2,77	0,47	8926
24.	1200	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,80	2,76	0,48	9178
25.	1250	1500	1,26	240	0,55	0,55	5	4,70	1,90	-

Jaya algoritması optimizasyonu 25 farklı senaryo için yapılmış olan tekil temel maliyetinin, moment etkisindeki değişim grafiği Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Optimum tekil temel maliyetinin moment etkisinde değişimi

Moment değişiminin optimum tekil temel boyutlarına olan etkisi Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Beklendiği üzere; araştırma kapsamında tek eksende (x – ekseni) moment olan bir durum ele alındığından ötürü, moment artışının x eksenindeki temel boyutunu diğer temel boyutlarına göre daha fazla arttırdığı görülmektedir.



Şekil 4.2: Optimum tekil temel boyutlarının moment etkisinde değişimi

40 farklı normal kuvvet değeri için, optimizasyon sonuçları tablo 4.3'te verilmiştir. Moment değeri 100 KNm, beton sınıfı C30, zemin taşıma gücü 240 KN/m^2 ve kolon boyutları 55x55cm alınmıştır.

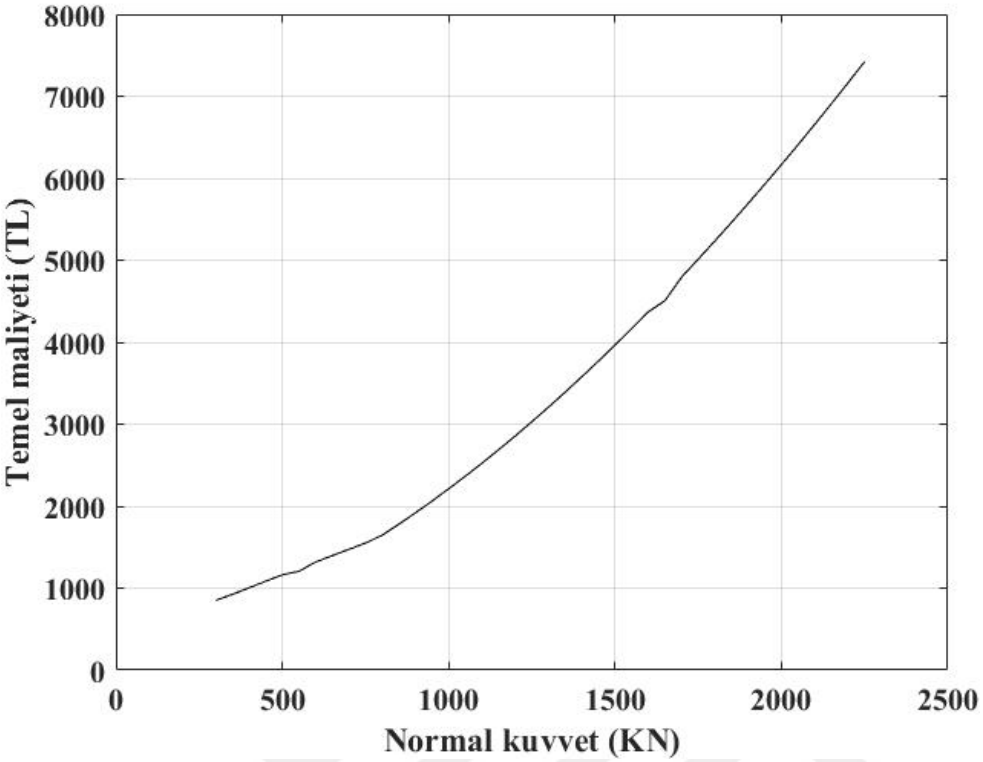
Tablo 4.3: Normal kuvvet değişiminin optimum sonuçlara olan etkisi

Farklı Senaryolar	Tasarım Sabitleri						Optimizasyon Sonuçları			
	M_d (KNm)	N_d (KN)	f_{ctd} (MPa)	q_t (KN/m^2)	$B_{x,kolon}$ (m)	$B_{y,kolon}$ (m)	$B_{x,temel}$ (m)	$B_{y,temel}$ (m)	h_t (m)	C_f (TL)
1.	100	300	1,26	240	0,55	0,55	2,37	1,00	0,25	851
2.	100	350	1,26	240	0,55	0,55	2,38	1,09	0,37	924
3.	100	400	1,26	240	0,55	0,55	2,34	1,20	0,25	1004
4.	100	450	1,26	240	0,55	0,55	2,31	1,32	0,25	1084
5.	100	500	1,26	240	0,55	0,55	2,29	1,43	0,25	1162
6.	100	550	1,26	240	0,55	0,55	2,27	1,54	0,25	1206
7.	100	600	1,26	240	0,55	0,55	2,25	1,66	0,25	1318

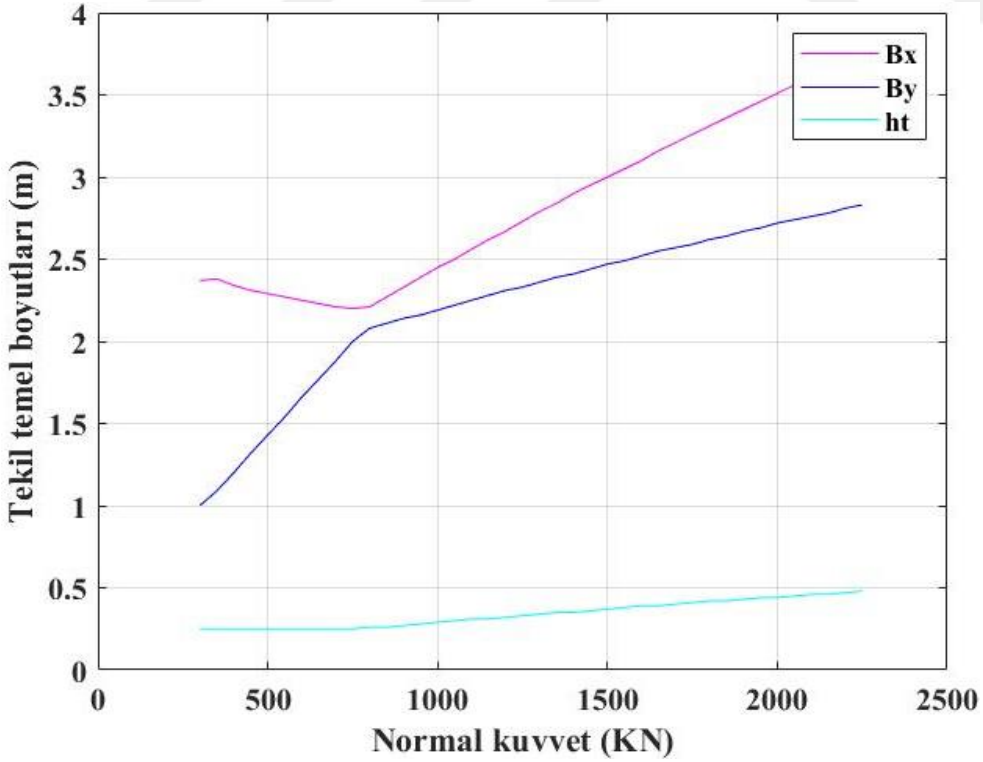
Tablo 4.3 (devamı): Normal kuvvet değişiminin optimum sonuçlara olan etkisi

8.	100	650	1,26	240	0,55	0,55	2,23	1,77	0,25	1396
9.	100	700	1,26	240	0,55	0,55	2,21	1,88	0,25	1473
10	100	750	1,26	240	0,55	0,55	2,20	2,00	0,25	1550
11.	100	800	1,26	240	0,55	0,55	2,21	2,08	0,26	1645
12.	100	850	1,26	240	0,55	0,55	2,27	2,11	0,26	1779
13.	100	900	1,26	240	0,55	0,55	2,33	2,14	0,27	1918
14.	100	950	1,26	240	0,55	0,55	2,39	2,16	0,28	2062
15.	100	1000	1,26	240	0,55	0,55	2,45	2,19	0,29	2211
16.	100	1050	1,26	240	0,55	0,55	2,50	2,22	0,30	2365
17.	100	1100	1,26	240	0,55	0,55	2,56	2,25	0,31	2524
18.	100	1150	1,26	240	0,55	0,55	2,62	2,28	0,31	2688
19.	100	1200	1,26	240	0,55	0,55	2,67	2,31	0,32	2856
20.	100	1250	1,26	240	0,55	0,55	2,73	2,33	0,33	3030
21.	100	1300	1,26	240	0,55	0,55	2,79	2,36	0,34	3208
22.	100	1350	1,26	240	0,55	0,55	2,84	2,39	0,35	3390
23.	100	1400	1,26	240	0,55	0,55	2,90	2,41	0,35	3578
24.	100	1450	1,26	240	0,55	0,55	2,95	2,44	0,36	3769
25.	100	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,00	2,47	0,37	3965
26.	100	1550	1,26	240	0,55	0,55	3,05	2,49	0,38	4166
27.	100	1600	1,26	240	0,55	0,55	3,10	2,52	0,39	4371
28.	100	1650	1,26	240	0,55	0,55	3,16	2,55	0,39	4506
29.	100	1700	1,26	240	0,55	0,55	3,21	2,57	0,40	4794
30.	100	1750	1,26	240	0,55	0,55	3,26	2,59	0,41	5013
31.	100	1800	1,26	240	0,55	0,55	3,31	2,62	0,42	5235
32.	100	1850	1,26	240	0,55	0,55	3,36	2,64	0,42	5461
33.	100	1900	1,26	240	0,55	0,55	3,41	2,67	0,43	5692
34.	100	1950	1,26	240	0,55	0,55	3,46	2,69	0,44	5927
35.	100	2000	1,26	240	0,55	0,55	3,51	2,72	0,44	6166
36.	100	2050	1,26	240	0,55	0,55	3,56	2,74	0,45	6409
37.	100	2100	1,26	240	0,55	0,55	3,61	2,76	0,46	6656
38.	100	2150	1,26	240	0,55	0,55	3,66	2,78	0,46	6908
39.	100	2200	1,26	240	0,55	0,55	3,71	2,81	0,47	7163
40	100	2250	1,26	240	0,55	0,55	3,76	2,83	0,48	7422

Verilen tablonun ışığında, normal kuvvet değişimlerinde optimum tekil temel maliyeti ve optimum tekil temel boyutlarını gösteren grafikler, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te görülmektedir. Dış yüklerin tasarıma etkisinin araştırıldığı bu tablo ve grafikler yapay sinir ağları eğitiminde kullanılmak üzere oluşturulacak olan veri setinde de kullanılmıştır. İlerleyen kısımlarda zemin özellikleri, beton sınıfı ve kolon boyutları ile optimum tasarımın değişimini gösteren verilere yer verilmiştir.



Şekil 4.3: Optimum tekil temel maliyetinin normal kuvvet etkisinde değişimi



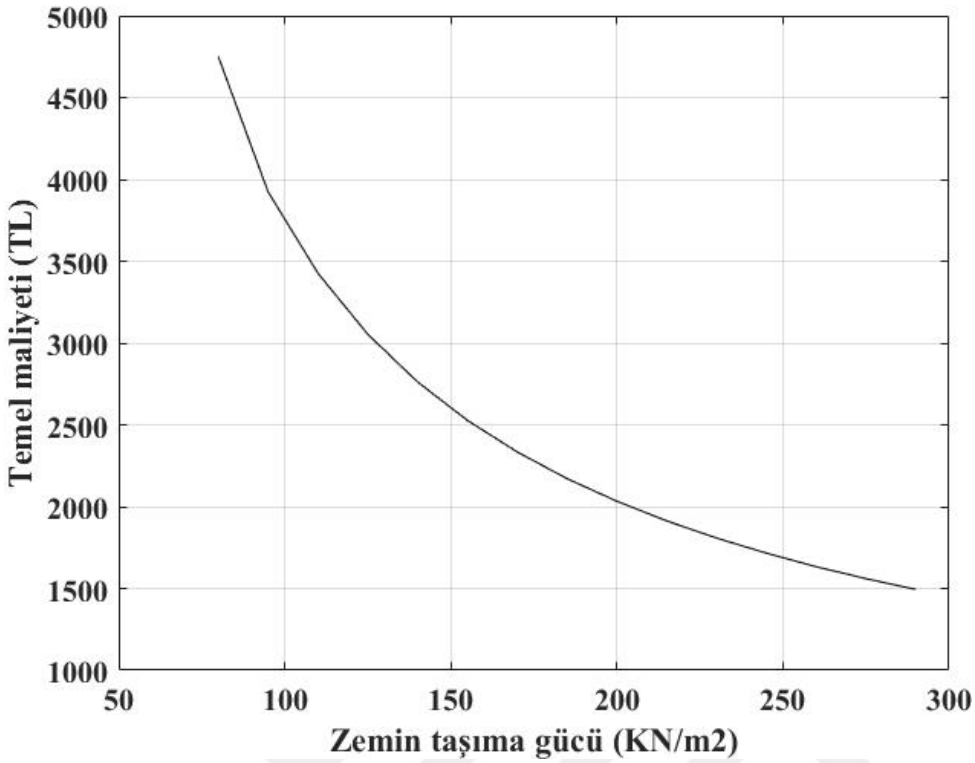
Şekil 4.4: Optimum tekil temel boyutlarının normal kuvvet etkisinde değişimi

Tablo 4.4'te; 150 KNm moment ve 750 KN normal kuvvet taşıyan tekil temelin, farklı zemin taşıma güçleri altında optimum tasarımının sonuçları yer almaktadır.

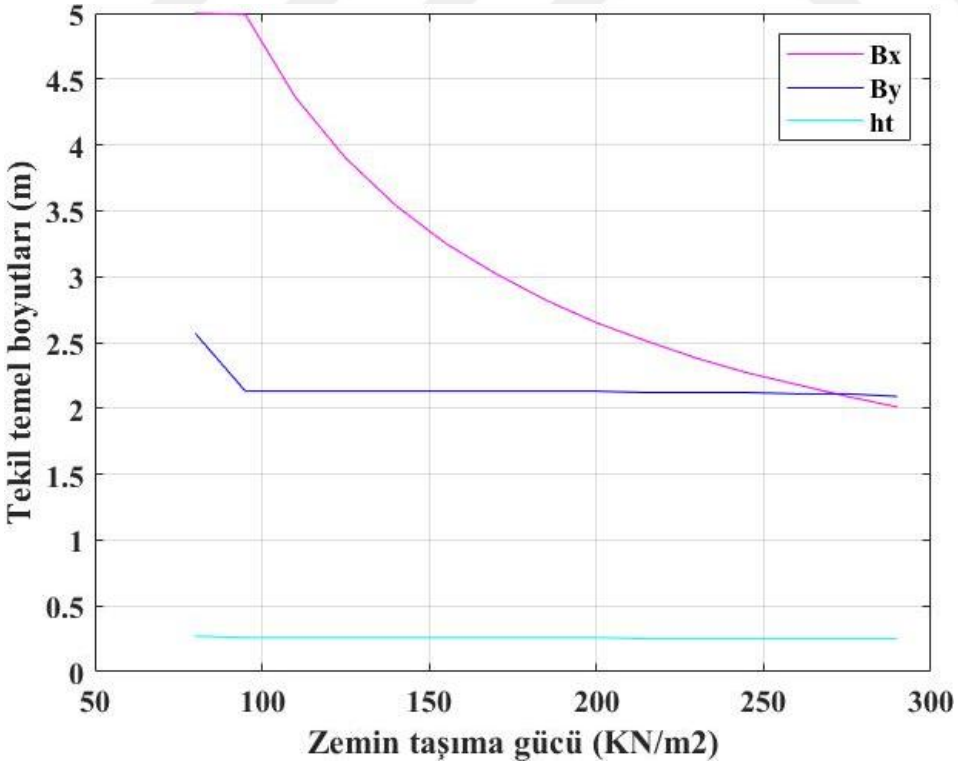
Tablo 4.4: Zemin taşıma gücü değişiminin optimum sonuçlara olan etkisi

Farklı Senaryolar	Tasarım Sabitleri						Optimizasyon Sonuçları			
	M_d (KNm)	N_d (KN)	f_{ctd} (MPa)	q_t (KN/m^2)	$B_{x,kolon}$ (m)	$B_{y,kolon}$ (m)	$B_{x,temel}$ (m)	$B_{y,temel}$ (m)	h_t (m)	C_f (TL)
1.	150	750	1,26	80	0,55	0,55	5,00	2,57	0,27	4750
2.	150	750	1,26	95	0,55	0,55	4,99	2,13	0,26	3923
3.	150	750	1,26	110	0,55	0,55	4,36	2,13	0,26	3426
4.	150	750	1,26	125	0,55	0,55	3,90	2,13	0,26	3053
5.	150	750	1,26	140	0,55	0,55	3,54	2,13	0,26	2762
6.	150	750	1,26	155	0,55	0,55	3,25	2,13	0,26	2527
7.	150	750	1,26	170	0,55	0,55	3,02	2,13	0,26	2334
8.	150	750	1,26	185	0,55	0,55	2,82	2,13	0,26	2171
9.	150	750	1,26	200	0,55	0,55	2,65	2,13	0,26	2033
10	150	750	1,26	215	0,55	0,55	2,51	2,12	0,25	1913
11.	150	750	1,26	230	0,55	0,55	2,38	2,12	0,25	1808
12.	150	750	1,26	245	0,55	0,55	2,27	2,12	0,25	1716
13.	150	750	1,26	260	0,55	0,55	2,18	2,11	0,25	1633
14.	150	750	1,26	275	0,55	0,55	2,09	2,11	0,25	1560
15.	150	750	1,26	290	0,55	0,55	2,01	2,09	0,25	1494

Tablo 4.4'teki veriler ışığında elde edilen 25 farklı senaryonun grafikleri Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir. Şekil 4.5, zemin taşıma gücünün optimum tasarımı yapılmış olan temelin maliyetine olan etkisini gösterirken; Şekil 4.6, tekil temel boyutlarına olan etkiyi ifade eder. Zemin taşıma gücünün artışının temel boyutlarını azalttığı ve maliyeti düşürdüğü görülmektedir. Beklendiği üzere; çalışma kapsamında ele alınan tekil temelin x yönlü moment taşımasından kaynaklı olarak, tekil temel optimum tasarımında, zemin gücü artışı tekil temelin x doğrultusundaki uzunluğunun azaltılabilmesine ve temel maliyetinin düşürülebilmesine olanak sağlamıştır. İlerleyen kısımda beton sınıfındaki değişimlerin optimum sonuçlara etkisini araştırmak maksadıyla, beton sınıflarının tasarım çekme dayanımlarından oluşturulan senaryolar altındaki sonuçlar ele alınacaktır.



Şekil 4.5: Optimum tekil temel maliyetinin zemin taşıma gücü etkisinde değişimi



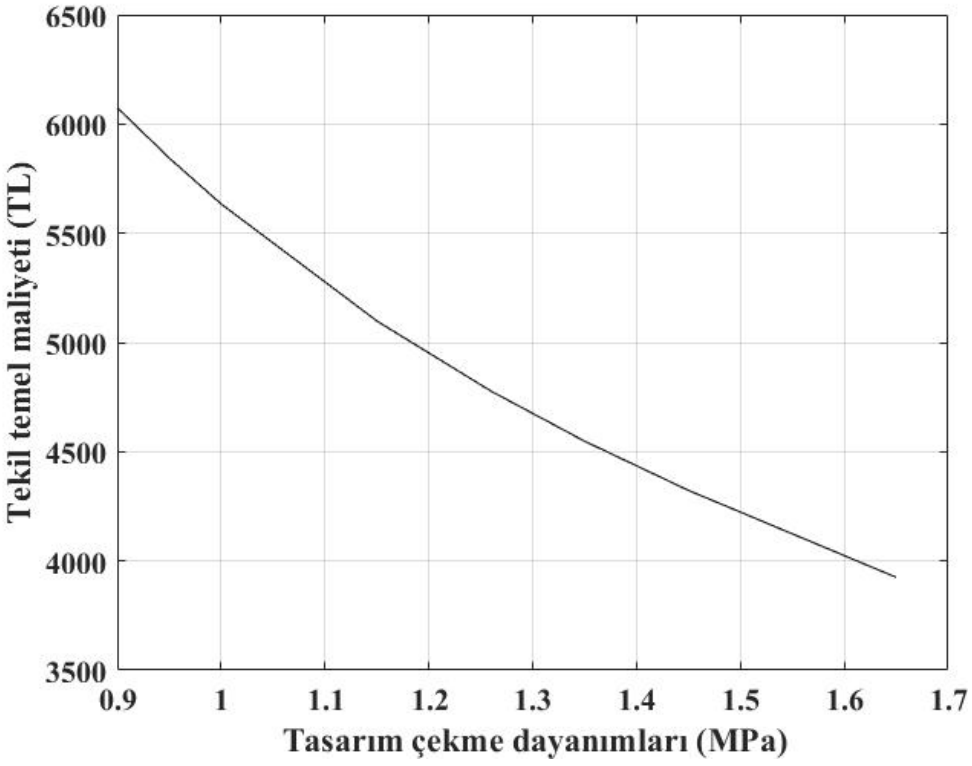
Şekil 4.6: Optimum tekil temel boyutlarının zemin taşıma gücü etkisinde değişimi

Tablo 4.5: Beton sınıfı değişiminin optimum sonuçlara olan etkisi

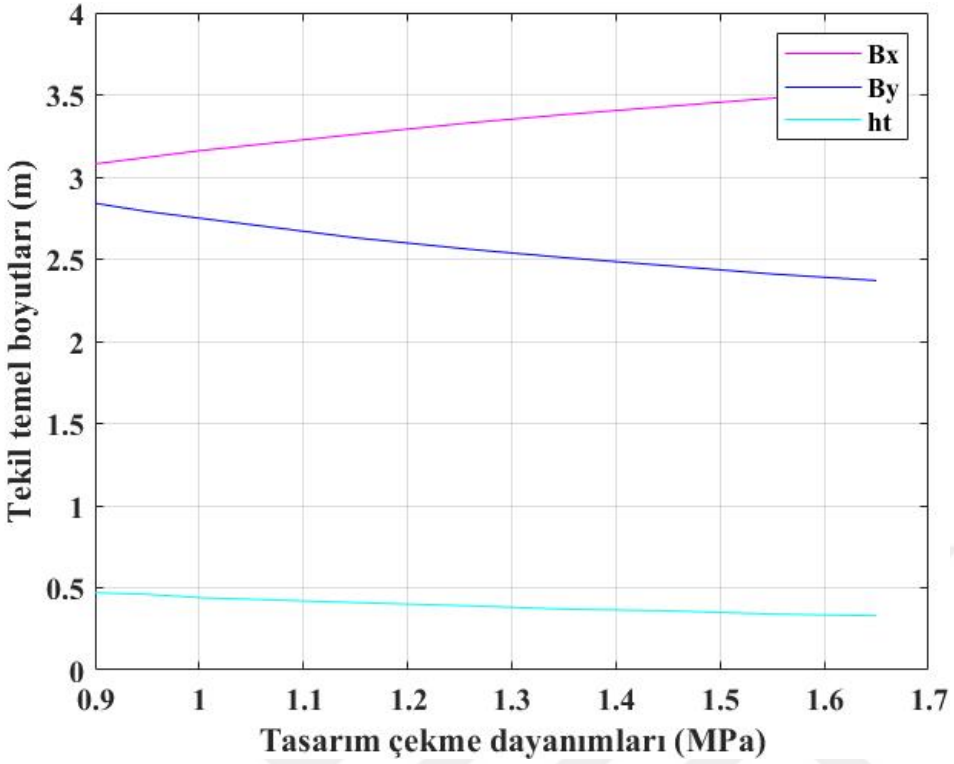
Farklı Senaryolar	Tasarım Sabitleri						Optimizasyon Sonuçları			
	M_d (KNm)	N_d (KN)	f_{ctd} (MPa)	q_t (KN/m^2)	$B_{x,kolon}$ (m)	$B_{y,kolon}$ (m)	$B_{x,temel}$ (m)	$B_{y,temel}$ (m)	h_t (m)	C_f (TL)
1.	250	1500	0,90	240	0,55	0,55	3,08	2,84	0,47	6075
2.	250	1500	0,95	240	0,55	0,55	3,12	2,79	0,46	5844
3.	250	1500	1,00	240	0,55	0,55	3,16	2,75	0,44	5634
4.	250	1500	1,15	240	0,55	0,55	3,26	2,63	0,41	5098
5.	250	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,33	2,56	0,39	4777
6.	250	1500	1,35	240	0,55	0,55	3,38	2,51	0,37	4548
7.	250	1500	1,45	240	0,55	0,55	3,43	2,46	0,36	4323
8.	250	1500	1,55	240	0,55	0,55	3,48	2,41	0,34	4124
9.	250	1500	1,65	240	0,55	0,55	3,52	2,37	0,33	3945

Tablo 4.5'ten elde edilen veriler; C16'dan C50'ye 9 farklı beton sınıfı ile tasarlanmış tekil temelin optimum sonuçlarını vermektedir. Şekil 4.7 ve 4.8 bu veriler ile oluşturulmuştur. Beton sınıfı değişiminin optimum tasarıma etkileri gösterilmiştir.

Tasarım optimizasyonu 250 KNm moment, 1500 KN normal kuvvet altında yapılmış olup, tekil temel üstündeki kolon boyutu 55x55cm ölçüsündedir. Zemin taşıma gücü 240 KN/m^2 olarak seçilmiştir.



Şekil 4.7: Optimum tekil temel maliyetinin beton sınıfı etkisinde değişimi



Şekil 4.8: Optimum tekil temel boyutlarının beton sınıfı etkisinde değişimi

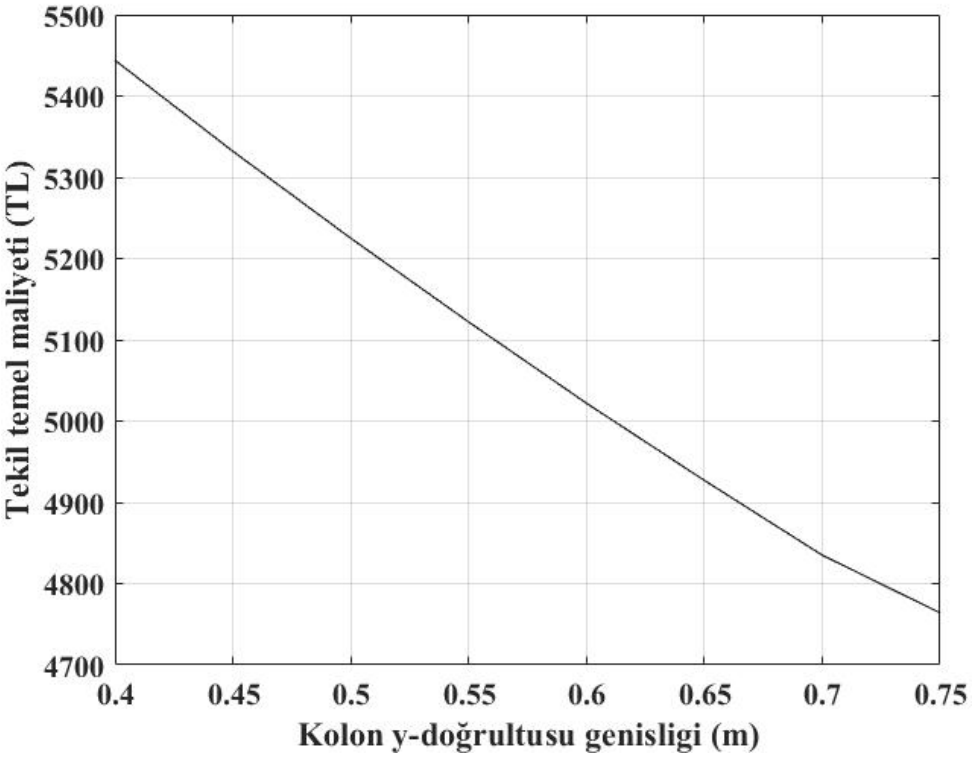
Çalışmanın bulgular bölümünün optimizasyon başlığı altındaki bu son kısmında; tekil temelin taşımakta olduğu kolon boyutlarının optimum tasarım sonuçlarına etkisi olup olmadığı araştırılmak istenmiştir. Bu kapsamda kolon x ve y doğrultularındaki genişliklerinin ve kolon kesit alanlarının değişimi ile optimum sonuçların değişimini gösteren veriler Tablo 4.6'da gösterilmektedir. Şekil 4.9'dan Şekil 4.14'e kadar olan grafikler, kolon boyutları ile kolon kesit alanının değişiminin optimum tasarım sonuçlarına etkisini gösteren grafiklerdir.

Tablo 4.6: Kolon boyutlarındaki değişimin optimum sonuçlara olan etkisi

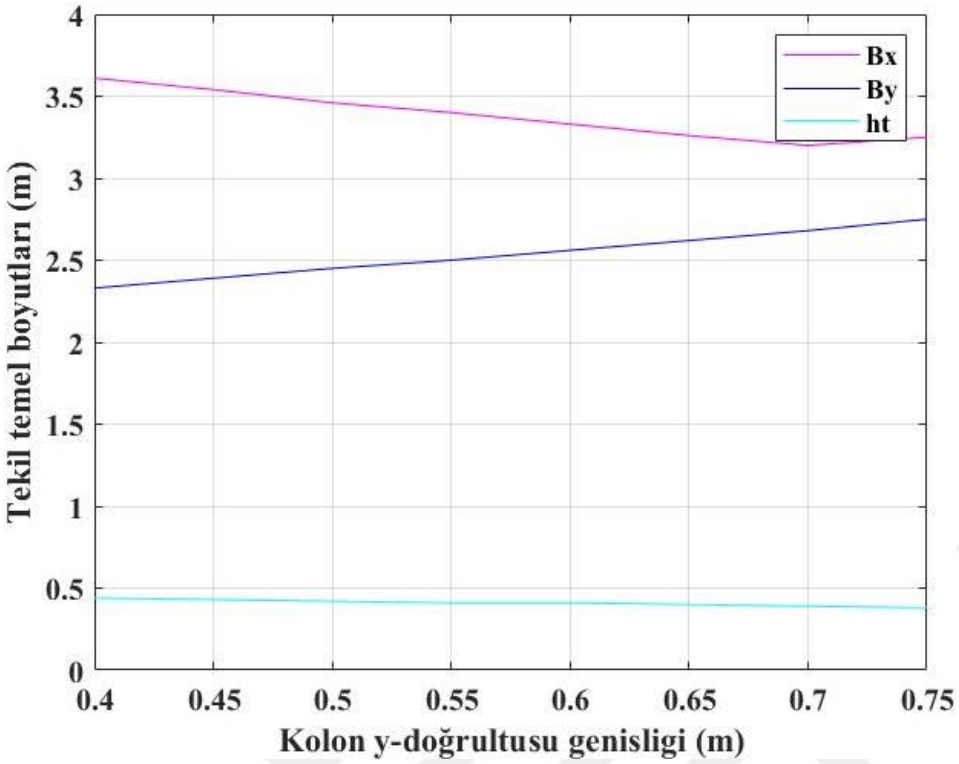
Farklı Senaryolar	Tasarım Sabitleri						Optimizasyon Sonuçları			
	M_d (KNm)	N_d (KN)	f_{ctd} (MPa)	q_t (KN/m^2)	$B_{x,kolon}$ (m)	$B_{y,kolon}$ (m)	$B_{x,temel}$ (m)	$B_{y,temel}$ (m)	h_t (m)	C_f (TL)
1.	250	1500	1,26	240	0,40	0,40	3,61	2,33	0,44	5444
2.	250	1500	1,26	240	0,40	0,45	3,54	2,39	0,43	5332
3.	250	1500	1,26	240	0,40	0,50	3,46	2,45	0,42	5225
4.	250	1500	1,26	240	0,40	0,55	3,40	2,50	0,41	5122
5.	250	1500	1,26	240	0,40	0,60	3,33	2,56	0,41	5022
6.	250	1500	1,26	240	0,40	0,65	3,26	2,62	0,40	4927
7.	250	1500	1,26	240	0,40	0,70	3,20	2,68	0,39	4835
8.	250	1500	1,26	240	0,40	0,75	3,25	2,75	0,38	4764
9.	250	1500	1,26	240	0,45	0,75	3,12	2,77	0,37	4636

Tablo 4.6 (devamı): Kolon boyutlarındaki değişimin optimum sonuçlara olan etkisi

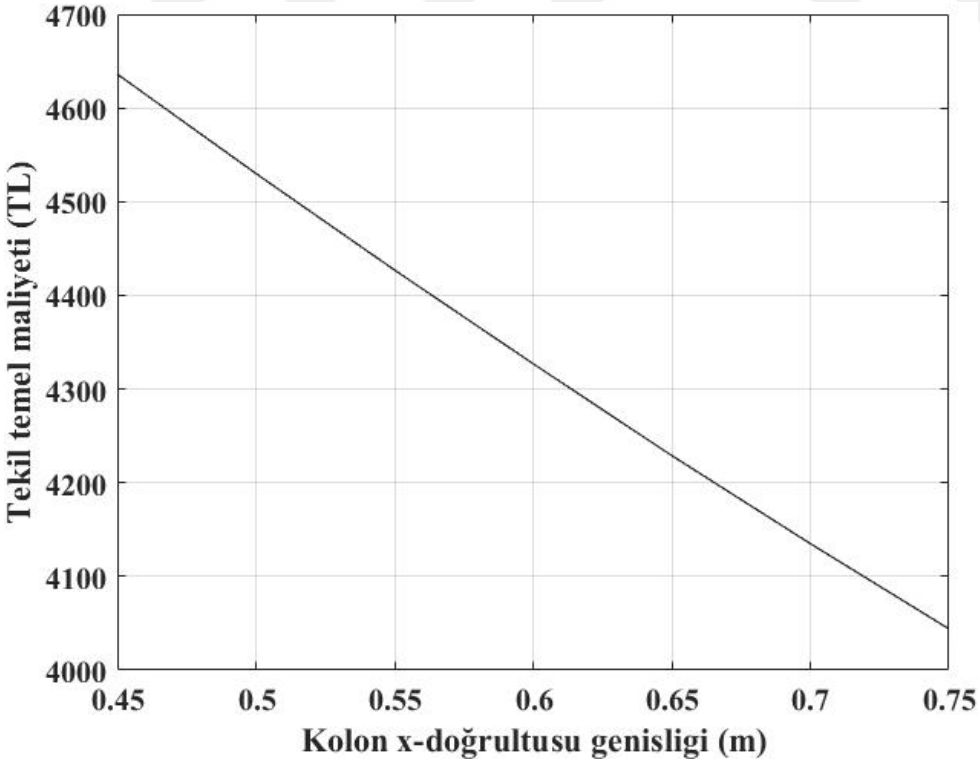
10	250	1500	1,26	240	0,50	0,75	3,10	2,78	0,37	4530
11.	250	1500	1,26	240	0,55	0,75	3,08	2,80	0,36	4427
12.	250	1500	1,26	240	0,60	0,75	3,07	2,81	0,35	4327
13.	250	1500	1,26	240	0,65	0,75	3,06	2,82	0,34	4229
14.	250	1500	1,26	240	0,70	0,75	3,05	2,83	0,34	4135
15.	250	1500	1,26	240	0,75	0,75	3,04	2,84	0,33	4044
16.	250	1500	1,26	240	0,45	0,45	3,51	2,41	0,42	5209
17.	250	1500	1,26	240	0,50	0,50	3,41	2,48	0,41	4987
18.	250	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,33	2,56	0,39	4777
19.	250	1500	1,26	240	0,60	0,60	3,25	2,63	0,37	4580
20.	250	1500	1,26	240	0,65	0,65	3,17	2,70	0,36	4390
21.	250	1500	1,26	240	0,70	0,70	3,10	2,77	0,34	4213
22.	250	1500	1,26	240	0,75	0,75	3,04	2,84	0,33	4044
23.	250	1500	1,26	240	0,80	0,80	2,98	2,90	0,32	3883
24.	250	1500	1,26	240	0,40	0,40	3,61	2,33	0,44	5444
25.	250	1500	1,26	240	0,45	0,40	3,58	2,35	0,43	5318
26.	250	1500	1,26	240	0,50	0,40	3,55	2,37	0,42	5196
27.	250	1500	1,26	240	0,55	0,40	3,53	2,39	0,41	5078
28.	250	1500	1,26	240	0,60	0,40	3,51	2,40	0,41	4964
29.	250	1500	1,26	240	0,65	0,40	3,49	2,42	0,40	4853
30.	250	1500	1,26	240	0,70	0,40	3,46	2,43	0,39	4745
31.	250	1500	1,26	240	0,75	0,40	3,45	2,44	0,38	4641



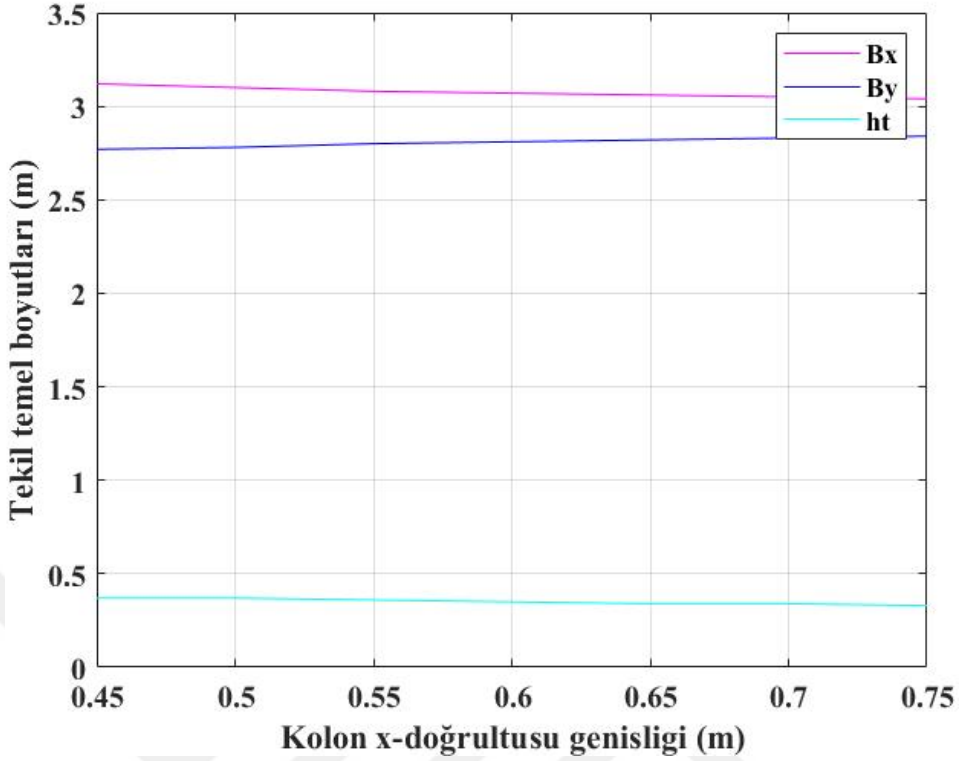
Şekil 4.9: Optimum tekil temel maliyetinin kolon boyutları (y-ekseni) etkisinde değişimi



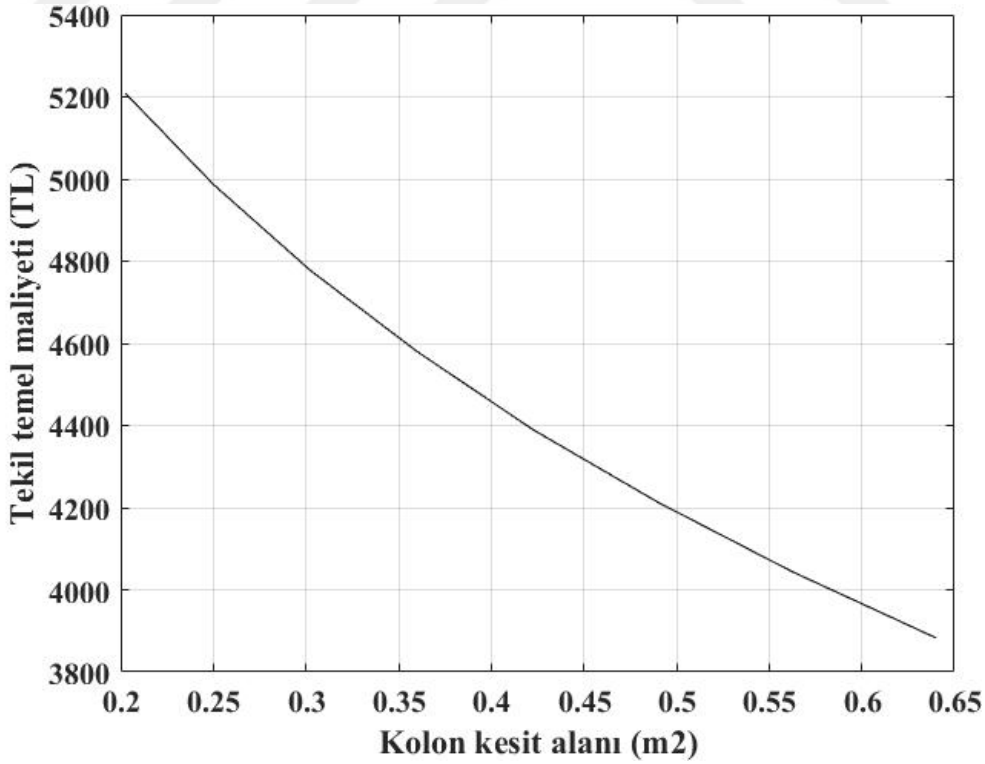
Şekil 4.10: Optimum tekil temel boyutlarının kolon boyutları (y-ekseni) etkisinde değişimi



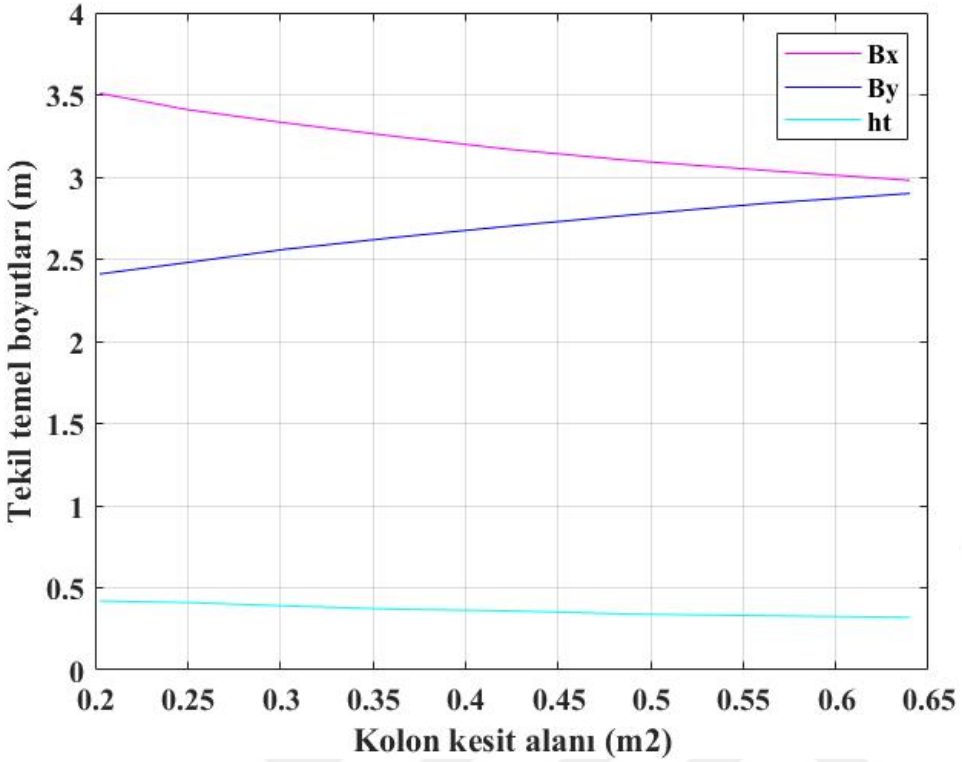
Şekil 4.11: Optimum tekil temel maliyetinin kolon boyutları (x-ekseni) etkisinde değişimi



Şekil 4.12: Optimum tekil temel boyutlarının kolon boyutları (x-ekseni) etkisinde değişimi



Şekil 4.13: Optimum tekil temel maliyetinin kolon kesit alanı etkisinde değişimi



Şekil 4.14: Optimum tekil temel boyutlarının kolon kesit alanı etkisinde değişimi

4.2 YAPAY SİNİR AĞLARI

Bir önceki bölümde farklı tasarım parametreleri altında yapılan optimizasyon sonuçları bir araya getirilip Tablo 4.7'de birleştirilmiştir. Tablo 4.7'deki veriler yapay sinir ağlarının eğitiminde kullanılmıştır. Girdi parametreleri moment, normal kuvvet, zemin taşıma gücü, beton sınıfı ve kolon boyutları iken; çıktı parametreleri tekil temel boyutları ve maliyettir.

Tablo 4.7: Yapay sinir ağları eğitiminde kullanılan veri seti

Girdi Parametreleri						Çıktı Parametreleri			
M_d (KNm)	N_d (KN)	f_{ctd} (MPa)	q_t (KN/m^2)	$B_{x,kolon}$ (m)	$B_{y,kolon}$ (m)	$B_{x,temel}$ (m)	$B_{y,temel}$ (m)	h_t (m)	C_f (TL)
50	1500	1,26	240	0,55	0,55	2,87	2,43	0,36	3675
100	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,00	2,46	0,37	3965
150	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,11	2,50	0,38	4244
200	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,22	2,53	0,38	4514
250	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,33	2,56	0,39	4777
300	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,42	2,58	0,39	5034
350	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,52	2,60	0,40	5285
400	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,61	2,62	0,40	5532
450	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,69	2,64	0,41	5776
500	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,78	2,66	0,41	6015

Tablo 4.7 (devamı): Yapay sinir ağları eğitiminde kullanılan veri seti

550	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,86	2,67	0,42	6252
600	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,94	2,68	0,42	6485
650	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,02	2,70	0,43	6717
700	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,09	2,71	0,43	6945
750	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,17	2,72	0,44	7172
800	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,24	2,73	0,44	7397
850	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,31	2,73	0,45	7620
900	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,38	2,74	0,45	7813
950	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,45	2,75	0,45	8061
1000	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,52	2,76	0,46	8279
1050	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,58	2,76	0,46	8496
1100	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,65	2,77	0,47	8711
1150	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,71	2,77	0,47	8926
1200	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,80	2,76	0,48	9178
100	300	1,26	240	0,55	0,55	2,37	1,00	0,25	851
100	350	1,26	240	0,55	0,55	2,38	1,09	0,37	924
100	400	1,26	240	0,55	0,55	2,34	1,20	0,25	1004
100	450	1,26	240	0,55	0,55	2,31	1,32	0,25	1084
100	500	1,26	240	0,55	0,55	2,29	1,43	0,25	1162
100	550	1,26	240	0,55	0,55	2,27	1,54	0,25	1206
100	600	1,26	240	0,55	0,55	2,25	1,66	0,25	1318
100	650	1,26	240	0,55	0,55	2,23	1,77	0,25	1396
100	700	1,26	240	0,55	0,55	2,21	1,88	0,25	1473
100	750	1,26	240	0,55	0,55	2,20	2,00	0,25	1550
100	800	1,26	240	0,55	0,55	2,21	2,08	0,26	1645
100	850	1,26	240	0,55	0,55	2,27	2,11	0,26	1779
100	900	1,26	240	0,55	0,55	2,33	2,14	0,27	1918
100	950	1,26	240	0,55	0,55	2,39	2,16	0,28	2062
100	1000	1,26	240	0,55	0,55	2,45	2,19	0,29	2211
100	1050	1,26	240	0,55	0,55	2,50	2,22	0,30	2365
100	1100	1,26	240	0,55	0,55	2,56	2,25	0,31	2524
100	1150	1,26	240	0,55	0,55	2,62	2,28	0,31	2688
100	1200	1,26	240	0,55	0,55	2,67	2,31	0,32	2856
100	1250	1,26	240	0,55	0,55	2,73	2,33	0,33	3030
100	1300	1,26	240	0,55	0,55	2,79	2,36	0,34	3208
100	1350	1,26	240	0,55	0,55	2,84	2,39	0,35	3390
100	1400	1,26	240	0,55	0,55	2,90	2,41	0,35	3578
100	1450	1,26	240	0,55	0,55	2,95	2,44	0,36	3769
100	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,00	2,47	0,37	3965
100	1550	1,26	240	0,55	0,55	3,05	2,49	0,38	4166
100	1600	1,26	240	0,55	0,55	3,10	2,52	0,39	4371
100	1650	1,26	240	0,55	0,55	3,16	2,55	0,39	4506
100	1700	1,26	240	0,55	0,55	3,21	2,57	0,40	4794
100	1750	1,26	240	0,55	0,55	3,26	2,59	0,41	5013

Tablo 4.7 (devamı): Yapay sinir ağları eğitiminde kullanılan veri seti

100	1800	1,26	240	0,55	0,55	3,31	2,62	0,42	5235
100	1850	1,26	240	0,55	0,55	3,36	2,64	0,42	5461
100	1900	1,26	240	0,55	0,55	3,41	2,67	0,43	5692
100	1950	1,26	240	0,55	0,55	3,46	2,69	0,44	5927
100	2000	1,26	240	0,55	0,55	3,51	2,72	0,44	6166
100	2050	1,26	240	0,55	0,55	3,56	2,74	0,45	6409
100	2100	1,26	240	0,55	0,55	3,61	2,76	0,46	6656
100	2150	1,26	240	0,55	0,55	3,66	2,78	0,46	6908
100	2200	1,26	240	0,55	0,55	3,71	2,81	0,47	7163
100	2250	1,26	240	0,55	0,55	3,76	2,83	0,48	7422
150	750	1,26	80	0,55	0,55	5,00	2,57	0,27	4750
150	750	1,26	95	0,55	0,55	4,99	2,13	0,26	3923
150	750	1,26	110	0,55	0,55	4,36	2,13	0,26	3426
150	750	1,26	125	0,55	0,55	3,90	2,13	0,26	3053
150	750	1,26	140	0,55	0,55	3,54	2,13	0,26	2762
150	750	1,26	155	0,55	0,55	3,25	2,13	0,26	2527
150	750	1,26	170	0,55	0,55	3,02	2,13	0,26	2334
150	750	1,26	185	0,55	0,55	2,82	2,13	0,26	2171
150	750	1,26	200	0,55	0,55	2,65	2,13	0,26	2033
150	750	1,26	215	0,55	0,55	2,51	2,12	0,25	1913
150	750	1,26	230	0,55	0,55	2,38	2,12	0,25	1808
150	750	1,26	245	0,55	0,55	2,27	2,12	0,25	1716
150	750	1,26	260	0,55	0,55	2,18	2,11	0,25	1633
150	750	1,26	275	0,55	0,55	2,09	2,11	0,25	1560
150	750	1,26	290	0,55	0,55	2,01	2,09	0,25	1494
250	1500	0,90	240	0,55	0,55	3,08	2,84	0,47	6075
250	1500	0,95	240	0,55	0,55	3,12	2,79	0,46	5844
250	1500	1,00	240	0,55	0,55	3,16	2,75	0,44	5634
250	1500	1,15	240	0,55	0,55	3,26	2,63	0,41	5098
250	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,33	2,56	0,39	4777
250	1500	1,35	240	0,55	0,55	3,38	2,51	0,37	4548
250	1500	1,45	240	0,55	0,55	3,43	2,46	0,36	4323
250	1500	1,55	240	0,55	0,55	3,48	2,41	0,34	4124
250	1500	1,65	240	0,55	0,55	3,52	2,37	0,33	3945
250	1500	1,26	240	0,40	0,40	3,61	2,33	0,44	5444
250	1500	1,26	240	0,40	0,45	3,54	2,39	0,43	5332
250	1500	1,26	240	0,40	0,50	3,46	2,45	0,42	5225
250	1500	1,26	240	0,40	0,55	3,40	2,50	0,41	5122
250	1500	1,26	240	0,40	0,60	3,33	2,56	0,41	5022
250	1500	1,26	240	0,40	0,65	3,26	2,62	0,40	4927
250	1500	1,26	240	0,40	0,70	3,20	2,68	0,39	4835
250	1500	1,26	240	0,40	0,75	3,25	2,75	0,38	4764
250	1500	1,26	240	0,45	0,75	3,12	2,77	0,37	4636
250	1500	1,26	240	0,50	0,75	3,10	2,78	0,37	4530
250	1500	1,26	240	0,55	0,75	3,08	2,80	0,36	4427

Tablo 4.7 (devamı): Yapay sinir ağları eğitiminde kullanılan veri seti

250	1500	1,26	240	0,60	0,75	3,07	2,81	0,35	4327
250	1500	1,26	240	0,65	0,75	3,06	2,82	0,34	4229
250	1500	1,26	240	0,70	0,75	3,05	2,83	0,34	4135
250	1500	1,26	240	0,75	0,75	3,04	2,84	0,33	4044
250	1500	1,26	240	0,45	0,45	3,51	2,41	0,42	5209
250	1500	1,26	240	0,50	0,50	3,41	2,48	0,41	4987
250	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,33	2,56	0,39	4777
250	1500	1,26	240	0,60	0,60	3,25	2,63	0,37	4580
250	1500	1,26	240	0,65	0,65	3,17	2,70	0,36	4390
250	1500	1,26	240	0,70	0,70	3,10	2,77	0,34	4213
250	1500	1,26	240	0,75	0,75	3,04	2,84	0,33	4044
250	1500	1,26	240	0,80	0,80	2,98	2,90	0,32	3883
250	1500	1,26	240	0,40	0,40	3,61	2,33	0,44	5444
250	1500	1,26	240	0,45	0,40	3,58	2,35	0,43	5318
250	1500	1,26	240	0,50	0,40	3,55	2,37	0,42	5196
250	1500	1,26	240	0,55	0,40	3,53	2,39	0,41	5078
250	1500	1,26	240	0,60	0,40	3,51	2,40	0,41	4964
250	1500	1,26	240	0,65	0,40	3,49	2,42	0,40	4853
250	1500	1,26	240	0,70	0,40	3,46	2,43	0,39	4745
250	1500	1,26	240	0,75	0,40	3,45	2,44	0,38	4641

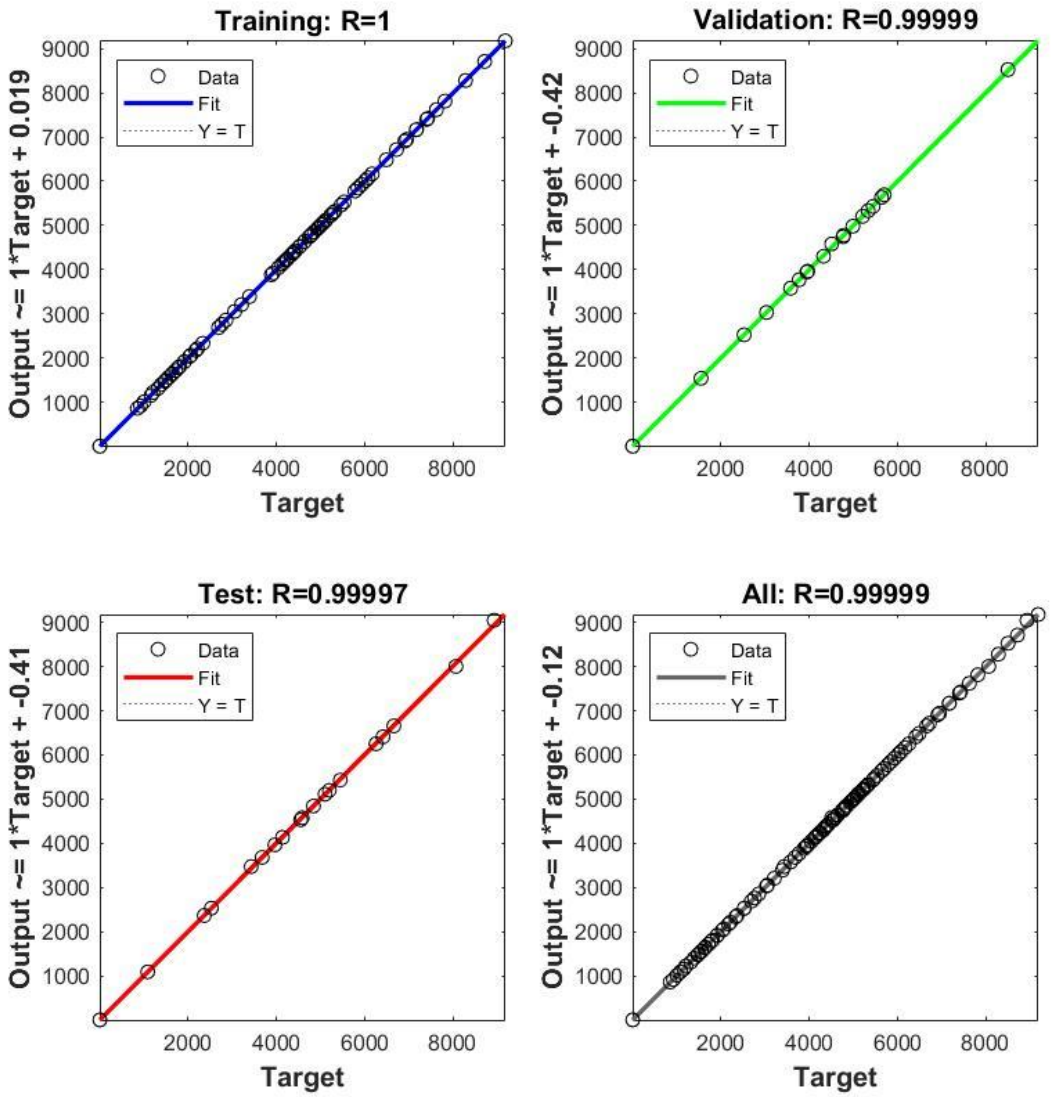
4.2.1 YSA Eğitimi

YSA eğitimde, 120'şer veriden oluşan bir veri seti kullanılmıştır. Tablo 4.8'de, rastegele oluşturulan ve daha önce yapay sinir ağları eğitimde kullanılmayan 5 farklı senaryo için, Jaya algoritması optimizasyon sonuçları ve YSA tahmin sonuçları yer almaktadır.

Tablo 4.8: 120'şer veri parametresinden oluşan veri takımıyla eğitilen YSA'nın tahmin sonuçları

	Girdi Parametreleri						**Optimum Sonuçlar**				**YSA Tahmin**			
Test No:	M_d (KNm)	N_d (KN)	f_{ctd} (MPa)	q_t (KN/m2)	$B_{x,k}$ (m)	$B_{y,k}$ (m)	$B_{x,t}$ (m)	$B_{y,t}$ (m)	h_t (m)	C_f (TL)	$B_{x,t}$ (m)	$B_{y,t}$ (m)	h_t (m)	C_f (TL)
1	475	1000	1,26	300	0,80	0,60	2,85	2,41	0,31	3070	2,82	2,20	0,37	4240
2	390	1375	1,35	200	0,50	0,40	4,42	2,28	0,40	5957	4,00	2,30	0,46	4230
3	325	1290	1,15	150	0,70	0,55	4,46	2,64	0,37	6467	3,46	2,82	0,45	6370
4	298	1635	0,95	210	0,85	0,65	3,52	3,07	0,42	6599	3,55	2,81	0,43	5510
5	310	1480	0,90	190	0,50	0,70	3,70	3,03	0,46	7577	4,00	2,78	0,40	6376

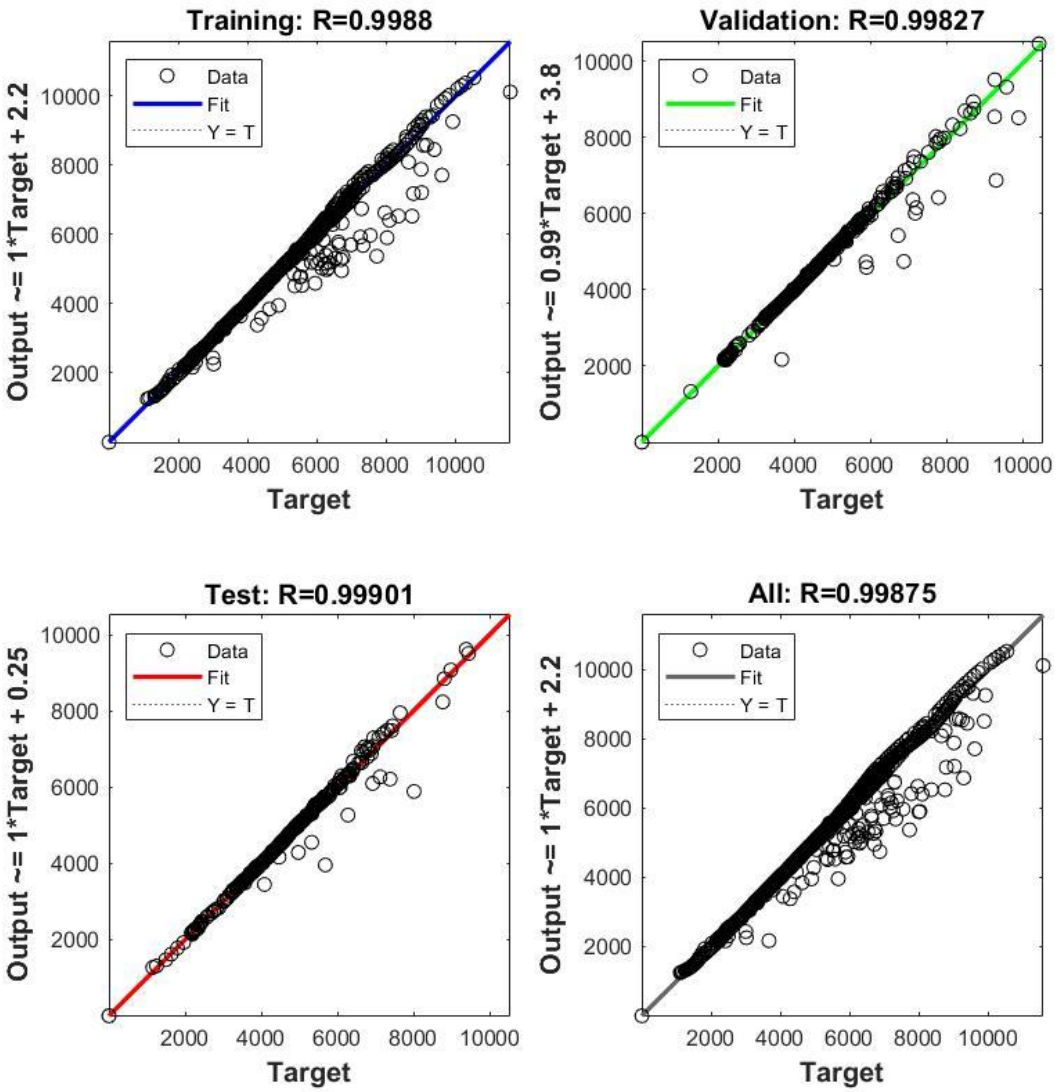
Gizli katmanında 15 nöron bulunan, ileri beslemeli ve geri yayılımlı YSA eğitiminin veri takımı ile eğitilmesinin sonuçları Şekil 4.15'te gösterilmiştir. Eğitim başarılı olmasına rağmen, YSA tahmininin başarılı olabilmesi için veri takımının büyütülmesi gerektiği görülmektedir.



Şekil 4.15: YSA eğitimi regresyon sonuçları

YSA eğitiminde kullanılacak veri takımının büyütülmesi gerektiğine karar verilmiştir. Veri takımının büyütme işlemi tekrarlı optimizasyon kodlarıyla otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Veri boyutu 120'den 2775'e çıkarılmıştır. Kullanılan veri takımı çalışmanın 'EKLER' kısmında yer almaktadır. Ayrıca veri takımının büyütülmesi için optimizasyon algoritmasının çevrimli çalıştırılması kodları da ileride olabilecek araştırmalara yardımcı olabilmek adına paylaşılmıştır.

Yeni veri takımı ile eğitilen yapay sinir ağı eğitim, doğrulama ve test sonuçlarının yer aldığı grafikler Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16: YSA eğitimi regresyon sonuçları

Eğitilen bu YSA'nın tahminleri Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9: Yeni veri takımıyla eğitilen YSA'nın tahmin sonuçları

	Girdi Parametreleri						**Optimum Sonuçlar**				**YSA Tahmin**			
Test No:	**M_d** (KNm)	**N_d** (KN)	**f_{ctd}** (MPa)	**q_t** (KN/m2)	**$B_{x,k}$** (m)	**$B_{y,k}$** (m)	**$B_{x,t}$** (m)	**$B_{y,t}$** (m)	**h_t** (m)	**C_f** (TL)	**$B_{x,t}$** (m)	**$B_{y,t}$** (m)	**h_t** (m)	**C_f** (TL)
1	475	1000	1,26	300	0,80	0,60	2,85	2,41	0,31	3070	2,12	2,08	0,36	4134

Tablo 4.9 (devamı): Yeni veri takımıyla eğitilen YSA'nın tahmin sonuçları

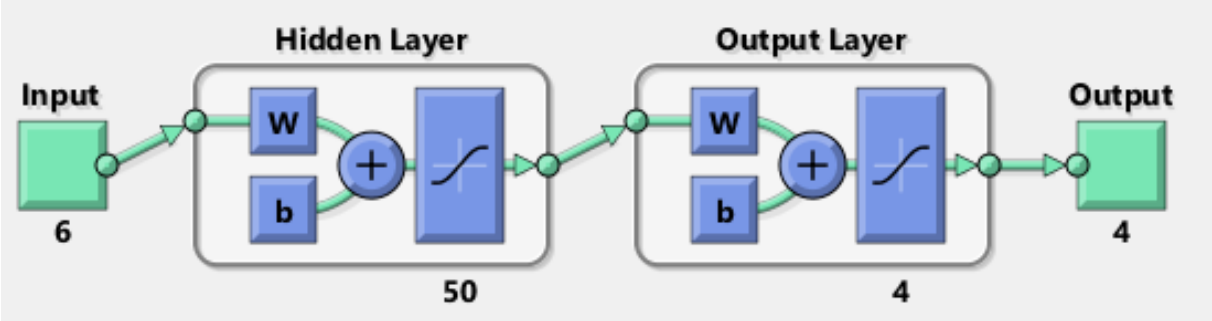
2	390	1375	1,35	200	0,50	0,40	4,42	2,28	0,40	5957	2,11	2,42	0,38	5792
3	325	1290	1,15	150	0,70	0,55	4,46	2,64	0,37	6467	2,11	2,25	0,42	6923
4	298	1635	0,95	210	0,85	0,65	3,52	3,07	0,42	6599	2,11	1,74	0,43	6160
5	310	1480	0,90	190	0,50	0,70	3,70	3,03	0,46	7577	2,12	1,93	0,34	5743

Yeni veri takımlarımı ile eğitimi tamamlanmış YSA'nın tahmin hata oranlarının gösteri Tablo 4.10'da verilmiştir.

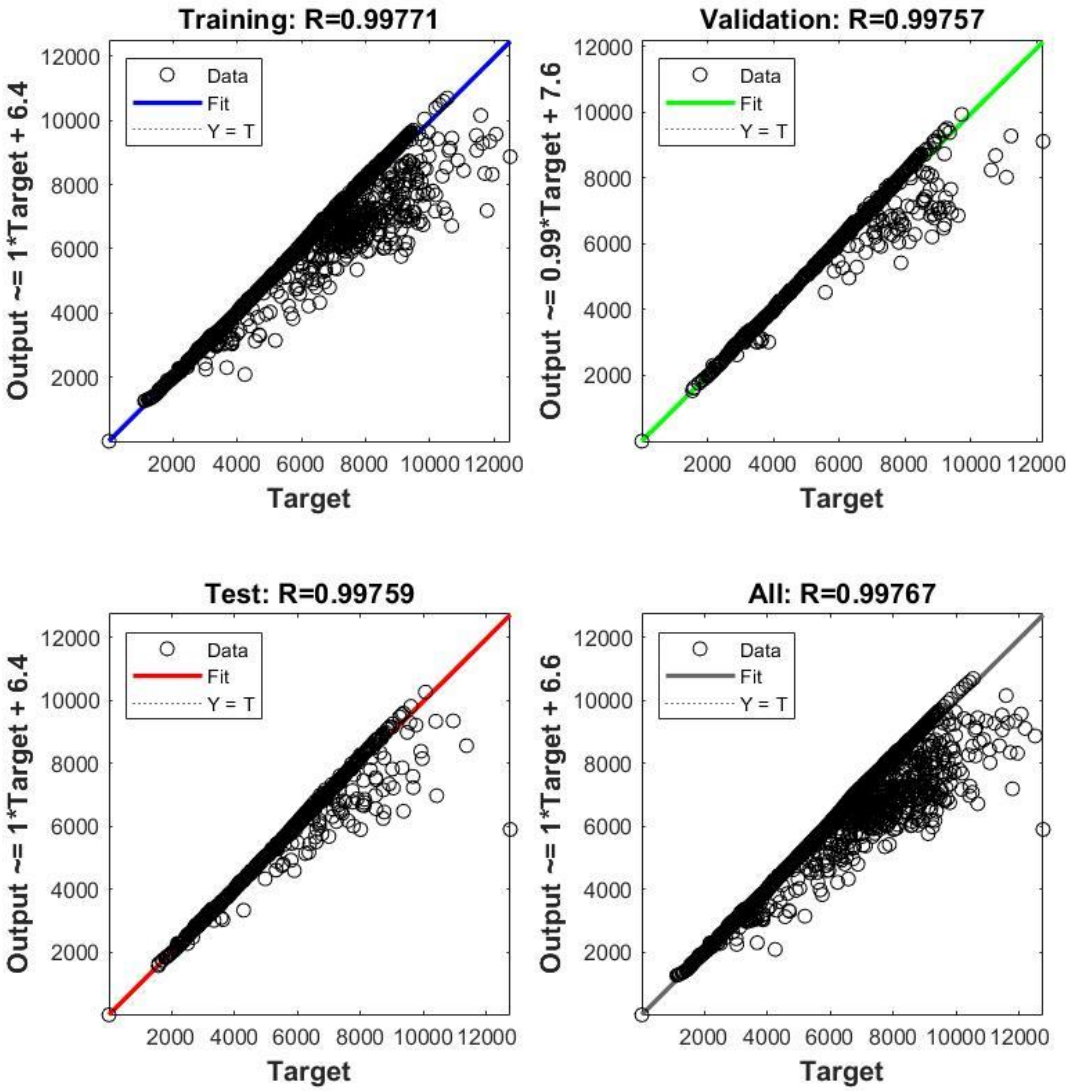
Tablo 4.10: Yeni veri takımıyla eğitilen YSA'nın tahmin sonuçları – hata yüzdeleri

	Optimum Sonuçlar	**YSA Tahminleri**	**Hata Yüzdesi (%)**
Bx_{temel} (m)	2,85	2,12	25,61
	4,42	2,11	52,26
	4,46	2,11	52,69
	3,52	2,11	40,06
	3,70	2,12	42,70
Ortalama Hata Yüzdesi: %42,66			
By_{temel} (m)	2,41	2,08	13,70
	2,28	2,42	13,70
	2,64	2,25	14,77
	3,07	1,74	43,32
	3,03	1,93	36,30
Ortalama Hata Yüzdesi: %24,36			
h_{temel} (m)	0,31	0,36	16,13
	0,40	0,38	5
	0,37	0,42	13,51
	0,42	0,43	2,38
	0,46	0,34	26,09
Ortalama Hata Yüzdesi: %12,62			
C_f (TL)	3070	4134	34,66
	5957	5792	2,77
	6467	6923	7,05
	6599	6160	6,65
	7577	5743	24,20
Ortalama Hata Yüzdesi: %15,06			

Veri seti 10000 veriye yükseltilip eğitim tekrarlanmıştır. 25 nöronlu YSA'nın eğitimi bu veri setine göre yapılmış olup, tahminlerdeki hata paylarının çok yüksek olduğu görülüp, nöron sayısı 50'ye yükseltildiğinde, yeni yapay sinir ağı mimarisinin de tahminde başarı göstermediği görülmüştür. Bu ağ mimarisinin yapısı ve regresyon analizlerinin sonuç grafikleri ilerleyen kısımda verilmiştir. Şekil 4.17 ağ mimarisinin yapısını ifade ederken, Şekil 4.18 eğitim sonuçlarının grafiğini göstermektedir. Veri takımı 6 girdi parametresi (M_d, N_d, f_{ctd}, q_t, Bx_k, By_k), ve 1 çıktı parametresi olmak üzere tekrar düzenlenip, eğitim tekrarlanacaktır.

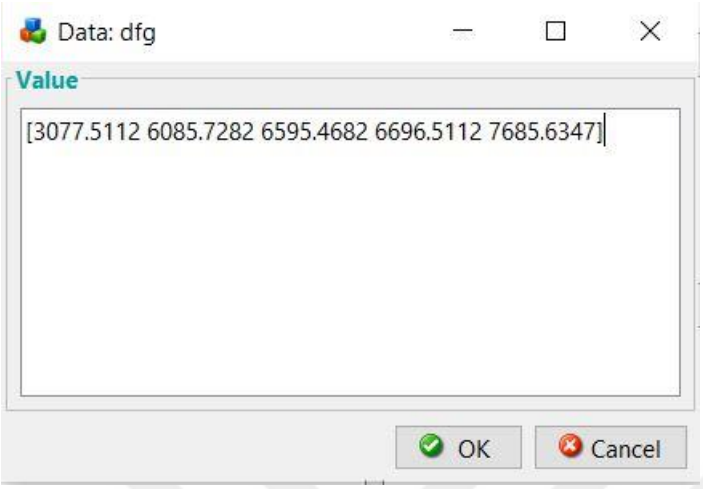


Şekil 4.17: 10.000 verilik setle eğitilmiş olan YSA'nın mimarisi



Şekil 4.18: 10.000 verilik setle eğitilmiş olan YSA'nın regresyon grafikleri

Yeni düzenlenmiş olan veri takımı aracılığıyla yapılmış olan eğitim sonucunda YSA tahmini Şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.19: YSA tahmin sonuçları

Tablo 4.11'de görüldüğü üzere, 10000 verilik set ile yapılan eğitimde; çıktı parametreleri 4'ten 1'e düşürüldüğünde, YSA maliyet tahmini %98,55 başarı oranı ile gerçekleştirmiştir. Daha yüksek oranda başarılı tahmini sağlamak açısından veri seti; çalışma kapsamı genişletilmemek adına, daha fazla büyütülmemiştir.

Tablo 4.11: Çıktı parametreleri güncellenmiş veri takımıyla eğitilen YSA'nın tahmin sonuçları – hata yüzdeleri

	Optimum Sonuçlar	**YSA Tahminleri**	**Hata Yüzdesi (%)**
C_f (TL)	3070	3077	0,22
	5957	6085	2,15
	6467	6595	1,98
	6599	6696	1,47
	7577	7685	1,42
Ortalama Hata Yüzdesi: %1,45			

Görüldüğü üzere; YSA mimarisinde, çıktı parametreleri 4'ten 1'e indirildiğinde, YSA tahmin sonuçlarında başarılı bir durum ortaya çıkmıştır. Geri kalan 3 parametrenin YSA ile tahmini, ayrı ayrı ele alınıp çıktı verisi tek olacak şekilde düzenlenip, YSA'nın tahmin yürütmesi istendiğinde; Tablo 4.12, Tablo 4.13 ve Tablo 4.14'teki sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Tablo 4.12'de görüldüğü üzere temel x doğrultusu uzunluğunun YSA ile tahmininde ortalama %99,02'lik başarı sağlanmıştır.

Tablo 4.12: Çıktı parametreleri güncellenmiş veri takımıyla eğitilen YSA'nın tahmin sonuçları – hata yüzdeleri

	Optimum Sonuçlar	**YSA Tahminleri**	**Hata Yüzdesi (%)**
Bx_{temel} (m)	2,85	2,85	0,00
	4,42	4,36	1,36
	4,46	4,57	2,47
	3,52	3,52	0,00
	3,70	3,66	1,08
Ortalama Hata Yüzdesi: %0,98			

Temel y doğrultusu uzunluğunun YSA ile tahmininde %97,49'luk başarıya erişilmiştir.

Tablo 4.13: Çıktı parametreleri güncellenmiş veri takımıyla eğitilen YSA'nın tahmin sonuçları – hata yüzdeleri

	Optimum Sonuçlar	**YSA Tahminleri**	**Hata Yüzdesi (%)**
By_{temel} (m)	2,41	2,40	0,41
	2,28	2,38	4,39
	2,64	2,74	3,79
	3,07	3,12	1,63
	3,03	3,10	2,31
Ortalama Hata Yüzdesi: %2,51			

YSA tekil temel yüksekliğini hatasız tahmin etmiştir.

Tablo 4.14: Çıktı parametreleri güncellenmiş veri takımıyla eğitilen YSA'nın tahmin sonuçları – hata yüzdeleri

	Optimum Sonuçlar	**YSA Tahminleri**	**Hata Yüzdesi (%)**
h_{temel} (m)	0,31	0,31	0,00
	0,40	0,40	0,00
	0,37	0,37	0,00
	0,42	0,42	0,00
	0,46	0,46	0,00
Ortalama Hata Yüzdesi: %0,00			

Çalışmanın 'Ekler' kısmına, sayfa sayısının artmaması açısından, 10000 veri takımından oluşan seti dahil edilmemiş olmakla beraber; Jaya algoritmasının çevrimli çalıştırılmasını sağlayan kodlar bu kısımda yer almaktadır. İstenildiği ölçüde veri üretimi bu kodlarla sağlanabilir. Çalışmada elde edilen bulgular, 'Tartışma ve Sonuç' bölümünde ele alınacaktır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Temel hesap adımlarından yola çıkılarak; zemin taşıma gücü kontrolü şartının sağlanması, gerilme dağılımının merkezinin çekirdek bölgesinde olması şartı, zımbalama ve kesme kontrollerinin sağlanması şartlarına riayet edilip tasarım kısıtları bulunan, yönetmeliğin izin verdiği konstrüktif kurallar çerçevesinde tasarım sabitlerinin menzilleri belirlenen tek doğrultuda moment ve yerçekimi doğrultusunda normal kuvvet etkisindeki tekil temelin optimizasyonu Jaya algoritmasıyla gerçekleştirilmiştir.

Algoritmanın sağlıklı çalışabilmesi için; tasarım kısıtları, proje sabitleri ve değişkenleri cinsinden formüle edilmiş, böylelikle hem algoritmanın daha hızlı çalışması hem de tutarlı sonuçlar vermesi sağlanmıştır. Öyle ki, yalnızca 15 nüfuslu ve 500 iterasyon adımlı bir algoritma parametrelerine sahip Jaya algoritması kod yazımı, çalışma kapsamındaki tekil temelin optimum tasarımı için yeterli gelmiştir. Tek bir yükleme senaryosu için tekil temelin optimum tasarım sonuçları, Matlab yazılım dili vasıtasıyla 0,02 saniyede elde edilmiştir.

Beklendiği üzere; moment artışı tekil temel optimum boyutlarını ve optimum maliyeti arttırmaktadır. Ayrıca, normal kuvvetin artması da aynı etkiyi göstermektedir. Moment ve Normal kuvvet artışlarının maliyete olan etkilerinin yer aldığı grafikler incelendiğinde, aynı oranda dış yük artışında maliyet artış oranı, Normal kuvvet grafiğinde Moment grafiğine göre daha fazla olmuştur. Bu durum tasarım kısıtlarından, zemin taşıma gücünün aşılmaması şartı ile yazılmış olanlarına paralellik göstermesi bakımından da optimizasyonun geçerli sonuç verdiğinin bir başka doğrulamasıdır. Şöyle ki; tasarım kısıtlarının sağlanabilmesi için; Moment artışı tekil temel boyutları üzerindeki etkisi Normal kuvvet artışının etkisine göre daha azdır. Çünkü maksimum gerilme formülünde Normal kuvvet tekil temelin iki doğrultudaki uzunluklarının çarpımına bölünürken; Moment, x doğrultusundaki yönün karesi ile y doğrultusunun çarpımına bölünür. Dolayısıyla grafikler istenildiği gibi bir sonuç vermiştir.

Velhasıl, normal kuvvetin de momentin de artışları optimum temel boyutlarını arttırmıştır. Temel yüksekliğinin artış hızında; normal kuvvetin etkisi momente göre daha etkindir. Tek doğrultuda moment olduğundan dolayı, moment artarken temelin x doğrultusundaki uzunluğu parabolik bir artış gösterirken; y doğrultusundaki uzunluk nispi olarak daha az artış göstermektedir. Momentin artışıyla tekil temel x doğrultusunun artış oranı, x doğrultusu için y doğrultusunun yaklaşık 8 katıdır. Zemin taşıma gücü arttıkça ve beton sınıfı yükseldikçe temel

kesitleri küçülmekte ve optimum maliyet düşmektedir. Aynı dış yükler, zemin özellikleri ve beton sınıfına sahip farklı senaryolar araştırıldığında, kolon boyutlarının artışının maliyeti düşürdüğü, temel boyutlarını küçülttüğü belirlenmiştir. Sonuç olarak Jaya algoritmasının tekil temel optimum tasarımında başarılı olduğu ve tutarlı sonuçlar verdiği görülmektedir.

Optimizasyon aşamasından sonra, optimizasyon algoritması kodları çevrimli çalıştırılarak, YSA eğitiminde kullanılmak üzere veri setleri oluşturulmuştur. Başlangıçta 120 takımlık bir set oluşturularak gizli katmanında 10 nöron bulunan, 6 girdi parametreli ve 4 çıktı parametreli, ileri beslemeli-geri yayılımlı bir YSA eğitimi yapılmıştır. Regresyon analizi sonuçları başarılı olmasına rağmen, tahmin sonuçlarında hata yüzdeleri çok yüksek çıkmıştır. Rastgele oluşturulan M,N,q_t,f_{ctd} ve kolon boyutlarına sahip 5 farklı senaryo için YSA'nın tahmin sonuçlarında; Bx_{temel} ortalama %42,66, By_{temel} ortalama %24,36, h_{temel} ortalama %12,62 ve maliyet ortalama %15,06 hata ile tahmin edilmiştir. Veri setinin, YSA ile tahmin modeli kurulması için yetersiz olduğu görülüp, 10000 takımlı yeni bir veri seti kurulmuştur. Bu yeni veri setiyle ilk denemede eğitim başarısız olunca, gizli katmandaki nöron sayısı 10'dan 25'e çıkarılıp eğitim tekrar gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizinde eğitimin, doğrulamanın ve testin 1'e yakınsadığı görülmüştür. Fakat YSA buna rağmen tahminde yeniden başarısız olunca, veri takımındaki Bx_{temel}, By_{temel}, h_{temel} ve C_f (maliyet) olmak üzere 4 adet olan çıktı parametresi, sadece C_f kalacak şekilde 1'e indirilip eğitim tekrarlanmıştır. Bu eğitim sonucunda YSA'nın ortalama %98,55 başarı oranı ile tekil temel optimum maliyetlerini tahmin ettiği görülmüştür. Bir çıktı mimarisine sahip olan bu YSA aracılığı ile, diğer çıktı parametreleri tek tek ele alınıp; YSA'nın tahmin yapması istenildiğinde, tekil temel boyutlarının da başarıyla tahmin edildiği görülmüştür. Bx_{temel} için ortalama %99,02, By_{temel} için %97,49 ve h_{temel} için %100 ortalama tahmin başarısı elde edilmiştir.

YSA eğitimi büyük bir veri takımı ile başarılı sonuçlar vermesine rağmen; eğitilmiş olan bir ağ yeni tasarım problemlerinde sınırsız olarak kullanılabilir. Optimizasyon algoritmaları ile yapı elemanlarının optimum maliyet, çevrecilik vb. amaçlayan tasarımları; veri setleri olarak kaydedilip YSA eğitimlerinde kullanılarak, yapı tasarımının mühendislik hesaplamalarına ve optimizasyon bilgisine ihtiyaç olmadan, makine tarafından tasarlandığı bir bilgisayar programı ortaya çıkabilir. Bu bakımdan yapay sinir ağlarının mühendislik problemlerinin çözümünde faydalı olabilecek bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, ileride bu konularda yapılacak olan çalışmalara katkı sunabilmek istenmiştir.

KAYNAKLAR

Abraham, A. (2005). Artificial neural networks. Handbook of measuring system design.

Akhgari, M., Asadi, M., Lee, E., & Nasirova, D. (2010). Scientific Paper Writing Guidelines.

Aktepe, Ş. (2019, Mayıs). Öngerilmeli Köprü Üstyapısının Öğretme-Öğrenme Tabanlı Optimizasyon ve Jaya Algoritmalarıyla Optimum Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi. Trabzon, Türkiye: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.

Alhan, C. (2021, Ekim). Seminer Dersi için Rapor Hazırlama. Seminer Ders Notları. İstanbul.

Alkan, M. (2014). MATLAB. Temel Bilgisayar Bilimleri. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.

Alshihri, M., Azmy, A., & El-Bisy, M. (2009). Neural networks for predicting compressive strength of structural light weight concrete. Construction and Building Materials, 23.6: 2214-2219.

Arora, J. (2004). Introduction to optimum design. Elsevier.

Attaway, S. (2013). Matlab: a practical introduction to programming and problem solving. Butterworth-Heinemann.

Aydın, C. (2017). Yeni Başlayanlar İçin MATLAB Ders Notları. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.

Bekdaş, G. (2021). Mühendislik Uygulamalarında Metasezgisel Algoritmalar Dersi. Matematiksel denklem minimizasyonu örneği. İstanbul: İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa.

Bekdaş, G. (2019). Optimum design of post-tensioned axially symmetric cylindrical walls using novel hybrid metaheuristic methods. The Structural Design of Tall and Special Buildings 28.1, e1550.

Bekdaş, G., & Niğdeli , S. M. (2016). Optimum design of reinforced concrete columns emploing teaching learning based optimization. Challange Journal of Structural Mechanics, 2(4) 216-219.

Bekdaş, G., Niğdeli, S. M., Yücel, M., & Kayabekir, A. E. (2021). Jaya Algoritması. G. Bekdaş, S. M. Niğdeli, M. Yücel, & A. E. Kayabekir içinde, Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları ve Mühendislik Uygulamaları (s. 67-70). Ankara: Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. A.Ş.

Bekdaş, G., Niğdeli, S. M., Yücel, M., & Kayabekir, A. E. (2021). Metasezgisel Optimizasyon. G. Bekdaş, S. M. Niğdeli, M. Yücel, & A. E. Kayabekir içinde, Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları ve Mühendislik Uygulamaları (s. 21). Ankara: Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. A.Ş.

Boyraz, Ö. F., Volkan , S., Bozkurt, M. R., & Çetin, Ö. (2014). Makine Öğrenmesi Algoritmaları Kullanılarak Kalp Hastalığı Tespiti. ICEMST, 1260.

Celep, Z. (2017). Betonarme Yapılar. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.

Celep, Z. (2014). Introduction to Earthquake Engineering and Earthquake Resistant Building Design. 299-305. İstanbul, Türkiye.

Celep, Z. (2017). Tekil Temeller. Z. Celep içinde, Betonarme Yapılar (s. 489-492). İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.

Celep, Z. (2017). Temeller. Z. Celep içinde, Betonarme Yapılar (s. 481). İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.

Celep, Z. (2017). Temeller. Z. Celep içinde, Betonarme Yapılar (s. 482-484). İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.

Chandwani, V., & Nagar, R. (2014). Applications of Artifical Neural Networks in Modeling Compressive Strength of Concrete: A State of the Art Review. International Journal of Current Engineering and Technology, 4(4), 2949-2956.

Coduto, D. (2001). Foundation Design: Principles and Practices. USA: Prentice Hall.

Çakıroğlu, C., Islam, K., Bekdaş, G., & Billah, M. (2021). CO2 Emission and Cost Optimization of Concrete-Filled Steel Tubular (CFST) Columns Using Metaheuristic Algoritms. Sustainability, 13(14) 8092.

Çakmak, A., & Uysal, M. (2021). Geopolimer Beton ve Geleneksel Beton Üretim Süreçlerinden Kaynaklı CO2 Salınımının Metasezgisel Yöntemlerle Belirlenmesi. Türk Doğa ve Fen Dergisi, 10(1) 6-17.

Doğangün, A. (2021). Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı. İstanbul: Birsen Yayınevi. Nisan 2022 tarihinde alındı

Doğangün, A. (2021). Tasarım Dayanımları. A. Doğangün içinde, Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı (s. 633-634). İstanbul: Birsen Yayın Dağıtım Ltd. Şti.

Doğangün, A. (2021). Tekil Temeller. A. Doğangün içinde, Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı (s. 645-654). İstanbul: Birsen Yayın Dağıtım Ltd. Şti.

Doğangün, A. (2021). Temellerin Sınıflandırılması. A. Doğangün içinde, Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı (s. 640-641). İstanbul: Birsen Yayın Dağıtım Ltd. Şti.

Doğangün, A. (2021). Yüzeysel Temellerin Taşıma Gücü. A. Doğangün içinde, Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı (s. 634-637). İstanbul: Birsen Yayın Dağıtım Ltd. Şti.

Drew, P. J., & Monson, J. R. (2000). Artificial neural networks. Surgery, 127(1), 3-11.

Dumlupınar, T. (2008, Temmuz 30). Approximate Analysis and Condition Assesment of Reinforced Concrete T-Beam Bridges Using Artificial Neural Networks. Yüksek Lisans Tezi. Ortadoğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Departmanı.

Efendioğlu, K. (2008, Aralık). Radye Temellerin Tasarımında Kullanılan Hesap Yöntemlerinin Etkinliklerinin Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.

Eroğlu, N., Aral, S., Niğdeli, S. M., & Bekdaş, G. (2021). Jaya algorithm based optimum design of reinforced concrete retaining walls under dynamic loads. CHALLENGE 7.2, 64-70.

European Ready Mixed Concrete Organization (ERMCO). ERMCO Statistics 2015. Available online: www.ermco.eu/document/ermco-statistics-2015-final-pdf/ (accessed on 24 April 2022).

Gandomi, A. H., Yang, X.-S., Talatahari, S., & Alavi, A. H. (2013). Metaheuristic Algorithms in Modeling and Optimization. Metaheuristic applications in structures and infrastructures, 1-24.

Garip, Z., Çimen, M. E., & Boz, A. F. (2021). Comparative performance analysis on parameter extraction of solar cell models using meta-heuristic algoritms. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 1133-1144.

Güzeldemir, E. (2018). Bilimsel Yazı Nasıl Yazılmalı? İstanbul: Logos Yayıncılık Tic. A.Ş.

Hagan, M., Demuth, H., & Beale, M. (1997). Neural network design. PWS Publishing Co. .

Hagan, M.T. ve Menhaj, M.B., (1994). Training feed forward techniques with the Marquardt Algorithm, IEEE Transactions on Neural Networks, 5, 6, 989–993.

Ham, F. ve Kostanic, I., (2001). Principles of Neurocomputing for Science and Engineering, Macgraw-Hill. USA.

Hansen, J. B. (1970). A revised and extended formula for bearing capacity.

İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (2017, Mayıs). Mühendislik Tez Yazım Klavuzu. Lisansüstü Tez Yazım Klavuzu. İstanbul: İstanbul Üniversitesi.

Jeoloji Mühendisleri Odası. (2021, Mayıs). Genel Taşıma Gücü Formülü. Toprak Zeminlerde Sığ Temellerin Taşıma Gücü Hesap Cetveli Kullanım Kılavuzu. Türkiye: TMMOB.

Karaboran, O. (2013, Temmuz). Serbest Akiferlerdeki Yeraltı Su Seviyeleri ile Meteorolojik Veriler Arasındaki İlişkinin yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kayseri: Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü .

Karaçam, Z. Bilimsel Araştırma Makalesinde Tartışma Bölümü ve Sınırlılıkların Yazımı. Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi, 31(2), 86-97.

Kayabekir, A. E., Bekdaş, G., Niğdeli, S. M., & Geem, Z. W. (2020). Optimum Design of PID Controlled Active Tuned Mass Damper via Modified Harmony Search. Applied Sciences, 10(8) 2976.

Kayabekir, A.E., Bekdaş, G. & Niğdeli, S. M. (Eds).). (2020). Metaheuristic approaches for optimum design of reinforced concrete structures: emerging research and opportunities. IGI Global.

Kröse, B., & Smagt, P. (1996). An introduction to neural networks. University of Amsterdam , 23-45.

Lee, K. S., & Geem, Z. W. (2005). A new meta-heuristic algorithm for continuous engineering optimization: harmony search theory and practice. Computer methods in applied mechanics and engineering, 194(36-38), 3902-3933.

Maas, G. P. (2011). Comparison of quay wall designs in concrete, steel, wood and composites with regard to the CO2-emission and the Life Cycle Analysis.

MathWorks. (2021, 07 25). The MathWorks, Inc. MathWorks web sitesi: https://ch.mathworks.com/products/matlab.html?s_tid=hp_products_matlab adresinden alındı

Meyerhof, G. G. (1951). The Ultimate Bearing Capacity of Foundations. Geotechnique, 301-332.

Momeni, E., Nazir, R., Armaghani, D., & Maizir, H. (2014). Prediction of pile bearing capacity using a hybrid genetic algorithm-based ANN. Measurement, 57, 122-131.

Niğdeli, S. M., Bekdaş, G., & Yang, X.-S. (2018). Metaheuristic Optimization of Reinforced Concrete Footings. KSCE Journal of Civil Engineering, 4555-4563.

Nguyen, H. H. (2007). A neural fuzzy approach to modeling the thermal behavior of power transformers (Doctoral dissertation, Victoria University).

Ocak, A. (2021). Ayarlı sıvı sönümleyicilerin yapılar için optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Okkan, U., Serbeş, Z. A., & Gedik, N. (2018). MATLAB ile Levenberg-Marquardt algoritması tabanlı YSA uygulaması: Aylık yağış-akış modellemesi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 9(1), 351-362.

Okkan, U. ve Mollamahmutoğlu, A., (2010). Yiğitler Çayı günlük akımlarının yapay sinir ağları ve regresyon analizi ile modellenmesi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 23, 33-48.

Olivas-Padilla, B. E., & Chacon-Murguia, M. I. (2019). Classification of multiple motor imagery using deep convolutional neural networks and spatial filters. Applied Soft Computing, 75, 461-472.

Oreta, A., & Kawashima, K. (2003). Neural Network Modeling of Confined Compressive Strength and Strain of Circular Concrete Columns. Journal of Structural Engineering, 129.4: 554-561.

Öztemel, E. (2003). Yapay Sinir Ağları. İstanbul, Ankara, İzmir, Adana: Papatya Yayıncılık Eğitim Bilgisayar Sis. San. ve Tic. A.Ş.

Öztürk, H. T. (2018). Bir doğrultuda birleşik eğilme etkisindeki tekil temellerin çeşitli sezgisel algoritmalarla TS500'e göre minimum maliyetle optimum tasarımı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24(6) 1030-1036.

Ramirez, G. S., & Plevris, V. (2021). Design of Reinforced Concrete Isolated Footings Under Axial Loading with Artificial Neural Networks. Proceedings of the 14th International Conference on Evolutionary and Deterministic Methods for Design, Optimization and Control.

Pratap, R. (1998). Getting Started with MATLAB 5-A Quick Introduction for Scientists and Engineers (p. 240).

Roslon, J., & Zawistowski, J. (2016). Construction projects' indicators improvement using selected metaheuristic algorithms. Procedia Engineering, 153, 595-598.

Sarıdemir, M. (2008, Mart). Farklı Agregalarla Üretilmiş Beton Özelliklerinin Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık ile Tahmin Edilmesi. Doktora Tezi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü .

Shayegan, D. S., Lork, A., & Hashremi, S. H. (2020). A new hybrid algorithm for cost optimizastion of waffle slab. Slovak Journal of Civil Engineering, 28(3), 40-46.

Schreiber, R. (2007). Matlab. Scholarpedia, 2(7), 2929.

Solorzano, G., & Plevris, V. (2020). Optimum Design of RC Footings with Genetic Algorithms According to ACI 318-19. Buildings, 10(6) 110.

Suzuki, K. (Ed.). (2011). Artificial neural networks: methodological advances and biomedical applications. BoD–Books on Demand.

Şahin, A. (2008). Artificial Neural Networks Approach for the Determination of Aquifer Parameters. Yüksek Lisans Tezi. Boğaziçi Üniversitesi.

Şen, Z. (2004). Yapay Sinir Ağları. İstanbul: Su Vakfı.

TBDY-2018. (2018, Mart). TBDY - 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Ankara, Türkiye: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.

Temür, R., & Bekdaş, G. (2016). Teaching learning-based optimizastion for design of cantilever retaining walls. Structural Engineering and Mechanics, 57(4) 763-783.

Terzaghi, K. (1943). Theoretical Soil Mechanics. New York, USA: Wiley Publishing.

Tunay, M. A. (2019, Mart). Yüzeysel temellerin meta-sezgisel yöntemlerle optimum tasarımı. Doktora Tezi. Antalya, Türkiye: Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Turgut, P. (2008). Tekil Temellerin Optimum Tasarımında Genetik Algoritma Kullanımı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(2) 213-222.

Uğur, İ. B. (2017, Haziran). Ayrık ve Sürekli Tasarım Değişkenli Kafes Yapıların Jaya Algoritması ile Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Diyarbakır, Türkiye: Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ulusoy, S., Kayabekir, A. E., Bekdaş, G., & Niğdeli, S. M. (2020). Metaheuristic algorithms in optimum design of reinforced concrete beam by investigating strength of concrete. Challenge Journal of Concrete Research Letters 11(2), 26-30.

Ulusoy, S. (2019). Yapı-Zemin Etkileşimi İçeren Bina Modellerinin Optimum Aktif Kontrolü. Doktora Tezi. İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Uzaldı, B. (2011). Yapay Sinir Ağları ile Tekil Temel ve Tek Yönde Sürekli Temel Oturmalarının Koni Penetrasyon Deney Sonuçları Kullanılarak Hesaplanması. Yüksek Lisans Tezi. Manisa: Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Uzunoğlu, M., & ONAR, Ö. Ç. (2003). Her Yönü ile Matlab (Vol. 109). Ali KIZIL.

Ünsal, M. A. (2017). Yapay Sinir Ağları Modeliyle Betonarme Taşıyıcı Sistem Maliyetinin Tahmin Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimseli Enstitüsü.

Vesic , A. S. (1973). Analysis of ultimate loads of shallow foundations. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, 99(1) 45-73.

Yang, X.-S. (20211). Bat algoritm for multi-objective optimisation. International Journal of Bio-Inspired Computation, 3(5) 267-274.

Yücel, M., Bekdaş, G., Niğdeli, S. M., & Sevgen, S. (2018). Artificial neural network model for optimum design of tubular columns. International Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 3.

Yücel, M., Öncü-Davas, S., Niğdeli, S. M., Bekdaş, G., & Sevgen, S. (2018). Estimating of analysis results for structures with linear base isolation systems using aftifical neural network model. International Journal of Control Systems and Robotics, 3.

Yücel, M. (2019). Metasezgisel algoritmalarla optimum kütle sönümleyicisi tasarımı ve yapay zeka tabanlı tahmin modeli. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü .

Yücel, M., Bekdaş, G., & Niğdeli, S. M. (2019). Estimation of optimum tuned mass damper parameters via machine learning. Journal of Building Engineering, 100847.

Yümlü, M. S. (2004). Forecasting Stock Market Volatility Using Artificial Neural Networks. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, Türkiye: Boğaziçi Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği .

EKLER

1. AMAÇ FONKSİYONUNUN ELDE EDİLMESİ

C_f temel maliyetini, C_c tekil temelin beton maliyetini ve C_s tekil temelin demir maliyetini sembolize etmekteyken, aşağıdaki ifade JAYA algoritmasında kullanılacak olan amaç fonksiyonunu belirtmektedir:

$C_f = C_c + C_s$

K_{beton} beton metreküp maliyetini ve V_{beton} beton hacmini ifade etmekteyken, beton maliyeti aşağıdaki bağıntı ile bulunur.

$C_c = K_{beton} \cdot V_{beton}$

$V_{beton} = V_{temel} - V_{demir}$

γ_{demir} inşaat demiri özgül ağırlığı ve K_{demir} demir ton maliyetini ifade etmekteyken, demir maliyeti aşağıdaki bağıntı ile bulunur.

$C_s = V_{demir} \cdot \gamma_{demir} \cdot K_{demir}$

Yukarıda gösterilen ifadeler ışığında amaç fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$F_x = C_f = K_{beton} \cdot (V_{temel} - V_{demir}) + V_{demir} \cdot \gamma_{demir} \cdot K_{demir}$

2. TASARIM KISITLARININ BULUNMASI

1.Tasarım kısıtının (g1) bulunması

$q_z \geq q_{max}$

$$q_t - \gamma_{Rv} \cdot \gamma_{ort} \cdot h_t \gg \frac{N_d \cdot B_{x,t} - 6 \cdot M_d}{B_{x,t}^2 \cdot B_{y,t}}$$

$$g1 = N_d \cdot B_{x,t} + 6 \cdot M_d - (q_t - 1{,}4 \cdot \gamma_{ort} \cdot h_t) \cdot B_{x,t}^2 \cdot B_{y,t} \leq 0$$

2.Tasarım kısıtının (g2) bulunması

$q_z \geq q_{\min}$

$$q_t - \gamma_{Rv} \cdot \gamma_{ort} \cdot h_t \gg \frac{N_d \cdot B_x + 6 \cdot M_d}{B_x^2 \cdot B_y}$$

$$g2 = N_d \cdot B_{x,t} - 6 \cdot M_d - (q_t - 1{,}4 \cdot \gamma_{ort} \cdot h_t) \cdot B_{x,t}^2 \cdot B_{y,t} \leq 0$$

3.Tasarım kısıtının (g3) bulunması

$$e_x \leq e_{kritik}$$

$$\frac{M_d}{Nd} \leq \frac{B_{x,t}}{6}$$

$$g3 = 6 \cdot M_d \cdot B_{x,t} - N_d \cdot B_{x,t} \leq 0$$

4.Tasarım kısıtının (g4) bulunması

$$V_{dx} < V_{cr}$$

$$g_4 = V_{dx} - V_{cr} < 0$$

$$V_{dx} = \left[\frac{B_x^2 \cdot N_d + 6 \cdot Md \cdot B_{x,t} - 3 \cdot M_d \cdot \left(B_{x,t} - h_t\right)}{B_x^3 \cdot B_y}\right] \cdot \left(\frac{B_{x,t} - B_{x,k}}{2}\right) \cdot B_{y,t}$$

$$V_{Cr} = 650 \cdot f_{ctd} \cdot B_{y,t} \cdot (h_t - 0{,}05)$$

$$g_4 = \frac{\left[B_{x,t}^2 \cdot N_d + 3 \cdot M_d \cdot \left(B_{x,t} - h_t\right)\right] \cdot \left(B_{x,t} - B_{x,k}\right) \cdot B_{y,t}}{2 \cdot B_{x,t}^3 \cdot B_{y,t}} - 650 \cdot f_{ctd} \cdot B_{y,t} \cdot (h_t - 0{,}05)$$

$$g_4 \leq 0$$

5.Tasarım kısıtının (g5) bulunması

$$g_5 = V_{pd} - V_{pr} \leq 0$$

$$V_{pd} = N_d - A_p \cdot q_{oo}$$

$$q_{oo} = \frac{q_{max} - q_{min}}{2}$$

$$q_{max} = \frac{N_d}{B_{x,t} \cdot B_{y,t}} + \frac{6 \cdot N_d \cdot e_x}{B_{x,t}^2 \cdot B_{y,t}}$$

$$q_{min} = \frac{N_d}{B_{x,t} \cdot B_{y,t}} - \frac{6 \cdot N_d \cdot e_x}{B_{x,t}^2 \cdot B_{y,t}}$$

$$q_{oo} = \frac{N_d}{B_{x,t} \cdot B_{y,t}}$$

$$A_p = \left(B_{x,k} + h_t - 0{,}05\right) \cdot \left(B_{y,k} + h_t - 0{,}05\right)$$

$$V_{pd} = N_d - \left(B_{x\cdot k} + h_t - 0{,}05\right) \cdot \left(B_{y,k} + h_t - 0{,}05\right) \cdot \frac{N_d}{B_{x,t} \cdot B_{y,t}}$$

$$V_{pr} = \gamma \cdot f_{ctd} \cdot u_p \cdot d$$

$$u_p = 2 \cdot \left(B_{x,k} + B_{y,k} + 2 \cdot h_t - 0{,}1\right)$$

$$d = h_t - 0{,}05$$

$$\gamma = \frac{N_d \cdot \left[\left(B_{x,k} + h_t - 0{,}05\right) \cdot \left(B_{y,k} + h_t - 0{,}05\right)\right]^{0{,}5}}{N_d \cdot \left[\left(B_{x,k} + h_t - 0{,}05\right) \cdot \left(B_{y,k} + h_t - 0{,}05\right)\right]^{0{,}5} + 0{,}6 \cdot M_d}$$

$$g_5 \leq 0$$

3. OPTİMİZASYON KODLARI

```
clc;clear;
%1.AŞAMA: ÖNOPTİMİZASYON
%MD:DISYUK MOMENT
%ND:DISYUK NORMAL KUVVET
%FCTD:KARAKTERISTIK CEKME DAYANIMI (C30BETON 1.26MPA)
%bxk:KOLON X DOGRULTUSU UZUNLUK
%byk:KOLON Y DOGRULTUSU UZUNLUK
%QT:ZEMİN TASIMA GUCU
MD=370;ND=1500;
FCTD=1.26; %C30 BETON
bxk=0.55;byk=0.55;
QT=240; GAMORT=20;
%1.1.B)TASARIM DEGİSKENLERİ RANGE
%TEMEL BOYUTLARI MINIMUM DEGERLER
BXTEMELMIN=1;BYTEMELMIN=1;
HTEMELMIN=0.25;
%TEMEL BOYUTLARI MAXIMUM DEGERLER
BXTEMELMAX=5;BYTEMELMAX=5;
HTEMELMAX=2;
%1.1.C)ALGORITMA PARAMETRELERI
%PN:POPULASYON SAYISI
%MAXITER:ITERASYON SAYISI
pn=15;maxiter=20000;
%1.2 BASLANGIC COZUM MATRISI
%bxt:rassal olarak belirlenen temel x dogrultusu uzunlugu
%byt:rassal olarak belirlenen temel y dogrultusu uzunlugu
%ht:rassal olarak belirlenen temel yuksekligi
for i=1:pn
```

```
    %rassal atanan temel boyutlari
    bxt=BXTEMELMIN+(BXTEMELMAX-BXTEMELMIN)*rand;
    byt=BYTEMELMIN+(BYTEMELMAX-BYTEMELMIN)*rand;
    ht=HTEMELMIN+(HTEMELMAX-HTEMELMIN)*rand;
    %amac fonksiyonu
    Fx=900*bxt*byt*ht+234*ht*(2*bxt*byt+(bxt+byt)*(2*ht-0.3));
    %tasarim kisitlari
    g1=ND*bxt+6*MD-(QT-1.4*GAMORT*ht)*bxt*bxt*byt;
    g2=ND*bxt-6*MD-(QT-1.4*GAMORT*ht)*bxt*bxt*byt;
    g3=6*MD-ND*bxt;
    g4=((bxt*bxt*ND+3*MD*(bxt-ht))*(bxt-bxk)*byt)/(2*bxt*bxt*bxt*byt)-
650*FCTD*byt*(ht-0.05);
    g5=ND-(bxk+ht-0.05)*(byk+ht-0.05)*ND/(bxt*byt)-ND*(((bxk+ht-0.05)*(byk+ht-
0.05))^(1/2))*FCTD*2*(bxk+byk+2*ht-0.1)*(ht-0.05)*1000/(ND*(((bxk+ht-0.05)*(byk+ht-
0.05))^(1/2))+0.6*MD);
    %cozum matrisi
    OPT(1,i)=bxt;
    OPT(2,i)=byt;
    OPT(3,i)=ht;
    OPT(4,i)=Fx;
    OPT(5,i)=g1;
    OPT(6,i)=g2;
    OPT(7,i)=g3;
    OPT(8,i)=g4;
    OPT(9,i)=g5;
    %cezalandirma asamasi
    if OPT(5,i)>0
        OPT(4,i)=10^6;
    end
    if OPT(6,i)>0
        OPT(4,i)=10^6;
    end
        if OPT(7,i)>0
        OPT(4,i)=10^6;
    end
    if OPT(8,i)>0
        OPT(4,i)=10^6;
    end
    if OPT(9,i)>0
        OPT(4,i)=10^6;
    end
end
%iterasyon sureci
for iter=1:maxiter
    %en iyi sonucu ve tasarim degiskenlerini bulma.
    [p,r]=min(OPT(4,:));
    best1=OPT(1,r);
```

```
best2=OPT(2,r);
best3=OPT(3,r);
%en kotu sonuçlar
[k,t]=max(OPT(4,:));
worst1=OPT(1,t);
worst2=OPT(2,t);
worst3=OPT(3,t);
tic
%JA algoritmasina gore yeni cozum matrisi bulunmasi
for i=1:pn
   %JA algoritmasina göre tasarim degiskenleri bulunmasi
   bxt=OPT(1,i)+rand*(best1-abs(OPT(1,i)))-rand*(worst1-abs(OPT(1,i)));
   byt=OPT(2,i)+rand*(best2-abs(OPT(2,i)))-rand*(worst2-abs(OPT(2,i)));
   ht=OPT(3,i)+rand*(best3-abs(OPT(3,i)))-rand*(worst3-abs(OPT(3,i)));
   %alt ve ust limit kontrolleri
   if bxt>BXTEMELMAX
      bxt=BXTEMELMAX;
   end
   if bxt<BXTEMELMIN
      bxt=BXTEMELMIN;
   end
   if byt>BYTEMELMAX
      byt=BYTEMELMAX;
   end
   if byt<BYTEMELMIN
      byt=BYTEMELMIN;
   end
   if ht>HTEMELMAX
      ht=HTEMELMAX;
   end
   if ht<HTEMELMIN
      ht=HTEMELMIN;
   end
   %amac fonksiyonu
   Fx=900*bxt*byt*ht+234*ht*(2*bxt*byt+(bxt+byt)*(2*ht-0.3));
   %tasarim kisitlari
   g1=ND*bxt+6*MD-(QT-1.4*GAMORT*ht)*bxt*bxt*byt;
   g2=ND*bxt-6*MD-(QT-1.4*GAMORT*ht)*bxt*bxt*byt;
   g3=6*MD-ND*bxt;
   g4=((bxt*bxt*ND+3*MD*(bxt-ht))*(bxt-bxk)*byt)/(2*bxt*bxt*bxt*byt)-
650*FCTD*byt*(ht-0.05);
   g5=ND-(bxk+ht-0.05)*(byk+ht-0.05)*ND/(bxt*byt)-ND*(((bxk+ht-0.05)*(byk+ht-
0.05))^(1/2))*FCTD*2*(bxk+byk+2*ht-0.1)*(ht-0.05)*1000/(ND*(((bxk+ht-0.05)*(byk+ht-
0.05))^(1/2))+0.6*MD);
   %OPT1: Yeni cozum matrisi
   OPT1(1,i)=bxt;
```

```
        OPT1(2,i)=byt;
        OPT1(3,i)=ht;
        OPT1(4,i)=Fx;
        OPT1(5,i)=g1;
        OPT1(6,i)=g2;
        OPT1(7,i)=g3;
        OPT1(8,i)=g4;
        OPT1(9,i)=g5;
        %kotu sonucu cezalandirma
        if OPT1(5,i)>0
            OPT1(4,i)=10^6;
        end
        if OPT1(6,i)>0
            OPT1(4,i)=10^6;
        end
        if OPT1(7,i)>0
            OPT1(4,i)=10^6;
        end
        if OPT1(8,i)>0
            OPT1(4,i)=10^6;
        end
        if OPT1(9,i)>0
            OPT1(4,i)=10^6;
        end
    end
    %sonuclarin karsilastirilip iyi olanlarin saklanmasi
    for i=1:pn
        if OPT(4,i)>OPT1(4,i)
            OPT(:,i)=OPT1(:,i);
        end
    end
end
toc
```

4. YSA EĞİTİMİNDE KULLNILAN 2775 TAKIMLI VERİ SETİ – ÇEVRİMLİ OPTİMİZASYON SONUÇLARI

M_d (KNm)	N_d (KN)	f_{ctd} (MPa)	q_t (KN/m$^{2)}$	$B_{x,k}$ (m)	$B_{y,k}$ (m)	$B_{x,t}$ (m)	$B_{y,t}$ (m)	h_t (m)	C_f (TL)
110	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,02	2,47	0,37	4.022
120	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,05	2,48	0,37	4.078
130	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,07	2,49	0,37	4.134
140	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,09	2,50	0,38	4.189
150	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,12	2,50	0,38	4.244
160	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,14	2,51	0,38	4.299

170	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,16	2,51	0,38	4.353
180	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,18	2,52	0,38	4.407
190	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,20	2,53	0,38	4.461
200	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,22	2,53	0,38	4.514
210	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,24	2,54	0,38	4.567
220	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,27	2,54	0,38	4.620
230	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,29	2,55	0,39	4.673
240	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,31	2,55	0,39	4.725
250	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,33	2,56	0,39	4.777
260	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,35	2,56	0,39	4.829
270	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,62	3,26	0,40	6.719
280	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,39	2,57	0,39	4.932
290	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,40	2,58	0,39	4.983
300	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,42	2,58	0,39	5.034
310	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,44	2,59	0,39	5.084
320	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,46	2,59	0,40	5.135
330	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,48	2,60	0,40	5.185
340	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,50	2,60	0,40	5.235
350	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,52	2,60	0,40	5.285
360	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,54	2,61	0,40	5.335
370	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,55	2,61	0,40	5.385
380	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,57	2,62	0,40	5.434
390	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,59	2,62	0,40	5.483
400	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,61	2,62	0,40	5.532
410	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,63	2,63	0,41	5.581
420	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,64	2,63	0,41	5.630
430	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,66	2,63	0,41	5.679
440	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,68	2,64	0,41	5.727
450	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,70	2,64	0,41	5.775
460	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,71	2,64	0,41	5.824
470	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,73	2,65	0,41	5.872
480	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,75	2,65	0,41	5.920
490	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,53	3,06	0,44	6.919
500	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,18	3,70	0,42	7.205
510	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,80	2,66	0,41	6.063
520	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,81	2,66	0,42	6.110
530	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,83	2,67	0,42	6.157
540	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,85	2,67	0,42	6.205
550	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,86	2,67	0,42	6.252
560	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,88	2,67	0,42	6.299
570	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,05	3,51	0,43	8.753
580	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,91	2,68	0,42	6.392
590	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,93	2,68	0,42	6.439

600	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,94	2,68	0,42	6.485
610	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,78	3,11	0,43	7.295
620	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,97	2,69	0,43	6.578
630	1500	1,26	240	0,55	0,55	3,99	2,69	0,43	6.624
640	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,00	2,69	0,43	6.671
650	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,02	2,70	0,43	6.717
660	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,03	2,70	0,43	6.763
670	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,05	2,70	0,43	6.808
680	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,06	2,70	0,43	6.854
690	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,08	2,70	0,43	6.900
700	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,09	2,71	0,43	6.946
710	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,11	2,71	0,43	6.991
720	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,12	2,71	0,43	7.036
730	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,14	2,71	0,44	7.082
740	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,15	2,71	0,44	7.127
750	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,17	2,72	0,44	7.172
760	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,18	2,72	0,44	7.217
770	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,20	2,72	0,44	7.262
780	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,21	2,72	0,44	7.307
790	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,23	2,72	0,44	7.352
800	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,24	2,73	0,44	7.397
810	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,26	2,73	0,44	7.442
820	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,27	2,73	0,44	7.486
830	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,28	2,73	0,44	7.531
840	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,42	3,34	0,45	9.616
850	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,31	2,73	0,45	7.620
860	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,33	2,74	0,45	7.664
870	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,34	2,74	0,45	7.709
880	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,35	2,74	0,45	7.753
890	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,37	2,74	0,45	7.797
900	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,38	2,74	0,45	7.841
910	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,40	2,74	0,45	7.885
920	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,41	2,74	0,45	7.929
930	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,42	2,75	0,45	7.973
940	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,44	2,75	0,45	8.017
950	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,45	2,75	0,45	8.061
960	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,46	2,75	0,45	8.105
970	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,48	2,75	0,46	8.148
980	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,49	2,75	0,46	8.192
990	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,52	2,90	0,46	8.758
1000	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,52	2,76	0,46	8.279
1010	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,53	2,76	0,46	8.323
1020	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,54	2,76	0,46	8.366

1030	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,56	2,76	0,46	8.409
1040	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,57	2,76	0,46	8.453
1050	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,58	2,76	0,46	8.496
1060	1500	1,26	240	0,55	0,55	5,00	2,66	0,48	9.255
1070	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,61	2,76	0,46	8.582
1080	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,62	2,77	0,46	8.625
1090	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,64	2,77	0,47	8.668
1100	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,65	2,77	0,47	8.711
1110	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,66	2,77	0,47	8.754
1120	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,67	2,77	0,47	8.797
1130	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,69	2,77	0,47	8.840
1140	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,70	2,77	0,47	8.883
1150	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,71	2,77	0,47	8.926
1160	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,72	2,77	0,47	8.968
1170	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,74	2,78	0,47	9.011
1180	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,75	2,78	0,47	9.054
1190	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,95	2,91	0,48	9.927
1200	1500	1,26	240	0,55	0,55	5,00	2,73	0,48	9.569
1210	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,84	2,74	0,48	9.263
1220	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,88	2,71	0,48	9.349
1230	1500	1,26	240	0,55	0,55	4,92	2,69	0,49	9.434
150	350	1,26	240	0,55	0,55	2,57	1,17	0,26	1.111
150	370	1,26	240	0,55	0,55	2,48	1,27	0,25	1.119
150	390	1,26	240	0,55	0,55	2,47	1,31	0,25	1.152
150	410	1,26	240	0,55	0,55	2,45	1,36	0,25	1.185
150	430	1,26	240	0,55	0,55	2,44	1,41	0,25	1.218
150	450	1,26	240	0,55	0,55	2,42	1,45	0,25	1.251
150	470	1,26	240	0,55	0,55	2,41	1,50	0,25	1.284
150	490	1,26	240	0,55	0,55	2,40	1,55	0,25	1.316
150	510	1,26	240	0,55	0,55	2,39	1,59	0,25	1.349
150	530	1,26	240	0,55	0,55	2,38	1,64	0,25	1.381
150	550	1,26	240	0,55	0,55	2,37	1,69	0,25	1.413
150	570	1,26	240	0,55	0,55	2,36	1,73	0,25	1.445
150	590	1,26	240	0,55	0,55	2,35	1,78	0,25	1.477
150	610	1,26	240	0,55	0,55	2,34	1,83	0,25	1.509
150	630	1,26	240	0,55	0,55	2,33	1,87	0,25	1.541
150	650	1,26	240	0,55	0,55	2,32	1,92	0,25	1.572
150	670	1,26	240	0,55	0,55	2,32	1,96	0,25	1.604
150	690	1,26	240	0,55	0,55	2,31	2,01	0,25	1.636
150	710	1,26	240	0,55	0,55	2,30	2,05	0,25	1.667
150	730	1,26	240	0,55	0,55	2,29	2,10	0,25	1.699
150	750	1,26	240	0,55	0,55	2,31	2,12	0,25	1.745
150	770	1,26	240	0,55	0,55	2,33	2,13	0,26	1.798

150	790	1,26	240	0,55	0,55	2,35	2,14	0,26	1.852
150	810	1,26	240	0,55	0,55	2,38	2,15	0,26	1.906
150	830	1,26	240	0,55	0,55	2,40	2,16	0,27	1.961
150	850	1,26	240	0,55	0,55	2,42	2,17	0,27	2.017
150	870	1,26	240	0,55	0,55	2,44	2,18	0,27	2.074
150	890	1,26	240	0,55	0,55	2,47	2,19	0,28	2.131
150	910	1,26	240	0,55	0,55	2,49	2,20	0,28	2.189
150	930	1,26	240	0,55	0,55	2,51	2,21	0,28	2.248
150	950	1,26	240	0,55	0,55	2,53	2,22	0,29	2.308
150	970	1,26	240	0,55	0,55	2,56	2,23	0,29	2.369
150	990	1,26	240	0,55	0,55	2,58	2,24	0,30	2.430
150	1010	1,26	240	0,55	0,55	2,60	2,25	0,30	2.492
150	1030	1,26	240	0,55	0,55	2,62	2,26	0,30	2.555
150	1050	1,26	240	0,55	0,55	2,64	2,27	0,31	2.619
150	1070	1,26	240	0,55	0,55	2,66	2,28	0,31	2.683
150	1090	1,26	240	0,55	0,55	2,69	2,29	0,31	2.748
150	1110	1,26	240	0,55	0,55	2,71	2,30	0,32	2.814
150	1130	1,26	240	0,55	0,55	2,73	2,31	0,32	2.881
150	1150	1,26	240	0,55	0,55	2,75	2,33	0,32	2.948
150	1170	1,26	240	0,55	0,55	2,77	2,34	0,33	3.016
150	1190	1,26	240	0,55	0,55	2,79	2,35	0,33	3.085
150	1210	1,26	240	0,55	0,55	2,81	2,36	0,33	3.154
150	1230	1,26	240	0,55	0,55	2,84	2,37	0,33	3.225
150	1250	1,26	240	0,55	0,55	2,86	2,38	0,34	3.296
150	1270	1,26	240	0,55	0,55	2,88	2,39	0,34	3.367
150	1290	1,26	240	0,55	0,55	2,90	2,40	0,34	3.440
150	1310	1,26	240	0,55	0,55	2,92	2,41	0,35	3.513
150	1330	1,26	240	0,55	0,55	2,94	2,42	0,35	3.587
150	1350	1,26	240	0,55	0,55	2,96	2,43	0,35	3.662
150	1370	1,26	240	0,55	0,55	2,98	2,44	0,36	3.737
150	1390	1,26	240	0,55	0,55	3,00	2,45	0,36	3.813
150	1410	1,26	240	0,55	0,55	3,02	2,46	0,36	3.890
150	1430	1,26	240	0,55	0,55	3,04	2,47	0,37	3.968
150	1450	1,26	240	0,55	0,55	3,06	2,48	0,37	4.046
150	1470	1,26	240	0,55	0,55	2,76	2,91	0,38	4.463
150	1490	1,26	240	0,55	0,55	3,11	2,50	0,38	4.204
150	1510	1,26	240	0,55	0,55	3,13	2,51	0,38	4.285
150	1530	1,26	240	0,55	0,55	3,15	2,52	0,38	4.366
150	1550	1,26	240	0,55	0,55	3,17	2,53	0,38	4.447
150	1570	1,26	240	0,55	0,55	3,19	2,54	0,39	4.530
150	1590	1,26	240	0,55	0,55	3,21	2,55	0,39	4.613
150	1610	1,26	240	0,55	0,55	3,23	2,56	0,39	4.696
150	1630	1,26	240	0,55	0,55	3,25	2,57	0,40	4.781

150	1650	1,26	240	0,55	0,55	3,27	2,58	0,40	4.866
150	1670	1,26	240	0,55	0,55	3,29	2,59	0,40	4.952
150	1690	1,26	240	0,55	0,55	3,31	2,59	0,40	5.038
150	1710	1,26	240	0,55	0,55	3,33	2,60	0,41	5.125
150	1730	1,26	240	0,55	0,55	3,35	2,61	0,41	5.213
150	1750	1,26	240	0,55	0,55	3,37	2,62	0,41	5.302
150	1770	1,26	240	0,55	0,55	3,39	2,63	0,42	5.391
150	1790	1,26	240	0,55	0,55	3,41	2,64	0,42	5.481
150	1810	1,26	240	0,55	0,55	3,43	2,65	0,42	5.571
150	1830	1,26	240	0,55	0,55	3,45	2,66	0,42	5.663
150	1850	1,26	240	0,55	0,55	3,46	2,67	0,43	5.754
150	1870	1,26	240	0,55	0,55	3,48	2,68	0,43	5.847
150	1890	1,26	240	0,55	0,55	3,50	2,69	0,43	5.940
150	1910	1,26	240	0,55	0,55	3,52	2,70	0,44	6.034
150	1930	1,26	240	0,55	0,55	3,54	2,71	0,44	6.128
150	1970	1,26	240	0,55	0,55	3,58	2,73	0,44	6.319
150	1990	1,26	240	0,55	0,55	3,60	2,74	0,45	6.416
150	2010	1,26	240	0,55	0,55	3,62	2,74	0,45	6.513
150	2030	1,26	240	0,55	0,55	3,64	2,75	0,45	6.610
150	2050	1,26	240	0,55	0,55	3,66	2,76	0,46	6.709
150	2070	1,26	240	0,55	0,55	3,68	2,77	0,46	6.808
150	2090	1,26	240	0,55	0,55	3,70	2,78	0,46	6.907
150	2110	1,26	240	0,55	0,55	3,71	2,79	0,46	7.008
150	2130	1,26	240	0,55	0,55	3,73	2,80	0,47	7.108
150	2150	1,26	240	0,55	0,55	3,75	2,81	0,47	7.210
150	2170	1,26	240	0,55	0,55	3,77	2,82	0,47	7.312
150	2190	1,26	240	0,55	0,55	3,79	2,82	0,47	7.415
150	2210	1,26	240	0,55	0,55	3,81	2,83	0,48	7.518
150	2230	1,26	240	0,55	0,55	3,83	2,84	0,48	7.622
150	2250	1,26	240	0,55	0,55	3,85	2,85	0,48	7.727
150	2270	1,26	240	0,55	0,55	3,87	2,86	0,48	7.832
150	2290	1,26	240	0,55	0,55	3,88	2,87	0,49	7.938
150	2310	1,26	240	0,55	0,55	3,90	2,88	0,49	8.045
150	2330	1,26	240	0,55	0,55	3,92	2,89	0,49	8.152
150	2350	1,26	240	0,55	0,55	2,60	4,94	0,50	9.396
150	2370	1,26	240	0,55	0,55	2,46	5,00	0,50	9.080
150	2390	1,26	240	0,55	0,55	3,98	2,91	0,50	8.477
150	2410	1,26	240	0,55	0,55	3,99	2,92	0,50	8.587
150	2430	1,26	240	0,55	0,55	4,01	2,93	0,50	8.697
150	2450	1,26	240	0,55	0,55	4,03	2,94	0,51	8.808
150	2470	1,26	240	0,55	0,55	4,05	2,95	0,51	8.919
150	2490	1,26	240	0,55	0,55	4,07	2,95	0,51	9.031
150	2510	1,26	240	0,55	0,55	4,09	2,96	0,51	9.144

150	2530	1,26	240	0,55	0,55	4,10	2,97	0,52	9.257
150	2550	1,26	240	0,55	0,55	4,12	2,98	0,52	9.371
150	2570	1,26	240	0,55	0,55	4,14	2,99	0,52	9.485
150	2590	1,26	240	0,55	0,55	4,16	3,00	0,52	9.600
150	2610	1,26	240	0,55	0,55	4,18	3,00	0,53	9.716
150	2630	1,26	240	0,55	0,55	4,19	3,01	0,53	9.832
150	2650	1,26	240	0,55	0,55	2,89	5,00	0,55	11.589
150	2670	1,26	240	0,55	0,55	4,23	3,03	0,53	10.066
150	2690	1,26	240	0,55	0,55	4,25	3,04	0,54	10.184
150	2710	1,26	240	0,55	0,55	4,27	3,04	0,54	10.303
150	2730	1,26	240	0,55	0,55	4,28	3,05	0,54	10.422
150	2750	1,26	240	0,55	0,55	4,30	3,06	0,54	10.542
100	1000	1,26	240	0,55	0,55	2,45	2,19	0,29	2.211
125	1000	1,26	240	0,55	0,55	2,52	2,22	0,29	2.338
150	1000	1,26	240	0,55	0,55	2,59	2,25	0,30	2.461
175	1000	1,26	240	0,55	0,55	2,65	2,27	0,30	2.582
200	1000	1,26	240	0,55	0,55	2,72	2,29	0,30	2.701
225	1000	1,26	240	0,55	0,55	2,78	2,31	0,31	2.818
250	1000	1,26	240	0,55	0,55	2,84	2,33	0,31	2.933
275	1000	1,26	240	0,55	0,55	2,89	2,35	0,31	3.047
300	1000	1,26	240	0,55	0,55	2,95	2,36	0,32	3.160
325	1000	1,26	240	0,55	0,55	3,01	2,37	0,32	3.271
350	1000	1,26	240	0,55	0,55	3,06	2,39	0,32	3.381
375	1000	1,26	240	0,55	0,55	3,11	2,40	0,33	3.491
400	1000	1,26	240	0,55	0,55	3,16	2,41	0,33	3.599
425	1000	1,26	240	0,55	0,55	3,21	2,42	0,33	3.707
450	1000	1,26	240	0,55	0,55	3,26	2,43	0,34	3.813
475	1000	1,26	240	0,55	0,55	3,31	2,44	0,34	3.919
500	1000	1,26	240	0,55	0,55	3,36	2,45	0,34	4.024
525	1000	1,26	240	0,55	0,55	3,40	2,46	0,34	4.129
550	1000	1,26	240	0,55	0,55	3,45	2,47	0,35	4.233
575	1000	1,26	240	0,55	0,55	3,49	2,47	0,35	4.336
600	1000	1,26	240	0,55	0,55	3,60	2,42	0,36	4.502
625	1000	1,26	240	0,55	0,55	3,75	2,32	0,38	4.711
650	1000	1,26	240	0,55	0,55	3,90	2,24	0,39	4.922
675	1000	1,26	240	0,55	0,55	4,05	2,16	0,40	5.136
700	1000	1,26	240	0,55	0,55	4,20	2,09	0,42	5.351
725	1000	1,26	240	0,55	0,55	4,35	2,02	0,43	5.569
750	1000	1,26	240	0,55	0,55	4,50	1,96	0,45	5.788
775	1000	1,26	240	0,55	0,55	4,65	1,97	0,45	6.009
800	1000	1,26	240	0,55	0,55	5,00	1,89	0,46	6.457
825	1000	1,26	240	0,55	0,55	4,95	1,98	0,45	6.451
100	600	1,26	240	0,55	0,55	2,25	1,66	0,25	1.318

125	600	1,26	240	0,55	0,55	2,30	1,73	0,25	1.407
150	600	1,26	240	0,55	0,55	2,34	1,80	0,25	1.493
175	600	1,26	240	0,55	0,55	2,39	1,87	0,25	1.577
200	600	1,26	240	0,55	0,55	2,42	1,94	0,25	1.659
225	600	1,26	240	0,55	0,55	2,46	2,01	0,25	1.739
250	600	1,26	240	0,55	0,55	2,50	2,06	0,25	1.823
275	600	1,26	240	0,55	0,55	2,75	1,88	0,28	2.027
300	600	1,26	240	0,55	0,55	3,00	1,73	0,30	2.235
325	600	1,26	240	0,55	0,55	3,25	1,60	0,33	2.447
350	600	1,26	240	0,55	0,55	3,50	1,49	0,35	2.664
375	600	1,26	240	0,55	0,55	3,75	1,39	0,38	2.886
400	600	1,26	240	0,55	0,55	4,00	1,37	0,38	3.112
425	600	1,26	240	0,55	0,55	4,25	1,38	0,38	3.338
450	600	1,26	240	0,55	0,55	4,50	1,40	0,39	3.565
350	1000	0,91	240	0,55	0,55	2,87	2,64	0,39	4.288
350	1000	0,92	240	0,55	0,55	2,87	2,63	0,39	4.254
350	1000	0,93	240	0,55	0,55	2,88	2,62	0,39	4.220
350	1000	0,94	240	0,55	0,55	2,89	2,61	0,38	4.187
350	1000	0,95	240	0,55	0,55	2,89	2,60	0,38	4.155
350	1000	0,96	240	0,55	0,55	2,90	2,59	0,38	4.123
350	1000	0,97	240	0,55	0,55	2,91	2,58	0,38	4.092
350	1000	0,98	240	0,55	0,55	2,91	2,58	0,37	4.061
350	1000	0,99	240	0,55	0,55	2,92	2,57	0,37	4.031
350	1000	1,00	240	0,55	0,55	2,92	2,56	0,37	4.002
350	1000	1,01	240	0,55	0,55	2,93	2,55	0,37	3.973
350	1000	1,02	240	0,55	0,55	2,93	2,54	0,37	3.944
350	1000	1,03	240	0,55	0,55	2,94	2,54	0,36	3.916
350	1000	1,04	240	0,55	0,55	2,95	2,53	0,36	3.889
350	1000	1,05	240	0,55	0,55	2,95	2,52	0,36	3.862
350	1000	1,06	240	0,55	0,55	2,96	2,51	0,36	3.835
350	1000	1,07	240	0,55	0,55	2,96	2,51	0,36	3.809
350	1000	1,08	240	0,55	0,55	2,97	2,50	0,35	3.783
350	1000	1,09	240	0,55	0,55	2,97	2,49	0,35	3.758
350	1000	1,10	240	0,55	0,55	2,98	2,49	0,35	3.733
350	1000	1,11	240	0,55	0,55	2,98	2,48	0,35	3.708
350	1000	1,12	240	0,55	0,55	2,99	2,47	0,35	3.684
350	1000	1,13	240	0,55	0,55	2,99	2,47	0,35	3.660
350	1000	1,14	240	0,55	0,55	3,00	2,46	0,34	3.637
350	1000	1,15	240	0,55	0,55	3,00	2,45	0,34	3.614
350	1000	1,16	240	0,55	0,55	3,01	2,45	0,34	3.591
350	1000	1,17	240	0,55	0,55	3,01	2,44	0,34	3.569
350	1000	1,18	240	0,55	0,55	3,02	2,43	0,34	3.547
350	1000	1,19	240	0,55	0,55	3,02	2,43	0,33	3.525

350	1000	1,20	240	0,55	0,55	3,03	2,42	0,33	3.503
350	1000	1,21	240	0,55	0,55	3,03	2,42	0,33	3.482
350	1000	1,22	240	0,55	0,55	3,04	2,41	0,33	3.462
350	1000	1,23	240	0,55	0,55	3,04	2,40	0,33	3.441
350	1000	1,24	240	0,55	0,55	3,05	2,40	0,33	3.421
350	1000	1,25	240	0,55	0,55	3,05	2,39	0,33	3.401
350	1000	1,26	240	0,55	0,55	3,06	2,39	0,32	3.381
350	1000	1,27	240	0,55	0,55	3,06	2,38	0,32	3.362
350	1000	1,28	240	0,55	0,55	3,07	2,38	0,32	3.343
350	1000	1,29	240	0,55	0,55	3,07	2,37	0,32	3.324
350	1000	1,30	240	0,55	0,55	3,08	2,37	0,32	3.306
350	1000	1,31	240	0,55	0,55	3,08	2,36	0,32	3.287
350	1000	1,32	240	0,55	0,55	3,09	2,36	0,32	3.269
350	1000	1,33	240	0,55	0,55	3,09	2,35	0,31	3.251
350	1000	1,34	240	0,55	0,55	3,09	2,35	0,31	3.234
350	1000	1,35	240	0,55	0,55	3,10	2,34	0,31	3.217
350	1000	1,36	240	0,55	0,55	3,10	2,34	0,31	3.199
350	1000	1,37	240	0,55	0,55	3,11	2,33	0,31	3.182
350	1000	1,38	240	0,55	0,55	3,11	2,33	0,31	3.166
350	1000	1,39	240	0,55	0,55	3,12	2,32	0,31	3.149
350	1000	1,40	240	0,55	0,55	3,12	2,32	0,30	3.133
350	1000	1,41	240	0,55	0,55	3,12	2,31	0,30	3.117
350	1000	1,42	240	0,55	0,55	3,13	2,31	0,30	3.101
350	1000	1,43	240	0,55	0,55	3,13	2,30	0,30	3.085
350	1000	1,44	240	0,55	0,55	3,14	2,30	0,30	3.070
350	1000	1,45	240	0,55	0,55	3,14	2,29	0,30	3.055
350	1000	1,46	240	0,55	0,55	3,15	2,29	0,30	3.040
350	1000	1,47	240	0,55	0,55	3,15	2,28	0,30	3.025
350	1000	1,48	240	0,55	0,55	3,15	2,28	0,29	3.010
350	1000	1,49	240	0,55	0,55	3,16	2,28	0,29	2.995
350	1000	1,50	240	0,55	0,55	3,16	2,27	0,29	2.981
350	1000	1,51	240	0,55	0,55	3,16	2,27	0,29	2.967
350	1000	1,52	240	0,55	0,55	3,17	2,26	0,29	2.953
350	1000	1,53	240	0,55	0,55	3,17	2,26	0,29	2.939
350	1000	1,54	240	0,55	0,55	3,18	2,25	0,29	2.925
350	1000	1,55	240	0,55	0,55	3,18	2,25	0,29	2.912
350	1000	1,56	240	0,55	0,55	3,18	2,25	0,29	2.898
350	1000	1,57	240	0,55	0,55	3,19	2,24	0,28	2.885
350	1000	1,58	240	0,55	0,55	3,19	2,24	0,28	2.872
350	1000	1,59	240	0,55	0,55	3,19	2,24	0,28	2.859
350	1000	1,60	240	0,55	0,55	3,20	2,23	0,28	2.846
350	1000	1,61	240	0,55	0,55	3,20	2,23	0,28	2.833
350	1000	1,62	240	0,55	0,55	3,21	2,22	0,28	2.821

350	1000	1,63	240	0,55	0,55	3,21	2,22	0,28	2.808
350	1000	1,64	240	0,55	0,55	3,21	2,22	0,28	2.796
350	1000	1,65	240	0,55	0,55	3,22	2,21	0,28	2.784
350	1000	1,66	240	0,55	0,55	3,22	2,21	0,28	2.772
350	1000	1,67	240	0,55	0,55	3,22	2,21	0,27	2.760
350	1000	1,68	240	0,55	0,55	3,23	2,20	0,27	2.748
350	1000	1,69	240	0,55	0,55	3,23	2,20	0,27	2.737
350	1000	1,70	240	0,55	0,55	3,23	2,19	0,27	2.725
350	1000	1,71	240	0,55	0,55	3,24	2,19	0,27	2.714
350	1000	1,72	240	0,55	0,55	3,24	2,19	0,27	2.702
350	1000	1,73	240	0,55	0,55	3,24	2,18	0,27	2.691
350	1000	1,74	240	0,55	0,55	3,25	2,18	0,27	2.680
350	1000	1,75	240	0,55	0,55	3,25	2,18	0,27	2.669
350	1000	1,76	240	0,55	0,55	3,25	2,17	0,27	2.658
350	1000	1,77	240	0,55	0,55	3,26	2,17	0,27	2.648
350	1000	1,78	240	0,55	0,55	3,26	2,17	0,26	2.637
350	1000	1,79	240	0,55	0,55	3,26	2,16	0,26	2.627
350	1000	1,80	240	0,55	0,55	3,27	2,16	0,26	2.616
350	1000	1,81	240	0,55	0,55	3,27	2,16	0,26	2.606
350	1000	1,82	240	0,55	0,55	3,27	2,16	0,26	2.596
350	1000	1,83	240	0,55	0,55	3,28	2,15	0,26	2.586
350	1000	1,84	240	0,55	0,55	3,28	2,15	0,26	2.576
350	1000	1,85	240	0,55	0,55	3,28	2,15	0,26	2.566
350	1000	1,86	240	0,55	0,55	3,29	2,14	0,26	2.556
350	1000	1,87	240	0,55	0,55	3,29	2,14	0,26	2.546
350	1000	1,88	240	0,55	0,55	3,29	2,14	0,26	2.537
350	1000	1,89	240	0,55	0,55	3,29	2,13	0,26	2.527
350	1000	1,90	240	0,55	0,55	3,30	2,13	0,25	2.518
350	1000	1,91	240	0,55	0,55	3,30	2,13	0,25	2.508
350	1000	1,92	240	0,55	0,55	3,30	2,13	0,25	2.499
350	1000	1,93	240	0,55	0,55	3,31	2,12	0,25	2.490
350	1000	1,94	240	0,55	0,55	3,31	2,12	0,25	2.481
350	1000	1,95	240	0,55	0,55	3,31	2,12	0,25	2.472
350	1000	1,96	240	0,55	0,55	3,32	2,11	0,25	2.463
350	1000	1,97	240	0,55	0,55	3,33	2,11	0,25	2.458
350	1000	1,98	240	0,55	0,55	3,34	2,09	0,25	2.455
350	1000	1,99	240	0,55	0,55	3,35	2,08	0,25	2.451
350	1000	2,00	240	0,55	0,55	3,36	2,07	0,25	2.448
350	1000	2,01	240	0,55	0,55	3,37	2,06	0,25	2.445
350	1000	2,02	240	0,55	0,55	3,39	2,05	0,25	2.442
350	1000	2,03	240	0,55	0,55	3,40	2,04	0,25	2.438
350	1000	2,04	240	0,55	0,55	3,41	2,03	0,25	2.435
350	1000	2,05	240	0,55	0,55	3,42	2,02	0,25	2.432

350	1000	2,06	240	0,55	0,55	3,44	2,01	0,25	2.429
350	1000	2,07	240	0,55	0,55	3,45	2,00	0,25	2.426
350	1000	2,08	240	0,55	0,55	3,46	1,99	0,25	2.422
350	1000	2,09	240	0,55	0,55	3,47	1,98	0,25	2.419
350	1000	2,10	240	0,55	0,55	3,48	1,97	0,25	2.416
350	1000	2,11	240	0,55	0,55	2,14	4,00	0,25	3.004
350	1000	2,12	240	0,55	0,55	3,51	1,96	0,25	2.410
350	1000	2,13	240	0,55	0,55	3,52	1,95	0,25	2.407
350	1000	2,14	240	0,55	0,55	3,53	1,94	0,25	2.404
350	1000	2,15	240	0,55	0,55	3,55	1,93	0,25	2.401
350	1000	2,16	240	0,55	0,55	3,56	1,92	0,25	2.398
350	1000	2,17	240	0,55	0,55	3,57	1,91	0,25	2.395
350	1000	2,18	240	0,55	0,55	3,58	1,90	0,25	2.392
350	1000	2,19	240	0,55	0,55	3,59	1,89	0,25	2.390
350	1000	2,20	240	0,55	0,55	3,61	1,88	0,25	2.387
350	1000	2,21	240	0,55	0,55	3,62	1,87	0,25	2.384
350	1000	2,22	240	0,55	0,55	3,63	1,87	0,25	2.381
350	1000	2,23	240	0,55	0,55	3,64	1,86	0,25	2.378
350	1000	2,24	240	0,55	0,55	3,65	1,85	0,25	2.376
350	1000	2,25	240	0,55	0,55	3,67	1,84	0,25	2.373
350	1000	2,26	240	0,55	0,55	3,68	1,83	0,25	2.370
350	1000	2,27	240	0,55	0,55	3,69	1,82	0,25	2.367
350	1000	2,28	240	0,55	0,55	3,70	1,82	0,25	2.365
350	1000	2,29	240	0,55	0,55	3,72	1,81	0,25	2.362
350	1000	2,30	240	0,55	0,55	3,73	1,80	0,25	2.359
350	1000	2,31	240	0,55	0,55	3,74	1,79	0,25	2.357
350	1000	2,32	240	0,55	0,55	3,75	1,78	0,25	2.354
350	1000	2,33	240	0,55	0,55	3,76	1,78	0,25	2.352
350	1000	2,34	240	0,55	0,55	3,78	1,77	0,25	2.349
350	1000	2,35	240	0,55	0,55	3,79	1,76	0,25	2.346
350	1000	2,36	240	0,55	0,55	3,80	1,75	0,25	2.344
350	1000	2,37	240	0,55	0,55	3,81	1,75	0,25	2.341
350	1000	2,38	240	0,55	0,55	3,82	1,74	0,25	2.339
350	1000	2,39	240	0,55	0,55	3,84	1,73	0,25	2.336
350	1000	2,40	240	0,55	0,55	3,85	1,72	0,25	2.334
350	1000	2,41	240	0,55	0,55	3,86	1,72	0,25	2.332
350	1000	2,42	240	0,55	0,55	3,87	1,71	0,25	2.329
350	1000	2,43	240	0,55	0,55	3,88	1,70	0,25	2.327
350	1000	2,44	240	0,55	0,55	3,90	1,70	0,25	2.324
350	1000	2,45	240	0,55	0,55	3,91	1,69	0,25	2.322
350	1000	2,46	240	0,55	0,55	3,92	1,68	0,25	2.320
350	1000	2,47	240	0,55	0,55	3,93	1,67	0,25	2.317
350	1000	2,48	240	0,55	0,55	3,94	1,67	0,25	2.315

350	1000	2,49	240	0,55	0,55	3,96	1,66	0,25	2.313
350	1000	2,50	240	0,55	0,55	3,97	1,65	0,25	2.310
350	1000	2,51	240	0,55	0,55	3,98	1,65	0,25	2.308
350	1000	2,52	240	0,55	0,55	3,99	1,64	0,25	2.306
350	1000	2,53	240	0,55	0,55	4,00	1,63	0,25	2.304
350	1000	2,54	240	0,55	0,55	3,31	2,15	0,25	2.500
350	1000	2,55	240	0,55	0,55	4,03	1,62	0,25	2.299
350	1000	2,56	240	0,55	0,55	4,04	1,61	0,25	2.297
350	1000	2,57	240	0,55	0,55	4,05	1,61	0,25	2.295
350	1000	2,58	240	0,55	0,55	4,06	1,60	0,25	2.292
350	1000	2,59	240	0,55	0,55	4,08	1,60	0,25	2.290
350	1000	2,60	240	0,55	0,55	4,09	1,59	0,25	2.288
350	1000	2,61	240	0,55	0,55	4,10	1,58	0,25	2.286
350	1000	2,62	240	0,55	0,55	4,11	1,58	0,25	2.284
350	1000	2,63	240	0,55	0,55	4,12	1,57	0,25	2.282
350	1000	2,64	240	0,55	0,55	4,14	1,56	0,25	2.280
350	1000	2,65	240	0,55	0,55	4,15	1,56	0,25	2.278
350	1000	2,66	240	0,55	0,55	4,16	1,55	0,25	2.276
350	1000	2,67	240	0,55	0,55	4,17	1,55	0,25	2.274
350	1000	2,68	240	0,55	0,55	4,18	1,54	0,25	2.271
350	1000	2,69	240	0,55	0,55	4,20	1,53	0,25	2.269
350	1000	2,70	240	0,55	0,55	4,21	1,53	0,25	2.267
350	1000	2,71	240	0,55	0,55	4,22	1,52	0,25	2.265
350	1000	2,72	240	0,55	0,55	4,23	1,52	0,25	2.263
350	1000	2,73	240	0,55	0,55	4,24	1,51	0,25	2.261
350	1000	2,74	240	0,55	0,55	4,26	1,51	0,25	2.260
350	1000	2,75	240	0,55	0,55	4,27	1,50	0,25	2.258
350	1000	2,76	240	0,55	0,55	4,28	1,49	0,25	2.256
350	1000	2,77	240	0,55	0,55	4,29	1,49	0,25	2.254
350	1000	2,78	240	0,55	0,55	4,30	1,48	0,25	2.252
350	1000	2,79	240	0,55	0,55	4,32	1,48	0,25	2.250
350	1000	2,80	240	0,55	0,55	4,33	1,47	0,25	2.248
350	1000	2,81	240	0,55	0,55	4,34	1,47	0,25	2.246
350	1000	2,82	240	0,55	0,55	2,15	4,01	0,25	3.023
350	1000	2,83	240	0,55	0,55	4,36	1,46	0,25	2.242
350	1000	2,84	240	0,55	0,55	4,37	1,45	0,25	2.241
350	1000	2,85	240	0,55	0,55	4,39	1,45	0,25	2.239
350	1000	2,86	240	0,55	0,55	4,40	1,44	0,25	2.237
350	1000	2,87	240	0,55	0,55	4,41	1,44	0,25	2.235
350	1000	2,88	240	0,55	0,55	4,42	1,43	0,25	2.233
350	1000	2,89	240	0,55	0,55	4,43	1,43	0,25	2.232
350	1000	2,90	240	0,55	0,55	4,45	1,42	0,25	2.230
350	1000	2,91	240	0,55	0,55	4,46	1,42	0,25	2.228

350	1000	2,92	240	0,55	0,55	4,47	1,41	0,25	2.226
350	1000	2,93	240	0,55	0,55	4,48	1,41	0,25	2.224
350	1000	2,94	240	0,55	0,55	4,49	1,40	0,25	2.223
350	1000	2,95	240	0,55	0,55	4,51	1,40	0,25	2.221
350	1000	2,96	240	0,55	0,55	4,52	1,39	0,25	2.219
350	1000	2,97	240	0,55	0,55	4,53	1,39	0,25	2.218
350	1000	2,98	240	0,55	0,55	4,54	1,38	0,25	2.216
350	1000	2,99	240	0,55	0,55	4,55	1,38	0,25	2.214
350	1000	3,00	240	0,55	0,55	4,56	1,37	0,25	2.213
350	1000	3,01	240	0,55	0,55	4,58	1,37	0,25	2.211
350	1000	3,02	240	0,55	0,55	4,59	1,36	0,25	2.209
350	1000	3,03	240	0,55	0,55	4,60	1,36	0,25	2.208
350	1000	3,04	240	0,55	0,55	4,61	1,35	0,25	2.206
350	1000	3,05	240	0,55	0,55	4,62	1,35	0,25	2.204
350	1000	3,06	240	0,55	0,55	4,64	1,35	0,25	2.203
350	1000	3,07	240	0,55	0,55	4,65	1,34	0,25	2.201
350	1000	3,08	240	0,55	0,55	4,66	1,34	0,25	2.199
350	1000	3,09	240	0,55	0,55	4,67	1,33	0,25	2.198
350	1000	3,10	240	0,55	0,55	4,68	1,33	0,25	2.196
350	1000	3,11	240	0,55	0,55	4,59	1,37	0,25	2.226
350	1000	3,12	240	0,55	0,55	4,71	1,32	0,25	2.193
350	1000	3,13	240	0,55	0,55	4,72	1,31	0,25	2.192
350	1000	3,14	240	0,55	0,55	4,73	1,31	0,25	2.190
350	1000	3,15	240	0,55	0,55	4,74	1,31	0,25	2.189
350	1000	3,16	240	0,55	0,55	4,75	1,30	0,25	2.187
350	1000	3,17	240	0,55	0,55	4,77	1,30	0,25	2.186
350	1000	3,18	240	0,55	0,55	4,78	1,29	0,25	2.184
350	1000	3,19	240	0,55	0,55	4,79	1,29	0,25	2.183
350	1000	3,20	240	0,55	0,55	4,80	1,28	0,25	2.181
350	1000	3,21	240	0,55	0,55	4,81	1,28	0,25	2.180
350	1000	3,22	240	0,55	0,55	4,82	1,28	0,25	2.178
350	1000	3,23	240	0,55	0,55	4,84	1,27	0,25	2.177
350	1000	3,24	240	0,55	0,55	4,85	1,27	0,25	2.175
350	1000	3,25	240	0,55	0,55	4,86	1,26	0,25	2.174
350	1000	3,26	240	0,55	0,55	4,87	1,26	0,25	2.172
350	1000	3,27	240	0,55	0,55	4,88	1,26	0,25	2.171
350	1000	3,28	240	0,55	0,55	4,90	1,25	0,25	2.169
350	1000	3,29	240	0,55	0,55	4,91	1,25	0,25	2.168
350	1000	3,30	240	0,55	0,55	4,92	1,24	0,25	2.167
350	1000	3,31	240	0,55	0,55	4,93	1,24	0,25	2.165
350	1000	3,32	240	0,55	0,55	4,39	1,45	0,25	2.251
350	1000	3,33	240	0,55	0,55	4,95	1,23	0,25	2.162
350	1000	3,34	240	0,55	0,55	4,97	1,23	0,25	2.161

350	1000	3,35	240	0,55	0,55	4,98	1,23	0,25	2.160
350	1000	3,36	240	0,55	0,55	2,10	5,00	0,25	3.674
350	1000	3,37	240	0,55	0,55	5,00	1,22	0,25	2.157
350	1000	3,38	240	0,55	0,55	3,57	1,93	0,25	2.413
350	1000	3,39	240	0,55	0,55	5,00	1,22	0,25	2.157
350	1000	3,40	240	0,55	0,55	5,00	1,22	0,25	2.157
350	1000	1,00	101	0,55	0,55	5,00	3,15	0,38	8.583
350	1000	1,00	103	0,55	0,55	5,00	3,35	0,38	9.168
350	1000	1,00	104	0,55	0,55	3,61	5,00	0,39	9.887
350	1000	1,00	105	0,55	0,55	5,00	3,01	0,38	8.215
350	1000	1,00	106	0,55	0,55	5,00	2,98	0,38	8.127
350	1000	1,00	107	0,55	0,55	5,00	2,95	0,38	8.042
350	1000	1,00	108	0,55	0,55	5,00	2,96	0,39	8.352
350	1000	1,00	109	0,55	0,55	5,00	2,89	0,38	7.876
350	1000	1,00	110	0,55	0,55	4,18	3,77	0,39	8.650
350	1000	1,00	111	0,55	0,55	5,00	2,83	0,38	7.717
350	1000	1,00	112	0,55	0,55	5,00	2,80	0,38	7.640
350	1000	1,00	113	0,55	0,55	4,10	4,00	0,39	9.015
350	1000	1,00	114	0,55	0,55	5,00	2,75	0,38	7.490
350	1000	1,00	115	0,55	0,55	5,00	2,72	0,38	7.418
350	1000	1,00	116	0,55	0,55	5,00	2,70	0,38	7.346
350	1000	1,00	117	0,55	0,55	5,00	2,67	0,38	7.276
350	1000	1,00	118	0,55	0,55	5,00	2,65	0,38	7.207
350	1000	1,00	119	0,55	0,55	5,00	2,62	0,38	7.140
350	1000	1,00	120	0,55	0,55	5,00	2,60	0,38	7.074
350	1000	1,00	121	0,55	0,55	5,00	2,69	0,38	7.331
350	1000	1,00	122	0,55	0,55	5,00	2,55	0,38	6.945
350	1000	1,00	123	0,55	0,55	5,00	2,53	0,38	6.882
350	1000	1,00	124	0,55	0,55	4,05	3,95	0,39	8.793
350	1000	1,00	125	0,55	0,55	5,00	2,48	0,38	6.760
350	1000	1,00	126	0,55	0,55	4,97	2,48	0,38	6.711
350	1000	1,00	127	0,55	0,55	4,94	2,48	0,38	6.666
350	1000	1,00	128	0,55	0,55	4,90	2,48	0,38	6.621
350	1000	1,00	129	0,55	0,55	4,87	2,48	0,38	6.578
350	1000	1,00	130	0,55	0,55	4,84	2,48	0,38	6.535
350	1000	1,00	131	0,55	0,55	4,81	2,48	0,38	6.492
350	1000	1,00	132	0,55	0,55	4,77	2,49	0,38	6.451
350	1000	1,00	133	0,55	0,55	4,74	2,49	0,38	6.410
350	1000	1,00	134	0,55	0,55	5,00	2,89	0,39	7.970
350	1000	1,00	135	0,55	0,55	4,68	2,49	0,38	6.330
350	1000	1,00	136	0,55	0,55	3,82	4,00	0,38	8.363
350	1000	1,00	137	0,55	0,55	4,62	2,49	0,38	6.252
350	1000	1,00	138	0,55	0,55	4,59	2,49	0,38	6.214

350	1000	1,00	139	0,55	0,55	4,56	2,49	0,38	6.177
350	1000	1,00	140	0,55	0,55	4,53	2,49	0,38	6.140
350	1000	1,00	141	0,55	0,55	4,51	2,50	0,38	6.103
350	1000	1,00	142	0,55	0,55	4,48	2,50	0,38	6.068
350	1000	1,00	143	0,55	0,55	3,17	4,26	0,38	7.375
350	1000	1,00	144	0,55	0,55	4,42	2,50	0,38	5.998
350	1000	1,00	145	0,55	0,55	4,40	2,50	0,38	5.963
350	1000	1,00	146	0,55	0,55	4,37	2,50	0,38	5.929
350	1000	1,00	147	0,55	0,55	4,35	2,50	0,38	5.896
350	1000	1,00	148	0,55	0,55	3,05	4,32	0,38	7.175
350	1000	1,00	149	0,55	0,55	4,30	2,50	0,38	5.831
350	1000	1,00	150	0,55	0,55	4,27	2,50	0,38	5.799
350	1000	1,00	151	0,55	0,55	4,25	2,51	0,38	5.767
350	1000	1,00	152	0,55	0,55	4,22	2,51	0,38	5.736
350	1000	1,00	153	0,55	0,55	4,20	2,51	0,38	5.705
350	1000	1,00	154	0,55	0,55	4,18	2,51	0,38	5.675
350	1000	1,00	155	0,55	0,55	4,15	2,51	0,38	5.645
350	1000	1,00	156	0,55	0,55	4,13	2,51	0,38	5.615
350	1000	1,00	157	0,55	0,55	4,11	2,51	0,38	5.586
350	1000	1,00	158	0,55	0,55	4,09	2,51	0,38	5.557
350	1000	1,00	159	0,55	0,55	4,07	2,51	0,38	5.529
350	1000	1,00	160	0,55	0,55	4,04	2,51	0,38	5.501
350	1000	1,00	161	0,55	0,55	4,02	2,51	0,38	5.473
350	1000	1,00	162	0,55	0,55	4,00	2,51	0,38	5.446
350	1000	1,00	163	0,55	0,55	3,98	2,52	0,38	5.419
350	1000	1,00	164	0,55	0,55	3,96	2,52	0,38	5.392
350	1000	1,00	165	0,55	0,55	3,94	2,52	0,38	5.365
350	1000	1,00	166	0,55	0,55	3,92	2,52	0,38	5.339
350	1000	1,00	167	0,55	0,55	3,90	2,52	0,38	5.314
350	1000	1,00	168	0,55	0,55	3,88	2,52	0,38	5.288
350	1000	1,00	169	0,55	0,55	3,86	2,52	0,38	5.263
350	1000	1,00	170	0,55	0,55	3,85	2,52	0,38	5.238
350	1000	1,00	171	0,55	0,55	2,77	4,45	0,38	6.698
350	1000	1,00	172	0,55	0,55	3,81	2,52	0,38	5.189
350	1000	1,00	173	0,55	0,55	3,79	2,52	0,38	5.165
350	1000	1,00	174	0,55	0,55	3,77	2,52	0,38	5.141
350	1000	1,00	175	0,55	0,55	3,75	2,53	0,38	5.118
350	1000	1,00	176	0,55	0,55	3,74	2,53	0,38	5.095
350	1000	1,00	177	0,55	0,55	3,72	2,53	0,38	5.072
350	1000	1,00	178	0,55	0,55	3,70	2,53	0,38	5.049
350	1000	1,00	179	0,55	0,55	3,69	2,53	0,38	5.026
350	1000	1,00	180	0,55	0,55	3,67	2,53	0,38	5.004
350	1000	1,00	181	0,55	0,55	3,65	2,53	0,37	4.982

350	1000	1,00	182	0,55	0,55	3,64	2,53	0,37	4.961
350	1000	1,00	183	0,55	0,55	3,62	2,53	0,37	4.939
350	1000	1,00	184	0,55	0,55	3,60	2,53	0,37	4.918
350	1000	1,00	185	0,55	0,55	3,59	2,53	0,37	4.897
350	1000	1,00	186	0,55	0,55	3,57	2,53	0,37	4.876
350	1000	1,00	187	0,55	0,55	3,56	2,53	0,37	4.855
350	1000	1,00	188	0,55	0,55	3,54	2,53	0,37	4.835
350	1000	1,00	189	0,55	0,55	3,53	2,53	0,37	4.815
350	1000	1,00	190	0,55	0,55	3,51	2,54	0,37	4.795
350	1000	1,00	191	0,55	0,55	3,50	2,54	0,37	4.775
350	1000	1,00	192	0,55	0,55	3,48	2,54	0,37	4.755
350	1000	1,00	193	0,55	0,55	3,47	2,54	0,37	4.736
350	1000	1,00	194	0,55	0,55	5,00	2,45	0,39	6.874
350	1000	1,00	195	0,55	0,55	3,44	2,54	0,37	4.698
350	1000	1,00	196	0,55	0,55	3,42	2,54	0,37	4.679
350	1000	1,00	197	0,55	0,55	3,41	2,54	0,37	4.660
350	1000	1,00	198	0,55	0,55	3,40	2,54	0,37	4.642
350	1000	1,00	199	0,55	0,55	3,38	2,54	0,37	4.624
350	1000	1,00	200	0,55	0,55	3,37	2,54	0,37	4.606
350	1000	1,00	201	0,55	0,55	3,36	2,54	0,37	4.588
350	1000	1,00	202	0,55	0,55	3,34	2,54	0,37	4.570
350	1000	1,00	203	0,55	0,55	3,33	2,54	0,37	4.552
350	1000	1,00	204	0,55	0,55	3,68	2,29	0,43	5.318
350	1000	1,00	205	0,55	0,55	3,30	2,54	0,37	4.518
350	1000	1,00	206	0,55	0,55	3,29	2,54	0,37	4.501
350	1000	1,00	207	0,55	0,55	3,28	2,55	0,37	4.484
350	1000	1,00	208	0,55	0,55	3,27	2,55	0,37	4.467
350	1000	1,00	209	0,55	0,55	3,25	2,55	0,37	4.450
350	1000	1,00	210	0,55	0,55	3,24	2,55	0,37	4.434
350	1000	1,00	211	0,55	0,55	3,23	2,55	0,37	4.418
350	1000	1,00	212	0,55	0,55	3,22	2,55	0,37	4.402
350	1000	1,00	213	0,55	0,55	3,21	2,55	0,37	4.386
350	1000	1,00	214	0,55	0,55	3,19	2,55	0,37	4.370
350	1000	1,00	215	0,55	0,55	3,18	2,55	0,37	4.354
350	1000	1,00	216	0,55	0,55	3,17	2,55	0,37	4.338
350	1000	1,00	217	0,55	0,55	3,16	2,55	0,37	4.323
350	1000	1,00	218	0,55	0,55	3,15	2,55	0,37	4.308
350	1000	1,00	219	0,55	0,55	3,14	2,55	0,37	4.292
350	1000	1,00	220	0,55	0,55	2,43	3,76	0,38	4.968
350	1000	1,00	221	0,55	0,55	3,11	2,55	0,37	4.263
350	1000	1,00	222	0,55	0,55	3,10	2,55	0,37	4.248
350	1000	1,00	223	0,55	0,55	3,09	2,55	0,37	4.233
350	1000	1,00	224	0,55	0,55	3,08	2,55	0,37	4.219

350	1000	1,00	225	0,55	0,55	3,07	2,55	0,37	4.204
350	1000	1,00	226	0,55	0,55	3,06	2,55	0,37	4.190
350	1000	1,00	227	0,55	0,55	3,05	2,56	0,37	4.176
350	1000	1,00	228	0,55	0,55	3,04	2,56	0,37	4.162
350	1000	1,00	229	0,55	0,55	3,03	2,56	0,37	4.148
350	1000	1,00	230	0,55	0,55	3,02	2,56	0,37	4.134
350	1000	1,00	231	0,55	0,55	3,01	2,56	0,37	4.120
350	1000	1,00	232	0,55	0,55	3,00	2,56	0,37	4.107
350	1000	1,00	233	0,55	0,55	2,99	2,56	0,37	4.093
350	1000	1,00	234	0,55	0,55	2,98	2,56	0,37	4.080
350	1000	1,00	235	0,55	0,55	2,97	2,56	0,37	4.067
350	1000	1,00	236	0,55	0,55	2,96	2,56	0,37	4.053
350	1000	1,00	237	0,55	0,55	2,95	2,56	0,37	4.040
350	1000	1,00	238	0,55	0,55	2,94	2,56	0,37	4.027
350	1000	1,00	239	0,55	0,55	2,93	2,56	0,37	4.015
350	1000	1,00	240	0,55	0,55	2,92	2,56	0,37	4.002
350	1000	1,00	241	0,55	0,55	2,91	2,56	0,37	3.989
350	1000	1,00	242	0,55	0,55	2,90	2,56	0,37	3.977
350	1000	1,00	243	0,55	0,55	2,90	2,56	0,37	3.964
350	1000	1,00	244	0,55	0,55	2,89	2,56	0,37	3.952
350	1000	1,00	245	0,55	0,55	2,88	2,56	0,37	3.940
350	1000	1,00	246	0,55	0,55	2,87	2,56	0,37	3.927
350	1000	1,00	247	0,55	0,55	2,86	2,56	0,37	3.915
350	1000	1,00	248	0,55	0,55	2,85	2,56	0,37	3.903
350	1000	1,00	249	0,55	0,55	2,84	2,56	0,37	3.891
350	1000	1,00	250	0,55	0,55	2,83	2,56	0,37	3.880
350	1000	1,00	251	0,55	0,55	2,83	2,56	0,37	3.868
350	1000	1,00	252	0,55	0,55	2,82	2,56	0,37	3.856
350	1000	1,00	253	0,55	0,55	2,81	2,56	0,37	3.845
350	1000	1,00	254	0,55	0,55	2,80	2,57	0,37	3.833
350	1000	1,00	255	0,55	0,55	2,79	2,57	0,37	3.822
350	1000	1,00	256	0,55	0,55	2,78	2,57	0,37	3.811
350	1000	1,00	257	0,55	0,55	2,78	2,57	0,37	3.799
350	1000	1,00	258	0,55	0,55	2,77	2,57	0,37	3.788
350	1000	1,00	259	0,55	0,55	2,76	2,57	0,37	3.777
350	1000	1,00	260	0,55	0,55	2,75	2,57	0,37	3.766
350	1000	1,00	261	0,55	0,55	2,74	2,57	0,37	3.755
350	1000	1,00	262	0,55	0,55	2,74	2,57	0,37	3.745
350	1000	1,00	263	0,55	0,55	2,73	2,57	0,37	3.734
350	1000	1,00	264	0,55	0,55	2,72	2,57	0,37	3.723
350	1000	1,00	265	0,55	0,55	2,71	2,57	0,37	3.713
350	1000	1,00	266	0,55	0,55	2,70	2,57	0,37	3.702
350	1000	1,00	267	0,55	0,55	2,70	2,57	0,37	3.692

350	1000	1,00	268	0,55	0,55	2,69	2,57	0,37	3.681
350	1000	1,00	269	0,55	0,55	2,68	2,57	0,37	3.671
350	1000	1,00	270	0,55	0,55	2,68	2,57	0,37	3.661
350	1000	1,00	271	0,55	0,55	2,67	2,57	0,37	3.651
350	1000	1,00	272	0,55	0,55	2,66	2,57	0,37	3.641
350	1000	1,00	273	0,55	0,55	2,67	2,64	0,37	3.803
350	1000	1,00	274	0,55	0,55	2,65	2,57	0,37	3.621
350	1000	1,00	275	0,55	0,55	2,64	2,57	0,37	3.611
350	1000	1,00	276	0,55	0,55	2,63	2,57	0,37	3.601
350	1000	1,00	277	0,55	0,55	2,63	2,57	0,37	3.591
350	1000	1,00	278	0,55	0,55	2,62	2,57	0,37	3.581
350	1000	1,00	279	0,55	0,55	2,61	2,57	0,37	3.572
350	1000	1,00	280	0,55	0,55	2,60	2,57	0,37	3.562
350	1000	1,00	281	0,55	0,55	2,60	2,57	0,37	3.553
350	1000	1,00	282	0,55	0,55	2,59	2,57	0,37	3.543
350	1000	1,00	283	0,55	0,55	2,58	2,57	0,37	3.534
350	1000	1,00	284	0,55	0,55	2,58	2,57	0,37	3.525
350	1000	1,00	285	0,55	0,55	2,57	2,57	0,37	3.515
350	1000	1,00	286	0,55	0,55	2,56	2,57	0,37	3.506
350	1000	1,00	287	0,55	0,55	2,56	2,57	0,37	3.497
350	1000	1,00	288	0,55	0,55	2,55	2,57	0,37	3.488
350	1000	1,00	289	0,55	0,55	2,54	2,57	0,37	3.479
350	1000	1,00	290	0,55	0,55	2,54	2,57	0,37	3.470
350	1000	1,00	291	0,55	0,55	2,53	2,57	0,37	3.461
350	1000	1,00	292	0,55	0,55	2,53	2,57	0,37	3.452
350	1000	1,00	293	0,55	0,55	2,52	2,57	0,37	3.444
350	1000	1,00	294	0,55	0,55	2,51	2,57	0,37	3.435
350	1000	1,00	295	0,55	0,55	2,51	2,57	0,37	3.426
350	1000	1,00	296	0,55	0,55	2,50	2,57	0,37	3.417
350	1000	1,00	297	0,55	0,55	2,49	2,57	0,37	3.409
350	1000	1,00	298	0,55	0,55	2,49	2,57	0,37	3.400
350	1000	1,00	299	0,55	0,55	2,48	2,57	0,37	3.392
350	1000	1,00	300	0,55	0,55	2,48	2,58	0,37	3.384
350	1000	1,00	301	0,55	0,55	2,47	2,58	0,37	3.375
350	1000	1,00	302	0,55	0,55	2,46	2,58	0,37	3.367
350	1000	1,00	303	0,55	0,55	2,99	2,10	0,46	4.285
350	1000	1,00	304	0,55	0,55	2,45	2,58	0,37	3.350
350	1000	1,00	305	0,55	0,55	2,45	2,58	0,37	3.342
350	1000	1,00	306	0,55	0,55	2,44	2,58	0,37	3.334
350	1000	1,00	307	0,55	0,55	2,44	2,58	0,37	3.326
350	1000	1,00	308	0,55	0,55	2,43	2,58	0,37	3.318
350	1000	1,00	309	0,55	0,55	2,42	2,58	0,37	3.310
350	1000	1,00	310	0,55	0,55	2,42	2,58	0,37	3.302

350	1000	1,00	311	0,55	0,55	2,41	2,58	0,37	3.294
350	1000	1,00	312	0,55	0,55	2,41	2,58	0,37	3.286
350	1000	1,00	313	0,55	0,55	2,40	2,58	0,37	3.279
350	1000	1,00	314	0,55	0,55	2,40	2,58	0,37	3.271
350	1000	1,00	315	0,55	0,55	2,39	2,58	0,37	3.263
350	1000	1,00	316	0,55	0,55	2,39	2,58	0,37	3.255
350	1000	1,00	317	0,55	0,55	2,38	2,58	0,37	3.248
350	1000	1,00	318	0,55	0,55	2,38	2,58	0,37	3.240
350	1000	1,00	319	0,55	0,55	2,37	2,58	0,37	3.233
350	1000	1,00	320	0,55	0,55	2,36	2,58	0,37	3.225
350	1000	1,00	321	0,55	0,55	2,36	2,58	0,36	3.218
350	1000	1,00	322	0,55	0,55	2,35	2,58	0,36	3.210
350	1000	1,00	323	0,55	0,55	2,35	2,58	0,36	3.203
350	1000	1,00	324	0,55	0,55	2,34	2,58	0,36	3.196
350	1000	1,00	325	0,55	0,55	2,34	2,58	0,36	3.188
350	1000	1,00	326	0,55	0,55	2,33	2,58	0,36	3.181
350	1000	1,00	327	0,55	0,55	2,33	2,58	0,36	3.174
350	1000	1,00	328	0,55	0,55	2,32	2,58	0,36	3.167
350	1000	1,00	329	0,55	0,55	2,32	2,58	0,36	3.160
350	1000	1,00	330	0,55	0,55	2,31	2,58	0,36	3.153
350	1000	1,00	331	0,55	0,55	2,31	2,58	0,36	3.146
350	1000	1,00	332	0,55	0,55	2,30	2,58	0,36	3.139
350	1000	1,00	333	0,55	0,55	2,30	2,58	0,36	3.132
350	1000	1,00	334	0,55	0,55	2,29	2,58	0,36	3.125
350	1000	1,00	335	0,55	0,55	2,29	2,58	0,36	3.118
350	1000	1,00	336	0,55	0,55	2,28	2,58	0,36	3.111
350	1000	1,00	337	0,55	0,55	2,28	2,58	0,36	3.104
350	1000	1,00	338	0,55	0,55	2,28	2,58	0,36	3.097
350	1000	1,00	339	0,55	0,55	2,27	2,58	0,36	3.091
350	1000	1,00	340	0,55	0,55	2,27	2,58	0,36	3.084
350	1000	1,00	341	0,55	0,55	2,26	2,58	0,36	3.077
350	1000	1,00	342	0,55	0,55	2,26	2,58	0,36	3.071
350	1000	1,00	343	0,55	0,55	2,25	2,58	0,36	3.064
350	1000	1,00	344	0,55	0,55	2,25	2,58	0,36	3.057
350	1000	1,00	345	0,55	0,55	2,24	2,58	0,36	3.051
350	1000	1,00	346	0,55	0,55	2,24	2,58	0,36	3.044
350	1000	1,00	347	0,55	0,55	2,23	2,58	0,36	3.038
350	1000	1,00	348	0,55	0,55	2,23	2,58	0,36	3.032
350	1000	1,00	349	0,55	0,55	2,22	2,58	0,36	3.025
350	1000	1,00	350	0,55	0,55	2,22	2,58	0,36	3.019
350	1000	1,00	240	0,30	0,55	3,03	2,45	0,42	4.515
350	1000	1,00	240	0,31	0,55	3,02	2,45	0,42	4.509
350	1000	1,00	240	0,31	0,55	3,02	2,46	0,42	4.504

350	1000	1,00	240	0,31	0,55	3,02	2,46	0,42	4.498
350	1000	1,00	240	0,31	0,55	3,02	2,46	0,41	4.493
350	1000	1,00	240	0,32	0,55	3,02	2,46	0,41	4.487
350	1000	1,00	240	0,32	0,55	3,02	2,46	0,41	4.482
350	1000	1,00	240	0,32	0,55	3,02	2,46	0,41	4.476
350	1000	1,00	240	0,32	0,55	3,01	2,46	0,41	4.471
350	1000	1,00	240	0,33	0,55	3,01	2,46	0,41	4.465
350	1000	1,00	240	0,33	0,55	3,01	2,47	0,41	4.460
350	1000	1,00	240	0,33	0,55	3,01	2,47	0,41	4.454
350	1000	1,00	240	0,33	0,55	3,01	2,47	0,41	4.449
350	1000	1,00	240	0,34	0,55	3,01	2,47	0,41	4.443
350	1000	1,00	240	0,34	0,55	3,01	2,47	0,41	4.438
350	1000	1,00	240	0,34	0,55	3,01	2,47	0,41	4.432
350	1000	1,00	240	0,34	0,55	3,00	2,47	0,41	4.427
350	1000	1,00	240	0,35	0,55	3,00	2,48	0,41	4.421
350	1000	1,00	240	0,35	0,55	3,00	2,48	0,41	4.416
350	1000	1,00	240	0,35	0,55	3,00	2,48	0,41	4.410
350	1000	1,00	240	0,35	0,55	3,00	2,48	0,41	4.405
350	1000	1,00	240	0,36	0,55	3,00	2,48	0,41	4.400
350	1000	1,00	240	0,36	0,55	3,00	2,48	0,41	4.394
350	1000	1,00	240	0,36	0,55	3,00	2,48	0,41	4.389
350	1000	1,00	240	0,36	0,55	3,00	2,48	0,40	4.383
350	1000	1,00	240	0,37	0,55	2,99	2,49	0,40	4.378
350	1000	1,00	240	0,37	0,55	2,99	2,49	0,40	4.373
350	1000	1,00	240	0,37	0,55	2,99	2,49	0,40	4.367
350	1000	1,00	240	0,37	0,55	2,99	2,49	0,40	4.362
350	1000	1,00	240	0,38	0,55	2,99	2,49	0,40	4.357
350	1000	1,00	240	0,38	0,55	2,99	2,49	0,40	4.351
350	1000	1,00	240	0,38	0,55	2,99	2,49	0,40	4.346
350	1000	1,00	240	0,38	0,55	2,99	2,49	0,40	4.341
350	1000	1,00	240	0,39	0,55	2,98	2,49	0,40	4.335
350	1000	1,00	240	0,39	0,55	2,98	2,50	0,40	4.330
350	1000	1,00	240	0,39	0,55	2,98	2,50	0,40	4.325
350	1000	1,00	240	0,39	0,55	2,98	2,50	0,40	4.319
350	1000	1,00	240	0,40	0,55	2,98	2,50	0,40	4.314
350	1000	1,00	240	0,40	0,55	2,98	2,50	0,40	4.309
350	1000	1,00	240	0,40	0,55	2,98	2,50	0,40	4.304
350	1000	1,00	240	0,40	0,55	2,98	2,50	0,40	4.298
350	1000	1,00	240	0,41	0,55	2,98	2,50	0,40	4.293
350	1000	1,00	240	0,41	0,55	2,97	2,51	0,40	4.288
350	1000	1,00	240	0,41	0,55	2,97	2,51	0,40	4.283
350	1000	1,00	240	0,41	0,55	2,97	2,51	0,40	4.277
350	1000	1,00	240	0,42	0,55	2,97	2,51	0,39	4.272

350	1000	1,00	240	0,42	0,55	2,97	2,51	0,39	4.267
350	1000	1,00	240	0,42	0,55	2,97	2,51	0,39	4.262
350	1000	1,00	240	0,42	0,55	2,97	2,51	0,39	4.257
350	1000	1,00	240	0,43	0,55	2,97	2,51	0,39	4.251
350	1000	1,00	240	0,43	0,55	2,97	2,51	0,39	4.246
350	1000	1,00	240	0,43	0,55	2,97	2,52	0,39	4.241
350	1000	1,00	240	0,43	0,55	2,96	2,52	0,39	4.236
350	1000	1,00	240	0,44	0,55	2,96	2,52	0,39	4.231
350	1000	1,00	240	0,44	0,55	2,96	2,52	0,39	4.226
350	1000	1,00	240	0,44	0,55	2,96	2,52	0,39	4.220
350	1000	1,00	240	0,44	0,55	2,96	2,52	0,39	4.215
350	1000	1,00	240	0,45	0,55	2,96	2,52	0,39	4.210
350	1000	1,00	240	0,45	0,55	2,96	2,52	0,39	4.205
350	1000	1,00	240	0,45	0,55	2,96	2,52	0,39	4.200
350	1000	1,00	240	0,45	0,55	2,96	2,52	0,39	4.195
350	1000	1,00	240	0,46	0,55	2,96	2,53	0,39	4.190
350	1000	1,00	240	0,46	0,55	2,95	2,53	0,39	4.185
350	1000	1,00	240	0,46	0,55	2,95	2,53	0,39	4.180
350	1000	1,00	240	0,46	0,55	2,95	2,53	0,39	4.175
350	1000	1,00	240	0,47	0,55	2,95	2,53	0,39	4.170
350	1000	1,00	240	0,47	0,55	2,95	2,53	0,38	4.164
350	1000	1,00	240	0,47	0,55	2,95	2,53	0,38	4.159
350	1000	1,00	240	0,47	0,55	2,95	2,53	0,38	4.154
350	1000	1,00	240	0,48	0,55	2,95	2,53	0,38	4.149
350	1000	1,00	240	0,48	0,55	2,95	2,53	0,38	4.144
350	1000	1,00	240	0,48	0,55	2,95	2,54	0,38	4.139
350	1000	1,00	240	0,48	0,55	2,95	2,54	0,38	4.134
350	1000	1,00	240	0,49	0,55	2,94	2,54	0,38	4.129
350	1000	1,00	240	0,49	0,55	2,94	2,54	0,38	4.124
350	1000	1,00	240	0,49	0,55	2,94	2,54	0,38	4.119
350	1000	1,00	240	0,49	0,55	2,94	2,54	0,38	4.114
350	1000	1,00	240	0,50	0,55	2,94	2,54	0,38	4.109
350	1000	1,00	240	0,50	0,55	2,94	2,54	0,38	4.104
350	1000	1,00	240	0,50	0,55	2,94	2,54	0,38	4.099
350	1000	1,00	240	0,50	0,55	2,94	2,54	0,38	4.094
350	1000	1,00	240	0,51	0,55	2,94	2,54	0,38	4.090
350	1000	1,00	240	0,51	0,55	2,94	2,55	0,38	4.085
350	1000	1,00	240	0,51	0,55	2,94	2,55	0,38	4.080
350	1000	1,00	240	0,51	0,55	2,93	2,55	0,38	4.075
350	1000	1,00	240	0,52	0,55	2,93	2,55	0,38	4.070
350	1000	1,00	240	0,52	0,55	2,93	2,55	0,38	4.065
350	1000	1,00	240	0,52	0,55	2,93	2,55	0,38	4.060
350	1000	1,00	240	0,52	0,55	2,93	2,55	0,38	4.055

350	1000	1,00	240	0,53	0,55	2,93	2,55	0,37	4.050
350	1000	1,00	240	0,53	0,55	2,93	2,55	0,37	4.045
350	1000	1,00	240	0,53	0,55	2,93	2,55	0,37	4.040
350	1000	1,00	240	0,53	0,55	2,93	2,55	0,37	4.036
350	1000	1,00	240	0,54	0,55	2,93	2,56	0,37	4.031
350	1000	1,00	240	0,54	0,55	2,93	2,56	0,37	4.026
350	1000	1,00	240	0,54	0,55	2,93	2,56	0,37	4.021
350	1000	1,00	240	0,54	0,55	2,93	2,56	0,37	4.016
350	1000	1,00	240	0,55	0,55	2,92	2,56	0,37	4.011
350	1000	1,00	240	0,55	0,55	2,92	2,56	0,37	4.007
350	1000	1,00	240	0,55	0,55	2,92	2,56	0,37	4.002
350	1000	1,00	240	0,55	0,55	2,92	2,56	0,37	3.997
350	1000	1,00	240	0,56	0,55	2,92	2,56	0,37	3.992
350	1000	1,00	240	0,56	0,55	2,92	2,56	0,37	3.987
350	1000	1,00	240	0,56	0,55	2,92	2,56	0,37	3.983
350	1000	1,00	240	0,56	0,55	2,92	2,56	0,37	3.978
350	1000	1,00	240	0,57	0,55	2,92	2,57	0,37	3.973
350	1000	1,00	240	0,57	0,55	2,92	2,57	0,37	3.968
350	1000	1,00	240	0,57	0,55	2,92	2,57	0,37	3.963
350	1000	1,00	240	0,57	0,55	2,92	2,57	0,37	3.959
350	1000	1,00	240	0,58	0,55	2,92	2,57	0,37	3.954
350	1000	1,00	240	0,58	0,55	2,91	2,57	0,37	3.949
350	1000	1,00	240	0,58	0,55	3,59	2,37	0,40	4.902
350	1000	1,00	240	0,58	0,55	2,91	2,57	0,36	3.940
350	1000	1,00	240	0,59	0,55	2,91	2,57	0,36	3.935
350	1000	1,00	240	0,59	0,55	2,91	2,57	0,36	3.930
350	1000	1,00	240	0,59	0,55	2,91	2,57	0,36	3.926
350	1000	1,00	240	0,59	0,55	2,91	2,57	0,36	3.921
350	1000	1,00	240	0,60	0,55	2,91	2,57	0,36	3.916
350	1000	1,00	240	0,60	0,55	2,91	2,57	0,36	3.912
350	1000	1,00	240	0,60	0,55	2,91	2,58	0,36	3.907
350	1000	1,00	240	0,60	0,55	2,91	2,58	0,36	3.902
350	1000	1,00	240	0,61	0,55	2,91	2,58	0,36	3.898
350	1000	1,00	240	0,61	0,55	2,91	2,58	0,36	3.893
350	1000	1,00	240	0,61	0,55	2,91	2,58	0,36	3.888
350	1000	1,00	240	0,61	0,55	2,91	2,58	0,36	3.884
350	1000	1,00	240	0,62	0,55	2,91	2,58	0,36	3.879
350	1000	1,00	240	0,62	0,55	2,90	2,58	0,36	3.874
350	1000	1,00	240	0,62	0,55	2,90	2,58	0,36	3.870
350	1000	1,00	240	0,62	0,55	2,90	2,58	0,36	3.865
350	1000	1,00	240	0,63	0,55	2,90	2,58	0,36	3.860
350	1000	1,00	240	0,63	0,55	2,90	2,58	0,36	3.856
350	1000	1,00	240	0,63	0,55	2,90	2,58	0,36	3.851

350	1000	1,00	240	0,63	0,55	2,90	2,58	0,36	3.847
350	1000	1,00	240	0,64	0,55	2,90	2,58	0,36	3.842
350	1000	1,00	240	0,64	0,55	2,90	2,59	0,36	3.837
350	1000	1,00	240	0,64	0,55	2,90	2,59	0,36	3.833
350	1000	1,00	240	0,64	0,55	2,90	2,59	0,36	3.828
350	1000	1,00	240	0,65	0,55	2,90	2,59	0,35	3.824
350	1000	1,00	240	0,65	0,55	2,90	2,59	0,35	3.819
350	1000	1,00	240	0,65	0,55	2,90	2,59	0,35	3.815
350	1000	1,00	240	0,65	0,55	2,90	2,59	0,35	3.810
350	1000	1,00	240	0,66	0,55	2,90	2,59	0,35	3.806
350	1000	1,00	240	0,66	0,55	2,90	2,59	0,35	3.801
350	1000	1,00	240	0,66	0,55	2,89	2,59	0,35	3.796
350	1000	1,00	240	0,66	0,55	2,89	2,59	0,35	3.792
350	1000	1,00	240	0,67	0,55	2,89	2,59	0,35	3.787
350	1000	1,00	240	0,67	0,55	2,89	2,59	0,35	3.783
350	1000	1,00	240	0,67	0,55	2,89	2,59	0,35	3.778
350	1000	1,00	240	0,67	0,55	2,89	2,59	0,35	3.774
350	1000	1,00	240	0,68	0,55	2,89	2,59	0,35	3.769
350	1000	1,00	240	0,68	0,55	2,89	2,59	0,35	3.765
350	1000	1,00	240	0,68	0,55	2,89	2,59	0,35	3.760
350	1000	1,00	240	0,68	0,55	2,89	2,59	0,35	3.756
350	1000	1,00	240	0,69	0,55	2,89	2,60	0,35	3.752
350	1000	1,00	240	0,69	0,55	2,89	2,60	0,35	3.747
350	1000	1,00	240	0,69	0,55	2,89	2,60	0,35	3.743
350	1000	1,00	240	0,69	0,55	2,89	2,60	0,35	3.738
350	1000	1,00	240	0,70	0,55	2,89	2,60	0,35	3.734
350	1000	1,00	240	0,70	0,55	2,89	2,60	0,35	3.729
350	1000	1,00	240	0,70	0,55	2,89	2,60	0,35	3.725
350	1000	1,00	240	0,70	0,55	2,89	2,60	0,35	3.721
350	1000	1,00	240	0,71	0,55	2,89	2,60	0,35	3.716
350	1000	1,00	240	0,71	0,55	2,89	2,60	0,34	3.712
350	1000	1,00	240	0,71	0,55	2,88	2,60	0,34	3.707
350	1000	1,00	240	0,71	0,55	2,88	2,60	0,34	3.703
350	1000	1,00	240	0,72	0,55	2,88	2,60	0,34	3.699
350	1000	1,00	240	0,72	0,55	2,88	2,60	0,34	3.694
350	1000	1,00	240	0,72	0,55	2,88	2,60	0,34	3.690
350	1000	1,00	240	0,72	0,55	2,88	2,60	0,34	3.685
350	1000	1,00	240	0,73	0,55	2,88	2,60	0,34	3.681
350	1000	1,00	240	0,73	0,55	2,88	2,60	0,34	3.677
350	1000	1,00	240	0,73	0,55	2,88	2,60	0,34	3.672
350	1000	1,00	240	0,73	0,55	2,88	2,60	0,34	3.668
350	1000	1,00	240	0,74	0,55	2,88	2,60	0,34	3.664
350	1000	1,00	240	0,74	0,55	2,88	2,60	0,34	3.659

350	1000	1,00	240	0,74	0,55	2,88	2,61	0,34	3.655
350	1000	1,00	240	0,74	0,55	2,88	2,61	0,34	3.651
350	1000	1,00	240	0,75	0,55	2,88	2,61	0,34	3.646
350	1000	1,00	240	0,75	0,55	2,88	2,61	0,34	3.642
350	1000	1,00	240	0,75	0,55	2,88	2,61	0,34	3.638
350	1000	1,00	240	0,75	0,55	2,88	2,61	0,34	3.633
350	1000	1,00	240	0,76	0,55	2,88	2,61	0,34	3.629
350	1000	1,00	240	0,76	0,55	2,88	2,61	0,34	3.625
350	1000	1,00	240	0,76	0,55	2,88	2,61	0,34	3.621
350	1000	1,00	240	0,76	0,55	2,88	2,61	0,34	3.616
350	1000	1,00	240	0,77	0,55	2,88	2,61	0,34	3.612
350	1000	1,00	240	0,77	0,55	2,88	2,61	0,34	3.608
350	1000	1,00	240	0,77	0,55	2,88	2,61	0,34	3.603
350	1000	1,00	240	0,77	0,55	2,88	2,61	0,34	3.599
350	1000	1,00	240	0,78	0,55	2,88	2,61	0,33	3.595
350	1000	1,00	240	0,78	0,55	2,87	2,61	0,33	3.591
350	1000	1,00	240	0,78	0,55	2,87	2,61	0,33	3.587
350	1000	1,00	240	0,78	0,55	2,87	2,61	0,33	3.582
350	1000	1,00	240	0,79	0,55	2,87	2,61	0,33	3.578
350	1000	1,00	240	0,79	0,55	2,87	2,61	0,33	3.574
350	1000	1,00	240	0,79	0,55	2,87	2,61	0,33	3.570
350	1000	1,00	240	0,79	0,55	2,87	2,61	0,33	3.565
350	1000	1,00	240	0,80	0,55	2,87	2,61	0,33	3.561
350	1000	1,00	240	0,80	0,55	2,87	2,61	0,33	3.557
350	1000	1,00	240	0,80	0,55	2,87	2,61	0,33	3.553
350	1000	1,00	240	0,80	0,55	2,87	2,61	0,33	3.549
350	1000	1,00	240	0,81	0,55	2,87	2,61	0,33	3.545
350	1000	1,00	240	0,81	0,55	2,87	2,61	0,33	3.540
350	1000	1,00	240	0,81	0,55	2,87	2,61	0,33	3.536
350	1000	1,00	240	0,81	0,55	2,87	2,61	0,33	3.532
350	1000	1,00	240	0,82	0,55	2,87	2,61	0,33	3.528
350	1000	1,00	240	0,82	0,55	2,87	2,61	0,33	3.524
350	1000	1,00	240	0,82	0,55	2,87	2,61	0,33	3.520
350	1000	1,00	240	0,82	0,55	2,87	2,61	0,33	3.515
350	1000	1,00	240	0,83	0,55	2,87	2,61	0,33	3.511
350	1000	1,00	240	0,83	0,55	2,87	2,61	0,33	3.507
350	1000	1,00	240	0,83	0,55	2,87	2,61	0,33	3.503
350	1000	1,00	240	0,83	0,55	2,87	2,62	0,33	3.499
350	1000	1,00	240	0,84	0,55	2,87	2,62	0,33	3.495
350	1000	1,00	240	0,84	0,55	2,87	2,62	0,33	3.491
350	1000	1,00	240	0,84	0,55	2,87	2,62	0,33	3.487
350	1000	1,00	240	0,84	0,55	2,87	2,62	0,33	3.483
350	1000	1,00	240	0,85	0,55	2,87	2,62	0,32	3.479

350	1000	1,00	240	0,85	0,55	2,87	2,62	0,32	3.474
350	1000	1,00	240	0,85	0,55	2,87	2,62	0,32	3.470
350	1000	1,00	240	0,85	0,55	2,87	2,62	0,32	3.466
350	1000	1,00	240	0,86	0,55	2,87	2,62	0,32	3.462
350	1000	1,00	240	0,86	0,55	2,87	2,62	0,32	3.458
350	1000	1,00	240	0,86	0,55	2,87	2,62	0,32	3.454
350	1000	1,00	240	0,86	0,55	3,16	2,76	0,33	4.079
350	1000	1,00	240	0,87	0,55	2,87	2,62	0,32	3.446
350	1000	1,00	240	0,87	0,55	2,87	2,62	0,32	3.442
350	1000	1,00	240	0,87	0,55	2,87	2,62	0,32	3.438
350	1000	1,00	240	0,87	0,55	2,87	2,62	0,32	3.434
350	1000	1,00	240	0,88	0,55	2,87	2,62	0,32	3.430
350	1000	1,00	240	0,88	0,55	2,87	2,62	0,32	3.426
350	1000	1,00	240	0,88	0,55	2,87	2,62	0,32	3.422
350	1000	1,00	240	0,88	0,55	2,87	2,62	0,32	3.418
350	1000	1,00	240	0,89	0,55	2,87	2,62	0,32	3.414
350	1000	1,00	240	0,89	0,55	2,87	2,62	0,32	3.410
350	1000	1,00	240	0,89	0,55	2,86	2,62	0,32	3.406
350	1000	1,00	240	0,89	0,55	2,86	2,62	0,32	3.402
350	1000	1,00	240	0,90	0,55	2,86	2,62	0,32	3.398
350	1000	1,00	240	0,90	0,55	2,86	2,62	0,32	3.394
350	1000	1,00	240	0,90	0,55	2,86	2,62	0,32	3.390
350	1000	1,00	240	0,90	0,55	2,86	2,62	0,32	3.386
350	1000	1,00	240	0,91	0,55	2,86	2,62	0,32	3.382
350	1000	1,00	240	0,91	0,55	2,86	2,62	0,32	3.378
350	1000	1,00	240	0,91	0,55	2,86	2,62	0,32	3.374
350	1000	1,00	240	0,91	0,55	2,86	2,62	0,32	3.370
350	1000	1,00	240	0,92	0,55	2,86	2,62	0,32	3.366
350	1000	1,00	240	0,92	0,55	2,86	2,62	0,31	3.362
350	1000	1,00	240	0,92	0,55	2,86	2,62	0,31	3.359
350	1000	1,00	240	0,92	0,55	2,86	2,62	0,31	3.355
350	1000	1,00	240	0,93	0,55	2,86	2,62	0,31	3.351
350	1000	1,00	240	0,55	0,30	3,23	2,24	0,42	4.398
350	1000	1,00	240	0,55	0,31	3,23	2,24	0,42	4.393
350	1000	1,00	240	0,55	0,31	3,22	2,24	0,42	4.389
350	1000	1,00	240	0,55	0,31	3,22	2,25	0,41	4.384
350	1000	1,00	240	0,55	0,31	3,22	2,25	0,41	4.380
350	1000	1,00	240	0,55	0,32	3,21	2,25	0,41	4.375
350	1000	1,00	240	0,55	0,32	3,21	2,26	0,41	4.371
350	1000	1,00	240	0,55	0,32	3,21	2,26	0,41	4.367
350	1000	1,00	240	0,55	0,32	3,20	2,26	0,41	4.362
350	1000	1,00	240	0,55	0,33	3,20	2,26	0,41	4.358
350	1000	1,00	240	0,55	0,33	3,20	2,27	0,41	4.353

350	1000	1,00	240	0,55	0,33	3,19	2,27	0,41	4.349
350	1000	1,00	240	0,55	0,33	3,19	2,27	0,41	4.345
350	1000	1,00	240	0,55	0,34	3,19	2,28	0,41	4.340
350	1000	1,00	240	0,55	0,34	3,18	2,28	0,41	4.336
350	1000	1,00	240	0,55	0,34	3,18	2,28	0,41	4.332
350	1000	1,00	240	0,55	0,34	3,18	2,29	0,41	4.327
350	1000	1,00	240	0,55	0,35	3,17	2,29	0,41	4.323
350	1000	1,00	240	0,55	0,35	3,17	2,29	0,41	4.319
350	1000	1,00	240	0,55	0,35	3,17	2,30	0,41	4.315
350	1000	1,00	240	0,55	0,35	3,16	2,30	0,41	4.310
350	1000	1,00	240	0,55	0,36	3,16	2,30	0,41	4.306
350	1000	1,00	240	0,55	0,36	3,16	2,31	0,41	4.302
350	1000	1,00	240	0,55	0,36	3,15	2,31	0,40	4.298
350	1000	1,00	240	0,55	0,36	3,15	2,31	0,40	4.293
350	1000	1,00	240	0,55	0,37	3,15	2,32	0,40	4.289
350	1000	1,00	240	0,55	0,37	3,14	2,32	0,40	4.285
350	1000	1,00	240	0,55	0,37	3,14	2,32	0,40	4.281
350	1000	1,00	240	0,55	0,37	3,14	2,33	0,40	4.277
350	1000	1,00	240	0,55	0,38	3,13	2,33	0,40	4.272
350	1000	1,00	240	0,55	0,38	3,13	2,33	0,40	4.268
350	1000	1,00	240	0,55	0,38	3,13	2,34	0,40	4.264
350	1000	1,00	240	0,55	0,38	3,13	2,34	0,40	4.260
350	1000	1,00	240	0,55	0,39	3,12	2,34	0,40	4.256
350	1000	1,00	240	0,55	0,39	3,12	2,34	0,40	4.252
350	1000	1,00	240	0,55	0,39	3,12	2,35	0,40	4.247
350	1000	1,00	240	0,55	0,39	3,11	2,35	0,40	4.243
350	1000	1,00	240	0,55	0,40	3,11	2,35	0,40	4.239
350	1000	1,00	240	0,55	0,40	3,11	2,36	0,40	4.235
350	1000	1,00	240	0,55	0,40	3,10	2,36	0,40	4.231
350	1000	1,00	240	0,55	0,40	3,10	2,36	0,40	4.227
350	1000	1,00	240	0,55	0,41	3,10	2,37	0,40	4.223
350	1000	1,00	240	0,55	0,41	3,09	2,37	0,40	4.219
350	1000	1,00	240	0,55	0,41	3,09	2,37	0,40	4.215
350	1000	1,00	240	0,55	0,41	3,09	2,38	0,39	4.211
350	1000	1,00	240	0,55	0,42	3,08	2,38	0,39	4.207
350	1000	1,00	240	0,55	0,42	3,08	2,38	0,39	4.203
350	1000	1,00	240	0,55	0,42	3,08	2,39	0,39	4.199
350	1000	1,00	240	0,55	0,42	3,07	2,39	0,39	4.195
350	1000	1,00	240	0,55	0,43	3,07	2,39	0,39	4.191
350	1000	1,00	240	0,55	0,43	3,07	2,40	0,39	4.187
350	1000	1,00	240	0,55	0,43	3,07	2,40	0,39	4.183
350	1000	1,00	240	0,55	0,43	3,06	2,40	0,39	4.179
350	1000	1,00	240	0,55	0,44	3,06	2,41	0,39	4.175

350	1000	1,00	240	0,55	0,44	3,06	2,41	0,39	4.171
350	1000	1,00	240	0,55	0,44	3,05	2,41	0,39	4.167
350	1000	1,00	240	0,55	0,44	3,05	2,42	0,39	4.163
350	1000	1,00	240	0,55	0,45	3,05	2,42	0,39	4.159
350	1000	1,00	240	0,55	0,45	3,04	2,42	0,39	4.155
350	1000	1,00	240	0,55	0,45	3,04	2,43	0,39	4.151
350	1000	1,00	240	0,55	0,45	3,04	2,43	0,39	4.147
350	1000	1,00	240	0,55	0,46	3,03	2,43	0,39	4.143
350	1000	1,00	240	0,55	0,46	3,03	2,44	0,39	4.140
350	1000	1,00	240	0,55	0,46	3,03	2,44	0,39	4.136
350	1000	1,00	240	0,55	0,46	3,03	2,44	0,39	4.132
350	1000	1,00	240	0,55	0,47	3,02	2,45	0,39	4.128
350	1000	1,00	240	0,55	0,47	3,02	2,45	0,38	4.124
350	1000	1,00	240	0,55	0,47	3,02	2,45	0,38	4.120
350	1000	1,00	240	0,55	0,47	3,01	2,46	0,38	4.116
350	1000	1,00	240	0,55	0,48	3,01	2,46	0,38	4.113
350	1000	1,00	240	0,55	0,48	3,01	2,46	0,38	4.109
350	1000	1,00	240	0,55	0,48	3,00	2,47	0,38	4.105
350	1000	1,00	240	0,55	0,48	3,00	2,47	0,38	4.101
350	1000	1,00	240	0,55	0,49	3,00	2,47	0,38	4.097
350	1000	1,00	240	0,55	0,49	3,00	2,48	0,38	4.094
350	1000	1,00	240	0,55	0,49	2,99	2,48	0,38	4.090
350	1000	1,00	240	0,55	0,49	2,99	2,48	0,38	4.086
350	1000	1,00	240	0,55	0,50	2,99	2,49	0,38	4.082
350	1000	1,00	240	0,55	0,50	2,98	2,49	0,38	4.079
350	1000	1,00	240	0,55	0,50	2,98	2,49	0,38	4.075
350	1000	1,00	240	0,55	0,50	2,98	2,50	0,38	4.071
350	1000	1,00	240	0,55	0,51	2,97	2,50	0,38	4.067
350	1000	1,00	240	0,55	0,51	2,97	2,50	0,38	4.064
350	1000	1,00	240	0,55	0,51	2,97	2,51	0,38	4.060
350	1000	1,00	240	0,55	0,51	2,97	2,51	0,38	4.056
350	1000	1,00	240	0,55	0,52	2,96	2,51	0,38	4.053
350	1000	1,00	240	0,55	0,52	2,96	2,52	0,38	4.049
350	1000	1,00	240	0,55	0,52	2,96	2,52	0,38	4.045
350	1000	1,00	240	0,55	0,52	2,95	2,52	0,38	4.042
350	1000	1,00	240	0,55	0,53	2,95	2,53	0,37	4.038
350	1000	1,00	240	0,55	0,53	2,95	2,53	0,37	4.034
350	1000	1,00	240	0,55	0,53	2,95	2,53	0,37	4.031
350	1000	1,00	240	0,55	0,53	2,94	2,54	0,37	4.027
350	1000	1,00	240	0,55	0,54	2,94	2,54	0,37	4.023
350	1000	1,00	240	0,55	0,54	2,94	2,54	0,37	4.020
350	1000	1,00	240	0,55	0,54	2,93	2,55	0,37	4.016
350	1000	1,00	240	0,55	0,54	2,93	2,55	0,37	4.013

350	1000	1,00	240	0,55	0,55	2,93	2,55	0,37	4.009
350	1000	1,00	240	0,55	0,55	2,93	2,56	0,37	4.005
350	1000	1,00	240	0,55	0,55	2,92	2,56	0,37	4.002
350	1000	1,00	240	0,55	0,55	2,92	2,56	0,37	3.998
350	1000	1,00	240	0,55	0,56	2,92	2,57	0,37	3.995
350	1000	1,00	240	0,55	0,56	2,91	2,57	0,37	3.991
350	1000	1,00	240	0,55	0,56	2,91	2,57	0,37	3.988
350	1000	1,00	240	0,55	0,56	2,91	2,58	0,37	3.984
350	1000	1,00	240	0,55	0,57	2,91	2,58	0,37	3.980
350	1000	1,00	240	0,55	0,57	2,90	2,58	0,37	3.977
350	1000	1,00	240	0,55	0,57	2,90	2,59	0,37	3.973
350	1000	1,00	240	0,55	0,57	2,90	2,59	0,37	3.970
350	1000	1,00	240	0,55	0,58	2,89	2,59	0,37	3.966
350	1000	1,00	240	0,55	0,58	2,89	2,60	0,37	3.963
350	1000	1,00	240	0,55	0,58	2,89	2,60	0,37	3.959
350	1000	1,00	240	0,55	0,58	2,89	2,60	0,37	3.956
350	1000	1,00	240	0,55	0,59	2,88	2,61	0,36	3.952
350	1000	1,00	240	0,55	0,59	2,88	2,61	0,36	3.949
350	1000	1,00	240	0,55	0,59	2,88	2,61	0,36	3.945
350	1000	1,00	240	0,55	0,59	2,88	2,62	0,36	3.942
350	1000	1,00	240	0,55	0,60	2,87	2,62	0,36	3.939
350	1000	1,00	240	0,55	0,60	2,87	2,63	0,36	3.935
350	1000	1,00	240	0,55	0,60	2,87	2,63	0,36	3.932
350	1000	1,00	240	0,55	0,60	2,86	2,63	0,36	3.928
350	1000	1,00	240	0,55	0,61	2,86	2,64	0,36	3.925
350	1000	1,00	240	0,55	0,61	2,86	2,64	0,36	3.921
350	1000	1,00	240	0,55	0,61	2,86	2,64	0,36	3.918
350	1000	1,00	240	0,55	0,61	2,85	2,65	0,36	3.915
350	1000	1,00	240	0,55	0,62	2,85	2,65	0,36	3.911
350	1000	1,00	240	0,55	0,62	2,85	2,65	0,36	3.908
350	1000	1,00	240	0,55	0,62	2,85	2,66	0,36	3.904
350	1000	1,00	240	0,55	0,62	2,84	2,66	0,36	3.901
350	1000	1,00	240	0,55	0,63	2,84	2,66	0,36	3.898
350	1000	1,00	240	0,55	0,63	2,84	2,67	0,36	3.894
350	1000	1,00	240	0,55	0,63	2,83	2,67	0,36	3.891
350	1000	1,00	240	0,55	0,63	2,83	2,67	0,36	3.888
350	1000	1,00	240	0,55	0,64	2,83	2,68	0,36	3.884
350	1000	1,00	240	0,55	0,64	2,83	2,68	0,36	3.881
350	1000	1,00	240	0,55	0,64	2,82	2,68	0,36	3.878
350	1000	1,00	240	0,55	0,64	2,82	2,69	0,36	3.874
350	1000	1,00	240	0,55	0,65	2,82	2,69	0,35	3.871
350	1000	1,00	240	0,55	0,65	2,82	2,69	0,35	3.868
350	1000	1,00	240	0,55	0,65	2,81	2,70	0,35	3.865

350	1000	1,00	240	0,55	0,65	2,81	2,70	0,35	3.861
350	1000	1,00	240	0,55	0,66	2,81	2,70	0,35	3.858
350	1000	1,00	240	0,55	0,66	2,81	2,71	0,35	3.855
350	1000	1,00	240	0,55	0,66	2,80	2,71	0,35	3.851
350	1000	1,00	240	0,55	0,66	2,80	2,72	0,35	3.848
350	1000	1,00	240	0,55	0,67	2,80	2,72	0,35	3.845
350	1000	1,00	240	0,55	0,67	2,79	2,72	0,35	3.842
350	1000	1,00	240	0,55	0,67	2,79	2,73	0,35	3.838
350	1000	1,00	240	0,55	0,67	2,79	2,73	0,35	3.835
350	1000	1,00	240	0,55	0,68	2,79	2,73	0,35	3.832
350	1000	1,00	240	0,55	0,68	2,78	2,74	0,35	3.829
350	1000	1,00	240	0,55	0,68	2,78	2,74	0,35	3.826
350	1000	1,00	240	0,55	0,68	2,78	2,74	0,35	3.822
350	1000	1,00	240	0,55	0,69	2,78	2,75	0,35	3.819
350	1000	1,00	240	0,55	0,69	2,77	2,75	0,35	3.816
350	1000	1,00	240	0,55	0,69	2,77	2,75	0,35	3.813
350	1000	1,00	240	0,55	0,69	2,77	2,76	0,35	3.810
350	1000	1,00	240	0,55	0,70	2,77	2,76	0,35	3.806
350	1000	1,00	240	0,55	0,70	2,76	2,76	0,35	3.803
350	1000	1,00	240	0,55	0,70	2,76	2,77	0,35	3.800
350	1000	1,00	240	0,55	0,70	2,76	2,77	0,35	3.797
350	1000	1,00	240	0,55	0,71	2,76	2,78	0,35	3.794
350	1000	1,00	240	0,55	0,71	2,75	2,78	0,35	3.791
350	1000	1,00	240	0,55	0,71	2,75	2,78	0,35	3.788
350	1000	1,00	240	0,55	0,71	2,75	2,79	0,34	3.784
350	1000	1,00	240	0,55	0,72	2,75	2,79	0,34	3.781
350	1000	1,00	240	0,55	0,72	2,74	2,79	0,34	3.778
350	1000	1,00	240	0,55	0,72	2,74	2,80	0,34	3.775
350	1000	1,00	240	0,55	0,72	2,74	2,80	0,34	3.772
350	1000	1,00	240	0,55	0,73	2,74	2,80	0,34	3.769
350	1000	1,00	240	0,55	0,73	2,73	2,81	0,34	3.766
350	1000	1,00	240	0,55	0,73	2,73	2,81	0,34	3.763
350	1000	1,00	240	0,55	0,73	2,73	2,81	0,34	3.760
350	1000	1,00	240	0,55	0,74	2,73	2,82	0,34	3.757
350	1000	1,00	240	0,55	0,74	2,72	2,82	0,34	3.753
350	1000	1,00	240	0,55	0,74	2,72	2,83	0,34	3.750
350	1000	1,00	240	0,55	0,74	2,72	2,83	0,34	3.747
350	1000	1,00	240	0,55	0,75	2,72	2,83	0,34	3.744
350	1000	1,00	240	0,55	0,75	2,71	2,84	0,34	3.741
350	1000	1,00	240	0,55	0,75	2,71	2,84	0,34	3.738
350	1000	1,00	240	0,55	0,75	2,71	2,84	0,34	3.735
350	1000	1,00	240	0,55	0,76	2,71	2,85	0,34	3.732
350	1000	1,00	240	0,55	0,76	2,70	2,85	0,34	3.729

350	1000	1,00	240	0,55	0,76	2,70	2,85	0,34	3.726
350	1000	1,00	240	0,55	0,76	2,70	2,86	0,34	3.723
350	1000	1,00	240	0,55	0,77	2,70	2,86	0,34	3.720
350	1000	1,00	240	0,55	0,77	2,69	2,86	0,34	3.717
350	1000	1,00	240	0,55	0,77	2,69	2,87	0,34	3.714
350	1000	1,00	240	0,55	0,77	2,69	2,87	0,34	3.711
350	1000	1,00	240	0,55	0,78	2,69	2,88	0,34	3.708
350	1000	1,00	240	0,55	0,78	2,68	2,88	0,34	3.705
350	1000	1,00	240	0,55	0,78	2,68	2,88	0,33	3.702
350	1000	1,00	240	0,55	0,78	2,68	2,89	0,33	3.699
350	1000	1,00	240	0,55	0,79	2,68	2,89	0,33	3.696
350	1000	1,00	240	0,55	0,79	2,67	2,89	0,33	3.693
350	1000	1,00	240	0,55	0,79	2,67	2,90	0,33	3.691
350	1000	1,00	240	0,55	0,79	2,67	2,90	0,33	3.688
350	1000	1,00	240	0,55	0,80	2,67	2,90	0,33	3.685
350	1000	1,00	240	0,55	0,80	2,67	2,91	0,33	3.682
350	1000	1,00	240	0,55	0,80	2,66	2,91	0,33	3.679
350	1000	1,00	240	0,55	0,80	2,66	2,91	0,33	3.676
350	1000	1,00	240	0,55	0,81	2,66	2,92	0,33	3.673
350	1000	1,00	240	0,55	0,81	2,66	2,92	0,33	3.670
350	1000	1,00	240	0,55	0,81	2,65	2,93	0,33	3.667
350	1000	1,00	240	0,55	0,81	2,65	2,93	0,33	3.664
350	1000	1,00	240	0,55	0,82	2,65	2,93	0,33	3.661
350	1000	1,00	240	0,55	0,82	2,65	2,94	0,33	3.659
350	1000	1,00	240	0,55	0,82	2,64	2,94	0,33	3.656
350	1000	1,00	240	0,55	0,82	2,64	2,94	0,33	3.653
350	1000	1,00	240	0,55	0,83	2,64	2,95	0,33	3.650
350	1000	1,00	240	0,55	0,83	2,64	2,95	0,33	3.647
350	1000	1,00	240	0,55	0,83	2,63	2,95	0,33	3.644
350	1000	1,00	240	0,55	0,83	2,63	2,96	0,33	3.641
350	1000	1,00	240	0,55	0,84	2,63	2,96	0,33	3.639
350	1000	1,00	240	0,55	0,84	2,63	2,97	0,33	3.636
350	1000	1,00	240	0,55	0,84	2,63	2,97	0,33	3.633
350	1000	1,00	240	0,55	0,84	2,62	2,97	0,33	3.630
350	1000	1,00	240	0,55	0,85	2,62	2,98	0,33	3.627
350	1000	1,00	240	0,55	0,85	2,62	2,98	0,33	3.625
350	1000	1,00	240	0,55	0,85	2,62	2,98	0,33	3.622
350	1000	1,00	240	0,55	0,85	2,61	2,99	0,32	3.619
350	1000	1,00	240	0,55	0,86	2,61	2,99	0,32	3.616
350	1000	1,00	240	0,55	0,86	2,61	3,00	0,32	3.613
350	1000	1,00	240	0,55	0,86	2,61	3,00	0,32	3.611
350	1000	1,00	240	0,55	0,86	2,60	3,00	0,32	3.608
350	1000	1,00	240	0,55	0,87	2,60	3,01	0,32	3.605

350	1000	1,00	240	0,55	0,87	2,60	3,01	0,32	3.602
350	1000	1,00	240	0,55	0,87	2,60	3,01	0,32	3.600
350	1000	1,00	240	0,55	0,87	2,60	3,02	0,32	3.597
350	1000	1,00	240	0,55	0,88	2,59	3,02	0,32	3.594
350	1000	1,00	240	0,55	0,88	2,59	3,02	0,32	3.591
350	1000	1,00	240	0,55	0,88	2,59	3,03	0,32	3.589
350	1000	1,00	240	0,55	0,88	2,59	3,03	0,32	3.586
350	1000	1,00	240	0,55	0,89	2,58	3,04	0,32	3.583
350	1000	1,00	240	0,55	0,89	2,58	3,04	0,32	3.580
350	1000	1,00	240	0,55	0,89	2,58	3,04	0,32	3.578
350	1000	1,00	240	0,55	0,89	2,58	3,05	0,32	3.575
350	1000	1,00	240	0,55	0,90	2,58	3,05	0,32	3.572
350	1000	1,00	240	0,55	0,90	2,57	3,05	0,32	3.570
350	1000	1,00	240	0,55	0,90	2,57	3,06	0,32	3.567
350	1000	1,00	240	0,55	0,90	2,57	3,06	0,32	3.564
350	1000	1,00	240	0,55	0,91	2,57	3,07	0,32	3.561
350	1000	1,00	240	0,55	0,91	2,56	3,07	0,32	3.559
350	1000	1,00	240	0,55	0,91	2,56	3,07	0,32	3.556
350	1000	1,00	240	0,55	0,91	2,56	3,08	0,32	3.553
350	1000	1,00	240	0,55	0,92	2,56	3,08	0,32	3.551
350	1000	1,00	240	0,55	0,92	2,56	3,08	0,32	3.548
350	1000	1,00	240	0,55	0,92	2,55	3,09	0,32	3.545
350	1000	1,00	240	0,55	0,92	2,55	3,09	0,32	3.543
350	1000	1,00	240	0,55	0,93	2,55	3,10	0,32	3.540

5. ÇEVRİMLİ OPTİMİZASYON KODLARI

```
clc;clear;
%MD:DISYUK MOMENT
%ND:DISYUK NORMAL KUVVET
%FCTD:KARAKTERISTIK CEKME DAYANIMI (C30BETON 1.26MPA)
%bxk:KOLON X DOGRULTUSU UZUNLUK
%byk:KOLON Y DOGRULTUSU UZUNLUK
%QT:ZEMİN TASIMA GUCU
tic
for a=1:330
MD=360;ND=1350;
FCTD=1.26; %C30 BETON
bxk=0.65;byk=0.65;
QT=115+a; GAMORT=20;
%1.1.B)TASARIM DEGİSKENLERİ RANGE
%TEMEL BOYUTLARI MINIMUM DEGERLER
BXTEMELMIN=1;BYTEMELMIN=1;
HTEMELMIN=0.25;
```

```
%TEMEL BOYUTLARI MAXIMUM DEGERLER
BXTEMELMAX=5;BYTEMELMAX=5;
HTEMELMAX=2;
%1.1.C)ALGORITMA PARAMETRELERI
%PN:POPULASYON SAYISI
%MAXITER:ITERASYON SAYISI
pn=15;maxiter=20000;
%1.2 BASLANGIC COZUM MATRISI
%bxt:rassal olarak belirlenen temel x dogrultusu uzunlugu
%byt:rassal olarak belirlenen temel y dogrultusu uzunlugu
%ht:rassal olarak belirlenen temel yuksekligi
for i=1:pn
   %rassal atanan temel boyutlari
   bxt=BXTEMELMIN+(BXTEMELMAX-BXTEMELMIN)*rand;
   byt=BYTEMELMIN+(BYTEMELMAX-BYTEMELMIN)*rand;
   ht=HTEMELMIN+(HTEMELMAX-HTEMELMIN)*rand;
   %amac fonksiyonu
   Fx=900*bxt*byt*ht+234*ht*(2*bxt*byt+(bxt+byt)*(2*ht-0.3));
   %tasarim kisitlari
   g1=ND*bxt+6*MD-(QT-1.4*GAMORT*ht)*bxt*bxt*byt;
   g2=ND*bxt-6*MD-(QT-1.4*GAMORT*ht)*bxt*bxt*byt;
   g3=6*MD-ND*bxt;
   g4=((bxt*bxt*ND+3*MD*(bxt-ht))*(bxt-bxk)*byt)/(2*bxt*bxt*bxt*byt)-
650*FCTD*byt*(ht-0.05);
   g5=ND-(bxk+ht-0.05)*(byk+ht-0.05)*ND/(bxt*byt)-ND*(((bxk+ht-0.05)*(byk+ht-
0.05))^(1/2))*FCTD*2*(bxk+byk+2*ht-0.1)*(ht-0.05)*1000/(ND*(((bxk+ht-0.05)*(byk+ht-
0.05))^(1/2))+0.6*MD);
   %cozum matrisi
   OPT(1,i)=bxt;
   OPT(2,i)=byt;
   OPT(3,i)=ht;
   OPT(4,i)=Fx;
   OPT(5,i)=g1;
   OPT(6,i)=g2;
   OPT(7,i)=g3;
   OPT(8,i)=g4;
   OPT(9,i)=g5;
   %cezalandirma asamasi
   if OPT(5,i)>0
      OPT(4,i)=10^6;
   end
   if OPT(6,i)>0
      OPT(4,i)=10^6;
   end
   if OPT(7,i)>0
      OPT(4,i)=10^6;
   end
```

```
    if OPT(8,i)>0
        OPT(4,i)=10^6;
    end
    if OPT(9,i)>0
        OPT(4,i)=10^6;
    end
end
%iterasyon sureci
for iter=1:maxiter
    %en iyi sonucu ve tasarim degiskenlerini bulma.
    [p,r]=min(OPT(4,:));
    best1=OPT(1,r);
    best2=OPT(2,r);
    best3=OPT(3,r);
    %en kotu sonuçlar
    [k,t]=max(OPT(4,:));
    worst1=OPT(1,t);
    worst2=OPT(2,t);
    worst3=OPT(3,t);
    tic
    %JA algoritmasina gore yeni cozum matrisi bulunmasi
    for i=1:pn
        %JA algoritmasina göre tasarim degiskenleri bulunmasi
        bxt=OPT(1,i)+rand*(best1-abs(OPT(1,i)))-rand*(worst1-abs(OPT(1,i)));
        byt=OPT(2,i)+rand*(best2-abs(OPT(2,i)))-rand*(worst2-abs(OPT(2,i)));
        ht=OPT(3,i)+rand*(best3-abs(OPT(3,i)))-rand*(worst3-abs(OPT(3,i)));
        %alt ve ust limit kontrolleri
        if bxt>BXTEMELMAX
            bxt=BXTEMELMAX;
        end
        if bxt<BXTEMELMIN
            bxt=BXTEMELMIN;
        end
        if byt>BYTEMELMAX
            byt=BYTEMELMAX;
        end
        if byt<BYTEMELMIN
            byt=BYTEMELMIN;
        end
        if ht>HTEMELMAX
            ht=HTEMELMAX;
        end
        if ht<HTEMELMIN
            ht=HTEMELMIN;
        end
        %amac fonksiyonu
        Fx=900*bxt*byt*ht+234*ht*(2*bxt*byt+(bxt+byt)*(2*ht-0.3));
```

```
        %tasarim kisitlari
        g1=ND*bxt+6*MD-(QT-1.4*GAMORT*ht)*bxt*bxt*byt;
        g2=ND*bxt-6*MD-(QT-1.4*GAMORT*ht)*bxt*bxt*byt;
        g3=6*MD-ND*bxt;
        g4=((bxt*bxt*ND+3*MD*(bxt-ht))*(bxt-bxk)*byt)/(2*bxt*bxt*bxt*byt)-
650*FCTD*byt*(ht-0.05);
        g5=ND-(bxk+ht-0.05)*(byk+ht-0.05)*ND/(bxt*byt)-ND*(((bxk+ht-0.05)*(byk+ht-
0.05))^(1/2))*FCTD*2*(bxk+byk+2*ht-0.1)*(ht-0.05)*1000/(ND*(((bxk+ht-0.05)*(byk+ht-
0.05))^(1/2))+0.6*MD);
        %OPT1: Yeni cozum matrisi
        OPT1(1,i)=bxt;
        OPT1(2,i)=byt;
        OPT1(3,i)=ht;
        OPT1(4,i)=Fx;
        OPT1(5,i)=g1;
        OPT1(6,i)=g2;
        OPT1(7,i)=g3;
        OPT1(8,i)=g4;
        OPT1(9,i)=g5;
        %kotu sonucu cezalandirma
        if OPT1(5,i)>0
            OPT1(4,i)=10^6;
        end
        if OPT1(6,i)>0
            OPT1(4,i)=10^6;
        end
        if OPT1(7,i)>0
            OPT1(4,i)=10^6;
        end
        if OPT1(8,i)>0
            OPT1(4,i)=10^6;
        end
        if OPT1(9,i)>0
            OPT1(4,i)=10^6;
        end
    end
    %sonuclarin karsilastirilip iyi olanlarin saklanmasi
    for i=1:pn
        if OPT(4,i)>OPT1(4,i)
            OPT(:,i)=OPT1(:,i);
        end
    end
end
matm(a,1)=MD;
matm(a,2)=ND;
matm(a,3)=FCTD;
matm(a,4)=QT;
```

```
matm(a,5)=bxk;
matm(a,6)=byk;
matm(a,7:10)=OPT(1:4,1);
end
toc
```

6. YSA EĞİTİMİNE VERİ ÇEKME KODLARI

```
%yapay sinir
clc;clear;

veri=xlsread('buyukveri.xlsx');
anainput=veri(:,1:6);
anainput=anainput';
anatarget=veri(:,end);
anatarget=anatarget';

testinput=[475 1000 1.26 300 0.8 0.6;390 1375 1.35 200 0.5 0.4;325 1290 1.15 150 0.7
0.55;298 1635 0.95 210 0.85 0.65;310 1480 0.90 190 0.5 0.7];
testinput=testinput';

testtarget=[2.85 2.41 0.31 3070;4.42 2.28 0.4 5957;4.46 2.64 0.37 6467;3.52 3.07 0.42
6599;3.7 3.03 0.46 7577];
testtarget=testtarget';
```