



T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇELİK LİFLİ BETONUN BASINÇ VE ÇEKME DAYANIMININ
YAPAY SİNİR AĞLARIYLA TAHMİN EDİLMESİ**

**ÇAĞLA SAKINCI
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Şule BAKIRCI ER**

KIRIKKALE-2023



T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇELİK LİFLİ BETONUN BASINÇ VE ÇEKME DAYANIMININ
YAPAY SİNİR AĞLARIYLA TAHMİN EDİLMESİ**

**ÇAĞLA SAKINCI
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Şule BAKIRCI ER**

KIRIKKALE-2023

Çağla Sakinci tarafından hazırlanan “ÇELİK LİFLİ BETONUN BASINÇ VE ÇEKME DAYANIMININ YAPAY SİNİR AĞLARIYLA TAHMİN EDİLMESİ” adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şule Bakırcı Er

İnşaat Mühendisliği , Kırıkkale Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Eda Avanoğlu Sıcacık

İnşaat Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi Yasin Çağlar

İnşaat Mühendisliği , Kırıkkale Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Nalan Kaya

İnşaat Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mahmut Cem Yılmaz

İnşaat Mühendisliği, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 05/06/2023

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

.....

Prof. Dr. Recep ÇALIN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYANI

Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- o Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- o Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- o Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- o Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- o Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Çağla SAKİNCİ

05/06/2023

ÖZET

ÇELİK LİFLİ BETONUN BASINÇ VE ÇEKME DAYANIMININ YAPAY SİNİR AĞLARIYLA TAHMİN EDİLMESİ

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yapı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şule BAKIRCI ER

Ortak Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Eda AVANOĞLU SICACIK

Haziran 2023, 67 sayfa

Betonun dayanım özelliklerini iyileştirmek amacıyla çeşitli lif tipleri çeşitli oranlarda betonlara katılabilmektedir. Lifli betonun dayanım özelliklerini belirlemek amacıyla yaygın bir formülasyon veya modelleme ile karşılaşılmamıştır. Bu durum deney yapma zorunluluğu doğurmaktadır. Deney yapmadan sonuçların tahmin edilebilmesinde kullanılan yöntemlerden birisi de yapay sinir ağlarıdır.

Yapay sinir ağları çok sayıda değişken ile doğrusal olmadan, girdi değerlerinden çıktı tahmin etmek üzerine çalışan bir yapay zekâ teknolojisidir. Bu çalışmada çelik lifli betonların basınç ve çekme dayanımlarını beton karışım oranı ve karışıma katılacak çelik lif tipi ve özelliklerinin sayısal verilerini kullanarak oluşacak betonun basınç ve çekme dayanımını tahmin eden MATLAB tabanlı bir yapay sinir ağı modellenmiştir. Yapay sinir ağı 15 elemanlı girdi katmanı, gizli katmanında 10 nöron ve 1 çıktı değeri olacak şekilde yapılandırılıp ileri yönlü geri yayılım algoritması kullanacak şekilde tasarlanmıştır. Yapay sinir ağı literatürde bulunan 24 araştırmadan 302 veri setiyle eğitilerek öğrenme sağlanmıştır. Oluşturulan yapay sinir ağı ile basınç dayanımı tahmininde 0,95 çekme dayanımı tahmininde 0,98 regresyon değerine ulaşılmıştır. Yapay sinir ağı, test amaçlı yeni veri setleri girildiğinde çekme dayanımı sonuçlarını yüksek güvenilirlikle tahmin edebilmiştir.

Anahtar kelimeler: Makine öğrenmesi, Yapay Sinir Ağı (YSA), Beton, Çelik Lifli Beton, Basınç dayanımı, Çekme Dayanımı

ABSTRACT

COMPRESSIVE AND TENSILE STRENGTH PREDICTION OF STEEL FIBER CONCRETE WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering, Master Thesis

Supervisor: Assist Prof. Şule BAKIRCI ER

Co-Supervisor: Assist Prof. Eda AVANOĞLU SICACIK

June 2023, 67 pages

Various fiber types can be added to concrete in different proportions in order to improve the strength properties of concrete. A common formulation or modeling has not been encountered to determine the strength properties of fibrous concrete. This situation necessitates experimentation. One of the methods used to predict the results without experimenting is artificial neural networks.

Artificial neural networks are an artificial intelligence technology that works on estimating the output from the input values without being linear with a large number of variables. In this study, a Matlab-based artificial neural network is modeled to predict the compressive and tensile strength of the concrete to be formed by using the compressive and tensile strengths of steel fiber concretes, the concrete mix ratio, and the steel fiber type and properties to be added to the mixture.

The artificial neural network is structured with 15 elements in the input layer, 10 neurons in the hidden layer, and 1 output value and designed to use forward-back propagation algorithm. Learning was provided by training the artificial neural network with 302 data sets from 24 studies in the literature. By the artificial neural network created, a regression value of 0.95 in estimation of compressive strength and 0.98 in estimation of tensile strength was reached. The neural network was able to predict the tensile strength results with high reliability when new datasets were entered for testing purposes.

Keywords: Machine learning, Artificial Neural Network (ANN), Concrete, Steel Fiber Concrete, Compressive Strength, Tensile Strength

TEŐEKKÖR

Bu sűreçte, bana her tűrlű desteęi veren, her zaman yanımda olan deęerli aileme, annem Gűlten SAKİNCİ'ye, babam Hűseyin SAKİNCİ'ye ve sevgili teyzem Ayten KELEŐ'e tűm kalbimle teŐekkűr ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Önceki Çalışmalar.....	3
2. BETON	6
2.1. Betonun Bileşenleri.....	6
2.2. Betonun Basınç Dayanımı	6
2.3. Betonun Çekme Dayanımı.....	7
2.4. Betonun Eğilme Dayanımı.....	7
2.5. Betonun Kullanım Ömrü.....	7
3. LİFLİ BETON	9
3.1. Lifli Beton Tanımı	10
3.2. Lif Materyalleri ve Türleri	10
3.3. Lifli Betonun Modellenmesi	12
3.3.1. Lifli Betonun Modellenmesi İçin Kullanılan Yöntemler	12
3.3.2. Lifli Betonun Modellenmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar..	12
4. YAPAY ZEKÂ	13
4.1. Makine Öğrenmesi ve Öğrenme Türleri.....	14
4.2. Yapay Zekâ Teknolojileri	14
5. YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)	16
5.1. YSA Öğrenme Stratejileri.....	16
5.2. YSA Yapısı ve Temel Elemanları.....	17
5.2.1. Toplama Fonksiyonu	18

5.2.2. Aktivasyon Fonksiyonu.....	19
5.2.2.1. Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu.....	19
5.2.2.2. Sinüs Aktivasyon Fonksiyonu.....	19
5.2.2.3. Eşik Değer Aktivasyon Fonksiyonu.....	20
5.2.2.4. Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu	20
5.2.3. Yapılarına Göre Yapay Sinir Ağları.....	21
5.2.3.1. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları.....	21
5.2.3.2. Geri beslemeli Yapay Sinir Ağları.....	22
5.3. Yapay Sinir Ağının Eğitilmesi.....	23
5.3.1. YSA Girdi Verileri	23
5.3.2. YSA Çıktı Verileri.....	24
5.3.3. YSA Test Verileri.....	25
5.3.4. YSA'nın Test Edilmesi	25
6. MATERYAL VE YÖNTEM.....	28
6.1. Çelik Lif Tipleri ve Yapay Sinir Ağında Gösterimi	28
7. ÇELİK LİFLİ BETONUN YSA İLE BASINÇ DAYANIMI TAHMİNİ	30
7.1. Basınç Dayanımı YSA Girdi Verileri	30
7.2. Basınç Dayanımı YSA Modeli	34
7.3. Basınç Dayanımı YSA'nın Test Edilmesi	38
8. ÇELİK LİFLİ BETONUN YSA İLE ÇEKME DAYANIMI TAHMİNİ	43
8.1. Çekme Dayanımı YSA Girdi Verileri.....	43
8.2. Çekme Dayanımı YSA Modeli	48
8.3. Çekme Dayanımı YSA'nın Test Edilmesi	53
9. BULGULAR	59
9.1. YSA ile Basınç Dayanımı Tahmini	59
9.2. YSA ile Çekme Dayanımı Tahmini	60
10. SONUÇ.....	61
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ.....	67

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. Nöron yapıları ve YSA modeli (Maltarollo,2013).....	16
5.2. Yapay sinir ağının yapısı (Zafari,2013)	17
5.3. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu.....	19
5.4. Eşik değer aktivasyon fonksiyonu	20
5.5. Sigmoid aktivasyon fonksiyonu.....	21
5.6. İleri beslemeli sinir ağları (Öztemel,2006)	21
5.7. Geri beslemeli YSA(Kabalıcı,2015)	22
6.1. Çelik lif tipleri	29
7.1. Basınç dayanımı YSA'nın katman yapısı	35
7.2. Basınç dayanımı YSA'nın eğitim bilgileri.....	36
7.3. Basınç dayanımı YSA'nın hata performans grafiği	36
7.4. YSA'nın regresyon grafiği.....	37
7.5. Deney sonucu-YSA tahmini basınç dayanımı grafiği.....	41
7.6. Deney sonucu-YSA tahmini basınç dayanımı sütun grafiği	42
8.1. Çekme dayanımı YSA'nın katman yapısı.....	48
8.2. YSA'nın eğitim bilgileri	49
8.3. YSA'nın hata performans grafiği.....	50
8.4. YSA'nın regresyon grafiği.....	52
8.5. Deney sonucu-YSA tahmini çekme dayanımı grafiği	57
8.6. Deney sonucu-YSA tahmini çekme dayanımı grafiği sütun grafiği	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
6.1. Lif kodları ve tipleri	29
7.1. YSA Basınç dayanımı girdi verileri	31
7.2. YSA Basınç dayanımı test grubu girdi verileri	39
8.1. YSA Çekme dayanımı girdi verileri	44
8.2. YSA Çekme dayanımı test grubu girdi verileri.....	55
8.3. Gerçek çekme dayanımı ve YSA tahmini çekme dayanımı.....	56

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER DİZİNİ

G_i	YSA nöron girdileri
A_i	YSA ağırlıkları
$F(\text{NET})$	Aktivasyon fonksiyonu
$\text{Sin}(\text{NET})$	Sinüs aktivasyon fonksiyonu
Σ	Toplam simgesi
e	Euler sayısı
n	Veri sayısı
y_i	i. veri noktasındaki gerçek değer
\bar{y}	Tüm gerçek değerlerin ortalaması
\hat{y}_i	i. veri noktasındaki tahmin edilen değer

KISALTMALAR DİZİNİ

YZ	Yapay Zeka
YSA	Yapay Sinir Ağları
NET	YSA hücreye gelen toplam girdi
MSE (Mean Squared Error)	Ortalama Kare Hata
MAE (Mean Absolute Error)	Ortalama Mutlak Hata
SSE (Sum of Squared Errors)	Kareler Toplamı Hata

1. GİRİŞ

Beton, yapı malzemeleri sektöründe en sık kullanılan malzemelerden biridir ve dayanıklı bir yapı malzemesi olarak bilinir. Ancak, betonun bazı zayıf yönleri de vardır. Örneğin, çatlama ve kırılmaya eğilimlidir. Bu nedenle, betonun davranış özelliklerini iyileştirmek için pek çok araştırma yapılmaktadır. Bu araştırmaların birçoğu, betona lif katarak betona sünek davranış kazandırmaya yöneliktir. Lifler, betonun dayanıklılığını ve esnekliğini arttırmaya yardımcı olur. Çelik lifler, polipropolan lifler, bazalt, cam ve sürdürülebilir yaklaşımlarla araştırmalara dahil olan geri dönüştürülmüş malzemeler ve doğal malzemelerden yapılmış lif türleri gibi birçok farklı lif çeşidi ile deneyler yapılmaktadır. Özellikle, son yıllarda sürdürülebilir malzemelerin kullanımı giderek artmaktadır ve bu kapsamda betonun dayanım özellikleri için de sürdürülebilir malzemeler kullanımı araştırılmaktadır. Bu malzemeler arasında atık malzemelerden elde edilen geri dönüştürülmüş lifler ve doğal malzemelerden üretilen lifler yer almaktadır. Bu malzemelerin kullanımı, çevre dostu bir yaklaşım olarak da değerlendirilmektedir. Liflerin betona eklenmesi, betonun çatlamasını ve kırılmasını önlemeye yardımcı olur. Lifler, betonun esnekliğini ve dayanıklılığını artırırken aynı zamanda betonun çekme ve basınç dayanımını da artırır. Bu sayede, lifli beton yapıların deprem gibi doğal afetlere dayanıklılığı artırılmış olur. Betonun davranış özelliklerini iyileştirmek için lif katarak betona sünek davranış kazandırmaya yönelik araştırmalar hala devam etmektedir. Bu araştırmalar, yapı sektöründe daha dayanıklı ve çevre dostu yapıların inşasına yardımcı olmaktadır.

Lifli beton, yapı malzemeleri sektöründe önemli bir yere sahip olmakla birlikte, lif kullanım oranı ve kombinasyonunun en verimli şekilde belirlenmesi zorluklar içermektedir. Bu nedenle, lifli betonun davranış özelliklerini iyileştirmek için, yapılan çalışmaların çoğu deneysel verilere dayanmaktadır. Ancak, deneysel çalışmaların yapılması zaman alıcı, maliyetli ve bazen de doğru sonuçları veremeyebilir. Bu nedenle, yapay zekâ teknolojileri, özellikle de yapay sinir ağları (YSA), lifli betonun davranış özelliklerini tahmin etmek için önemli bir araç haline gelmiştir.

YSA, literatürde yapılmış deney verileri ve sonuçlarını kullanarak yapılacak yeni deneyin basınç ve çekme dayanımı sonuçlarını tahmin eden bir program yapılmasına olanak sağlar. Yapılan çalışmalar, YSA teknolojisinin lifli betonun davranış özelliklerini tahmin etmek için oldukça etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. YSA, bir öğrenme sürecinden geçerek, verilerdeki korelasyonları ve desenleri öğrenir ve daha sonra yeni verilerle karşılaştırarak sonuçlar tahmin eder. Bu sayede, lifli beton için bir formülasyon olmamasına rağmen, YSA kullanılarak, belirli bir lif oranı ve kombinasyonu ile oluşturulan karışımın basınç ve çekme dayanımı sonuçları tahmin edilebilir hale gelir. YSA teknolojisi, yapı malzemeleri sektöründe hem araştırmacılar hem de endüstriyel uygulamalar için birçok fayda sağlamaktadır. Lifli betonun davranış özelliklerini daha iyi anlamak ve optimize etmek için, YSA kullanarak yapılacak tahminler, deneysel çalışmalara göre daha hızlı ve ekonomik olabilir. Sonuç olarak, yapay zekâ teknolojileri, özellikle de yapay sinir ağları, lifli betonun davranış özelliklerinin tahmin edilmesinde önemli bir rol oynar. Bu teknolojiler, daha hızlı, daha ekonomik ve daha doğru sonuçlar elde etmek için kullanılabilir güçlü araçlar sunmaktadır.

Çelik lifler, betonun dayanım özelliklerini iyileştirmek için yaygın olarak kullanılan liflerdir. Çelik lifler, betonun çekme dayanımını artırır ve çatlakların oluşumunu önler. Ancak, çelik liflerin optimum oranı ve kombinasyonu hala belirsizdir. Bu nedenle, çelik liflerin beton karışımına ilave edilmesiyle elde edilen betonların mekanik özelliklerini tahmin etmek zordur.

Bu çalışmada, farklı tipte çelik liflerle oluşturulmuş farklı karışım oranlarına sahip lifli betonların verileri kullanılarak çelik lifli betonun basınç ve çekme dayanımlarını tahmin etmek için bir yapay sinir ağı oluşturulmuştur. Yapay sinir ağı, betonun dayanımını etkileyen faktörleri belirlemek için kullanılan çeşitli girdileri alır. Bu faktörler arasında çelik lif türü, çelik lif oranı, beton karışım oranı gibi parametreler yer almaktadır. Bu girdiler, yapay sinir ağının eğitimi sırasında kullanılır ve modelin çıkış değerleri olan basınç ve çekme dayanımı tahminleri için kullanılmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada, yapay sinir ağı kullanarak çelik lifli betonun basınç ve çekme dayanımlarını tahmin etmek için bir model geliştirdi. Bu model, farklı tipte çelik liflerle oluşturulmuş farklı karışım oranlarına sahip lifli betonların mekanik özelliklerinin tahmininde kullanılmıştır.

1.1. Önceki Çalışmalar

Ni ve Wang (2000), bu çalışmada, çok katmanlı ileri beslemeli ağ, çimento, su, kaba agrega, ince kum, çökme değerleri, katkı maddeleri ve sıcaklık verilerini kullanarak eğitilmiştir. Geri yayılım algoritması kullanılarak yapılan eğitim sonucunda tahminin toplam hatası 0,005 olarak hesaplanmıştır.

Prasad ve diğ.,(2009), yüksek hacimli uçucu kül ve kendiliğinden yerleşen beton ile yüksek performanslı betonun basınç dayanımını tahmin etmek için çimento, su, uçucu kül agrega ve mikrosilika miktarı girdi verilerini kullanarak geri yayılım algoritması kullanan bir yapay sinir ağı modeli geliştirilmiştir. Regresyon değeri 0,91 olarak bulunmuştur.

Alshihri ve diğ.,(2009), hafif beton karışımlarının basınç dayanımını tahmin etmek için ileri beslemeli geri yayılım algoritması kullanan bir yapay sinir ağı modeli geliştirmişlerdir. Modelin girdi verileri arasında çimento, ince agrega, kaba agrega ve su miktarı gibi temel malzemeler yer almaktadır. Yapılan çalışmada, yapay sinir ağı modelinin regresyon değeri 0,98 olarak bulunmuş ve bu sayede yüksek doğrulukla hafif betonun basınç dayanımı tahmin edilmiştir.

Naderpour ve diğ.,(2010), elyaf takviyeli polimer ile sınırlı betonun basınç dayanımını tahmin etmek için geri yayılım algoritması kullanan bir yapay sinir ağı modeli oluşturmuşlardır. Yapay sinir ağı modelinin girdi verileri arasında beton numunesinin çapı, yüksekliği, polimer lifinin kalınlığı ve çekme dayanımı gibi faktörler yer almaktadır. Yapılan çalışmada, yapay sinir ağı modelinin regresyon değeri 0,96 olarak bulunmuştur.

T.Yıldız, S.Yıldız, Keleştemur, Bölükbaş, Demirel, (2011) Bu çalışmada; farklı oranlarda cam lif ilave edilerek elde edilen betonlara farklı oranlarda atık mermer tozu ilave edilerek elde edilen numunelerin ultrases geçiş hızları, porozite değerleri, basınç dayanımları belirlenmiş, yapay sinir ağına (YSA) girdi seti olarak çimento dozajı, agrega miktarı, lif oranı, mermer tozu oranı, porozite, ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı değerleri seçilerek yarmada çekme dayanımları tahmin edilmiştir. Çalışma sonucunda, geliştirilen YSA modeli ile deneysel olarak elde edilen veriler karşılaştırılmış regresyon değeri 0,96 bulunmuş ve sonuçların uyum içerisinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır

Yaprak ve diğ. (2013), betonun basınç dayanımını tahmin etmek için yapay sinir ağı (YSA) geliştirilmiştir. Çalışmada, YSA' nın çimento miktarı, yaş ve kür koşullarının girdi parametreleri olarak kullanılarak mevcut basınç dayanımı tahmin yöntemlerine iyi bir alternatif olduğunu belirtilmiştir.

Açıkgenç, Ulaş, Alyamaç (2015) tarafından yapılan çalışmada lif oranı, D_{max} , betonun kıvam sınıfı ve olması istenen basınç değeri girdi olarak verilip çıktı olarak beton karışım oranlarını (çimento, su, kaba ve ince agregası) vermesi istenen bir yapay sinir ağı oluşturulmuştur. Çalışma sadece çengel uçlu (Hook-end) fiber ile yapılmıştır. 132 veri ile oluşturulan YSA'nın regresyon değeri 0,94 olarak bulunmuş ve isten dayanıma sahip çengel uçlu fiber katkılı betonun karışım oranlarını tahmin eden yapay sinir ağı oluşturulmuştur.

Galeb, Saleh (2017) tarafından yapılan çalışmada fiber katkı olarak çelik çivi kullanılarak farklı karışım oranlarında basınç dayanımı sonuçlarını tahmin eden YSA geliştirilmiştir. Farklı çivi boyutlarıyla farklı karışımlar elde edilmiş deneysel sonuçlarıyla YSA eğitilerek karışım oranları girilecek çelik fiber (bu çalışmada çelik çivi fiber katkı olarak alınmış) katkılı betonun basınç dayanımını tahmin edecek YSA'nın regresyon değeri 0,98 çıkmış YSA'nın iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Karthiyaini, S., Senthamaraiannan, K., Priyadarshini, J., Gupta, K., & Shanmugasundaram, M. (2019) yapılan çalışmada çelik, polipropilen, hibrit, cam, bazalt fiberli betonun basınç, çekme ve eğilme dayanımını tahmin eden istatistik tahmin modeli ve YSA modelleyerek karşılaştırmıştır. Lif tiplerini yapay sinir ağına tanıtmak için lif tiplerinin elastisite modülleri ve çekme dayanımları girdi olarak ağına verilerek lif tipleri tanımlanmıştır. Basınç ve eğilme dayanımı modellemesinde iki yöntem de yüksek doğruluk değeri verirken çekme dayanımında istatistiksel yöntemin regresyonu 0,87 olarak bulunurken YSA'nın regresyonu 0,94 çıkararak başarılı bir sonuca ulaşabilmiştir.

Yörübulut (2019), tarafından yapılan çalışmada tahribatsız yöntemlerle betonun basınç dayanımını bulmak için yapay sinir ağlarından yararlanılmıştır. 117 karot numunesi için tahribatsız yöntemlerle elde edilen veriler kullanılarak yapay sinir ağı ve regresyon modelleri oluşturmuş ve bu iki modelden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış. Tahribatsız deney verileri kullanılarak yapay sinir ağı ve regresyon

yöntemleriyle tahmin edilen beton basınç dayanımları ile tahribatlı yöntem olan karot numunelerinin basınç dayanımlarının birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmüş 0,92 regresyon değerine ulaşılmış

Pazouki, Pourghorban (2022) tarafından yapılan çalışmada çelik fiber katkılı betonun basınç dayanımını tahmin eden yapay zekâ yöntemlerini karşılaştırmıştır. 230 veri setiyle çalışılmış, Fiber oranı, kaba ince agrega ve su çimento oranı girdi olarak verilip basınç dayanımı tahmini yapılmış. Bulanık mantık, yapay sinir ağı ve radyal tabanlı hibrit nöral ağ tahmini karşılaştırmasında YSA ve hibrit yöntem regresyon değeri 0,97 çıkarken bulanık mantık regresyonu 0,96 çıkmıştır. Her üç modelinde iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir.

Zheng, Wu, Sufian, Kahla, Atig, Deifalla, Accouche, Azap (2022) tarafından yapılan çalışmada çengel uçlu (Hook-end) çelik lifli betonun eğilme dayanımını tahmin etmek için yapay zekâ makine öğrenme tekniklerinden Gradient Boosting (GB), Random Forest (RF), ve Extreme Gradient Boosting (XGB) kullanılmıştır. GB için 0,96, RF için 0,94, XGB için 0,86 regresyon değerlerine ulaşılmış. Araştırmada yapay zekânın farklı metodolojileriyle inşaat mühendisliğinde özellikle fiber takviyeli beton için az hata oranlı, yüksek doğruluklu modellemeler yapılabileceği gösterilmiştir. Gradient Boosting, Random Forest, ve Extreme Gradient Boosting gibi teknikler ensemble yöntemleri olarak bilinirken, yapay sinir ağları (YSA) farklı bir makine öğrenmesi yöntemidir.

YSA, biyolojik sinir ağlarını modelleyen matematiksel bir yaklaşımdır ve birçok gizli katman içeren yapay nöronlardan oluşur. YSA, çok sayıda veri örneğine dayanan bir eğitim verisi kullanarak, öğrenme modeli oluşturur ve genellikle sınıflandırma ve regresyon problemleri için kullanılır. Gradient Boosting, Random Forest ve Extreme Gradient Boosting, birbirinden bağımsız zayıf öğrencileri bir araya getirerek bir güçlü öğrenci oluştururken, YSA'lar, birbirine bağlı çok sayıda nöronu ve katmanı kullanarak karmaşık işlevleri modelleyebilir. YSA'lar, mühendislik yöntemlerine ihtiyaç duymadan veri özelliklerini öğrenebilir ve bu nedenle veriler arasında karmaşık ilişkileri tanımlayabilir.

2. BETON

Beton, çimento, su, agrega ve katkı maddelerinin belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen bir yapı malzemesidir. Beton, dayanıklılığı, kolay şekil alabilmesi, düşük maliyeti ve çevreye duyarlılığı nedeniyle yaygın bir malzeme olarak kullanılmaktadır.

Beton, günümüzde yaygın olarak kullanılan bir yapı malzemesidir (Mehta & Monteiro,2014). 19. yüzyılda, İngiltere'de Joseph Aspdin, çeşitli malzemeleri pişirerek portland çimentosunu geliştirmiştir. Bu çimento, modern betonun üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. 20. yüzyılda, çelik donatıların kullanımı ile birlikte betonun dayanıklılığı ve gücü artmış ve betonun kullanımı hız kazanmıştır (Erdoğan,2010).

2.1. Betonun Bileşenleri

Beton, çimento, su, agrega (kum, çakıl, taş) ve bazen katkı maddeleri gibi bileşenlerin birleştirilmesiyle oluşturulan bir yapı malzemesidir. Betonun bileşenleri ve oranları projeye ve uygulama alanına göre değişebilir. Betonun performansını artırmak için katkı maddeleri kullanılabilir. Katkı maddeleri, suya dayanıklılığı artırmak, donma ve çözülme direncini artırmak, çatlakları önlemek ve betonun sünekliğini artırmak gibi özellikleri geliştirmek için kullanılabilir. Betonun bileşenleri ve oranları, uygulama alanına ve projenin gereksinimlerine bağlı olarak değişebilir.

2.2. Betonun Basınç Dayanımı

Betonun basınç dayanımı, betonun sıkıştırma kuvvetine karşı direncinin ölçüsüdür. Betonun basınç dayanımı, çimento, su, agrega oranları, agrega cinsi, kür yöntemi ve süresi gibi faktörlere bağlıdır. Genellikle, betonun basınç dayanımı, 28 günlük kür süresi sonunda ölçülür. Bu süre, betonun sertleşme sürecinin tamamlanması ve yeterli mukavemet kazanması için gereklidir.

Betonun basınç dayanımı, yapıların tasarımı ve betonun kullanılacağı amaçlara bağlı olarak belirlenir. Betonun basınç dayanımı, yapı malzemelerinin en önemli özelliklerinden biridir ve yapının sağlamlığı ve güvenliği için önemlidir.

2.3. Betonun Çekme Dayanımı

Betonun çekme dayanımı, genellikle betonun basınç dayanımı kadar yüksek değildir. Betonun çekme dayanımı, betonun içindeki çatlakların oluşması ve yayılması nedeniyle azalır. Bu nedenle, beton yapı elemanlarında çatlak oluşumunu engellemek için çelik donatı kullanılır. Betonun çekme dayanımı, betonun karşı koyabileceği maksimum çekiş kuvvetini ifade eder. Bu kuvvet, betonun içindeki çekme gerilmeleri nedeniyle oluşur. Betonun çekme dayanımı, betonun genel dayanımının önemli bir bileşenidir ve betonun genel olarak çekmeye karşı ne kadar dirençli olduğunu gösterir. Betonun çekme dayanımı, birçok faktöre bağlı olarak değişebilir ve betonun yapıldığı malzemeler, uygulama ve sertleşme süreci gibi faktörler bu dayanımı etkileyebilir.

2.4. Betonun Eğilme Dayanımı

Betonun eğilme dayanımı, betonun bükülmeye karşı direncini ifade eder. Beton, bükülme yükleri altında gerilmelere maruz kalır ve eğilir. Bu gerilmeler, betonun içindeki çekme ve basınç gerilmelerinin bileşimiyle oluşur. Betonun eğilme dayanımı, yapısal elemanların taşıma kapasitesini belirleyen önemli bir faktördür. Eğilme dayanımı, betonun çekme dayanımı, betonun yapısal elemanlarının eğilme hareketine karşı ne kadar dirençli olduğunu gösterir. Eğilme dayanımı, betonun bileşimindeki malzemelerin oranı, yapısal elemanların boyutları gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir.

2.5. Betonun Kullanım Ömrü

Betonun kullanım ömrü, betonun yapısındaki değişimler nedeniyle zamanla azalan dayanıklılık süresidir. Beton yapılar, zamanla fiziksel ve kimyasal etkilere maruz kalarak çeşitli bozulma ve aşınma süreçleri yaşayabilirler. Betonun kullanım ömrünü etkileyen faktörler arasında çevresel koşullar, yapısal tasarım, betonun kalitesi, uygulama süreci ve bakım düzenliliği gibi unsurlar yer alır. Beton yapıların kullanım ömrü genellikle 50 ila 100 yıl arasında değişebilir. Ancak, yapısal tasarım ve bakım işlemleri düzenli olarak yapılmadığında, betonun ömrü kısaltılabilir. Beton yapıların korunmasına yönelik önleyici bakım ve onarım işlemleri, yapıların ömrünü uzatabilir.

Betonun kullanım ömrüne etki eden çevresel koşullar arasında nem, sıcaklık, tuzlu su, asit yağmurları ve rüzgâr gibi faktörler sayılabilir. Bu nedenle, beton yapılar özellikle

nem, sıcaklık ve diğer çevresel koşulların etkisine karşı korunmalıdır. Yapıların ömrünü uzatmak için uygun tasarım, kaliteli malzeme kullanımı, düzenli bakım ve onarım işlemleri yapılmalıdır.



3. LİFLİ BETON

Lif takviyeli beton, geleneksel betona göre daha yüksek mukavemet ve dayanıklılık özellikleri gösterir. Lif materyalleri, betonun yapısını güçlendirir ve çatlakların oluşmasını engeller. Bu nedenle, lif takviyeli beton, yüksek dayanım ve uzun ömür gerektiren uygulamalarda tercih edilir. Ancak, doğru formülasyonunun yapılması, doğru lif materyallerinin seçilmesi ve doğru oranlarda karıştırılması önemlidir.

Lif takviyeli betonun formülasyonu, lif materyallerinin tipine, betonun kullanım amacına ve tasarlanan dayanım seviyesine bağlı olarak değişir. Beton karışımına eklenen liflerin türü, uzunluğu ve oranı, betonun özelliklerini belirleyen faktörler arasındadır.

Lif materyalleri arasında, polipropilen, polietilen, cam, karbon, çelik ve doğal lifler gibi birçok farklı malzeme bulunur. Polipropilen ve polietilen lifler, düşük mukavemet gerektiren uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Cam, karbon ve çelik lifler, yüksek mukavemet ve dayanım gerektiren uygulamalarda tercih edilir.

Lif takviyeli betonun formülasyonunda, lif materyallerinin oranı, betonun hacmine bağlı olarak belirlenir. Beton karışımına daha fazla lif eklemek, betonun mukavemetini artırabilir ancak aynı zamanda işlenebilirliğini ve şekillendirilebilirliğini azaltabilir. Lif takviyeli betonun formülasyonunda, betonun diğer bileşenleri de dikkate alınmalıdır. Betonun su/çimento oranı, agrega boyutu ve tipi, katkı maddeleri ve karışım süresi, betonun dayanım ve özelliklerini belirleyen diğer faktörler arasındadır.

Lif takviyeli beton, geleneksel betonun aksine, liflerin dağılımının homojen olması gerektiğinden, karıştırma süresi ve yöntemi de önemlidir. Karıştırma süresi ve yöntemi, liflerin beton karışımına eşit olarak dağılmasını sağlamalıdır.

Sonuç olarak, lif takviyeli betonun doğru formülasyonu, lif materyallerinin seçimi ve oranının yanı sıra, diğer bileşenlerin doğru seçimi ve karışım süresi gibi faktörlerin dikkate alınması gerektiği açıktır.

3.1. Lifli Beton Tanımı

Lifli beton, betonun içine çelik, polipropilen, cam, karbon veya bazalt gibi liflerin ilave edilmesiyle elde edilen bir beton türüdür. Lifli beton, çatlama direnci, darbe dayanımı, yorulma direnci ve çekme dayanımını artırır.

Lifli beton, inşaat endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle yüksek dayanım ve darbe direnci gerektiren yapıların yapımında tercih edilebilir. Lifli beton, köprüler, havaalanı pistleri, endüstriyel zeminler, deniz yapısı, rüzgâr türbinleri gibi birçok yapıda kullanılabilir. Lifli betonun kullanımı, betonun dayanıklılığını ve performansını artırarak yapıların ömrünü uzatır.

3.2. Lif Materyalleri ve Türleri

Lif takviyeli betonlarda kullanılan lif materyalleri ve türleri oldukça çeşitlidir. Bu lifler, çeşitli malzemelerden üretilir ve farklı avantajlar sağlarlar. En yaygın kullanılan lif materyalleri şunlardır:

Polipropilen Lifler: Bu lifler genellikle plastik kapların yapımında kullanılan polimer malzemelerden yapılır. Düşük yoğunluklu ve düşük maliyetli oldukları için sıkça tercih edilirler. Polipropilen lifler, betonun çekme dayanımını artırır ve çatlama olasılığını azaltır.

Cam Lifler: Bu lifler, özellikle yüksek sıcaklıklarda dayanıklı oldukları için tercih edilirler. Ayrıca kimyasal dayanıklılıkları da yüksektir. Cam lifler, betonun çekme dayanımını ve kırılma direncini artırır.

Karbon Lifler: Bu lifler, yüksek mukavemetli ve hafif oldukları için tercih edilirler. Ayrıca kimyasal dayanıklılıkları da yüksektir. Karbon lifler, betonun çekme dayanımını ve kırılma direncini artırır.

Çelik Lifler: Bu lifler, yüksek mukavemetli ve yüksek dayanımlı oldukları için tercih edilirler.

Lifli beton, geleneksel betonun dayanım ve esneklik özelliklerini artırmak için özel liflerin eklenmesiyle üretilen bir tür betondur. Bu lifler, betonun daha yüksek bir

mukavemet, çatlama direnci, dayanıklılık ve enerji emilimi özelliklerine sahip olmasını sağlar. Bununla birlikte, lifli betonun bazı avantajları ve dezavantajları vardır.

Lifli Betonun Avantajları:

Yüksek Dayanıklılık: Lifler betonun dayanımını ve çatlama direncini artırarak, betonun daha uzun ömürlü olmasını sağlar. Bu, inşaat projelerinde daha uzun ömürlü ve dayanıklı yapıların oluşturulmasına olanak tanır.

Enerji Emilimi: Lifler betonun enerji emilim kapasitesini artırarak, darbe dayanımını artırır ve enerjii emerek hasarı azaltır. Bu, özellikle doğal afetlere maruz kalan yapıların korunması için önemlidir.

Esneklik: Lifli beton, geleneksel betona göre daha esnektir. Bu, yapının deprem veya diğer doğal afetlerde daha iyi bir performans sergilemesine olanak tanır.

Daha Kolay Uygulanabilirlik: Lifli beton, geleneksel betondan daha kolay uygulanabilir ve daha az bakım gerektirir. Bu da inşaat projelerinde zaman ve maliyet tasarrufu sağlar.

Lifli Betonun Dezavantajları:

Maliyet: Lifli beton, geleneksel betona göre daha pahalıdır. Bu, inşaat projelerinin maliyetlerinin artmasına neden olabilir.

Zor Üretim: Lifli beton, üretim sırasında özel ekipmanlar ve teknikler gerektirir. Bu, üretim sürecini daha zor ve pahalı hale getirir.

Diğer Malzemeler ile Uyumsuzluk: Lifli beton, diğer malzemelerle uyumsuz olabilir ve bağlanma problemleri yaratabilir. Bu nedenle, lifli beton kullanımı öncesinde, diğer malzemelerin uyumluluğu iyice incelenmelidir.

Görünüm: Lifli betonun yüzeyi, geleneksel betona göre daha kaba ve pürüzlüdür. Bu, yapıların görünümünü olumsuz etkileyebilir.

Sonuç olarak, lifli betonun avantajları ve dezavantajları vardır. Ancak, bu beton türü, inşaat projelerinde daha uzun ömürlü ve dayanıklı yapıların oluşturulmasına olanak tanıdığı için giderek daha fazla tercih edilmektedir.

3.3. Lifli Betonun Modellenmesi

Lif takviyeli betonun özellikleri, geleneksel betonun aksine daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, lif takviyeli betonun özelliklerini modellenmek için bir dizi farklı yöntem kullanılır. Bu makalede, lif takviyeli betonun modellenmesi için kullanılan yöntemler, dikkat edilmesi gereken hususlar ve çelik lifli betonun yapay zekâ tarafından modellenmesi incelenecektir.

3.3.1. Lifli Betonun Modellenmesi İçin Kullanılan Yöntemler

Lif takviyeli betonun özelliklerinin modellenmesi için kullanılan yöntemler arasında analitik ve deneysel yöntemler bulunur. Analitik yöntemler, betonun matematiksel modelini oluştururken, deneysel yöntemler, betonun gerçek özelliklerinin ölçülmesini içerir. Analitik yöntemler arasında sonlu elemanlar yöntemi, sonsuz elemanlar yöntemi ve radyal temel fonksiyon yöntemi gibi yöntemler yer alır. Bu yöntemler, betonun özelliklerini matematiksel olarak modellerken, deneysel yöntemler, betonun gerçek özelliklerini belirleyerek modellerin doğruluğunu test eder.

Sonlu elemanlar analizi, lif takviyeli betonun mukavemeti, deformasyonu ve hasar davranışlarının hesaplanmasında kullanılan yaygın bir yöntemdir. Bu yöntem, betonun gerilme-çekme davranışlarını hesaba katar ve malzemenin karmaşık yapısını modellere dönüştürür.

Yapay zekâ yöntemleri, lif takviyeli betonun modellenmesi için oldukça etkilidir. Bu yöntemler, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar ve bulanık mantık gibi teknikleri içerir. Bu yöntemler, verilerden anlamlı ilişkiler çıkarmak için kullanılır ve modelin doğruluğunu artırmaya yardımcı olur.

3.3.2. Lifli Betonun Modellenmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Lif takviyeli betonun modellenmesi için dikkat edilmesi gereken en önemli husus, liflerin dağılımı ve yönelimidir. Liflerin doğru yönde ve yeterli miktarda dağılımı, betonun özelliklerini doğru bir şekilde modeller. Bunun yanı sıra, liflerin boyutu ve yoğunluğu da betonun özelliklerini etkiler. Modellenen betonun gerçek özellikleri ile karşılaştırılarak doğruluk seviyesi test edilmelidir.

4. YAPAY ZEKÂ

“Yapay zekâ, bir bilgisayarın ya da bilgisayar destekli bir makinenin, genellikle insana özgü nitelikler, çözüm yolu bulma, anlama, mana çıkartma, genelleme ve geçmişteki deneyimlerinden öğrenme gibi yüksek mantık süreçlere ilişkin görevleri yerine getirme yeteneği olarak bilim dünyasında tanınmıştır.” (Nabiyev,2012) Yapay zekâ(YZ), tarih boyunca farklı isimlerle anılmıştır. İlk olarak 1956 yılında John McCarthy tarafından "yapay zekâ" terimi kullanılmıştır. Bu terim, YZ' nin bilgisayarlar aracılığıyla insan zekâsının taklit edilmesi olduğunu ifade eder.

Yapay zekâ (YZ), bilgisayar sistemleri tarafından insan benzeri zekâ ve öğrenme yeteneklerine sahip olmak için tasarlanmış bir bilim dalıdır. Yapay zekâ, makine öğrenimi, doğal dil işleme, derin öğrenme, uzman sistemler ve benzeri teknolojileri kullanarak, bilgisayar sistemlerinin veri analizi, karar verme, algılama ve problem çözme becerilerini geliştirmeyi hedefler. Yapay zekâ, insanların problemleri çözme sürecini taklit etmek suretiyle, birçok alanda çözüm üretmek için kullanılmaktadır. Günümüzde, belirli bir algoritma veya formülasyon kullanılarak çözülemeyen karmaşık problemlerin çözümü için yapay zekâ sistemleri geliştirilmektedir. Bu sistemler, yüksek verimlilik ve doğruluk sağlayarak insanların zamanını ve kaynaklarını tasarruf etmelerine yardımcı olmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, önceden sadece elektronik veri transferi yapabilen ve karmaşık hesaplamalar gerçekleştiren bilgisayarlar, zamanla büyük miktarlardaki verileri filtreleyebilme ve mevcut bilgileri kullanarak olaylar hakkında yorum yapabilme yetenekleri kazandılar. Bugünlerde ise bilgisayarlar, sadece olaylar hakkında karar verme yeteneğine sahip olmakla kalmayıp, olaylar arasındaki ilişkileri de öğrenebilmektedir.

YZ'nin gelişmesi için temel olarak üç faktör önemlidir: veri, algoritma ve hesaplama gücü. Günümüzde veri toplama, depolama ve işleme teknolojileri büyük ölçüde gelişmiştir. Bu nedenle, büyük veri setlerini analiz edebilecek algoritmalar geliştirilmiştir. YZ, birçok alanda uygulanmaktadır. Bunlar arasında otomasyon, sağlık, finans, endüstriyel kontrol, oyunlar, robotik, doğal dil işleme ve görüntü işleme gibi alanlar yer alır.

4.1. Makine Öğrenmesi ve Öğrenme Türleri

Öğrenme kavramı, insanların veya hayvanların deneyimlerine dayanarak davranışlarını iyileştirmek için yeni bilgilerin keşfedilmesi ve öğrenilmesi sürecidir. Bu süreç, özellikle deneyimlerin tekrarlanması yoluyla, daha iyi sonuçlar elde etmek için davranışların değiştirilmesine yol açar.

Makine öğrenmesi ise bilgisayarların, insanların veya hayvanların deneyimlerine benzer şekilde verileri kullanarak kendilerini eğitebilmesi sürecidir. Bu sayede bilgisayarlar, gelecekte benzer olaylar hakkında kararlar verebilir ve problemlere çözümler üretebilirler.

Makine öğrenmesi, yapay zekâ alanının önemli bir parçasıdır ve birçok alanda kullanılmaktadır. Örneğin, finans, tıp, güvenlik, otomotiv ve daha pek çok alanda, makine öğrenmesi çözümleri kullanılmaktadır. Makine öğrenmesi, verilerin analiz edilmesi, sınıflandırılması, tahmin edilmesi, desenlerin tanınması ve daha pek çok işlemi gerçekleştirebilir.

Makine öğrenmesi, insanların yapamayacağı kadar büyük veri setlerini analiz edebilir ve hızlı bir şekilde sonuçlar üretebilir. Bu sayede, insanların zaman ve emek harcayarak yapabileceği işlemler, makine öğrenmesi sayesinde çok daha hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirilebilir.

Değişik öğrenme şekilleri vardır; alışkanlık yolu ile görerek, talimatlardan, örneklerden, açıklamalardan, deney yolu ile ve keşif yolu ile öğrenme bazı öğrenme sistemlerindedir. Geliştirilen bir makine öğrenme sistemi bu öğrenme türlerinden birini kullanabildiği gibi birkaçını birlikte de kullanabilir.

4.2. Yapay Zekâ Teknolojileri

Yapay zekânın teknolojileri başlıca dört ana başlık altında incelenebilir. Bunlar;

Uzman Sistemler

Bu sistemler, verilen girdiler üzerinde uzman bilgi ve kuralları kullanarak karar verme ve çözüm önerme gibi görevler yapabilirler. Uzman sistemler genellikle belirli bir alanda uzman olan insanlar gibi hareket ederek, bu alandaki kararları ve çözümleri hızlı ve doğru bir şekilde sunabilir. Kullanıcıları uzman olması gerekmekte olan uzmana yardımcı olacak şekilde tasarlanan yapay zekâ teknolojisidir.

Bulanık Mantık

Belirsiz veya kesin olmayan verilerin işlenmesine olanak tanıyan bir yapay zekâ teknolojisidir. Bulanık mantık, klasik mantık yapısının aksine, verilerin sınırlı bir şekilde tanımlanmasına olanak tanır ve bu verilere göre karar vermeyi mümkün kılar. Bulanık mantık sistemleri, veriler arasındaki ilişkileri ve bu verilerin olası sonuçlarını değerlendirerek, daha doğru ve esnek bir şekilde karar verme yapabilirler.

Genetik Algoritma

Yapay zekâ teknolojilerinden genetik algoritma problem çözme yöntemini doğal seleksiyon ve genetik varyasyon prensiplerine dayandırarak simüle eder. Genetik algoritma, bir problemi çözmek için uygun çözüm adaylarının belirli bir şablon çerçevesinde oluşturulmasını ve bu çözüm adaylarının birbirleriyle karşılaştırılarak en iyi olanının seçilmesini içerir. Genetik algoritma, belirgin bir hedef fonksiyon veya optimize edilmesi gereken bir değişken bulunan problemlerin çözümünde oldukça etkilidir.

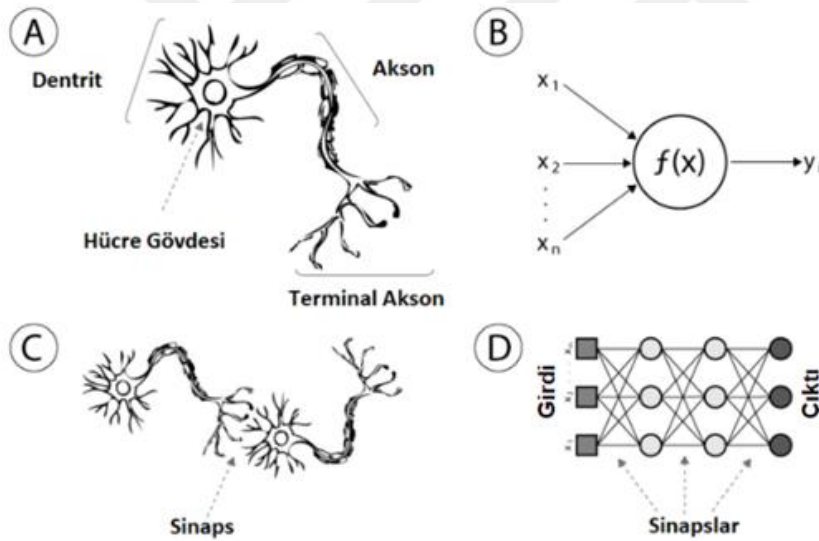
Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden esinlenerek tasarlanmış, öğrenme yoluyla yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri otomatik olarak gerçekleştirmeyi amaçlayan bilgisayar sistemleridir. Yapay sinir ağları, verileri analiz ederek kendi kendine öğrenir ve bu öğrenme sürecinde hatalardan ders çıkararak daha doğru sonuçlar üretir. Bu nedenle, yapay sinir ağları, birçok alanda kullanılan önemli bir yapay zekâ teknolojisidir.

5. YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)

“YSA, biyolojik sinir ağları taklit eden sentetik ağlardır.” (Egrioglu, Aladag, Yolcu, Uslu, Basaran, 2009). Yapay sinir ağları sonuçlanmış örnekleri kullanarak olayları öğrenebilen, sınıflandırabilen, ilişkilendirebilen, genelleyebilen bilgisayar sistemleridir.

Yapay sinir ağları, insan beynindeki sinir hücrelerine benzer şekilde çalışan ve verileri işleyen birbirine bağlı bir dizi nöron ve bağlantı içerir(Şekil5.1). Yapay sinir ağları, verileri alıp analiz ederek, öğrenme ve karar verme gibi görevler yapabilirler. Yapay sinir ağları, çok sayıda farklı uygulamada kullanılabilir ve sınıflandırma, regresyon gibi problemlerin çözümünde oldukça etkilidirler.



Şekil 5.1. Nöron yapıları ve YSA modeli (Maltarollo,2013)

5.1. YSA Öğrenme Stratejileri

Yapay sinir ağları örneklerden öğrenen bir sistemdir. Öğrenme sistemin amacına göre değişmektedir genel olarak üç öğrenme stratejisi vardır.

Öğretmenli Öğrenme

Öğretmenli öğrenme stratejisi kullanan sistemlerde bu sistemin olayı öğrenebilmesinde bir öğretmen bulunur. Bu öğrenme sisteminde öğretmen olay ile

ilgili girdi ve çıktı verilerini sisteme verir. Sistem verilen girdilerden yine verilen çıktı veri setlerine ulaşmaya çalışarak olayı öğrenmeye çalışır.

Destekleyici Öğrenme

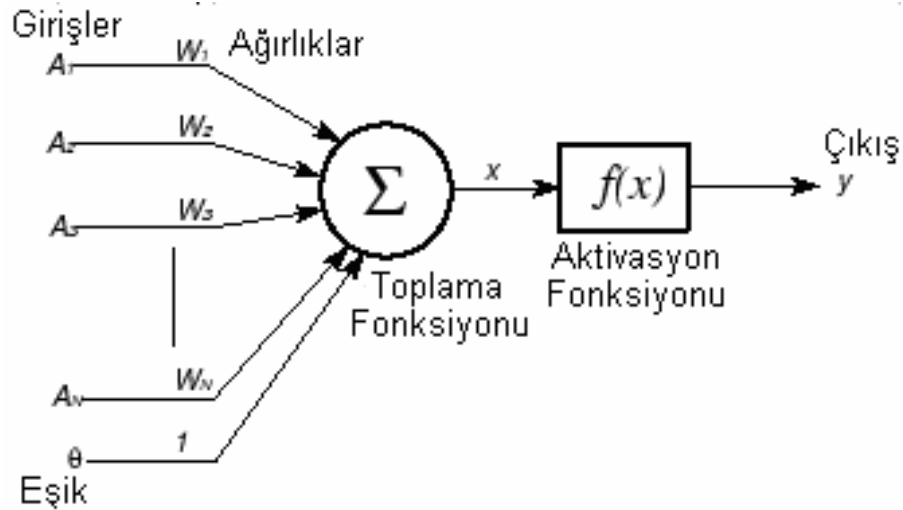
Destekleyici öğrenme stratejisi kullanan sistemlerde yine bir öğretmen bulunur ancak sadece girdi verilerini sisteme verir, çıktılara sistemin ulaşmasını bekler ve sistemin çıktılarına doğru/yanlış sinyallerini verir. Sistem öğretmenin sinyallerini dikkate alarak öğrenmeye devam eder.

Öğretmensiz Öğrenme

Öğretmensiz öğrenme stratejisinde sisteme yardımcı olacak bir öğretmen bulunmaz. Sisteme girdi verileri verilir, verilen parametreler arası ilişkiyi sistemin kendi kendisine keşfetmesi beklenir. Öğretmensiz öğrenme stratejisi sınıflandırma, kümelendirme problemleri için kullanılan bir stratejidir.

Sistemler bu öğrenme stratejilerinden sadece bir tanesini kullanmak zorunda değildir. Öğrenme stratejilerinin birlikte kullanılarak öğrenme gerçekleştiren ağlarda bulunmaktadır.

5.2. YSA Yapısı ve Temel Elemanları



Şekil 5.2. Yapay sinir ağının yapısı (Zafari,2013)

Yapay sinir ağları öğrenebilir, genellebilir, eksik veriyle çalışabilir ve çok sayıda değişkenle çalışabilir. Yapay sinir ağları, birçok giriş verisine dayalı bir sistemdir ve öğrenme işlemini gerçekleştirir(Şekil5.2). Bu öğrenme işlemi, yapay sinir ağının

ağırlık ve gecikme değerlerini güncelleştirir. Yapay sinir ağları, girişler arasındaki ilişkileri keşfetmek ve bu ilişkileri kullanarak, çıktı tahmin etmek amacıyla kullanılır. Yapay sinir ağları, insan beyninin öğrenme ve işleme mekanizmalarına benzer şekilde çalışır ve bu nedenle, "yapay sinir ağları" olarak adlandırılır. Yapay sinir ağları, özellikle zorlu problemlerin çözümünde etkili olabilir ve bu nedenle, çok çeşitli alanlarda kullanılabilir. Yapay sinir ağının çalışması sırasıyla şu şekildedir;

- **Girdi Verileri:** Yapay sinir ağı, verileri almak için girdi katmanındaki nöronlar tarafından temsil edilir.
- **Ağırlık Değerleri:** Her nöron, girdi verileri ile ilişkili olan ağırlık değerlerine sahiptir. Bu ağırlıklar, verilerin önceliklerinin belirlenmesini ve verinin nöronun çıkışını etkilemesini sağlar.
- **Çıkış Hesaplama:** Girdi verileri ve ağırlık değerleri kullanılarak, nöronlar çıkış değerlerini hesaplar.
- **Aktivasyon Fonksiyonu:** Çıkış değerleri, aktivasyon fonksiyonu tarafından işlenir ve sınırlı bir aralıkta bir çıkış değeri oluşturur.
- **Üst Katmanlar:** Yapay sinir ağı, birden fazla katmandan oluşabilir ve her bir katman, bir önceki katmandan gelen çıkış değerlerini işleyerek çıkış değerleri oluşturabilir.
- **Çıkış Değerleri:** Son katmandaki nöronlar tarafından oluşturulan çıkış değerleri, yapay sinir ağının kararını ifade eder.
- **Eğitim:** Yapay sinir ağı, veriler ve beklenen çıkış değerleri kullanılarak eğitilir. Eğitim sırasında, ağırlık değerleri ve aktivasyon fonksiyonları güncellenir ve yapay sinir ağı, verilere daha iyi uyum sağlamayı öğrenir.

5.2.1. Toplama Fonksiyonu

Bu fonksiyon, bir hücreye gelen net girdiyi hesaplar. Bunun için değişik fonksiyonlar kullanılmaktadır. En yaygın olanı ağırlıklı toplamı bulmaktır. Burada her gelen girdi değeri kendi ağırlığı ile çarpılarak toplanır. Böylece ağa gelen net girdi bulunmuş olur.

Toplama fonksiyonu şu şekilde gösterilebilir:

$$NET = \sum_i^n G_i A_i \quad (5.1)$$

Burada;

G_i : girdileri

A_i : hücreye gelen toplam girdi sayısı

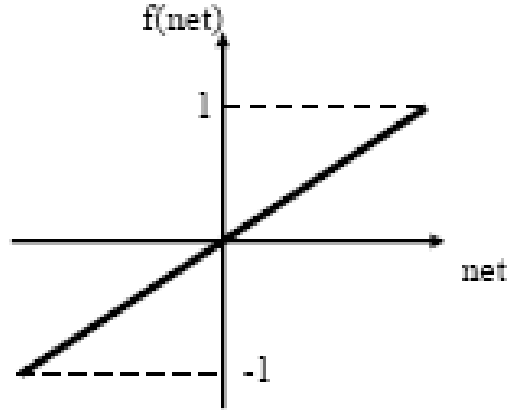
5.2.2. Aktivasyon Fonksiyonu

Çıkış değerleri, aktivasyon fonksiyonu tarafından işlenir ve sınırlı bir aralıkta bir çıkış değeri oluşturur. Birden fazla aktivasyon fonksiyonu vardır. Problem için en uygun aktivasyon fonksiyonu denemeler sonucunda bulunur.

5.2.2.1. Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu

Doğrusal bir problemi çözmek için çok katmanlı yapay sinir ağlarında genellikle kullanılan bir fonksiyondur. Hücrenin net girdisini doğrudan hücrenin çıkışı olarak hesaplayabilir.

$$F(Net) = Net \quad (5.2)$$



Şekil 5.3. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu

5.2.2.2. Sinüs Aktivasyon Fonksiyonu

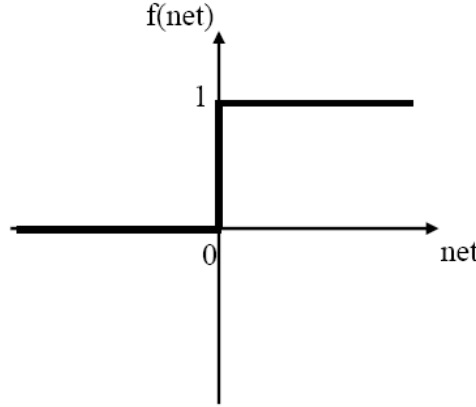
Öğrenilecek olayın sinüs fonksiyonuna uygun dağılım gösterdiği olaylarda kullanılabilir.

$$F(Net) = \sin(Net) \quad (5.3)$$

5.2.2.3. Eşik Değer Aktivasyon Fonksiyonu

Gelen bilgilerin 0 veya 1'den küçük veya büyük olmasına göre değerler almaktadır. 0 ve 1 arasında değerler alabilir bunların dışında değer alamaz.

$$F(NE T) = \begin{cases} 0 & NE T \leq 0 \\ NE T & 0 < NE T < 1 \\ 1 & NE T \geq 1 \end{cases} \quad (5.4)$$



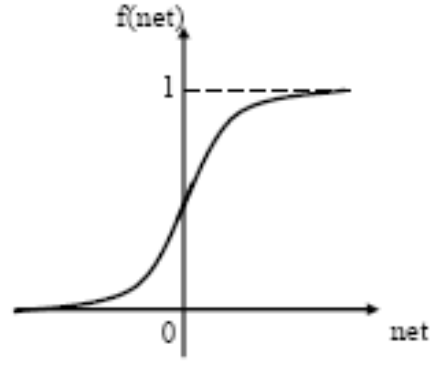
Şekil 5.4. Eşik değer aktivasyon fonksiyonu

5.2.2.4. Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu

Sigmoid aktivasyon fonksiyonu, yapay sinir ağı oluşturulurken en sık kullanılan aktivasyon fonksiyonudur. Sigmoid fonksiyonu, doğrusal ve doğrusal olmayan davranışların dengesini sağlayan, sürekli artan bir fonksiyon olarak tanımlanır.

$$F(NE T) = \frac{1}{1+e^{-NE T}} \quad (5.5)$$

Burada NET proses elemanına gelen girdi değeridir.

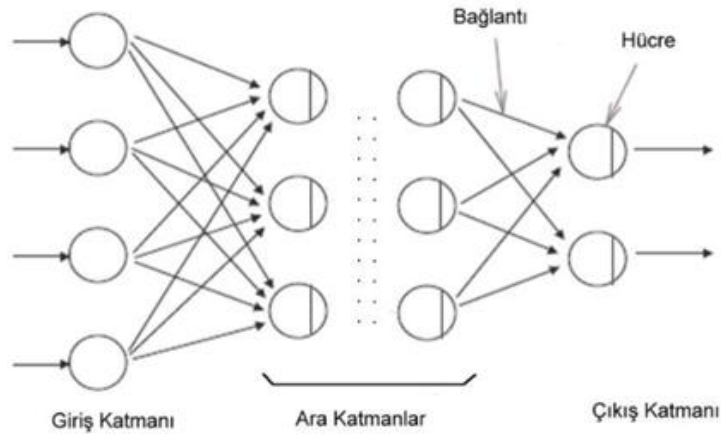


Şekil 5.5. Sigmoid aktivasyon fonksiyonu

5.2.3. Yapılarına Göre Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağlarında başlıca ileri beslemeli ve ileri yönlü geri beslemeli olacak şekilde iki tip mimari yapıdan bahsedilebilir.

5.2.3.1. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları



Şekil 5.6. İleri beslemeli sinir ağları (Öztemel,2006)

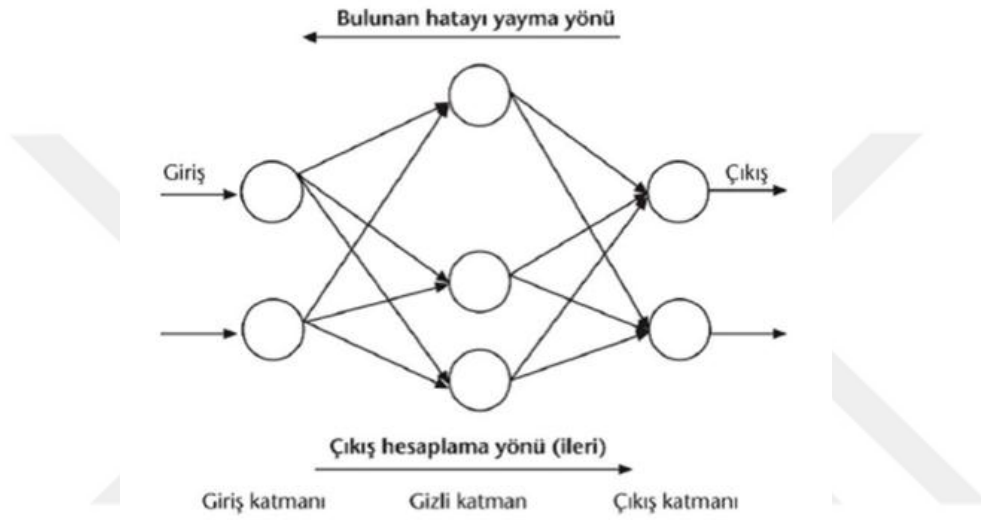
İleri Besleme, yapay sinir ağlarının en yaygın kullanılan çalışma prensiplerinden biridir. İleri besleme, verilerin yapay sinir ağındaki girdi katmanından başlayarak, her katmana doğru akışını ve sonuç olarak çıkış katmanındaki nöronlar tarafından oluşturulan çıkış değerlerini ifade eder.

İleri besleme süreci, girdi verilerinin her bir nöron tarafından işlenmesini, ağırlık değerleri kullanılarak çıkış değerlerinin hesaplanmasını ve aktivasyon fonksiyonu tarafından sınırlandırılmasını içerir(Şekil 5.6). İleri besleme süreci, birden fazla

katmandan oluşan yapay sinir ağlarında da uygulanır ve veriler her katmandan geçerek son katmandaki çıkış değerlerine ulaşır.

İleri besleme, yapay sinir ağlarının verileri işleyerek karar verme yapmasını ve eğitilmesini sağlar. Aynı zamanda, yapay sinir ağlarının performansını ölçmek için de kullanılabilir ve eğitim sırasında hataların tespit edilmesine ve giderilmesine yardımcı olur.

5.2.3.2. Geri beslemeli Yapay Sinir Ağları



Şekil 5.7. Geri beslemeli YSA(Kabalıcı,2015)

Geri Besleme, yapay sinir ağlarının bir diğer çalışma prensibidir. Geri besleme süreci, ileri besleme sürecinde elde edilen çıkış değerlerinin, beklenen çıkış değerleriyle karşılaştırılarak ağırlık değerlerinin güncellenmesini içerir(Şekil 5.7).

Geri besleme, yapay sinir ağının eğitim sürecinde oldukça önemlidir çünkü bu süreç sayesinde ağ, kendisini optimize eder ve beklenen çıkış değerlerine ulaşması için gerekli ağırlık değerlerini belirler. Geri besleme, yapay sinir ağının çıkış değerlerinin beklenen değerlerden ne kadar farklı olduğunu belirler ve bu farkın ağırlık değerlerinde nasıl düzeltileceğine karar verir.

Geri besleme, yapay sinir ağlarının eğitim sürecinde kullanılan optimizasyon algoritmalarının çalışmasına dayanır. Bu optimizasyon algoritmaları, ağırlık değerlerinin güncellenmesi sırasında geri besleme sürecine dayanır ve ağın beklenen çıkış değerlerine ulaşmasını sağlar.

Örneğin, eğitim verisi olarak verilen girdiler için, gerçek çıktılar yapay sinir ağı tarafından üretilen çıktılar ile karşılaştırılır ve aralarındaki fark (hata) hesaplanır. Bu hata, ağın ağırlıklarını ve bağlantılarını değiştirmek için kullanılır. Bu yolla ağ, girdilerle birlikte öğrenilen gerçek çıktıları daha iyi tahmin etmeye çalışır. Bu mekanizma genellikle iteratif olarak tekrarlanır, bu nedenle yapay sinir ağı üzerinde çalışırken sürekli olarak geri besleme kullanılır. Bu sayede ağ, öğrenme sürecinde kendini iyileştirmeye devam eder. Bu çalışmada geri beslemeli yapay sinir ağı modeli kullanılmıştır.

5.3. Yapay Sinir Ağının Eğitilmesi

Yapay Sinir Ağları (YSA), önceden verilen örnek girdiler kullanarak sonuçları tahmin eden bir çözüm yöntemidir. YSA'nın başarılı olabilmesi için ağırlık değerlerinin optimize edilmesi gerekmektedir ve bu işleme "ağın eğitilmesi" denir. Eğitim sürecinde, ağırlık değerlerinin uygun bir şekilde değiştirilerek en iyi çözüm için optimal ağırlık değerleri belirlenmeye çalışılır. Uygun ağırlık değerlerine ulaşıldığında, YSA genelleme yapabilme yeteneğine sahip olur, yani hiç görmediği örnekler için de çözüm üretebilme becerisine sahip olur.

YSA'nın adaptif öğrenme olarak adlandırılan bir özelliği vardır. Adaptif öğrenme, ağın hiç görmediği bir örnek için daha önceden görmüş olduğu örneklerden yararlanarak genelleme yapabilme yeteneğini kazanmasıdır. Bu sayede, ağ daha önce karşılaşmadığı verileri doğru bir şekilde işleyebilir ve çözüm üretebilir.

Ağın eğitimi tamamlandıktan sonra, ağın öğrenme sürecinin ne kadar başarılı olduğunu kontrol etmek için test aşaması gerçekleştirilir. Bu aşamada, ağa hiç görmediği örnekler gösterilir ve ağın bu örnekler üzerinde ürettiği çıktılar, beklenen çıktılarla karşılaştırılır. Ağın performansı, bu karşılaştırma sonucunda ölçülür. Test aşaması, ağın genelleyebilme becerisini ve doğruluk seviyesini değerlendirmek için önemlidir. Eğitim ve test süreçleri, ağın doğru sonuçlar üretebilmesi ve istenilen görevleri başarabilmesi için önemli adımları içermektedir.

5.3.1. YSA Girdi Verileri

Yapay sinir ağları, birçok farklı veri tipini işlemek ve analiz etmek için kullanılır. Giriş verisi ağın öğrenme sürecinde kullanıldığı verilerdir. Yapay sinir ağları, genellikle sayısal verilerle çalışır. Bu veriler, tam sayılar veya ondalık sayılar şeklinde olabilir.

Yapay sinir ağıları, kategorik verileri de işleyebilir. Kategorik veriler, sınıflandırılmış veya etiketlenmiş verilerdir ve genellikle metin veya semboller olarak temsil edilir. Bu tür veriler genellikle sayısal değerlere dönüştürülerek ağa verilir. Yapay sinir ağıları, görüntü verilerini işlemek için de kullanılabilir. Görüntü verileri, piksellerin renk değerleri veya desenlerin matris temsilleri olarak temsil edilebilir. Giriş olarak verilen görüntüler, sinir ağının öğrenme sürecinde analiz edilir ve özellikler çıkarılır. Görüntü işleme veya görüntü sınıflandırma gibi uygulamalarda bu özellikler kullanılabilir. Yapay sinir ağıları, metin verilerini de işleyebilir. Metin verileri, kelime veya karakter dizileri olarak temsil edilir.

Yapay sinir ağıları, giriş verilerindeki özellikleri algılayarak, bu özellikler arasındaki ilişkileri modeller ve sonuçları tahmin ederek öğrenme sürecini gerçekleştirir. Giriş verilerinin doğru temsili ve uygun şekilde ölçeklendirilmesi, ağın başarılı bir şekilde öğrenmesini etkiler.

5.3.2. YSA Çıktı Verileri

Yapay sinir ağlarının çıktı verileri, ağın giriş verilerini işleyerek elde ettiği sonuçlardır. Çıktılar, genellikle istenen hedefe veya probleme bağlı olarak farklı şekillerde temsil edilebilir.

Yapay sinir ağlarının çıktıları genellikle sayısal değerlerdir. Sınıflandırma problemlerinde yapay sinir ağlarının çıktıları genellikle kategorik verilerdir. Bu çıktıları, farklı sınıflara ait olasılık değerlerini veya en olası sınıfı temsil eden bir etiket veya sembolü içerebilir. Bazı problemlerde, yapay sinir ağlarının çıktıları ikili değerlerdir. Örneğin, bir hedefe ulaşma veya ulaşmama durumunu temsil eden bir ikili çıktıya sahip olabilirler. Sınıflandırma problemlerinde yapay sinir ağıları, sınıflar arasındaki olasılıkları temsil eden bir olasılık dağılımı çıktısı verebilir. Bu dağılım, her bir sınıfın olasılığını ifade eder ve en yüksek olasılığa sahip olan sınıf genellikle çıktı olarak seçilir.

Yapay sinir ağlarının çıktı verileri, genellikle ağın eğitim sürecindeki başarı ve performansın değerlendirilmesinde kullanılır. Ağın çıktıları gerçek değerlerle karşılaştırılır ve çıktıdaki hata veya kayıp değeri hesaplanır. Bu hata değeri, ağın ağırlıklarının optimize edilmesi ve öğrenme sürecinin iyileştirilmesi için kullanılır.

5.3.3. YSA Test Verileri

Yapay sinir ağlarının test verileri, ağın eğitim süreci tamamlandıktan sonra performansını değerlendirmek için kullanılan veri setidir. Bu veri seti, genellikle ağın daha önce görmediği, bağımsız ve doğrulanmış verilerden oluşur. Yapay sinir ağı test verileri, ağın genelleme yeteneğini değerlendirmek ve gerçek dünya verileri üzerindeki performansını ölçmek için kullanılır.

Test verileri, genellikle eğitim verilerinden ayrı bir veri seti olarak ayrılır ve ağın eğitim sırasında gördüğü verilerden farklı olması amaçlanır. Bu, ağın eğitim sürecinde öğrendiği desenleri doğrulamak için önemlidir.

5.3.4. YSA'nın Test Edilmesi

Test süreci, ağın eğitilen modelinin gerçek dünya verileri üzerindeki performansını değerlendirmek için kullanılır. Ağın ürettiği tahminler, gerçek çıktı değerleriyle karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda, ağın ne kadar doğru veya yanlış tahminler yaptığı belirlenir. Test süreci, yapay sinir ağının gerçek dünya verileri üzerindeki başarısını değerlendirmek için kritik bir adımdır.

Yapay sinir ağı test verileri, ağın performansını değerlendirmek için kullanılan metriklerle birlikte kullanılır. Regresyon problemlerinde ortalama kare hata (MSE), ortalama mutlak hata (MAE), hataların karesi toplamı (SSE) gibi metrikler kullanılabilir.

MSE (Mean Squared Error), yani Ortalama Kare Hatası, regresyon modelinin performansını değerlendirmek için kullanılan bir metriktir. MSE, tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki ortalama kare farkını ölçer.

n veri noktası için MSE'nin formülü şu şekilde ifade edilebilir:

$$MSE = (1/n) * \sum(y_i - \bar{y})^2 \quad (5.6)$$

Burada:

y_i , i. veri noktasındaki gerçek değeri

\bar{y} , tüm gerçek değerlerin ortalaması

\sum , toplamı ifade eder.

MSE'nin değeri, sifira ne kadar yakınsa, regresyon modelinin tahminleri gerçek değerlere o kadar yakın demektir. Daha düşük bir MSE değeri, daha iyi bir model performansını gösterir.

MAE (Mean Absolute Error), yani Ortalama Mutlak Hata, regresyon modelinin performansını değerlendirmek için kullanılan bir metriktir. MAE, tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki ortalama mutlak farkı ölçer.

.n veri noktası için MAE'nin formülü şu şekilde ifade edilebilir:

$$MAE = (1/n) * \sum |y_i - \hat{y}_i| \quad (5.7)$$

Burada:

y_i , i. veri noktasındaki gerçek değer

\hat{y}_i , i. veri noktasındaki tahmin edilen değer

Σ , toplamı ifade eder.

MAE'nin değeri, sifira ne kadar yakınsa, regresyon modelinin tahminleri gerçek değerlere o kadar yakın demektir. Daha düşük bir MAE değeri, daha iyi bir model performansını gösterir.

SSE (Sum of Squared Errors), yani Kareler Toplamı Hatası, regresyon modelinin performansını değerlendirmek için kullanılan bir metriktir. SSE, tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki kare farklarının toplamını ölçer.

SSE'yi hesaplamak için genellikle aşağıdaki adımları izlersiniz:

n veri noktası için SSE'nin formülü şu şekilde ifade edilebilir:

$$SSE = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (5.8)$$

Burada:

y_i , i. veri noktasındaki gerçek değer

\hat{y}_i , i. veri noktasındaki tahmin edilen değer

Σ , toplamı ifade eder.

SSE'nin değeri ne kadar düşükse, regresyon modelinin tahminleri gerçek değerlere o kadar yakın demektir. Daha düşük bir SSE değeri, daha iyi bir model performansını gösterir.

Test verileri, yapay sinir ağının genelleme yeteneğini ölçmek için önemlidir. Ağın eğitim verileri üzerinde iyi bir performans göstermesi, ancak test verileri üzerinde düşük bir performans sergilemesi, ağın öğreniminde bir hata olduğunu gösterir bu bakımdan ağın test edilmesi ve test verilerinin çıktılarını doğru vermesi ağın öğrenip öğrenmediğini anlamamıza yardımcı olur.

Test sonuçlarına dayanarak ağın performansı değerlendirilir. Eğer performans beklenen düzeyde değilse, ağın yapısında veya parametrelerinde değişiklikler yapılabilir veya daha fazla eğitim verisi toplanabilir. Bu şekilde ağın performansı iyileştirilebilir



6. MATERYAL VE YÖNTEM

YSA, insan beyninin sinir hücrelerinin matematiksel bir modeli olarak çalışır ve birçok farklı uygulama alanında kullanılır. Çelik lifli betonun basınç ve çekme dayanımı sonuçlarını tahmin etmek için Matlab tabanlı yapay zekâ teknolojilerinden yapay sinir ağları kullanıldı. Oluşturulan yapay sinir ağında girdi katmanında 15 eleman, gizli katmanda 10 nöron ve bir çıktı olacak şekilde yapılandırılmıştır. Matlab bünyesinde bulunan “nntool” toolbox kullanılmıştır. YSA oluşturulup ileri yönlü geri yayılım algoritması kullanacak şekilde tasarlanmıştır. Basınç ve çekme dayanımı için farklı yapılar kurulmuştur.

6.1. Çelik Lif Tipleri ve Yapay Sinir Ağında Gösterimi

Çalışmada çelik lif tiplerinden yaygın kullanılan beş tip çelik lifi (Çizelge 6.1) kapsamakta olup bu lifler; çengel uçlu, öğütülmüş, düz, oluklu, zigzag ve geri dönüştürülmüş çelik lif. Ayrıca öğrenme ve test verilerinde lif kullanılmamış beton karışım verileri basınç ve çekme dayanımı sonuçlarıyla birlikte verilmiştir. Öğütülmüş çelik lifin kesiti kare olup diğerlerinin kesitleri daire biçimindedir bundan dolayı öğütülmüş lif için uzunluk, genişlik, kalınlık parametreleri girilmişken diğer lif tiplerinde uzunluk, çap ve uzunluk çap oranı girdi parametresi olarak tanımlanmıştır. Liflerin şekil farklılıklarından kaynaklanacak sonuçları olup bunun oluşturulacak yapay sinir ağının parametresi olacak şekilde temsil edilmesi için lif tiplerine kod numaraları verilmiştir.

Çizelge 6.1. Lif kodları ve tipleri

Lif kodu	Lif tipi	Görsel
0	YOK	
1	Çengel uçlu (Hook-end)	Şekil 8-a (Li, Xu, Shi, vd. 2018)
2	Öğütülmüş (Milling)	Şekil 8-b (Zhao, Li, Xie, 2022)
3	Düz (Straight)	Şekil 8-c (Li, Xu, Shi, vd. 2018)
4	Oluklu (Corrugated)	Şekil 8-d (Li, Xu, Shi, vd. 2018)
5	Zigzag	Şekil 8-e (Kaushik, Kumar, 2021)
6	Geri dönüştürülmüş	Şekil 8-f (Jomaah, Khazaal, Ahmed, 2018)



Şekil 8-a



Şekil 8-b



Şekil 8-c



Şekil 8-d



Şekil 8-e



Şekil 8-f

Şekil 6.1. Çelik lif tipleri

7. ÇELİK LİFLİ BETONUN YSA İLE BASINÇ DAYANIMI TAHMİNİ

7.1. Basınç Dayanımı YSA Girdi Verileri

Çelik fiberli betonun basınç dayanımını tahmin etmede kullanacağımız yapay sinir ağına 24 farklı çalışmadan elde edilen 302 veriyle öğrenme sağlanmıştır. Yapay sinir ağına girdi olarak; çelik lifin tipini ağa tanıtmak için belirlenen kod numarası, fiber oranı, çimento, su çimento oranı, kullanılan lifin uzunluk çap oranı, karışıma katılacak çimento miktarı, ince agrega oranı, kaba agrega oranı, silis dumanı, uçucu kül, süper akışkanlaştırıcı oranı, çelik fiberlerin uzunluk kalınlık çap gibi verileri olmak üzere 15 adet girdi verisi çalışmalarda verilenlerle derlenip girilmiştir. Çıktı olarak basınç dayanımı sonuçları verilmiştir. (Çizelge 7.1)

Çizelge 7.1. YSA Basınç dayanımı girdi verileri

Referans	Fiber kod	Fiber oranı	Çimento Kg/m ³	Su/Çimento	Kaba agr. Kg/m ³	İnce agrega Kg/m ³	Siliş dumanı Kg/m ³	Uçucu kül Kg/m ³	Akskanla ştıncı %	Fiber						Basınç dayanımı MPa		
										genişlik mm	kalınlık mm	uzunluk mm	uzunluk l mm	çap d mm	l/d			
[1]	0	0	424	0,38	6,36	6,25		182	0	3	0,17	32					43,4	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32					45,52	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32					45,68	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32					44,98	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32					47,89	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32					48,25	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32					49,15	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32					47,63	
	0	0	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32					46,10	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32					45,41	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32					45,47	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32					45,28	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32					48,13	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32					45,77	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32					46,1	
	0	0	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32					44,02	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32					45,5	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32					46,22	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32					47,62	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32					45,37	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32					47,38	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32					48,74	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32					44,59	
	0	0	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32					40,17	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32					43,82	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,5	3	0,17	32					44,76	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,5	3	0,17	32					44,3	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,5	3	0,17	32					45,03	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,5	3	0,17	32					45,7	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,5	3	0,17	32					48,69	
	[2]	0	0	330	0,54	3,26	2,41			0				0	0	0		33,6
		1	1	330	0,54	3,22	2,37			3,4				35	0,9	39		36,8
0		0	475	0,38	2,26	1,37			0				0	0	0		47,7	
1		1	475	0,38	2,24	1,34			3,4				35	0,9	39		53,1	
[3]	0	0	417	0,42	2,6	1,73			4,2				0	0	0		47,53	
	3	0,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				12	0,2	60		48,9	
	3	0,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				12	0,2	60		49,35	
	3	1	417	0,42	2,6	1,73			4,2				12	0,2	60		50,8	
	3	1	417	0,42	2,6	1,73			4,2				12	0,2	60		51,44	
	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				12	0,2	60		53,1	
	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				12	0,2	60		53,21	
	3	2	417	0,42	2,6	1,73			4,2				12	0,2	60		52,3	
	3	2	417	0,42	2,6	1,73			4,2				12	0,2	60		52,25	
	1	0,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				30	0,5	60		50,76	
	1	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				30	0,5	60		51,92	
	1	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				30	0,5	60		53,65	
	1	2	417	0,42	2,6	1,73			4,2				30	0,5	60		53,05	
	4	0,4	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,8	60		50,12	
	4	0,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,8	60		50,09	
	4	1	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,8	60		51,36	
	4	1	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,8	60		51,75	
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,8	60		52,86	
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,8	60		52,91	
	4	2	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,8	60		52,63	
	4	2	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,8	60		52,92	
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				30	0,8	40		52,73	
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				30	0,8	40		52,64	
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				60	0,8	80		52,81	
4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				60	0,8	80		52,75		
[4]	0	0	417	0,42	2,6	1,73			4,2				0	0	0		47,53	
	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				12	0,2	60		54,96	
	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				12	0,2	60		55,47	
	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				12	0,2	60		55,32	
	1	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				30	0,5	60		53,24	
	1	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				30	0,5	60		53,35	
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,8	60		52,62	
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,8	60		52,91	
4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,8	60		52,36		
[5]	1	0,25	400	0,6	2,66	1,65	40		0				60	0,9	67		26,1	
	1	0,375	400	0,6	2,66	1,65	40		0				60	0,9	67		26,2	
	1	0,5	400	0,6	2,66	1,65	40		0				60	0,9	67		27	
	1	0,25	400	0,5	2,66	1,65	40		0				60	0,9	67		34,6	
	1	0,375	400	0,5	2,66	1,65	40		0				60	0,9	67		37,4	
	1	0,5	400	0,5	2,66	1,65	40		0				60	0,9	67		37,3	
	1	0,25	400	0,4	2,66	1,65	40		4,4				60	0,9	67		46,7	

Çizelge 7.1. YSA Basınç dayanımı girdi verileri(devamı)

	1	0,375	400	0,4	2,66	1,65	40	4,4	60	0,9	67	48,7
	1	0,5	400	0,4	2,66	1,65	40	4,4	60	0,9	67	48,2
[6]	1	0	400	0,45	2	2,5		0	0	0	0	34,8
	1	1,5	400	0,45	2	2,5		0,65	30	0,7	43	47,3
	1	2,5	400	0,45	2	2,5		0,8	30	0,7	43	49,2
	1	4	400	0,45	2	2,5		1,4	30	0,7	43	53,3
[7]	1	0	550	0,25	1,91	1,24		0,25	0	0	0	85,5
	1	0,5	550	0,25	1,91	1,24		0,25	40	0,6	65	87,8
	1	1	550	0,25	1,91	1,24		0,25	40	0,6	65	90,3
	1	1,5	550	0,25	1,91	1,24		0,25	40	0,6	65	92,7
	1	0,5	550	0,25	1,91	1,24		0,25	50	0,6	80	87
	1	1	550	0,25	1,91	1,24		0,25	50	0,6	80	90,7
	1	1,5	550	0,25	1,91	1,24		0,25	50	0,6	80	93
	1	0,5	550	0,25	1,91	1,24		0,25	60	0,8	80	86,6
	1	1	550	0,25	1,91	1,24		0,25	60	0,8	80	91,6
	1	1,5	550	0,25	1,91	1,24		0,25	60	0,8	80	93,8
	1	0	450	0,35	2,34	1,59		0,15	0	0	0	61,7
	1	0,5	450	0,35	2,34	1,59		0,15	40	0,6	65	69,4
	1	1	450	0,35	2,34	1,59		0,15	40	0,6	65	72,3
	1	1,5	450	0,35	2,34	1,59		0,15	40	0,6	65	75,9
	1	0,5	450	0,35	2,34	1,59		0,15	50	0,6	80	73,8
	1	1	450	0,35	2,34	1,59		0,15	50	0,6	80	76,4
	1	1,5	450	0,35	2,34	1,59		0,15	50	0,6	80	77,3
	1	0,5	450	0,35	2,34	1,59		0,15	60	0,8	80	68
	1	1	450	0,35	2,34	1,59		0,15	60	0,8	80	70,6
	1	1,5	450	0,35	2,34	1,59		0,15	60	0,8	80	78,6
	1	0	350	0,45	3,08	2,28		0,12	0	0	0	52,4
	1	0,5	350	0,45	3,08	2,28		0,12	40	0,6	65	60,7
	1	1	350	0,45	3,08	2,28		0,12	40	0,6	65	64,1
	1	1,5	350	0,45	3,08	2,28		0,12	40	0,6	65	62,3
	1	0,5	350	0,45	3,08	2,28		0,12	50	0,6	80	55,8
	1	1	350	0,45	3,08	2,28		0,12	50	0,6	80	62,3
	1	1,5	350	0,45	3,08	2,28		0,12	50	0,6	80	64,2
	1	0,5	350	0,45	3,08	2,28		0,12	60	0,8	80	58,9
	1	1	350	0,45	3,08	2,28		0,12	60	0,8	80	59,7
	1	1,5	350	0,45	3,08	2,28		0,12	60	0,8	80	66,2
[8]	0	0	413	0,45	2,7	1,7		82,6	0	0	0	16,54
	0	0	413	0,45	2,7	1,7		82,6	0	0	0	16,6
	0	0	413	0,45	2,7	1,7		82,6	0	0	0	16,55
	0	0	413	0,45	2,7	1,7		123,9	0	0	0	16,23
	0	0	413	0,45	2,7	1,7		123,9	0	0	0	16,26
	0	0	413	0,45	2,7	1,7		123,9	0	0	0	16,28
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	23,25
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	23,79
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	23,71
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	23,83
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	23,54
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	23,76
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	24,72
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	24,7
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	24,32
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	24,63
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	24,15
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	24,68
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	26,04
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	26,2
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	26,03
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	26,24
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	26,01
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6	50	1	50	20,3
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		123,9	50	1	50	20,45
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		123,9	50	1	50	20,4
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		123,9	50	1	50	20,58
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		123,9	50	1	50	20,63
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		123,9	50	1	50	20,5
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		123,9	50	1	50	21,36
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		123,9	50	1	50	21,7
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		123,9	50	1	50	21,33
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		123,9	50	1	50	21,6
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		123,9	50	1	50	21,34
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		123,9	50	1	50	22,6
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		123,9	50	1	50	22,7
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		123,9	50	1	50	22,8
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		123,9	50	1	50	22,66
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		123,9	50	1	50	22,9
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		123,9	50	1	50	22,76
[9]	0	0	438	0,36	2,67	1,12		2,5				49,1
	1	0,5	438	0,36	2,65	1,18		2,5			45	50,8
	1	1	438	0,36	2,63	1,17		2,5			45	53,7
	1	1,5	438	0,36	2,62	1,16		2,5			45	57,7
	1	0,5	438	0,36	2,65	1,18		2,5			65	53,5

Çizelge 7.1. YSA Basınç dayanımı girdi verileri(devamı)

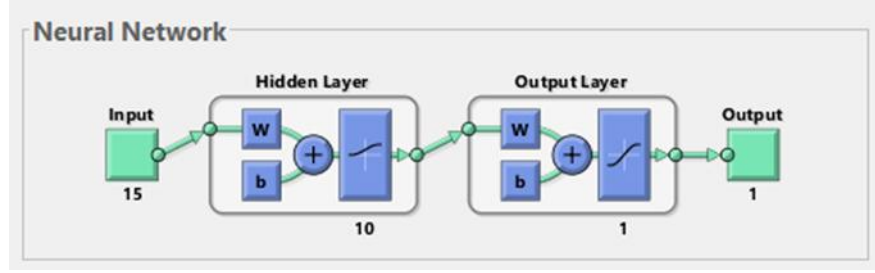
1	1	438	0,36	2,63	1,17	2,5	65	58,3				
1	1,5	438	0,36	2,62	1,16	2,5	65	56,4				
1	0,5	438	0,36	2,65	1,18	2,5	80	56				
1	1	438	0,36	2,63	1,17	2,5	80	58,3				
1	1,5	438	0,36	2,62	1,16	2,5	80	52,1				
[10]	0	0	447	0,392	2	1,99	50	0,6	0	0	44,89	
	1	0,125	447	0,392	2	1,99	50	0,8	30	0,6	54	46,25
	1	0,25	447	0,392	2	1,99	50	0,9	30	0,6	54	48,09
	1	0,375	447	0,392	2	1,99	50	1	30	0,6	54	48,34
	6	0,125	447	0,392	2	1,99	50	0,8	30	1	30	46,95
	6	0,125	447	0,392	2	1,99	50	0,8	30	1	30	46,6
	6	0,25	447	0,392	2	1,99	50	0,9	30	1	30	48,32
	6	0,25	447	0,392	2	1,99	50	0,9	30	1	30	48,65
	6	0,375	447	0,392	2	1,99	50	1	30	1	30	48,9
	6	0,375	447	0,392	2	1,99	50	1	30	1	30	49,15
[11]	1	0.19	400	0,45	2,57	1,78	5,4	60	0.75	80	44,98	
	1	0.32	400	0,45	2,57	1,78	5.8	60	0.75	80	45,45	
	1	0.45	400	0,45	2,57	1,78	6.2	60	0.75	80	41,13	
	1	0.58	400	0,45	2,57	1,78	6.6	60	0.75	80	46,65	
	1	0.19	280	0,65	3,92	2,72	3.4	60	0.75	80	29,79	
	1	0.32	280	0,65	3,92	2,72	4.2	60	0.75	80	30,08	
	1	0.45	280	0,65	3,92	2,72	5.0	60	0.75	80	29,72	
	1	0.58	280	0,65	3,92	2,72	5.6	60	0.75	80	31,03	
	1	0.26	350	0,55	2,96	2,06	5.3	60	0.75	80	39,26	
	1	0.38	350	0,55	2,96	2,06	5.6	60	0.75	80	37,86	
	1	0.51	350	0,55	2,96	2,06	5.6	60	0.75	80	39,86	
	1	0.32	350	0,55	2,96	2,06	5.3	60	0.90	66,67	37,50	
	1	0.45	350	0,55	2,96	2,06	5.3	60	0.90	66,67	37,98	
	1	0.58	350	0,55	2,96	2,06	5.6	60	0.90	66,67	38,38	
	1	0.38	350	0,55	2,96	2,06	5.3	30	0.55	54,55	37,27	
	1	0.51	350	0,55	2,96	2,06	5.3	30	0.55	54,55	36,83	
	1	0.64	350	0,55	2,96	2,06	5.6	30	0.55	54,55	37,29	
[12]	1	0.50	385	0,46	2,28	2,37	3.9	60	0.75	80,00	38,70	
	1	1.00	385	0,46	2,26	2,36	4.6	60	0.75	80,00	39,53	
	1	0.50	354	0,46	2,47	2,56	4.3	60	0.75	80,00	45,60	
	1	1.00	354	0,46	2,45	2,55	5.0	60	0.75	80,00	47,02	
	1	0.50	450	0,36	1,93	2,01	5.9	60	0.75	80,00	49,97	
	1	1.00	450	0,36	1,92	2,00	6.5	60	0.75	80,00	51,63	
	1	0.50	414	0,39	2,09	2,17	6.1	60	0.75	80,00	57,96	
	1	1.00	414	0,39	2,07	2,16	6.3	60	0.75	80,00	60,92	
[13]	1	0.40	453	0,40	2,74	1,38	1.0	60	0.75	80,00	22,06	
	1	0.60	453	0,40	2,74	1,38	1.0	60	0.75	80,00	23,21	
	1	0.80	453	0,40	2,74	1,38	1.0	60	0.75	80,00	25,33	
[14]	1	0.50	338	0,68	2,25	3,10	0.7	60	0.75	80,00	25,60	
	1	0.75	338	0,68	2,25	3,10	0.7	60	0.75	80,00	26,40	
	1	1.00	338	0,68	2,25	3,10	0.7	60	0.75	80,00	27,65	
	1	1.25	338	0,68	2,25	3,10	0.7	60	0.75	80,00	28,01	
[15]	1	0.50	350	0,50	4,00	2,72	4.5	60	0.90	66,67	38,99	
	1	1.00	350	0,50	4,00	2,72	4.5	60	0.90	66,67	45,33	
	1	1.50	350	0,50	4,00	2,72	4.5	60	0.90	66,67	37,15	
	1	0.50	350	0,50	4,00	2,72	4.5	60	0.75	80,00	29,11	
	1	1.00	350	0,50	4,00	2,72	4.5	60	0.75	80,00	23,49	
	1	1.50	350	0,50	4,00	2,72	4.5	60	0.75	80,00	22,23	
	1	0.50	350	0,50	4,00	2,72	4.5	50	0.10	50,00	18,18	
	1	1.00	350	0,50	4,00	2,72	4.5	50	0.10	50,00	33,52	
	1	1.50	350	0,50	4,00	2,72	4.5	50	0.10	50,00	39,20	
	1	0.50	350	0,50	4,00	2,72	4.5	60	0.90	66,67	32,13	
	1	1.00	350	0,50	4,00	2,72	4.5	60	0.90	66,67	38,62	
	1	1.50	350	0,50	4,00	2,72	4.5	60	0.90	66,67	43,90	
	1	0.50	350	0,50	4,00	2,72	4.5	60	0.75	80,00	37,57	
	1	1.00	350	0,50	3,89	2,72	4.5	60	0.75	80,00	40,52	
	1	1.50	350	0,50	3,89	2,72	4.5	60	0.75	80,00	40,87	
	1	0.50	350	0,50	3,89	2,72	4.5	50	0.10	50,00	32,46	
	1	1.00	350	0,50	3,89	2,72	4.5	50	0.10	50,00	41,33	
	1	1.50	350	0,50	3,89	2,72	4.5	50	0.10	50,00	42,51	
	1	0.50	350	0,50	3,83	2,72	4.5	60	0.90	66,67	35,87	
	1	1.00	350	0,50	3,83	2,72	4.5	60	0.90	66,67	39,64	
	1	1.50	350	0,50	3,83	2,72	4.5	60	0.90	66,67	37,3	
	1	0.50	350	0,50	3,83	2,72	4.5	60	0.75	80,00	39,02	
	1	1.00	350	0,50	3,83	2,72	4.5	60	0.75	80,00	36,38	
	1	1.50	350	0,50	3,83	2,72	4.5	60	0.75	80,00	39,51	
	1	0.50	350	0,50	3,83	2,72	4.5	50	0.10	50,00	36,87	
	1	1.00	350	0,50	3,83	2,72	4.5	50	0.10	50,00	42,38	
	1	1.50	350	0,50	3,83	2,72	4.5	50	0.10	50,00	43,87	
	1	0.50	350	0,50	3,77	2,72	4.5	60	0.90	67,00	37,27	
	1	1.00	350	0,50	3,77	2,72	4.5	60	0.90	67,00	40,59	
	1	1.50	350	0,50	3,77	2,72	4.5	60	0.90	67,00	41,08	
	1	0.50	350	0,50	3,77	2,72	4.5	60	0.75	80,00	40,28	
	1	1.00	350	0,50	3,77	2,72	4.5	60	0.75	80,00	41,05	
	1	1.50	350	0,50	3,77	2,72	4.5	60	0.75	80,00	39,97	
	1	0.50	350	0,50	3,77	2,72	4.5	50	0.10	50,00	38,58	

Çizelge 7.1. YSA Basınç dayanımı girdi verileri(devamı)

	1	1.00	350	0,50	3,77	2,72		4.5		50	0.10	50,00	43,31
	1	1.50	350	0,50	3,77	2,72		4.5		50	0.10	50,00	40,06
[16]	1	0.33	325	0,55	2,97	2,74		0.9		60	0.75	80,00	47,9
	1	0.67	325	0,55	2,97	2,74		0.9		60	0.75	80,00	48
	1	1.00	325	0,55	2,97	2,74		0.9		60	0.75	80,00	49,2
	1	0.33	325	0,55	2,97	2,74		0.9		60	0.71	84,51	49,4
	1	0.67	325	0,55	2,97	2,74		0.9		60	0.71	84,51	47,5
	1	1.00	325	0,55	2,97	2,74		0.9		60	0.71	84,51	50,9
	1	0.33	396	0,45	2,31	2,13		1.4		60	0.75	80,00	59,6
	1	0.67	396	0,45	2,31	2,13		1.4		60	0.75	80,00	60,5
	1	1.00	396	0,45	2,31	2,13		1.4		60	0.75	80,00	59,9
	1	0.33	396	0,45	2,31	2,13		1.4		60	0.71	85,00	56,9
	1	0.67	396	0,45	2,31	2,13		1.4		60	0.71	85,00	59,4
	1	1.00	396	0,45	2,31	2,13		1.4		60	0.71	85,00	61,1
	1	0.33	487	0,35	1,75	1,61		1.8		60	0.75	80,00	71,5
	1	0.67	487	0,35	1,75	1,61		1.8		60	0.75	80,00	71,9
	1	1.00	487	0,35	1,75	1,61		1.8		60	0.75	80,00	72,3
	1	0.33	487	0,35	1,75	1,61		1.8		60	0.71	85,00	74,9
	1	0.67	487	0,35	1,75	1,61		1.8		60	0.71	85,00	71,3
	1	1.00	487	0,35	1,75	1,61		1.8		60	0.71	85,00	73
[17]	1	0.26	351	0,50	2,83	2,61		2.7		50	1	50,00	34,34
	1	0.45	351	0,50	2,83	2,61		2.7		50	1	50,00	34,43
[18]	1	1.00	311	0,66	3,76	2,14		3.1		25	0.40	62,50	37,45
	1	1.00	366	0,56	3,16	1,70		4.4		25	0.40	62,50	51,44
[19]	1	1.00	283	0,60	3,78	2,49		2.8		30	0.62	48,39	23,3
	1	1.50	296	0,60	3,27	2,83		3.3		30	0.62	48,39	30
[20]	1	0.50	440	0,50	2,76	0,83		3.2		31	0.75	41,33	42,44
	1	1.00	440	0,50	2,74	0,83		3.7		31	0.75	41,33	36,44
	1	1.50	440	0,50	2,71	0,81		4.0		31	0.75	41,33	42,26
[21]	1	0.19	322	0,59	3,28	2,34		3.2		30	0.50	60,00	29
	1	0.38	324	0,59	3,27	2,33		3.2		30	0.50	60	40
	1	0.57	322	0,59	3,26	2,33		3.2		30	0.50	60	35
	1	0.76	324	0,59	3,35	2,32		3.2		30	0.50	60	48
	1	0.19	324	0,59	3,28	2,34		3.2		60	0.75	80	42
	1	0.38	324	0,59	3,27	2,33		3.2		60	0.75	80	40
	1	0.57	324	0,59	3,26	2,32		3.2		60	0.75	80	35
	1	0.76	324	0,59	3,25	2,31		3.2		60	0.75	80	34
[22]	1	0.50	410	0,45	2,11	2,23		2.0		50	1	50	52
	1	1.00	410	0,45	2,11	2,23		4.0		50	1	50	50
[23]	1	0.51	373	0,45	2,61	2,14		3.0		60	1	60	41,23
	1	0.51	373	0,45	2,61	2,14		2.8		54	1	54	40,85
	1	0.51	341	0,49	2,86	2,35		5.0		60	1	60	55,08
	1	0.51	341	0,49	2,86	2,35		5.7		54	1	54	53,71
	1	0.51	429	0,35	2,27	1,86		8.0		60	1	60	41,79
	1	0.51	429	0,35	2,27	1,86		8.0		54	1	54	43,97
	1	0.51	393	0,38	1,04	2,04		9.0		60	1	60	54,72
	1	0.51	393	0,38	1,04	2,04		10.0		54	1	54	57,29
	1	0.51	393	0,38	1,04	2,04		11.0		60	1	60	67,62
	1	0.51	393	0,38	1,04	2,04		10.0		54	1	54	62,6
[24]	1	0.51	375	0,45	2,62	2,15		0.5		60	1	60	40,1
	1	0.49	431	0,29	2,07	2,05		11.4		60	1	60	50,6
	1	0.52	439	0,34	2,27	1,86		4.4		60	1	60	49,4
	1	0.49	331	0,49	2,86	2,34		0.5		60	1	60	48
	1	0.48	381	0,32	2,24	2,25		6.3		60	1	60	66,5
	1	0.51	394	0,38	2,49	2,04		4.7		60	1	60	66,7
	1	0.50	366	0,45	2,61	2,14		0.8		54	1	54	38,2
	1	0.49	424	0,30	2,06	2,06		11.2		54	1	54	46,5
	1	0.50	419	0,35	2,27	1,86		4.7		54	1	54	42,3
	1	0.51	338	0,47	2,86	2,35		0.6		54	1	54	50
	1	0.48	382	0,32	2,25	2,25		6.3		54	1	54	56
	1	0.49	378	0,38	2,48	2,04		4.1		54	1	54	48,6
	1	0.74	331	0,49	2,86	2,34		0.6		60	1	60	49,2
	1	0.74	414	0,32	2,04	2,04		6.0		60	1	60	63,7
	1	0.72	382	0,39	2,36	1,95		4.6		60	1	60	51,1
	1	0.73	325	0,49	2,86	2,34		0.7		54	1	54	46,3
	1	0.75	405	0,32	2,19	2,19		6.7		54	1	54	69,6
	1	0.72	373	0,39	2,42	1,99		4.5		54	1	54	50,9

7.2. Basınç Dayanımı YSA Modeli

Oluşturulan yapay sinir ağında girdi katmanında 15 eleman, gizli katmanda 10 nöron ve bir çıktı olacak şekilde (Şekil 7.1) yapılandırılmıştır. Matlab bünyesinde bulunan “nntool” toolbox kullanılmıştır. YSA oluşturulup ileri yönlü geri yayılım algoritması kullanacak şekilde tasarlanmıştır



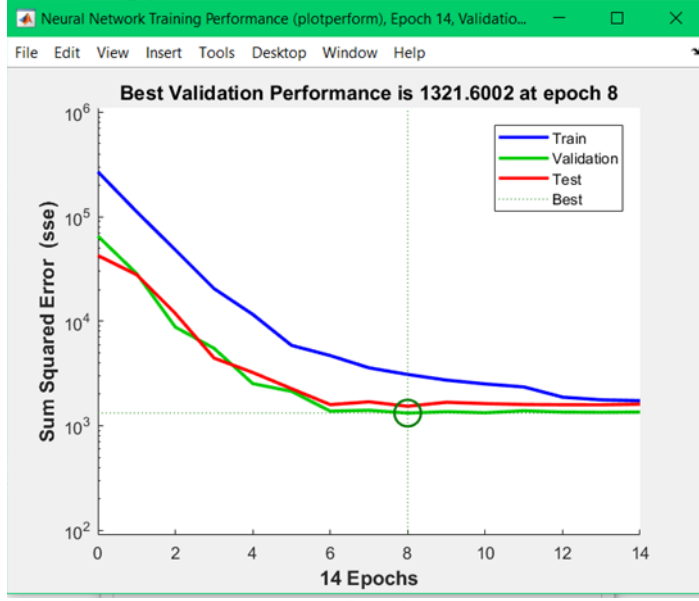
Şekil 7.1. Basınç dayanımı YSA'nın katman yapısı

14 iterasyonla tamamlanan YSA eğitimi için, 'trainlm' adlı eğitim fonksiyonu kullanılmış ve hata performansı 'sse' (sum of squared errors) olarak değerlendirilmiştir (Şekil 7.2). Bu eğitim süreci, hassas bir hata fonksiyonu kullanarak yapay sinir ağının istenen görevi öğrenmesini sağlamayı amaçlanmıştır.

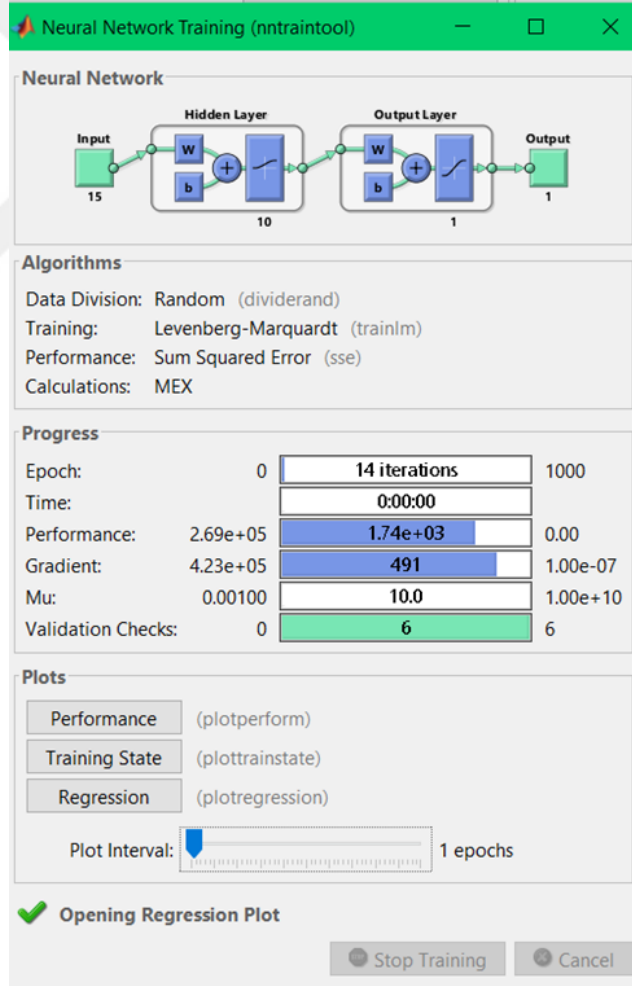
"Hata performans grafiği, Şekil 7.3'te sunulmuştur. Eğitim süreci boyunca hata, azalarak en sonunda sıfıra yakınsamıştır. Bu grafiğe bakarak, yapay sinir ağı modelinin başlangıçta yüksek bir hata değeriyle başladığını ve her iterasyonda hata miktarının azaldığını gözlemleyebiliriz. Eğitim ilerledikçe, ağ daha fazla veriye uyum sağlamış ve hata miktarını sürekli olarak azaltarak en sonunda hedeflenen sıfır hataya yaklaşmıştır.

Hata performans grafiği, YSA'nın öğrenme sürecindeki ilerlemeyi takip etmek için önemli bir gösterge olarak kullanılır. Grafikteki düşen hatayı görmek, YSA modelinin verileri doğru bir şekilde işlediğini ve hedeflenen görevi yerine getirebileceğini gösterir. Sıfıra yaklaşan hata değeri, YSA modelinin eğitim setindeki verileri tam olarak öğrendiğini ve genel bir uyum sağladığını gösterir.

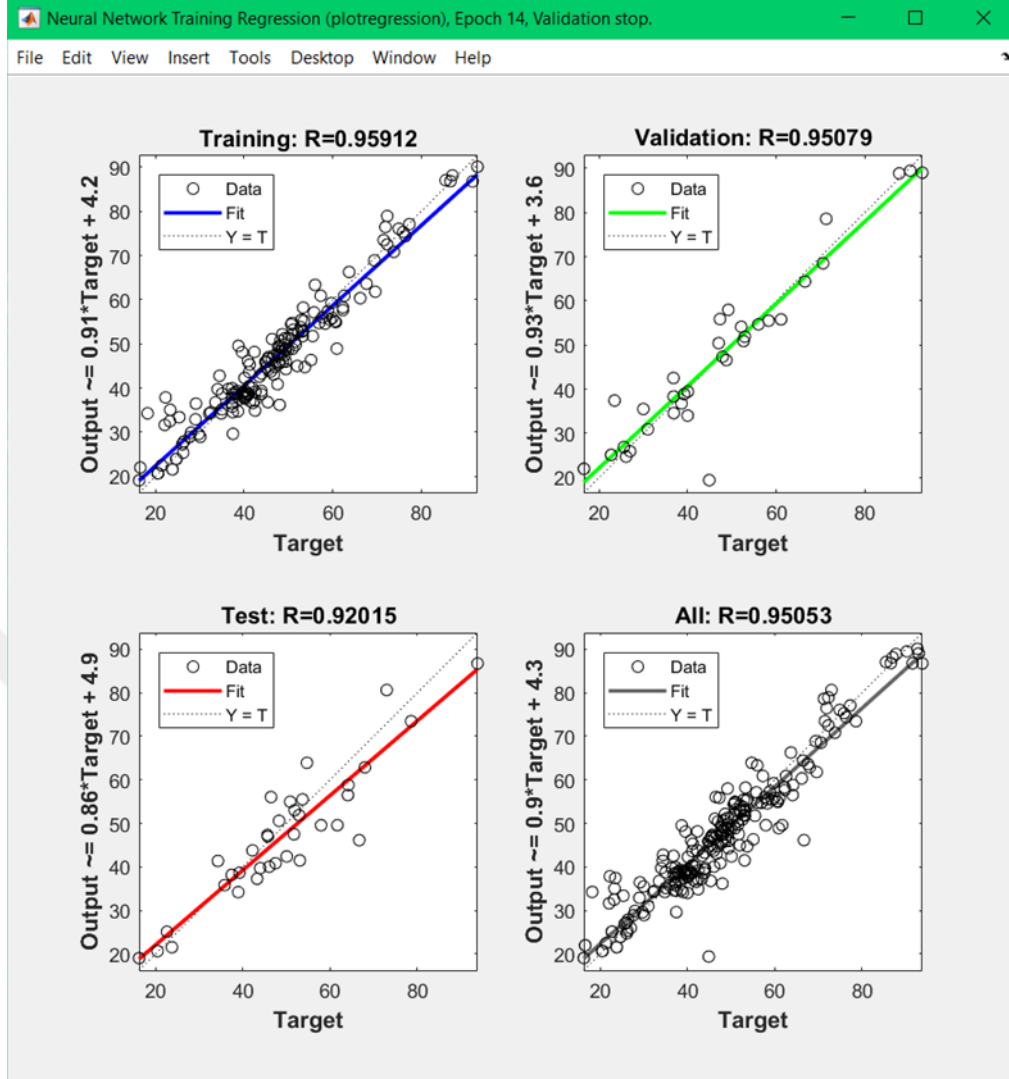
Bu sonuçlar, YSA modelinin başarılı bir şekilde eğitildiğini ve istenilen görevi yerine getirebilecek kapasiteye sahip olduğunu göstermektedir. Eğitim sürecindeki 14 iterasyon, modelin gelişmesi ve hata miktarının düşmesi için yeterli olmuştur. Bu sonuçlar, YSA'nın başarılı eğitim süreci ve iyi bir performans sergilediğini göstermektedir.



Şekil 7.2. Basınç dayanımı YSA'nın eğitim bilgileri



Şekil 7.3. Basınç dayanımı YSA'nın hata performans grafiği



Şekil 7.4. YSA'nın regresyon grafiği

Regresyon grafiği, Şekil 7.4'te sunulmuştur. Regresyon analizi, veri kümesindeki bir değişkenin diğer değişkenlere bağlı olarak nasıl değiştiğini tahmin etmeyi amaçlayan bir yöntemdir. Bu grafikte, modelin tahminleri ve gerçek değerler arasındaki ilişki görselleştirilmektedir. Regresyon analizinde, doğruluk değeri 1'e ne kadar yakınsa, modelin o kadar iyi bir regresyon modeli olduğu söylenebilir.

Ancak, regresyon analizinde doğruluk değerinin tam olarak 1 olması, "özel durum" riskini taşır. Özel durumlar, modelin veri kümesine özgü özelliklere sıkı sıkıya bağlı olduğu durumları ifade eder. Bu durumda, modelin yeni verilere uygulandığında, beklenen doğruluğu sağlama yeteneği zayıflayabilir. Dolayısıyla, regresyon modelinin doğruluk değerinin tam olarak 1'e eşit olmaması önemlidir. Bu, modelin daha genellemesi kolay olan bir yapıya sahip olduğunu gösterir.

Grafikteki hata miktarı ve regresyonun 0,95 değerine yaklaşması, yapay sinir ağının başarılı bir öğrenme süreci geçirdiğini göstermektedir. Yüksek doğruluk değeri ve düşük hata miktarı, modelin veri setindeki değişkenler arasındaki ilişkiyi iyi bir şekilde öğrendiğini ve tahminlerin gerçek değerlere yakın olduğunu gösterir.

Regresyon grafiği ve elde edilen 0,95 doğruluk değeri, yapay sinir ağının etkili bir şekilde öğrenme sağladığını ve genellemeye uygun bir regresyon modeli olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, modelin gelecekteki tahminlerde de güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

7.3. Basınç Dayanımı YSA'nın Test Edilmesi

“Yapay sinir ağlarının eğitim performansını ölçmek için eğitim bittikten sonra ağın eğitim sırasında görmediği örnekler ağa gösterilerek bunlar hakkında ağın kararına bakılır. Eğer ağ görmediği örneklere doğru cevaplar üretiyorsa o zaman performansı iyidir ve olayı öğrenmiştir denir.” (Öztemel,2006)

Yapay Sinir Ağı'nın eğitimi tamamlandıktan sonra, daha önce verilmemiş 37 adet deney girdi bilgisi(Çizelge 7.2) "input" olarak kullanıldı ve ağdan sonuçların simülasyonu istendi. Test verileri seçilirken, benzer özelliklere sahip verilerin alınmamasına ve çalışmalardan alınan veri sayılarıyla orantılı bir şekilde seçilmesine özen gösterildi.

Bu test verileri, eğitim veri setinden farklı özelliklere sahip olduğu için ağın genelleme yeteneğini değerlendirmek için kullanıldı. Verilerin benzer olmaması, ağın gerçek dünyadaki çeşitli senaryolara uygulanabilirliğini test etmek için önemlidir. Ayrıca, çalışmalardan alınan verilerin sayılarıyla orantılı olarak seçilmesi, daha kapsamlı sonuçlar elde etmek ve ağın performansını daha geniş bir perspektiften değerlendirmek için yapıldı.

Yapay Sinir Ağı, bu yeni test verilerine dayanarak sonuçları simüle etti. Bu simülasyonlar, ağın öğrendiği örüntüleri kullanarak tahminlerde bulunmasını sağladı. Bu şekilde, ağın öğrendiklerini yeni verilere nasıl uyguladığı ve performansının ne kadar iyi olduğu değerlendirildi.

Sonuç olarak, eğitimi tamamlanan Yapay Sinir Ağı, daha önce verilmemiş 37 adet deney girdi bilgisini başarılı bir şekilde simüle etti. Bu, ağın genelleme yeteneğinin iyi olduğunu ve yeni verilerde de güvenilir sonuçlar üretebildiğini göstermektedir. Bu

simülasyonlar, ağın gerçek dünya senaryolarında da başarılı olabileceğini ve eğitim sürecinin olumlu bir sonuç verdiğini göstermektedir.

Çizelge 7.2. YSA Basınç dayanımı test grubu girdi verileri

Referans	Fiber kod	Fiber oranı	Çimento Kg/m ³	Su/Çimento	Kaba agr. Kg/m ³	İnce agrega Kg/m ³	Silis dumanı Kg/m ³	Uçucu kül Kg/m ³	Akışkanlaştırıcı %	Fiber					
										genişlik mm	kalınlık mm	uzunluk mm	uzunluk I mm	çap d mm	l/d
[1]	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32			
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32			
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32			
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32			
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32			
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,5	3	0,17	32			
[2]	3	0,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				12	0,2	60
	3	1	417	0,42	2,6	1,73			4,2				12	0,2	60
	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				12	0,2	60
	3	2	417	0,42	2,6	1,73			4,2				12	0,2	60
	4	0,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,75	60
	4	1	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,75	60
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,75	60
	4	2	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,75	60
[4]	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				60	0,75	80
	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				12	0,2	60
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,75	60
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2				45	0,75	60
[6]	1	0,25	400	0,5	2,66	1,65	40		0				60	0,9	67
[8]	1	1	550	0,25	1,91	1,24			0,25				50	0,62	80
[9]	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6					50	1	50
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6					50	1	50
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6					50	1	50
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6					50	1	50
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		123,9					50	1	50
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		123,9					50	1	50
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		123,9					50	1	50
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		123,9					50	1	50
[10]	1	1,5	438	0,36	2,62	1,16			2,5						65
[11]	1	0,125	447	0,392	2	1,99	50		0,8				30	0,55	54
	6	0,125	447	0,392	2	1,99	50		0,8				30	1	30
	6	0,25	447	0,392	2	1,99	50		0,9				30	1	30
	6	0,375	447	0,392	2	1,99	50		1				30	1	30
[12]	1	0,19	280	0,65	3,92	2,72			3,4				60	0,75	80
[13]	1	0,50	354	0,46	2,47	2,56			4,3				60	0,75	80,00
[16]	1	1,00	350	0,50	3,83	2,72			4,5				60	0,75	80,00
[17]	1	0,33	396	0,45	2,31	2,13			1,4				60	0,75	80,00
[19]	1	1,00	366	0,56	3,16	1,70			4,4				25	0,40	62,50
[24]	1	0,50	366	0,45	2,61	2,14			0,8				54	1	54

Farklı çelik liflerle hazırlanan, daha önce yapay sinir ağına sunulmamış lifli beton girdilerinin yapay sinir ağı tarafından tahmini ve gerçek basınç dayanımı değerleri, Çizelge 7.3'te sunulmuştur.

Bu deney, yapay sinir ağının çeşitli lifli beton bileşimlerindeki basınç dayanımını tahmin etme yeteneğini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Test verileri, daha önce ağa sunulmamış olan farklı çelik liflerle hazırlanan beton karışımlarından elde edilmiştir. Bu sayede, ağın genelleme yeteneği ve yeni verilere uygulanabilirliği değerlendirilmeye çalışılmıştır.

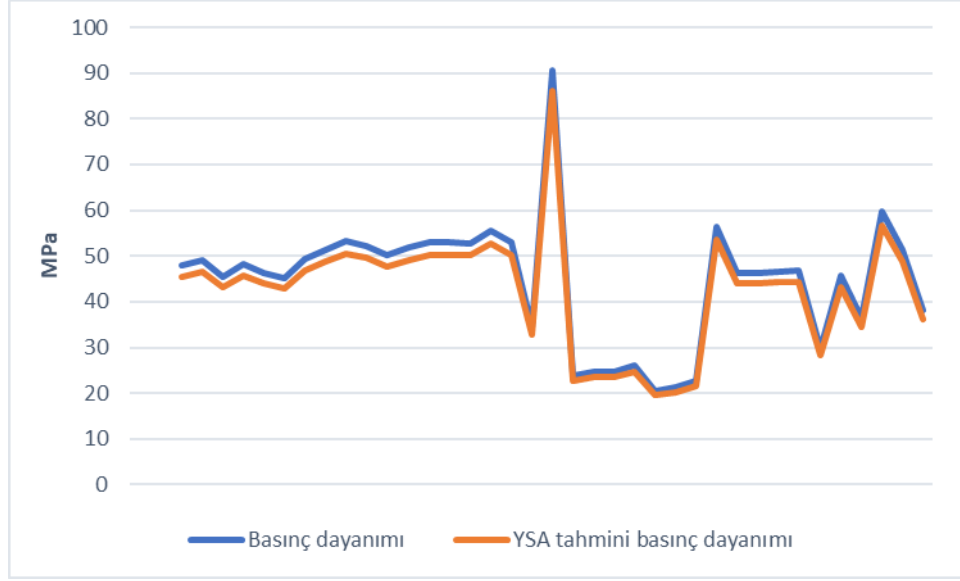
Çizelge 7.3. Gerçek basınç dayanımı ve YSA tahmini basınç dayanımı

Referans	Fiber kod	Fiber oranı	Çimento Kg/m ³	Su/Çimento	Kaba agr. Kg/m ³	İnce agrega Kg/m ³	Silis dumanı Kg/m ³	Uçucu kül Kg/m ³	Akışkanlaştırıcı %	Fiber						Basınç dayanımı MPa	YSA tahmini basınç dayanımı MPa
										genişlik mm	kalınlık mm	uzunluk mm	uzunluk l mm	çap d mm	l/d		
[1]	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32				47,89	45,49
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32				49,15	46,69
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32				45,47	43,20
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32				48,13	45,72
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32				46,22	43,91
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,5	3	0,17	32				45,03	42,78
[2]	3	0,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60		49,35	46,88
	3	1	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60		51,44	48,87
	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60		53,21	50,55
	3	2	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60		52,25	49,64
	4	0,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60		50,09	47,59
	4	1	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60		51,75	49,16
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60		52,91	50,26
	4	2	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60		52,92	50,27
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			60	0,75	80		52,75	50,11
	4	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2		12	0,2	60		55,47	52,70
[4]	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2		45	0,75	60		52,91	50,26	
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2		60	0,9	67		34,60	32,87	
[6]	1	0,25	400	0,5	2,66	1,65	40		0		60	0,9	67		34,60	32,87	
[8]	1	1	550	0,25	1,91	1,24			0,25		50	0,62	80		90,70	86,17	
[9]	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6			50	1	50		23,79	22,60	
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6			50	1	50		24,70	23,47	
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6			50	1	50		24,68	23,45	
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6			50	1	50		26,01	24,71	
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		123,9			50	1	50		20,58	19,55	
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		123,9			50	1	50		21,36	20,29	
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		123,9			50	1	50		22,70	21,57	
	[10]	1	1,5	438	0,36	2,62	1,16			2,5		30	0,55	54		56,40	53,58
	[11]	1	0,125	447	0,392	2	1,99	50		0,8		30	0,55	54		46,25	43,94
		6	0,125	447	0,392	2	1,99	50		0,8		30	1	30		46,32	44,00
6		0,25	447	0,392	2	1,99	50		0,9		30	1	30		46,50	44,18	
6		0,375	447	0,392	2	1,99	50		1		30	1	30		46,70	44,37	
[12]	1	0,19	280	0,65	3,92	2,72			3,4		60	0,75	80		29,79	28,30	
[13]	1	0,50	354	0,46	2,47	2,56			4,3		60	0,75	80,00		45,60	43,32	
[16]	1	1,00	350	0,50	3,83	2,72			4,5		60	0,75	80,00		36,38	34,56	
[17]	1	0,33	396	0,45	2,31	2,13			1,4		60	0,75	80,00		59,60	56,62	
[19]	1	1,00	366	0,56	3,16	1,70			4,4		25	0,40	62,50		51,44	48,87	
[24]	1	0,50	366	0,45	2,61	2,14			0,8		54	1	54		38,20	36,29	

Şekil 13'te sunulan grafik, Yapay Sinir Ağı tarafından tahmin edilen basınç dayanımı değerlerini gerçek basınç dayanımı değerleriyle karşılaştırmaktadır. Bu şekilde, ağı tahminlerinin gerçek değerlerle ne kadar uyumlu olduğu gözlemlenmektedir. Eğer tahminler gerçek değerlere yakınsa, yapay sinir ağının betonun basınç dayanımını başarılı bir şekilde tahmin ettiği söylenebilir.

Şekil 7.5'teki sonuçlar, yapay sinir ağının farklı çelik liflerle hazırlanan betonların basınç dayanımını iyi bir şekilde tahmin edebildiğini göstermektedir.

Yapay sinir ağının genelleme yeteneği, bu farklı lifli beton bileşimlerinde de başarılı sonuçlar üretebildiğini göstermektedir. Bu da ağı beton tasarımında ve dayanım değerlerinin tahmininde kullanılabilirliğini arttırmaktadır.

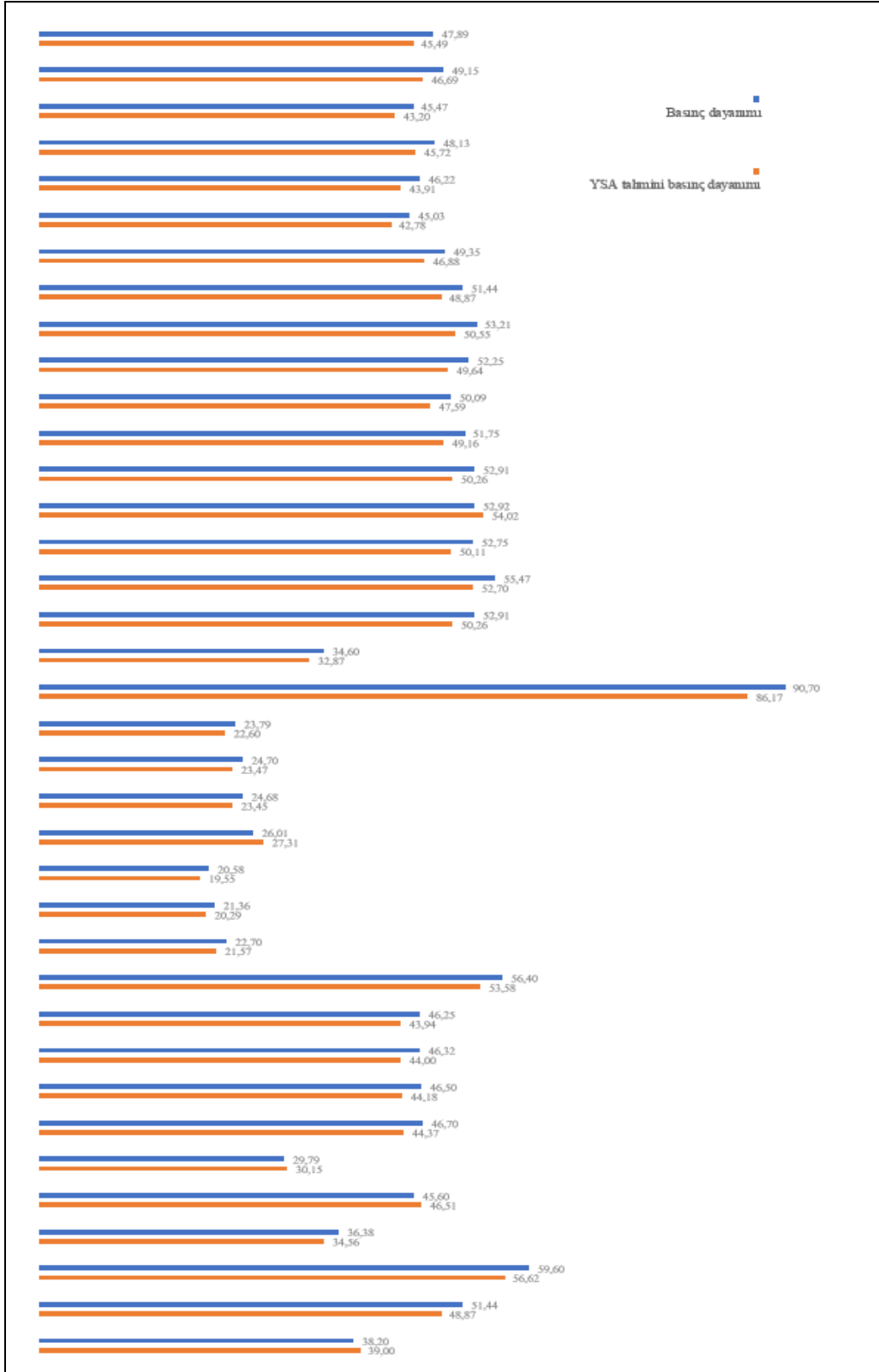


Şekil 7.5. Deneysel sonuç-YSA tahmini basınç dayanımı grafiği

Literatürde bulunan 236 çelik lifli beton deney verisiyle eğitilmiş yapay sinir ağı, regresyon değeri olarak 0,95 olarak bulunmuştur. Ağ, test için farklı tiplerde 37 adet çelik lifli beton girdi verisini kullanarak yüksek doğrulukla sonuçlara ulaşmıştır.

Bu sonuçlar(Şekil 7.6), yapay sinir ağının çelik lifli betonun basınç dayanımını yüksek doğrulukla tahmin edebildiğini göstermektedir. Yapay sinir ağı, eğitim verileriyle öğrendiği örüntüleri kullanarak yeni verilere uygulanabilir ve güvenilir sonuçlar üretebilir. Çelik lifli betonun basınç dayanımının tahmini, yapı tasarımı ve mühendislik projelerinde önemli bir parametre olduğundan, yapay sinir ağları bu alanda kullanılmak üzere etkili bir araç olarak ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak, yapay sinir ağlarıyla eğitilmiş çelik lifli beton basınç dayanımı tahmini, literatürdeki verilerle yüksek doğrulukla gerçekleştirilebilmiştir. Bu, yapay sinir ağlarının inşaat sektöründe, özellikle betonun mekanik özelliklerinin tahmin edilmesinde, önemli bir araç olduğunu göstermektedir.



Şekil 7.6. Deney sonucu-YSA tahmini basınç dayanımı sütun grafiği

8. ÇELİK LİFLİ BETONUN YSA İLE ÇEKME DAYANIMI TAHMİNİ

Yapay sinir ağları, çeşitli giriş verilerine dayalı olarak çalışan ve öğrenme yeteneği olan sistemlerdir. Bu ağlar, çeşitli faktörlerin çekme dayanımına etkisini belirlemek ve bu etkileri kullanarak çekme dayanımını tahmin etmek amacıyla kullanılabilir.

Yapay sinir ağları, çekme dayanımını etkileyebilecek faktörlerin analiz edilmesi için geniş bir veri setiyle eğitilir. Bu faktörler arasında beton bileşimi, çelik lif özellikleri, su-çimento oranı, yaşlandırma süresi ve betonun yaşlandırma koşulları gibi değişkenler yer alabilir. Eğitim sürecinde, yapay sinir ağı, veri setindeki örüntüleri öğrenerek bu faktörler arasındaki ilişkileri keşfeder. Eğitilen yapay sinir ağı, çekme dayanımını tahmin etmek için yeni giriş verilerine uygulanır. Bu yeni veriler, beton bileşimi, lif özellikleri ve diğer önemli parametrelerin değerlerini içerir. Yapay sinir ağı, öğrendiği örüntüleri kullanarak bu parametrelerin çekme dayanımına olan etkisini değerlendirir ve tahminlerde bulunur. Doğru bir şekilde eğitilmiş ve doğrulanmış bir yapay sinir ağı, çekme dayanımını etkileyen faktörleri dikkate alarak güvenilir tahminler yapabilir. Çelik lifli betonun çekme dayanımının yapay sinir ağlarıyla tahmin edilmesi, inşaat sektöründe beton mukavemet analizlerinde önemli bir araçtır. Yapay sinir ağları, çeşitli faktörlerin çekme dayanımına etkisini öğrenerek ve tahminlerde bulunarak yapıların güvenliği ve dayanıklılığı konusunda değerli bilgiler sağlar.

8.1. Çekme Dayanımı YSA Girdi Verileri

Çelik fiberli betonun çekme dayanımını tahmin etmek için kullanacağımız yapay sinir ağı, 24 farklı çalışmadan elde edilen toplamda 302 veriyle eğitilmiştir. Bu veri seti, çeşitli parametrelerin çekme dayanımına etkisini analiz etmek amacıyla derlenmiştir. Yapay sinir ağına girdi olarak, çelik lifin tipini temsil etmek için belirlenen kod numarası, fiber oranı, çimento miktarı, su-çimento oranı, lifin uzunluk-çap oranı, çimento miktarı, ince agrega oranı, kaba agrega oranı, silis dumanı, uçucu kül, süper

akışkanlaştırıcı oranı gibi 15 farklı parametre kullanılmıştır. Yapay sinir ağının çıktısı olarak ise çekme dayanımı sonuçları verilmiştir

Çizelge 8.1, yapay sinir ağına girdi olarak kullanılan parametreler ve bunlara karşılık gelen çekme dayanımı sonuçlarını içermektedir. Bu Çizelge, çalışmaların derlenmesiyle oluşturulan geniş veri setinin bir özetini sunmaktadır. Yapay sinir ağı, bu veri seti üzerinde öğrenme sağlayarak çekme dayanımını tahmin etme yeteneğini kazanmıştır.

Çizelge 8.1. YSA Çekme dayanımı girdi verileri

Referans	Fiber kod	Fiber oranı	Çimento Kg/m ³	Su/Çimento	Kaba agr. Kg/m ³	İnce agrega Kg/m ³	Siliş dumanı Kg/m ³	Uçucu küll Kg/m ³	Akışkanlaştırıcı %	Fiber					Çekme dayanımı MPa	
										genişlik mm	kalınlık mm	uzunluk mm	uzunluk I mm	çap d mm		l/d
[1]	0	0	424	0,38	6,36	6,25		182	0	3	0,17	32				2,15
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32				3,15
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32				3,44
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32				3,67
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32				3,94
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32				3,88
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32				3,76
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32				3,41
	0	0	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32				2,25
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32				3,15
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32				3,44
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32				3,67
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32				3,94
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32				3,65
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32				3,71
	0	0	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32				2,36
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32				2,75
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32				3,65
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32				3,96
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32				3,91
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32				4,28
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32				4,19
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32				4,17
	0	0	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32				2,13
2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32				4,12	
2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,5	3	0,17	32				3,96	
2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,5	3	0,17	32				3,85	
2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,5	3	0,17	32				4,15	
2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,5	3	0,17	32				3,97	
2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,5	3	0,17	32				3,64	
[2]	0	0	330	0,54	3,26	2,41			0			0	0	0	2,75	
	1	1	330	0,54	3,22	2,37			3,4			35	0,9	39	4,25	
	0	0	475	0,38	2,26	1,37			0			0	0	0	3,24	
	1	1	475	0,38	2,24	1,34			3,4			35	0,9	39	5,12	
[3]	0	0	417	0,42	2,6	1,73			4,2			0	0	0	3,79	
	3	0,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60	3,65	
	3	0,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60	3,95	
	3	1	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60	4,08	
	3	1	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60	4,12	
	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60	3,61	
	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60	3,96	
	3	2	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60	4,47	
	3	2	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60	4,67	
	1	0,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			30	0,5	60	3,15	
	1	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			30	0,5	60	3,44	
	1	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			30	0,5	60	3,67	
	1	2	417	0,42	2,6	1,73			4,2			30	0,5	60	3,94	
	4	0,4	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60	4,15	
	4	0,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60	4,28	
	4	1	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60	4,39	
	4	1	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60	4,44	
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60	4,56	
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60	4,02	
	4	2	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60	4,68	
	4	2	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60	4,39	
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			30	0,75	40	4,48	
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			30	0,75	40	5,02	
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			60	0,75	80	4,97	

Çizelge 8.1. YSA Çekme dayanımı girdi verileri(devamı)

	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73		4,2		60	0,75	80	4,86
[4]	0	0	417	0,42	2,6	1,73		4,2		0	0	0	2,75
	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73		4,2		12	0,2	60	3,65
	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73		4,2		12	0,2	60	3,96
	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73		4,2		12	0,2	60	3,91
	1	1,5	417	0,42	2,6	1,73		4,2		30	0,5	60	4,28
	1	1,5	417	0,42	2,6	1,73		4,2		30	0,5	60	4,19
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73		4,2		45	0,75	60	4,17
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73		4,2		45	0,75	60	4,25
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73		4,2		45	0,75	60	4,32
[5]	1	0,25	400	0,6	2,66	1,65	40	0		60	0,9	67	2,05
	1	0,375	400	0,6	2,66	1,65	40	0		60	0,9	67	1,93
	1	0,5	400	0,6	2,66	1,65	40	0		60	0,9	67	2,25
	1	0,25	400	0,5	2,66	1,65	40	0		60	0,9	67	2,37
	1	0,375	400	0,5	2,66	1,65	40	0		60	0,9	67	2,45
	1	0,5	400	0,5	2,66	1,65	40	0		60	0,9	67	2,76
	1	0,25	400	0,4	2,66	1,65	40	4,4		60	0,9	67	3,35
	1	0,375	400	0,4	2,66	1,65	40	4,4		60	0,9	67	3,41
	1	0,5	400	0,4	2,66	1,65	40	4,4		60	0,9	67	3,58
[6]	1	0	400	0,45	2	2,5		0		0	0	0	2,03
	1	1,5	400	0,45	2	2,5		0,65		30	0,69	43	1,91
	1	2,5	400	0,45	2	2,5		0,8		30	0,69	43	2,21
	1	4	400	0,45	2	2,5		1,4		30	0,69	43	2,37
[7]	1	0	550	0,25	1,91	1,24		0,25		0	0	0	4,11
	1	0,5	550	0,25	1,91	1,24		0,25		40	0,62	65	4,45
	1	1	550	0,25	1,91	1,24		0,25		40	0,62	65	4,85
	1	1,5	550	0,25	1,91	1,24		0,25		40	0,62	65	5,32
	1	0,5	550	0,25	1,91	1,24		0,25		50	0,62	80	4,60
	1	1	550	0,25	1,91	1,24		0,25		50	0,62	80	4,95
	1	1,5	550	0,25	1,91	1,24		0,25		50	0,62	80	5,31
	1	0,5	550	0,25	1,91	1,24		0,25		60	0,75	80	4,55
	1	1	550	0,25	1,91	1,24		0,25		60	0,75	80	4,89
	1	1,5	550	0,25	1,91	1,24		0,25		60	0,75	80	5,41
	1	0	450	0,35	2,34	1,59		0,15		0	0	0	3,65
	1	0,5	450	0,35	2,34	1,59		0,15		40	0,62	65	3,84
	1	1	450	0,35	2,34	1,59		0,15		40	0,62	65	4,01
	1	1,5	450	0,35	2,34	1,59		0,15		40	0,62	65	4,21
	1	0,5	450	0,35	2,34	1,59		0,15		50	0,62	80	4,06
	1	1	450	0,35	2,34	1,59		0,15		50	0,62	80	4,20
	1	1,5	450	0,35	2,34	1,59		0,15		50	0,62	80	4,31
	1	0,5	450	0,35	2,34	1,59		0,15		60	0,75	80	3,94
	1	1	450	0,35	2,34	1,59		0,15		60	0,75	80	4,55
	1	1,5	450	0,35	2,34	1,59		0,15		60	0,75	80	4,69
	1	0	350	0,45	3,08	2,28		0,12		0	0	0	3,26
	1	0,5	350	0,45	3,08	2,28		0,12		40	0,62	65	3,36
	1	1	350	0,45	3,08	2,28		0,12		40	0,62	65	4,04
	1	1,5	350	0,45	3,08	2,28		0,12		40	0,62	65	4,47
	1	0,5	350	0,45	3,08	2,28		0,12		50	0,62	80	3,63
	1	1	350	0,45	3,08	2,28		0,12		50	0,62	80	4,26
	1	1,5	350	0,45	3,08	2,28		0,12		50	0,62	80	4,71
	1	0,5	350	0,45	3,08	2,28		0,12		60	0,75	80	3,62
	1	1	350	0,45	3,08	2,28		0,12		60	0,75	80	4,18
	1	1,5	350	0,45	3,08	2,28		0,12		60	0,75	80	4,79
[8]	0	0	413	0,45	2,7	1,7		82,6		0	0	0	2,15
	0	0	413	0,45	2,7	1,7		82,6		0	0	0	2,97
	0	0	413	0,45	2,7	1,7		82,6		0	0	0	2,03
	0	0	413	0,45	2,7	1,7		123,9		0	0	0	2,28
	0	0	413	0,45	2,7	1,7		123,9		0	0	0	2,65
	0	0	413	0,45	2,7	1,7		123,9		0	0	0	2,32
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	2,95
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	2,87
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	3,15
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	3,24
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	3,67
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	3,46
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	3,15
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	3,44
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	3,67
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	3,94
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	3,68
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	3,65
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	2,75
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	3,65
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	3,96
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	3,91
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	4,28
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6		50	1	50	4,19
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		123,9		50	1	50	4,17
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		123,9		50	1	50	3,67
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		123,9		50	1	50	3,94
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		123,9		50	1	50	3,65
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		123,9		50	1	50	3,48
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		123,9		50	1	50	3,29
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		123,9		50	1	50	3,64

Çizelge 8.1. YSA Çekme dayanımı girdi verileri(devamı)

5	1,5	413	0,45	2,7	1,7	123,9	50	1	50	3,51		
5	1,5	413	0,45	2,7	1,7	123,9	50	1	50	3,97		
5	1,5	413	0,45	2,7	1,7	123,9	50	1	50	2,87		
5	1,5	413	0,45	2,7	1,7	123,9	50	1	50	3,65		
5	2	413	0,45	2,7	1,7	123,9	50	1	50	3,96		
5	2	413	0,45	2,7	1,7	123,9	50	1	50	3,91		
5	2	413	0,45	2,7	1,7	123,9	50	1	50	4,28		
5	2	413	0,45	2,7	1,7	123,9	50	1	50	4,19		
5	2	413	0,45	2,7	1,7	123,9	50	1	50	4,17		
[9]	0	0	438	0,36	2,67	1,12	2,5		0	4,06		
	1	0,5	438	0,36	2,65	1,18	2,5		45	4,50		
	1	1	438	0,36	2,63	1,17	2,5		45	4,69		
	1	1,5	438	0,36	2,62	1,16	2,5		45	5,69		
	1	0,5	438	0,36	2,65	1,18	2,5		65	4,51		
	1	1	438	0,36	2,63	1,17	2,5		65	4,77		
	1	1,5	438	0,36	2,62	1,16	2,5		65	6,26		
	1	0,5	438	0,36	2,65	1,18	2,5		80	4,58		
	1	1	438	0,36	2,63	1,17	2,5		80	5,18		
	1	1,5	438	0,36	2,62	1,16	2,5		80	5,90		
[10]	0	0	447	0,392	2	1,99	50	0	0	3,91		
	1	0,125	447	0,392	2	1,99	50	0,8	30	0,55	54	4,29
	1	0,25	447	0,392	2	1,99	50	0,9	30	0,55	54	5,35
	1	0,375	447	0,392	2	1,99	50	1	30	0,55	54	3,57
	6	0,125	447	0,392	2	1,99	50	0,8	30	1	30	3,25
	6	0,125	447	0,392	2	1,99	50	0,8	30	1	30	3,13
	6	0,25	447	0,392	2	1,99	50	0,9	30	1	30	3,36
	6	0,25	447	0,392	2	1,99	50	0,9	30	1	30	3,40
	6	0,375	447	0,392	2	1,99	50	1	30	1	30	3,28
	6	0,375	447	0,392	2	1,99	50	1	30	1	30	3,32
[11]	1	0,19	400	0,45	2,57	1,78	5,4	60	0,75	80	2,03	
	1	0,32	400	0,45	2,57	1,78	5,8	60	0,75	80	1,91	
	1	0,45	400	0,45	2,57	1,78	6,2	60	0,75	80	2,21	
	1	0,58	400	0,45	2,57	1,78	6,6	60	0,75	80	2,37	
	1	0,19	280	0,65	3,92	2,72	3,4	60	0,75	80	4114,00	
	1	0,32	280	0,65	3,92	2,72	4,2	60	0,75	80	4,45	
	1	0,45	280	0,65	3,92	2,72	5,0	60	0,75	80	4,85	
	1	0,58	280	0,65	3,92	2,72	5,6	60	0,75	80	5,32	
	1	0,26	350	0,55	2,96	2,06	5,3	60	0,75	80	4,60	
	1	0,38	350	0,55	2,96	2,06	5,6	60	0,75	80	4,95	
	1	0,51	350	0,55	2,96	2,06	5,6	60	0,75	80	5,31	
	1	0,32	350	0,55	2,96	2,06	5,3	60	0,90	66,67	4,55	
	1	0,45	350	0,55	2,96	2,06	5,3	60	0,90	66,67	4,89	
	1	0,58	350	0,55	2,96	2,06	5,6	60	0,90	66,67	5,41	
	1	0,38	350	0,55	2,96	2,06	5,3	30	0,55	54,55	3,65	
	1	0,51	350	0,55	2,96	2,06	5,3	30	0,55	54,55	3,84	
	1	0,64	350	0,55	2,96	2,06	5,6	30	0,55	54,55	4,01	
[12]	1	0,50	385	0,46	2,28	2,37	3,9	60	0,75	80,00	4,21	
	1	1,00	385	0,46	2,26	2,36	4,6	60	0,75	80,00	4,06	
	1	0,50	354	0,46	2,47	2,56	4,3	60	0,75	80,00	4,20	
	1	1,00	354	0,46	2,45	2,55	5,0	60	0,75	80,00	4,31	
	1	0,50	450	0,36	1,93	2,01	5,9	60	0,75	80,00	3,94	
	1	1,00	450	0,36	1,92	2,00	6,5	60	0,75	80,00	4,55	
	1	0,50	414	0,39	2,09	2,17	6,1	60	0,75	80,00	4,69	
	1	1,00	414	0,39	2,07	2,16	6,3	60	0,75	80,00	3,26	
[13]	1	0,40	453	0,40	2,74	1,38	1,0	60	0,75	80,00	3,36	
	1	0,60	453	0,40	2,74	1,38	1,0	60	0,75	80,00	4,06	
	1	0,80	453	0,40	2,74	1,38	1,0	60	0,75	80,00	4,48	
[14]	1	0,50	338	0,68	2,25	3,10	0,7	60	0,75	80,00	3,64	
	1	0,75	338	0,68	2,25	3,10	0,7	60	0,75	80,00	4,23	
	1	1,00	338	0,68	2,25	3,10	0,7	60	0,75	80,00	4,75	
	1	1,25	338	0,68	2,25	3,10	0,7	60	0,75	80,00	3,62	
[15]	1	0,50	350	0,50	4,00	2,72	4,5	60	0,90	66,67	4,16	
	1	1,00	350	0,50	4,00	2,72	4,5	60	0,90	66,67	4,91	
	1	1,50	350	0,50	4,00	2,72	4,5	60	0,90	66,67	2,03	
	1	0,50	350	0,50	4,00	2,72	4,5	60	0,75	80,00	2,28	
	1	1,00	350	0,50	4,00	2,72	4,5	60	0,75	80,00	2,65	
	1	1,50	350	0,50	4,00	2,72	4,5	60	0,75	80,00	2,32	
	1	0,50	350	0,50	4,00	2,72	4,5	50	0,10	50,00	2,95	
	1	1,00	350	0,50	4,00	2,72	4,5	50	0,10	50,00	2,87	
	1	1,50	350	0,50	4,00	2,72	4,5	50	0,10	50,00	3,15	
	1	0,50	350	0,50	4,00	2,72	4,5	60	0,90	66,67	3,24	
	1	1,00	350	0,50	4,00	2,72	4,5	60	0,90	66,67	3,67	
	1	1,50	350	0,50	4,00	2,72	4,5	60	0,90	66,67	3,94	
	1	0,50	350	0,50	4,00	2,72	4,5	60	0,75	80,00	3,88	
	1	1,00	350	0,50	3,89	2,72	4,5	60	0,75	80,00	3,76	
	1	1,50	350	0,50	3,89	2,72	4,5	60	0,75	80,00	3,41	
	1	0,50	350	0,50	3,89	2,72	4,5	50	0,10	50,00	2,25	
	1	1,00	350	0,50	3,89	2,72	4,5	50	0,10	50,00	3,15	
	1	1,50	350	0,50	3,89	2,72	4,5	50	0,10	50,00	2,03	
	1	0,50	350	0,50	3,83	2,72	4,5	60	0,90	66,67	1,91	
	1	1,00	350	0,50	3,83	2,72	4,5	60	0,90	66,67	2,21	
	1	1,50	350	0,50	3,83	2,72	4,5	60	0,90	66,67	2,37	
	1	0,50	350	0,50	3,83	2,72	4,5	60	0,75	80,00	4,12	
	1	1,00	350	0,50	3,83	2,72	4,5	60	0,75	80,00	4,45	

Çizelge 8.1. YSA Çekme dayanımı girdi verileri(devamı)

	1	1.50	350	0,50	3,83	2,72		4,5	60	0,75	80,00	4,85
	1	0.50	350	0,50	3,83	2,72		4,5	50	0,10	50,00	5,32
	1	1.00	350	0,50	3,83	2,72		4,5	50	0,10	50,00	4,60
	1	1.50	350	0,50	3,83	2,72		4,5	50	0,10	50,00	4,95
	1	0.50	350	0,50	3,77	2,72		4,5	60	0,90	67,00	5,31
	1	1.00	350	0,50	3,77	2,72		4,5	60	0,90	67,00	4,55
	1	1.50	350	0,50	3,77	2,72		4,5	60	0,90	67,00	4,89
	1	0.50	350	0,50	3,77	2,72		4,5	60	0,75	80,00	5,41
	1	1.00	350	0,50	3,77	2,72		4,5	60	0,75	80,00	3,65
	1	1.50	350	0,50	3,77	2,72		4,5	60	0,75	80,00	3,85
	1	0.50	350	0,50	3,77	2,72		4,5	50	0,10	50,00	4,06
	1	1.00	350	0,50	3,77	2,72		4,5	50	0,10	50,00	4,21
	1	1.50	350	0,50	3,77	2,72		4,5	50	0,10	50,00	4,05
[16]	1	0.33	325	0,55	2,97	2,74		0,9	60	0,75	80,00	4,23
	1	0.67	325	0,55	2,97	2,74		0,9	60	0,75	80,00	4,32
	1	1.00	325	0,55	2,97	2,74		0,9	60	0,75	80,00	3,95
	1	0.33	325	0,55	2,97	2,74		0,9	60	0,71	84,51	4,56
	1	0.67	325	0,55	2,97	2,74		0,9	60	0,71	84,51	4,69
	1	1.00	325	0,55	2,97	2,74		0,9	60	0,71	84,51	3,25
	1	0.33	396	0,45	2,31	2,13		1,4	60	0,75	80,00	3,34
	1	0.67	396	0,45	2,31	2,13		1,4	60	0,75	80,00	4,08
	1	1.00	396	0,45	2,31	2,13		1,4	60	0,75	80,00	4,57
	1	0.33	396	0,45	2,31	2,13		1,4	60	0,71	85,00	3,65
	1	0.67	396	0,45	2,31	2,13		1,4	60	0,71	85,00	4,23
	1	1.00	396	0,45	2,31	2,13		1,4	60	0,71	85,00	4,78
	1	0.33	487	0,35	1,75	1,61		1,8	60	0,75	80,00	3,65
	1	0.67	487	0,35	1,75	1,61		1,8	60	0,75	80,00	4,25
	1	1.00	487	0,35	1,75	1,61		1,8	60	0,75	80,00	4,68
	1	0.33	487	0,35	1,75	1,61		1,8	60	0,71	85,00	2,03
	1	0.67	487	0,35	1,75	1,61		1,8	60	0,71	85,00	2,28
	1	1.00	487	0,35	1,75	1,61		1,8	60	0,71	85,00	2,65
[17]	1	0.26	351	0,50	2,83	2,61		2,7	50	1	50,00	2,32
	1	0.45	351	0,50	2,83	2,61		2,7	50	1	50,00	2,95
[18]	1	1.00	311	0,66	3,76	2,14		3,1	25	0,40	62,50	2,87
	1	1.00	366	0,56	3,16	1,70		4,4	25	0,40	62,50	3,15
[19]	1	1.00	283	0,60	3,78	2,49		2,8	30	0,62	48,39	3,24
	1	1.50	296	0,60	3,27	2,83		3,3	30	0,62	48,39	3,67
[20]	1	0.50	440	0,50	2,76	0,83		3,2	31	0,75	41,33	3,94
	1	1.00	440	0,50	2,74	0,83		3,7	31	0,75	41,33	3,88
	1	1.50	440	0,50	2,71	0,81		4,0	31	0,75	41,33	3,76
[21]	1	0.19	322	0,59	3,28	2,34		3,2	30	0,50	60,00	3,41
	1	0.38	324	0,59	3,27	2,33		3,2	30	0,50	60	2,25
	1	0.57	322	0,59	3,26	2,33		3,2	30	0,50	60	3,15
	1	0.76	324	0,59	3,35	2,32		3,2	30	0,50	60	3,25
	1	0.19	324	0,59	3,28	2,34		3,2	60	0,75	80	2,75
	1	0.38	324	0,59	3,27	2,33		3,2	60	0,75	80	2,03
	1	0.57	324	0,59	3,26	2,32		3,2	60	0,75	80	1,91
	1	0.76	324	0,59	3,25	2,31		3,2	60	0,75	80	2,21
[22]	1	0.50	410	0,45	2,11	2,23		2,0	50	1	50	2,37
	1	1.00	410	0,45	2,11	2,23		4,0	50	1	50	4114,00
[23]	1	0.51	373	0,45	2,61	2,14		3,0	60	1	60	4,45
	1	0.51	373	0,45	2,61	2,14		2,8	54	1	54	4,85
	1	0.51	341	0,49	2,86	2,35		5,0	60	1	60	5,32
	1	0.51	341	0,49	2,86	2,35		5,7	54	1	54	4,60
	1	0.51	429	0,35	2,27	1,86		8,0	60	1	60	4,95
	1	0.51	429	0,35	2,27	1,86		8,0	54	1	54	5,31
	1	0.51	393	0,38	1,04	2,04		9,0	60	1	60	4,55
	1	0.51	393	0,38	1,04	2,04		10,0	54	1	54	4,89
	1	0.51	393	0,38	1,04	2,04		11,0	60	1	60	5,41
	1	0.51	393	0,38	1,04	2,04		10,0	54	1	54	3,65
[24]	1	0.51	375	0,45	2,62	2,15		0,5	60	1	60	3,84
	1	0.49	431	0,29	2,07	2,05		11,4	60	1	60	4,01
	1	0.52	439	0,34	2,27	1,86		4,4	60	1	60	4,21
	1	0.49	331	0,49	2,86	2,34		0,5	60	1	60	4,06
	1	0.48	381	0,32	2,24	2,25		6,3	60	1	60	4,23
	1	0.51	394	0,38	2,49	2,04		4,7	60	1	60	4,32
	1	0.50	366	0,45	2,61	2,14		0,8	54	1	54	3,95
	1	0.49	424	0,30	2,06	2,06		11,2	54	1	54	4,65
	1	0.50	419	0,35	2,27	1,86		4,7	54	1	54	4,32
	1	0.51	338	0,47	2,86	2,35		0,6	54	1	54	3,36
	1	0.48	382	0,32	2,25	2,25		6,3	54	1	54	3,35
	1	0.49	378	0,38	2,48	2,04		4,1	54	1	54	4,02
	1	0.74	331	0,49	2,86	2,34		0,6	60	1	60	4,15
	1	0.74	414	0,32	2,04	2,04		6,0	60	1	60	3,64
	1	0.72	382	0,39	2,36	1,95		4,6	60	1	60	4,28
	1	0.73	325	0,49	2,86	2,34		0,7	54	1	54	4,72
	1	0.75	405	0,32	2,19	2,19		6,7	54	1	54	3,61
	1	0.72	373	0,39	2,42	1,99		4,5	54	1	54	4,23

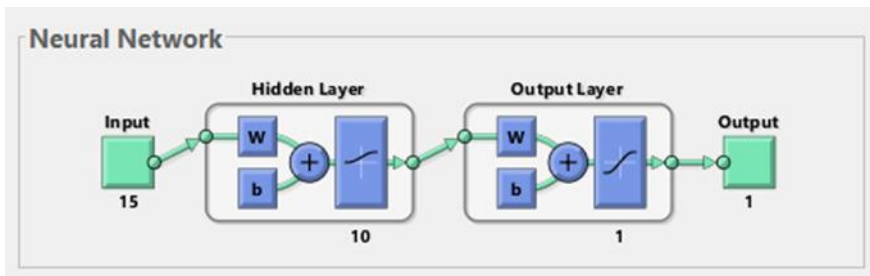
8.2. Çekme Dayanımı YSA Modeli

Yapay sinir ağı, girdi katmanında 15 eleman, gizli katmanda 10 nöron ve bir çıktıdan oluşacak şekilde yapılandırılmıştır(Şekil 8.1). Ağın tasarımı ve eğitimi için MATLAB'ın "nntool" toolbox'u kullanılmıştır. Bu toolbox, yapay sinir ağlarının oluşturulması, eğitimi ve performans analizi için bir dizi araç sağlar.

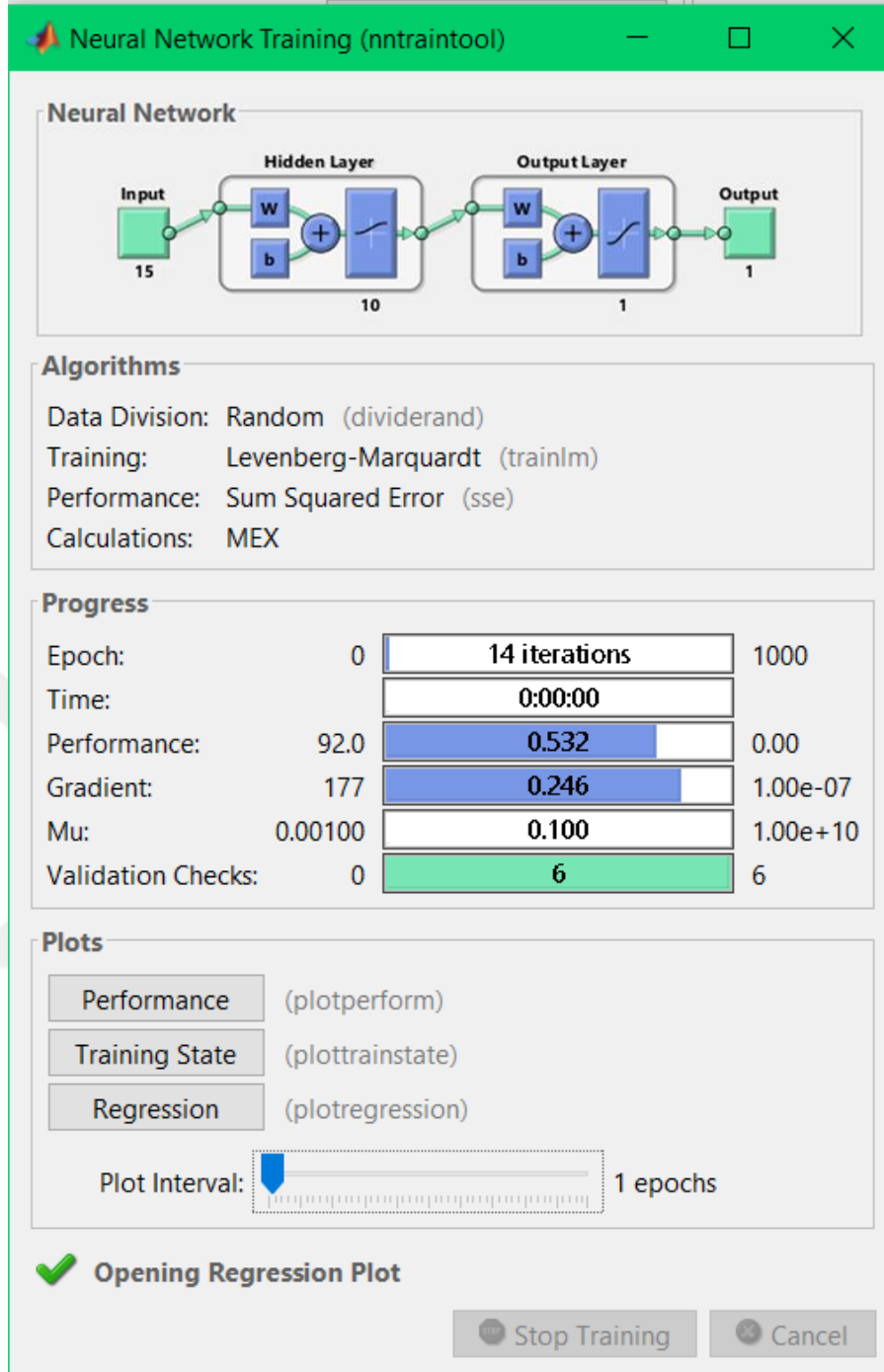
Yapay sinir ağının yapısı, girdi katmanında 15 adet parametreyle başlar. Bu parametreler, çelik fiberli betonun çekme dayanımını etkileyen faktörleri temsil eder. Gizli katman, 10 adet nöron içerir ve bu nöronlar, girdiler arasındaki karmaşık ilişkileri öğrenmek ve özneliklerin çekme dayanımına olan etkisini belirlemek için kullanılır. Son olarak, çıktı katmanı tek bir nörondan oluşur ve çekme dayanımını tahmin etmek için kullanılır.

Yapay sinir ağı, ileri yönlü geri yayılım algoritması kullanarak eğitilmiştir. Bu algoritma, ağı başlangıçta rastgele ağırlıklarla başlatır ve ardından eğitim veri seti üzerinde ilerlerken ağı günceller. Hata fonksiyonu ve optimizasyon stratejileri kullanılarak, ağın çekme dayanımını doğru bir şekilde tahmin etmesi sağlanır.

"nntool" toolbox'u, yapay sinir ağının eğitim sürecini kolaylaştırır ve sonuçları analiz etmek için çeşitli görselleştirme araçları sunar. Bu şekilde, ağın performansı değerlendirilir, hata oranı azaltılır ve çekme dayanımı tahminleri daha doğru hale getirilir. Sonuç olarak, oluşturulan yapay sinir ağı, çelik fiberli betonun çekme dayanımını tahmin etmek için tasarlanmış ve MATLAB'ın "nntool" toolbox'uyla eğitilmiştir.



Şekil 8.1. Çekme dayanımı YSA'nın katman yapısı



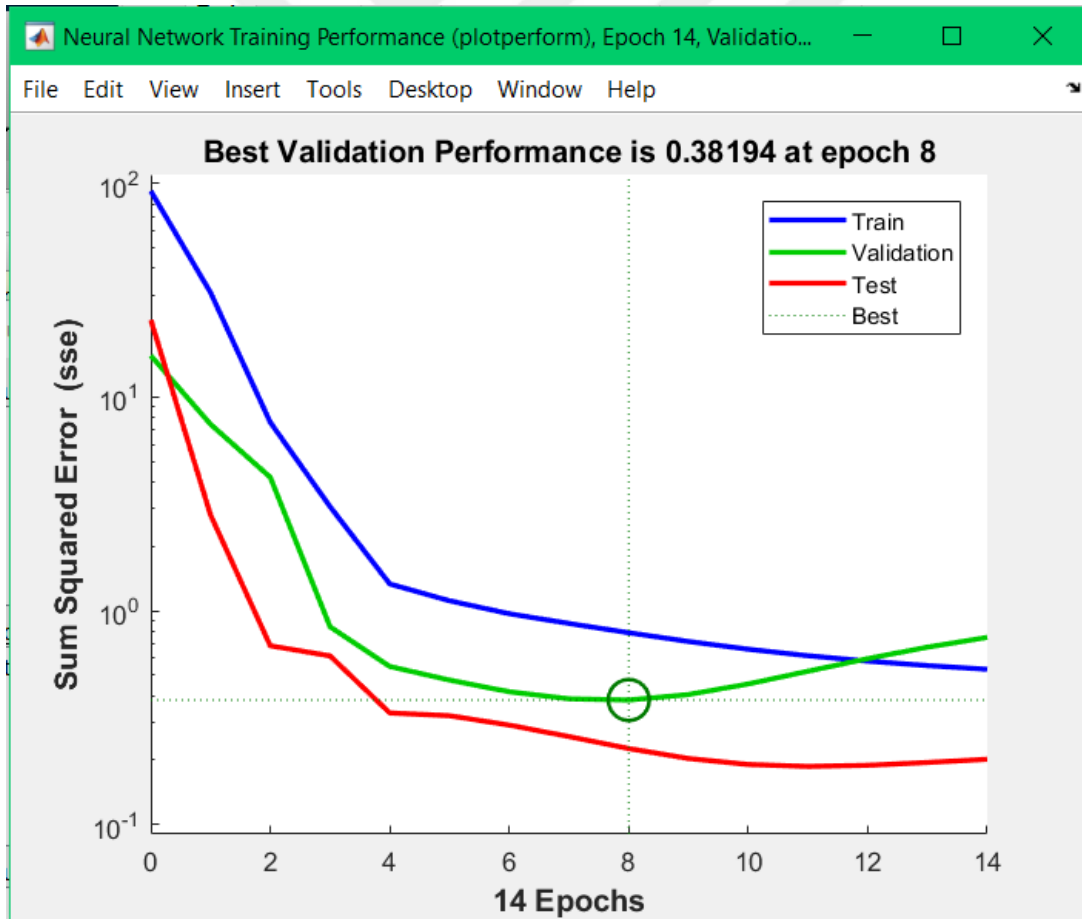
Şekil 8.2. YSA'nın eğitim bilgileri

Yapay sinir ağının eğitimi 14 iterasyon sonucunda tamamlanmıştır. Eğitim sürecinde "trainlm" adı verilen eğitim fonksiyonu kullanılmıştır(Şekil 8.2). Bu fonksiyon, yapay sinir ağının hata performansını minimize etmek için kullanılır. Hata performansı değerlendirmesi için ise hassas bir hata fonksiyonu olan "sse" (sum of squared errors) kullanılmıştır.

Eğitim fonksiyonu, ağırlık değerlerini optimize etmek için geri yayılım algoritmasını kullanır. Bu algoritma, ağın çıkışlarının hedef çıkış değerleriyle olan farkını hesaplayarak ağın hata miktarını belirler. Ardından, hata miktarının geriye doğru yayılması ve ağırlık değerlerinin güncellenmesi yoluyla ağın performansı iyileştirilir.

"Hata performansı" veya "sse" ise, ağın tahminlerinin gerçek değerlerden ne kadar uzak olduğunu ölçen bir metriktir. Bu değer ne kadar düşükse, ağın performansı o kadar iyidir. Eğitim sürecinde hata performansı azalarak sonunda sıfıra yakınsamıştır, bu da yapay sinir ağının istenen görevi yani elik lifli betonun çekme dayanımının tahmin edilmesini başarıyla öğrendiğini gösterir.

Bu şekilde, "trainlm" eğitim fonksiyonu ve "sse" hata performansı metriği kullanılarak yapılan eğitim, yapay sinir ağının hassas bir şekilde öğrenmesini sağlamayı hedeflenmiştir. Böylece, elik lifli betonun çekme dayanımını tahmin etmek için güvenilir sonuçlar elde etmek mümkün olmuştur.



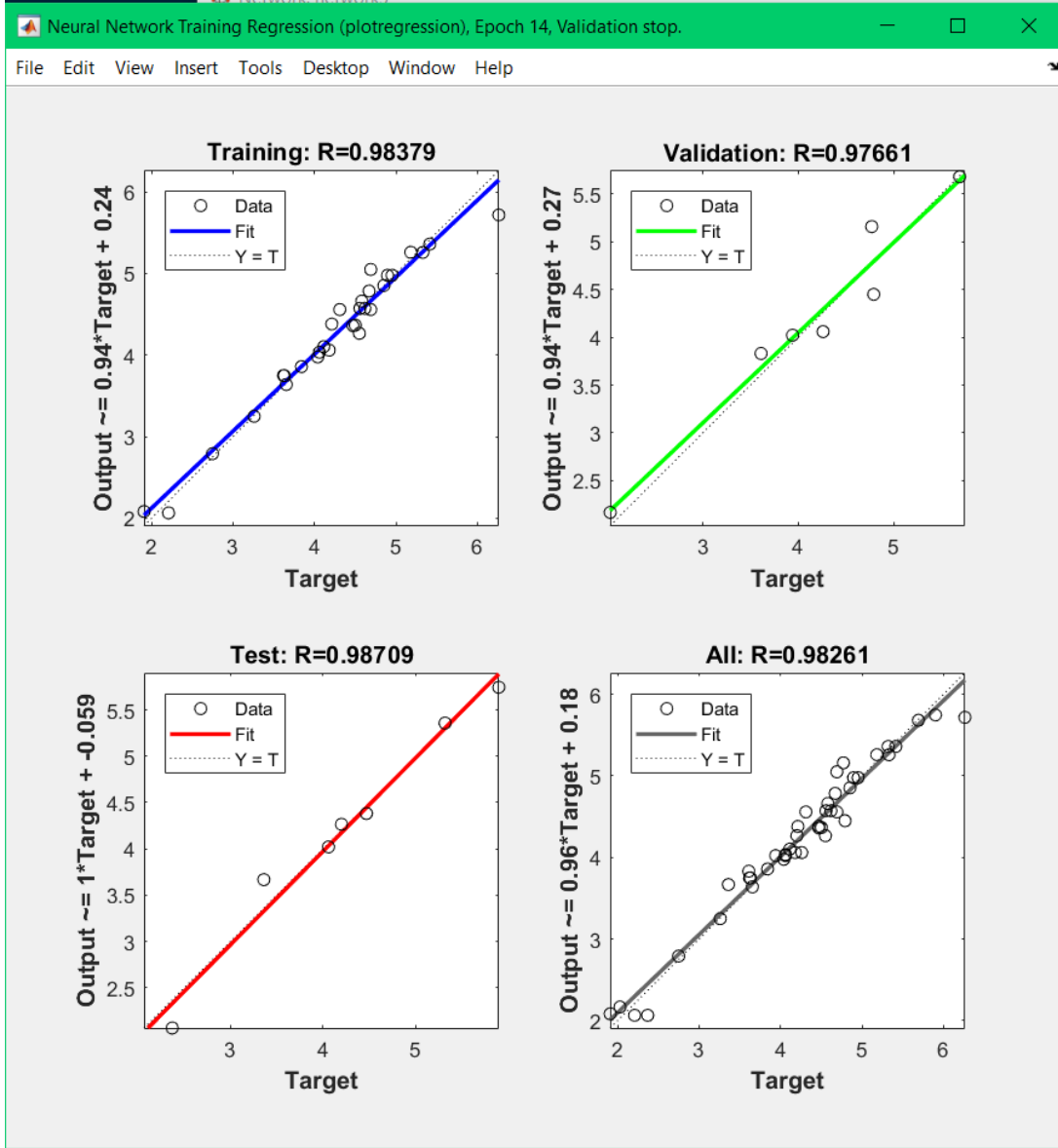
şekil 8.3. YSA'nın hata performans grafiği

Hata performans grafiđi, Őekil 8.3'te sunulan verilerle birlikte incelenmiŐtir. Bu grafik, yapay sinir ađı modelinin eđitim sűrecindeki performansını gűstermektedir. BaŐlangıĉta yűksek bir hata deđeriyle baŐlayan model, her iterasyonda hatayı azaltarak en sonunda sifira yakınsamıŐtır.

Grafiđe baktıđımızda, eđitim ilerledikĉe yapay sinir ađı modelinin verilere daha iyi uyum sađladđını ve hata miktarını sűrekli olarak azalttıđını gűzlemlemekteyiz. Bu, modelin űđrenme sűrecinin etkili olduđunu ve verileri dođru bir Őekilde iŐlediđini gűstermektedir. Hata miktarının sifira yaklaŐması, modelin eđitim setindeki verileri tam olarak űđrendiđini ve genel bir uyum sađladđını gűstermektedir.

Hata performans grafiđi, yapay sinir ađı modelinin ilerlemesini takip etmek iĉin űnemli bir gűsterge olarak kullanılmaktadır. DűŐen hata deđeri, modelin geliŐtiđini ve hedeflenen gűrevi baŐarıyla yerine getirebileceđini gűsterir. Bu sonuĉlar, yapay sinir ađı modelinin baŐarılı bir Őekilde eđitildiđini ve istenilen gűrevi yerine getirebilecek kapasiteye sahip olduđunu gűstermektedir.

Eđitim sűrecindeki 14 iterasyon, modelin geliŐmesi ve hata miktarının dűŐmesi iĉin yeterli olmuŐtur. Bu sűreĉte model, verileri daha iyi anlamıŐ ve uyum sađlamıŐtır. Bu sonuĉlar, yapay sinir ađının baŐarılı bir eđitim sűreci geĉirdiđini ve iyi bir performans sergilediđini gűstermektedir. Hata performans grafiđi, modelin dođru yűnde ilerlediđini ve hedeflenen sonuca yaklaŐtıđını gűstermektedir



Şekil 8.4. YSA'nın regresyon grafiği

Regresyon analizi, Şekil 8.4'te sunulan regresyon grafiği ile görselleştirilmiştir. Bu analiz, çelik lifli betonun çekme dayanımının diğer değişkenlere bağlı olarak nasıl değiştiğini tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Grafikte, yapay sinir ağının tahminleri ile gerçek değerler arasındaki ilişki açıkça görülmektedir.

Regresyon analizinde, doğruluk değeri ne kadar yüksekse, modelin regresyon tahminlerinin gerçek değerlere o kadar yakın olduğunu söyleyebiliriz. Şekil 8.4'teki grafiğe baktığımızda, yapay sinir ağının yüksek bir doğruluk değeri olan 0,98'ye yaklaştığını gözlemliyoruz.

Bu, modelin veri setindeki değişkenler arasındaki ilişkiyi başarılı bir şekilde öğrendiğini ve tahminlerin gerçek değerlere oldukça yakın olduğunu göstermektedir.

Regresyon grafiği üzerindeki hata miktarının düşük olması da önemlidir. Grafikteki hatanın azalması ve regresyonun 0,98 doğruluk değerine yaklaşması, yapay sinir ağının başarılı bir öğrenme süreci geçirdiğini göstermektedir. Bu da modelin çelik lifli betonun çekme dayanımını tahmin etme konusunda etkili olduğunu ve gelecekteki tahminlerde de güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini işaret etmektedir.

Sonuç olarak, yapay sinir ağının regresyon analizi sonucunda elde edilen yüksek doğruluk değeri ve düşük hata miktarı, modelin güvenilir bir regresyon modeli olduğunu gösterir.

8.3. Çekme Dayanımı YSA'nın Test Edilmesi

Yapay sinir ağının test edilmesi, eğitim sürecinin tamamlandıktan sonra yapılır. Test aşamasında, ağa daha önce görmediği veriler verilir ve ağın bu verileri ne kadar doğru bir şekilde tahmin ettiği değerlendirilir.

Yapay sinir ağının test edilmesi için, eğitim veri setinden ayrılan bir test veri seti oluşturulur. Bu veri seti, ağın daha önce görmediği verilerden oluşmalıdır. Test veri setindeki girdi verileri ağa uygulanır ve çıktılar elde edilir. Ağın çıkışları, gerçek değerlerle karşılaştırılır ve tahminlerin doğruluğu değerlendirilir. Bu değerlendirme genellikle hata metrikleri kullanılarak yapılır. Örneğin, hata karelerinin toplamı (SSE) veya ortalama kare hata (MSE) gibi hata metrikleri kullanılabilir. Bu çalışmada hata karelerinin toplamı (SSE) kullanılmıştır. Test veri setinde elde edilen sonuçlar analiz edilir. Yapay sinir ağının doğruluk, hassasiyet, özgülük gibi performans ölçütleri değerlendirilir.

Yapay sinir ağının test edilmesi, modelin eğitim sürecindeki performansının gerçek dünya verileri üzerinde ne kadar iyi olduğunu görmek için önemlidir. Test sonuçları, modelin genel performansını değerlendirirken güvenilir bir temel sağlar ve modelin uygulama alanında ne kadar etkili olabileceğine dair bir fikir verir.

Eğitim süreci tamamlandıktan sonra, yapay sinir ağının performansını değerlendirmek amacıyla daha önce kullanılmamış 42 adet deney girdi verisi "input" olarak ağa verildi ve sonuçların simülasyonu istendi. Test verileri, eğitim veri setinden farklı özelliklere sahip seçildi.

Test verilerinin benzer özelliklere sahip olmaması, ağın genelleme yeteneğini değerlendirmek için önemlidir. Bu şekilde, ağın eğitim verilerinden farklı senaryolara ne kadar başarılı bir şekilde uygulanabileceği test edilir. Verilerin çeşitliliği, ağın gerček dünya problemlerine uyarlanabilirliğini ve uygulama alanını genişletme potansiyelini ortaya koyar.

Ayrıca, çalışmalardan alınan verilerin sayıları ile orantılı olarak test verilerinin seçilmesi, daha kapsamlı sonuçlar elde etmek için önemlidir. Bu yöntem, ağın performansını daha geniş bir perspektiften değerlendirmemize yardımcı olur. Veri sayıları ile orantılı olarak seçilen test verileri, daha kapsamlı bir veri tabanı oluşturarak ağın tahmin yeteneklerini ve doğruluğunu daha sağlam bir şekilde değerlendirmemizi sağlar.

Test verilerinin dikkatli bir şekilde seçilmesi ve çeşitliliği gözetilmesi, yapay sinir ağının gerček dünya verilerinde nasıl performans göstereceğini anlamak için önemlidir. Bu yöntem, ağın genelleme yeteneğini, uygulanabilirliğini ve tahmin doğruluğunu daha iyi anlamamıza yardımcı olur.

Test grubu girdi verileri izelge 8.2’de verilmiştir. Yapay sinir ağına girdi olarak, elik lifin tipini temsil etmek için belirlenen kod numarası (izelge 6.1), fiber oranı, imento miktarı, su-imento oranı, lifin uzunluk-çap oranı, imento miktarı, ince agrega oranı, kaba agrega oranı, silis dumanı, uçucu kül, süper akışkanlaştırıcı oranı gibi 15 farklı parametre kullanılmıştır.

Çizelge 8.2. YSA Çekme dayanımı test grubu girdi verileri

Referans	Fiber kod	Fiber oranı	Çimento Kg/m ³	Su/Çimen to	Kaba agr. Kg/m ³	İnce agrega Kg/m ³	Silis dumanı Kg/m ³	Uçucu kül Kg/m ³	Akışkanla ştirici %	Fiber					Çekme dayanımı MPa		
										genişlik mm	kalınlık mm	uzunluk mm	uzunluk l mm	çap d mm		l/d	
[1]	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32				3,15	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32				3,15	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32				3,65	
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,5	3	0,17	32				3,96	
[2]	1	1	330	0,54	3,22	2,37			3,4			35	0,9	39		4,25	
	3	0,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60		3,65	
[3]	3	1	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60		4,08	
	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60		3,61	
	3	2	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60		4,47	
	4	0,4	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60		4,15	
	4	0,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60		4,28	
	4	1	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60		4,39	
	4	2	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60		4,39	
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			30	0,75	40		4,48	
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			12	0,2	60		3,65	
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			30	0,5	60		4,28	
4	1,5	417	0,42	2,6	1,73			4,2			45	0,75	60		4,25		
[5]	1	0,5	400	0,5	2,66	1,65	40		0			60	0,9	67		2,76	
[7]	1	1,5	550	0,25	1,91	1,24			0,25			50	0,62	80		5,31	
	1	0,5	550	0,25	1,91	1,24			0,25			60	0,75	80		4,55	
[8]	1	1	550	0,25	1,91	1,24			0,25			60	0,75	80		4,89	
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6				50	1	50		3,67	
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6				50	1	50		3,46	
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6				50	1	50		3,15	
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6				50	1	50		3,44	
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6				50	1	50		3,91	
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6				50	1	50		4,28	
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6				50	1	50		4,19	
	5	1,5	438	0,36	2,62	1,16			2,5							45	5,69
	[10]	1	0,375	447	0,392	2	1,99	50		1			30	0,55	54		3,57
6		0,125	447	0,392	2	1,99	50		0,8			30	1	30		3,25	
6		0,25	447	0,392	2	1,99	50		0,9			30	1	30		3,36	
6		0,25	447	0,392	2	1,99	50		0,9			30	1	30		3,40	
6		0,375	447	0,392	2	1,99	50		1			30	1	30		3,28	
[12]	1	0,50	385	0,46	2,28	2,37			3,9			60	0,75	80,00		4,21	
	1	1,00	385	0,46	2,26	2,36			4,6			60	0,75	80,00		4,06	
[14]	1	0,75	338	0,68	2,25	3,10			0,7			60	0,75	80,00		4,23	
[15]	1	0,50	350	0,50	4,00	2,72			4,5			60	0,90	66,67		3,24	
	1	1,00	350	0,50	4,00	2,72			4,5			60	0,90	66,67		3,67	
	1	1,50	350	0,50	4,00	2,72			4,5			60	0,90	66,67		3,94	
[16]	1	1,00	396	0,45	2,31	2,13			1,4			60	0,75	80,00		4,57	
[24]	1	0,75	405	0,32	2,19	2,19			6,7			54	1	54		3,61	

Farklı çelik liflerle hazırlanan lifli betonun çekme dayanımının yapay sinir ağı tarafından tahmin edilmesi, önemli bir araştırma alanıdır. Bu bağlamda, daha önce ağı sunulmamış çeşitli beton karışımları kullanılarak gerçekleştirilen deneyler, yapay sinir ağının basınç dayanımını tahmin etme yeteneğini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirme, Çizelge 8.3'te sunulan sonuçlarla birlikte sunulmuştur.

Deneylerde kullanılan test verileri, daha önce ağı sunulmamış olan farklı çelik liflerle hazırlanan beton karışımlarından elde edilmiştir. Bu yaklaşım, ağıın genelleme yeteneğini ve yeni verilere uygulanabilirliğini değerlendirmeyi hedeflemektedir. Verilerin çeşitliliği, ağıın gerçek dünya senaryolarına ne kadar iyi uyum sağlayabileceğini göstermektedir.

Çizelge 8.3'te sunulan sonuçlar, yapay sinir ağının çeşitli çelik lifli beton bileşimlerinde çekme dayanımını tahmin etme yeteneğini göstermektedir. Bu sonuçlar, ağıın güvenilir bir şekilde çekme dayanımı değerlerini tahmin edebildiğini ve gerçek değerlerle uyumlu sonuçlar üretebildiğini göstermektedir.

Çizelge 8.3. Gerçek çekme dayanımı ve YSA tahmini çekme dayanımı

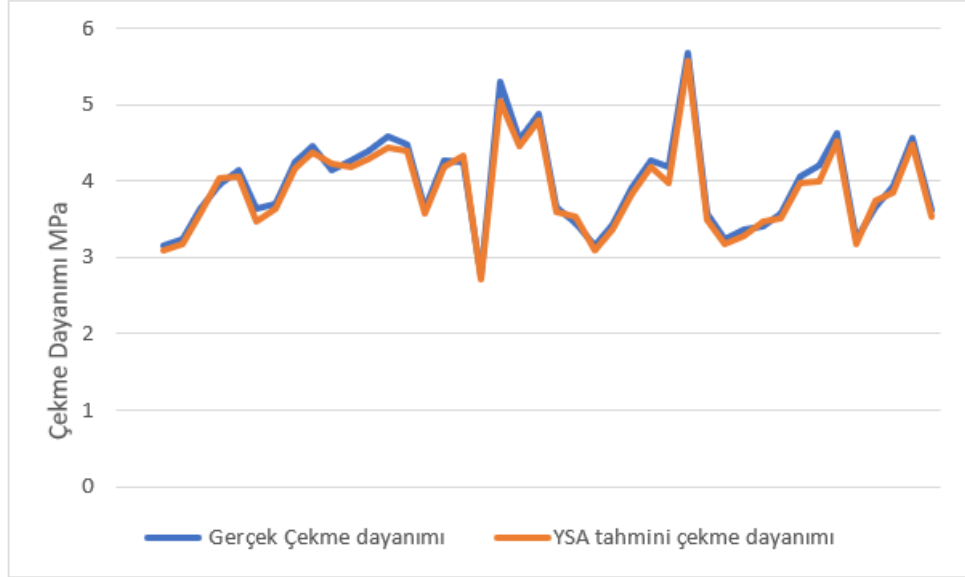
Referans	Fiber kod	Fiber oranı	Çimento Kg/m ³	Su/Çimento	Kaba agr. Kg/m ³	İnce agrega Kg/m ³	Silitis dumanı Kg/m ³	Uçucu küllü %	Akışkanlaştırıcı %	Fiber						Çekme dayanımı MPa	YSA tahmini çekme dayanımı MPa	
										genişlik mm	kalınlık mm	uzunluk mm	uzunluk I mm	çap d mm	l/d			
[1]	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,1	3	0,17	32					3,15	3,09
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,2	3	0,17	32					3,25	3,19
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,3	3	0,17	32					3,65	3,58
	2	1,2	424	0,38	6,36	6,25		182	0,5	3	0,17	32					3,96	4,04
[2]	1	1	330	0,54	3,22	2,37							35	0,9	39		4,15	4,07
[3]	3	0,5	417	0,42	2,6	1,73							12	0,2	60		3,65	3,47
	3	1	417	0,42	2,6	1,73							12	0,2	60		3,71	3,64
	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73							12	0,2	60		4,25	4,17
	3	2	417	0,42	2,6	1,73							12	0,2	60		4,47	4,38
	4	0,4	417	0,42	2,6	1,73							45	0,75	60		4,15	4,23
	4	0,5	417	0,42	2,6	1,73							45	0,75	60		4,28	4,19
	4	1	417	0,42	2,6	1,73							45	0,75	60		4,39	4,30
	4	2	417	0,42	2,6	1,73							45	0,75	60		4,58	4,35
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73							30	0,75	40		4,48	4,39
[4]	3	1,5	417	0,42	2,6	1,73							12	0,2	60		3,65	3,58
	1	1,5	417	0,42	2,6	1,73							30	0,5	60		4,28	4,19
	4	1,5	417	0,42	2,6	1,73							45	0,75	60		4,25	4,34
[5]	1	0,5	400	0,5	2,66	1,65	40		0				60	0,9	67		2,76	2,70
[7]	1	1,5	550	0,25	1,91	1,24			0,25				50	0,62	80		5,31	5,04
	1	0,5	550	0,25	1,91	1,24			0,25				60	0,75	80		4,55	4,46
	1	1	550	0,25	1,91	1,24			0,25				60	0,75	80		4,89	4,79
[8]	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6					50	1	50		3,67	3,60
	5	1	413	0,45	2,7	1,7		82,6					50	1	50		3,46	3,53
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6					50	1	50		3,15	3,09
	5	1,5	413	0,45	2,7	1,7		82,6					50	1	50		3,44	3,37
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6					50	1	50		3,91	3,83
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6					50	1	50		4,28	4,19
	5	2	413	0,45	2,7	1,7		82,6					50	1	50		4,19	3,98
[9]	1	1,5	438	0,36	2,62	1,16			2,5						45		5,69	5,58
[10]	1	0,375	447	0,392	2	1,99	50		1				30	0,55	54		3,57	3,50
	6	0,125	447	0,392	2	1,99	50		0,8				30	1	30		3,25	3,19
	6	0,25	447	0,392	2	1,99	50		0,9				30	1	30		3,36	3,29
	6	0,25	447	0,392	2	1,99	50		0,9				30	1	30		3,40	3,47
	6	0,375	447	0,392	2	1,99	50		1				30	1	30		3,58	3,51
[12]	1	0,50	385	0,46	2,28	2,37			3,9				60	0,75	80,00		4,06	3,98
	1	1,00	385	0,46	2,26	2,36			4,6				60	0,75	80,00		4,21	4,00
[14]	1	0,75	338	0,68	2,25	3,10			0,7				60	0,75	80,00		4,62	4,53
[15]	1	0,50	350	0,50	4,00	2,72			4,5				60	0,90	66,67		3,24	3,18
	1	1,00	350	0,50	4,00	2,72			4,5				60	0,90	66,67		3,67	3,74
	1	1,50	350	0,50	4,00	2,72			4,5				60	0,90	66,67		3,94	3,86
[16]	1	1,00	396	0,45	2,31	2,13			1,4				60	0,75	80,00		4,57	4,48
[24]	1	0,75	405	0,32	2,19	2,19			6,7				54	1	54		3,61	3,54

Şekil 8.5, Yapay Sinir Ağı tarafından tahmin edilen çekme dayanımı değerlerini gerçek çekme dayanımı değerleriyle karşılaştırarak görsel bir analiz sunmaktadır. Bu grafik, ağın tahminlerinin gerçek değerlerle ne kadar uyumlu olduğunu değerlendirmek için kullanılmaktadır. Eğer tahminler gerçek değerlere yakın ise, Yapay Sinir Ağı'nın betonun çekme dayanımını başarılı bir şekilde tahmin ettiği söylenebilir.

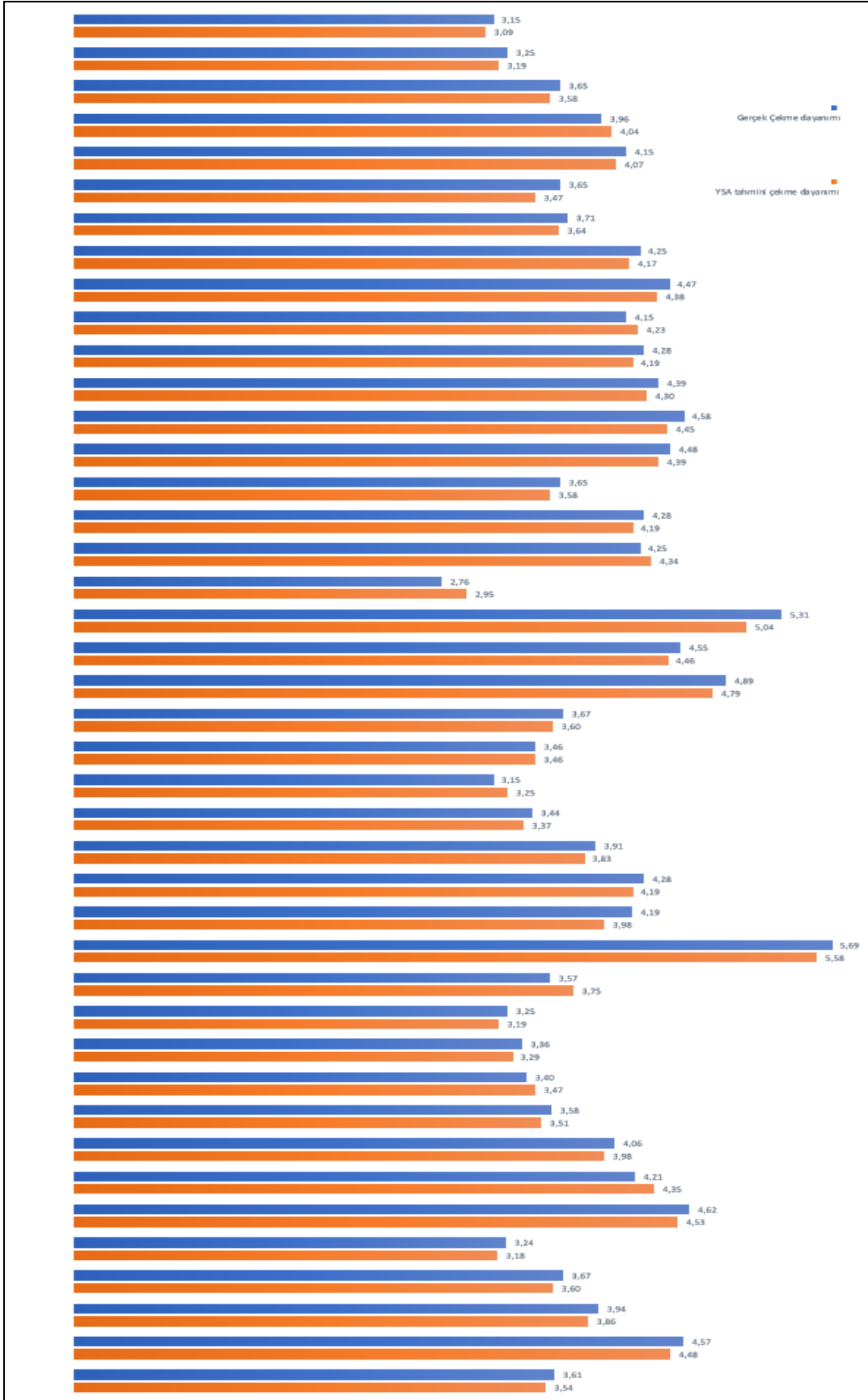
Şekil 8.5'teki sonuçlar, Yapay Sinir Ağı'nın farklı çelik liflerle hazırlanan betonların basınç dayanımını başarılı bir şekilde tahmin edebildiğini göstermektedir. Ağın tahminleri ve gerçek değerler arasındaki yakınsama, ağın genelleme yeteneğini ve yeni beton bileşimlerinde de iyi performans sergileme kabiliyetini ortaya koymaktadır.

Yapay Sinir Ağı'nın genelleme yeteneği, farklı çelik liflerle hazırlanan beton bileşimlerinde de başarılı sonuçlar ürettiğini göstermektedir. Bu durum, ağın beton tasarımında ve dayanım değerlerinin tahmininde kullanılabilirliğini arttırmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışmadaki sonuçlar(Şekil 8.6), Yapay Sinir Ağı'nın farklı çelik lifli beton bileşimlerinde çekme dayanımını başarılı bir şekilde tahmin etme yeteneğini göstermektedir.



Şekil 8.5. Deney sonucu-YSA tahmini çekme dayanımı grafiği



Şekil 8.6. Deney sonucu-YSA tahmini çekme dayanımı grafiği sütun grafiği

9. BULGULAR

Bu çalışmada, çelik lifli betonun basınç ve çekme dayanımlarını tahmin etmek için iki farklı yapay sinir ağı oluşturulmuştur. Bu ağlar, farklı özelliklere sahip veri setlerini işlemek ve dayanım değerlerini tahmin etmek için eğitilmiştir. Bu çalışma, farklı tipte çelik liflerle hazırlanacak lifli betonun dayanım özelliklerini tahmin etmek için kullanılabilirliğini göstermektedir.

Yapay sinir ağına lif tipinin beton dayanımına etkisini gösterebilmek için, her bir lif tipine ait kesit özellikleri ve bir kod numarası verilmiştir. Bu kod numaraları, yapay sinir ağının lifin şekline bağlı bir koşulu algılamasını sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, yapay sinir ağının bu girdi parametrelerini doğru bir şekilde algıladığını ve tahmin sonuçlarında başarılı olduğunu göstermektedir. Lif tipinin beton dayanımına etkisi olduğunu ve yapay sinir ağının bu etkiyi öğrenebildiğini söyleyebiliriz.

9.1. YSA ile Basınç Dayanımı Tahmini

Yapay sinir ağıyla yapılan çelik lifli betonun basınç dayanımını tahmin etme çalışmasında, literatürde bulunan 24 çalışmadan elde edilen toplamda 302 veri kullanılmıştır. Yapay sinir ağının öğrenme süreci tamamlanmış ve elde edilen sonuçlar, regresyon değerinin 0,95 seviyesine ulaştığını göstermektedir.

Öğrenme süreci tamamlanan yapay sinir ağı, daha önce öğrenme sürecine dahil olmayan 37 test veri setini kullanarak tahminlerde bulunmuştur. Bu test verileri, ağın genelleme yeteneğini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Yapay sinir ağı, sonucu verilmeyen test verilerinin basınç dayanımlarını yüksek doğrulukla tahmin edebilmiştir. Bu bulgular, yapay sinir ağının çelik lifli betonun basınç dayanımını tahmin etme konusunda etkili bir araç olduğunu göstermektedir. Yapay sinir ağının öğrenme süreci, literatürden elde edilen verilerle başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiş ve öğrenme sonuçları yüksek regresyon değeriyle desteklenmiştir. Ayrıca, test verilerinin tahmin edilmesinde de yüksek doğruluk elde edilmiştir.

9.2. YSA ile Çekme Dayanımı Tahmini

Çelik lifli betonun çekme dayanımını tahmin etmek amacıyla literatürde bulunan 24 çalışmadan elde edilen 302 veri kullanılarak yapay sinir ağı eğitilmiştir. Öğrenme süreci sonucunda, yapay sinir ağı çekme dayanımı tahminlerinde yüksek bir başarı elde etmiş ve regresyon değeri 0,98 düzeyine ulaşmıştır.

Eğitimi tamamlanan bu yapay sinir ağı, daha önce öğrenmeye katılmamış olan 42 veri setini test amacıyla kullanmış ve sonuçları verilmeyen test verilerinin çekme dayanımlarını yüksek bir doğrulukla tahmin etmiştir.

Bu bulgular, çelik lifli betonun çekme dayanımını tahmin etmek için kullanılan yapay sinir ağının güvenilir ve etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. Yapay sinir ağı, eğitim sürecinde öğrendiği bilgileri genelleme yeteneğiyle test verilerine uygulayarak, gerçek değerleri doğru bir şekilde tahmin etme kabiliyetini göstermiştir.

10. SONUÇ

Farklı tiplerde çelik liflerle oluşturulan lifli betonun basınç ve çekme dayanımlarını tahmin etmek amacıyla yapılan yapay sinir ağı çalışmalarında, basınç dayanımı için %95 ve çekme dayanımı için %98 regresyon elde edilmiştir. Bu sonuçlar, yapay sinir ağlarının farklı lif tipleriyle oluşturulan betonlardaki dayanım özelliklerini başarılı bir şekilde tahmin edebildiğini göstermektedir.

Test grubundaki sonuçların gerçek sonuçlara oldukça yakın çıkması, yapay sinir ağlarının genelleme yeteneğini ve tahmin kabiliyetini doğrulamaktadır. Bu durum, eğitim sürecinde kullanılan farklı lif tiplerinin yapay sinir ağına aktarılmasıyla, farklı tiplerde çelik fiberlerle yapılmış betonların çekme ve basınç dayanımlarının başarıyla tahmin edilebildiğini göstermektedir. Yapay sinir ağları, çelik lifli beton gibi karmaşık yapı malzemelerinin özelliklerinin tahmininde güvenilir ve hassas sonuçlar sağlayabilir.

Bu çalışma, çelik fiberli betonun çekme dayanımının tahmin edilmesinde yapay sinir ağlarının etkili bir araç olduğunu göstermektedir. Yapay sinir ağı, geniş bir veri setine dayanarak çekme dayanımını etkileyen parametreler arasındaki karmaşık ilişkileri öğrenerek güvenilir tahminler yapabilmektedir. Yapay Sinir Ağı'nın potansiyeli, beton yapıların mukavemet özelliklerini daha hassas bir şekilde tahmin etmek ve optimize etmek için önemli bir araç olarak değerlendirilebilir.

Yapı malzemelerinin mukavemet özelliklerini belirlemede yapay sinir ağlarının etkin bir araç olduğunu ve çeşitli lifli beton bileşimlerinde kullanımlarının güvenilir sonuçlar sağladığını ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, farklı lif tiplerinin kullanıldığı çelik lifli betonların çekme ve basınç dayanımlarının tahmininde yapay sinir ağlarının kullanımının potansiyelini vurgulamaktadır. Yapay sinir ağları, yapı malzemelerinin geliştirilmesi, tasarım süreçlerinin iyileştirilmesi gibi alanlarda önemli bir rol oynayabilir.

Sonuç olarak, farklı tiplerde çelik fiberlerle oluşturulan lifli betonların çekme ve basınç dayanımlarını tahmin etmek için yapılan yapay sinir ağı çalışmaları, başarılı sonuçlar

elde etmiştir. Bu çalışma, yapı mühendisliği alanında yapay sinir ağlarının kullanımının yaygınlaşmasını ve daha hassas tahminlerin elde edilmesini teşvik etmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] Zhao, M., Li, J., & Xie, Y. M. (2022). Effect of vibration time on steel fibre distribution and flexural behaviours of steel fibre reinforced concrete with different flowability. *Case Studies in Construction Materials*, 16, e01114.
- [2] Hussain, I., Ali, B., Akhtar, T., Jameel, M. S., & Raza, S. S. (2020). Comparison of mechanical properties of concrete and design thickness of pavement with different types of fiber-reinforcements (steel, glass, and polypropylene). *Case studies in construction materials*, 13, e00429.
- [3] Li, B., Xu, L., Shi, Y., Chi, Y., Liu, Q., & Li, C. (2018). Effects of fiber type, volume fraction and aspect ratio on the flexural and acoustic emission behaviors of steel fiber reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 181, 474-486.
- [4] Li, B., Chi, Y., Xu, L., Shi, Y., & Li, C. (2018). Experimental investigation on the flexural behavior of steel-polypropylene hybrid fiber reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 191, 80-94.
- [5] Lee, J. H., Cho, B., & Choi, E. (2017). Flexural capacity of fiber reinforced concrete with a consideration of concrete strength and fiber content. *Construction and Building Materials*, 138, 222-231.
- [6] Babaie, R., Abolfazli, M., & Fahimifar, A. (2019). Mechanical properties of steel and polymer fiber reinforced concrete. *Journal of the Mechanical Behavior of Materials*, 28(1), 119-134.
- [7] Abbass, W., Khan, M. I., & Mourad, S. (2018). Evaluation of mechanical properties of steel fiber reinforced concrete with different strengths of concrete. *Construction and building materials*, 168, 556-569.
- [8] Kaushik V., Singh D., Kumar M., 2021, "Effects of Fibers on Compressive Strength of Concrete", *Materials Today: Proceedings* 2214-7853.
- [9] Yazıcı Ş., İnan G., Tabak V., 2007, "Effect of aspect ratio and volume fraction of steel fiber on the mechanical properties of SFRC", *Construction and Building Materials* 21, 1250–1253.
- [10] Jomaah M., Khazaal A., Ahmed S., 2018, "Effect of replacing the main reinforcement by steel fibers on flexural behavior of one-way concrete slabs", *MATEC Web of Conferences* 162, 04010
- [11] Yalcin, M. (1994). Optimization and Performance Based Design of Steel Fiber Reinforced Concretes. *Thesis Istanb. Tech. Univ.*

- [12] Nili, M., & Afroughsabet, V. (2010). Combined effect of silica fume and steel fibers on the impact resistance and mechanical properties of concrete. *International journal of impact engineering*, 37(8), 879-886.
- [13] Nguyen-Minh, L., Rovňák, M., Tran-Quoc, T., & Nguyenkim, K. (2011). Punching shear resistance of steel fiber reinforced concrete flat slabs. *Procedia Engineering*, 14, 1830-1837.
- [14] Ibrahim, I. S., & Bakar, M. C. (2011). Effects on mechanical properties of industrialised steel fibres addition to normal weight concrete. *Procedia engineering*, 14, 2616-2626.
- [15] Eren, Ö., & Marar, K. (2009). Effects of limestone crusher dust and steel fibers on concrete. *Construction and Building Materials*, 23(2), 981-988.
- [16] Şahin, Y., & Köksal, F. (2011). The influences of matrix and steel fibre tensile strengths on the fracture energy of high-strength concrete. *Construction and Building Materials*, 25(4), 1801-1806.
- [17] Buratti, N., Mazzotti, C., & Savoia, M. (2011). Post-cracking behaviour of steel and macro-synthetic fibre-reinforced concretes. *Construction and building materials*, 25(5), 2713-2722.
- [18] Lau, A., & Anson, M. (2006). Effect of high temperatures on high performance steel fibre reinforced concrete. *Cement and concrete research*, 36(9), 1698-1707.
- [19] Shakya, K., Watanabe, K., Matsumoto, K., & Niwa, J. (2012). Application of steel fibers in beam-column joints of rigid-framed railway bridges to reduce longitudinal and shear rebars. *Construction and Building Materials*, 27(1), 482-489.
- [20] Soulioti, D. V., Barkoula, N. M., Paipetis, A., & Matikas, T. E. (2011). Effects of fibre geometry and volume fraction on the flexural behaviour of steel- fibre reinforced concrete. *Strain*, 47, e535-e541.
- [21] Ünal, O., Demir, F., & Uygunoğlu, T. (2007). Fuzzy logic approach to predict stress-strain curves of steel fiber-reinforced concretes in compression. *Building and environment*, 42(10), 3589-3595.
- [22] Carmona, S., Aguado, A., & Molins, C. (2013). Characterization of the properties of steel fiber reinforced concrete by means of the generalized Barcelona test. *Construction and Building Materials*, 48, 592-600.
- [23] Cantin, R., & Pigeon, M. (1996). Deicer salt scaling resistance of steel-fiber-reinforced concrete. *Cement and concrete research*, 26(11), 1639-1648.
- [24] Pigeon, M., & Cantin, R. (1998). Flexural properties of steel fiber-reinforced concretes at low temperatures. *Cement and Concrete Composites*, 20(5), 365-375.
- [25] Nabiyev, V. V. (2012). *Yapay Zekâ: Seçkin Yayıncılık*.

- [26] Egrioglu, Aladag, Yolcu, Uslu, Basaran,2009, ” Forecasting in high order fuzzy times series by using neural networks to define fuzzy relations” *Expert Systems with Applications* 36 ,4228–4231
- [27] Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M.,2003, “*Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I: Yapay Sinir Ağları.*”, Ufuk Yayıncılık, Kayseri
- [28] Öztemel, E..” *Yapay Sinir Ağları*” Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2006,15-20
- [29] E.Kabalıcı,”*Yapay Sinir Ağları:Jeoloji Mühendisliği A.B.D. Esnek Hesaplama Yöntemleri I*”2015,29-30
- [30] Maltarollo, V. G., Honório, K. M., & da Silva, A. B. F. (2013). Applications of artificial neural networks in chemical problems. *Artificial neural networks-architectures and applications*, 203-223.
- [31] Ni, H. G., & Wang, J. Z. (2000). Prediction of compressive strength of concrete by neural networks. *Cement and Concrete Research*, 30(8), 1245-1250.
- [32] Prasad, B. R., Eskandari, H., & Reddy, B. V. (2009). Prediction of compressive strength of SCC and HPC with high volume fly ash using ANN. *Construction and Building Materials*, 23(1), 117-128.
- [33] Alshihri, M. M., Azmy, A. M., & El-Bisy, M. S. (2009). Neural networks for predicting compressive strength of structural light weight concrete. *Construction and Building Materials*, 23(6), 2214-2219.
- [34] Naderpour, H., Kheyroddin, A., & Amiri, G. G. (2010). Prediction of FRP-confined compressive strength of concrete using artificial neural networks. *Composite Structures*, 92(12), 2817-2829.
- [35] Yıldız, T., Yıldız, S., Keleştemur, O., Demirel, B., & Bölükbaş, Y. (2011). Yapay Sinir Ağları İle Atık Mermer Tozu Ve Cam Lif Katkılı Betonların Yarmada Çekme Dayanımlarının Tahmini.
- [36] Yaprak, H., Karacı, A., & Demir, I. (2013). Prediction of the effect of varying cure conditions and w/c ratio on the compressive strength of concrete using artificial neural networks. *Neural Computing and Applications*, 22, 133-141.
- [37] Açıkgenç, M., Ulaş, M., & Alyamaç, K. E. (2015). Using an artificial neural network to predict mix compositions of steel fiber-reinforced concrete. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40, 407-419.
- [38] Galeb A., Saleh I., (2017). Prediction Of Compressive Strength Of Fiber Reinforced Concrete Using Artificial Neural Networks, *International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering*, ISSN: 2394-2827 Volume-4, Issue-5.
- [39] Karthiyaini, S., SenthamaraiKannan, K., Priyadarshini, J., Gupta, K., & Shanmugasundaram, M. (2019). Prediction of mechanical strength of fiber admixed concrete using multiple regression analysis and artificial neural network. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2019.

- [40] Yörübulut, S. (2019). *Betonun basınç dayanımının tahribatsız yöntem verilerini kullanarak yapay sinir ağı ve regresyon yöntemi ile tahmin edilmesi* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [41] Pazouki, G., & Pourghorban, A. (2022). Anticipation of the compressive strength of steel fiber- reinforced concrete by different types of artificial intelligence methods. *Structural Concrete*.
- [42] Zheng, D., Wu, R., Sufian, M., Kahla, N. B., Atig, M., Deifalla, A. F., ... & Azab, M. (2022). Flexural strength prediction of steel fiber-reinforced concrete using artificial intelligence. *Materials*, 15(15), 5194.
- [43] Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. (2014). *Concrete: microstructure, properties, and materials*. McGraw-Hill Education.
- [44] Erdoğan, S. T., & Erdoğan, T. Y. (2010). Portland çimentosunun joseph aspdın tarafından icadı ve çimento üretiminde aspdın ailesinin rolü.

ÖZGEÇMİŞ

