

## BULANIK MANTIK VE YAPAY SİNİR AĞLARINA GİRİŞ DERSİ 2.ÖDEVİ

AD: Enes Burak

SOYAD: KAYA

ÖĞRENCİ NUMARASI: B221210351

ŞUBE: 1.Öğretim A Grubu

KONU: Tarladan alınan buğdayın miktarı (ton); verilen su, ekilen buğday miktarı ve güneş alma süresi ile ilgilidir.

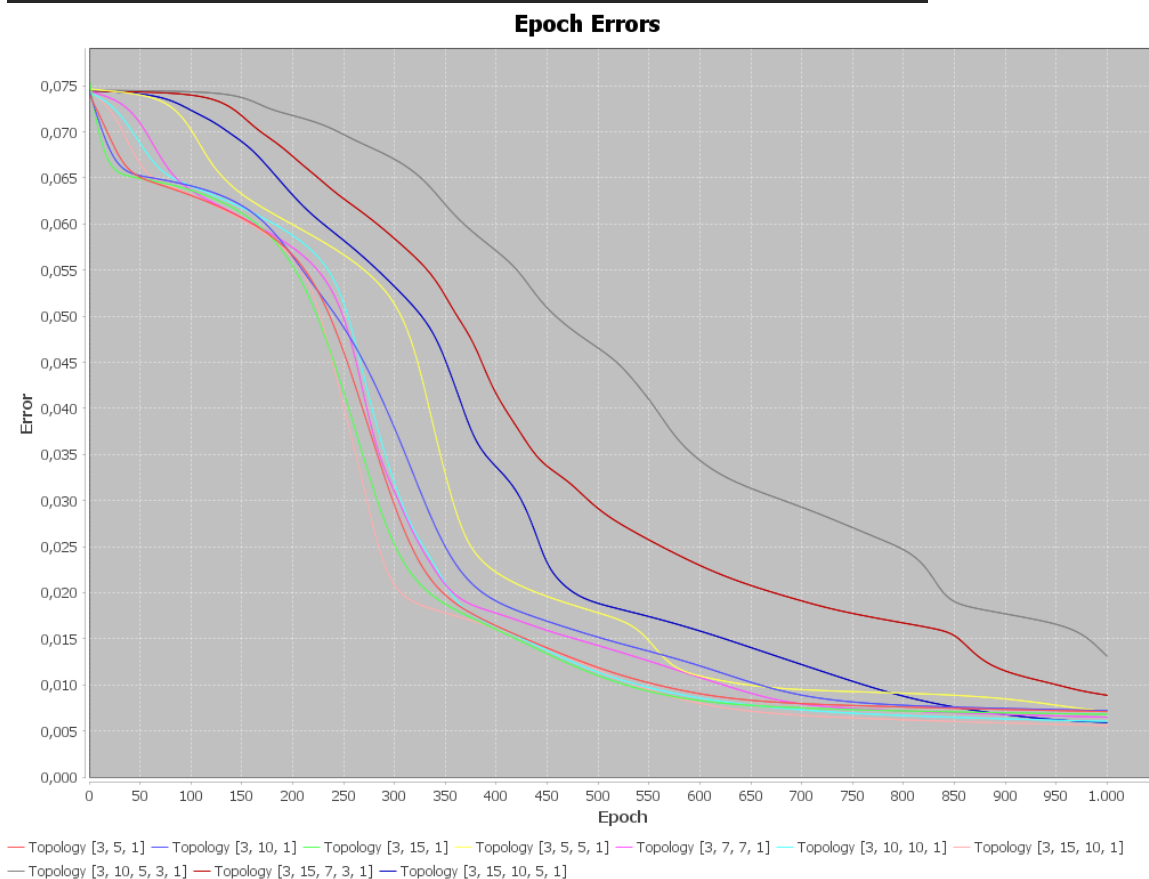
Öncelikle, bu ödevde kullanılan yapay sinir ağı modelinin tasarımını gerçekleştirirken, ilk ödevde geliştirdiğim bulanık mantık modelinden faydalandım. Bu model, belirli değerler arasında rastgele oluşturulan veri setleriyle eğitilen bir yapay sinir ağı modeline entegre edildi. Veri setim, 4000 satırdan oluşmakta olup, her satırda üç giriş (input) ve bir çıkış (output) değeri bulunmaktadır. Bu veri setini oluştururken, her bir girdi ve çıktı değeri belirli bir aralıkta rastgele seçilmiş ve modelin eğitim sürecine dahil edilmiştir.

Bu veri seti, modelin eğitim süreci için **%75'lik bir kısmı eğitim verisi, %25'lik bir kısmı ise test verisi** olarak ayrılmıştır. Eğitim ve test verisinin belirli oranlarda ayrılması, modelin eğitim sürecinde aşırı öğrenme (overfitting) ve düşük genelleme (underfitting) gibi problemleri önlemeye yönelik önemli bir adımdır.

## Yapay Sinir Ağı Modeli ve Topoloji Tasarımı

Bu ödevde uyguladığım yapay sinir ağı modelinin topolojisini, görselde yer alan grafiklerdeki denemelere dayanarak şekillendirdim. İlgili topolojilerin performanslarını kıyaslamak amacıyla, K-Fold Cross Validation ve Epoch takibi fonksiyonlarını kullandım. Bu fonksiyon, her bir ağ için 1000 epoch çalıştırarak, her epoch'taki eğitim hatasını kaydetmiş ve aşağıdaki grafiklerle görselleştirmiştir. Elde edilen grafiklerden faydalananarak, en verimli sonuçları veren topoloji seçilmiş ve uygulamada kullanılmıştır.

```
public void performKFoldValidationWithTopologies() {  
    // Denenecek topolojiler  
    List<int[]> topologies = Arrays.asList(  
        new int[]{3, 5, 1},  
        new int[]{3, 10, 1},  
        new int[]{3, 15, 1},  
        new int[]{3, 5, 5, 1},  
        new int[]{3, 7, 7, 1},  
        new int[]{3, 10, 10, 1},  
        new int[]{3, 15, 10, 1},  
        new int[]{3, 10, 5, 3, 1},  
        new int[]{3, 15, 7, 3, 1},  
        new int[]{3, 15, 10, 5, 1}  
    );  
}
```



Bu topoloji, **3 giriş katmanı, 1 gizli katman ve 1 çıkış katmanından** oluşmaktadır. Gizli katmanda **5 nöron** bulundurulması, modelin daha iyi öğrenebilmesi için yeterli bir yapı olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, modelin eğitim sürecinde kullanılacak olan **learning rate** değeri **0.01** olarak belirlenmiş ve eğitim süreci **700 epoch** ile gerçekleştirilmiştir. Bu parametreler, eğitim sürecinin hızını optimize ederken, aynı zamanda çıktı doğruluğunun da yüksek olmasını sağlamaktadır.

Bu topoloji seçimi, özellikle hız ve çıktı doğruluğu açısından en uygun çözüm olarak değerlendirilmektedir. Modelin başarısını artırmak için **momentumlu** ve **momentumsuz** iki farklı eğitim yöntemi kullanılmıştır. Eğitim sırasında, belirli epoch'lar için test sonuçları gözlemlenerek, modelin öğrenme sürecindeki değişiklikler anlık olarak izlenmiştir. Bu sayede modelin hangi epoch'ta daha iyi öğrenmeye başladığı, hangi epoch'ta ise aşırı öğrenme eğilimi gösterdiği gözlemlenebilmiştir.

## Eğitim ve Test Süreçleri

Modelin eğitimi sırasında, sinir ağı ağırlıklarını güncelleme süreci için **geri yayılım algoritması (Backpropagation)** kullanılmıştır. Bu algoritma, sinir ağlarının hatalarını minimize etmek amacıyla ağı her bir katmanındaki ağırlıkları günceller. Bu eğitim sürecinde kullanılan **momentumlu** ve **momentumsuz** yöntemler, farklı hızlarda ve doğruluk oranlarında eğitim sonuçları vermektedir. Momentumlu eğitimde, bir önceki iterasyondan alınan hatalar da dikkate alınarak ağırlık güncellemeleri yapılır. Bu, ağı daha hızlı ve daha kararlı bir şekilde öğrenmesini sağlar. Öte yandan, momentumsuz eğitimde ağırlıklar yalnızca mevcut hataya göre güncellenir, bu da daha yavaş bir öğrenme süreci yaratabilir ancak her adımda daha temiz ve dikkatli bir öğrenme sağlar.

Eğitim sırasında her iki yöntemle de **MSE (Ortalama Kare Hata - Mean Squared Error)** metriği kullanılarak hata oranları hesaplanmış ve modelin performansı değerlendirilmiştir. Test sürecinde, eğitim verisi üzerinde elde edilen hataların yanı sıra, test verisi üzerindeki doğruluk da ölçülmüş ve bu sayede modelin genelleme kabiliyeti gözlemlenmiştir.

## Ağı Eğit ve Tekli Test (Momentumlu) Seçeneği ile Yapılan Model Eğitimi ve Testi

Bu uygulama seçeneğinde, kullanıcıdan momentum, hata katsayısı (learning rate) ve maksimum epoch değerlerini alarak, yapay sinir ağı modelinin eğitim süreci başlatılmıştır. Eğitim için kullanılan model, başlangıçta rastgele seçilen %75'lik eğitim verisiyle eğitilmiştir. Momentumlu BackPropagation (BP) algoritması kullanılarak modelin ağırlıkları güncellenmiş ve eğitim süreci belirli epoch sayısına kadar sürdürülmüştür.

Eğitim süreci boyunca, modelin doğruluğunu ve hata oranını iyileştirmek amacıyla kullanıcıdan alınan parametreler doğrultusunda eğitim ayarları yapılmıştır. Kullanıcıdan alınan bu parametreler, ağı öğrenme hızını (learning rate) ve modelin her bir epoch'taki hata düzeyini kontrol etmiştir.

Eğitim tamamlandıktan sonra, kullanıcıdan ekilen tohum miktarı, verilen su miktarı ve arazinin aldığı güneş ışığı gibi giriş değişkenleri alınarak, eğitilen model üzerinden regresyon çıktıları elde edilmiştir. Bu giriş değişkenleri, modelin öğrendiği ağırlıklar doğrultusunda modele verilmiş ve model, belirlenen değerler ile verilecek çıktıyı tahmin etmiştir.

```
Ağın momentumlu eğitilip kullanıcı girdilerine göre sonuç verilmesi işlemi başlıyor...
Momentum giriniz [0-1] arasında olmalıdır:
0,7
Öğrenme katsayısını giriniz (pozitif sayı):
0,01
Programın duracağı hata miktarını belirtiniz (pozitif sayı):
0
Hata: Hata miktarı pozitif bir sayı olmalıdır!
Programın duracağı hata miktarını belirtiniz (pozitif sayı):
0,001
Epoch sayısını giriniz (pozitif tam sayı):
700
Eğitim baslıyor
Eğitim tamamlandı.
Eğitim hatası -> 0.010790403516265604
Test hatası -> 0.010531398373733066
Tohum Miktarını giriniz(1KG - 40KG):
15
Su Miktarını Giriniz(12,5TON - 800TON):
300
Güneş Işığı Alınan Saati Giriniz(1.5-24):
7
Elde edilecek buğday miktarı(TON): 0.22642726427676865
```

## Sonuçların Değerlendirilmesi

Yapay sinir ağlarının eğitimi sırasında elde edilen **MSE** değerleri, modelin doğruluğunu gösteren en önemli göstergedir. **Momentumlu eğitim** yönteminin genellikle daha düşük hata oranları ve daha hızlı öğrenme sağladığı gözlemlenmiştir. Ancak, eğitim verisi üzerindeki başarı oranı ile test verisi üzerindeki başarı oranı karşılaştırıldığında, test hatalarının eğitim hatalarından belirli bir oranda daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum, modelin bazı durumlarda aşırı öğrenme (overfitting) eğilimi gösterdiğini, dolayısıyla test verisi üzerinde genelleme kabiliyetinin sınırlı olabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, test hatasının kabul edilebilir seviyelerde olması, modelin iyi bir performans sergilediğini ortaya koymaktadır.

```
--- Menü ---
1- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu)
2- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumsuz)
3- Ağı Eğit Epoch Göster
4- Ağı Eğit ve Tekli Test (Momentumlu)
5- K-Fold Test
0- Çıkış
Bir seçenek giriniz: 1
Ağın momentumlu eğitilip test edilmesi işlemi başlıyor...
Eğitim baslıyor
Eğitim tamamlandı.
Eğitim hatası -> 0.01795069632289704
Test hatası -> 0.018637523501832034
```

## Tekli Test ve K-Fold Çapraz Doğrulama

Modelin doğruluğu yalnızca eğitim sürecinde değil, ayrıca **tekli testler** ve **K-Fold çapraz doğrulama** ile de ölçülmüştür. **Tekli testler** ile, kullanıcıdan alınan giriş verileri doğrultusunda modelin çıktıları incelenmiştir. Bu test, modelin bireysel olarak ne kadar doğru tahminler yaptığını görmek açısından faydalıdır.

**K-Fold çapraz doğrulama**, modelin genelleme yeteneğini test etmek için kullanılan bir başka önemli tekniktir. Veri seti, **k** katmana bölünmüş ve her katman sırasıyla test seti olarak kullanılmıştır. Bu doğrulama yöntemi, modelin aşırı öğrenme riskini azaltmakta ve eğitim verisini daha verimli kullanmaktadır. K-Fold testinin sonucunda elde edilen **ortalama eğitim hatası** ve **ortalama test hatası**, modelin genel başarısını ölçmek açısından önemli verilerdir.

```
K-Fold test secildi
K değerini giriniz:
4
Fold 1 - Eğitim Hatası: 0,007763, Test Hatası: 0,007283
Fold 2 - Eğitim Hatası: 0,007013, Test Hatası: 0,007911
Fold 3 - Eğitim Hatası: 0,008984, Test Hatası: 0,009251
Fold 4 - Eğitim Hatası: 0,009411, Test Hatası: 0,008752
Ortalama Eğitim Hatası: 0,008293
Ortalama Test Hatası: 0,008299
```