

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM BİLİMLERİ FAKÜLTESİ**

**BSM 427 BULANIK MANTIK VE YAPAY  
SİNİR AĞLARINA GİRİŞ  
2. ÖDEV RAPORU**

**G221210045 – MEHMET BOSDANCI  
G221210071 – BİLAL AVCI**

**Dersi Veren : Doç. Dr. M. FATİH ADAK**

**2025-2026 Güz Dönemi**

# BULANIK MANTIK VERİ SETİ İLE YSA MODELLEMESİ: İŞSİZLİK ORANI TAHMİNİ

## VERİ SETİNİN OLUŞTURULMASI VE ÖN İŞLEME

Veri Üretimi ödev gereksinimleri doğrultusunda, YSA'nın eğitimi için gerekli olan veri seti, ödev 1'de tasarlanan Bulanık Mantık modeli kullanılarak sentetik olarak üretilmiştir. Bunun için VeriSetiOlusturucu.java isimli bir sınıf kodlanmıştır.

Bu sınıf, aşağıdaki sınır değerleri arasında rastgele 4000 adet girdi seti üretmiştir:

- **Gelir:** 0 - 150 (bin TL)
- **Gider:** 0 - 150 (bin TL)
- **Nüfus:** 0 - 200 (Milyon Kişi)

Üretilen her bir rastgele girdi seti, jFuzzyLogic kütüphanesi aracılığıyla .fcl dosyasındaki kurallar sonucunda **İşsizlik Oranı (Çıktı)** hesaplanmıştır ve 4000 satırlık, virgülle ayrılmış (CSV formatında) bir dataset.txt dosyası elde edilmiştir.

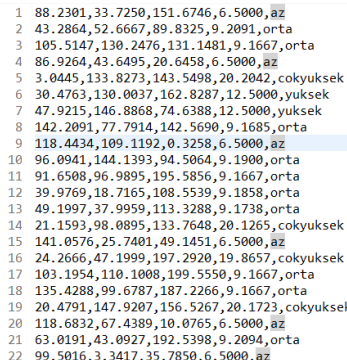
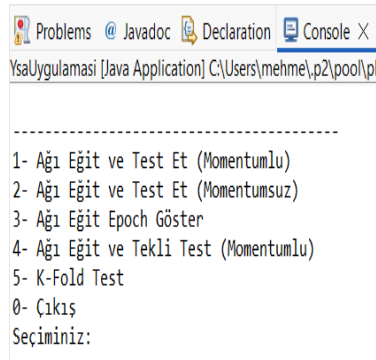
## Veri Normalizasyonu

Yapay sinir ağlarında sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanıldığı için, verilerin 0 ile 1 aralığında olması için ham veriler ağa verilmeden önce Min-Max normalizasyonuna tabi tutulmuştur. Kod içerisinde tanımlanan maksimum değerler (MAX\_GELIR = 150, MAX\_NUFUS = 200 vb.) kullanılarak her bir veri kendi maksimum değerine bölünmüş ve [0, 1] aralığına indirgenmiştir.

## Eğitim ve Test Seti Ayrımı

4000 satırlık veri seti yüklendikten sonra Collections.shuffle() metodu ile rastgele karıştırılmıştır ve **%75 (3000 Veri)** ağı eğitimi (Training) için, **%25 (1000 Veri)** ağı performansının test edilmesi (Testing) için ayrılmıştır.

## Menü ve Veriseti



Oluşturulan veri setinde ilk 3 sütun girdiler, 4. sütun sayısal çıktı (Regresyon hedefi), 5. sütun ise okunabilirliği artırmak için eklenen bulanık küme etiketidir.

## Seçenek 1

```
Problems @ Javadoc Declaration Console X
YsaUygulaması [Java Application] C:\Users\mehme\p2\pool\pl

-----
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
Seçiminiz: 1
Veri seti yükleniyor (Momentumlu)...
Ağ eğitiliyor...
Eğitim Tamamlandı!
Eğitim Hatası (MSE): 0.0015801098202664278
Test Hatası (MSE): 0.0016494236913485853
-----
```

Eğitim işleminde **MomentumBackpropagation** algoritması kullanılmıştır. Öğrenme katsayısı (Learning Rate) 0.2 ve Momentum değeri 0.7 olarak ayarlanmıştır. Eğitim sonucunda MSE (Ortalama Karesel Hata) değeri hem eğitim hem de test seti için oldukça düşük (binde 1-2 seviyelerinde) çıkarak başarılı bir öğrenme gerçekleştiğı gözlemlenmiştir.

## Seçenek 2

```
Problems @ Javadoc Declaration Console X
YsaUygulaması [Java Application] C:\Users\mehme\p2\pool\pl

-----
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
Seçiminiz: 2
Veri seti yükleniyor (Momentumsuz)...
Ağ eğitiliyor (Momentumsuz)...
Eğitim Tamamlandı!
Eğitim Hatası (MSE): 0.002113051342604723
Test Hatası (MSE): 0.0020750667022837238
-----
```

Eğitim algoritması olarak standart **BackPropagation** (Momentumsuz) tercih edilmiştir. Momentumun yokluğu, ağın yerel minimumlardan kaçmasını zorlaştırdığı için hata oranlarının (MSE), momentumlu eğitime kıyasla bir miktar daha yüksek çıktığı görülüyor. Bu durum, momentum parametresinin öğrenme üzerindeki olumlu etkisini doğrulamaktadır.

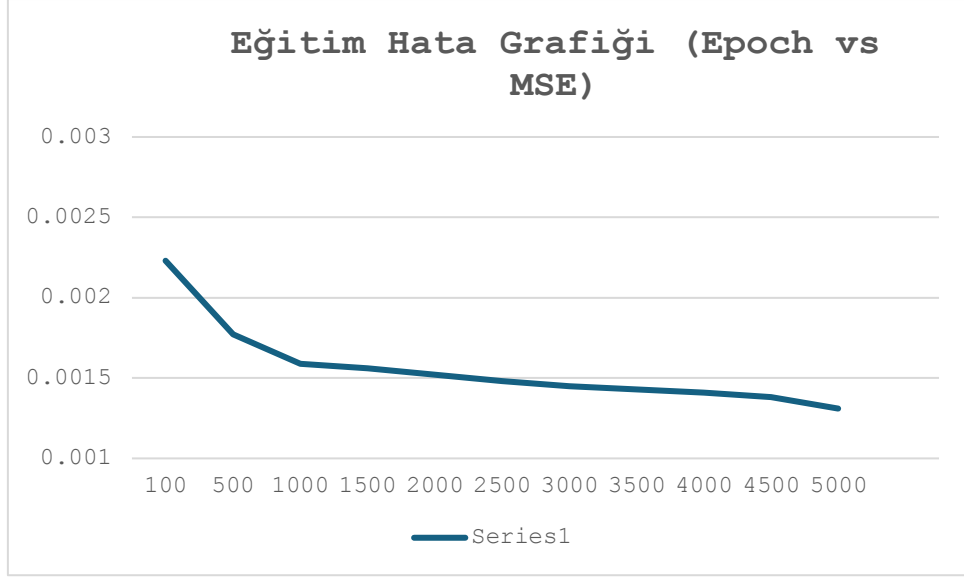
## Seçenek 3

```
Problems @ Javadoc Declaration Console X
YsaUygulaması [Java Application] C:\Users\mehme\p2\pool\plugins\

-----
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
Seçiminiz: 3
Veri seti yükleniyor (Momentumlu)...
Ağ eğitiliyor...
Epoch: 100 | Eğitim Hatası: 0.0022333312931699075
Epoch: 200 | Eğitim Hatası: 0.0020064274248310725
Epoch: 300 | Eğitim Hatası: 0.0018975540899449216
Epoch: 400 | Eğitim Hatası: 0.0018357052095073242
Epoch: 500 | Eğitim Hatası: 0.0017732782958304616
Epoch: 600 | Eğitim Hatası: 0.0016919257664408383
Epoch: 700 | Eğitim Hatası: 0.0016414618712035816
Epoch: 800 | Eğitim Hatası: 0.0016183634302154796
Epoch: 900 | Eğitim Hatası: 0.0016064317869127925
Epoch: 1000 | Eğitim Hatası: 0.0015981493954620883
Epoch: 1100 | Eğitim Hatası: 0.0015909431215255759
Epoch: 1200 | Eğitim Hatası: 0.001584060000002243
Epoch: 1300 | Eğitim Hatası: 0.0015772682443295472
Epoch: 1400 | Eğitim Hatası: 0.0015704992551505213
Epoch: 1500 | Eğitim Hatası: 0.0015637281555697048
Epoch: 1600 | Eğitim Hatası: 0.0015569086456229235
Epoch: 1700 | Eğitim Hatası: 0.0015499513131013937
Epoch: 1800 | Eğitim Hatası: 0.0015427387681032976
Epoch: 1900 | Eğitim Hatası: 0.0015351609562219968
Epoch: 2000 | Eğitim Hatası: 0.0015271607225024215
Epoch: 2100 | Eğitim Hatası: 0.0015187823681315348
Epoch: 2200 | Eğitim Hatası: 0.0015101997943673673
Epoch: 2300 | Eğitim Hatası: 0.0015016802313940756
Epoch: 2400 | Eğitim Hatası: 0.0014934818920189737
Epoch: 2500 | Eğitim Hatası: 0.0014857686305181019
Epoch: 2600 | Eğitim Hatası: 0.0014786044029134293
Epoch: 2700 | Eğitim Hatası: 0.0014719961987721894
```

Epoch: 2700	Eğitim Hatası: 0.0014719961987721894
Epoch: 2800	Eğitim Hatası: 0.0014659306172452266
Epoch: 2900	Eğitim Hatası: 0.0014603851630140916
Epoch: 3000	Eğitim Hatası: 0.0014553244228643803
Epoch: 3100	Eğitim Hatası: 0.0014506965110110226
Epoch: 3200	Eğitim Hatası: 0.0014464359109753
Epoch: 3300	Eğitim Hatası: 0.0014424702177581153
Epoch: 3400	Eğitim Hatası: 0.0014387265279832623
Epoch: 3500	Eğitim Hatası: 0.001435135261894417
Epoch: 3600	Eğitim Hatası: 0.0014316312823697685
Epoch: 3700	Eğitim Hatası: 0.001428153044474364
Epoch: 3800	Eğitim Hatası: 0.0014246402889599905
Epoch: 3900	Eğitim Hatası: 0.001421029825652385
Epoch: 4000	Eğitim Hatası: 0.0014172474844584497
Epoch: 4100	Eğitim Hatası: 0.0014131926213636844
Epoch: 4200	Eğitim Hatası: 0.001408710208128008
Epoch: 4300	Eğitim Hatası: 0.001403546583640806
Epoch: 4400	Eğitim Hatası: 0.0013972960102410224
Epoch: 4500	Eğitim Hatası: 0.0013893766859825105
Epoch: 4600	Eğitim Hatası: 0.0013791054175784888
Epoch: 4700	Eğitim Hatası: 0.0013659068086243206
Epoch: 4800	Eğitim Hatası: 0.0013494827189849156
Epoch: 4900	Eğitim Hatası: 0.001330251988258704
Epoch: 5000	Eğitim Hatası: 0.0013116541016387736
Epoch: 5000	Eğitim Hatası: 0.0013116541016387736
Eğitim Tamamlandı!	
Eğitim Hatası (MSE): 0.0025928834537294544	
Test Hatası (MSE): 0.002711325503058206	

Ağın öğrenme sürecini (konverjans) anlık olarak takip edebilmek için bu modül geliştirilmiştir. Eğitim sırasında her 100 Epoch'ta bir, ağın o anki toplam hata değeri konsola yazdırılmıştır. Ekran çıktısında görüldüğü üzere, Epoch sayısı arttıkça hata değeri istikrarlı bir şekilde azalmaktadır.



#### Seçenek 4

```
Problems @ Javadoc Declaration Console X
YsaUygulaması [Java Application] C:\Users\mehme\p2\pool\plugins\org.ec
-----
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
Seçiminiz: 4
Tüm veri seti ile ağı eğitiliyor (Lütfen bekleyiniz)...
Eğitim bitti. Şimdi test zamanı!
Gelir Giriniz (0-150): 100
Gider Giriniz (0-150): 70
Nüfus Giriniz (0-200): 80
-----
Tahmin Edilen İşsizlik Oranı: %8,85
-----
```

Bu seçenekte veri setinin tamamı kullanılarak eğitilmiş ve ardından kullanıcıdan manuel veri girişi beklenmiştir. Örnek olarak Ödev 1'de kullanılan girdiler (**Gelir: 100, Gider: 70, Nüfus: 80**) sisteme girilmiştir. Ağı bu girdiler için ürettiği tahmin **%8,85** olmuştur. Bu değer, Bulanık Mantık modelinin ürettiği sonuca (%9,19) oldukça yakındır ve YSA modelinin bulanık mantık kurallarını başarıyla öğrendiğini göstermektedir.

#### Seçenek 5

```
Problems @ Javadoc Declaration Console X
YsaUygulaması [Java Application] C:\Users\mehme\p2\pool\plugins\c
-----
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
Seçiminiz: 5
K Değerini Giriniz : 10
Veri seti yükleniyor ve karıştırılıyor...
10-Fold Cross Validation Başlıyor...
Fold 1 -> Eğitim MSE: 0,00224 | Test MSE: 0,00190
Fold 2 -> Eğitim MSE: 0,00289 | Test MSE: 0,00274
Fold 3 -> Eğitim MSE: 0,00273 | Test MSE: 0,00288
Fold 4 -> Eğitim MSE: 0,00273 | Test MSE: 0,00293
Fold 5 -> Eğitim MSE: 0,00276 | Test MSE: 0,00299
Fold 6 -> Eğitim MSE: 0,00235 | Test MSE: 0,00250
Fold 7 -> Eğitim MSE: 0,00237 | Test MSE: 0,00287
Fold 8 -> Eğitim MSE: 0,00247 | Test MSE: 0,00222
Fold 9 -> Eğitim MSE: 0,00227 | Test MSE: 0,00227
Fold 10 -> Eğitim MSE: 0,00293 | Test MSE: 0,00294
----- SONUÇLAR -----
Ortalama Eğitim Hatası: 0.0025726431650675077
Ortalama Test Hatası: 0.0026214459618498502
-----
```

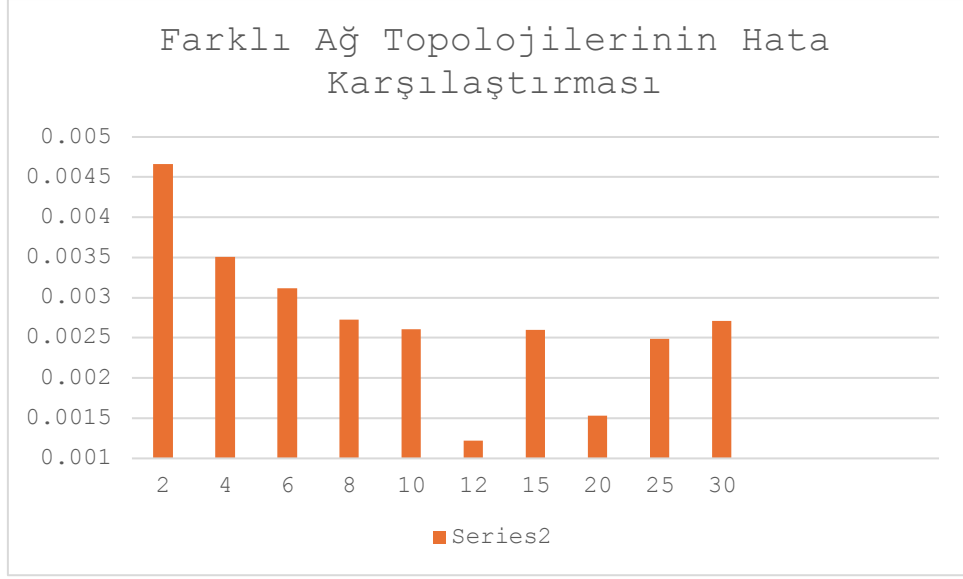
Veri seti 10 eşit parçaya bölünmüş, her adımda 9 parça eğitim, 1 parça test için kullanılmıştır. Sonuç tablosunda görüldüğü üzere, 10 farklı katlamanın hata oranları birbirine çok yakındır (Standart sapması düşüktür).

#### 10 Adet Ağda Deneme

<pre> 79 80 MultiLayerPerceptron sinirAgi = new MultiLayerPerceptron(TransferFunctionType.SIGMOID, 3, 2, 1); 81 MomentumBackpropagation learningRule = (MomentumBackpropagation) sinirAgi.getLearningRule(); 82 learningRule.setLearningRate(0.2); 83 learningRule.setMomentum(0.7); 84 learningRule.setMaxError(0.0001); 85 learningRule.setMaxIterations(5000); 86 </pre> <p>Problems Javadoc Declaration Console X</p> <p>Yataygulasma [Java Application] C:\Users\mehmet.p2\pool\plugin\org.eclipse.jst.j2ee\hotspot\re.full.win32.x86_64_21.0.8.v20250724-1412\re\bin\javaw.exe</p> <p>1- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 2- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 3- Ağı Eğit Epoch Göster 4- Ağı Eğit ve Tekli Test (Momentumlu) 5- K-Fold Test 0- Çıkış Seçtiniz: 1 Veri seti yükleniyor (Momentumlu)... Ağ eğitiliyor... Eğitim Tamamlandı! Eğitim Hatası (MSE): 0.004730488811637347 Test Hatası (MSE): 0.0046608735814950165</p>	<pre> 79 80 MultiLayerPerceptron sinirAgi = new MultiLayerPerceptron(TransferFunctionType.SIGMOID, 3, 4, 1); 81 MomentumBackpropagation learningRule = (MomentumBackpropagation) sinirAgi.getLearningRule(); 82 learningRule.setLearningRate(0.2); 83 learningRule.setMomentum(0.7); 84 learningRule.setMaxError(0.0001); 85 learningRule.setMaxIterations(5000); 86 </pre> <p>Problems Javadoc Declaration Console X</p> <p>Yataygulasma [Java Application] C:\Users\mehmet.p2\pool\plugin\org.eclipse.jst.j2ee\hotspot\re.full.win32.x86_64_21.0.8.v20250724-1412\re\bin\javaw.exe</p> <p>1- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 2- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 3- Ağı Eğit Epoch Göster 4- Ağı Eğit ve Tekli Test (Momentumlu) 5- K-Fold Test 0- Çıkış Seçtiniz: 1 Veri seti yükleniyor (Momentumlu)... Ağ eğitiliyor... Eğitim Tamamlandı! Eğitim Hatası (MSE): 0.003807211719160928 Test Hatası (MSE): 0.003517648105067166</p>
<pre> 79 80 MultiLayerPerceptron sinirAgi = new MultiLayerPerceptron(TransferFunctionType.SIGMOID, 3, 6, 1); 81 MomentumBackpropagation learningRule = (MomentumBackpropagation) sinirAgi.getLearningRule(); 82 learningRule.setLearningRate(0.2); 83 learningRule.setMomentum(0.7); 84 learningRule.setMaxError(0.0001); 85 learningRule.setMaxIterations(5000); 86 </pre> <p>Problems Javadoc Declaration Console X</p> <p>Yataygulasma [Java Application] C:\Users\mehmet.p2\pool\plugin\org.eclipse.jst.j2ee\hotspot\re.full.win32.x86_64_21.0.8.v20250724-1412\re\bin\javaw.exe</p> <p>1- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 2- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 3- Ağı Eğit Epoch Göster 4- Ağı Eğit ve Tekli Test (Momentumlu) 5- K-Fold Test 0- Çıkış Seçtiniz: 1 Veri seti yükleniyor (Momentumlu)... Ağ eğitiliyor... Eğitim Tamamlandı! Eğitim Hatası (MSE): 0.0029961536782822148 Test Hatası (MSE): 0.003120894259296347</p>	<pre> 79 80 MultiLayerPerceptron sinirAgi = new MultiLayerPerceptron(TransferFunctionType.SIGMOID, 3, 8, 1); 81 MomentumBackpropagation learningRule = (MomentumBackpropagation) sinirAgi.getLearningRule(); 82 learningRule.setLearningRate(0.2); 83 learningRule.setMomentum(0.7); 84 learningRule.setMaxError(0.0001); 85 learningRule.setMaxIterations(5000); 86 </pre> <p>Problems Javadoc Declaration Console X</p> <p>Yataygulasma [Java Application] C:\Users\mehmet.p2\pool\plugin\org.eclipse.jst.j2ee\hotspot\re.full.win32.x86_64_21.0.8.v20250724-1412\re\bin\javaw.exe</p> <p>1- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 2- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 3- Ağı Eğit Epoch Göster 4- Ağı Eğit ve Tekli Test (Momentumlu) 5- K-Fold Test 0- Çıkış Seçtiniz: 1 Veri seti yükleniyor (Momentumlu)... Ağ eğitiliyor... Eğitim Tamamlandı! Eğitim Hatası (MSE): 0.00238996586771097 Test Hatası (MSE): 0.0027366275512365843</p>
<pre> 79 80 MultiLayerPerceptron sinirAgi = new MultiLayerPerceptron(TransferFunctionType.SIGMOID, 3, 10, 1); 81 MomentumBackpropagation learningRule = (MomentumBackpropagation) sinirAgi.getLearningRule(); 82 learningRule.setLearningRate(0.2); 83 learningRule.setMomentum(0.7); 84 learningRule.setMaxError(0.0001); 85 learningRule.setMaxIterations(5000); 86 </pre> <p>Problems Javadoc Declaration Console X</p> <p>Yataygulasma [Java Application] C:\Users\mehmet.p2\pool\plugin\org.eclipse.jst.j2ee\hotspot\re.full.win32.x86_64_21.0.8.v20250724-1412\re\bin\javaw.exe</p> <p>1- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 2- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 3- Ağı Eğit Epoch Göster 4- Ağı Eğit ve Tekli Test (Momentumlu) 5- K-Fold Test 0- Çıkış Seçtiniz: 1 Veri seti yükleniyor (Momentumlu)... Ağ eğitiliyor... Eğitim Tamamlandı! Eğitim Hatası (MSE): 0.002405289770813295 Test Hatası (MSE): 0.002618090981745592</p>	<pre> 79 80 MultiLayerPerceptron sinirAgi = new MultiLayerPerceptron(TransferFunctionType.SIGMOID, 3, 12, 1); 81 MomentumBackpropagation learningRule = (MomentumBackpropagation) sinirAgi.getLearningRule(); 82 learningRule.setLearningRate(0.2); 83 learningRule.setMomentum(0.7); 84 learningRule.setMaxError(0.0001); 85 learningRule.setMaxIterations(5000); 86 </pre> <p>Problems Javadoc Declaration Console X</p> <p>Yataygulasma [Java Application] C:\Users\mehmet.p2\pool\plugin\org.eclipse.jst.j2ee\hotspot\re.full.win32.x86_64_21.0.8.v20250724-1412\re\bin\javaw.exe</p> <p>1- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 2- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 3- Ağı Eğit Epoch Göster 4- Ağı Eğit ve Tekli Test (Momentumlu) 5- K-Fold Test 0- Çıkış Seçtiniz: 1 Veri seti yükleniyor (Momentumlu)... Ağ eğitiliyor... Eğitim Tamamlandı! Eğitim Hatası (MSE): 0.0012701315599256231 Test Hatası (MSE): 0.0012230485485361803</p>
<pre> 79 80 MultiLayerPerceptron sinirAgi = new MultiLayerPerceptron(TransferFunctionType.SIGMOID, 3, 15, 1); 81 MomentumBackpropagation learningRule = (MomentumBackpropagation) sinirAgi.getLearningRule(); 82 learningRule.setLearningRate(0.2); 83 learningRule.setMomentum(0.7); 84 learningRule.setMaxError(0.0001); 85 learningRule.setMaxIterations(5000); 86 </pre> <p>Problems Javadoc Declaration Console X</p> <p>Yataygulasma [Java Application] C:\Users\mehmet.p2\pool\plugin\org.eclipse.jst.j2ee\hotspot\re.full.win32.x86_64_21.0.8.v20250724-1412\re\bin\javaw.exe</p> <p>1- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 2- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 3- Ağı Eğit Epoch Göster 4- Ağı Eğit ve Tekli Test (Momentumlu) 5- K-Fold Test 0- Çıkış Seçtiniz: 1 Veri seti yükleniyor (Momentumlu)... Ağ eğitiliyor... Eğitim Tamamlandı! Eğitim Hatası (MSE): 0.00230770754510428 Test Hatası (MSE): 0.0026019568531198364</p>	<pre> 79 80 MultiLayerPerceptron sinirAgi = new MultiLayerPerceptron(TransferFunctionType.SIGMOID, 3, 20, 1); 81 MomentumBackpropagation learningRule = (MomentumBackpropagation) sinirAgi.getLearningRule(); 82 learningRule.setLearningRate(0.2); 83 learningRule.setMomentum(0.7); 84 learningRule.setMaxError(0.0001); 85 learningRule.setMaxIterations(5000); 86 </pre> <p>Problems Javadoc Declaration Console X</p> <p>Yataygulasma [Java Application] C:\Users\mehmet.p2\pool\plugin\org.eclipse.jst.j2ee\hotspot\re.full.win32.x86_64_21.0.8.v20250724-1412\re\bin\javaw.exe</p> <p>1- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 2- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 3- Ağı Eğit Epoch Göster 4- Ağı Eğit ve Tekli Test (Momentumlu) 5- K-Fold Test 0- Çıkış Seçtiniz: 1 Veri seti yükleniyor (Momentumlu)... Ağ eğitiliyor... Eğitim Tamamlandı! Eğitim Hatası (MSE): 0.0013648971779257355 Test Hatası (MSE): 0.001537168867979529</p>
<pre> 79 80 MultiLayerPerceptron sinirAgi = new MultiLayerPerceptron(TransferFunctionType.SIGMOID, 3, 25, 1); 81 MomentumBackpropagation learningRule = (MomentumBackpropagation) sinirAgi.getLearningRule(); 82 learningRule.setLearningRate(0.2); 83 learningRule.setMomentum(0.7); 84 learningRule.setMaxError(0.0001); 85 learningRule.setMaxIterations(5000); 86 </pre> <p>Problems Javadoc Declaration Console X</p> <p>Yataygulasma [Java Application] C:\Users\mehmet.p2\pool\plugin\org.eclipse.jst.j2ee\hotspot\re.full.win32.x86_64_21.0.8.v20250724-1412\re\bin\javaw.exe</p> <p>1- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 2- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 3- Ağı Eğit Epoch Göster 4- Ağı Eğit ve Tekli Test (Momentumlu) 5- K-Fold Test 0- Çıkış Seçtiniz: 1 Veri seti yükleniyor (Momentumlu)... Ağ eğitiliyor... Eğitim Tamamlandı! Eğitim Hatası (MSE): 0.0026163807951224407 Test Hatası (MSE): 0.00249024275373911</p>	<pre> 79 80 MultiLayerPerceptron sinirAgi = new MultiLayerPerceptron(TransferFunctionType.SIGMOID, 3, 30, 1); 81 MomentumBackpropagation learningRule = (MomentumBackpropagation) sinirAgi.getLearningRule(); 82 learningRule.setLearningRate(0.2); 83 learningRule.setMomentum(0.7); 84 learningRule.setMaxError(0.0001); 85 learningRule.setMaxIterations(5000); 86 </pre> <p>Problems Javadoc Declaration Console X</p> <p>Yataygulasma [Java Application] C:\Users\mehmet.p2\pool\plugin\org.eclipse.jst.j2ee\hotspot\re.full.win32.x86_64_21.0.8.v20250724-1412\re\bin\javaw.exe</p> <p>1- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 2- Ağı Eğit ve Test Et (Momentumlu) 3- Ağı Eğit Epoch Göster 4- Ağı Eğit ve Tekli Test (Momentumlu) 5- K-Fold Test 0- Çıkış Seçtiniz: 1 Veri seti yükleniyor (Momentumlu)... Ağ eğitiliyor... Eğitim Tamamlandı! Eğitim Hatası (MSE): 0.002397224783710439 Test Hatası (MSE): 0.0027193898634869586</p>

Ağın giriş katmanında 3 nöron (Gelir, Gider, Nüfus) ve çıkış katmanında 1 nöron (İşsizlik Oranı) sabit tutulmuştur. Ancak, ağın öğrenme kapasitesini doğrudan etkileyen **ara katman (gizli katman) nöron sayısı** değiştirilerek 10 farklı topoloji test edilmiştir.

Tüm denemelerde öğrenme katsayısı (Learning Rate) **0.2**, Momentum değeri **0.7** ve maksimum iterasyon sayısı **5000** olarak sabit tutulmuş; sadece gizli katmandaki nöron sayısı değiştirilmiştir.



Elde edilen **Test Hatası (MSE)** sonuçları yukarıdaki ekran görüntülerinde/tablodan sunulmuştur. Bu sonuçlara göre:

- Düşük Nöron Sayısı (Underfitting):** Ara katmanda 2 veya 4 nöron kullanıldığında, ağın kapasitesi veri setindeki karmaşık ilişkileri öğrenmekte yetersiz kalmış ve hata oranları yüksek çıkmıştır (Örn: 2 nöron için MSE ~0.0047).
- Optimum Nokta:** Nöron sayısı artırıldıkça hata oranı düşüş eğilimi göstermiş ve **12 Gizli Nöron** kullanıldığında **0.00122** ile en düşük test hatasına (Minimum MSE) ulaşılmıştır.
- Yüksek Nöron Sayısı:** 12 nörondan sonra (15, 25, 30 vb.) hata oranında belirgin bir düşüş gözlenmemiş, aksine bazı durumlarda hata tekrar yükselme eğilimi göstermiştir. Ayrıca gereksiz nöron artışı, ağın işlem yükünü artırmakta ve aşırı öğrenme (overfitting) riski doğurmaktadır.

Yapılan 10 farklı deneme sonucunda, en düşük hata oranını veren ve en kararlı yapıyı sergileyen **3-12-1 (3 Girdi, 12 Gizli, 1 Çıktı)** topolojisi, projenin nihai modeli olarak seçilmiştir.