

**YAPAY SİNİR AĞLARI İLE İKTİSADİ VE FİNANSAL ZAMAN
DİZİLERİNİN KESTİRİMİ**

Gülçin ERDOĞAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İSTATİSTİK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2006
ANKARA**

**YAPAY SİNİR AĞLARI İLE İKTİSADİ VE FİNANSAL ZAMAN
DİZİLERİNİN KESTİRİMİ**

Gülçin ERDOĞAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İSTATİSTİK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2006
ANKARA**

Gülçin ERDOĞAN tarafından hazırlanan YAPAY SİNİR AĞLARI İLE İKTİSADİ VE FİNANSAL ZAMAN DİZİLERİNİN KESTİRİMİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

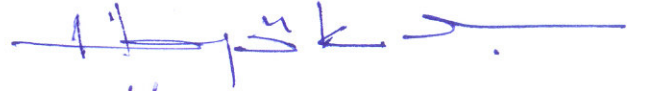


Tez Yöneticisi

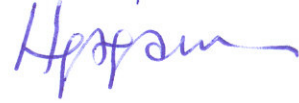
Prof. Dr. Reşat KASAP

Bu çalışma, jürimiz tarafından İSTATİSTİK Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof.Dr.Hadi GÖKÇEN



Üye : Prof.Dr.Hamza GAMGAM



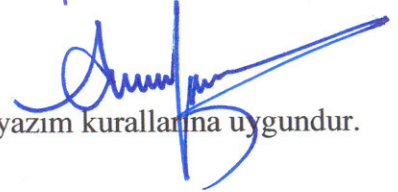
Üye : Prof.Dr.Reşat KASAP



Üye : Doç.Dr.İhsan ALP



Üye : Doç.Dr.Yılmaz AKDİ



Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE İKTİSADİ VE FİNANSAL ZAMAN DİZİLERİNİN KESTİRİMİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Gülçin ERDOĞAN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ocak 2006

ÖZET

Yapay Sinir Ağları geniş uygulama alanlarına sahiptir. Bu alanlardan biri de zaman dizileri kestirimidir. Kestirim için en sık kullanılan sinir ağları ileri beslemeli ağlardır. Bu çalışma, sinir ağları ile Box-Jenkins metodunun zaman dizileri kestirim performanslarının karşılaştırılmasını içermektedir. Bu karşılaştırma, bazı iktisadi ve finansal zaman dizileri için yapılmıştır. Box-Jenkins ve sinir ağı modellerinden elde edilen sonuçlar ileri 3, 7 ve 12 dönemlik kestirim performanslarına dayalı olarak karşılaştırılmıştır. Giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı için farklı nöron sayılarının kullanıldığı ağ yapıları test edilmiştir. Çoklu dönem kestirimleri, iteratif (adım adım) ve direkt olmak üzere iki açıdan yapılmıştır. Ele alınan dizilerin analiz sonuçlarına göre, genel olarak yapay sinir ağlarının, iteratif kestirim yoluyla, Box-Jenkins'e göre daha iyi performans gösterdiği söylenebilir.

Bilim Kodu : 205.1.066
Anahtar Kelimeler : Yapay sinir ağları, Zaman dizileri, Kestirim
Sayfa Adedi : 138
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Reşat KASAP

**ECONOMIC AND FINANCIAL TIME SERIES FORECASTING USING
ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**

(M.Sc. Thesis)

Gülçin ERDOĞAN

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

January 2006

ABSTRACT

Artificial neural networks have wide application areas. One of these areas is time series forecasting. For the forecasting, most often used neural networks are feed-forward neural networks. This study contains the comparison of performance of neural networks and Box-Jenkins methods in forecasting time series. This comparison is done for some economic and financial time series. Results obtained from the Box-Jenkins and neural network models are compared on the basis of their performance for 3-step-ahead, 7-step ahead and 12-step ahead forecasts. Varied numbers of input, hidden and output layer neurons of the neural network models are tested. For the multi-step-ahead forecasting, iterative and direct methods are discussed. According to the analysis results of the series that are taken up, generally can be said that the performance of iterative forecasting method for the artificial neural networks is better than the Box-Jenkins.

Science Code : 205.1.066

Key Words : Artificial neural networks, Time series, Forecasting

Page Number: 138

Adviser : Prof. Dr. Reşat KASAP

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca bilimsel yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren ve desteklerini hiç esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Reşat KASAP' a ve çalışmalarım sırasında gösterdikleri anlayıştan dolayı ailesine teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmamda değerli yardımlarından ötürü Dr. Coşkun HAMZAÇEBİ' ye, destek ve sabırlarından dolayı aileme ve arkadaşlarıma da teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. ZAMAN DİZİLERİNDE BOX-JENKINS METODU.....	5
2.1. Modeller.....	5
2.1.1. Otoregresif (AR) modeller	5
2.1.2. Hareketli ortalamalar (MA) modeli.....	6
2.1.3. Otoregresif hareketli ortalamalar (ARMA) modeli.....	7
2.1.4. Otoregresif tamamlanmış hareketli ortalamalar (ARIMA) modeli.....	7
2.2. Model Belirleme ve Kestirim Süreci.....	9
3. YAPAY SİNİR AĞLARINA (YSA) GİRİŞ VE EĞİTİMİ.....	15
3.1. YSA'ya Giriş.....	15
3.1.1. Akıl ve zeka.....	15
3.1.2. Yapay zeka.....	15
3.1.3. YSA.....	16
3.1.4. Biyolojik nöron.....	16
3.1.5. Bir yapay sinirin ana öğeleri.....	17

	Sayfa
3.1.6. YSA yapısı.....	21
3.1.7. YSA'nın kısa tarihçesi.....	23
3.1.8. YSA'nın genel özellikleri.....	23
3.1.9. YSA'nın genel kullanım alanları.....	25
3.2. YSA Eğitimi.....	26
3.2.1. Öğrenme stratejileri.....	26
3.2.2. Öğrenme kuralları.....	27
3.2.3. Öğrenme algoritması.....	28
4. ZAMAN DİZİLERİ KESTİRİMİ VE YSA.....	34
4.1. YSA ve İstatistik.....	34
4.2. Kestirim için YSA.....	34
4.3. YSA Tasarımı.....	36
4.3.1. Girdi nöron sayısı.....	36
4.3.2. Gizli katman ve nöron sayısı.....	37
4.3.3. Çıktı nöron sayısı.....	37
4.3.4. Aktivasyon fonksiyonu.....	38
4.3.5. Veri normalleştirme.....	39
4.3.6. Eğitim ve test kümesi.....	39
4.3.7. Ağın eğitimi.....	39
4.3.8. Kestirim değerlendirme metotları.....	42
5. UYGULAMA.....	44
5.1. Veriler.....	44
5.1.1. Aylık toplam ihracat (Milyon Dolar).....	44

	Sayfa
5.1.2. Aylık toplam ihracat değişim oranı (%).....	44
5.1.3. Aylık toplam ithalat (Milyon Dolar).....	46
5.1.4. Aylık toplam ithalat değişim oranı (%).....	46
5.1.5. İhracatın ithalatı karşılama oranı (%).....	47
5.1.6. Ortalama aylık Cumhuriyet altını satış fiyatı (YTL/Adet).....	47
5.1.7. Aylık tüketici fiyat endeksi değişim oranları (%) (1987=100).....	47
5.1.8. Aylık tüketici fiyat endeksi (1987=100).....	49
5.1.9. Dolar aylık ortalama satış fiyatı (YTL).....	49
5.1.10. Euro aylık ortalama satış fiyatı (YTL).....	51
5.2. Verilerin Analizi.....	51
5.2.1. Aylık toplam ihracat verisinin analizi.....	52
5.2.2. Toplam ihracat değişim oranı verisinin analizi.....	66
5.2.3. Aylık toplam ithalat verisinin analizi.....	72
5.2.4. Toplam ithalat değişim oranı verisinin analizi.....	82
5.2.5. İhracatın ithalatı karşılama oranı verisinin analizi.....	88
5.2.6. Cumhuriyet altını satış fiyatı verisinin analizi.....	94
5.2.7. TÜFE değişim oranları verisinin analizi.....	104
5.2.8. TÜFE verisinin analizi.....	111
5.2.9. Dolar ortalama satış fiyatı verisinin analizi.....	117
5.2.10. Euro satış fiyatı verisi analizi.....	123
6. SONUÇLAR.....	130
KAYNAKLAR.....	134
ÖZGEÇMİŞ.....	138

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1. Toplam ihracat verisi SARIMA(1,1,1)(1,0,0) ₁₂ model analizi.....	56
Çizelge 5.2. Toplam ihracat verisi için SARIMA(1,1,1)(1,0,0) ₁₂ modeli performans değerleri.....	57
Çizelge 5.3. Orijinal ihracat verisi için iteratif YSA performans değerleri.....	59
Çizelge 5.4. Dönüştürülmüş toplam ihracat verisi için iteratif YSA performans değerleri.....	60
Çizelge 5.5. Orijinal toplam ihracat verisi için direkt YSA performans değerleri.....	62
Çizelge 5.6. Dönüştürülmüş ihracat verisi için direkt YSA performans değerleri.....	63
Çizelge 5.7. Toplam ihracat verisi için 3, 7 ve 12 dönemlik kestirimler açısından tüm metotların performans karşılaştırması.....	65
Çizelge 5.8. Toplam ihracat verisi için tüm metotlar ile 2005 yılı kestirimleri.....	66
Çizelge 5.9. Toplam ihracat değişim oranı verisi için SARIMA(0,0,1)(1,0,0) ₁₂ model analizi.....	67
Çizelge 5.10. Toplam ihracat değişim oranı verisi için SARIMA(0,0,1)(1,0,0) ₁₂ modeli performans değerleri.....	67
Çizelge 5.11. Toplam ihracat değişim oranı verisi için iteratif YSA performans değerleri.....	68
Çizelge 5.12. Toplam ihracat değişim oranı verisi için direkt YSA performans değerleri.....	70
Çizelge 5.13. Toplam ihracat değişim oranı verisi, 2004 yılı 3, 7, ve 12 dönemlik kestirimler için performans karşılaştırması.....	71
Çizelge 5.14. Toplam ihracat değişim oranları verisi için tüm metotlar ile elde edilen 2005 yılı kestirimleri.....	72
Çizelge 5.15. Toplam ithalat verisi için SARIMA(1,1,0)(1,1,0) ₁₂ model analizi.....	73
Çizelge 5.16. Toplam ithalat verisi için SARIMA(0,0,1)(1,0,0) ₁₂ modeli MAPE, MAE ve RMSE değerleri.....	73

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.17. Orijinal toplam ithalat verisi için iteratif YSA performans değerleri.....	74
Çizelge 5.18. Dönüştürülmüş toplam ithalat verisine ait iteratif YSA için performans değerleri.....	76
Çizelge 5.19. Orijinal toplam ithalat verisi için direkt YSA performans değerleri....	78
Çizelge 5.20. Dönüştürülmüş toplam ithalat verisi için direkt kestirim amaçlı YSA performans değerleri.....	80
Çizelge 5.21. Toplam ithalat verisi için tüm metotların, 2004 yılı için 3, 7 ve 12 dönemlik kestirimler açısından performans karşılaştırması.....	81
Çizelge 5.22. Toplam ithalat verisine ait tüm metotlar için 2005 yılı kestirimleri.....	82
Çizelge 5.23. Toplam ithalat değişim oranı verisi için SARIMA(1,0,0)(0,0,2) ₁₂ model analizi.....	83
Çizelge 5.24. Toplam ithalat değişim oranı verisi için SARIMA(1,0,0)(0,0,2) ₁₂ modeli performans değerleri.....	84
Çizelge 5.25. Toplam ithalat değişim oranı verisine ait iteratif YSA için performans değerleri.....	85
Çizelge 5.26. Toplam ithalat değişim oranı verisine ait direkt kestirim yaklaşımlı YSA için performans değerleri.....	86
Çizelge 5.27. Toplam ithalat değişim oranı verisi, 2004 yılı 3, 7, ve 12 dönemlik kestirimler için performans karşılaştırması.....	87
Çizelge 5.28. Toplam ithalat değişim oranları verisi için tüm metotlar ile elde edilen 2005 yılı kestirimleri.....	88
Çizelge 5.29. Karşılama oranı verisi için SARIMA(2,0,0)(1,0,0) ₁₂ model analizi.....	89
Çizelge 5.30. İhracatın ithalatı karşılama oranı verisi SARIMA(2,0,0)(1,0,0) ₁₂ modeli performans değerleri.....	89
Çizelge 5.31. İhracatın ithalatı karşılama oranı verisi için iteratif YSA performans değerleri.....	90
Çizelge 5.32. İhracatın ithalatı karşılama oranı verisine ait direkt YSA için performans değerleri.....	92

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.33. İhracatın ithalatı karşılama oranı verisi, 2004 yılı 3, 7, ve 12 dönemlik kestirimler için performans karşılaştırması.....	93
Çizelge 5.34. İhracatın ithalatı karşılama oranı verisi için tüm metotlar ile elde edilen 2005 yılı kestirimleri.....	94
Çizelge 5.35. Cumhuriyet altını satış fiyatı verisi için SARIMA(0,1,1)(0,1,1) ₁₂ model analizi.....	95
Çizelge 5.36. Cumhuriyet altını satış fiyatı verisi için SARIMA(0,1,1)(0,1,1) ₁₂ modeli performans değerleri.....	95
Çizelge 5.37. Cumhuriyet altını satış fiyatı verisi için iteratif YSA performans değerleri.....	96
Çizelge 5.38. Dönüştürülmüş Cumhuriyet altını satış fiyatı verisi için iteratif YSA performans değerleri.....	98
Çizelge 5.39. Cumhuriyet altını satış fiyatı verisine ait direkt YSA performans değerleri.....	100
Çizelge 5.40. Dönüştürülmüş Cumhuriyet altını satış fiyatı verisi için direkt YSA performans değerleri.....	102
Çizelge 5.41. Cumhuriyet altını satış fiyatı verisi, 2004 yılı 3, 7 ve 12 dönemlik kestirimler için performans karşılaştırması.....	103
Çizelge 5.42. Cumhuriyet altını satış fiyatı verisi için tüm metotlar ile elde edilen 2005 yılı kestirimleri.....	104
Çizelge 5.43. TÜFE değişim oranları verisi için SARIMA(1,0,0)(2,0,0) ₁₂ model analizi.....	105
Çizelge 5.44. TÜFE değişim oranları verisi için SARIMA(1,0,0)(2,0,0) ₁₂ modeli performans değerleri.....	106
Çizelge 5.45. TÜFE değişim oranları verisine ait iteratif YSA için performans değerleri.....	107
Çizelge 5.46. TÜFE değişim oranları verisine ait direkt YSA için performans değerleri.....	109
Çizelge 5.47. TÜFE değişim oranları verisi, 2004 yılı 3, 7, ve 12 dönemlik kestirimler için performans karşılaştırması.....	110

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.48. TÜFE değişim oranları verisi için tüm yöntemler ile elde edilen 2005 yılı kestirimleri.....	111
Çizelge 5.49. TÜFE verisi için SARIMA(1,1,0)(2,0,0) ₁₂ model analizi.....	112
Çizelge 5.50. TÜFE verisi SARIMA(1,1,0)(2,0,0) ₁₂ modeli performans değerleri.....	113
Çizelge 5.51. TÜFE verisine ait iteratif YSA için performans değerleri.....	114
Çizelge 5.52. TÜFE verisi için direkt YSA performans değerleri.....	115
Çizelge 5.53. TÜFE verisi için 2004 yılı 3, 7 ve 12 dönemlik kestirimler için performans karşılaştırması.....	116
Çizelge 5.54. TÜFE verisine ait tüm metotlar için 2005 yılı kestirimleri.....	117
Çizelge 5.55. Dolar satış fiyatı verisi için ARIMA(1,1,0) model analizi.....	118
Çizelge 5.56. Dolar satış fiyatı verisi ARIMA(1,1,0) modeli performans değerleri.....	118
Çizelge 5.57. Dolar satış fiyatı verisine ait iteratif YSA performans değerleri.....	119
Çizelge 5.58. Dolar satış fiyatı verisine ait direkt YSA performans değerleri.....	121
Çizelge 5.59. Dolar satış fiyatı verisi için 2004 yılı 3, 7, ve 12 dönemlik kestirimler için metotların performans karşılaştırması.....	122
Çizelge 5.60. Dolar satış fiyatı verisi için tüm metotlar ile elde edilen 2005 yılı kestirimleri.....	123
Çizelge 5.61. Euro satış fiyatı verisi için ARIMA(1,1,0) model analizi.....	124
Çizelge 5.62. Euro satış fiyatı verisi ARIMA(1,1,0) modeli performans değerleri.....	124
Çizelge 5.63. Euro satış fiyatı verisine ait iteratif YSA için performans değerleri.....	125
Çizelge 5.64. Euro satış fiyatı verisi için direkt YSA performans değerleri.....	126
Çizelge 5.65. Euro satış fiyatı verisi, 2004 yılı 3, 7 ve 12 dönemlik kestirimler için performans karşılaştırması.....	128

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.66. Euro satış fiyatı verisi için tüm metotlar ile 2005 yılı kestirimleri.....	128
Çizelge 5.67. Tüm diziler için kestirim dönemlerine göre metotların karşılaştırması.....	129

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Box-Jenkins metodunun fonksiyonel şekli.....	11
Şekil 3.1. Biyolojik bir sinir hücresi.....	17
Şekil 3.2. Yapay bir sinir hücresi.....	18
Şekil 3.3. Aktivasyon fonksiyonları a) Sigmoid tipi aktivasyon fonksiyonu b) Hiperbolik tanjant tipi aktivasyon fonksiyonu c) Sert geçişli aktivasyon fonksiyonu.....	20
Şekil 3.4. Bir yapay sinir ağı örneği.....	21
Şekil 3.5. İleri beslemeli ağ mimarisi.....	22
Şekil 3.6. Geri beslemeli ağ mimarisi.....	22
Şekil 3.7. Çok katmanlı ağ yapısı.....	29
Şekil 4.1. Kayan pencere yaklaşımıyla zaman dizileri kestirimi yapılmasının standart yöntemi.....	35
Şekil 4.2. Çok boyutlu hata uzayı.....	40
Şekil 5.1. Aylık toplam ihracat (1989-2004).....	45
Şekil 5.2. Aylık toplam ihracat değişim oranları (%) (1989-2004).....	45
Şekil 5.3. Aylık toplam ithalat (Milyon Dolar) (1989-2004).....	46
Şekil 5.4. Aylık toplam ithalat değişim oranı (%) (1989-2004).....	47
Şekil 5.5. İhracatın ithalatı karşılama oranı (%) (1989-2004).....	48
Şekil 5.6. Ortalama aylık Cumhuriyet altını satış fiyatları (YTL/Adet) (1987-2004).....	48
Şekil 5.7. Tüketici fiyat endeksi (1987=100) değişim oranları (%) (1987-2004).....	49
Şekil 5.8. Tüketici fiyat endeksi (1987=100) (1987-2004).....	50
Şekil 5.9. Dolar aylık ortalama satış fiyatı (YTL) (1987-2004).....	50
Şekil 5.10. Euro aylık ortalama satış fiyatı (YTL) (1999-2004).....	51

Şekil	Sayfa
Şekil 5.11. Orijinal toplam ihracat dizisi için ACF grafiği.....	53
Şekil 5.12. Orijinal toplam ihracat dizisi PACF grafiği.....	54
Şekil 5.13. Mevsimsel olmayan fark sonrası toplam ihracat dizisi grafiği.....	54
Şekil 5.14. Mevsimsel olmayan farkı alınmış toplam ihracat dizisi ACF grafiği.....	55
Şekil 5.15. Mevsimsel olmayan fark sonrası toplam ihracat dizisi PACF grafiği.....	55
Şekil 5.16. Toplam ihracat dizisi için artıkların grafiği.....	57
Şekil 5.17. Orijinal ihracat verisi için iteratif YSA mimarisi.....	58
Şekil 5.18. Toplam ihracat verisi için 2004 yılı gerçek değerleri ve iteratif YSA kestirim değerleri grafiği.....	59
Şekil 5.19. Dönüştürülmüş ihracat dizisi için iteratif YSA mimarisi.....	60
Şekil 5.20. Dönüştürülmüş toplam ihracat dizisi ile eğitilen iteratif YSA için 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	61
Şekil 5.21. Orijinal toplam ihracat dizisi için direkt YSA mimarisi.....	62
Şekil 5.22. Orijinal toplam ihracat dizisi için direkt YSA ile sağlanan 2004 yılı kestirim değerleri ile gerçek değerler grafiği.....	63
Şekil 5.23. Dönüştürülmüş toplam ihracat verisi için direkt YSA mimarisi.....	64
Şekil 5.24. Dönüştürülmüş toplam ihracat dizisi için 2004 yılına ait direkt YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	64
Şekil 5.25. Toplam ihracat değişim oranı dizisi için iteratif YSA mimarisi.....	68
Şekil 5.26. Toplam ihracat değişim oranı dizisi için 2004 yılına ait iteratif YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	69
Şekil 5.27. Toplam ihracat değişim oranı dizisi için direkt YSA mimarisi.....	70
Şekil 5.28. Direkt YSA ile elde edilen 2004 yılına ait toplam ihracat değişim oranı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	71
Şekil 5.29. Orijinal toplam ithalat dizisi için iteratif YSA mimarisi.....	74

Şekil	Sayfa
Şekil 5.30. Orijinal toplam ithalat dizisine ait 2004 yılı için elde edilen iteratif YSA kestirim değerleri ve gerçek değerlerin grafiği.....	75
Şekil 5.31. Dönüştürülmüş toplam ithalat dizisi için iteratif YSA mimarisi.....	76
Şekil 5.32. Dönüştürülmüş toplam ithalat dizisi için 2004 yılı iteratif YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	77
Şekil 5.33. Orijinal toplam ithalat dizisi için direkt YSA mimarisi.....	78
Şekil 5.34. Orijinal toplam ithalat dizisi için 2004 yılı direkt YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	79
Şekil 5.35. Dönüştürülmüş toplam ithalat dizisi için direkt YSA mimarisi.....	80
Şekil 5.36. Dönüştürülmüş toplam ithalat dizisi için 2004 yılı direkt YSA kestirim değerleri ve gerçek değerlerin grafiği.....	81
Şekil 5.37. Toplam ithalat değişim oranı dizisi için iteratif YSA mimarisi.....	84
Şekil 5.38. Toplam ithalat değişim oranı dizisi için 2004 yılı iteratif YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	85
Şekil 5.39. Toplam ithalat değişim oranı dizisi için direkt YSA mimarisi.....	86
Şekil 5.40. Toplam ithalat değişim oranı dizisi için 2004 yılı direkt YSA için kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	87
Şekil 5.41. İhracatın ithalatı karşılama oranı dizisi için iteratif YSA mimarisi.....	90
Şekil 5.42. İhracatın ithalatı karşılama oranı dizisi için 2004 yılına ait iteratif YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	91
Şekil 5.43. İhracatın ithalatı karşılama oranı dizisi için direkt YSA mimarisi.....	92
Şekil 5.44. İhracatın ithalatı karşılama oranı dizisine ait 2004 yılı için direkt YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	93
Şekil 5.45. Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisi için iteratif YSA mimarisi.....	96
Şekil 5.46. Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisi için iteratif YSA ile 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	97
Şekil 5.47. Dönüştürülmüş Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisi için iteratif YSA mimarisi.....	98

Şekil	Sayfa
Şekil 5.48. Dönüştürülmüş Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisiyle 2004 yılı için iteratif YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	99
Şekil 5.49. Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisi için direkt YSA mimarisi.....	100
Şekil 5.50. Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisine ait direkt YSA için 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	101
Şekil 5.51. Dönüştürülmüş Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisi için direkt YSA mimarisi.....	102
Şekil 5.52. Dönüştürülmüş Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisine ait direkt YSA için 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	103
Şekil 5.53. TÜFE değişim oranları dizisi için iteratif YSA mimarisi.....	106
Şekil 5.54. TÜFE değişim oranları dizisine ait iteratif YSA için 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	108
Şekil 5.55. TÜFE değişim oranları dizisi için direkt YSA mimarisi.....	109
Şekil 5.56. TÜFE değişim oranları dizisi için direkt YSA ile 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	110
Şekil 5.57. TÜFE dizisi için iteratif YSA mimarisi.....	113
Şekil 5.58. TÜFE dizisine ait 2004 yılı için iteratif YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	114
Şekil 5.59. TÜFE dizisi için direkt YSA mimarisi.....	115
Şekil 5.60. TÜFE dizisi için 2004 yılı direkt YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	116
Şekil 5.61. Dolar satış fiyatı dizisi için iteratif YSA mimarisi.....	119
Şekil 5.62. Dolar satış fiyatı dizisine ait iteratif YSA için 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	120
Şekil 5.63. Dolar satış fiyatı dizisi için direkt YSA mimarisi.....	121
Şekil 5.64. Dolar satış fiyatı dizisi için 2004 yılına ait direkt YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	122

Şekil	Sayfa
Şekil 5.65. Euro satış fiyatı dizisi için iteratif YSA mimarisi.....	125
Şekil 5.66. Euro satış fiyatı dizisi için 2004 yılına ait iteratif YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	126
Şekil 5.67. Euro satış fiyatı dizisi için direkt YSA mimarisi.....	127
Şekil 5.68. Euro satış fiyatı dizisine ait 2004 yılı için direkt YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği.....	127

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

B

Geriye doğru öteleme operatörü

d

Alınan fark sayısı

L

Artıklar için otokorelasyon sayısı

Q

Q istatistiği

Kısaltmalar

Açıklama

ACF

Otokorelasyon Fonksiyonu

AR

Otoregresif

ARIMA

Otoregresif Tamamlanmış Hareketli Ortalamalar

ARMA

Otoregresif Hareketli Ortalamalar

EVDS

Elektronik Veri Dağıtım Sistemi

MA

Hareketli Ortalamalar

MAE

Ortalama Mutlak Hata

MAPE

Ortalama Mutlak Hata Yüzde

PACF

Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu

RMSE

Karekök Ortalama Hata Kare

TCMB

Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası

Trainbr

Bayesian Düzenlileştirme Geri Yayılım Algoritması

Trainlm

Levenberg-Marquardt Geri Yayılım Algoritması

TÜİK

Türkiye İstatistik Kurumu

YSA

Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Zaman dizileri analizi, istatistik teknikler içinde çok önemli yeri olan kestirim teknikleri arasında geniş yer almaktadır. Geçmiş dönemlerin çeşitli yöntemlerle incelenmesiyle elde edilen bilgilerin, geleceğin tahmininde yani kestirimde kullanılmasına dayanan bu teknikler, özellikle kısa, orta ve uzun dönem kestirimlerine ihtiyaç duyulan her alanda kullanılmaktadır. Bilinmeyen geleceğin bilimsel yöntemlerle kestirilmesi ve gelecek için önceden hazırlıkların yapılması her alanda olduğu gibi özellikle ekonomide ve finans sektöründe büyük önem taşımaktadır.

Tahmin teknikleri Kantitatif-Nicel ve Kalitatif-Nitel teknikler olmak üzere iki ana grupta toplanmaktadır. Kantitatif tekniklerde kendi içinde “Zaman dizileri analizi “ ve “İlişkiye dayanan-Nedensel tahmin teknikleri (Regresyon analizi)” olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

İlişkiye dayanan tahmin teknikleri tahmin edilecek değişkeni etkileyen değişkenlerin belirlenerek, tahminin bu değişkenler yardımıyla yapılmasına dayanmaktadır. İstatistik literatüründe Regresyon analizi adı altında geçen bu teknikte, tahmin edilecek değişkenle onu etkileyen değişkenler arasındaki ilişki matematiksel bir fonksiyonla ifade edilmektedir (1).

Tahmin teknikleri arasında sıklıkla kullanılan kalitatif tahmin teknikleri de söz konusudur. Özellikle değişkene ait geçmiş dönem verisi çok az sayıda ise veya hiç yoksa uzman görüş ve deneyimlerine dolayısıyla subjektivitesine de dayanabilecek tahminler yapılmaktadır. Uygulamada tahminler için hem kantitatif hem de kalitatif tekniklerin birlikte kullanıldığı gözlenmektedir. Kantitatif tekniklerle elde edilen tahmini değerler tarafsız ve deneyimli uzmanların görüşleri ışığında bazı değişikliklere uğratarak kullanılmaktadır (1).

Zaman dizileri, değişkenlerin gün, hafta, ay, mevsim veya yıl gibi herhangi bir zaman birimine göre dağılımını gösteren dizilerdir (2). Zaman dizileri Box-Jenkins

(1970) ile önem kazanmıştır. Temel prensipleri Yule tarafından 1920’lerde ortaya atılmıştır. Gelişen bilgisayar olanakları, bu yöntemin yayılmasını kolaylaştırmıştır. Ana prensip her dizinin geçmiş değerleri ile izah edilebileceği fikrine dayanır (1).

Son yıllarda geleceği anlamak ve kestirmek için pek çok araştırma yapılmış, bu araştırmalar pek çok kestirim metotları sağlamıştır. Bu metotlar genellikle istatistiksel tekniklere bağlıdır. Son zamanlarda geleneksel istatistiksel metotlara alternatif olarak ortaya konan yeni bir metot ise Yapay Sinir Ağları (YSA) metodudur.

Geleneksel istatistiksel zaman dizileri metotları, performansı iyi olmasına rağmen yapısında pek çok sınırlamalara sahiptir. Uzmanlık olmadan bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkinin fonksiyonel yapısı belirtilmemiş olabilir ve gerekli veri dönüşümlerinin yapılmasında başarısızlık olabilir. Çok çeşitli istatistiksel zaman dizisi modelleri tahmin edildiği zaman, insan etkileşimi ve değerlendirmeleri gerektirir. YSA ise bu tür problemlerin üstesinden gelebilir. Ayrıca zaman dizisi modellerinden Box-Jenkins yaklaşımı doğrusal yapıya sahip olup, doğrusal olmayan davranışları modellemede zorlanabilir. Bu sınırlamaların, YSA’da daha az söz konusu olacağı, YSA’nın bu açıdan daha başarılı olacağı tartışılmıştır (3). Buna göre, zaman dizileri kestiriminde YSA kullanımı, araştırmacıların daha da ilgisini çekmiştir. Problemlerin giriş verisinin en uygun dönüşümlerle her türlü süreçte kolayca modellenmesi tartışılmış ve YSA ‘nın yaygın bir şekilde kullanımına olanak sağlamıştır (4).

YSA ve geleneksel zaman dizileri metotlarının karşılaştırıldığı çalışmalardan en iyi bilineni “M-competition” verisinin kullanıldığı çalışmadır. Sharda ve Patil, M-competition verilerini kullandıkları çalışmalarında, YSA modellerinin kestirim performansını Box-Jenkins kadar iyi bulmuşlardır (5). Foster vd. “M-competition” verisini kullandıkları çalışmalarında YSA’nın, Holts, Brown’s ve EKK istatistiksel modellerine göre yıllık veriler için daha kötü sonuç verdiğini bulmuşlardır. Kang, 50 “M-competition” dizisi üzerinde YSA ve Box-Jenkins metodunun karşılaştırmasını yapmış ve YSA’nın daha iyi performans gösterdiğini savunmuştur (3).

Hill vd, 111 M-competition zaman dizisinin sistematik bir örneğinden yıllık, üç aylık ve aylık verileri karşılaştırdığı çalışmalarında YSA'nın, yıllık zaman dizileri kestirimini klasik istatistiksel modeller kadar iyi yaptığını ve aylık ve üç aylık veriler için istatistiksel modellerden daha iyi performans gösterdiğini söylemiştir (4).

Finansal ekonomi problemlerinde YSA ve geleneksel metotların kullanıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Kohzadi vd. ürün fiyatlarının kestirimi için sinir ağları ile zaman dizileri modellerinin karşılaştırmasını yaptıkları çalışmalarında, YSA kestirimlerinin, ARIMA modeli kestirimlerine göre daha düşük ortalama hata kare, ortalama mutlak hata ve ortalama mutlak yüzde hatalara sahip olduğunu bulmuşlardır (6). Tang ve Fishwick, havayolu yolcu sayısı ve yerli ve yabancı araba satışı verilerini kullandıkları çalışmalarında, YSA ile Box-Jenkins metodunu karşılaştırmışlardır. Uzun dönem kestirimlerinde YSA 'nın daha iyi olduğu sonucuna varmışlardır (7). Ayrıca enflasyon öngörüsü üzerine yapılan başka bir çalışmada durağan ve durağan olmamanın etkileri araştırılmış, durağan olmayan zaman dizilerinde öngörü göreceli olarak daha başarılı sonuçlar vermiştir ve farklı yaklaşımlardan elde edilen öngörülerin birleştirilmesinin daha iyi sonuçlar verebileceğine işaret edilmiştir (8).

Yıldız, finansal başarısızlığın öngörülmesinde yapay sinir ağının kullanımına ilişkin, halka ait şirketlerde, ampirik bir uygulamaya yer verdiği çalışmasında, finansal başarısızlık modellerinin geliştirilmesinde, yaygın ve başarılı bir şekilde kullanılan ayırma analizine alternatif olarak yapay sinir ağı metodunu kullanmıştır. YSA, finansal başarısızlığı öngörmede ayırma analizinden daha iyi bir performans sergilemiştir (9).

Jhee vd., çalışmalarında otoregresif hareketli ortalamalar ile modellenen zaman dizilerinde, Box Jenkins metodunun model belirleme aşaması için YSA yaklaşımını anlatmışlardır. Bu evreler, otokorelasyon fonksiyonu (ACF) ve kısmi otokorelasyon fonksiyonu (PACF)'nin yorumuna bağlıdır. Ayrıca bu yorum, Box-Jenkins metodunun başarıyla tamamlanması için gereklidir. Zaman dizisi için uygun modelin belirlenmesinde insan kararlarına gereksinim duyulmaktadır. YSA metodu, uygun

modelin belirlenmesinde ACF ve PACF yapılarından, yeterli ve yararlı bilgiler elde etmekte başarıyla kullanılmıştır (10).

Ayrıca Sharda ve Patil, M-competition verisinden 88 mevsimsel zaman dizisini kullandıkları çalışmalarında sinir ağlarının mevsimselliği modelleyebileceğini, etkilenmeyeceğini savunmuşlardır (5). Alon vd., çalışmalarında YSA'nın mevsimsellik ve trend yapılarını yakalayabileceğini belirterek aynı sonucu desteklemişlerdir (11). Buna karşın, Nelson vd., ise YSA ile mevsim ve trend etkisinin kaldırıldığı dizilerde daha iyi kestirimler elde edilebileceğini savunmuşlardır (12).

Bu çalışmada, YSA'nın bazı iktisadi ve finansal zaman dizileri kestirimindeki performansı, Box-Jenkins metoduna göre karşılaştırmalı olarak verilmiştir. İteratif ve direkt çoklu dönem kestirimi olmak üzere, YSA ile kestirimler elde edilmiş, dönüşümlerin YSA üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Ayrıca kestirim dönemi uzunluğuna göre sonuçların karşılaştırması yapılmıştır.

Bu tez, 6 bölümden oluşmaktadır. Giriş Bölümü'nden sonra, İkinci Bölüm'de Box-Jenkins modelleme süreci verilmiştir. Üçüncü Bölüm'de YSA ve eğitiminden bahsedilmiştir. Dördüncü Bölüm'de kestirim için YSA'nın kullanımı anlatılmaktadır. Beşinci Bölüm tezin uygulama bölümüdür. Çeşitli iktisadi ve finansal zaman dizileri için analiz sonuçları verilmiştir. Son olarak Altıncı Bölüm'de elde edilen analiz sonuçlarına değinilmiştir.

2. ZAMAN DİZİLERİNDE BOX-JENKINS METODU

Doğrusal durağan ve durağan olmayan zaman dizilerinde, modeller, Otoregressif (AR), Hareketli Ortalama (MA) ve Otoregressif tamamlanmış Hareketli Ortalama (ARIMA) modelleri olarak adlandırılır (13). Box ve Jenkins, 1970 yılında otoregresif modellerle hareketli ortalama modelinin birleşimi olan ARIMA yöntemini geliştirmişlerdir. Literatürde Box-Jenkins metodu adı altında geçen bu teknik; tanımlama, tahmin ve testlerden oluşan üç aşamalı bir yöntemdir. Otoregresif ve hareketli ortalama modellerinin bileşimi olduğu için bu modeller hakkındaki tüm bilgilerin bir arada kullanılmasına dayanmaktadır.

2.1. Modeller

Bu kısımda otoregresif modeller, hareketli ortalama modeli ve otoregresif hareketli ortalama modeli ile otoregresif tamamlanmış hareketli ortalama modellerinden kısaca bahsedilmektedir. Devam eden kısımlarda ise modelleme süreci ve kestirime yer verilmiştir.

2.1.1. Otoregresif (AR) modeller

Otoregresif model, bir zaman dizisinin önceki dönemleri cinsinden ifade edilmesiyle oluşur. Buna göre AR modeli kapsadığı dönemler cinsinden tanımlıdır. Eğer AR modeli 1 geçmiş dönem içeriyorsa 1.dereceden, p geçmiş dönem içeriyorsa p.dereceden AR modeli olarak adlandırılır. AR(p) modelinin genel ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \phi_3 Z_{t-3} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + A_t \quad [2.1]$$

veya B geriye doğru öteleme operatörü olmak üzere $BZ_t = Z_{t-1}$, $B^2Z_t = Z_{t-2}$,...

$$B^k Z_t = Z_{t-k} \quad \text{ve} \quad \phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p \quad \text{olmak üzere,} \quad \phi(B) Z_t = A_t$$

biçimindedir. Burada $Z_t, Z_{t-1}, \dots, Z_{t-p}$ değerleri, her gözlem değerinin μ 'den farkı alınarak (Burada $\tilde{Z}_t$ orijinal diziyi temsil etmek üzere $Z_t = \tilde{Z}_t - \mu$) elde edilmektedir. $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ modelin bilinmeyen fakat tahmin edilecek parametreleridir. p , modelin derecesi ve A_t ise ortalaması 0 ve varyansı σ^2 olan beyaz gürültü süreci olarak tanımlanır.

AR modelinin durağanlık koşulu, $\phi(B)=0$ polinomunun köklerinin birim çemberin dışında kalmasıyla sağlanır. AR modeli her zaman tersi alınabilirlik koşulunu sağlar. Tersin alınabilirlik koşulu ise MA modelinin AR modeli için aranan durağanlığa benzer bir özelliğidir (13, 14).

2.1.2. Hareketli ortalamalar (MA) modeli

Eğer Z_t , aynı dönemdeki hata terimi ve daha önceki dönemdeki hata terimleri cinsinden ifade edilebiliyorsa, tanımlanan model MA modelidir. Yani MA modeli içerdiği geçmiş dönem hata terimi sayısına göre ifade edilir. Buna göre model 1.dereceden hata terimi içeriyorsa MA(1) modeli, q sayıda hata terimi içeriyorsa MA(q) olarak adlandırılır.

$$Z_t = A_t - \theta_1 A_{t-1} - \theta_2 A_{t-2} - \dots - \theta_q A_{t-q} \quad [2.2]$$

B operatörü cinsinden model ; $Z_t = \Theta(B) A_t$ şeklinde yazılır. $\Theta(B)=1-\theta_1 B^1 - \dots - \theta_q B^q$ sürecin bu formu, q .inci düzeyden MA süreci, MA(q) olarak tanımlanır. Burada $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$, modelin tahmin edilecek parametreleridir. q ise MA modelinin derecesini göstermektedir. MA modelleri her zaman durağanlık koşulunu sağlarlar. Ancak, modelin tersi alınabilirlik koşulu, $\Theta(B)=0$ polinomunun köklerinin birim çemberin dışında kalmasıyla sağlanır.

2.1.3. Otoregresif hareketli ortalamalar (ARMA) modeli

Söz konusu model AR ve MA modellerinin bir karması olup, p.inci dereceden AR ve q.inci dereceden MA modellerinin karma modeli ARMA(p,q) şeklinde ifade edilir.

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + A_t - \theta_1 A_{t-1} - \theta_2 A_{t-2} - \dots - \theta_q A_{t-q} \quad [2.3]$$

veya $\phi(B) Z_t = \Theta(B) A_t$ olarak gösterilir. Burada; $\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$ ve $\Theta(B) = 1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q$ şeklindedir.

ARMA modellerinin de durağanlık ve tersi alınabilirlik koşulu $\phi(B) \neq 0$ $\Theta(B) \neq 0$ köklerinin birim çember dışında kalmasıyla sağlanır.

2.1.4. Otoregresif tamamlanmış hareketli ortalamalar (ARIMA) modeli

Uygulamada karşılaşılan zaman dizileri çoğunlukla durağan olmayan bir yapıya sahiptir. Bu dizilerin durağanlığı trend, mevsimsel ve konjonktürel dalgalanmalar ve rastgele gibi etkenler tarafından bozulması mümkündür. Söz konusu durağan dışılık ortalama ve varyansta olmak üzere iki farklı şekilde görülebilmektedir. Bir zaman dizisi ortalama ve varyansta durağan dışı olup varyansta durağan veya varyansta durağan dışı olup, ortalama ve varyansta durağan ya da her ikisinde de durağan dışı olabilir. Durağanlığın sağlanabilmesi için adı geçen etkenlerin önceden belirlenmesi ve yok edilmesi, kısaca durağan olmayan bir zaman dizisinin durağan hale dönüştürülmesi gerekmektedir. Box-Jenkins metodunda durağan dışılığın belirlenmesi, dizinin zamana göre grafiği, ACF ve PACF grafikleri incelenerek kabaca belirlenmeye çalışılmaktadır. Ancak, son yıllarda ortalama ve varyansta durağan dışılığın belirlenmesinde birim kök (unit-root) testleri de önemli bir yöntem olarak kullanılmaktadır (15). Bununla birlikte, uygulamada yapay sinir ağlarında yapılan çalışmalarda durağan dışılığın belirlenmesinde genel olarak Box-Jenkins yaklaşımı tercih edildiğinden (6, 7, 10, 16, 17, 18), bu çalışmada da aynı bakış açısı benimsenmiştir.

Varyansta durağan olmayan bir zaman dizisi için varyans düzgünleştirme terimi kullanılır. Fakat dizi ortalamada durağan değil ise dizinin uygun derecede farkları alınarak durağanlıkları sağlanabilir.

ARIMA modeli gerekli sayıda farkı alınmış olan dizilere uygulanan AR ve MA modellerinden oluşan modellerdir. Otoregresif parametresinin derecesi p , hareketli ortalama parametresinin derecesi q ve d ise alınan fark sayısı olmak üzere, bu modele (p,d,q) dereceden otoregresif tamamlanmış hareketli ortalama modeli adı verilir ve ARIMA (p,d,q) olarak ifade edilir. Genel ARIMA (p,d,q) modeli, fark alma operatörü $\nabla = Z_t - Z_{t-1}$ ve $W_t = \nabla^d Z_t$ olmak üzere

$$\phi(B) W_t = \theta(B) a_t \quad [2.4]$$

şeklinde yazılabilir. Burada, W_t farkı alınmış diziyi temsil etmektedir. ARIMA modellerinde durağanlık koşulları ARMA modellerinde olduğu gibidir.

Bu aşamadan sonra, mevsimsel ve mevsimsel olmayan fark dönüşümleri de dikkate alınarak, en genel tek değişkenli model dereceleri kısaca $(p,d,q)X(P,D,Q)$ şeklinde ifade edilir. Burada, (p,d,q) mevsimsel olmayan yapıyı, (P,D,Q) ise mevsimsel yapıyı göstermektedir. Buna göre mevsimsel modelin genel ifadesi;

$$\phi_p(B)\Phi_p(B^s)\nabla^d\nabla_s^D Z_t = \theta_q(B)\Theta_q(B^s)A_t \quad [2.5]$$

biçimindedir. Burada, $\Phi_p(B^s)$ ve $\Theta_q(B^s)$ sırasıyla P ve Q dereceden B 'nin mevsimsel polinomlarını gösterir. ∇_s^D , mevsimsel fark alma operatörü, ∇^d ise d 'inci dereceden mevsimsel olmayan fark alma operatörüdür. Bu modellerde durağanlık şartları daha önce incelenen modellerde olduğu gibidir. Buna göre en genel haliyle durağan olan-olmayan ve mevsimsel olan-olmayan doğrusal zaman dizileri sembolik olarak SARIMA(p, d, q)X(P, D, Q)s şeklinde yazılabilir (13, 14).

Bilindiği gibi ortalamada durağan dışılık, fark alma işlemleriyle durağanlaştırılmaya çalışılırken, varyansta durağan dışılığın ortadan kaldırılabilmesi için güç fonksiyonu adı verilen bir teknik kullanılır. Söz konusu varyans düzgünleştirme işlemi için güç fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\lim_{\lambda \rightarrow 0} T(Z_t) = \lim_{\lambda \rightarrow 0} \frac{Z_t^{(\lambda)} - 1}{\lambda} \quad [2.6]$$

Box-Cox dönüşümü olarak da adlandırılan bu dönüşümde λ , dönüşüm parametresidir.

Durağan olmayan bir zaman dizisini durağan hale getirmek için dikkatli olunmalıdır. Gereksiz ya da eksik yapılacak dönüşüm veya ihtiyaç olmadığı halde alınacak bir fark yanlış modelleme süreci oluşturabilir. Öncelikli olarak varyansta durağanlaştırma dönüşümleri uygulanır daha sonra ortalamada durağan dışılık ortadan kaldırılır (13, 14).

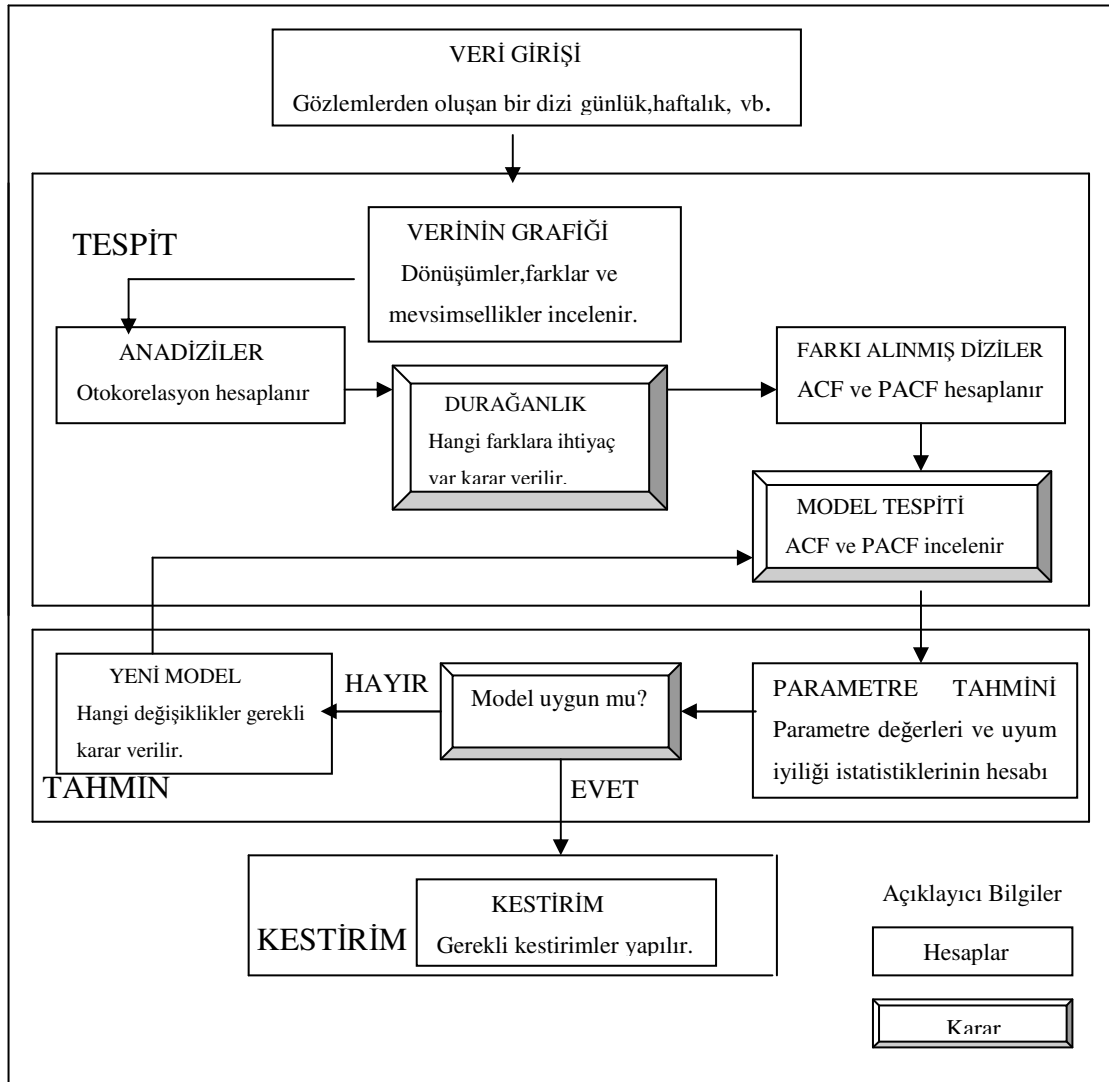
2.2. Model Belirleme ve Kestirim Süreci

Bu düşüncenin temeli, Box-Jenkins yaklaşımı, model tespitinde genellikle zaman dizilerinin ACF ve PACF yapılarının incelenmesiyle uygun (p,q) düzeyinin seçilmesi yaklaşımı olarak görülebilir. Şekil 2.1'den görülebileceği gibi özetle ARMA modelinin belirlenmesinde, ACF ve PACF 'nin davranışları aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

- ACF AR(p) modeli için üstel veya sinüsoidal olarak azalır, fakat MA(q) modeli için q gecikmeden sonra aniden kesilir.
- PACF, AR(p) modeli için p gecikmeden sonra aniden kesilirken, MA(q) modeli için üstel veya sinüsoidal olarak giderek azalır.
- ARMA(p,q) modeli için ACF ve PACF birlikte tamamen ortadan kalkar. (p-q) gecikmeden sonra azalırlar.

Buradan hareketle Box-Jenkins metodu, model belirleme aşaması için 3 adım kuralını uygular. Bunlar:

1. Durağanlığın incelenmesi ve durağan dizinin elde edilmesi: Bilindiği gibi Box-Jenkins yaklaşımıyla durağanlığın incelenmesi, dizinin grafiği, ACF ve PACF grafikleri çizilerek belirlenmeye çalışılır. Buna göre öncelikle durağan olmayan bir dizinin ACF grafiği, yavaş azalan ve alt ve üst sınırları genişleyerek artan bir yapıya sahiptir. PACF grafiği ise sınırlar bakımından benzer yapıya sahip olmakla beraber çoğunlukla ilk katsayının görüntüsü grafikte bire yakın bir yapıdadır. Yalnızca durağan diziler istatistiksel anlamlı ACF ve PACF'ye götürür. Durağan olmayan diziler bu yüzden uygun fark alma yöntemlerinin uygulanmasıyla durağan dizilere dönüştürülmek zorundadır.
2. ACF ve PACF 'nin grafiksel davranışlarının, hareketlerinin incelenmesi : ACF ya da PACF 'nin salınımlı olarak azalması AR ya da MA süreçlerini içerir. Eğer her ikisinde de (ACF ve PACF) salınımlı düşüş varsa bu, karma bir ARMA sürecini belirtir.
3. AR ve MA süreç düzeyinin belirlenmesi: Sıfırdan farklı anlamlı otokorelasyon ve/veya kısmi otokorelasyonların sayısı ile, AR düzeni için p , PACF yapısından ve MA düzeni için de q , ACF yapısından belirlenir. Gecikme değerleri için hesaplanan ACF ve PACF katsayıları, çizilen korelogramda $\pm Z_T \frac{1}{\sqrt{n}}$ aralıkları dışında kalıyorsa, ACF ve PACF katsayı değerinin anlamlı olduğu söylenebilir.



Şekil 2.1. Box-Jenkins metodunun fonksiyonel şekli (10)

Zaman dizilerinde modelleme aşamasında modelin kabaca derecesinin belirlenmesinden sonra sıra parametrelerinin tahmin edilmesine gelir. Parametre tahmini genel olarak üç farklı başlık halinde düşünülebilir; momentler yöntemi, en çok olabilirlik yöntemi ve bilinen en küçük kareler yöntemi. Burada kullanılan tahmin yöntemi en çok olabilirlik yöntemi olacaktır. Buna göre koşullu en çok olabilirlik yöntemi durağan ARMA (p,q) modeli göz önüne alındığında ortak olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(A/\phi, \mu, \theta, \sigma_a^2) = (2\pi\sigma_a^2)^{-n/2} e^{\left[\frac{-1}{2\sigma_a^2} \sum_{t=1}^n A_t^2 \right]} \quad [2.7]$$

Buradan en çok olabilirlik fonksiyonu;

$$\ln L = (\phi, \mu, \theta, \sigma_a^2) = -\frac{n}{2} \ln(2\pi\sigma_a^2) - \frac{S(\phi, \mu, \theta)}{2\sigma_a^2} \quad [2.8]$$

Burada $S(\phi, \mu, \theta)$, koşullu kareler toplamı fonksiyonu olarak adlandırılır ve aşağıdaki gibi tanımlanabilir ;

$$S(\phi, \mu, \theta) = \sum_{t=p+1}^n a_t^2(\phi, \mu, \theta / Z) \quad [2.9]$$

[2.8] deki yazılış, genellikle istatistiksel paket programlarında kullanılan ifadedir. Burada ϕ , μ ve θ 'nın parametre tahminlerini elde ettikten sonra, A_t 'nin tahmin edilen varyansı, $\hat{\sigma}_a^2$ bulunur.

$$\hat{\sigma}_a^2 = \frac{S(\hat{\phi}, \hat{\mu}, \hat{\theta})}{(s.d.)} \quad [2.10]$$

olur. Burada serbestlik derecesi $(s.d.) = n - (2p + q + 1)$ olarak yazılır.

Bu aşamada, elde edilen modelin uygun olup olmadığının incelenmesi yapılır. Modelin uygunluğunun incelenmesi ise modelin tamamında yapılan bir incelemedir. Bu incelemeler artıklara dayalı bir incelemedir. A_t sürecinin beyaz gürültü süreci olma varsayımı, normal dağılıp dağılmadığı, hatalara ilişkin otokorelasyonların sıfır olup olmadığına cevap aranır. Uygun bir modelin ACF ve PACF' lerinin grafiklerinin beyaz gürültü sürecinin ACF ve PACF 'lerinin yapısında görmek isteriz.

Modelin uygunluğunun incelenmesi üzerinde bir başka yaklaşım ise artıkların örnek ACF' leri için kullanılan test istatistiklerinin yapılmasıdır. Bunun için hipotez aşağıdaki gibi kurulur:

$$H_0 : \rho_1(A) = \rho_2(A) = \dots = \rho_k(A) = 0$$

H_1 : Bunların en az biri sıfır değildir.

Bu, aynı zamanda şuna karşılık gelir.

H_0 : Model uygundur.

H_1 : Model uygun değildir.

$\hat{\rho}_k(A)$ artıklara ilişkin k. gecikme için tahmin edilen otokorelasyon katsayısı olsun. Box-Pierce (1970) tarafından geliştirilen ve yaygın olarak kullanılan Q istatistiği, modelin uygunluğunun test edilmesinde kullanılmaktadır. Bu test istatistiği ;

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^L \frac{\hat{\rho}_k(A)}{n-k} \sim \chi^2_{(L-M)} \quad [2.11]$$

dır. Burada; n, birim sayısını, L artıklara ilişkin elde edilen otokorelasyon sayısını ve M modeldeki toplam parametre (M=p+q) sayısını göstermektedir. Hesaplanan Q değeri ki-kare tablo değerinden küçükse, bulunan modelin uygun model olduğuna karar verilir. Aksi durumda yani tablo değerinden büyük ise modelin uygun bir model olmadığına karar verilir.

Bir modelleme süreci içerisinde elde birden fazla uygun model varsa eğer amaç tek bir model seçimi yapılarak sistemin kontrolü ise bu durumda model seçim ölçütleri kullanılır. Bu ölçütlerden biri Akaike (1977) tarafından öne sürülen AIC (Akaike Information Criteria);

$$AIC(M) = -2 \ln(ML) + 2M = n \ln \hat{\sigma}_A^2 + 2M \quad [2.12]$$

biçimindedir. Uygun modeller içerisinde en iyi model AIC değeri sayısal anlamda en küçük değere sahip olan modeldir.

Eğer amaç geleceğe yönelik tahmin ya da kestirim değerlerini elde etmekse modelleme sürecinden sonra en önemli amaç dizinin gelecekle ilgili değerlerin tahmin edilmesi veya kestirimidir. Kestirim, modeli incelenen zaman dizisinin $t+l$ döneminde gerçekleşeceği Z_{t+l} değerinin tahmini olan $\hat{Z}_{t+l}$ 'yi $t+l$ döneminden önceki belirli sayıda dönemin tahmin değerlerine, gözlem değerlerine ve hata terimlerine bağlı olarak tahmin eden bir modeldir. Herhangi bir genel ARIMA modeli için kestirim yöntemlerinden biri en küçük ortalama hata kareler kestirimleri yöntemidir. Bu yöntemle göre kestirim değeri $\hat{Z}_n(l)$ olmak üzere;

$$\hat{Z}_n(l) = E(Z_{n+l} / Z_{n1}, Z_{n-1}, \dots, Z_1) \quad [2.13]$$

ile ifade edilir. Burada $\hat{Z}_n(l)$ l adım yani Z_{n+l} 'nin l adım kestirim değeri olarak adlandırılır (13, 14).

3. YAPAY SİNİR AĞLARINA (YSA) GİRİŞ VE EĞİTİMİ

3.1. YSA'ya Giriş

YSA, yapay zeka bilimi içerisinde çok büyük ilgi uyandıran bir araştırma alanıdır. İnsan beyninin çalışmasından esinlenerek geliştirilmiş, bilgisayarların öğrenmesine yönelik çalışmaları kapsamaktadır. Bu bölümde öncelikli olarak akıl ve zeka kavramlarından bahsedilerek yapay zeka bilimine genel bir giriş yapılmakta ve YSA ve eğitimi anlatılmaktadır.

3.1.1. Akıl ve zeka

Akıl kelimesi genellikle insanların zeka düzeyini ifade etmek amacıyla kullanılmakta ve sıkça zeka ile karıştırılmaktadır. Akıl düşünme, anlama, kavrama, idrak etme, karar verme, muhakeme ve bilgi elde etme gücü olarak tanımlanabilir. Akıl sevgi, korku gibi genetik güdülerin yanı sıra çevreden alınan etkileşimler ve toplumsal şartlar vasıtasıyla gelişme gösterir. Sabit değildir. Sürekli gelişen bir yetenektir. Makine, bilgisayar veya başka bir yolla taklit edilemez.

Zeka ise gerçekleri algılama, yargılama ve bu gerçeklerden sonuç çıkarma kabiliyeti olarak tanımlanabilir. Her insan doğuştan belli bir zekaya sahiptir ve zeka çalışarak, eğitilerek, öğretilerek, edinilen bilgi ve birikimlerle geliştirilebilir. Ani oluşan, ilk defa karşılaşılan bir olaya uyum sağlanabilir. Zeka çeşitli yazılımlarla taklit edilebildiği için “Yapay Zeka “ olarak adlandırılır (19).

3.1.2. Yapay zeka

Dünyada bilgisayarlar ve bilgisayar sistemleri yaşamın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Günümüzde bilgisayarlar, olaylar arasındaki ilişkileri öğrenebilmekte ve olaylar hakkında karar verebilmektedir. Bilgisayarların bu özellikleri kazanmasını ve yeteneklerinin geliştirilmesini sağlayan çalışmalar Yapay Zeka çalışmaları olarak bilinmektedir. Uzman sistemler (US), Bulanık Mantık (BM),

Genetik Algoritma (GA) ve YSA gibi yapay zeka alt dalları son yıllarda pek çok uygulama alanı bulmaktadır. Bu yapay zeka alt dalları kısaca özetlenmiştir (19).

US, uzmanların belli bir konudaki bilgi ve deneyimlerinin bilgisayara aktarılmasını amaçlayan sistemlerdir. BM ise bulanık küme teorisine dayanır. Sıcak-soğuk olarak değil de Sıcak-Ilık-Az Soğuk-Çok soğuk gibi ara değerlere göre çalışmaktadır. GA ise karmaşık optimizasyon problemlerinin çözülmesinde kullanılan bir teknolojidir. Evrimsel hesaplama tekniğinin bir parçasını oluşturur.

YSA ise kısaca beynin çalışma prensiplerinin bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesidir. Paralel bir yapıya sahiptir ve hiç ortaya çıkmamış olaylar için genelleştirmeler yaparak çözümler üretebilir.

3.1.3. YSA

YSA, insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip işlem elemanlarıdır (19). Bir başka deyişle insan beyninin işleyişini taklit eden sistemlerdir (20).

Haykin (1999), YSA' yı şöyle tanımlamaktadır (21):

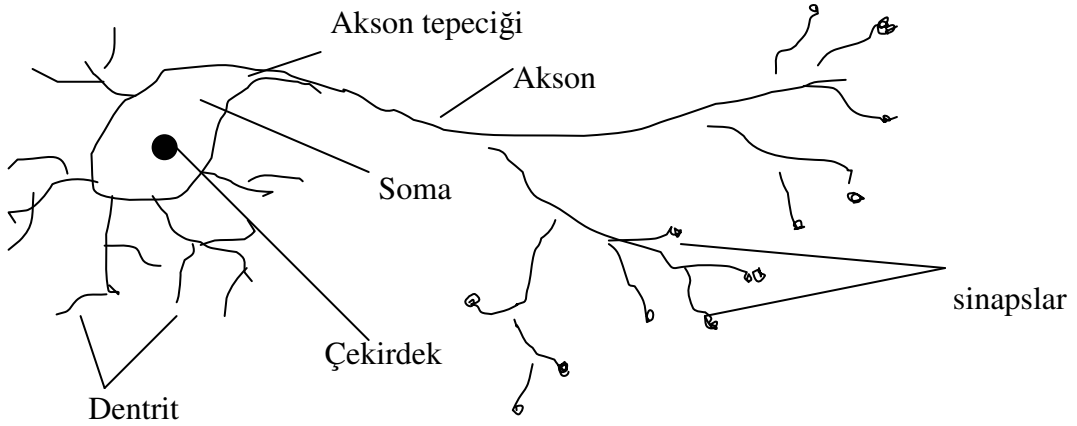
“Bir sinir ağı, bilgiyi depolamak için doğal eğilimi olan basit birimlerden oluşan paralel dağıtılmış bir işlemcidir“.

Literatürde YSA ya da sinir ağları olarak bahsedilen çalışmalar, başlangıçta insan beyni hesaplamalarını tanıma olarak geleneksel bilgisayarlardan tamamen farklı yollarla harekete geçirilmiştir (21).

3.1.4. Biyolojik nöron

İnsan beyninin en temel yapı taşı sinirlerdir. İnsan beyninde 10^{10} adet sinir hücresi ve bunlarında $6 \cdot 10^{13}$ ten fazla sayıda bağlantıya sahip olduğu dile getirilmektedir. İnsan

beyni çok hızlı çalışan mükemmel bir bilgisayar olarak düşünülebilir. Şekil 3.1’de biyolojik bir sinir hücresi (nöron) görülmektedir (22).



Şekil 3.1. Biyolojik bir sinir hücresi

Biyolojik bir nöron sinapslar, soma, akson ve dentritlerden meydana gelmektedir. Sinapslar nöronlar arasındaki bağlantılardır. Bunlar, bir hücreden diğerine elektrik sinyallerinin geçmesini sağlayan boşluklar olarak tanımlanabilir. Bu sinyaller somaya gelir ve işleme tabi tutulur. Nöron kendi elektrik sinyalini oluşturarak akson aracılığıyla dentrite gönderir ve dentritlerde sinapslara göndererek diğer hücrelere iletilir (22). Temel olarak biyolojik nöron diğer kaynaklardan girişleri alır, soma girişleri genelde doğrusal olmayan bir şekilde işleme tabi tutar, akson işlenmiş girişleri çıkışa aktarır ve sinaps da bu çıkışı diğer nöronlara gönderir (19).

3.1.5. Bir yapay sinirin ana öğeleri

YSA’ da işlem elemanları (düğümler) basit sinirler olarak adlandırılır. Yapay sinir hücrelerine mühendislik biliminde proses elemanları denilmektedir. Yapay bir sinir hücresinin yapısı Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Her sinirin 5 temel elemanı vardır. Bunlar: Girdiler, Ağırlıklar, Toplama fonksiyonu, Aktivasyon fonksiyonu (Etkinlik İşlevi) ve Hücrenin çıktısıdır (22).

Girdiler

Bir yapay sinir hücresine dış dünyadan gelen, ağın öğrenmesi istenen örnekleri tarafından belirlenen bilgilerdir. Bu bilgiler kendinden önceki sinirden veya dış dünyadan gelebilir.

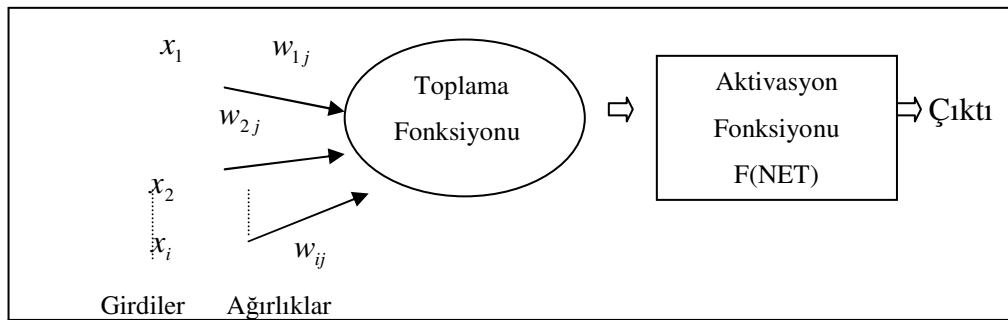
Ağırlıklar

Yapay sinir tarafından alınan girişlerin sinir üzerindeki önemini belirleyen katsayılarıdır ($w_1, w_2, \dots, w_n$). Girişlerin hücre içerisindeki etkisini belirler ve her bir girişin kendine ait bir ağırlığı vardır (19).

Toplama fonksiyonu

Bu fonksiyon ile hücreye gelen net girdi hesaplanır. Toplama fonksiyonu, sinirde her bir ağırlığın ait olduğu girişlerle çarpımının toplamalarını eşik değeri (θ_j) ile toplayarak aktivasyon fonksiyonuna gönderir.

$$NET = \sum_{i=1}^n w_{ij} x_i + \theta_j \quad [3.1]$$



Şekil 3.2.Yapay bir sinir hücresi

En yaygın olarak kullanılan toplama fonksiyonu ağırlıklı toplamı bulmaktır. Bundan başka net girdinin bulunmasını sağlayacak çeşitli toplama fonksiyonları vardır. Bunlardan bazıları (22):

$$\text{Çarpım: } \text{NET} = \prod_{i=1}^n w_{ij} x_i \quad [3.2]$$

$$\text{Maximum : } \text{NET} = \text{Max} (w_{ij} x_i) \quad [3.3]$$

$$\text{Minimum: } \text{NET} = \text{Min} (w_{ij} x_i) \quad [3.4]$$

$$\text{Çoğunluk : } \text{NET} = \text{Sgn} (w_{ij} x_i) \quad [3.5]$$

$$\text{Toplam: } \text{NET} = \sum_{i=1}^n w_{ij} x_i \quad [3.6]$$

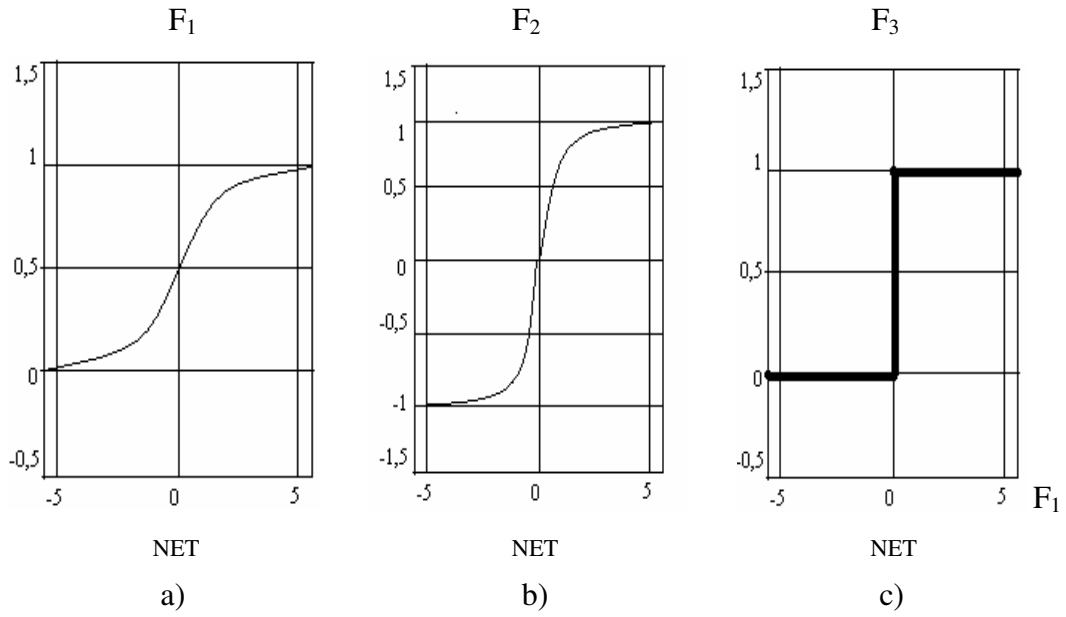
Her sinir hücresi bağımsız olarak bir toplama fonksiyonuna sahip olabileceği gibi hepsi aynı fonksiyona da sahip olabilir. Genellikle bu durum deneme yanılma yolu ile belirlenmektedir. Tamamen tasarımcının kendi öngörüsüne bağlıdır.

Aktivasyon fonksiyonu

Toplama fonksiyonu ile elde edilen net girdiden hücrenin üreteceği çıktıyı belirleyen fonksiyondur. İlgilenilen problemin türüne ve ağ yapısına bağlı olarak çeşitli aktivasyon fonksiyonları kullanılabilir. Genellikle kullanılan aktivasyon fonksiyonlarının bazıları Şekil 3.3’de gösterilmiştir (23).

Sigmoid tipi (lojistik) aktivasyon fonksiyonu;

$$F_1(\text{NET}) = \frac{1}{1 + e^{-\text{NET}}} \quad [3.7]$$



Şekil 3.3. Aktivasyon fonksiyonları

a) Sigmoid tipi aktivasyon fonksiyonu b) Hiperbolik tanjant tipi aktivasyon fonksiyonu c) Sert geçişli aktivasyon fonksiyonu

Hiperbolik tanjant tipi aktivasyon fonksiyonu;

$$F_2(NET) = \frac{e^{NET} - e^{-NET}}{e^{NET} + e^{-NET}} = \tanh(NET) \quad [3.8]$$

Sert geçişli tipte aktivasyon fonksiyonu;

$$F_3(NET) = \begin{cases} 0, & NET \leq 0 \\ 1 & NET > 0 \end{cases} \quad [3.9]$$

Bunlar dışında Sinüs fonksiyonu ;

$$F(NET) = \sin(NET) \quad [3.10]$$

Lineer (doğrusal) fonksiyon

$$F(NET) = NET \quad [3.11]$$

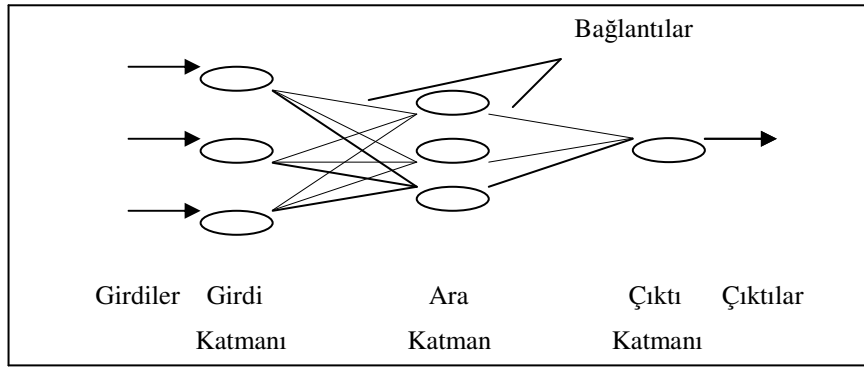
gibi aktivasyon fonksiyonları da vardır.

Hücrenin çıkışı

Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen hücre çıktısıdır. Dış dünyaya ya da başka bir sinire gönderilir. Bir sinir hücresinden çıkan tek bir çıktı değeri vardır.

3.1.6. YSA yapısı

Yapay sinir hücreleri bağlantılar aracılığıyla bir araya gelerek YSA' yı oluştururlar. Şekil 3.4' de bir YSA örneği verilmiştir.



Şekil 3.4. Bir yapay sinir ağı örneği

Genel olarak bir sinir ağını oluşturan katmanlar Girdi katmanı, Ara katmanlar ve Çıktı katmanıdır. Katmanlar ağıdaki nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmelerinden oluşur. Bu katmanlar kısaca şöyle özetlenebilir (22):

Girdi katmanı: Dış dünyadan bilgileri alarak ara katmanlara gönderir.

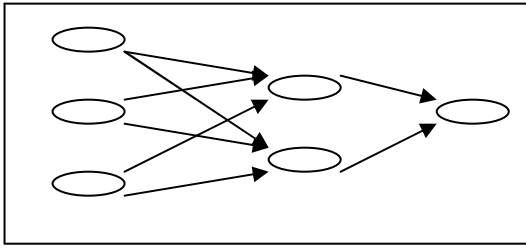
Ara katmanlar: Girdi katmanından gelen bilgilerin işlenerek çıktı katmanına gönderildiği katmanlardır. Bir ağıda birden fazla ara katman olabilir. Gizli katman olarak da nitelendirilir.

Çıktı katmanı: Ara katmanlardan gelen bilgileri işleyerek gereken çıktıyı dış dünyaya gönderir.

YSA katmanlar arasındaki bağlantı yapısına göre iki sınıfta incelenir (17).

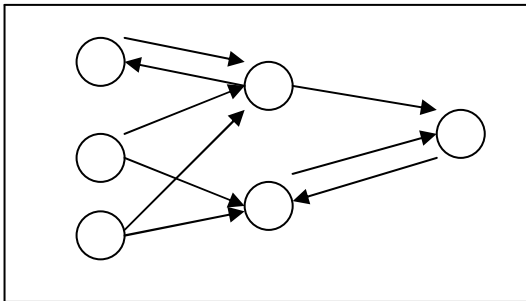
1. İleri beslemeli ağlar
2. Geri beslemeli ağlar

İleri beslemeli ağlar: Veriler girdi biriminden çıktı birimine doğru ilerler. Bağlantılarda geri besleme, kendinden önceki herhangi bir sinire dönüş yoktur. İleri beslemeli ağ mimarisi Şekil 3.5’de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. İleri beslemeli ağ mimarisi

Geri beslemeli ağlar: Bu ağ yapılarında verinin geriye doğru da iletimi söz konusudur. Ağ çıktısının aynı zamanda girdi olarak geri beslenmesinden ötürü nöronların birbirlerine etkileri söz konusudur. Genellikle optimizasyon problemlerinin çözümünde geri beslemeli ağlar kullanılır (24). Geri beslemeli ağ mimarisine bir örnek Şekil 3.6’da verilmiştir.



Şekil 3.6. Geri beslemeli ağ mimarisi

3.1.7. YSA'nın kısa tarihçesi

İlk YSA modeli 1943 yılında bir sinir hekimi Worren McCulloch ve matematikçi Walter Pitts tarafından geliştirilmiştir. 1948 yılında Wiener "Cybernetics" kitabıyla sinirlerin çalışmasına değinmiştir. 1949 yılında Hebb, öğrenme kuralını ortaya koymuştur. 1957 yılında Frank Rosentblatt'ın Perceptron'u geliştirmesiyle YSA alanındaki gelişmeler hız kazanmıştır. Perceptron tek katmanlı, eğitilebilen ve tek çıkışlı bir YSA modelidir. Daha sonra Kavrama düğümü ve 1959 yılında da ADALINE, MADALINE ağ modelleri geliştirilmiştir. Hala kullanımda olan MADALINE, telefon hattındaki yankıları ortadan kaldıran bir uyarlanabilir süzgeç olarak kullanılmaktadır. 1969 yılında da Minsky ve Papert Perceptron'un XOR problemlerini çözemediğini ispatlamışlar ve yetersiz olduğunu görmüşlerdir. 1980'li yıllar YSA çalışmaları için bir atılım dönemi olmuştur. Kohonen, Anderson, Hopfield gibi bilim adamlarının katılımıyla çalışmalar hız kazanmıştır. 1984'te Kohonen danışmansız öğrenme ağlarını geliştirmiş ve 1986'da Rumelhart ve McClelland karmaşık ve çok katmanlı ağlar için geri yayımlı öğrenme algoritmasını ortaya koymuşlardır. Bugün tüm dünyada sinir ağları ile ilgili birçok araştırma yapılmaktadır. Yeni ve daha verimli öğrenme algoritmaları geliştirilmeye çalışılmaktadır (19).

3.1.8. YSA'nın genel özellikleri

YSA'nın genel karakteristik özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (22):

- 1) YSA, bilgisayarların olayları öğrenerek, aynı durumlarla karşılaşıldığında karar vermesini sağlarlar.
- 2) Olaylarla ilgili bilgileri, örneklerden edinerek genelleme yapma yeteneğine sahip olurlar. Bu nedenle iyi genellemeler için ağı sunulan örneklerin önemi büyüktür.
- 3) YSA'da bilgi ağ bağlantılarındadır ve bağlantı değerine göre önemli olup olmadığı belirlenir. Yorumlanması zordur.
- 4) Ağ kendisine sunulan örneklerle genellemeler yaparak, daha önce görmediği örnekler içinde sonuçlar üretebilir.

- 5) Paralel yapıya sahiptirler. Bir çok nöron eşzamanlı olarak çalışır. YSA' nın önce örneklerle eğitimi ve arkasından testi söz konusudur. İstenen iyi bir performansa ulaşıncaya kadar ağ eğitimine devam edilir. Ancak, bu durumda ağın örneklerden ezberleme özelliğinden de kaçınmak gerekir.
- 6) Geleneksel yöntemler eksik bilgi ile çalışmazken, YSA eksik bilgi ile çalışabilir. Olayları öğrendikten sonra eksik veri ile belirsizlik altında da karar verebilirler. Bilginin önemli olup olmadığı ağın performansına bakılarak anlaşılabilir. Buda hataya karşı toleranslı olma özelliğindendir.
- 7) Sinir ağları tabiatında doğrusal olmayandır. Bir gizli katman ile her türlü sürekli fonksiyona etkin bir şekilde yaklaşım gösterebilir. Ağ bu özelliğe doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonu ile sahiptir (20).

Bu özelliklerinin yanında YSA'nın bazı dezavantajları da vardır. Bunlar (22):

- 1) YSA kabul edilebilir sonuçlar üretir. Optimum çözümü garanti etmez. Performansı düşük çözümler elde edilmesi durumu ortaya çıkabilir.
- 2) Ağ için nöron sayıları, katmanların sayısı, aktivasyon fonksiyonu, öğrenme katsayısı vb. belirlenmesinde genel bir kural olmaması dezavantaj sayılabilir. Kullanıcının tecrübesine bağlıdır. Deneme yanılma neticesinde karar söz konusudur.
- 3) Daha önce belirtildiği gibi ağın eğitiminde örnekler çok önemlidir. Ağın performansının düşmesi çoğu zaman örneklerin doğru sunulmamasından kaynaklanmaktadır. Kullanıcı eksikliği, uygun bir ağ yapısının sağlanamaması gibi nedenler çözülebilecek bir problemde, çözümsüzlüğe yol açabilir.
- 4) Eğitimin ne zaman bitirileceği konusunda kesin bir sınır yoktur. Hata istenen belli bir değere ulaşıncaya, eğitimin tamamlanması yeterli görüldüğü için optimum öğrenmenin gerçekleştiği söylenmez. Ayrıca eğitimin geç sonlandırılması ağın ezberleme durumunu ortaya çıkardığı için örnekleri ezberleyen ağ, yeni örneklerle karşılaştığında uygun olmayan sonuçlar üretebilir.
- 5) Ağın davranışları açıklanamaz. Ağ bir kara kutu gibidir.

Bu dezavantajlara rağmen YSA ile her probleme değişik şekillerde çözümler üretilebilmekte, başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir.

3.1.9. YSA'nın genel kullanım alanları

Günümüzde YSA ile ilgili çalışmalar çoğunlukla çok katmanlı ileri beslemeli ağlar ve Hopfield ağlar üzerinedir. YSA farklı alanlarda, çok çeşitli problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Bunlar (19):

- Denetim
- Sistem modelleme
- Ses tanıma, el yazısı tanıma, parmak izi tanıma
- Fizyolojik işaretleri izleme, tanıma ve yorumlama
- Meteorolojik yorumlama
- Otomatik araç denetimi
- Finans, borsa, kredi kartı uygulamaları
- Ulaştırma ve havacılık uygulamaları
- Tıp, ilaç ve biomedikal uygulamaları

olarak özetlenebilir. Başlıca uygulama alanları özetle tahmin, sınıflandırma ve modelleme başlıkları altında toplanabilir.

Sınıflandırma: Müşteri / Pazar profilleri, tıbbi teşhis, risk değerlendirmeleri, şekil tanıma, mikroplar, modeller vb.

Tahmin: İleriki satışlar, üretim ihtiyacı, pazar performansı, enerji ihtiyacı, hava tahminleri, at yarışları vb.

Modelleme: İşlem ve sistem kontrolü, dinamik sistemler, robot kontrolü vb.

3.2. YSA Eğitimi

3.2.1. Öğrenme stratejileri

YSA' nın en temel özelliği öğrenme yeteneğidir. Sinir ağlarında, sinirlerin ağırlıklarının belirlenmesi işlemine ağın eğitilmesi denir. Başlangıçta ağırlıklar rastgele olarak atanır. YSA kendisine örnekler gönderildikçe bu ağırlık değerlerini değiştirirler. Ağın doğru ağırlık değerlerine ulaşması örneklerin temsil ettiği olay hakkında genelleme yapabilme yeteneğine kavuşması demektir. Ağın genelleştirme özelliğine kavuşması işlemine ağın öğrenmesi denir. Değişik öğrenme stratejileri kullanılmaktadır. Bunlar öğrenmeyi gerçekleştirecek olan sistem ve kullanılan öğrenme algoritmasına göre değişmektedir. Genel olarak 3 öğrenme stratejisi kullanılmaktadır (22). Bunlar:

Öğretmenli öğrenme

Bu öğrenme stratejisi, literatürde danışmanlı öğrenme olarak da geçmektedir. Sistemin olayı öğrenebilmesine bir öğretmen yardımcı olur. Ağa giriş ve çıkış değerleri aynı anda sunulur. Ağ girdileri işleyerek çıktıları üretir ve kendine sunulan çıktı değerleri ile karşılaştırır. Mevcut hatayı en aza indirecek şekilde yani istenen çıktılarına ulaşacak şekilde ağırlıklar düzenlenir. Bu çalışmada kullanılan çok katmanlı ileri beslemeli ağlar bu stratejiyi kullanan ağlara örnektir.

Öğretmensiz öğrenme

Herhangi bir öğretmene ihtiyaç yoktur. İstenen çıktı değerlerinin elde edilmesinin mümkün olmadığı durumlarda kullanılır. Ağa sadece girdiler gösterilir. Deneme yanılma yoluyla bilgi genelleştirme yapılır. Daha çok sınıflandırma problemleri için kullanılır. Adaptif rezonans ağları (ART), Hopfield ağı, Kohonen ağı en çok kullanılanlarıdır. Bu öğrenme stratejisi danışmansız öğrenme olarak da isimlendirilmektedir.

Destekleyici öğrenme

Sisteme bir öğretmen yardımcı olur. Öğreticinin, ağıın ürettiğı çıktıları için doğru ya da yanlış sinyali vermesi ile ağıın eğitimi gerçekleştirilir. İstenen çıktıların verilmesi yerine, ağıın ürettiğı çıktının karşılaştırmasının yapılarak uyarı gönderilmesi şeklinde eğitim söz konusudur. Kohonen tarafından geliştirilmiş doğrusal vektör parçalama modeli diyebileceğimiz LVQ ağı örnek olarak verilebilir. Bu stratejiye takviyeli öğrenmede denir.

Karma stratejiler

Bu üç stratejiden birkaçını kullanarak öğrenmenin gerçekleştirildiği durumdur. Radial tabanlı (RSA) ağılar, olasılık tabanlı ağılar (PBN) bunlara örnek olarak verilebilir.

3.2.2. Öğrenme kuralları

Değişik öğrenme kuralları mevcuttur. Literatürde çok sayıda öğrenme algoritması vardır ve ağırlıkların güncelleştirilmesi için kullanılan bu algoritmaların çoğu Hebb öğrenme kuralına dayanmaktadır (20). Öğrenme kurallarından bazıları aşağıda verilmiştir (22).

Hebb kuralı

Bilinen en eski öğrenme kuralıdır. 1949 yılında Donald Hebb tarafından geliştirilmiştir. Bu kural, biri diğerinden bilgi alan, aktif yani matematiksel olarak aynı işaretli iki nöron arasındaki bağlantıların kuvvetlendirilmesi temeline dayanır.

Hopfield kuralı

Hebb kuralına benzer. Ek olarak bağlantıların ne kadar kuvvetlendirilmesi veya zayıflatılması gerektiği öğrenme katsayısı ile gerçekleştirilmektedir. Öğrenme

katsayısı 0-1 arasında pozitif bir değerdir. Girdi ve çıktı ikisi de aktifse öğrenme katsayısı kadar ağırlıklar kuvvetlendirilir, aksi durumda ise zayıflatılır.

Delta kuralı

En çok kullanılan kurallardan biri olan Delta kuralı Hebb kuralının geliştirilmiştir. Beklenen çıktı ile gerçekleşen çıktı arasındaki farkı (delta) azaltmak için ağırlıkların sürekli değiştirilmesi temeline dayanmaktadır. Ağ hatasının karesini minimize etmek için ağırlıklar değiştirilir. Hata bir önceki katmana geri çoğaltılır ve bu ilk katmana kadar devam eder. Bu kurala ayrıca geri yayılım, Widrow-Hoff öğrenme, en küçük ortalamalar karesi, Delta-Delta gibi isimlerde verilmektedir. Geri yayılım adını hatayı geriye doğru yaymasından alır. Yapılan hata eğimli iniş adı verilen süreç kullanılarak en aza indirgenmeye çalışılır.

Kohonen öğrenme kuralı

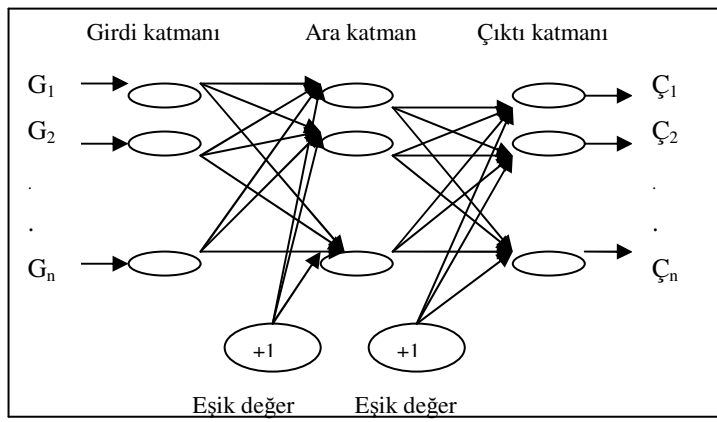
Kohonen tarafından geliştirilmiştir. Biyolojik sistemlerdeki öğrenmeden etkilenmiştir. Bu kurala göre ağın elemanları, ağırlıklarını değiştirmek için birbirleriyle yarışır. En büyük çıktıyı üreten hücre (sinir ağı elemanı) kazanan hücre olur ve bağlantı ağırlıkları değiştirilir. Yakınındaki hücrelerden daha kuvvetli hale gelmiş olur ve komşularına da ağırlıklarını güncellemesi için izin verir.

3.2.3. Öğrenme algoritması

Uygulamalarda en yaygın olarak kullanılan öğrenme algoritması geri yayılım algoritmasıdır. Bu algoritma YSA tarihindeki önemli gelişmelerdendir. Algoritma sürekli türevi alınabilir aktivasyon fonksiyonuna sahip nöronlardan meydana gelen çok katmanlı ağlarda uygulanabilmektedir (17). Şekil 3.7 'de çok katmanlı bir ağ yapısı görülmektedir. Çok katmanlı ağlar, öğretmenli öğrenme stratejisine göre çalışır. Yani ağa hem girdiler hem de beklenen çıktılar aynı anda sunulur. Bu algoritma;

- İleri doğru hesaplama
- Geriye doğru hesaplama

olmak üzere iki aşamadır. İleri doğru hesaplama aşaması, ağın çıktısını hesaplama aşamasıdır. Geriye doğru hesaplama ise ağırlıkları değiştirme aşamasıdır. Bu algoritma ağı sunulan eğitim seti için en uygun ağırlık değerlerini bulmayı sağlar. Eğitim inişine dayanarak ağırlıklar düzenlenir.



Şekil 3.7. Çok katmanlı ağ yapısı

Rumelhart, Hinton ve Williams (1986) ile McClelland ve Rumelhart'ın (1988) ortaya attıkları çok katmanlı bir YSA 'nın eğitilmesinde Hata Geriye Yayıma Yöntemi, YSA ile yapılan uygulamalara yeni bir boyut getirmiştir. Hatayı min. yapmak için ağırlıkların ilk katmana yani geriye doğru yeniden ayarlaması yapıldığı için bu adı almıştır. Çok katmanlı ağın öğrenmesini etkileyen faktörler şunlardır (20):

- a) Örneklerin seçilmesi
- b) Girdi ve çıktıların ağa sunulması
- c) Ağırlıkların başlangıç değerlerinin atanması
- d) Öğrenme ve momentum katsayılarının belirlenmesi
- e) Ağırlıkların değiştirilmesi
- f) Durdurma kriterinin belirlenmesi
- g) Ağların büyütülmesi ve budanması

Algoritmanın ileriye ve geriye doğru hesaplama aşamaları şöyledir (22):

İleri doğru hesaplama

Bu aşama ağın girdi katmanına eğitim setinin ilk örneğinden girdilerin ($G_1, G_2, \dots$) verilmesiyle başlar. Girdiler herhangi bir işleme uğramadan ara katmana iletilir. Yani girdi katmanındaki k.nöronun çıktısı C_k^i ;

$$C_k^i = G_k \text{ olur.} \quad [3.12]$$

Ara katmandaki nöronlara gelen her bir girdi, ağırlıklar ($w_1, w_2, \dots$) ile çarpılarak net girdi (NET_j^a) hesaplanır.

$$NET_j^a = \sum_{k=1}^n w_{kj} C_k^i \quad [3.13]$$

w_{kj} : k.girdi katmanı elemanını j.ara katman elemanına bağlayan ağırlık

Aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanıldığı zaman çıktı Eşitlik 3.14' de verildiği gibidir. Bu eşitlikteki θ_j ara katmanda bulunan j.elemanına ait eşik değerinin ağırlığıdır.

$$C_j^a = \frac{1}{1 + e^{-(NET_j^a + \theta_j^a)}} \quad [3.14]$$

Bütün sinirlerde bu hesaplamalar yapıp en son olarak çıktı katmanına ait çıktı değerleri bulununca ileri doğru hesaplama aşaması sona erer.

Geriye doğru hesaplama

Bu aşamada ağıın ürettiği çıktı ile beklenen çıktı ($B_1, B_2, \dots$) karşılaştırılarak aradaki fark yani hata değeri azaltılmaya çalışılır. Çıktı katmanındaki m. nöron için hata (e_m);

$$e_m = B_m - C_m \quad [3.15]$$

Bu değeri bir nöron için elde edilen hatadır. Ağıın eğitiminde ;

$$E = \frac{1}{2} \sum_m e_m^2 \quad [3.16]$$

hata fonksiyonu minimum yapılmaya çalışılır. Toplam hatayı en aza indirmek için hata nöronlara dağıtılır. Bu işlem nöron ağırlıklarını değiştirerek olur. Buda;

- Ara katman ile çıktı katman arası
- Ara katman ile ara katman veya ara katman ile girdi katmanı arasındaki ağırlıkların düzenlenmesiyle sağlanır.

İlk durumda ara katmanın j.nöronunu çıktı katmanındaki m. nörona bağlayan bağlantı ağırlıklarındaki değişim miktarına Δw^a dersek t.iterasyonda ağırlığın değişim miktarı şöyle hesaplanır:

$$\Delta w_{jm}^a(t) = \lambda \delta_m C_j^a + \alpha \Delta w_{jm}^a(t-1) \quad [3.17]$$

Bu eşitlikteki λ , öğrenme katsayısı, α 'da momentum katsayısıdır. Öğrenme katsayısı ağıın performansında etkilidir. Eğitim süresini, küçük öğrenme katsayısı uzatırken, büyük öğrenme katsayısı kısaltır. Ancak çok büyük öğrenme katsayısı yakınsamayı engeller (19). Momentum katsayısı ise ağıın öğrenim esnasında yerel bir minimum noktaya takılıp kalmamasında etkilidir. Ağırlık değişim değeri belli bir

oranda bir sonraki değişime eklenmesini sağlar ve toplam hata sıfıra daha fazla bir eğilimle yaklaşır (22).

δ_m : Ara veya çıkış katmanındaki m. nörona ait bir faktördür (20).

$$\delta_m = f'(NET) \cdot e_m \quad [3.18]$$

$f'(NET)$, aktivasyon fonksiyonunun türevidir.

Sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanıldığı zaman bu eşitlik;

$$\delta_m = C_m (1 - C_m) \cdot e_m \quad [3.19]$$

biçimindedir. Değişim miktarı hesaplandıktan sonra ağırlıkların t. iterasyondaki yeni değerleri

$$w_{jm}^a(t) = w_{jm}^a(t-1) + \Delta w_{jm}^a(t) \quad [3.20]$$

eşitliği ile hesaplanır. Ayrıca eşik değerinin ağırlıkları da değiştirilir. Çıktı katmanındaki nöronların eşik değeri ağırlıkları θ^c ile gösterilirse eşik değeri sabit ve 1 olduğu için değişim miktarı;

$$\Delta \theta_m^c(t) = \lambda \delta_m + \alpha \Delta \theta_m^c(t-1) \quad [3.21]$$

biçimindedir. Eşik değerinin t.iterasyondaki yeni ağırlık değeri ise

$$\theta_m^c(t) = \theta_m^c(t-1) + \Delta \theta_m^c(t) \quad [3.22]$$

eşitliği ile elde edilmektedir.

İkinci durumda ise girdi katmanı ile ara katman veya iki ara katman arasındaki ağırlıklar değiştirilirken çıktı katmanındaki tüm elemanlara ait hataların hesaba

katılması gerekir. Bu ağırlık değişimi örneğin girdi katmanı ile ara katman arasındaki Δw^i ile gösterilirse değişim miktarı;

$$\Delta w_{kj}^i(t) = \lambda \delta_j^a \zeta_k^i + \alpha \Delta w_{kj}^i(t-1) \quad [3.23]$$

δ^a faktörü ise ;

$$\delta_j^a = f'(NET) \sum_m \delta_m w_{jm}^a \quad [3.24]$$

şeklindedir ve sigmoid fonksiyonu kullanıldığında;

$$\delta_j^a = \zeta_j^a (1 - \zeta_j^a) \sum_m \delta_m w_{jm}^a \quad [3.25]$$

eşittir. Ağırlıkların yeni değerleri ise;

$$w_{kj}^i(t) = w_{kj}^i(t-1) + \Delta w_{kj}^i(t) \quad [3.26]$$

Ara katman eşik değer ağırlıkları θ^a ile gösterilirse değişim miktarı;

$$\Delta \theta_j^a(t) = \lambda \delta_j^a + \alpha \Delta \theta_j^a(t-1) \quad [3.27]$$

Ağırlıkların yeni değerleri ise t.iterasyon için

$$\theta_j^a(t) = \theta_j^a(t-1) + \Delta \theta_j^a(t) \quad [3.28]$$

eşitliği ile sağlanır. Böylece ileri ve geri hesaplama aşamaları bir iterasyon için yapılmış olur. Ağırlıkların hepsi yeniden düzenlenmiştir. Sonlandırma kriteri sağlanıncaya kadar ağırlıkları düzenleme işlemine devam edilir.

4. ZAMAN DİZİLERİ KESTİRİMİ VE YSA

4.1. YSA ve İstatistik

YSA, kestirim konusundaki potansiyelleri ile istatistik bilimi açısından önemlidir. YSA, geleneksel olarak istatistiksel yöntemlerin kullanıldığı pek çok alanda kullanılmaktadır. Uygun ağ parametrelerinin deneme yanılma neticesinde elde edilmesi, ağ parametrelerinin değiştirilmesi ile örnek veriler kullanılarak ağın eğitilmesi zor ve zaman alıcıdır. Ağ ancak belli bir eğitim sürecinden sonra kullanılmaktadır. Bu gibi nedenlerden YSA uygulamaları istatistiksel yöntemlere göre daha zor ve zaman alıcı olabilmektedir. İstatistiksel yöntemler ise belli kurallara göre çalışırlar ve deneysel çalışmalara gerek duymazlar. Eğitim süresi gibi bir durum da söz konusu olmadığı için daha az zaman alıcıdır, hızlı bir biçimde uygulanabilmektedir. Eğer uygulanacak problemin özellikleri istatistiksel yöntemlere uygunsa istatistiksel yöntemleri tercih etmek gerekir (25).

4.2. Kestirim için YSA

YSA başarıyla kullanıldığı alanlardan biri daha öncede belirtildiği gibi kestirim problemleridir. Sıklıkla kullanılan bu ağlar, giriş dizisi üzerinde kayan pencere (sliding-window) yaklaşımını kullanan ileri beslemeli ağlardır (26).

Daha önce belirtilen tahmin tekniklerinden regresyon analizi için YSA' da giriş katmanına bağımsız değişkenler, çıktı katmanına da bağımlı değişken denk gelmektedir. YSA tarafından tahmin edilen bu ilişki:

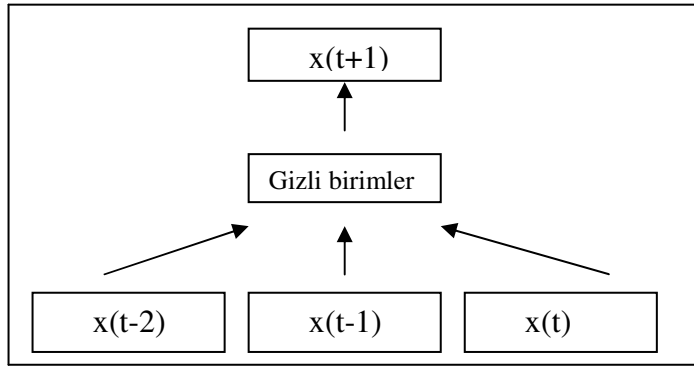
$$Y=f(x_1,x_2,\dots,x_p) \quad [4.1]$$

şeklindedir. Burada x 'ler p sayıda bağımsız değişkeni, Y 'de bağımlı değişkeni göstermektedir. Zaman dizileri kestirim problemlerinde ise girdiler verinin geçmiş değerlerini, çıktı ise gelecek değeri göstermektedir. Bu durumda fonksiyonel ilişki:

$$Y_{t+1}=f(Y_t, Y_{t-1},...,Y_{t-p}) \quad [4.2]$$

şeklinde ifade edilir. Bu durumda YSA zaman dizileri kestirim problemlerinde doğrusal olmayan otoregresif modele eşdeğerdir (27).

Zaman dizileri kestirimi uygulamalarında, standart sinir ağı metodu giriş verisi olarak bir set ve ağıın hedef değeri olarak tek bir çıktı kullanır. Kayan pencere tekniği olarak adlandırılan bu metot, eğitim setinin tamamı üzerinde giriş verisinin kaymasıyla gerçekleşir. Şekil 4.1 de temel bir yapı görülmektedir (26).



Şekil 4.1. Kayan pencere yaklaşımıyla zaman dizileri kestirimi yapılmasının standart yöntemi

Elde edilen kestirim değerinin tekrar ağa girdi olarak verilmesi suretiyle, iteratif olarak, yeni ileri dönem kestirimleri elde edilir. Bu iteratif metot için kullanılan k adım kestirim eşitliği şöyledir:

$$\left. \begin{aligned} \hat{x}_{t+1} &= f(x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-n}), \\ \hat{x}_{t+2} &= f(\hat{x}_{t+1}, x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-n+1}), \\ \hat{x}_{t+3} &= f(\hat{x}_{t+2}, \hat{x}_{t+1}, x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-n+2}), \\ &\vdots \\ \hat{x}_{t+k} &= f(\hat{x}_{t+k-1}, \hat{x}_{t+k-2}, \dots, \hat{x}_{t+1}, x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-n+k-1}), \end{aligned} \right\} \quad [4.3]$$

Bu eşitlikte x_t , t anındaki gözlem değerini, $\hat{x}_t$ t zamanında kestirim değerini, f ise YSA fonksiyonunu göstermektedir. Ayrıca çıktı katmanında birden fazla nöron kullanımıyla direkt olarak çoklu dönem kestirimi de söz konusudur. Bu direkt kestirim metodunda, k adım kestirim için eşitlik ise şöyledir:

$$\left. \begin{aligned} \hat{x}_{t+1} &= f_1(x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-n}), \\ \hat{x}_{t+2} &= f_2(x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-n}), \\ &\cdot \\ &\cdot \\ \hat{x}_{t+k} &= f_k(x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-n}), \end{aligned} \right\} \quad [4.4]$$

Burada $f_1, \dots, f_k$ sinir ağı tarafından belirlenen fonksiyonu göstermektedir.

4.3. YSA Tasarımı

YSA tasarımında, katmanlardaki nöron sayılarının belirlenmesi, gizli katman sayısı, kullanılan aktivasyon fonksiyonları, verinin normalleştirilmesi, eğitim algoritması, veri setinin seçimi, performans ölçütü gibi kararlar büyük önem taşımaktadır.

Sinir ağı ile kestirim iki adım içerir. Eğitim ve kestirim. Eğitim aşamasında girişler ve istenen çıktının her ikisi de ağa sunulur. Öğrenme algoritması yoluyla ağ kendi çıktısını üretir ve kendi çıktısı ile hedef çıktı arasındaki hata kareler toplamını minimum yapmaya çalışır. İyi eğitilmiş ağ, test setini kullanarak veri örneğinin geri kalanını kestirebilecektir. Bunun dışında, ağın mimarisi ve/veya parametreleri, test setinin performansını geliştirmek için değiştirilebilir. Tatmin edici bir şekilde test edilen ağ, kestirim için kullanılır (6). Ağ mimarisi için önem taşıyan bu özelliklere kısaca değinilmiştir.

4.3.1. Girdi nöron sayısı

Zaman dizisi problemlerinde, girdi nöron sayısını belirlemek çok kolay değildir. Tang ve Fishwick, tek değişkenli bir zaman dizisi için girdi nöron sayısının Box-Jenkins AR(p) modelinin derecesine eşit olduğunu ileri sürerken, Zhang ise MA(q) modelinde otoregresif (AR) terimlerin olmaması, Box-Jenkins'in doğrusal bir model olması gibi nedenlerden dolayı bu düşüncenin yanlış olduğunu savunmaktadır (27). Sharda ve Patil ve Tang, aylık veriler için 12, üç aylık veriler için 4 girdi nöronu kullanmışlardır (5, 7). Hill vd. çalışmalarında yıllık veriler için 3, üç aylık veriler için 4, aylık veri için 9 girdi nöronu kullanmışlardır (3). Kohzadi vd. ise ürün fiyatlarının kestirimi için kullandıkları, aylık veriler için oluşturdukları sinir ağı modelinde, fiyat kestirimi için 6 ağ girişinin yeterli olacağı varsayımında bulunmuşlardır (6). Nöron sayısını belirlemenin sistematik bir yolu yoktur.

4.3.2. Gizli katman ve nöron sayısı

Gizli nöron sayısının belirlenmesi de önemli bir karardır. Gizli nöron sayısının belirlenmesiyle ilgili henüz elde edilebilir, mevcut bir teori yoktur (18). Deneme yanılma nöron sayısını belirlemede sıklıkla kullanılan yoldur. Bazı teorik çalışmalar neticesinde genellikle tek gizli katmanın, YSA ile başarılı sonuçlara ulaşmada yeterli olduğu ileri sürülmüştür. Bazı problemler için iki gizli katman kullanıldığı çalışmalarda mevcuttur. n girdi nöron sayısını göstermek üzere $2n+1$, $2n$, n , $n/2$ ileri sürülen bazı yaklaşımlardır (28-30). Ancak bu yaklaşımların bütün problemler için iyi çalışacağı söylenemez (27).

4.3.3. Çıktı nöron sayısı

Çıktı nöron sayısı kestirim dönemi sayısı ile uygunluk gösterir. Kestirim tek dönemlik ve çok dönemlik olmak üzere iki çeşittir. Tek dönemlik kestirimde çıktı nöron sayısı 1'e eşittir. Çoklu dönem kestirimi ise tek çıktı nöronu kullanılarak iteratif olarak ve birden fazla çıktı nöronu ile direkt olarak iki yolla yapılabilir. Zhang vd., direkt metotta daha iyi sonuçlar elde etmişlerdir. İteratif metotta gözlem

değerleri yerine, bulunan kestirim değerleri kullanılarak ileri dönemler kestirildiği için kestirimlerin doğruluğunun azalacağı gerekçesiyle direkt metodun daha iyi olduğunu ileri sürmüşlerdir (27). Weigend ise sunspot verisi için direkt metodun, iteratif metottan daha kötü olduğunu savunmuştur (31). Her iki metot için çeşitli görüşler mevcuttur. Bu çalışmada iteratif ve direkt metot kullanılarak çoklu dönem kestirimleri elde edilmiştir.

4.3.4. Aktivasyon fonksiyonu

Ağın girdisi ile çıktısı arasındaki ilişkiyi belirleyen aktivasyon fonksiyonları olarak, daha önce belirtildiği gibi sigmoid, hiperbolik tanjant, doğrusal, sinüs gibi aktivasyon fonksiyonları kullanılmaktadır. Bunlar arasında sıklıkla kullanılan aktivasyon fonksiyonu, sigmoid tipi (lojistik) aktivasyon fonksiyonudur. Örneğin Klimasauskas, kestirim problemleri için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonunu kullanmıştır. Tang, Chakraborty, Sharda ve Patil, Tang ve Fishwick, Lachtermacher ve Fuller, Nam ve Scafer gizli ve çıktı katman nöronlarında logistik aktivasyon fonksiyonunu, De Groot ve Wurtz ve Zhang ve Hutchinson gibi bazı araştırmacılar ise hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonunu kullanmışlardır (7, 27, 30, 32). Ayrıca çıktı katmanında doğrusal aktivasyon fonksiyonunun kullanıldığı pek çok çalışma da mevcuttur.

Girdi, gizli, ve çıktı katmanı olmak üzere 3 katmandan oluşan, çıktı katmanında doğrusal aktivasyon fonksiyonunun kullanıldığı tek çıktı nöronuna sahip bir ağ için, çıktının matematiksel gösterimi Eş. 4.5' de verilmiştir.

$$z_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j f \left(\sum_{i=1}^m \omega_{ij} z_{t-i} + \theta_{0j} \right) + \varepsilon_t \quad [4.5]$$

Burada m , girdi nöron sayısını, n , gizli nöron sayısını, f , kullanılan aktivasyon fonksiyonunu, α_j , $j=1,2,\dots,n$ gizli nöronlardan çıktı nöronuna ağırlık değerlerini,

ω_{ij} , $i=1,2,\dots,m$ ve $j=1,2,\dots,n$ girdi nöronundan gizli nörona ağırlık değerlerini, α_0 ve θ_{0j} ise eşik değer ağırlıklarını göstermektedir (33, 34).

4.3.5. Veri normalleştirme

Zaman dizisi kestirim problemleri için bütün eğitim verisi belli bir aralık içerisinde normalleştirilir. Hedef değerlerin normalleştirilmesi giriş verisi ile beraber uygulanır. Eğer lojistik aktivasyon fonksiyonu kullanılmış ise veri $[0, 1]$, hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu kullanılmış ise $[-1, 1]$ aralığında normalleştirilir (17). Çoğunlukla kullanılan veri normalleştirme formülleri aşağıdaki eşitliklerde verildiği gibidir:

- $[0,1]$ aralığı doğrusal dönüşüm: $x_n = (x_0 - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$, (35) [4.6]
- $[a,b]$ aralığı doğrusal dönüşüm: $x_n = (b-a)(x_0 - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) + a$, (36) [4.7]
- İstatistiksel normalizasyon: $x_n = (x_0 - \bar{x}) / s$, (31) [4.8]
- Basit normalizasyon: $x_n = x_0 / x_{\max}$, (32) [4.9]

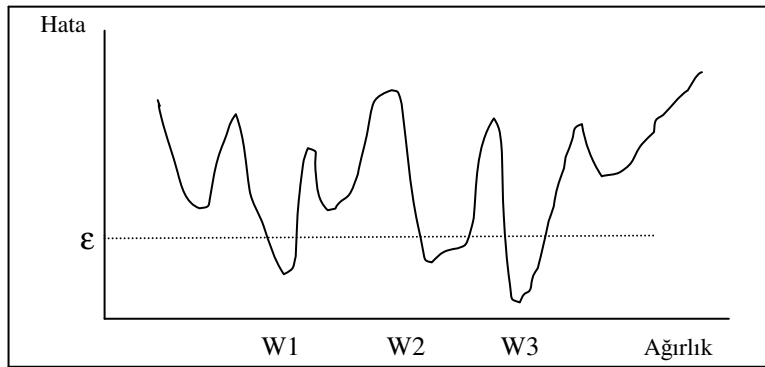
Burada x_n ve x_0 normalleştirilmiş ve orijinal veriyi göstermektedir. $x_{\min}$, $x_{\max}$, $\bar{x}$ ve s ise minimum ve maksimum değerleri, ortalama ve standart sapmayı göstermektedir.

4.3.6. Eğitim ve test kümesi

YSA 'nın eğitilmesi ve performansının test edilmesi için veriye ihtiyacı vardır. Bu kümelerin seçilmesinde pek çok araştırmacı %90- %10 veya %80- %20 ya da %70- %30 kuralını kullanmışlardır. Ayrıca doğrulama kümesi adı verilen üçüncü bir kümenin kullanıldığı çalışmalarda mevcuttur (6, 17, 25, 34, 37). Doğrulama kümesi, ağız ezberleme probleminden kaçınmak için yani ağız eğitiminin sonlandırılacağı noktayı belirlemek için önemlidir. Doğrulama kümesi, ele alınan YSA modelleri içinde en iyi olanın seçimini sağlamaktadır (34). Bu tez çalışmasında da veriler, eğitim, doğrulama ve test olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır.

4.3.7. Ağırlık eğitimi

Daha öncede belirtildiği gibi en yaygın olarak kullanılan eğitim algoritması geri yayılım algoritmasıdır. YSA' ya başlangıçta ağırlık değerleri rastgele atanır ve ağ eğitim sırasında kabul edilebilir bir hataya ulaşıncaya kadar ağırlıklarının değiştirir. İstenen ağırlık değerinin ne olduğu bilinmediği için YSA'nın davranışlarını yorumlamak ve açıklamak mümkün olmaz. En az hatayı verecek ağırlık değerleri bulunmaya çalışılır. Ağlar için belli bir hata değeri ϵ (tolerans değeri) kabul edilmektedir. Bunun altındaki bir noktada ağırlık eğitimi yeterli kabul edilir.



Şekil 4.2.Çok boyutlu hata uzayı

Şekil 4.2' de görüldüğü gibi bir problem için belli bir hata değerinin altında çözümler (W1, W2, W3) olabilir. W1 ve W2 kabul edilebilir çözümler olmasına rağmen en iyi çözümler değildir. Bunlara yerel çözümler denir. Birden fazla sonuç üretmek mümkündür. YSA'nın her zaman en iyi (optimum) sonucu verdiği söylenemez (22).

En iyi sonucun bulunamaması nedenleri olarak, örneklerin problemi temsil etmemesi, ağ parametrelerinin yanlış seçimi, başlangıç ağırlıklarının iyi seçilememesi gibi sebepler de gösterilebilir. Bu parametrelerin doğru seçimi eğitim süresini de kısaltacağı için ayrıca önemlidir.

Daha öncede ifade edildiği gibi YSA' nın yerel sonuçlara takılıp kalmasını önlemek için kullanılan momentum katsayısı, yerel çözümleri kabul edilebilir hata düzeyinin

altına indirebilir. Öğrenme katsayısı da ağırlıkların değişim miktarını belirlemektedir. Eğer büyük değerler seçilirse ağırlıkların yerel çözümler arasında dolaşması söz konusu olmaktadır. Küçük değerleri de eğitim süresini uzatmaktadır (22). Sharda ve Patil, üç öğrenme oranının (0,1, 0,5, 0,9) ve üç momentum katsayısının (0,1, 0,5, 0,9) dokuz kombinasyonunu denemişlerdir (5).

Geleneksel geri yayılım algoritmasının bu zayıf yönleri nedeniyle geri yayılım algoritmasının bazı varyasyonları ve modifikasyonları önerilmiştir (27). Daha hızlı eğitim sağlayan bu geri yayılım algoritmaları, sezgisel (heuristic) tekniklerin ve optimizasyon tekniklerinin kullanıldığı algoritmalar olmak üzere iki ana kategoride toplanabilir. Optimizasyon tekniklerinin kullanıldığı algoritmalar içinde yer alan Levenberg-Marquardt (Trainlm) algoritması, ileri beslemeli ağlardaki en hızlı öğrenme algoritmasıdır (38). Yavaş yakınsama probleminden etkilenmez. Bu geri yayılım algoritması kısaca şöyle özetlenebilir (20):

$E(w)$ bir amaç hata fonksiyonu olmak üzere m tane hata terimi için $e_i^2(w)$ Eşitlik 4.10 'da verildiği gibidir. Burada $e_i^2 \equiv (B_m - C_m)^2$

$$E(w) = \sum_{i=1}^m e_i(w)^2 \quad [4.10]$$

Bu algoritma ağırlıkları güncellemek için Eşitlik 4.11'i kullanır.

$$w_{k+1} = w_k - [J^T J + \mu I]^{-1} J^T e \quad [4.11]$$

Buradaki J Jakobyen matrisi, e ise hata vektörüdür. J matrisi ağ hatalarının ağırlıklara göre birinci türevlerinden oluşur. I birim matris, μ ise Marquardt parametresidir. $[J^T J + \mu I]$ denklemi, Hessian matrisinin yaklaşık değeri için kullanılır. Algoritma aşamaları kısaca şöyledir (20):

1. $E(w_k)$ hesaplanır.
2. Küçük bir μ değeri ile başlanır (örneğin : $\mu = 0,01$)
3. Eşitlik 4.11 hesaplanır ve $E(w_{k+1})$ elde edilir.
4. Eğer $E(w_{k+1}) \geq E(w_k)$ ise μ 10 kat arttırılır ve adım 3' e gidilir.
5. Eğer $E(w_{k+1}) < E(w_k)$ ise μ 10 kat azaltılır, w_k güncelleştirilir ve adım 3'e gidilir.

Ayrıca ağın genelleştirme özelliğini iyileştirmek, ağın ezberleme özelliğinden kaçınmak için eğitimi erken sona erdirmeye ya da düzenlileştirme gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Düzenlileştirme, performans fonksiyonunun değiştirilmesine dayanır. Performans fonksiyonuna, ağın ağırlıklarının kareleri toplamının ortalama değerini ifade eden bir terim eklenerek genelleştirme iyileştirilir. Bu sayede daha küçük ağırlık ve performans değerlerine sahip olunur ve ağ aşırı öğrenme sürecinden uzaklaşır (20).

Örneğin ileri beslemeli ağlarda kullanılan tipik performans fonksiyonu MSE için bu düzenlileştirme eşitlikte verildiği gibidir.

$$msereg = \gamma MSE + (1 + \gamma)MSW ; \quad MSW = 1/n \left(\sum_{j=1}^n w_j^2 \right) \quad [4.12]$$

Buradaki γ performans oranıdır ve optimum değerinin tespiti oldukça güçtür. Bunu otomatik olarak gerçekleştiren düzenlileştirme yaklaşımları vardır. Bu yöntemlerden biri Bayesian düzenlileştirme yaklaşımıdır. Bu yaklaşım Trainbr öğrenme algoritmasıyla kullanılır. Bu geri yayılım algoritması, Levenberg-Marquardt algoritmasının, genelleme yeteneğini iyileştirmek için geliştirilmiş bir halidir. Optimum ağ boyutunun ne olması gerektiği problemini kısmen azaltmaktadır (20, 38).

Hızlı olmaları, sağlamlıkları ve iyi yerel minimum bulmalarındaki başarıları bu metotların, YSA eğitiminde kullanılmasını cazip hale getirmiştir (27).

4.3.8. Kestirim değ erlendirme metotları

Box-Jenkins modelleri ve YSA arasındaki kestirim performanslarının karşılaştırılmasında, genellikle aşağıdaki ölçütler kullanılır. Kestirim hatasına dayanılarak yapılan karşılaştırmalar için sıklıkla kullanılan bu ölçütler aşağıdaki eşitliklerde verildiğı gibidir (27):

$$\text{- Ortalama Hata Kare (MSE)} = \sum (e_t)^2 / N \quad [4.10]$$

$$\text{- Ortalama Mutlak Hata (MAE)} = \sum |e_t| / N \quad [4.11]$$

$$\text{- Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE)} = (1 / N) \sum |e_t / y_t| (100) \quad [4.12]$$

$$\text{- Hata Kareler Toplamı (SSE)} = \sum (e_t)^2 \quad [4.13]$$

$$\text{- Ortalama Hata Karenin Karekökü (RMSE)} = \sqrt{MSE} \quad [4.14]$$

e_t : Kestirim hatası y_t : t dönemi gözlem değ eri N :Hata terimleri sayısı

5. UYGULAMA

Bu bölümde çalışmanın amacına yönelik ele alınan verilerin daha önceki bölümlerde bahsedilen metotlara göre uygulamalarına yer verilmiştir. YSA ve Box-Jenkins metotları ile verilerin analizi yapılarak, sonuçlar değerlendirilmiştir.

5.1. Veriler

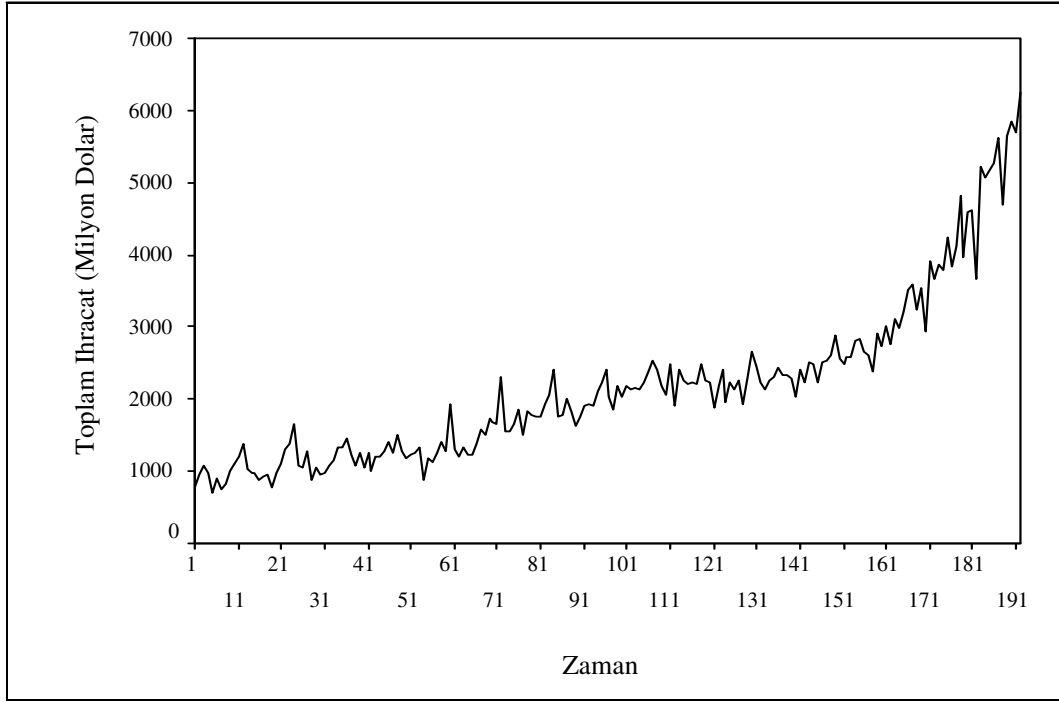
Uygulama için bazı iktisadi ve ekonomik zaman dizileri kullanılmıştır. Kullanılan bu diziler aylık toplam ithalat ve toplam ihracat (Milyon Dolar), ihracatın ithalatı karşılama oranı (%), aylık toplam ithalat ve ihracat değişim oranları (%), ortalama aylık Cumhuriyet altını satış fiyatı (YTL), Dolar aylık ortalama satış fiyatı (YTL), Euro aylık ortalama satış fiyatı (YTL), 1987 yılı temel alınmış aylık tüketici fiyat endeks değerleri ve değişim oranları (%) zaman dizileridir. Bu dizilere kısaca aşağıda değinilmektedir.

5.1.1. Aylık toplam ihracat (Milyon Dolar)

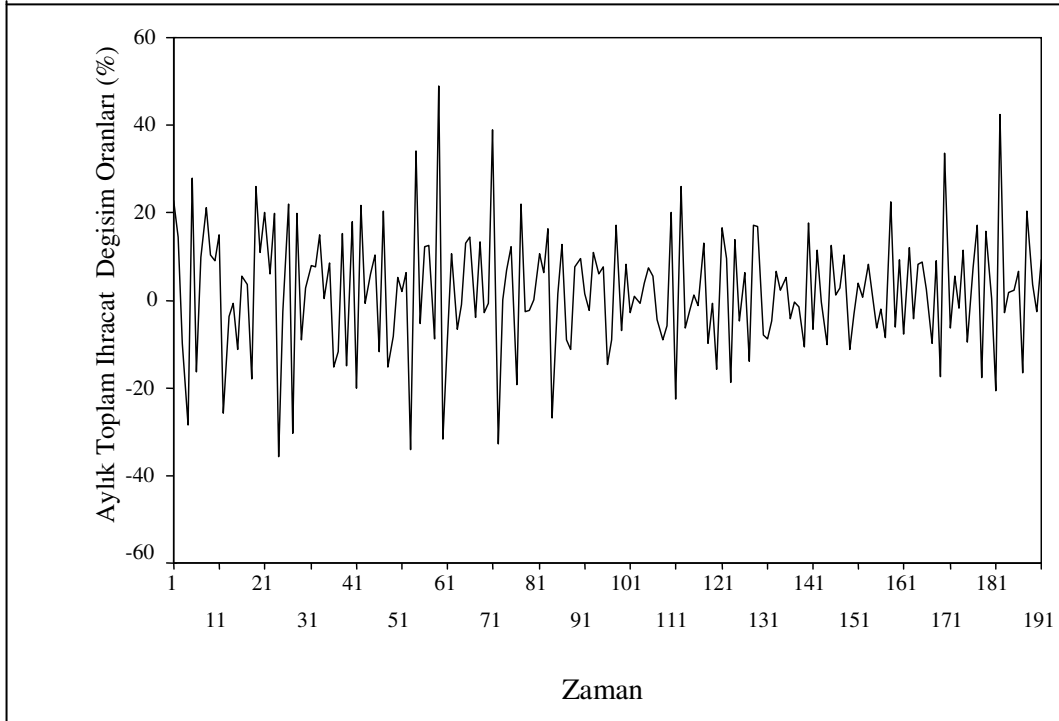
Çalışmada Dış Ticaret Uluslararası Standart Sanayi Sınıflaması'na göre (ISIC REVIZE 3) aylık toplam ihracat (Milyon Dolar) verileri kullanılmıştır. Bu veriler Ocak 1989-Aralık 2004 dönemlerini kapsayan aylık gözlemlerden oluşmaktadır. Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB) Elektronik Veri Dağıtım Sistemi'nden (EVDS) elde edilmiştir (39). Türkiye İstatistik Kurumu'na (TÜİK) ait verilerdir. Diziye ait grafik Şekil 5.1'de gösterilmektedir.

5.1.2. Aylık toplam ihracat değişim oranı (%)

Çalışmada Dış Ticaret Uluslararası Standart Sanayi Sınıflamasına Göre (ISIC REVIZE 3) aylık toplam ihracat değişim oranı (%) verisi kullanılmıştır. Bu veriler Şubat 1989-Aralık 2004 dönemlerini kapsayan aylık gözlemlerden oluşmaktadır. Bu veriler TCMB EVDS 'den alınmıştır (39). Bunlar, TÜİK'e ait verilerdir. Diziye ait grafik Şekil 5.2'deki gibidir.



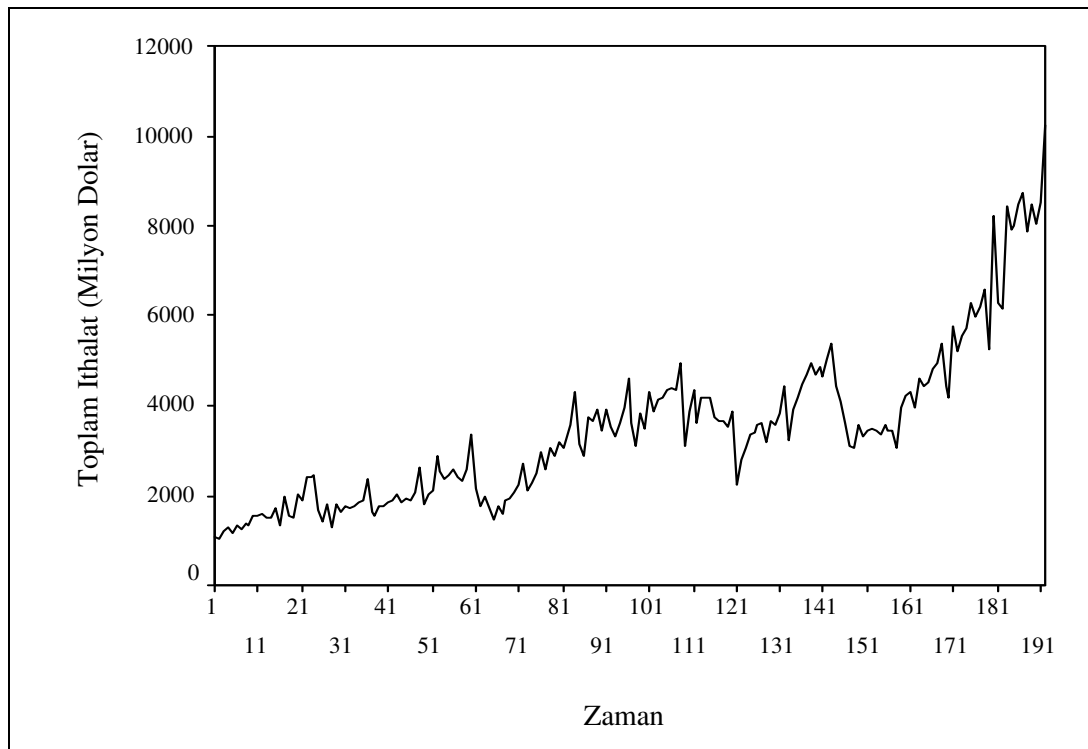
Şekil 5.1. Aylık toplam ihracat (1989-2004)



Şekil 5.2. Aylık toplam ihracat değişim oranları (%) (1989-2004)

5.1.3. Aylık toplam ithalat (Milyon Dolar)

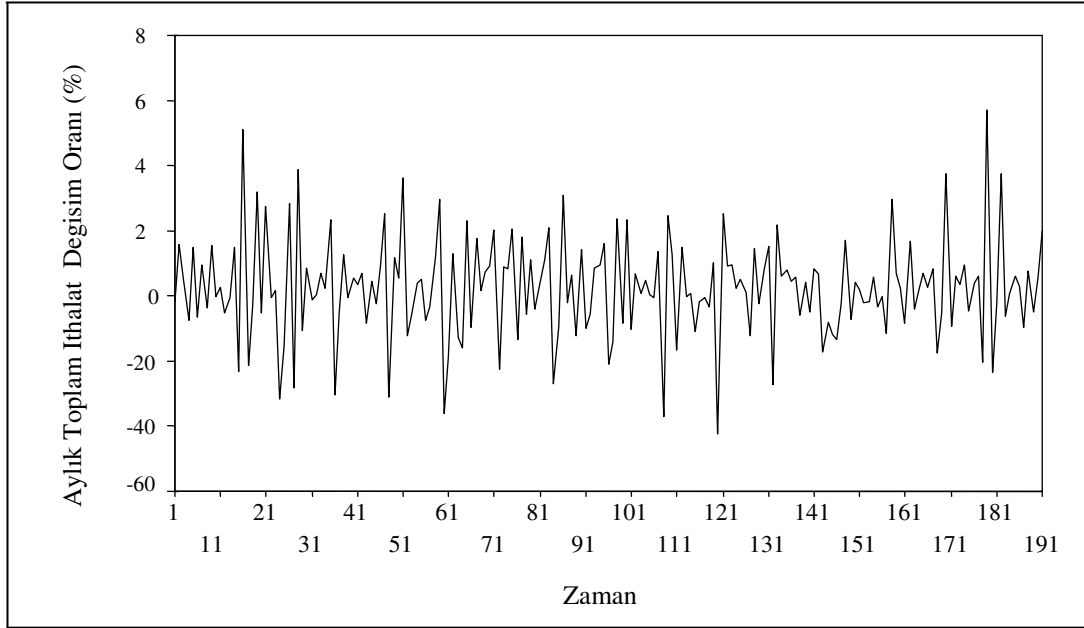
Ele alınan aylık toplam ithalat verisi ISIC REVIZE 3'e göredir. Milyon Dolar olarak ele alınan bu veriler Ocak 1989-Aralık 2004 dönemlerini kapsayan aylık gözlemler şeklindedir. Bu veriler TCMB EVDS'den elde edilmiştir (39). Bu veriler TÜİK tarafından derlenmektedir. Diziye ait grafik Şekil 5.3'de gösterilmektedir.



Şekil 5.3. Aylık toplam ithalat (Milyon Dolar) (1989-2004)

5.1.4. Aylık toplam ithalat değişim oranı (%)

Ele alınan aylık toplam ithalat değişim oranı (%) verisi ISIC REVIZE 3'e göredir. Bir önceki aya göre % değişimi olarak ele alınan bu veriler Şubat 1989-Aralık 2004 dönemlerini kapsayan aylık gözlemlerden oluşmaktadır. TCMB EVDS'den elde edilmiş TÜİK'e ait verilerdir (39). Diziye ait grafik Şekil 5.4'de verilmiştir.



Şekil 5.4. Aylık toplam ithalat değişim oranı (%) (1989-2004)

5.1.5. İhracatın ithalatı karşılama oranı (%)

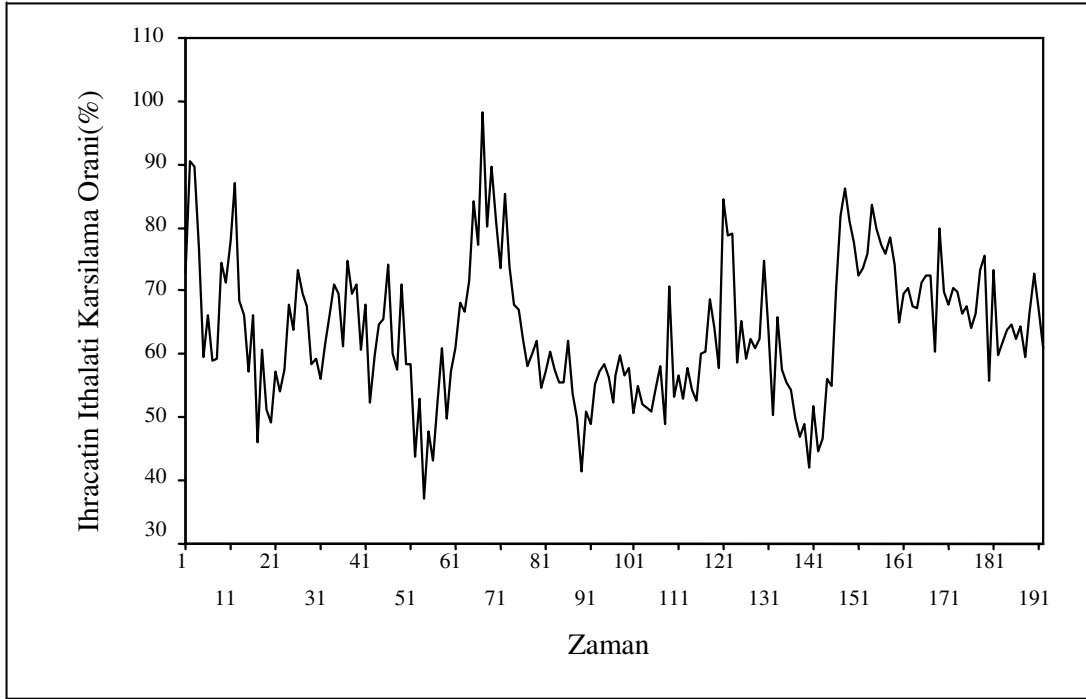
İhracatın ithalatı karşılama oranı verisi (%) Ocak 1989-Aralık 2004 dönemlerini kapsayan aylık gözlemlerden oluşmaktadır. Veriler, TCMB EVDS den alınmış olup, TÜİK kaynaklıdır (39). Diziye ait grafik Şekil 5.5’de verildiği gibidir.

5.1.6. Ortalama aylık Cumhuriyet altını satış fiyatı (YTL/Adet)

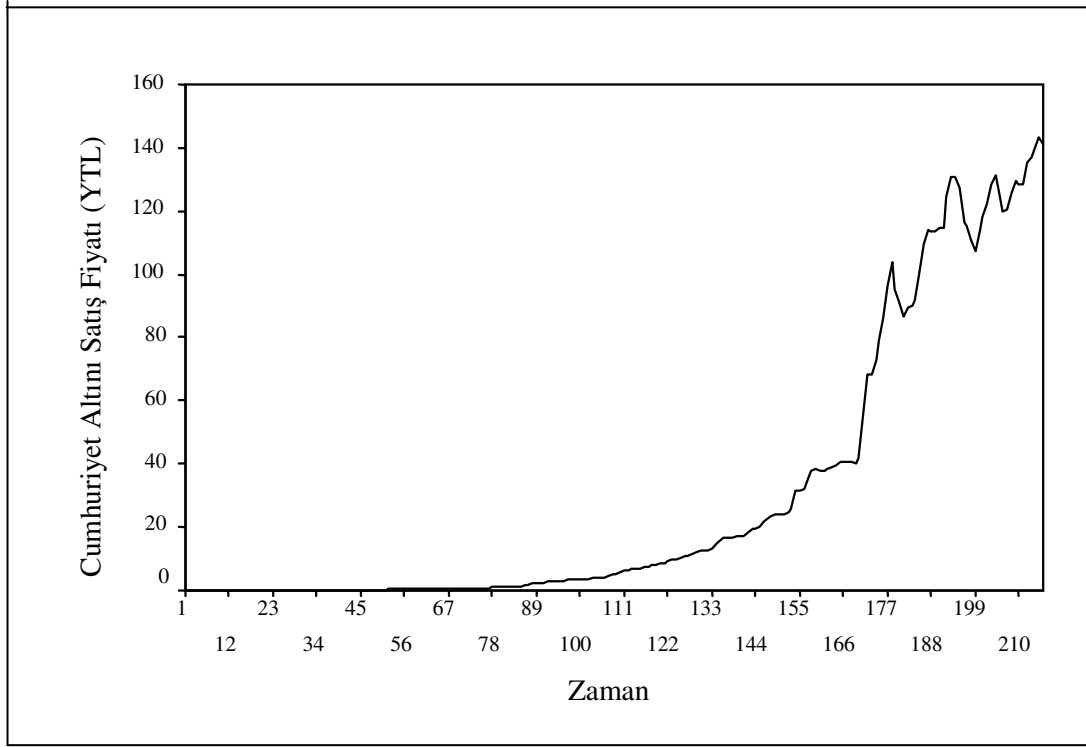
Ocak 1987-Aralık 2004 dönemlerini kapsayan ortalama aylık Cumhuriyet altını satış fiyatı (YTL/Adet) dizisi TCMB EVDS’ den elde edilmiştir (39). Serbest piyasa altın fiyatlarıdır. TÜİK’ e aittir. Diziye ait grafik Şekil 5.6’da gösterilmektedir.

5.1.7. Aylık tüketici fiyat endeksi değişim oranları (%) (1987=100)

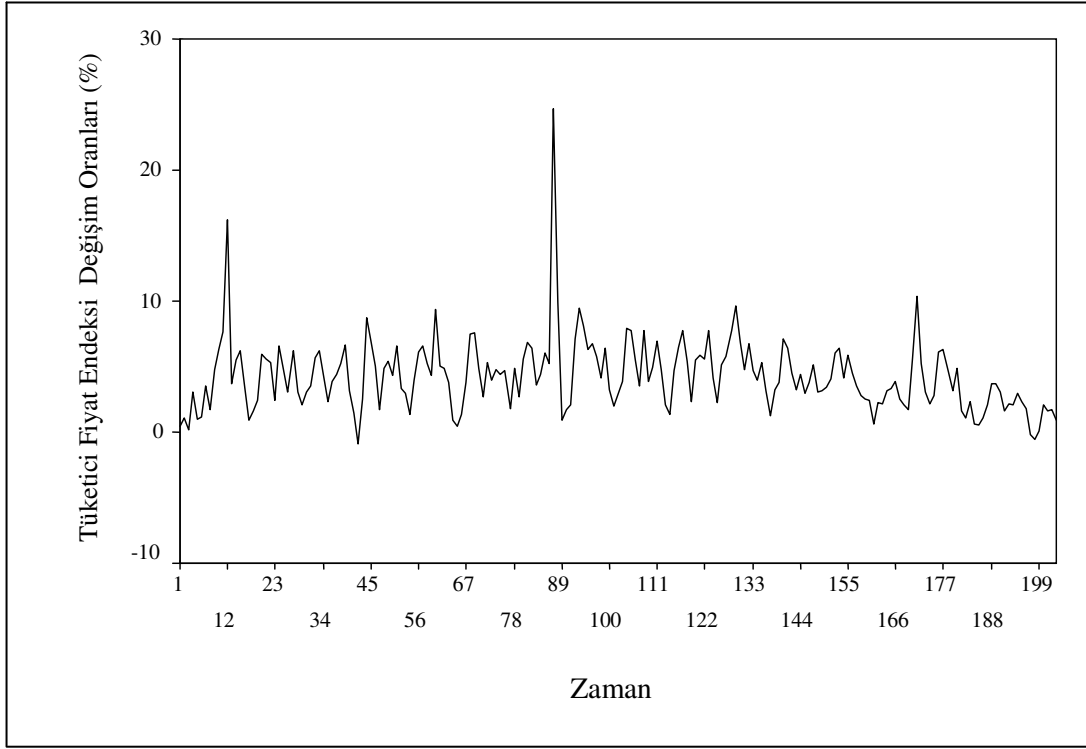
Aylık tüketici fiyat endeksi değişim oranları (%) verisi Şubat 1987-Aralık 2004 dönemlerini kapsamaktadır. Veriler TCMB EVDS’ den alınmıştır (39). Bunlar TÜİK tarafından hesaplanmaktadır. Diziye ait grafik Şekil 5.7’de verilmiştir.



Şekil 5.5. İhracatın ithalatı karşılama oranı (%) (1989-2004)



Şekil 5.6. Ortalama aylık Cumhuriyet altını satış fiyatları (YTL/Adet) (1987-2004)



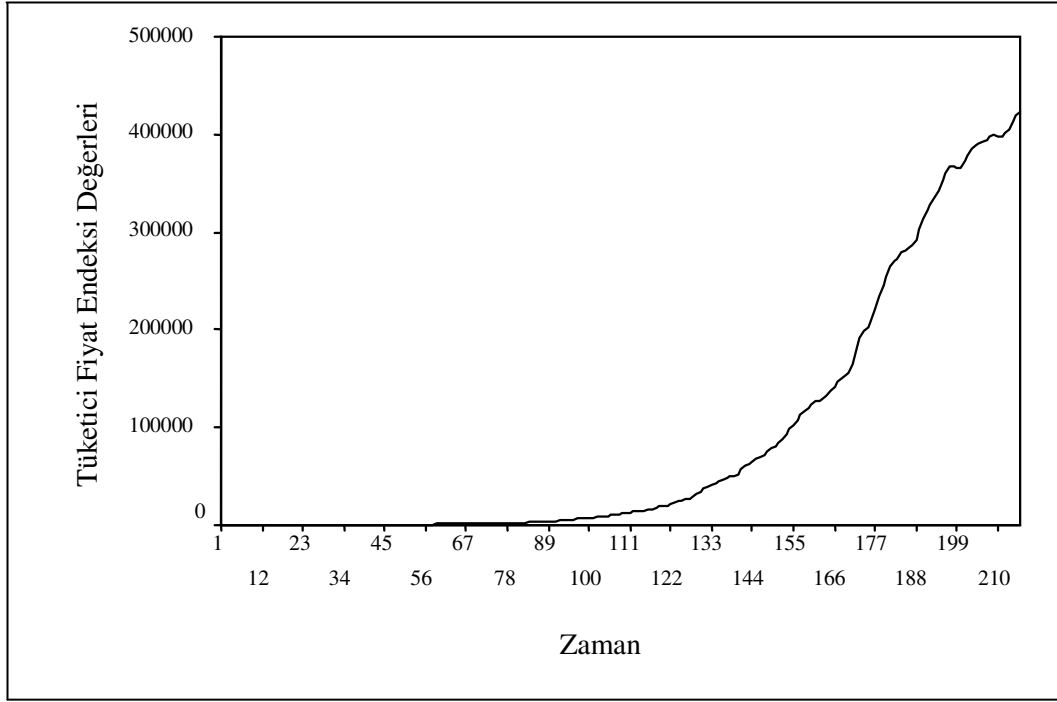
Şekil 5.7. Tüketici fiyat endeksi (1987=100) değişim oranları (%) (1987-2004)

5.1.8. Aylık tüketici fiyat endeksi (1987=100)

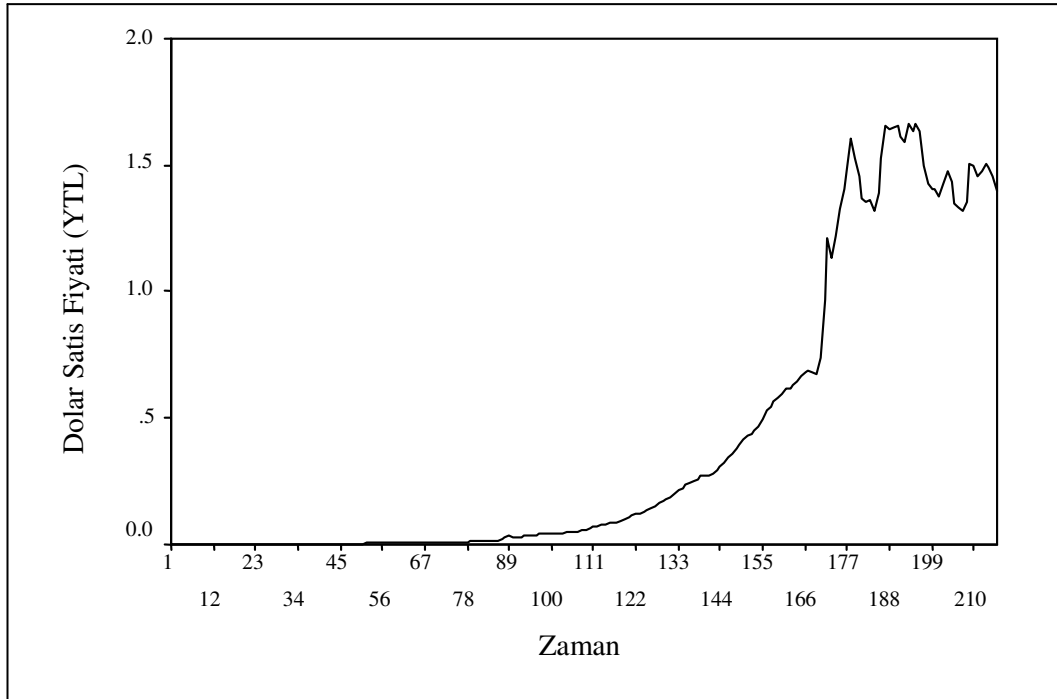
Aylık tüketici fiyat endeksi verisi Ocak 1987-Aralık 2004 dönemlerini kapsamaktadır. Bu veriler TCMB EVDS'den elde edilmiştir (39). TÜİK'e ait verilerdir. Diziye ait grafik Şekil 5.8'de gösterilmektedir.

5.1.9. Dolar aylık ortalama satış fiyatı (YTL)

Doları aylık ortalama satış fiyatı (YTL/Adet) verisi TCMB EVDS den alınan (39), TÜİK kaynaklı verilerdir. Ocak 1987-Aralık 2004 dönemlerini kapsamaktadır. TCMB kurlarıdır. Diziye ait grafik Şekil 5.9'da verilmiştir.



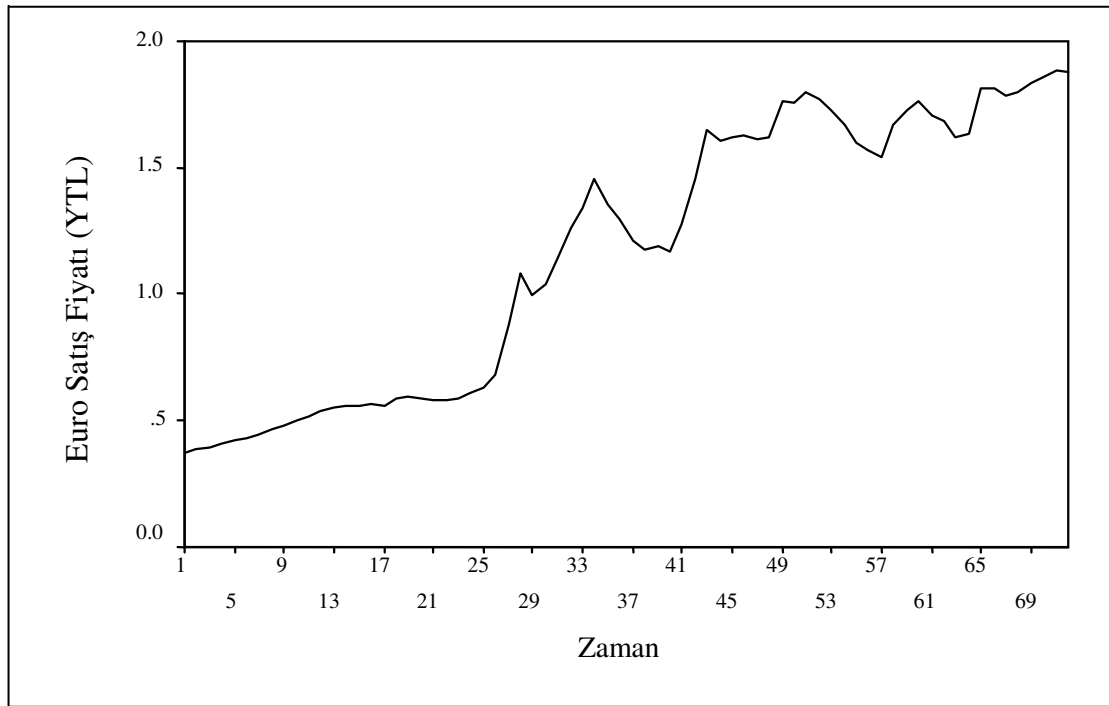
Şekil 5.8. Tüketici fiyat endeksi (1987=100) (1987-2004)



Şekil.5.9. Dolar aylık ortalama satış fiyatı (YTL) (1987-2004)

5.1.10. Euro aylık ortalama satış fiyatı (YTL)

Euro aylık ortalama satış fiyatı (YTL/Adet) verisi Ocak 1999-Aralık 2004 dönemlerini kapsamaktadır. Bu veriler TCMB EVDS' den sağlanmış TCMB kurlarıdır (39). TÜİK'e ait verilerdir. Diziye ait grafik Şekil 5.10'daki gibidir.



Şekil 5.10. Euro aylık ortalama satış fiyatı (YTL) (1999-2004)

5.2. Verilerin Analizi

Verilerin analizinde YSA ve Box-Jenkins metotları kullanılarak kestirimler yapılmıştır. Diziler için uygun model yapıları belirtilmiş ve kestirim değerleri elde edilmiştir. Box-Jenkins metodu için verilerin incelenmesi, analizi ve grafiklerin çizilmesinde STATGRAPHICS ve SPSS paket programları, YSA için MATLAB paket programı kullanılmıştır.

Öncelikli olarak dizilerin Box-Jenkins ile modellemesine yer verilmiş uygun model yapısı belirtilerek kestirim değerleri elde edilmiştir. Box-Jenkins ile modellemeye,

yalnızca bir zaman dizisi için modelleme aşamaları detaylandırılacak, diğer diziler için elde edilen modeller verilecektir.

Box-Jenkins ile modelleme yapıldıktan sonra YSA ile verilerin analizi yapılmış, tek çıktı nöronunun kullanıldığı iteratif ve kestirilen dönem sayısına göre çok sayıda çıktı nöronunun kullanıldığı direkt kestirim metotları ile kestirimler elde edilmiştir. Anlatımlarında iteratif kestirim metodunun kullanıldığı sinir ağları için ifade kolaylığı açısından iteratif YSA, direkt kestirim metodunun kullanıldığı sinir ağları için ise direkt YSA ifadesi kullanılmıştır. Box-Jenkins metodunda tüm varsayımların sağlanabildiği diziler için YSA ile öncelikli olarak, orijinal veri kullanılarak ağ eğitimi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, modellemeler için kullanılan dönüşümlerin uygulandığı diziler ile ağ eğitimleri sağlanmıştır. Bunda amaç her iki metot için aynı düzeyde karşılaştırma yapmak ve dönüşüm yapıldığı zaman YSA performansını görmektir. En son olarak tüm durumlar için karşılaştırmalar yapılmış, analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlarla performans karşılaştırması aynı düzeyde gerçekleştirilmiştir. Dönüştürülmüş veri ile elde edilen kestirim değerleri orijinal hale çevrilerek, tüm kestirimler aynı düzeye getirilmiştir.

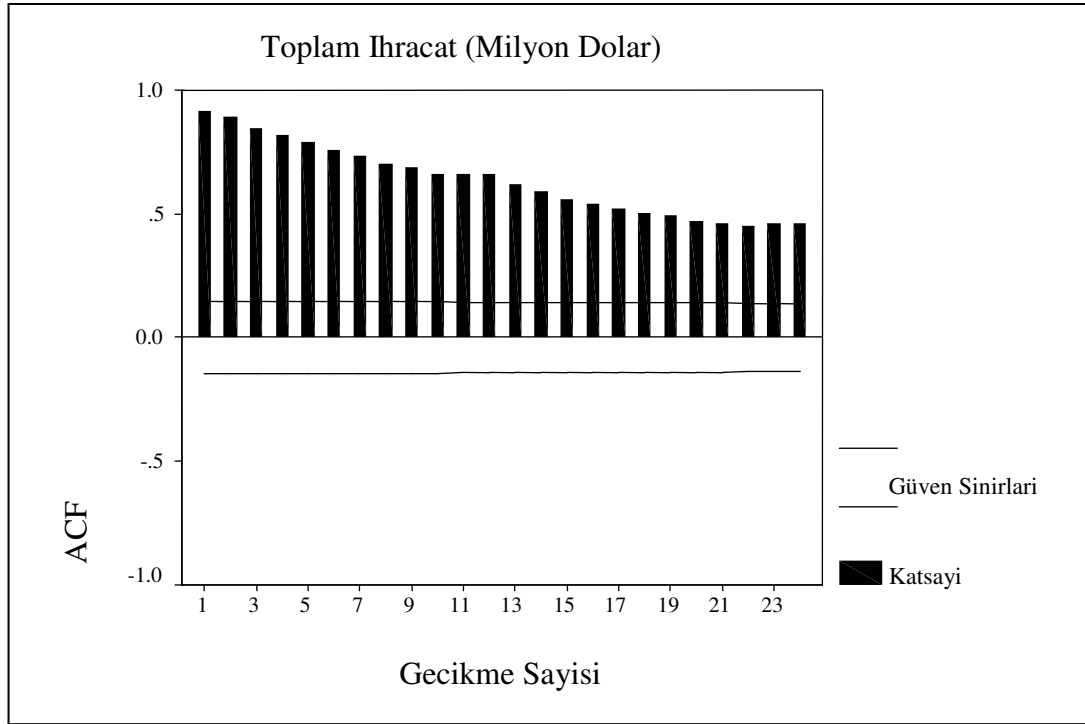
5.2.1. Aylık toplam ihracat verisinin analizi

Toplam ihracat verisinin analizinde Box-Jenkins metodunda 1989-2003 yılları model belirlemek amacıyla, 2004 yılı test amacıyla kullanılmıştır. YSA için 1989-2002 yılları eğitim, 2003 yılı doğrulama ve 2004 yılı verileri test amaçlıdır. Her iki metot için elde edilen 2004 yılı kestirim değerleri ile performans karşılaştırmaları yapılmış, analiz sonunda 2005 yılı kestirimleri verilmiştir.

Box-Jenkins metodu ile analiz

Toplam ihracat dizisine ait grafik incelendiğinde (Bkz. Şekil 5.1) zaman dizisinin ortalamada durağan dışı bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Söz konusu veri,

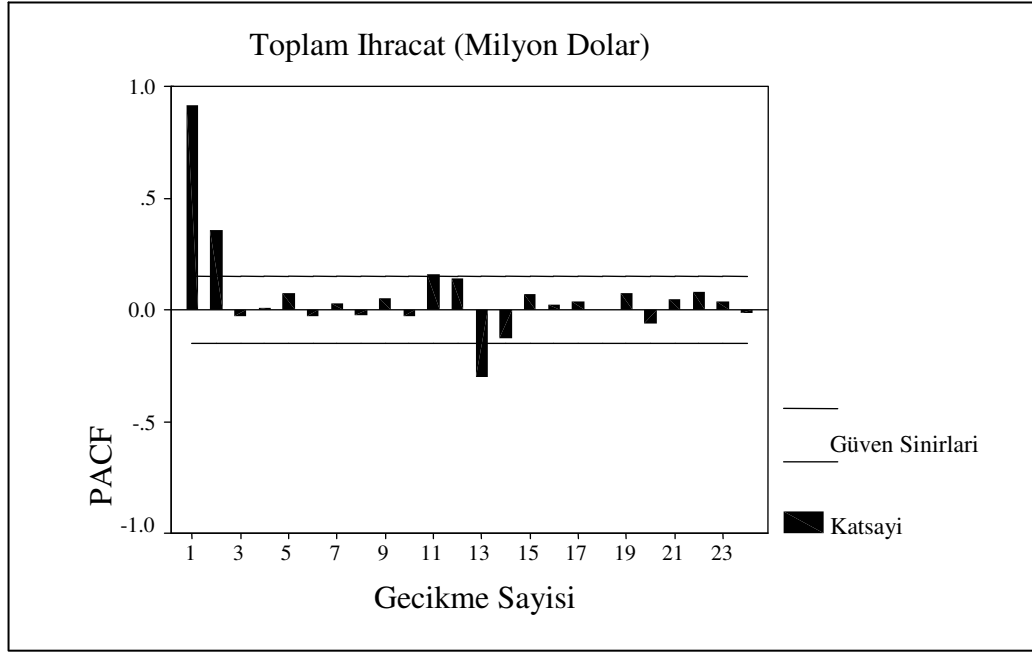
farklı amaçlı bir çalışmada kullanılmıştır (40). Orijinal diziye ait ACF ve PACF grafikleri Şekil 5.11 ve Şekil 5.12’de verilmiştir.



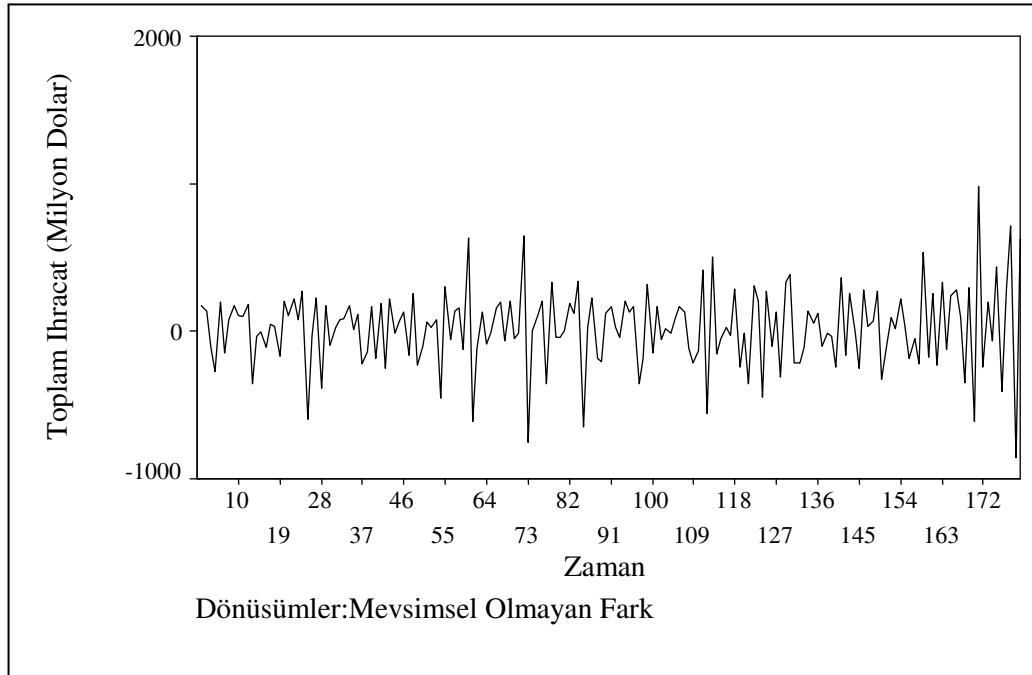
Şekil 5.11. Orijinal toplam ihracat dizisi için ACF grafiği

Daha önce belirtildiği gibi Box-Jenkins yaklaşımıyla durağanlığın incelenmesi, dizinin grafiği, ACF ve PACF grafikleri çizilerek belirlenir. ACF grafiği, yavaş azalan ve alt ve üst sınırları genişleyerek artan bir yapıya sahip olmalıdır. Toplam ihracat dizisi ACF grafiğinde de bu durum söz konusudur. Yavaş azalma göstermektedir. PACF grafiği ise sınırlar bakımından benzer yapıya sahip olmakla beraber çoğunlukla ilk katsayının görüntüsü grafikte bire yakın bir yapıda olmalıdır. Diziye ait PACF grafiği Şekil 5.12 incelendiğinde ilk katsayının bire yakın olduğu görülmektedir. Bu yüzden uygun fark alma yöntemleri uygulanarak toplam ihracat dizisi durağan hale dönüştürülmelidir.

Bu amaçla dizinin mevsimsel olmayan farkı alınarak durağan hale getirilmiştir. Mevsimsel olmayan fark sonrası elde edilen dizinin grafiği Şekil 5.13’de gösterilmiştir.

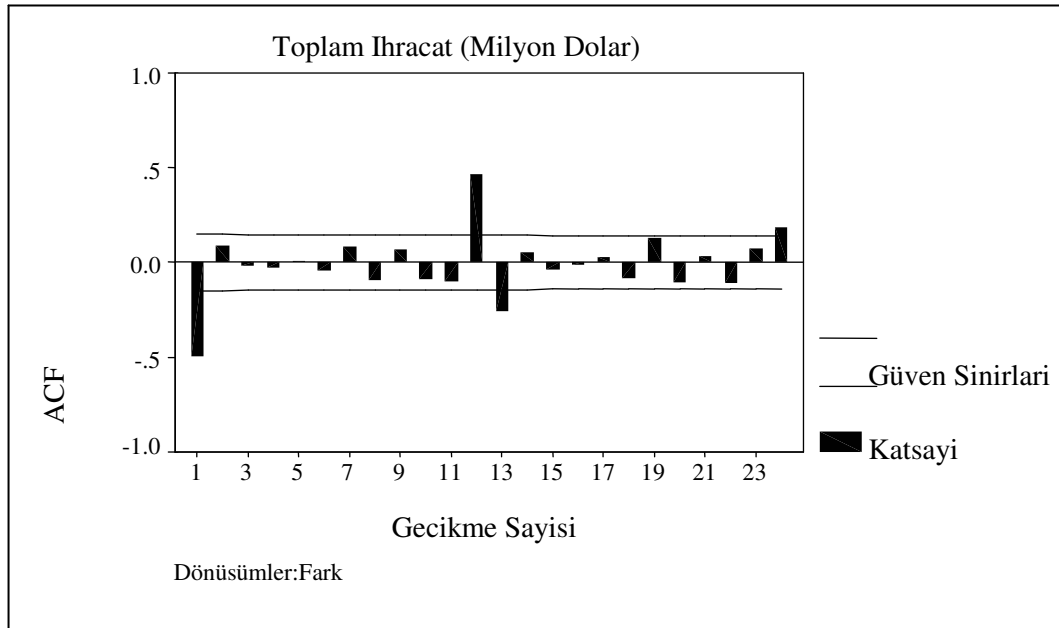


Şekil 5.12. Orijinal toplam ihracat dizisi PACF grafiği

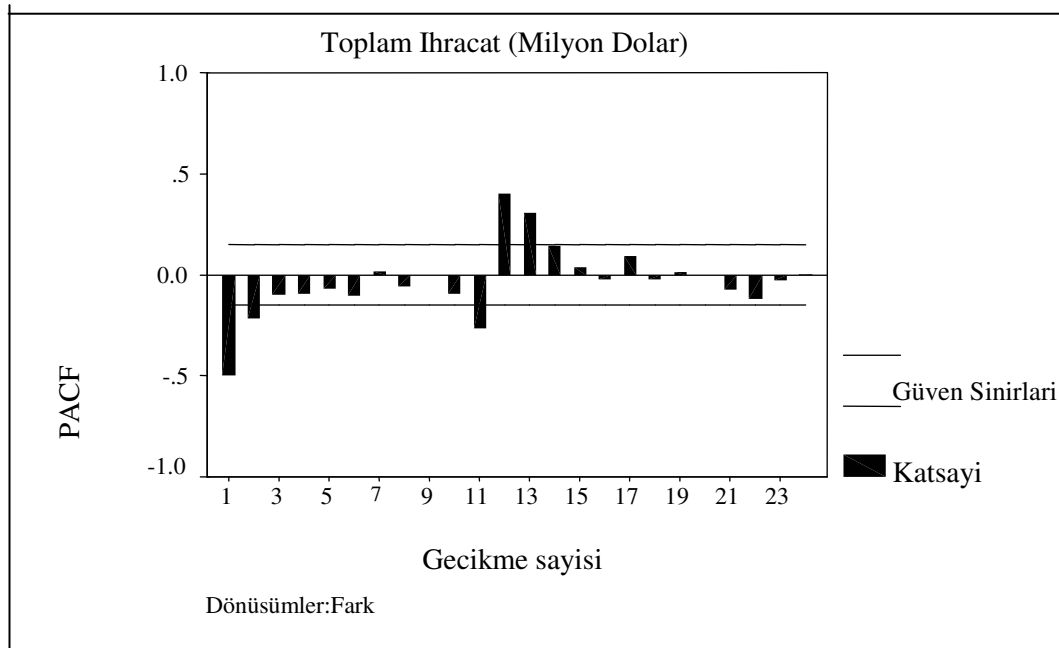


Şekil 5.13. Mevsimsel olmayan fark sonrası toplam ihracat dizisi grafiği

Mevsimsel olmayan fark sonrası dizi durağan hale gelmiştir. Oluşan diziye ait ACF ve PACF grafikleri Şekil 5.14 ve Şekil 5.15' de gösterilmiştir.



Şekil 5.14. Mevsimsel olmayan farkı alınmış toplam ihracat dizisi ACF grafiği



Şekil 5.15. Mevsimsel olmayan fark sonrası toplam ihracat dizisi PACF grafiği

Diziye ait ACF ve PACF grafikleri incelenmiş, bazı uygun modeller belirlenmiştir. Elde edilen kestirimler açısından en uygun modelin $SARIMA(1,1,1)(1,0,0)_{12}$ olduğu

sonucuna varılmıştır. Varsayımların sağlanıp sağlanmadığının kontrolü yapılmış, modelin uygunluğu ve hatalara ilişkin varsayımların sağlandığı gözlenmiştir.

Modelin uygunluğunun tespitinde, test edilen hipoteze göre;

H_0 : Model Uygunudur.

H_1 : Model Uygun Değildir.

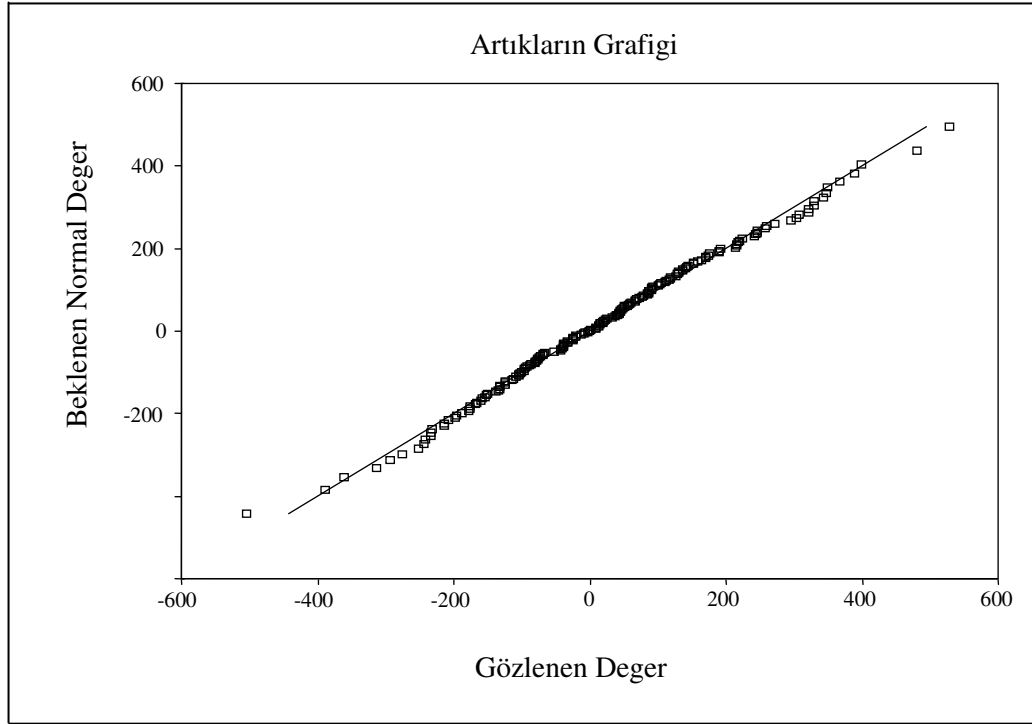
Modelin uygunluğunun analizi Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Toplam ihracat verisi SARIMA(1,1,1)(1,0,0)₁₂ model analizi

Parametre	Tahmin	Standart Hata	t-değeri	P-değeri
AR (1)	-,30144	,11124	-2,70979	,00740
SAR(12)	,70681	,06612	10,69008	,00000
MA (1)	,45686	,10123	4,51318	,00001
20 Artık Otokorelasyon Değeri için Ki-Kare Test İstatistiği = 11,5107				

Hipotezin testi için elde edilen sonuçlara göre 20 artık otokorelasyon için ki-kare değeri 11,5107 , serbestlik derecesi 17 için ki-kare tablo değeri = 27,5871 değerinden küçük olduğu için H_0 hipotezi kabul edilir. Model uygundur.

Hatalara ilişkin dağılımın normal dağılım olup olmadığını incelemek amacıyla yapılan ki-kare testi sonucunda, P değeri = 0,9524 $\alpha = 0,05$ ’den büyük bulunmuştur. Hatalar normal dağılıma sahiptir. Şekil 5.16’da artıkların grafiği görülmektedir. Ayrıca artıklara ilişkin ACF ve PACF grafikleri de anlamlı parametre içermemektedir. Modelin tespitiyle ilgili tüm aksiyomlar sağlanmaktadır.



Şekil 5.16. Toplam ihracat dizisi için artıkların grafiği

Toplam ihracat verisine ait Box-Jenkins metodu ile bulunan, kestirimler açısından en iyi model olan $SARIMA(1,1,1)(1,0,0)_{12}$ modeli için 2004 yılı kestirimlerine ait MAPE, MAE ve RMSE değerleri Çizelge 5.2’de verildiği gibidir.

Çizelge 5.2. Toplam ihracat verisi için $SARIMA(1,1,1)(1,0,0)_{12}$ modeli performans değerleri

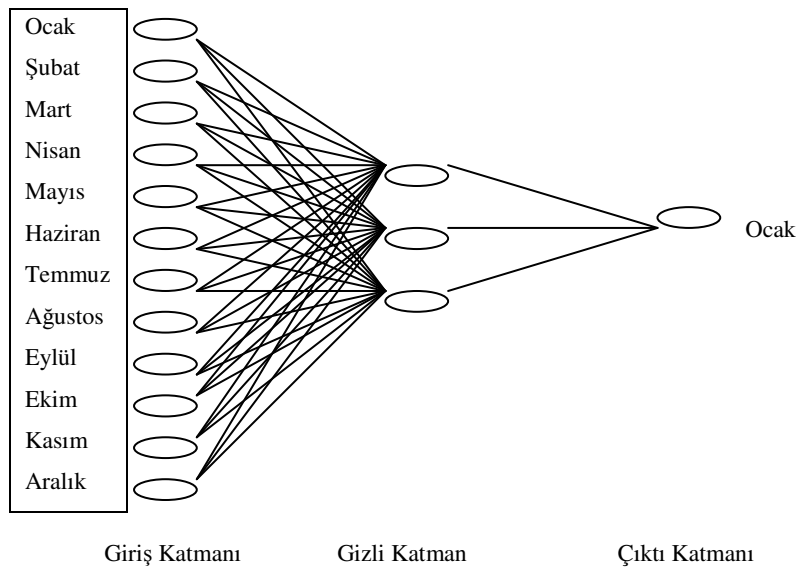
MAPE	MAE	RMSE
10,180	546,546	607,776

YSA metodu ile analiz

YSA ile iteratif kestirim

Orijinal dizi için YSA ile iteratif kestirim

İteratif kestirimde toplam ihracat verisine ilişkin YSA giriş katmanı, 1 gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Giriş ve gizli katman için farklı nöron sayıları denenmiş ağ mimarisinde, giriş katmanı için 12, gizli katman için 3 nöron kullanılmıştır. Çıktı nöronu olarak belirtilen Z_t kestirimi için girdi nöron değerleri olarak $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-11}, Z_{t-12}$ alınmıştır. İteratif kestirim için kurulan YSA mimarisi Şekil 5.17’de gösterilmektedir.



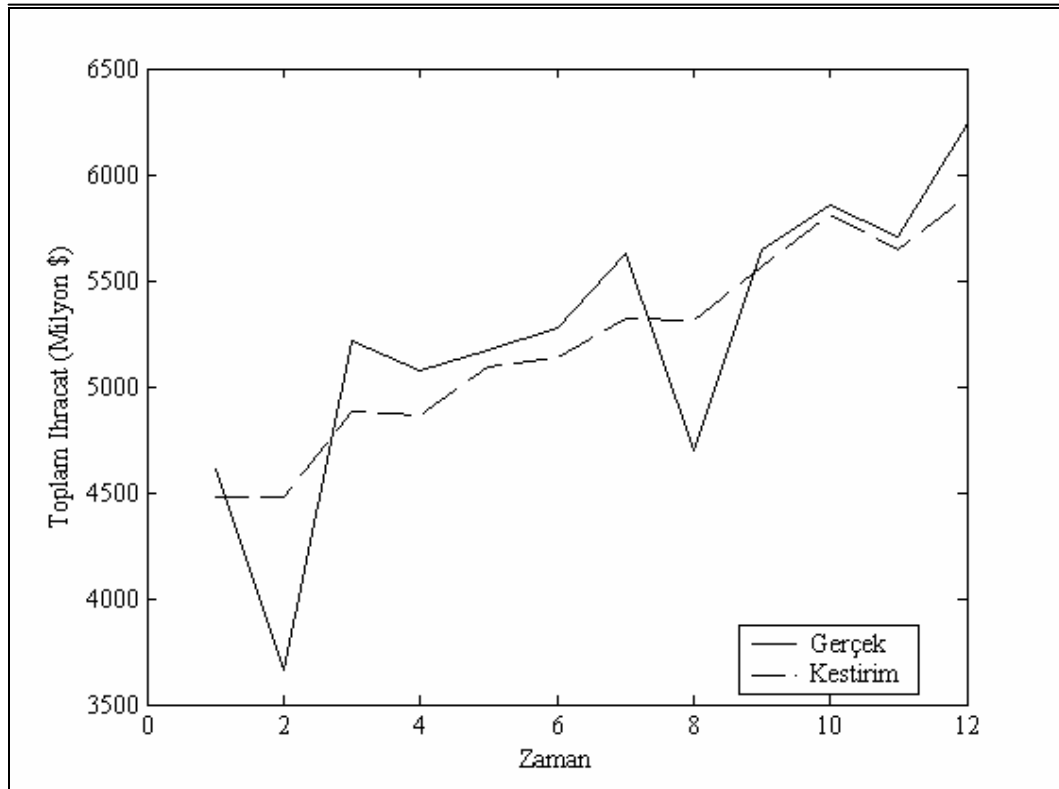
Şekil 5.17. Orijinal ihracat verisi için iteratif YSA mimarisi

Gizli ve çıktı katmanları için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir. Daha önce belirtilen $[a, b]$ aralığı doğrusal dönüşüm eşitliğine göre (Bkz. Eş. 4.7) veriye $[-1, 1]$ aralığında normalleştirme yapılmıştır. Trainbr geri yayılım algoritması kullanılmıştır. YSA için performans değerleri Çizelge 5.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Orijinal ihracat verisi için iteratif YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
7,06	7,04	5,59	123,56	273,27	263,15	158,50	326,69	349,48

2004 yılı gerçek değerleri ile YSA ile elde edilen kestirim değerlerinin grafiği Şekil 5.18’de verildiği gibidir.

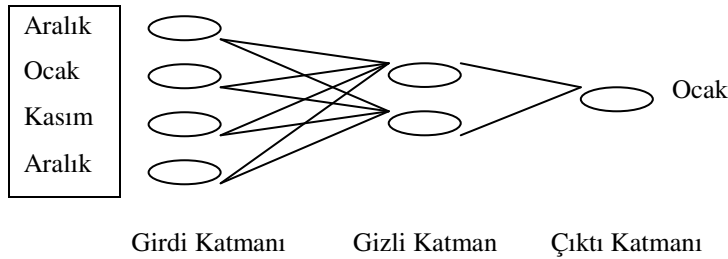


Şekil 5.18. Toplam ihracat verisi için 2004 yılı gerçek değerleri ve iteratif YSA kestirim değerleri grafiği

Dönüştürülmüş dizi için YSA ile iteratif kestirim

YSA ile modellemede dönüşümlerin etkisini incelemek için dönüşüm uygulanmış dizi ile YSA eğitimi sağlanmış, sonuçlar karşılaştırılmıştır. Box Jenkins ile modellemede dizinin mevsimsel olmayan farkı alınarak modelleme yapıldığından, YSA ile de aynı düzeyde karşılaştırma yapmak, bu durumda her iki metodun

performansını görmek amacıyla farkı alınan dizi ile ağ eğitimi gerçekleştirilmiştir. Bu eğitim için ağ giriş katmanı, gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Giriş katmanı için 4, gizli katman için 2 nöron kullanılmıştır. Çıktı nöronu olarak belirtilen Z_t kestirimi için girdi nöron değerleri olarak $Z_{t-1}, Z_{t-2}, Z_{t-12}, Z_{t-13}$ alınmıştır. Dizinin ACF ve PACF grafiğinde anlamlılığın görüldüğü bu değerlerin ağa gösterilmesi suretiyle eğitim sağlanmaktadır. Literatürde mevsimselliğin gözlendiği dizilerde Z_{t-1}, Z_{t-12} ya da $Z_{t-1}, \dots, Z_{t-4}, Z_{t-12}, Z_{t-13}, Z_{t-14}, Z_{t-24}, Z_{t-25}, Z_{t-36}$, ya da $Z_{t-1}, Z_{t-2}, Z_{t-12}$ ya da $Z_{t-1}, Z_{t-2}, Z_{t-12}, Z_{t-13}, Z_{t-14}$ gibi değerleri dikkate alan bu tür uygulamalara rastlanmaktadır (16, 41, 42). Anlamlılığın görüldüğü değerler için değişik girdi yapıları oluşturulmaktadır. Gizli katman için hiperbolik tanjant, çıktı katmanı için doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Daha önce verilen $[a, b]$ aralığı doğrusal dönüşüm eşitliğine göre (Bkz. Eş. 4.7) $[-1, 1]$ aralığında veri normalleştirmiştir. Trainbr algoritması kullanılmıştır. Dönüştürülmüş ihracat dizisi için iteratif kestirim amaçlı oluşturulan YSA mimarisi Şekil 5.19’dadır.



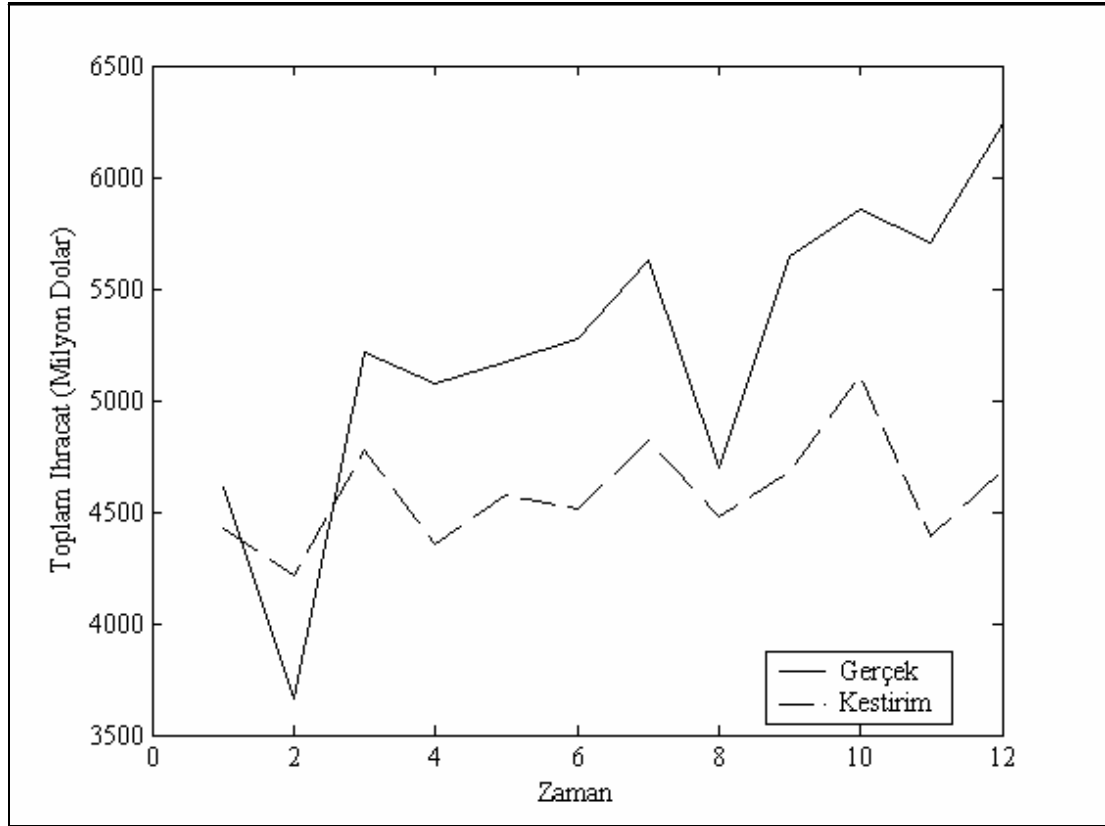
Şekil 5.19. Dönüştürülmüş ihracat dizisi için iteratif YSA mimarisi

YSA için eğitim, doğrulama ve test aşamasına ait elde edilen performans değerleri Çizelge 5.4’de verildiği gibidir.

Çizelge 5.4. Dönüştürülmüş toplam ihracat verisi için iteratif YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
229,49	67,389	224,4	124,26	284,19	407,99	155,37	340,56	502,51

Dönüştürülmüş dizi ile eğitilen YSA ile 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerlere ait grafik Şekil 5.20’de gösterilmektedir.



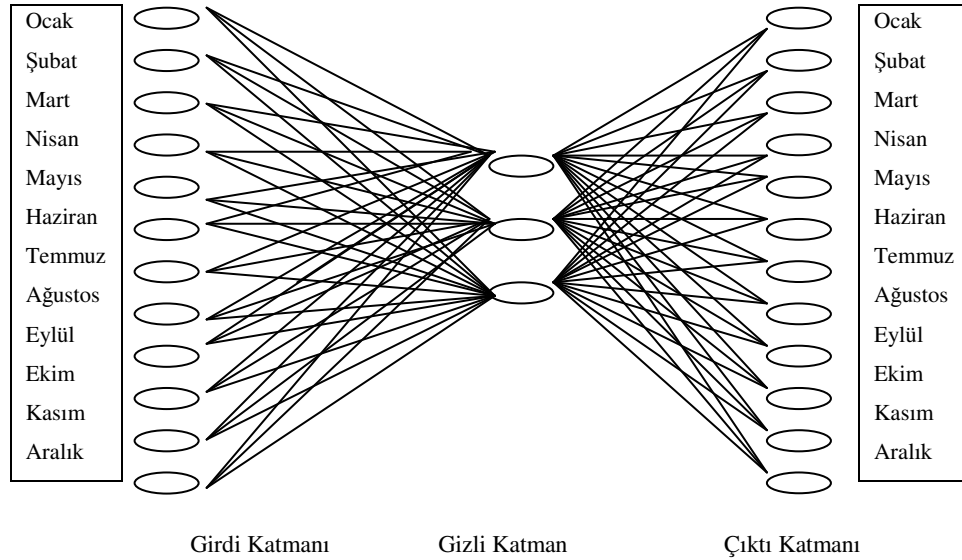
Şekil 5.20. Dönüştürülmüş toplam ihracat verisi ile eğitilen iteratif YSA için 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

YSA ile direkt kestirim

Orijinal dizi için YSA ile direkt kestirim

YSA ile direkt kestirim için kurulan ağ girdi katmanı, tek gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Girdi katmanı 12, gizli katman 3 ve çıktı katmanı da 12 nörona sahiptir. Gizli katmanda ve çıktı katmanında lojistik aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Daha önce belirtilen basit normalizasyon formülünde (Bkz.Eş. 4.9) veri maksimum değerinin 1,75 katına bölünerek normalleştirme yapılmıştır. Verinin [0 1] aralığından daha küçük bir aralıkta normalleştirilmesi söz konusudur. Örneğin Tang ve Fishwick veriyi [0,2 0,8] aralığında normalleştirmişlerdir (30). Bu yaklaşım

eğitim kümesindeki verilerden daha büyük değerlerin ortaya çıkabilmesi durumunda oluşabilecek problemleri ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır (17). Trainbr algoritması kullanılmıştır. Direkt kestirim için kurulan YSA mimarisi Şekil 5.21’de gösterilmiştir.



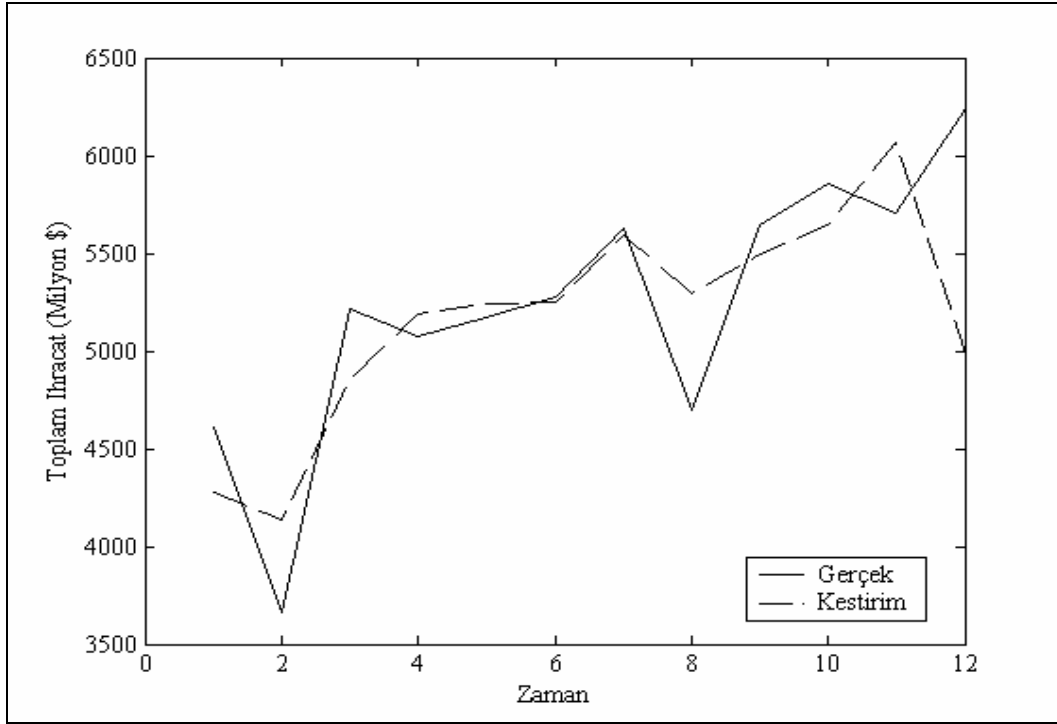
Şekil 5.21. Orijinal toplam ihracat dizisi için direkt YSA mimarisi

Direkt kestirim amacıyla oluşturulan YSA için eğitim, doğrulama ve test aşamasına ait performans değerleri Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Orijinal toplam ihracat verisi için direkt YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
3,87	8,61	6,45	61,96	354,30	333,25	80,31	474,34	466,21

2004 yılı için direkt kestirim yoluyla elde edilen YSA kestirim değerleri ile gerçek değerlere ait grafik Şekil 5.22’de gösterilmiştir.



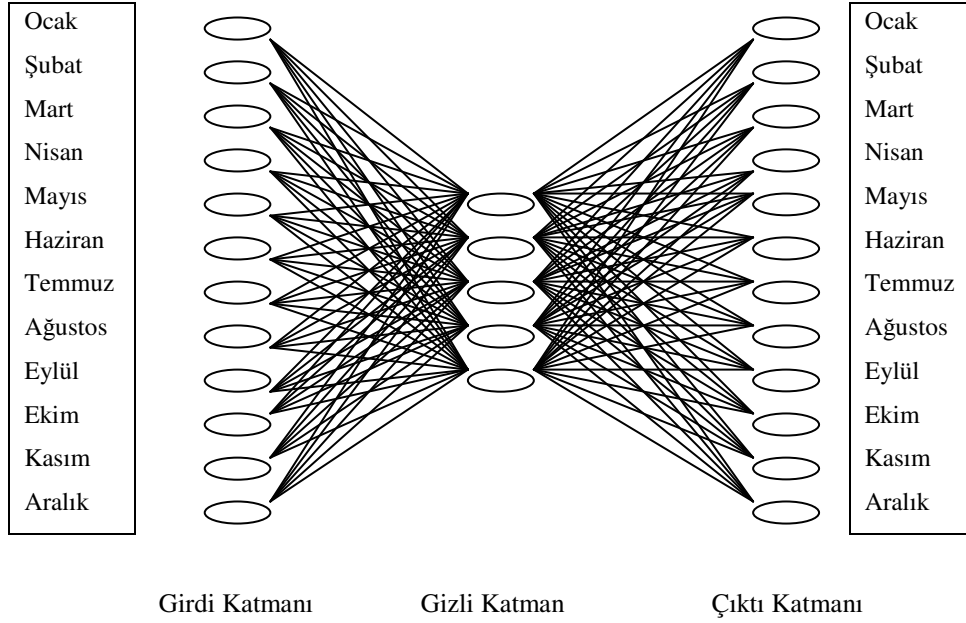
Şekil 5.22. Orijinal toplam ihracat dizisi için direkt YSA ile sağlanan 2004 yılı kestirim değerleri ile gerçek değerler grafiği

Dönüştürülmüş dizi için YSA ile direkt kestirim

YSA ile dönüştürülmüş ihracat dizisine ait direkt kestirim için kurulan ağda, girdi katmanında 12, gizli katmanda 5 ve çıktı katmanı da 12 nöron vardır. Gizli katmanda ve çıktı katmanında lojistik aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. [0 1] aralığında basit normalizasyon formülü ile (Bkz. Eş. 4.9) veri normalleştirilmiştir. Trainbr geri yayılım algoritması ile eğitim sağlanmıştır. Direkt kestirim amacıyla oluşturulan YSA mimarisi Şekil 5.23' de gösterilmektedir. YSA için elde edilen performans değerleri Çizelge 5.6'da verildiği gibidir.

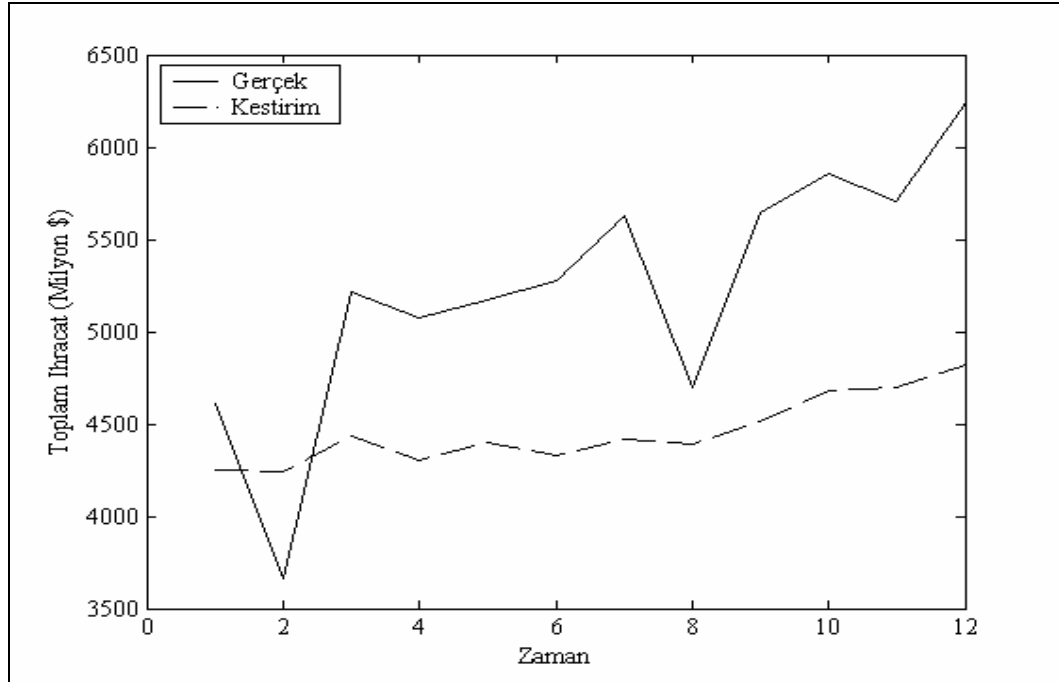
Çizelge 5.6. Dönüştürülmüş ihracat verisi için direkt YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
197,44	82,42	297,13	144,34	420,92	455,51	185,90	500,68	623,58



Şekil 5.23. Dönüştürülmüş toplam ihracat verisi için direkt YSA mimarisi

2004 yılı gözlemleri ile direkt YSA ile elde edilen 2004 yılı kestirim değerleri grafiği Şekil 5.24’de gösterildiği gibidir.



Şekil 5.24. Dönüştürülmüş toplam ihracat dizisi için 2004 yılına ait direkt YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

Karşılaştırmalar

2004 yılı için Box-Jenkins ve YSA ile elde edilen kestirimler 3, 7 ve 12 dönemlik kestirim performansları açısından karşılaştırılmış sonuçlar Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Toplam ihracat verisi için 3, 7 ve 12 dönemlik kestirimler açısından tüm metotların performans karşılaştırması

	3 DÖNEMLİK			7 DÖNEMLİK			12 DÖNEMLİK		
	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE
YSA(İteratif)	10,519	427,489	515,094	6,480	288,594	370,521	5,592	263,149	349,482
YSA Dön. (İteratif)	9,183	392,602	422,923	11,689	578,757	612,667	13,695	737,766	832,380
YSA(Direkt)	9,077	391,456	396,210	4,596	204,439	265,034	6,4585	333,246	466,205
YSA Dön. (Direkt)	12,855	573,232	599,098	15,449	774,341	813,692	16,266	871,662	931,721
Box-Jenkins	8,526	376,709	391,448	9,711	482,675	499,951	10,180	546,546	607,776

Orijinal ihracat verisi ile YSA, direkt ve iteratif kestirim metoduyla, 7 ve 12 dönem kestirimlerinde Box-Jenkins’ ten daha iyi performans göstermiştir. YSA ile veride logaritma ya da fark alma gibi herhangi bir dönüşüme gerek duyulmadan orta ve uzun dönemde Box-Jenkins’e göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Orijinal ihracat verisi ile iteratif ve direkt kestirim yaklaşımlarında kestirilen dönem sayısı arttıkça YSA performansı artış göstermektedir. Box-Jenkins’te ise kestirilen dönem sayısı arttıkça performansta düşme görülmektedir.

Box-Jenkins ile elde edilen SARIMA(1,1,1)(1,0,0)₁₂ modeli ve YSA için 2005 yılı kestirim değerleri Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Toplam ihracat dizisi için tüm metotlar ile 2005 yılı kestirimleri

Aylar	Box-Jenkins	YSA (İteratif)	YSA (Direkt)	YSA Dön. (İteratif)	YSA Dön. (Direkt)
OCAK	6061,25	5861,20	5278,50	5968,90	5893,69
ŞUBAT	5343,13	5739,50	5259,00	5636,75	5883,66
MART	6593,35	6192,60	6137,40	6455,02	6075,72
NİSAN	6478,64	6230,10	6209,20	6043,65	5942,22
MAYIS	6555,28	6346,40	6662,30	6215,59	6044,58
HAZİRAN	6647,62	6412,90	6441,40	6278,09	5972,66
TEMMUZ	6930,96	6462,20	6737,10	6501,75	6054,81
AĞUSTOS	6170,80	6259,00	6359,80	5949,69	6027,85
EYLÜL	6943,65	6537,30	6566,00	6388,19	6151,77
EKİM	7112,99	6614,90	6813,30	6378,59	6323,74
KASIM	6993,94	6647,70	7091,60	6332,79	6336,33
ARALIK	7427,05	6768,10	5417,80	6689,36	6458,61

5.2.2. Toplam ihracat değişim oranı verisinin analizi

Toplam ihracat değişim oranı verisiyle analizde Box-Jenkins metodu için 1989 ve 2003 yılları ve arası veriler model belirlemek için 2004 yılı ise test için kullanılmıştır. YSA 'da ise 1989 ve 2003 yılları ile arası veriler eğitim, 2003 yılı doğrulama ve 2004 yılı verileri test amaçlıdır. Her iki metot için elde edilen 2004 yılı kestirim değerleri performans karşılaştırması için kullanılmıştır. Analizin sonunda 2005 yılı kestirimleri her iki metot için sağlanmıştır.

Box-Jenkins metodu ile analiz

Bu diziye ait grafik incelendiğinde (Bkz. Şekil 5.2) zaman dizisinin durağan bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Dizi için ACF ve PACF grafikleri incelenerek bazı uygun model yapıları belirlenmiştir. Yapılan modellemeler sonucunda kestirimler açısından en uygun model SARIMA(0,0,1)(1,0,0)₁₂ olarak belirlenmiştir.

Modelin uygunluğunun analizi Çizelge 5.9' da gösterilmiştir.

Çizelge 5.9. Toplam ihracat değişim oranı verisi için SARIMA(0,0,1)(1,0,0)₁₂ model analizi

Parametre	Tahmin	Standart Hata	t-değeri	P-değeri
SAR(12)	0,58916	0,06373	9,24489	0,00000
MA (1)	0,60058	0,06080	9,87737	0,00000
ORTALAMA	2,21444	0,65855	3,36258	0,00095
SABİT	0,90978			
20 Artık Otokorelasyon Değeri için Ki-Kare Test İstatistiği = 18,629				

20 artık otokorelasyon için ki-kare değeri 18,629 serbestlik derecesi 18 için ki-kare tablo değeri = 28,8693 değerinden küçük olduğu için H_0 hipotezi reddedilemez. Model uygundur denilir. Hataların dağılımı için yapılan ki-kare testi sonucunda, P değeri = 0,897 değeri $\alpha = 0,05$ ten büyük bulunmuştur. Hataların dağılımı normaldir. Tüm varsayımlar sağlanmaktadır.

SARIMA(0,0,1)(1,0,0)₁₂ modeli için 2004 yılı kestirimlerine ait MAPE, MAE ve RMSE performans değerleri Çizelge 5.10' da verilmiştir.

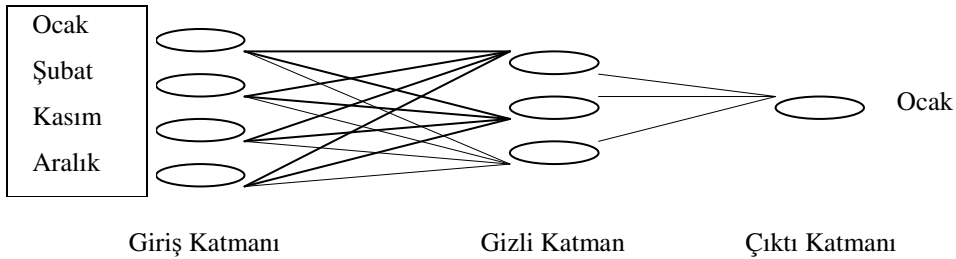
Çizelge 5.10. Toplam ihracat değişim oranı verisi için SARIMA(0,0,1)(1,0,0)₁₂ modeli performans değerleri

MAPE	MAE	RMSE
123,976	6,837	9,477

YSA metodu ile analiz

YSA ile iteratif kestirim

İteratif kestirimde toplam ihracat değişim oranları dizisine ilişkin YSA, 4 nöronlu giriş katmanı, 3 nöronlu gizli katman ve tek nöronlu çıktı katmanından oluşmaktadır. Çıktı nöronu olarak belirtilen Z_t kestirimi için girdi nöron değerleri olarak $Z_{t-1}, Z_{t-2}, Z_{t-11}, Z_{t-12}$ alınmıştır. İteratif kestirim için oluşturulan YSA mimarisi Şekil 5.25’ de gösterilmektedir.



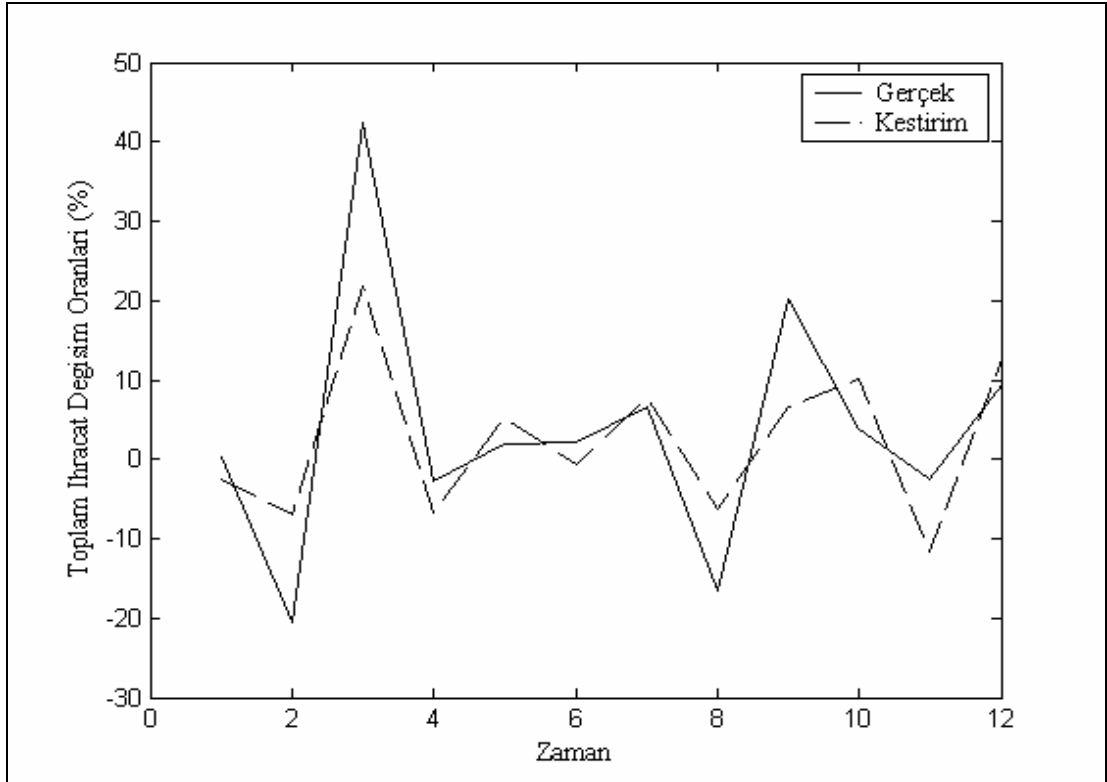
Şekil 5.25. Toplam ihracat değişim oranı dizisi için iteratif YSA mimarisi

Gizli katman için lojistik, çıktı katmanı için doğrusal aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir. Verinin daha önce verilen $[0, 1]$ aralığı doğrusal dönüşüm eşitliği (Bkz. Eş 4.6) normalleştirilmesi yapılmıştır. Trainbr algoritması kullanılmıştır. YSA için performans değerleri Çizelge 5.11’ de verildiği gibidir.

Çizelge 5.11. Toplam ihracat değişim oranı verisi için iteratif YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
267,940	61,046	188,349	7,246	6,991	7,613	9,045	8,137	9,505

2004 yılı için YSA kestirimleri ile gerçek değerlere ait grafik Şekil 5.26’ da gösterilmiştir.

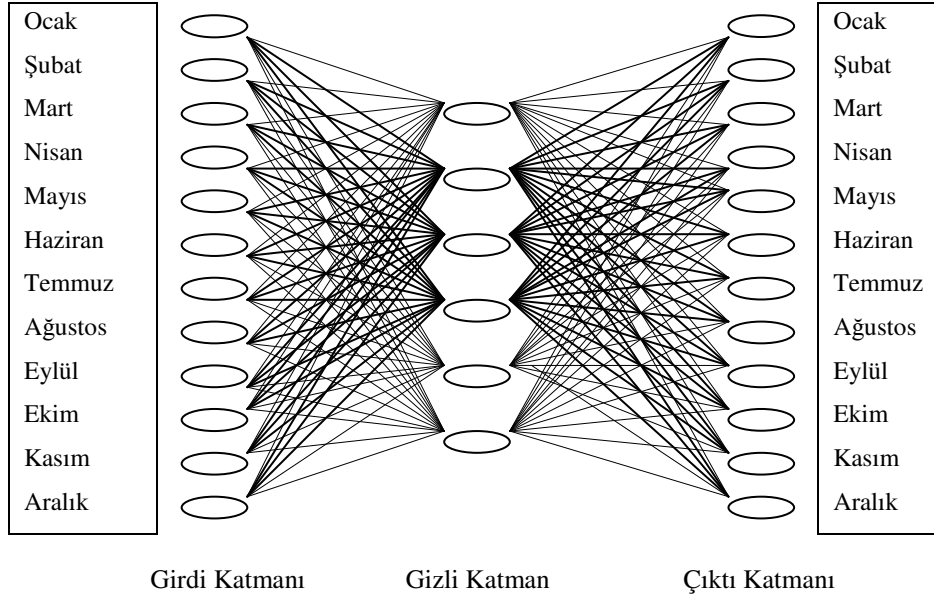


Şekil 5.26. Toplam ihracat değişim oranı dizisi için 2004 yılına ait iteratif YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

YSA ile direkt kestirim

YSA ile direkt kestirim için kurulan ağın mimarisi ise şöyledir. Ağ girdi katmanı, tek gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Girdi katmanı 12, gizli katman 6 ve çıktı katmanı da 12 nörona sahiptir. Gizli katmanda ve çıktı katmanında lojistik aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. [0 1] aralığında normalleştirme yapılmıştır. Basit normalizasyon formülü kullanılarak (Bkz. Eş. 4.9) veri normalleştirilmiştir. Trainbr geri yayılım algoritması ile çalışılmıştır.

Direkt kestirim amacıyla kurulan YSA mimarisi Şekil 5.27' de gösterildiği gibidir.



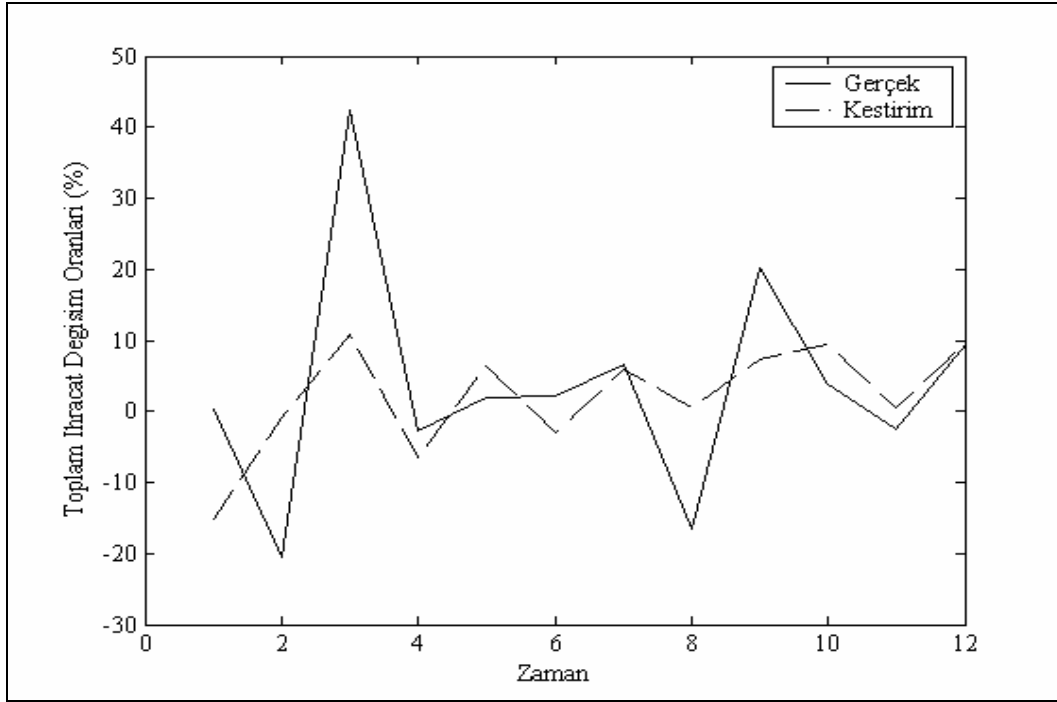
Şekil 5.27. Toplam ihracat değişim oranı dizisi için direkt YSA mimarisi

Direkt kestirim metodunun benimsendiği YSA için eğitim, doğrulama ve test aşaması performans değerleri Çizelge 5.12’ de verildiği gibidir.

Çizelge 5.12. Toplam ihracat değişim oranı verisi için direkt YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
208,800	72,537	557,882	8,206	9,529	10,020	10,885	12,767	13,527

YSA ile direkt kestirim yoluyla elde edilen, 2004 yılına ait 12 aylık kestirim değerleri ile gerçek değerlerin grafiği Şekil 5.28’ de verilmektedir.



Şekil 5.28. Direkt YSA ile elde edilen 2004 yılına ait toplam ihracat değişim oranı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

Karşılaştırmalar

Çizelge 5.13' de Box-Jenkins ve YSA metotlarının 2004 yılı için 3, 7 ve 12 dönemlik kestirimler açısından karşılaştırılması gösterilmiştir.

Çizelge 5.13. Toplam ihracat değişim oranı verisi, 2004 yılı 3, 7, ve 12 dönemlik kestirimler için performans karşılaştırması

	3 DÖNEMLİK			7 DÖNEMLİK			12 DÖNEMLİK		
	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE
YSA(İteratif)	361,408	12,294	14,320	221,518	6,897	9,648	188,349	7,613	9,505
YSA(Direkt)	1876,883	22,276	23,307	892,085	11,553	15,537	557,882	10,020	13,527
Box-Jenkins	204,542	11,453	14,121	121,780	5,713	9,331	123,976	6,837	9,477

Toplam ihracat değişim oranları dizisi için YSA, iteratif kestirim ile kısa, orta ve uzun tüm dönemlerde Box-Jenkins'e yakın sonuçlar vermiştir. Direkt çoklu dönem kestiriminde ise YSA, Box-Jenkins'ten daha kötü performans göstermiştir.

2005 yılı kestirim değerleri tüm metotlar için elde edilmiş ve sonuçlar Çizelge 5.14’ de verilmiştir.

Çizelge 5.14. Toplam ihracat değişim oranları verisi için tüm metotlar ile elde edilen 2005 yılı kestirimleri

Aylar	Box-Jenkins	YSA(İteratif)	YSA (Direkt)
OCAK	-0,2603	-0,0799	-15,2380
ŞUBAT	-11,6314	-11,5080	-0,8948
MART	26,8665	28,3800	10,7410
NİSAN	-0,7919	-6,1326	-6,5301
MAYIS	2,0646	2,8010	6,3319
HAZİRAN	2,2544	2,1269	-2,8649
TEMMUZ	4,9516	4,3754	5,8234
AĞUSTOS	-9,2464	-9,7007	0,5424
EYLÜL	13,3006	14,9580	7,2075
EKİM	3,1706	0,4047	9,3162
KASIM	-0,6166	-0,8765	0,6407
ARALIK	6,6238	6,9111	9,7410

5.2.3. Aylık toplam ithalat verisinin analizi

Toplam ithalat verisi ile analiz için Box-Jenkins metodunda 1989 ve 2003 yılları ve arası model belirlemek amacıyla, 2004 yılı test amacıyla kullanılmıştır. YSA’da ise 1989-2002 verileri ile ağırlık eğitimi sağlanmıştır. 2003 yılı doğrulama, 2004 yılı da test amaçlıdır. Her iki metot için elde edilen 2004 yılı kestirim değerleri ile performans karşılaştırması yapılmıştır.

Box-Jenkins metodu ile analiz

Toplam ithalat dizisine ait grafik incelendiğinde (Bkz. Şekil 5.3) zaman dizisinin ortalamada ve varyansta durağan dışı bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Varyansta ve ortalamada durağan dışılığı ortadan kaldırmak amacıyla logaritma ve

fark alma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Box-Jenkins ile yapılan modelleme sonucunda kestirimler açısından SARIMA(1,1,0)(1,1,0)₁₂ en uygun model olarak belirlenmiştir. Modelin uygunluğunun analizi Çizelge 5.15’ de gösterildiği gibidir.

Çizelge 5.15. Toplam ithalat verisi için SARIMA(1,1,0)(1,1,0)₁₂ model analizi

Parametre	Tahmin	Standart Hata	t-değeri	P-değeri
AR (1)	-0,47488	0,07122	-6,6673	0,0000
SAR(12)	-0,36215	0,07587	-4,77351	0,0000
20 Artık Otokorelasyon Değeri için Ki-Kare Test İstatistiği = 27,5629				

Analiz sonucunda 20 artık otokorelasyon değeri için ki-kare değeri 27,5629 , serbestlik derecesi 18 için ki-kare tablo değeri = 28,8693 değerinden küçük olduğu için model uygundur. Hataların dağılımı için yapılan ki-kare testi sonucunda P değeri = 0,4742 , $\alpha = 0,05$ ten büyük olduğu için hatalar normal dağılıma sahiptir. Tüm varsayımlar sağlanmaktadır. Toplam ithalat verisi için SARIMA(1,1,0)(1,1,0)₁₂ modeli 2004 yılı kestirimleri için performans değerleri Çizelge 5.16’da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Toplam ithalat verisi için SARIMA(0,0,1)(1,0,0)₁₂ modeli MAPE, MAE ve RMSE değerleri

MAPE	MAE	RMSE
5,388	447,637	561,215

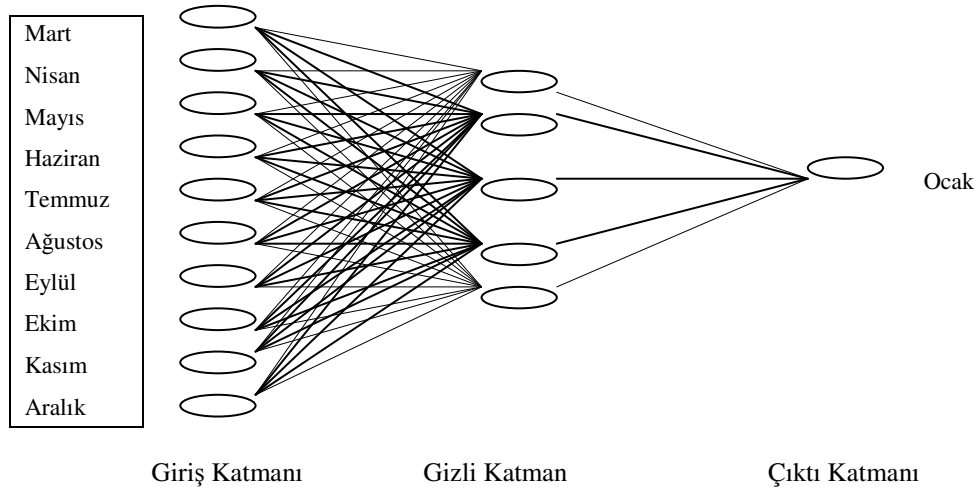
YSA metodu ile analiz

YSA ile iteratif kestirim

Orijinal dizi için YSA ile iteratif kestirim

Toplam ithalat verisi için iteratif kestirim amacıyla oluşturulan YSA giriş katmanı, gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Deneme yanılma neticesinde

oluşturulan en uygun ağ mimarisine göre giriş katmanı için 10, gizli katman için 5 nöron kullanılmıştır. Çıktı nöronu olarak belirtilen Z_t kestirimi için girdi nöron değerleri olarak $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-9}, Z_{t-10}$ alınmıştır. Oluşturulan YSA mimarisi Şekil 5.29' dadır.



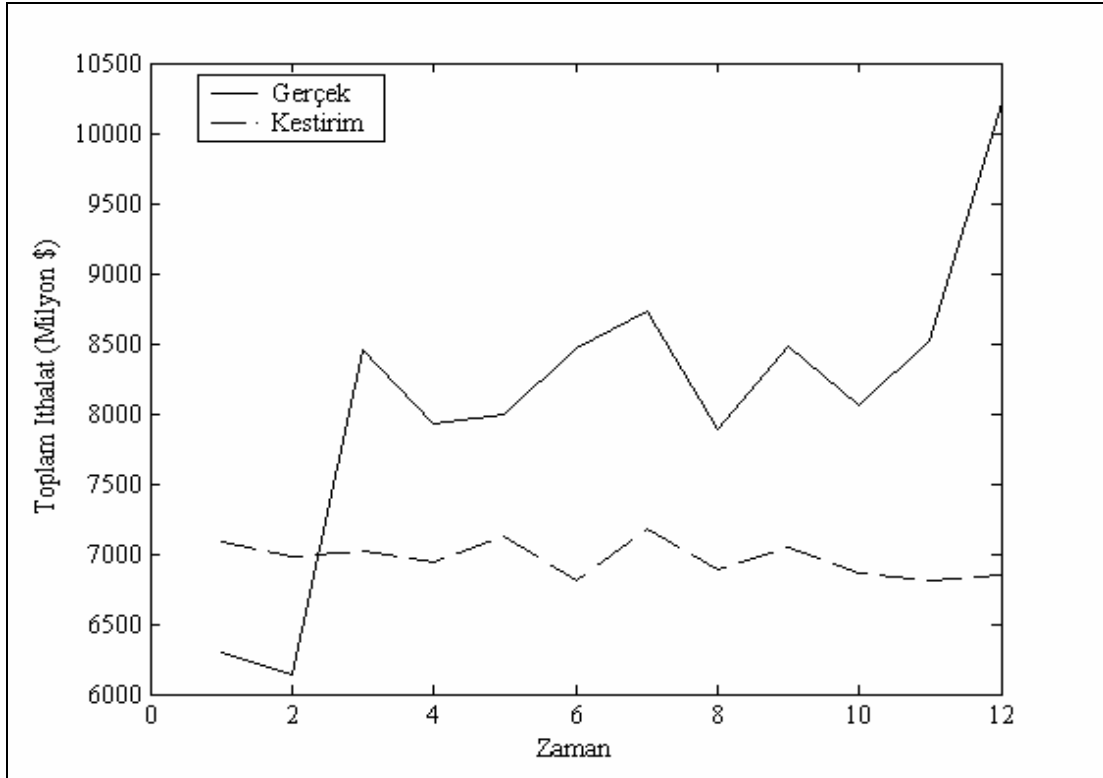
Şekil 5.29. Orijinal toplam ithalat dizisi için iteratif YSA mimarisi

Gizli katman için hiperbolik tanjant, çıktı katmanı için doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır.. Daha önce belirtilen $[a, b]$ aralığı doğrusal dönüşüm eşitliğine göre (Bkz. Eş 4.7) $[-1, 1]$ aralığında veri normalleştirilmiştir. En uygun kestirim değerleri Trainbr geri yayılım algoritması ile sağlanmıştır. YSA için performans değerleri Çizelge 5.17' de verildiği gibidir.

Çizelge 5.17. Orijinal toplam ithalat verisi için iteratif YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
11,142	11,439	16,797	312,550	682,800	1404,418	410,65	915,720	1556,87

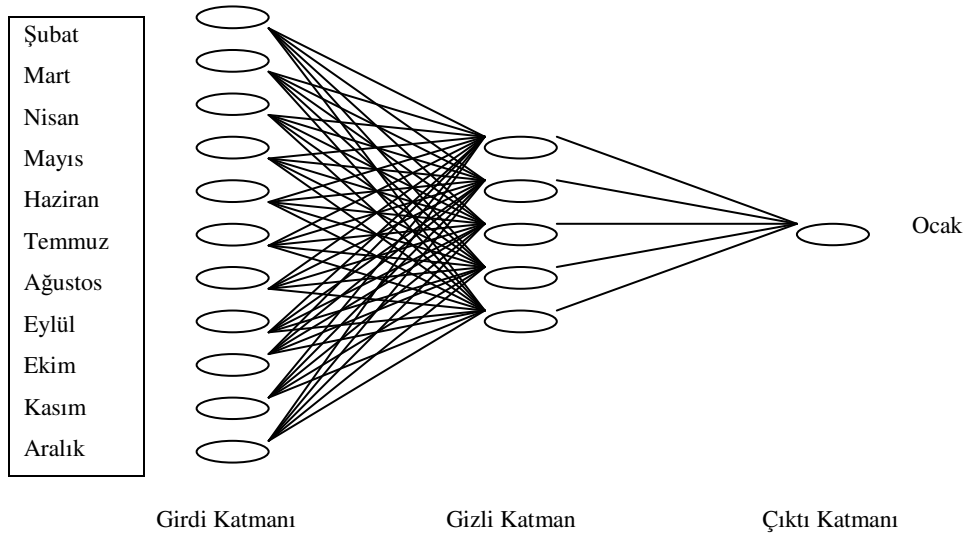
YSA ile 2004 yılı kestirimlerinin ve gerçek değerlerin grafiği Şekil 5.30'da gösterilmiştir.



Şekil 5.30. Orijinal toplam ithalat dizisine ait 2004 yılı için elde edilen iteratif YSA kestirim değerleri ve gerçek değerlerin grafiği

Dönüştürülmüş dizi için YSA ile iteratif kestirim

Toplam ithalat dizisinin, Box-Jenkins ile modellemede, logaritması, mevsimsel ve mevsimsel olmayan farkı alındığı için, YSA'nın da aynı dönüşümlerin yapıldığı dizi ile eğitimi yapılmış sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu eğitim için oluşturulan ağ, giriş katmanı için 11, gizli katman için 5 nörona sahiptir. Z_t kestirimi için girdi nöron değerleri olarak $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-10}, Z_{t-11}$ alınmıştır. Gizli katman için hiperbolik tanjant, çıktı katmanı için doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Verinin [-1 1] aralığında normalleştirilmesi yapılmıştır. Trainbr algoritması ile çalışılmıştır. Dönüştürülmüş ithalat dizisi için YSA mimarisi Şekil 5.31' de verildiği gibidir.



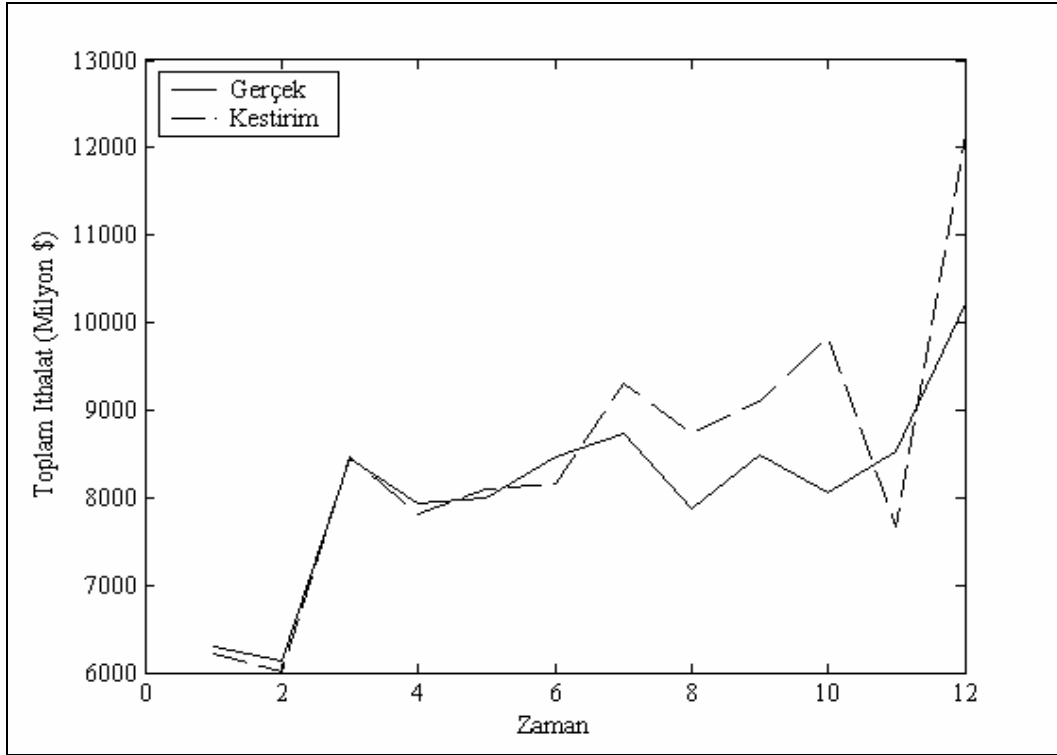
Şekil 5.31. Dönüştürülmüş toplam ithalat dizisi için iteratif YSA mimarisi

Eğitim, doğrulama ve test aşamasına ilişkin YSA performans değerleri Çizelge 5.18’deki gibidir.

Çizelge 5.18. Dönüştürülmüş toplam ithalat verisine ait iteratif YSA için performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
125,47	86,243	268,63	0,10188	0,10068	0,085823	0,13552	0,13844	0,13044

Dönüşüm yapılmış dizi ile eğitimin sağlandığı, iteratif kestirim amacıyla kurulan YSA ile elde edilen 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerlerin grafiği Şekil 5.32’de verildiği gibidir.

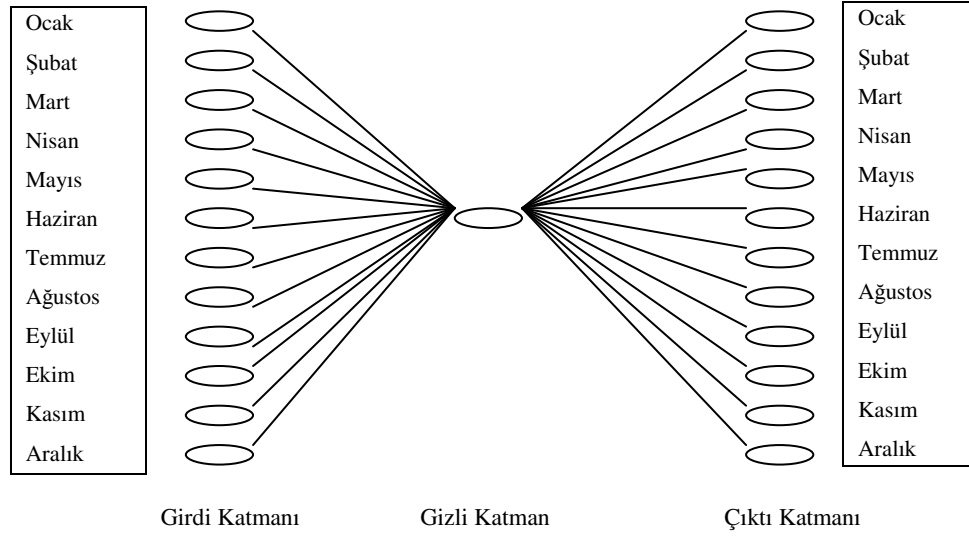


Şekil 5.32. Dönüştürülmüş toplam ithalat dizisi için 2004 yılı iteratif YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

YSA ile direkt kestirim

Orijinal dizi için YSA ile direkt kestirim

Toplam ithalat dizisi için direkt kestirim amacıyla düzenlenen ağ girdi katmanında 12, gizli katmanında 1 ve çıktı katmanında 12 nörona sahiptir. Aktivasyon fonksiyonu olarak gizli katman ve çıktı katmanı için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir. $[-1 \ 1]$ aralığında normalleştirme yapılmıştır. Trainbr algoritması kullanılmıştır. Orijinal dizi için direkt kestirim yapmak amacıyla oluşturulan YSA mimarisi Şekil 5.33' de gösterildiği gibidir.



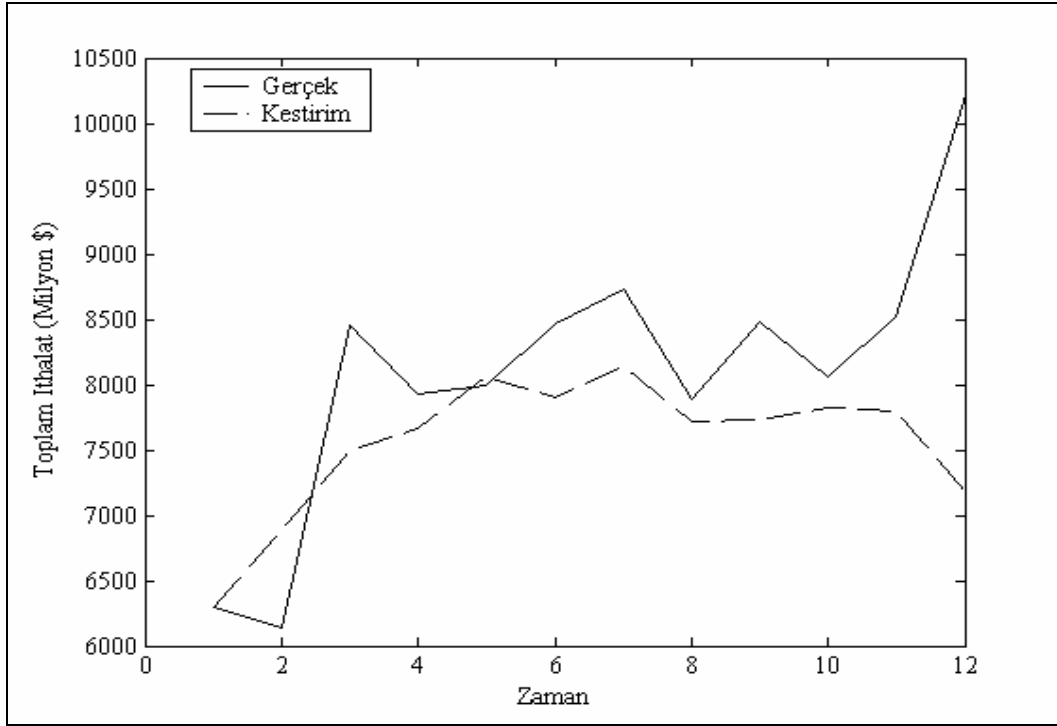
Şekil 5.33. Orijinal toplam ithalat dizisi için direkt YSA mimarisi

Direkt kestirim amaçlı orijinal veri ile eğitilen YSA için eğitim, doğrulama ve test aşaması performans değerleri Çizelge 5.19’ de verilmiştir.

Çizelge 5.19. Orijinal toplam ithalat verisi için direkt YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
7,5135	15,782	7,775	215,870	994,310	676,028	285,62	1254	1026,839

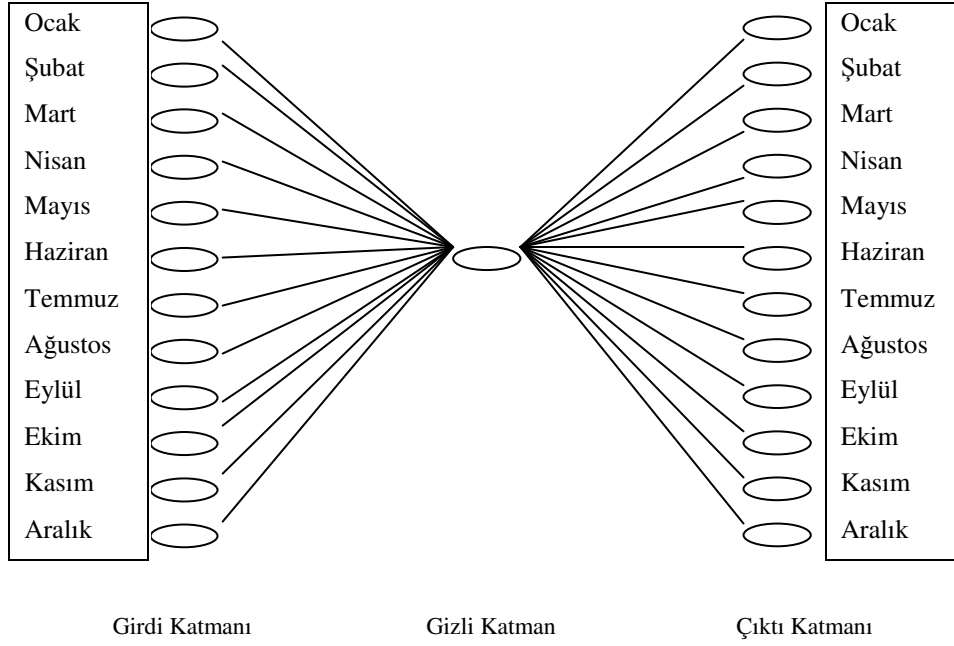
YSA ile direkt çoklu dönem kestirimiyle sağlanan 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler ait grafiği Şekil 5.34’ de gösterildiği gibidir.



Şekil 5.34. Orijinal toplam ithalat dizisi için 2004 yılı direkt YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

Dönüştürülmüş dizi için YSA ile direkt kestirim

Dönüştürülmüş toplam ithalat dizisi için YSA ile direkt kestirim amaçlı kurulan ağ girdi katmanı, tek gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Girdi katmanda 12, gizli katmanda 1 ve çıktı katmanında 12 nöron vardır. Gizli katmanda lojistik, çıktı katmanında doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. [0 1] aralığında normalleştirme yapılmıştır. Basit normalizasyon formülü ile (Bkz. Eş. 4.9) veri normalleştirilmiştir. Trainbr algoritmasının seçildiği direkt çoklu dönem kestirimi için kurulan YSA mimarisi Şekil 5.35' dendir.



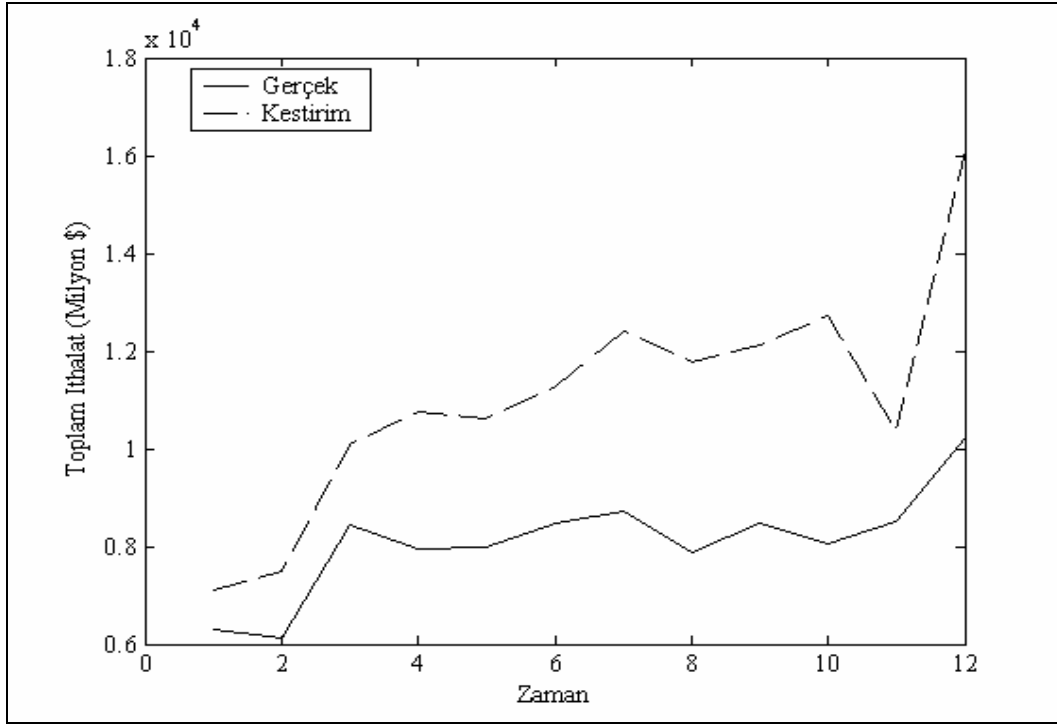
Şekil 5.35. Dönüştürülmüş toplam ithalat dizisi için direkt YSA mimarisi

Direkt kestirim için oluşturulan YSA için eğitim, doğrulama ve test aşamasına ait performans değerleri de Çizelge 5.20’ de verildiği gibidir.

Çizelge 5.20. Dönüştürülmüş toplam ithalat verisi için direkt kestirim amaçlı YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
118,930	121,150	265,280	0,094	0,118	0,095	0,123	0,157	0,126

Dönüştürülmüş veri ile eğitilen YSA ile sağlanan 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği Şekil 5.36’ da gösterildiği gibidir.



Şekil 5.36. Dönüştürülmüş toplam ithalat dizisi için 2004 yılı direkt YSA kestirim değerleri ve gerçek değerlerin grafiği

Karşılaştırmalar

Toplam ithalat dizisi için Box-Jenkins ve YSA metotları 2004 yılı için 3, 7 ve 12 dönemlik kestirimler açısından karşılaştırılmış sonuçlar Çizelge 5.21’ de verilmiştir.

Çizelge 5.21. Toplam ithalat verisi için tüm metotların, 2004 yılı için 3, 7, ve 12 dönemlik kestirimler açısından performans karşılaştırması

	3 DÖNEMLİK			7 DÖNEMLİK			12 DÖNEMLİK		
	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE
YSA(İteratif)	14,420	1021,778	1061,294	14,837	1160,596	1210,290	16,797	1404,418	1556,870
YSA Dön. (İteratif)	1,183	75,347	87,593	2,403	193,002	260,257	7,138	613,842	874,322
YSA(Direkt)	7,828	567,573	700,089	5,865	455,071	560,867	7,775	676,028	1026,839
YSA Dön. (Direkt)	18,121	1268,633	1312,034	28,269	2245,711	2429,000	35,637	2973,478	3289,189
Box-Jenkins	4,670	348,449	419,312	3,703	290,864	365,810	5,388	447,637	561,215

Eğitiminde dönüştürülmüş verinin kullanıldığı iteratif kestirim için oluşturulan YSA, 3 ve 7 dönemlik kestirimlerde Box-Jenkins'ten daha iyi performans gösterirken, 12 dönemlik kestirimde Box-Jenkins'ten daha kötü performans göstermiştir. Orijinal toplam ithalat dizisi ile eğitilen YSA, iteratif ve direkt kestirim yaklaşımlarının hiçbirinde Box-Jenkins'ten daha iyi performans sağlayamamıştır. YSA ile en iyi sonuçlar, ancak dönüştürülmüş veri ile eğitimin sağlandığı iteratif kestirim yaklaşımında elde edilebilmiştir.

Toplam ithalat dizisinin tüm metotlar ile 2005 yılı kestirimleri Çizelge 5.22' de verilmiştir.

Çizelge 5.22. Toplam ithalat verisine ait tüm metotlar için 2005 yılı kestirimleri

Aylar	Box-Jenkins	YSA (İteratif)	YSA (Direkt)	YSA Dön. (İteratif)	YSA Dön. (Direkt)
OCAK	8545,9	8938,0	7718,3	8441,8	7934,3
ŞUBAT	8001,5	8781,8	8344,2	8062,1	7929,3
MART	11166,7	8605,4	8781,8	10991,5	10913,6
NİSAN	10270,6	8571,2	8921,7	10225,4	10957,1
MAYIS	10585,6	8428,3	9191,7	10220,5	10539,8
HAZİRAN	11103,7	8311,9	9089,8	11273,5	11341,4
TEMMUZ	11711,3	8361,7	9248,5	11287,4	11813,2
AĞUSTOS	10788,8	8109,9	8907,6	10299,6	10450,7
EYLÜL	11459,5	8076,4	8921,4	11144,9	11253,6
EKİM	11342,5	7829,4	8976,1	10387,1	10547,7
KASIM	10790,5	7772,6	8904,2	11187,3	11219,5
ARALIK	14309,8	7687,6	8189,4	13266,2	13448,4

5.2.4. Toplam ithalat değişim oranı verisinin analizi

Toplam ithalat değişim oranı verisinin analizinde Box-Jenkins metodunda 1989-2003 yılları model belirlemek amacıyla, 2004 yılı test amacıyla kullanılmıştır. YSA için 1989'dan 2001 yılına kadar olan veriler eğitim, 2001-2003 yılları doğrulama ve

2004 yılı verileri test amaçlıdır. Her iki metot için elde edilen 2004 yılı kestirim değerleri ile performans karşılaştırmaları yapılarak, analiz sonunda tüm metotlar için 2005 yılı kestirimleri hesaplanmıştır.

Box-Jenkins metodu ile analiz

Toplam ithalat değişim oranı dizisinin grafiği incelendiğinde (Bkz. Şekil 5.4) zaman dizisinin durağan bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Box-Jenkins ile yapılan modelleme sonucunda elde edilen kestirimler açısından SARIMA(1,0,0)(0,0,2)₁₂ en uygun model olarak belirlenmiştir. Modelin uygunluğu analizi Çizelge 5.23' de dir.

Çizelge 5.23. Toplam ithalat değişim oranı verisi için SARIMA(1,0,0)(0,0,2)₁₂ model analizi

Parametre	Tahmin	Standart Hata	t-değeri	P-değeri
AR (1)	-0,40284	0,0728	-5,53338	0,00000
SMA(12)	-0,44128	0,07849	-5,6218	0,00000
SMA(24)	-0,19521	0,08251	-2,36594	0,01908
ORTALAMA	2,45851	1,06225	2,31444	0,02180
SABİT	3,44891			
20 Artık Otokorelasyon Değeri için Ki-Kare Test İstatistiği = 17,7841				

Elde edilen sonuçlara göre 20 artık otokorelasyon için ki-kare değeri 17,7841 serbestlik derecesi 17 için ki-kare tablo değeri = 27,5871 değerinden küçük olduğu için model uygundur. Yapılan ki-kare testi sonucunda P değeri = 0,052 $\alpha = 0,05$ ' ten büyük bulunduğu için hataların dağılımı normaldir. Modelleme ile ilgili tüm varsayımların sağlandığı tespit edilmiştir.

Toplam ithalat değişim oranı verisi için SARIMA(1,0,0)(0,0,2)₁₂ modeline ait 2004 yılı kestirimleri için MAPE, MAE ve RMSE değerleri Çizelge 5.24' de verildiği gibidir.

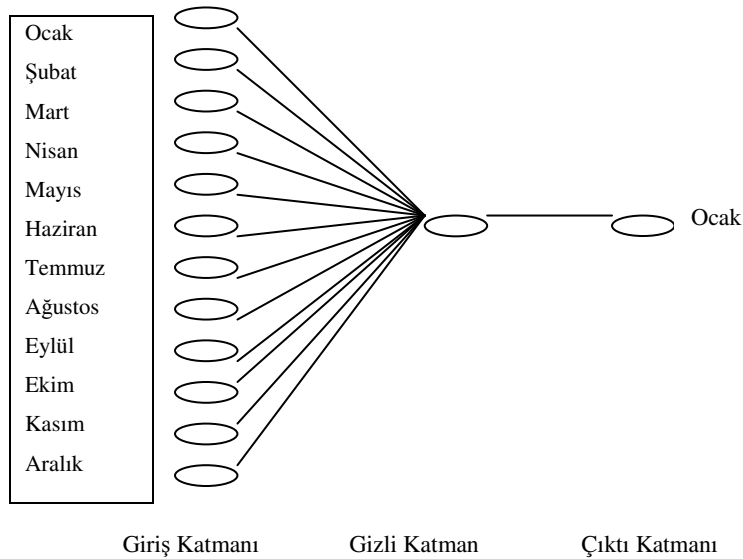
Çizelge 5.24. Toplam ithalat değişim oranı verisi için SARIMA(1,0,0)(0,0,2)₁₂ modeli performans değerleri

MAPE	MAE	RMSE
128,558	7,427	9,336

YSA metodu ile analiz

YSA ile iteratif kestirim

İteratif kestirim için oluşturulan YSA giriş katmanı, gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Giriş katmanı için 12, gizli katman için 1 nöron kullanılmıştır. Çıktı nöronu olarak belirtilen Z_t kestirimi için girdi nöron değerleri olarak $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-11}, Z_{t-12}$ alınmıştır. İteratif kestirim için kurulan YSA mimarisi Şekil 5.37’ de gösterilmektedir.



Şekil 5.37. Toplam ithalat değişim oranı dizisi için iteratif YSA mimarisi

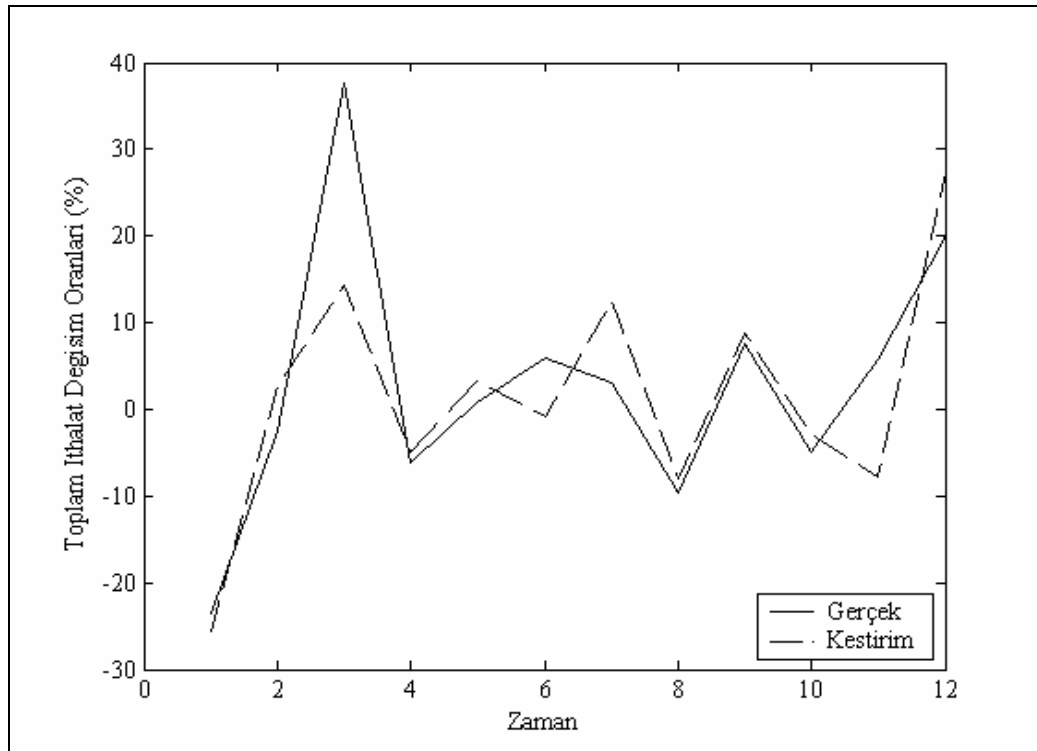
Gizli katman için lojistik, çıktı katmanı için doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Veri [0 1] aralığında, daha önce verilen [0,1] aralığı doğrusal

dönüşüm eşitliğine göre (Bkz. Eş. 4.6) normalleştirilmiştir. Geri yayılım algoritması olarak Trainbr kullanılmıştır. YSA için performans değerleri Çizelge 5.25’ dendir.

Çizelge 5.25. Toplam ithalat değişim oranı verisine ait iteratif YSA için performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
188,87	146,08	123,32	9,15	8,89	6,41	12,17	12,95	8,88

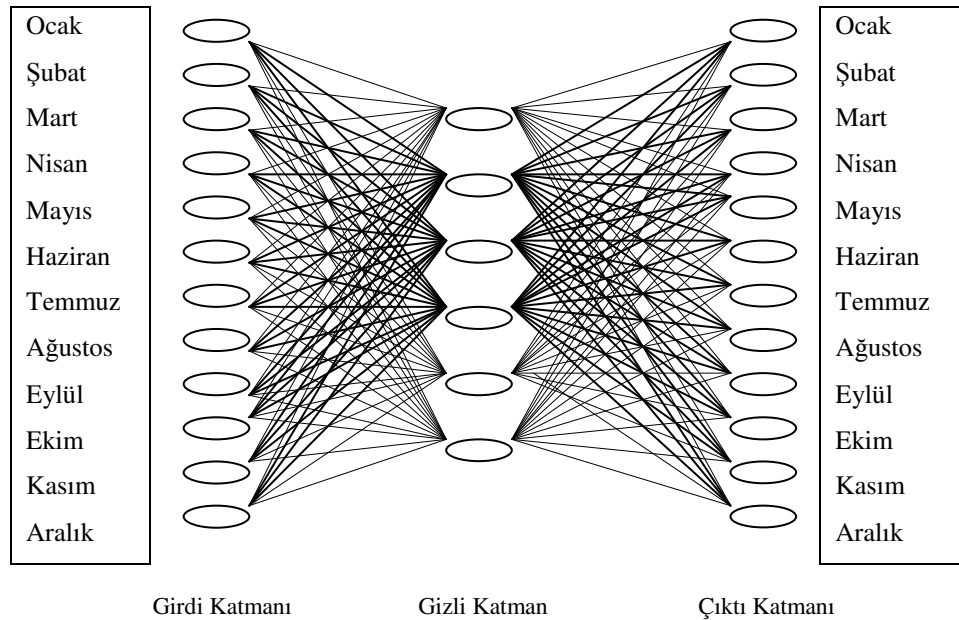
YSA ile elde edilen 2004 yılı kestirimlerinin ve gerçek değerlerin grafiği Şekil 5.38’ da gösterilmiştir.



Şekil 5.38. Toplam ithalat değişim oranı dizisi için 2004 yılı iteratif YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

YSA ile direkt kestirim

YSA ile direkt kestirim için kurulan ağ girdi katmanı, tek gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Girdi katmanında 12, gizli katmanda 6, çıktı katmanında 12 nöron bulunmaktadır. Aktivasyon fonksiyonu olarak gizli katman için lojistik, çıktı katmanı için doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Basit normalizasyon formülü ile (Bkz. Eş. 4.9) [0 1] aralığında veri normalleştirilmiştir. Trainbr algoritması ağı eğitimi için kullanılmıştır. Direkt kestirim için kurulan YSA mimarisi Şekil 5.39’ de gösterilmektedir.



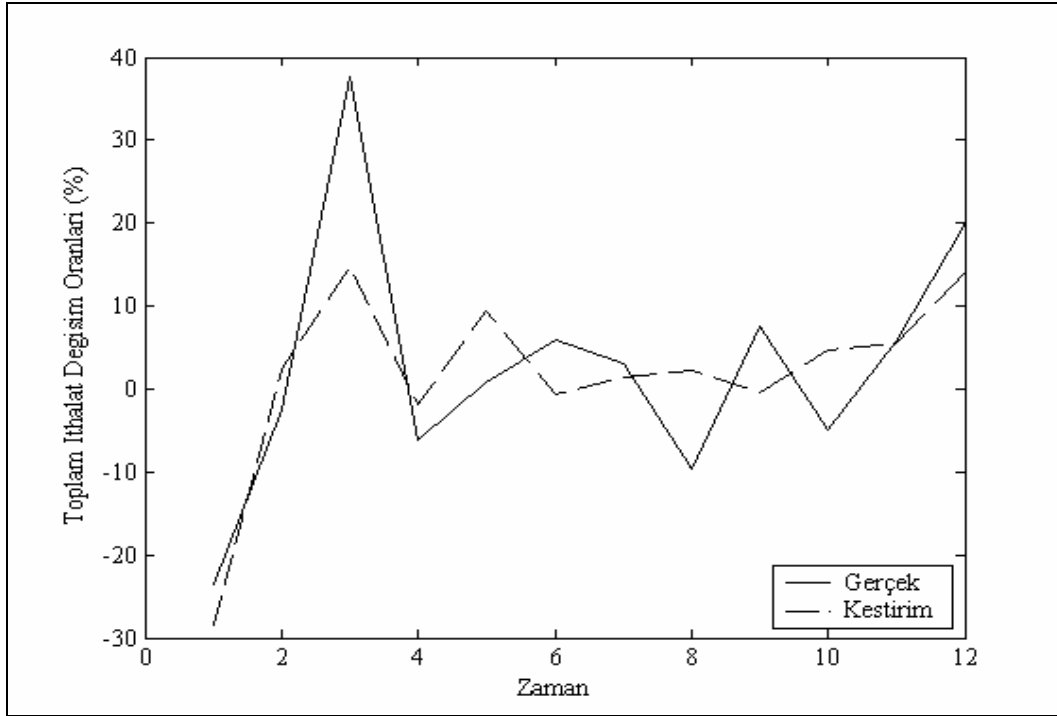
Şekil 5.39. Toplam ithalat değişim oranı dizisi için direkt YSA mimarisi

Direkt kestirim için oluşturulan YSA’ ya ilişkin eğitim, doğrulama ve test aşaması performans değerleri Çizelge 5.26’ da verilmiştir.

Çizelge 5.26. Toplam ithalat değişim oranı verisine ait direkt kestirim yaklaşımı YSA için performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
131,570	431,530	176,276	9,242	10,200	7,446	12,343	13,947	9,340

Toplam ithalat değişim oranı verisi için direkt kestirim yaklaşımı YSA ile elde edilen 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerlere ait grafik Şekil 5.40' dadır.



Şekil 5.40. Toplam ithalat değişim oranı dizisi için 2004 yılı direkt YSA için kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

Karşılaştırmalar

Toplam ithalat değişim oranı dizisi için Box-Jenkins ile YSA 2004 yılına ait 3, 7 ve 12 dönemlik kestirim performansları açısından karşılaştırılmış sonuçlar Çizelge 5.27' de verilmiştir.

Çizelge 5.27. Toplam ithalat değişim oranı verisi, 2004 yılı 3, 7, ve 12 dönemlik kestirimler için performans karşılaştırması

	3 DÖNEMLİK			7 DÖNEMLİK			12 DÖNEMLİK		
	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE
YSA(İteratif)	86,959	9,764	13,146	159,867	7,006	9,755	123,324	6,407	8,883
YSA(Direkt)	93,845	10,852	13,795	236,906	7,676	10,072	176,276	7,446	9,340
Box-Jenkins	177,597	11,850	14,084	132,729	6,626	9,516	128,558	7,427	9,336

Sonuçlar incelendiğinde, ithalat değişim oranları dizisi için YSA' nın, iteratif kestirim metoduyla 3 ve 12 dönemlik kestirimler için Box-Jenkins'den daha iyi performans gösterdiği, 7 dönemlik kestirimde ise Box-Jenkins'e yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. YSA ile direkt çoklu dönem kestiriminde ise Box-Jenkins'e yakın değerler elde edilmiştir. YSA için iteratif kestirim, direkt kestirim metodundan daha iyi sonuç vermiştir.

2005 yılı için tüm metotlar ile elde edilen kestirim değerleri Çizelge 5.28'dedir.

Çizelge 5.28. Toplam ithalat değişim oranları verisi için tüm metotlar ile elde edilen 2005 yılı kestirimleri

Aylar	Box-Jenkins	YSA (İteratif)	YSA (Direkt)
OCAK	-6,81622	-18,071	-28,445
ŞUBAT	-0,13087	2,552	2,3172
MART	15,6413	16,712	14,607
NİSAN	-2,57916	-4,7169	-1,92
MAYIS	2,5621	0,7238	9,2042
HAZİRAN	4,75631	6,0658	-0,7725
TEMMUZ	1,39711	4,1836	1,3399
AĞUSTOS	-2,30175	-5,0396	2,1966
EYLÜL	4,45817	6,9234	-0,58124
EKİM	-1,37552	-3,44	4,6606
KASIM	3,47132	5,4575	5,4436
ARALIK	10,2703	10,555	14,064

5.2.5. İhracatın ithalatı karşılama oranı verisinin analizi

İhracatın ithalatı karşılama oranı verisinin analizinde Box-Jenkins metodunda 1989 ve 2003 yılları ve arası model belirlemek amaçlı, 2004 yılı ise test amaçlıdır. YSA için 1989-2003 yılları verileri ile eğitim, 2003 yılı ile doğrulama ve 2004 yılı verisi ile test aşamaları gerçekleştirilmiştir. 2004 yılı kestirim değerleri ile her iki metodun performans karşılaştırması yapılmış, tüm metotlar için 2005 yılı kestirimleri elde edilmiştir.

Box-Jenkins metodu ile analiz

İhracatın ithalatı karşılama oranı dizisine ait grafik incelendiğinde (Bkz. Şekil 5.5) zaman dizisinin durağan bir yapıya sahip olduğu söylenebilir. Box-Jenkins ile yapılan modelleme sonucunda kestirimler açısından en uygun model SARIMA(2,0,0)(1,0,0)₁₂ olarak belirlenmiştir. Modelin uygunluğunun analizi Çizelge 5.29’ da gösterilmiştir.

Çizelge 5.29. Karşılama oranı verisi için SARIMA(2,0,0)(1,0,0)₁₂ model analizi

Parametre	Tahmin	Standart Hata	t-değeri	P-değeri
AR (1)	0,55449	0,07381	7,51274	0,0000
AR (2)	0,26771	0,07412	3,61203	0,0004
SAR(12)	0,22306	0,07666	2,90965	0,0041
ORTALAMA	67,33771	3,39406	19,83985	0,0000
SABİT	9,30161			
20 Artık Otokorelasyon Değeri için Ki-Kare Test İstatistiği = 24,4483				

Analiz sonuçlarına göre 20 artık otokorelasyon için ki-kare değeri 24,4483 serbestlik derecesi 17 için ki-kare tablo değeri = 27,5871 değerinden küçük olduğu için model uygundur. Ki-kare testi sonucu elde edilen P değeri = 0,5453 $\alpha = 0,05$ ’ den büyük bulunmuştur. Hataların dağılımı normaldir. Modelin tespitiyle ilgili tüm aksiyomlar sağlanmaktadır.

İhracatın ithalatı karşılama oranı verisine ait 2004 yılı kestirimleri için SARIMA(2,0,0)(1,0,0)₁₂ modeli performans değerleri Çizelge 5.30’ dadır.

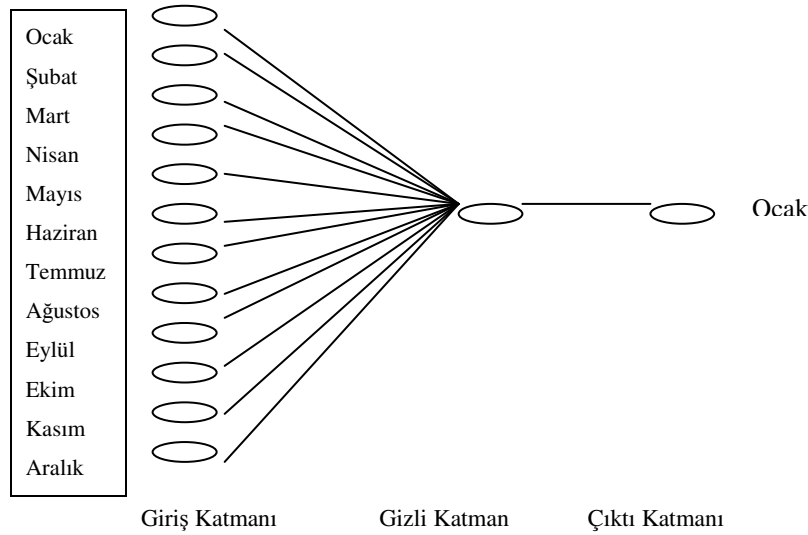
Çizelge 5.30. İhracatın ithalatı karşılama oranı verisi SARIMA(2,0,0)(1,0,0)₁₂ modeli performans değerleri

MAPE	MAE	RMSE
4,087	2,670	3,329

YSA metodu ile analiz

YSA ile iteratif kestirim

İhracatın ithalatı karşılama oranı dizisi için oluşturulan iteratif amaçlı YSA mimarisine göre, giriş katmanında 12, gizli katmanda 1 nöron vardır. Çıktı nöronu olarak belirtilen Z_t kestirimi için girdi nöronları için $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-11}, Z_{t-12}$ alınmıştır. İteratif kestirim için kurulan YSA mimarisi Şekil 5.41’de verildiği gibidir.



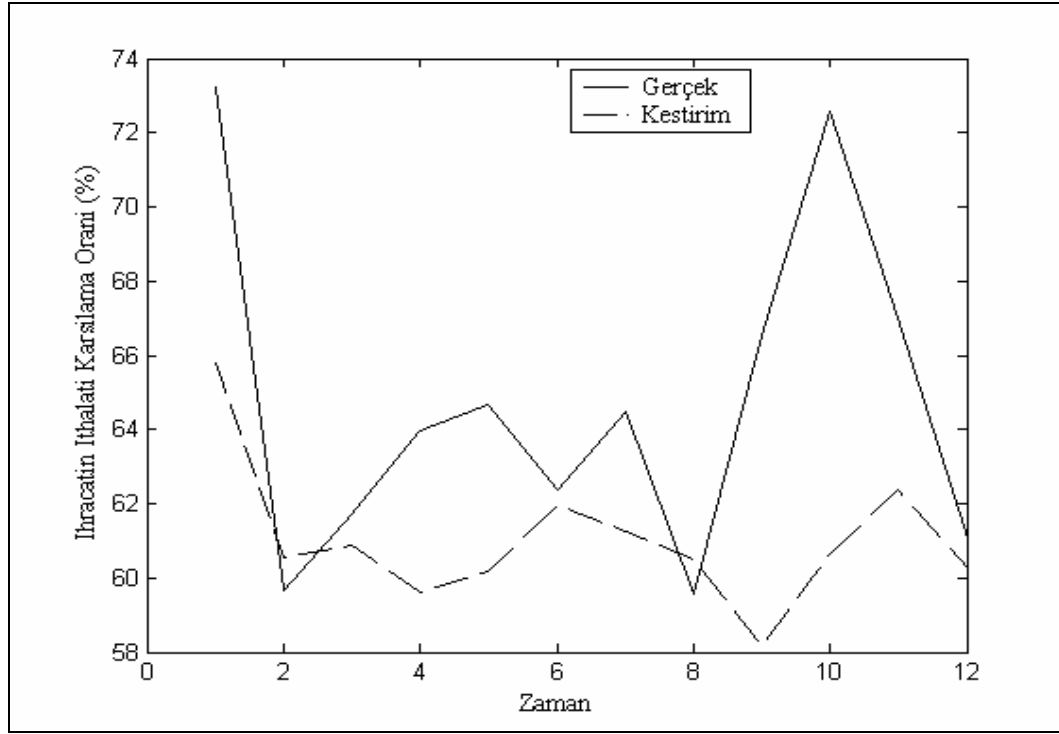
Şekil 5.41. İhracatın ithalatı karşılama oranı dizisi için iteratif YSA mimarisi

Gizli katman için lojistik, çıktı katmanı için doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Veri, $[0, 1]$ aralığı doğrusal dönüşüm eşitliğine göre (Bkz. Eş 4.6) normalleştirilmiştir. Trainbr geri yayılım algoritması kullanılmıştır. YSA performans değerleri Çizelge 5.31’de verilmiştir.

Çizelge 5.31. İhracatın ithalatı karşılama oranı verisi için iteratif YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
8,8833	8,0449	5,928	5,3958	5,5337	4,021	6,7484	7,2908	5,331

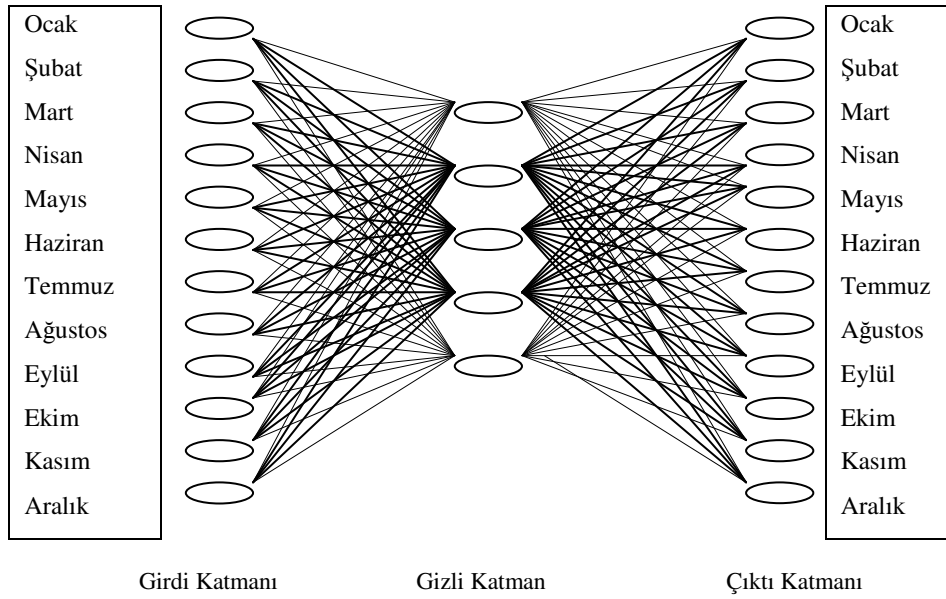
YSA için 2004 yılı kestirimlerinin ve gerçek değerlerin grafiği Şekil 5.42' de gösterildiği gibidir.



Şekil 5.42. İhracatın ithalatı karşılama oranı dizisi için 2004 yılına ait iteratif YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

YSA ile direkt kestirim

YSA ile direkt kestirim için kurulan ağ girdi katmanı, tek gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Girdi katmanı 12, gizli katman 5 ve çıktı katmanı da 12 nörona sahiptir. Gizli katmanda ve çıktı katmanında hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Verinin $[-1 \ 1]$ aralığında, $[a, b]$ aralığı doğrusal dönüşüm eşitliğine göre (Bkz. Eş 4.7) normalleştirilmesi sağlanmıştır. Geri yayılım algoritması olarak Trainbr algoritmasıyla çalışılmıştır. Direkt kestirim için kurulan YSA mimarisi Şekil 5.43' de gösterilmektedir.



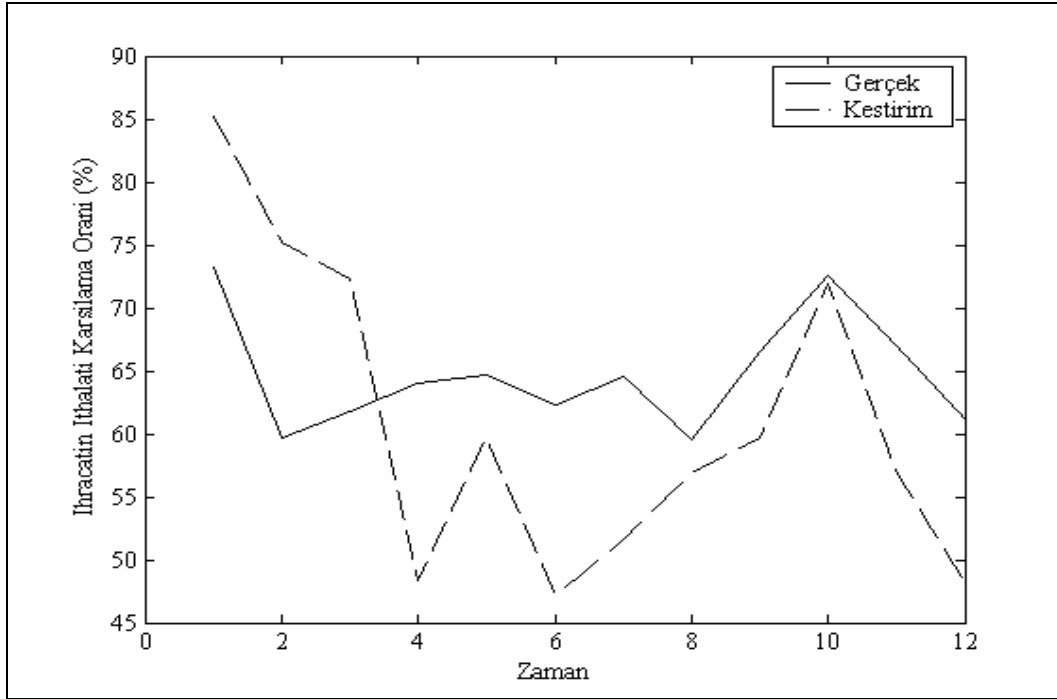
Şekil 5.43. İhracatın ithalatı karşılama oranı dizisi için direkt YSA mimarisi

İhracatın ithalatı karşılama oranı dizisine ilişkin direkt kestirim için oluşturulan YSA için eğitim, doğrulama ve test aşaması performans değerleri Çizelge 5.32’ de verildiği gibidir.

Çizelge 5.32. İhracatın ithalatı karşılama oranı verisine ait direkt YSA için performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
3,7421	20,598	15,674	2,2036	14,208	10,006	2,9838	15,837	11,128

YSA ile elde edilen 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerlere ait grafik ise Şekil 5.44’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.44. İhracatın ithalatı karşılama oranı dizisine ait 2004 yılı için direkt YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

Karşılaştırmalar

İhracatın ithalatı karşılama oranı dizisi için Box-Jenkins ve YSA metotları 2004 yılı için 3, 7 ve 12 dönemlik kestirim performansları açısından karşılaştırılmış sonuçlar Çizelge 5.33’ de verilmiştir.

Çizelge 5.33. İhracatın ithalatı karşılama oranı verisi, 2004 yılı 3, 7, ve 12 dönemlik kestirimler için performans karşılaştırması

	3 DÖNEMLİK			7 DÖNEMLİK			12 DÖNEMLİK		
	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE
YSA(İteratif)	4,301	3,032	4,332	4,625	3,088	3,888	5,928	4,021	5,331
YSA(Direkt)	19,906	12,738	12,902	19,468	12,422	12,899	15,690	10,017	11,134
Box-Jenkins	6,199	4,136	4,543	3,671	2,414	3,140	4,087	2,670	3,329

YSA ile direkt çoklu dönem kestirimi, iteratif kestirimden daha kötü performans göstermiştir. YSA iteratif kestirim metoduyla, 3 dönemlik kestirimde Box-

Jenkins'ten daha iyi performans gösterirken 7 ve 12 dönemlik kestirimlerde Box-Jenkins'e yakın bir performans sağlamıştır.

İhracatın ithalatı karşılama oranı verisi için tüm metotlar ile 2005 yılı kestirim değerleri elde edilmiş, sonuçlar Çizelge 5.34' de verilmiştir.

Çizelge 5.34. İhracatın ithalatı karşılama oranı verisi için tüm metotlar ile elde edilen 2005 yılı kestirimleri

Aylar	Box-Jenkins	YSA (İteratif)	YSA (Direkt)
OCAK	66,2652	65,813	81,542
ŞUBAT	63,1851	62,993	75,087
MART	64,0444	62,427	74,470
NİSAN	64,8422	61,779	55,526
MAYIS	65,2829	62,579	66,980
HAZİRAN	64,9285	63,161	55,398
TEMMUZ	65,6213	62,966	61,301
AĞUSTOS	64,5824	60,758	62,484
EYLÜL	66,4000	60,491	65,156
EKİM	68,0044	62,125	74,879
KASIM	66,7402	61,845	62,969
ARALIK	65,3892	61,211	53,537

5.2.6. Cumhuriyet altını satış fiyatı verisinin analizi

Cumhuriyet altını satış fiyatı verisinin analizinde Box-Jenkins metodunda 1987-2003 yılları model belirlemek amacıyla, 2004 yılı test amacıyla kullanılmıştır. YSA için 1987- 2002 yılları eğitim, 2003 yılı doğrulama ve 2004 yılı verileri test amaçlıdır. 2004 yılı kestirim değerleri ile her iki metodun performans karşılaştırması yapılmıştır. Analizin sonunda tüm metotlarla 2005 yılı için kestirimler gerçekleştirilmiştir.

Box-Jenkins metodu ile analiz

Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisinin grafiği (Bkz. Şekil 5.6) incelendiğinde zaman dizisinin ortalamada ve varyansta durağan dışı bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Varyansta durağan dışılığı ortadan kaldırmak amacıyla dizinin logaritması, ortalamada durağan dışılığı kaldırmak amacıyla farkı alınmıştır. Box-Jenkins ile yapılan modelleme sonucunda en uygun model $SARIMA(0,1,1)(0,1,1)_{12}$ olarak belirlenmiştir. Modelin uygunluğunun analizi Çizelge 5.35’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.35. Cumhuriyet altını satış fiyatı verisi için $SARIMA(0,1,1)(0,1,1)_{12}$ model analizi

Parametre	Tahmin	Standart Hata	t-değeri	P-değeri
MA (1)	-0,44714	0,06663	-6,71079	0,0000
SMA(12)	0,82177	0,03988	20,60740	0,0000
20 Artık Otokorelasyon Değeri için Ki-Kare Test İstatistiği = 11,7965				

Elde edilen sonuçlara göre 20 artık otokorelasyon için ki-kare değeri 11,7965 serbestlik derecesi 18 için ki-kare tablo değeri = 28,8693 değerinden küçük olduğu için model uygundur. Hataların dağılımını incelemek için yapılan ki-kare testi sonucunda P değeri = 0,28 $\alpha = 0,05$ ten büyük bulunmuştur. Hatalar normal dağılıma sahiptir. Tüm varsayımlar sağlanmaktadır.

Cumhuriyet altını verisine ait $SARIMA(0,1,1)(0,1,1)_{12}$ modeli için 2004 yılı kestirimlerine ait MAPE, MAE ve RMSE değerleri Çizelge 5.36’ da verildiği gibidir.

Çizelge 5.36. Cumhuriyet altını satış fiyatı verisi için $SARIMA(0,1,1)(0,1,1)_{12}$ modeli performans değerleri

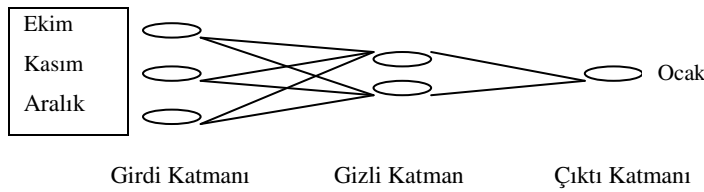
MAPE	MAE	RMSE
25,203	33,524	35,567

YSA metodu ile analiz

YSA ile iteratif kestirim

Orijinal dizi için YSA ile iteratif kestirim

İteratif kestirimde cumhuriyet altını dizisine ilişkin YSA'nın giriş katmanında 3, gizli katmanında 2 nöron kullanılmıştır. Çıktı nöronu olarak belirtilen Z_t kestirimi için girdi nöron değerleri olarak $Z_{t-1}, Z_{t-2}, Z_{t-3}$ alınmıştır. Kurulan ağ mimarisi Şekil 5.45' de gösterildiği gibidir.



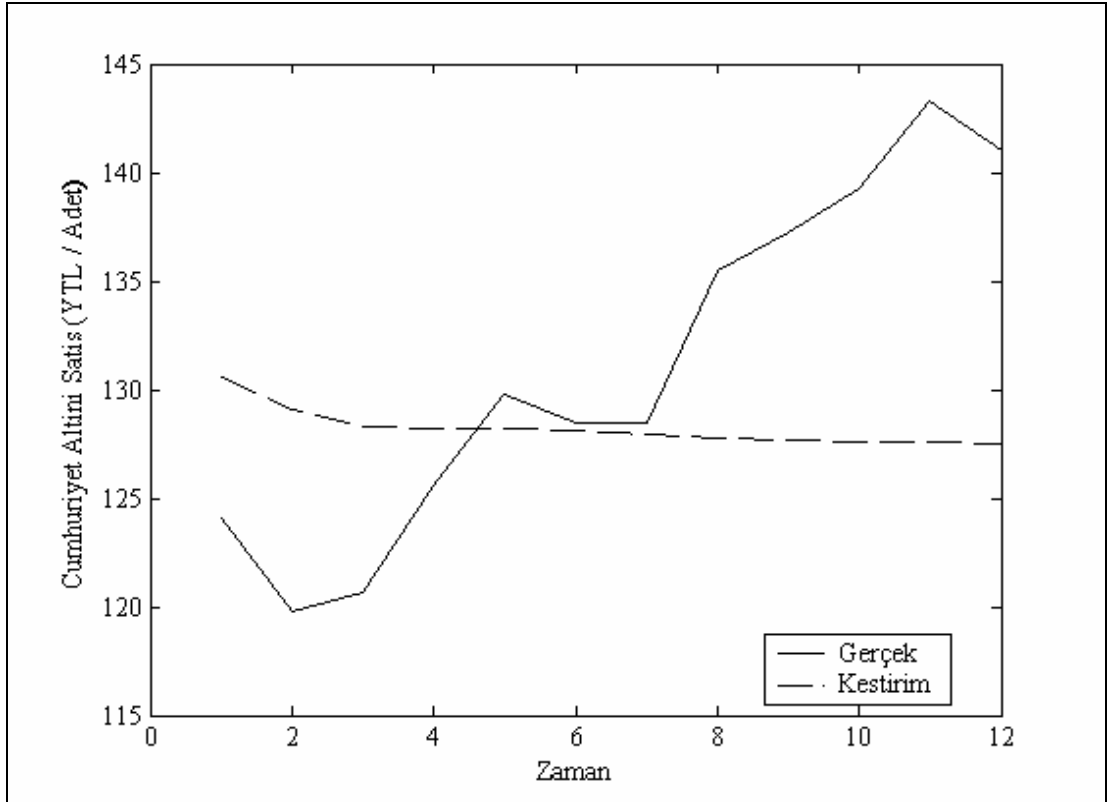
Şekil 5.45. Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisi için iteratif YSA mimarisi

Gizli katman için lojistik, çıktı katmanı için doğrusal aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir. Veri maksimum değerinin 1,75 katına bölünerek normalleştirilmiştir. Trainbr algoritmasının kullanıldığı ağda eğitim gerçekleştirilmiştir. YSA için eğitim, doğrulama ve test aşaması performans değerleri Çizelge 5.37' deki gibidir.

Çizelge 5.37. Cumhuriyet altını satış fiyatı verisi için iteratif YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
4,1189	2,9623	5,4085	0,69887	3,4681	7,2217	1,8662	4,4261	8,7131

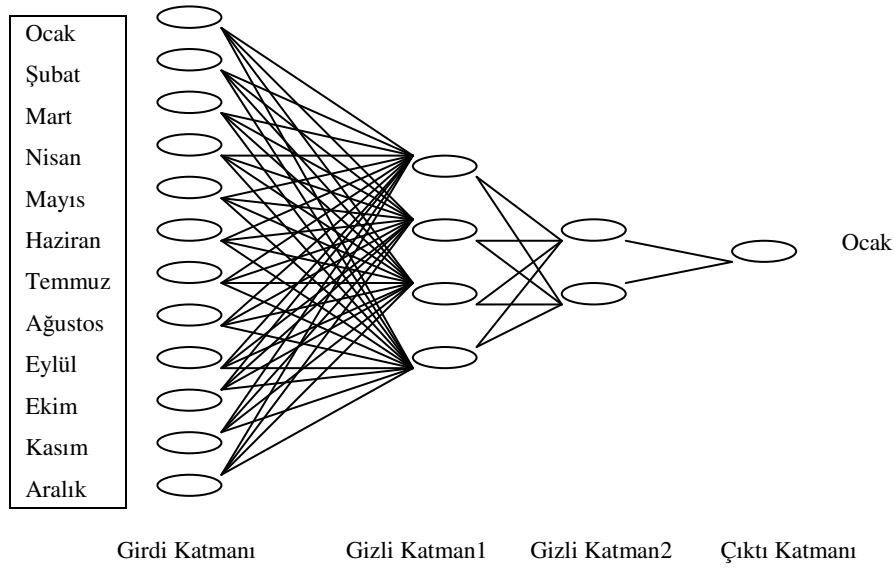
YSA ile elde edilen 2004 yılı kestirimleri ve gerçek değerlerin grafiği Şekil 5.46' da gösterildiği gibidir.



Şekil 5.46. Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisi için iteratif YSA ile 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

Dönüştürülmüş dizi için YSA ile iteratif kestirim

YSA ile modellemede durağanlaştırmanın etkisini incelemek amacıyla, Box Jenkins ile modellemede kullanılan logaritma ile mevsimsel ve mevsimsel olmayan fark dönüşümlerinin alındığı dizi ile YSA eğitimi yapılmıştır. Bu eğitim için ağ giriş katmanı, 2 gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Giriş katmanı için 12, gizli katmanlar için 4 ve 2 nöron kullanılmıştır. Çıktı nöronu olarak belirtilen Z_t kestirimi için girdi nöron değerleri olarak $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-11}, Z_{t-12}$ alınmıştır. Birinci gizli katman için hiperbolik tanjant, ikinci gizli katman ve çıktı katmanı için doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. [-1 1] aralığında normalleştirme yapılmıştır. Trainbr algoritması ile çalışılmıştır. Kurulan ağ mimarisi Şekil 5.47' de gösterildiği gibidir.



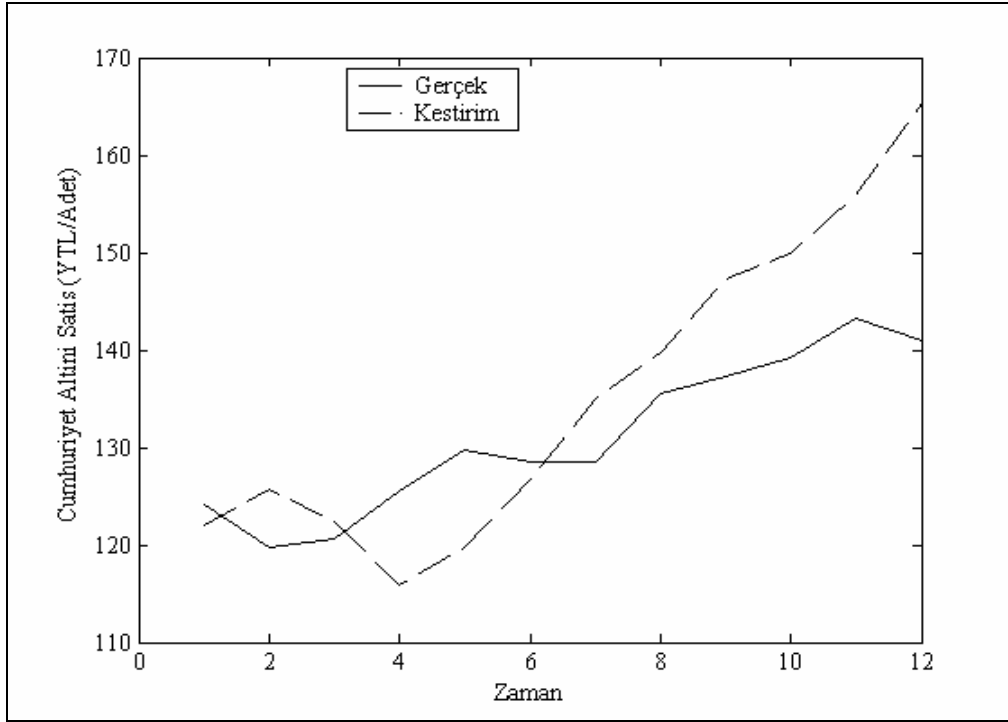
Şekil 5.47. Dönüştürülmüş Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisi için iteratif YSA mimarisi

YSA için eğitim, doğrulama ve test aşamasına ait performans değerleri Çizelge 5.38’ de verildiği gibidir.

Çizelge 5.38. Dönüştürülmüş Cumhuriyet altını satış fiyatı verisi için iteratif YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
344.14	96.914	121.25	0.0266	0.0634	0.0406	0.0355	0.0791	0.0506

YSA ile elde edilen 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerlere ait grafik Şekil 5.48’ de gösterilmektedir.

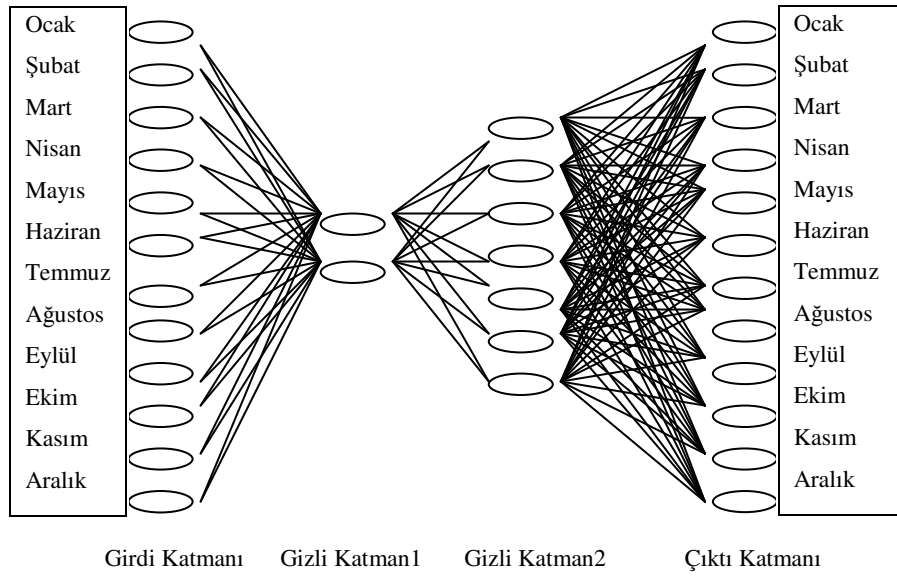


Şekil 5.48. Dönüştürülmüş Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisiyle 2004 yılı için iteratif YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

YSA ile direkt kestirim

Orijinal dizi için YSA ile direkt kestirim

YSA ile direkt kestirim için kurulan ağ şöyledir. Ağ girdi katmanı , iki gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Girdi katmanı 12, gizli katmanlar 2 ve 7, çıktı katmanı da 12 nörona sahiptir. Gizli katmanlarda hiperbolik tanjant ve çıktı katmanında doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Veri $[-1 \ 1]$ aralığında normalleştirilmiştir (Bkz. Eş 4.7). Bu eğitim için Trainbr algoritmasıyla çalışılmıştır. Kurulan ağ mimarisi Şekil 5.49' da gösterildiği gibidir.



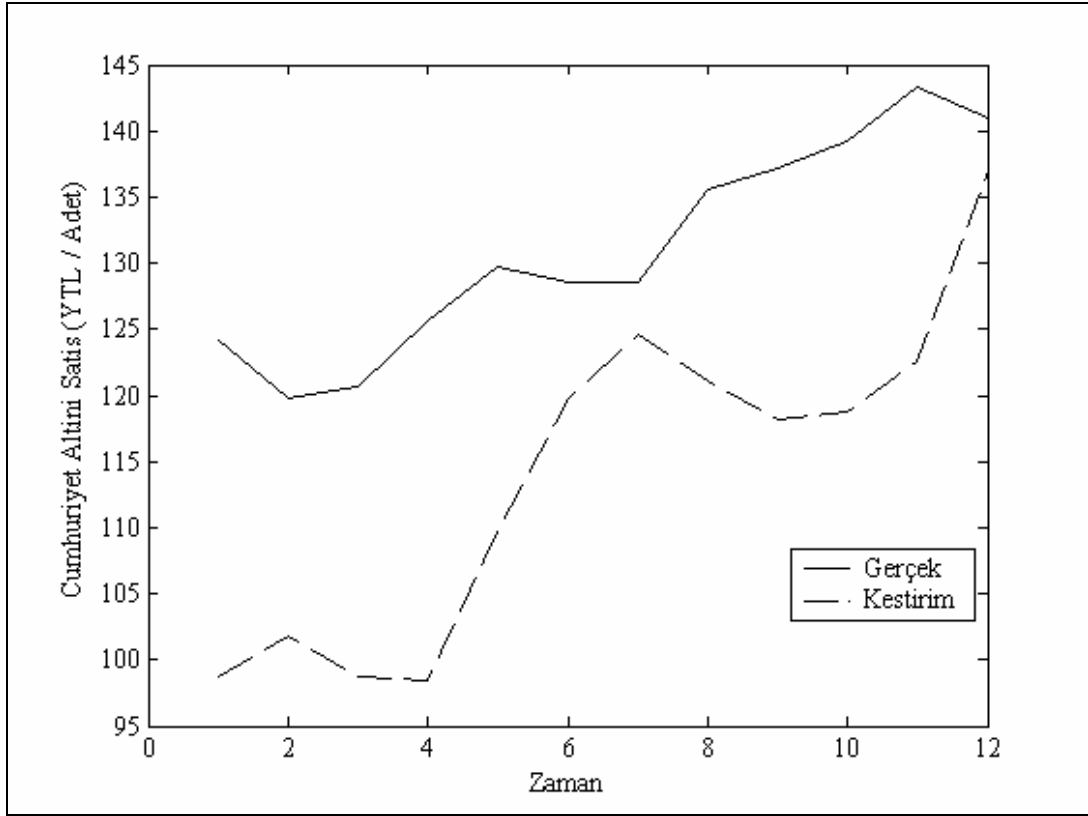
Şekil 5.49. Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisi için direkt YSA mimarisi

Direkt kestirim amaçlı oluşturulan YSA için eğitim, doğrulama ve test aşaması performans değerleri Çizelge 5.39’ da verildiği gibidir.

Çizelge 5.39. Cumhuriyet altını satış fiyatı verisine ait direkt YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
3,6676	10,929	13,073	0,02293	13,424	16,96	0,035776	17,139	18,499

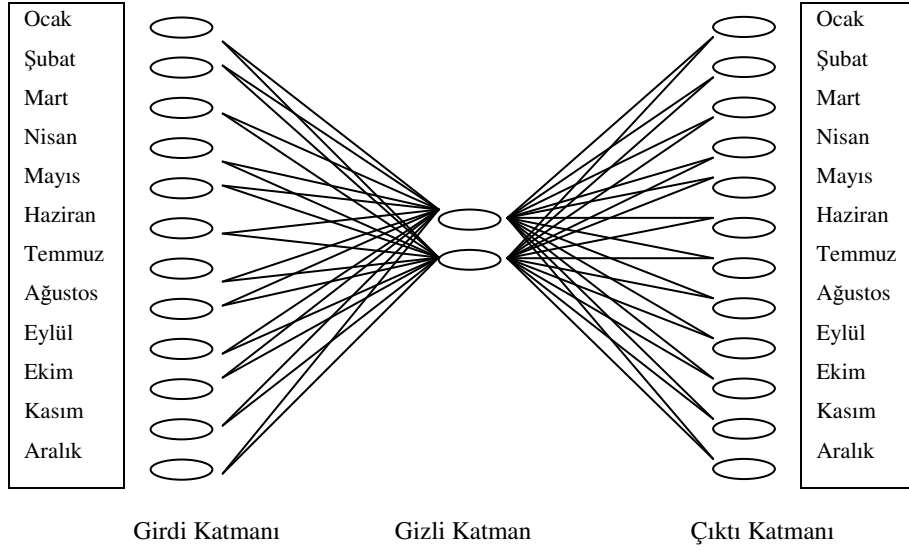
Cumhuriyet altını verisi için direkt kestirim amacıyla oluşturulan YSA ile elde edilen 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerlere ait grafik Şekil 5.50’ de gösterildiği gibidir.



Şekil 5.50. Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisine ait direkt YSA için 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

Dönüştürülmüş dizi için YSA ile direkt kestirim

YSA ile direkt kestirim için kurulan ağ girdi katmanında 12, gizli katmanda 2 ve çıktı katmanında 12 nörona sahiptir. Gizli katmanda hiperbolik tanjant, çıktı katmanında doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Veri $[-1 \ 1]$ aralığında normalleştirilmiştir. Geri yayılım algoritması olarak seçilen Trainbr algoritması ile eğitim gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan ağ mimarisi Şekil 5.51’ de verildiği gibidir.



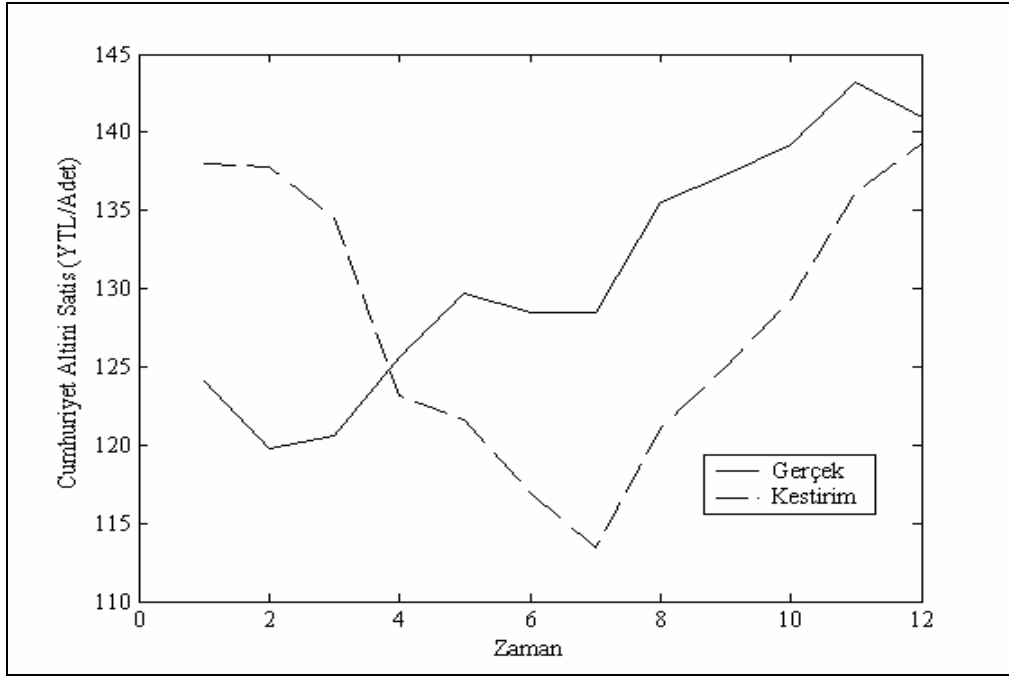
Şekil 5.51. Dönüştürülmüş Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisi için direkt YSA mimarisi

Direkt kestirim yaklaşımı için kullanılan YSA için eğitim, doğrulama ve test aşaması bakımından performans değerleri Çizelge 5.40' da gösterilmiştir.

Çizelge 5.40. Dönüştürülmüş Cumhuriyet altını satış fiyatı verisi için direkt YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
103,44	100,02	101,03	0,051832	0,067761	0,0431	0,073599	0,07585	0,05533

2004 yılına ilişkin YSA ile elde edilen kestirim değerlerinin ve gerçek değerlerin grafiği Şekil 5.52' de verilmiştir.



Şekil 5.52. Dönüştürülmüş Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisine ait direkt YSA için 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

Karşılaştırmalar

Cumhuriyet altını satış fiyatı dizisi için Box-Jenkins ve YSA, 2004 yılına ait 3, 7 ve 12 dönemlik kestirimler için karşılaştırılmış, sonuçlar Çizelge 5.41’ de sunulmuştur.

Çizelge 5.41. Cumhuriyet altını satış fiyatı verisi, 2004 yılı 3, 7, ve 12 dönemlik kestirimler için performans karşılaştırması

	3 DÖNEMLİK			7 DÖNEMLİK			12 DÖNEMLİK		
	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE
YSA(İteratif)	6,445	7,812	7,901	3,340	4,084	5,304	5,409	7,222	8,714
Dön.YSA (İteratif)	2,715	3,279	3,789	4,284	5,397	6,363	6,185	8,314	10,282
YSA(Direkt)	17,864	21,742	21,954	14,355	17,864	19,552	13,073	16,960	18,499
Dön.YSA (Direkt)	12,587	15,269	15,391	9,530	11,861	12,777	8,291	10,693	11,729
Box-Jenkins	15,502	18,737	20,051	20,363	25,607	26,850	25,203	33,524	35,567

Sonuçlar incelenmiş, hem orijinal hem de dönüştürülmüş veri ile eğitilen, iteratif kestirim için kurulmuş YSA'nın, tüm dönemlerde Box-Jenkins'ten daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. YSA için orijinal veri ile iteratif kestirim, 7 ve 12 aylık dönem kestirimlerinde, dönüştürülmüş veri ile iteratif kestirimden daha iyi sonuç verirken, 3 dönemde daha kötü bir performans göstermiştir. YSA iteratif kestirim metodu ile direkt kestirim metodundan daha iyi performans sağlamıştır. Ayrıca kestirilen dönem sayısı arttıkça YSA kestirim gücünde Box Jenkins'e göre artış göstermektedir. Uzun dönemde YSA daha iyi kestirimler üretmiştir. YSA ve Box-Jenkins için 2005 yılı kestirim değerleri Çizelge 5.42' dir

Çizelge 5.42. Cumhuriyet altını satış fiyatı verisi için tüm metotlar ile elde edilen 2005 yılı kestirimleri

Aylar	Box-Jenkins	YSA (İteratif)	YSA Dön. (İteratif)	YSA (Direkt)	YSA Dön. (Direkt)
OCAK	139,455	136,93	136,8476	99,904	133,4109
ŞUBAT	144,027	134,17	135,8683	103,05	128,8235
MART	150,414	132,89	135,5091	99,539	129,8544
NİSAN	156,163	132,17	124,3568	98,714	135,3035
MAYIS	160,605	131,47	122,2307	110,20	139,8707
HAZİRAN	163,271	130,75	118,0494	120,34	138,6188
TEMMUZ	166,644	130,1	113,8901	125,04	138,7146
AĞUSTOS	173,480	129,6	120,6007	121,33	146,3721
EYLÜL	179,524	129,2	130,0861	117,94	148,3649
EKİM	187,457	128,88	136,4402	118,31	150,6308
KASIM	190,399	128,61	142,1522	122,47	155,0648
ARALIK	193,861	128,38	147,2411	137,37	152,7346

5.2.7. TÜFE değişim oranları verisinin analizi

TÜFE değişim oranları verisinin analizinde Box-Jenkins metodunda 1987'den 2004 yılına kadar olan veri model belirlemek amacıyla, 2004 yılı test amacıyla kullanılmıştır. YSA içinse 1987 'den 2003 yılına kadar olan veri ile eğitim, 2003

yılına ait veri ile doğrulama ve 2004 yılı ile test aşamaları sağlanmıştır. 2004 yılı kestirim değerleri, her iki metodun performans karşılaştırması için kullanılmıştır. Analizin sonunda tüm metodlar için 2005 yılı kestirimleri hesaplanmıştır.

Box-Jenkins metodu ile analiz

Bu diziye ait grafik incelendiğinde (Bkz. Şekil 5.7) zaman dizisinde ekonomik krizlerin neden olduğu aykırı değerler göze çarpmaktadır. Zaman dizisinin durağanlığının bu kriz değerleri nedeniyle bozulduğu görülmektedir. Mevcut değerler ile zaman dizisi modellenmeye çalışılmış, modellerdeki varsayımların sağlanmadığı, hataların normal dağılıma sahip olmadığı görülmüştür. Kriz değerleri çıkarılarak tekrar modelleme denenmiş, durağanlığın ve modelleme varsayımlarının sağlandığı gözlenmiştir. Diziden Ocak 1988, Nisan 1994, Mayıs 1994 ve Nisan 2001 kriz dönemlerinin neden olduğu sapan değerlerin çıkarılması neticesinde Box-Jenkins ile yapılan modelleme sonucunda en uygun model olarak SARIMA(1,0,0)(2,0,0)₁₂ elde edilmiştir. Modelin uygunluğunun analizi Çizelge 5.43'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.43. TÜFE değişim oranları verisi için SARIMA(1,0,0)(2,0,0)₁₂ model analizi

Parametre	Tahmin	Standart Hata	t-değeri	P-değeri
AR (1)	0,4934	0,06369	7,74707	0,00000
SAR(12)	0,4020	0,07052	5,70031	0,00000
SAR(24)	0,2668	0,07282	3,66396	0,00032
ORTALAMA	3,3765	0,48912	6,90335	0,00000
SABİT	0,5665			
20 Artık Otokorelasyon Değeri için Ki-Kare Test İstatistiği = 14,2437				

Elde edilen sonuçlara göre 20 artık otokorelasyon için ki-kare değeri 14,2437 serbestlik derecesi 17 için ki-kare tablo değeri = 27,5871 değerinden küçük olduğu için H_0 hipotezi reddedilemez. Bunun sonucu olarak model uygundur denir.

Hatalara ilişkin dağılımın normal dağılım olup olmadığını incelemek amacıyla yapılan ki-kare testi sonucunda P değeri=0,18 değeri $\alpha=0,05$ ten büyük bulunmuştur. Hataların dağılımı normaldir. Böylece varsayımlar sağlanmaktadır.

TÜFE değişim oranları verisi için SARIMA(1,0,0)(2,0,0)₁₂ modeli 2004 (12 gözlemlik) yılı kestirimleri için MAPE, MAE ve RMSE değerleri Çizelge 5.44’ de verildiği gibidir.

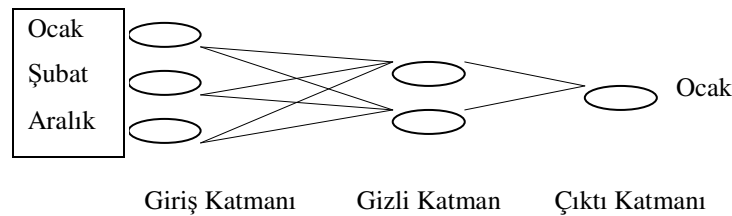
Çizelge 5.44. TÜFE değişim oranları verisi için SARIMA(1,0,0)(2,0,0)₁₂ modeli performans değerleri

MAPE	MAE	RMSE
431,173	1,430	1,488

YSA metodu ile analiz

YSA ile iteratif kestirim

İteratif kestirimde TÜFE değişim oranları verisine ilişkin YSA, giriş katmanı, gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. En uygun ağ mimarisine göre giriş katmanı için 3, gizli katman için 2 nöron kullanılmıştır. Çıktı nöronu olarak belirtilen Z_t kestirimi için girdi nöron değerleri olarak $Z_{t-1}, Z_{t-11}, Z_{t-12}$ alınmıştır. İteratif kestirim için kurulan YSA mimarisi Şekil 5.53’ de gösterilmektedir.



Şekil 5.53. TÜFE değişim oranları dizisi için iteratif YSA mimarisi

Gizli katman ve çıktı katmanı için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir. Veri daha önce verilen basit normalizasyon eşitliğine dayanarak (Bkz.

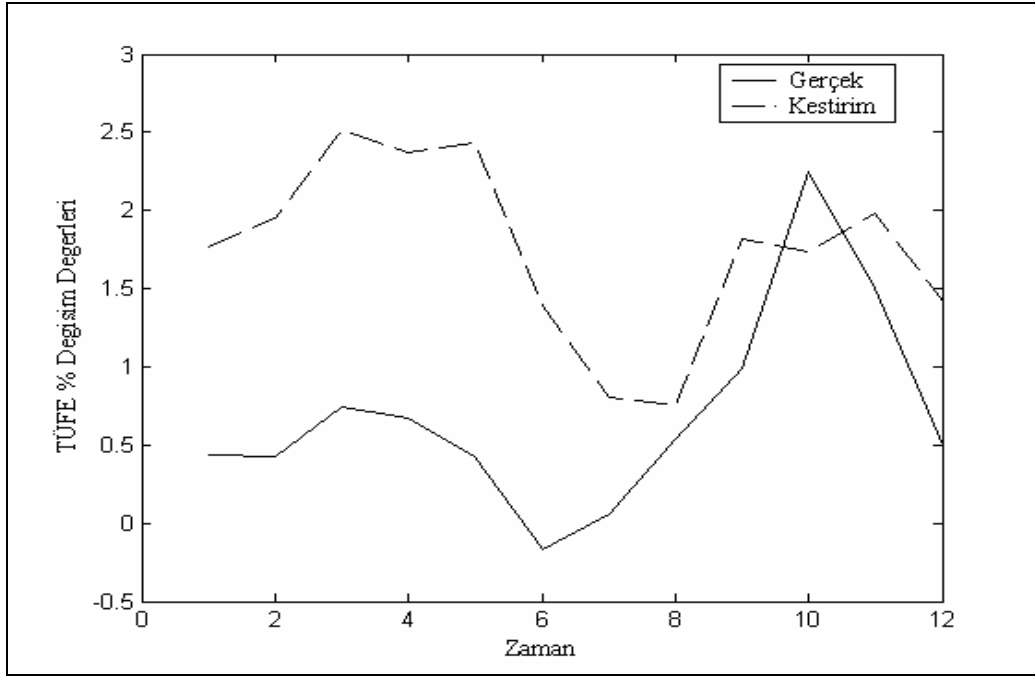
Eş 4.9) $[-1 \ 1]$ aralığında normalleştirilmiştir. Geri yayılım algoritması olarak seçilen Trainlm algoritması 1000 devir için çalıştırılmıştır. Algoritmanın farklı denemeler için verdiği sonuçlar kaydedilmiş, bu denemelerin verdiği sonuçların ortalamaları alınarak ağ performansı değerlendirilmiştir.

YSA için 2004 yılına ilişkin 10 deneme için ağ performans değerleri Çizelge 5.45’ de verilmiştir. Kestirim değerleri olarak, 10 denemenin verdiği kestirimlerin ortalaması hesaplanmıştır.

Çizelge 5.45. TÜFE değişim oranları verisine ait iteratif YSA için performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
47,381	273	511,71	1,3845	0,88182	1,3738	2,1886	1,0834	1,4742
47,779	217,27	428,3	1,369	1,0197	1,3363	2,1319	1,189	1,5191
44,017	219,08	224,73	1,3535	0,65652	0,92132	2,1316	0,85593	1,0932
46,793	101,67	54,154	1,4042	0,91624	0,45246	2,2395	1,05	0,71829
45,238	248,59	208,71	1,3619	0,72973	0,8955	2,1412	0,92801	1,1321
47,779	217,27	428,3	1,369	1,0197	1,3363	2,1319	1,189	1,5191
47,779	217,27	428,3	1,369	1,0197	1,3363	2,1319	1,189	1,5191
47,779	217,27	428,3	1,369	1,0197	1,3363	2,1319	1,189	1,5191
47,779	217,27	428,3	1,369	1,0197	1,3363	2,1319	1,189	1,5191
48,938	275,35	495,47	1,3795	1,0124	1,6491	2,2072	1,1899	1,7739

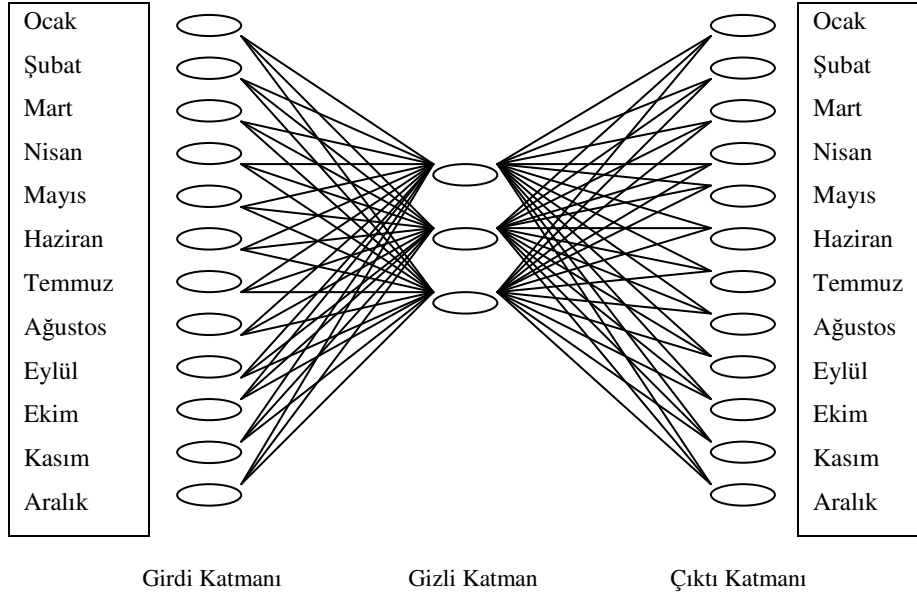
İteratif kestirim yaklaşımının benimsendiği bu YSA için elde edilen 2004 yılı kestirimleri ile gerçek değerlerin grafiği Şekil 5.54’de verilmektedir.



Şekil 5.54. TÜFE değişim oranları dizisine ait iteratif YSA için 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

YSA ile direkt kestirim

YSA ile direkt kestirim için kurulan ağıın girdi katmanı 12, gizli katmanı 3 ve çıktı katmanında 12 nörona sahiptir. Gizli katmanda ve çıktı katmanında hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Daha önce belirtilen $[a, b]$ aralığı doğrusal dönüşüm eşitliğine göre (Bkz. Eş 4.7), $[-1, 1]$ aralığında veri normalleştirilmiştir. Kullanılan geri yayılım algoritması Trainbr' dir. Direkt kestirim için kurulan YSA mimarisi Şekil 5.55' de gösterildiği gibidir.



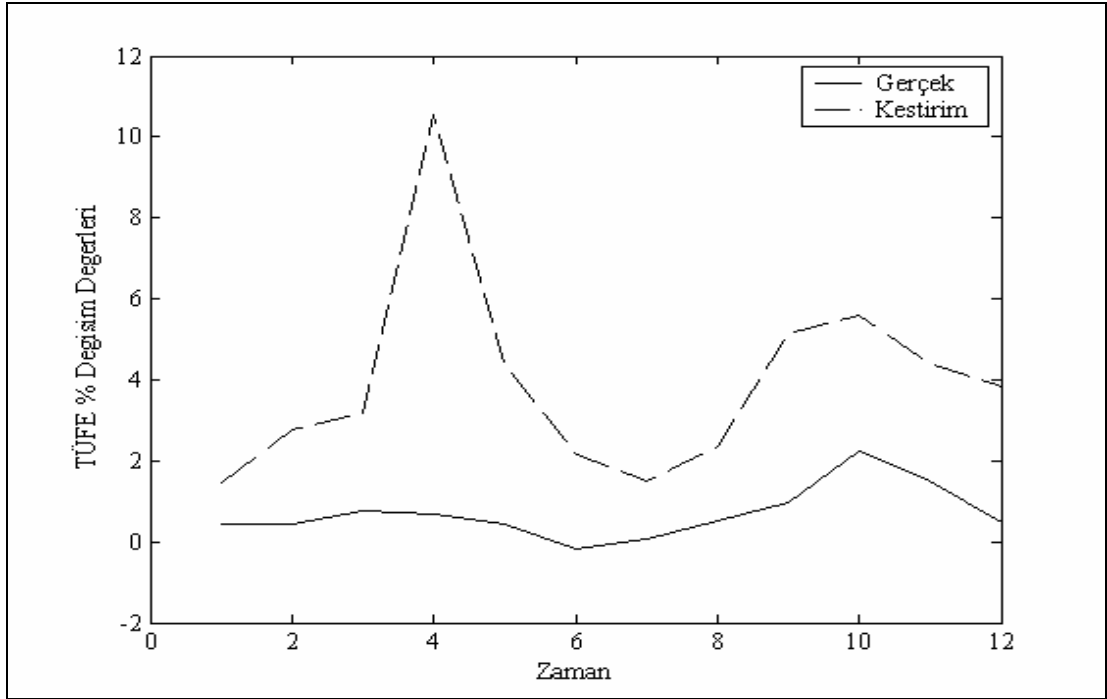
Şekil 5.55. TÜFE değişim oranları dizisi için direkt YSA mimarisi

Direkt kestirim amaçlı oluşturulan YSA ‘ya ait eğitim, doğrulama ve test aşaması performans değerleri Çizelge 5.46’ da verildiği gibidir.

Çizelge 5.46. TÜFE değişim oranları verisine ait direkt YSA için performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
23,79	365,42	760,17	0,62859	1,5375	3,253	0,84045	1,7427	3,9247

Şekil 5.56 ‘da direkt kestirim yaklaşımının benimsendiği YSA ile elde edilen 2004 yılı kestirim değerleri ile gerçek değerlerin grafiği görülmektedir.



Şekil 5.56. TÜFE değişim oranları dizisi için direkt YSA ile 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

Karşılaştırmalar

2004 yılı için Box-Jenkins ve YSA ile elde edilen kestirimler, 3, 7 ve 12 dönemlik kestirim performansları açısından karşılaştırılmış, elde edilen sonuçlar Çizelge 5.47’ de verilmiştir.

Çizelge 5.47. TÜFE değişim oranları verisi, 2004 yılı 3, 7, ve 12 dönemlik kestirimler için performans karşılaştırması

	3 DÖNEMLİK			7 DÖNEMLİK			12 DÖNEMLİK		
	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE
YSA(İteratif)	301,921	1,545	1,555	545,051	1,519	1,564	348,573	1,134	1,265
YSA(Direkt)	374,394	1,946	2,048	1047,709	3,349	4,365	760,178	3,253	3,925
Box-Jenkins	346,332	1,721	1,732	625,552	1,581	1,606	431,173	1,430	1,488

YSA ile analizde diziden herhangi bir veri çıkarmaya gerek olmadan modelleme sağlanmıştır. YSA, dizideki bu kriz dönemi değerlerinden etkilenmemiştir. Box-

Jenkins ile modelleme yaparken verideki kriz dönemlerinden ötürü durağanlık şartı bozulduğu için veride değiştirme yapılmış, kriz dönemlerinin neden olduğu aykırı değerler çıkarılmıştır. Ancak bu durumda Box-Jenkins metodunun varsayımları sağlanabilmiştir. YSA ile ağırlık eğitiminde ise bu kriz dönemlerinin olumsuz etkileri görülmemektedir. Veride herhangi bir dönüşüm ya da değişikliğe gereksinim olmadan YSA ile eğitim tamamlanmış 3, 7 ve 12 dönemlik tüm kestirim dönemlerinde iteratif YSA ile Box-Jenkins metodundan daha iyi kestirim değerleri elde edilmiştir. YSA ile direkt çoklu dönem kestirim performansı, Box-Jenkinsse göre düşüktür.

Tüm metotlar ile elde edilen 2005 yılı kestirimleri Çizelge 5.48’ de verilmiştir.

Çizelge 5.48. TÜFE değişim oranları verisi için tüm metotlar ile elde edilen 2005 yılı kestirimleri

Aylar	Box-Jenkins	YSA (İteratif)	YSA(Direkt)
OCAK	1,0919	1,126895	1,9894
ŞUBAT	1,3793	1,112003	2,5132
MART	1,9419	1,313057	3,0087
NİSAN	1,8255	1,35472	9,2331
MAYIS	1,6209	1,355138	3,9367
HAZİRAN	0,8861	0,933199	1,7849
TEMMUZ	0,8875	0,879538	1,2689
AĞUSTOS	1,2607	1,038891	2,0705
EYLÜL	1,9641	1,142328	4,6868
EKİM	2,3689	2,018846	4,9241
KASIM	2,0829	1,979553	4,1100
ARALIK	1,4488	1,145099	3,3649

5.2.8. TÜFE verisinin analizi

TÜFE verisinin analizinde Box-Jenkins metodunda 1987-2003 yılları model belirleme aşaması için 2004 yılı ise test aşaması içindir. YSA içinse 1987 - 2002 yılları verileri eğitim, 2003 yılını doğrulama ve 2004 yılı verileri de test amaçlı

kullanılmıştır. Her iki metodun performans karşılaştırması 2004 yılı için yapılmıştır. Analizin sonunda 2005 yılı kestirimleri elde edilmiştir.

Box-Jenkins metodu ile analiz

Bu diziye ait grafik incelendiğinde (Bkz. Şekil 5.8) zaman dizisinin ortalamada ve varyansta durağan dışı bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Dizinin durağan dışılığını ortadan kaldırmak için logaritması ve mevsimsel olmayan farkı alınmıştır. Kestirimler açısından en uygun model $SARIMA(1,1,0)(2,0,0)_{12}$ olarak belirlenmiştir. Modelin uygunluğunun analizi Çizelge 5.49’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.49. TÜFE verisi için $SARIMA(1,1,0)(2,0,0)_{12}$ model analizi

Parametre	Tahmin	Standart Hata	t-değeri	P-değeri
AR (1)	0,44356	0,06374	6,95864	0,00000
SAR(12)	0,30851	0,07026	4,39109	0,00002
SAR(24)	0,21145	0,07140	2,96164	0,00343
ORTALAMA	0,03885	0,00482	8,05647	0,00000
SABİT	0,01038			
20 Artık Otokorelasyon Değeri için Ki-Kare Test İstatistiği = 10,8085				

Analiz sonuçlarına göre 20 artık otokorelasyon için ki-kare değeri 10,8085 serbestlik derecesi 17 için ki-kare tablo değeri = 27,5871 değerinden küçük olduğu için model uygundur. Hataların dağılımı için yapılan ki-kare testi sonucunda P değeri= 0,00004 değeri $\alpha = 0,05$ ten küçük bulunmuştur. Hatalar normal dağılıma sahip değildir. Modellemeye ilgili tüm aksiyomlar sağlanamamıştır.

TÜFE verisi için elde edilen $SARIMA(1,1,0)(2,0,0)_{12}$ modeli için 2004 yılı kestirimlerine ait MAPE, MAE ve RMSE değerleri Çizelge 5.50’ de verildiği gibidir.

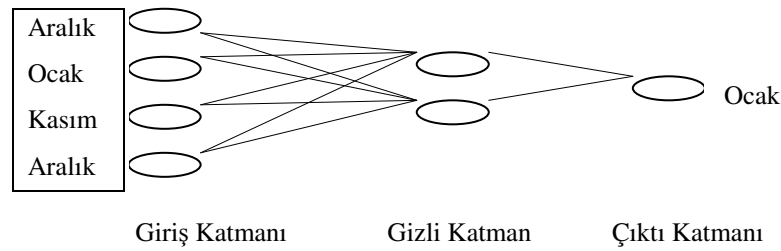
Çizelge 5.50. TÜFE verisi SARIMA(1,1,0)(2,0,0)₁₂ modeli performans değerleri

MAPE	MAE	RMSE
14,239	58032,509	66063,473

YSA metodu ile analiz

YSA ile iteratif kestirim

İteratif kestirimde TÜFE verisine ilişkin YSA, giriş katmanı, gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Giriş ve gizli katman için farklı nöron sayıları denenmiştir. Deneme yanılma neticesinde oluşturulan en uygun ağ mimarisine göre giriş katmanı için 4, gizli katman için 2 nöron kullanılmıştır. Çıktı nöronu olarak belirtilen Z_t kestirimi için girdi nöron değerleri olarak $Z_{t-1}, Z_{t-2}, Z_{t-12}, Z_{t-13}$ alınmıştır. İteratif kestirim için kurulan YSA mimarisi Şekil 5.57’ de gösterilmektedir.



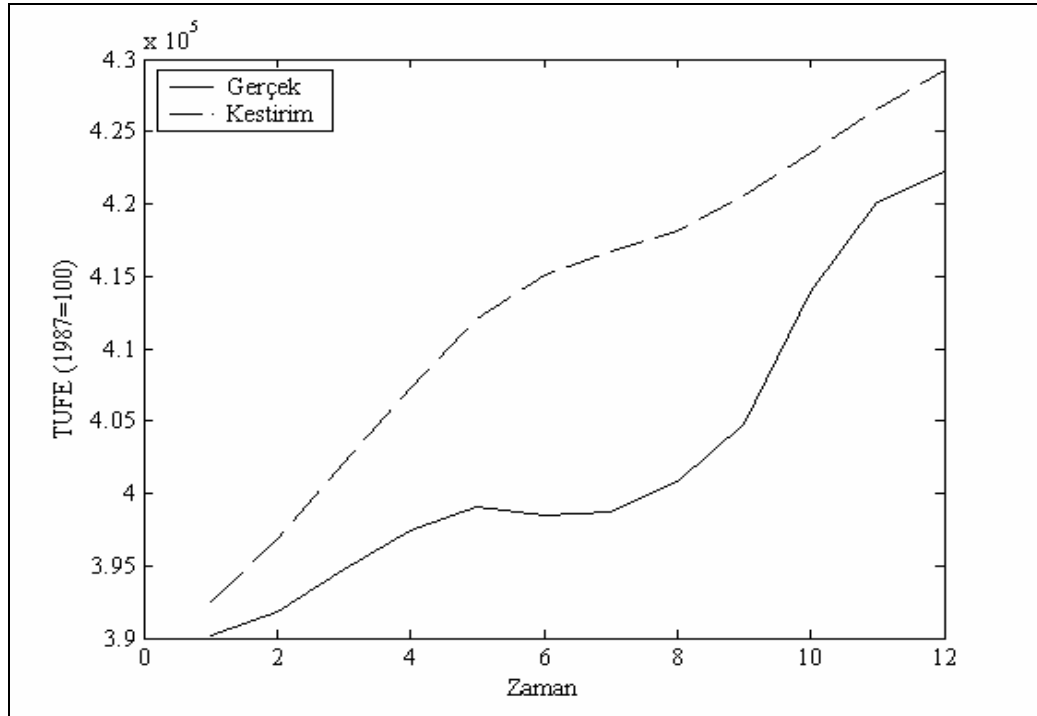
Şekil 5.57. TÜFE dizisi için iteratif YSA mimarisi

Gizli katman için hiperbolik tanjant, çıktı katmanı için doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Logaritması alınan dizi ile ağın eğitimi sağlanmıştır. Verinin normalleştirilmesi daha önce belirtilen $[a, b]$ aralığı doğrusal dönüşüm eşitliği kullanılarak (Bkz. Eş 4.7) $[-1, 1]$ aralığında gerçekleştirilmiştir. En iyi çözüm Trainbr algoritması ile elde edilmiştir. YSA için performans değerleri Çizelge 5.51’ de verildiği gibidir.

Çizelge 5.51. TÜFE verisine ait iteratif YSA için performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
1,2978	0,52574	2,6612	575,97	1925,2	10706,4	1406,1	2550	11849,4

YSA ile sağlanan 2004 yılı kestirimleri ile gerçek değerlerin grafiği Şekil 5.58’ de verilmiştir.

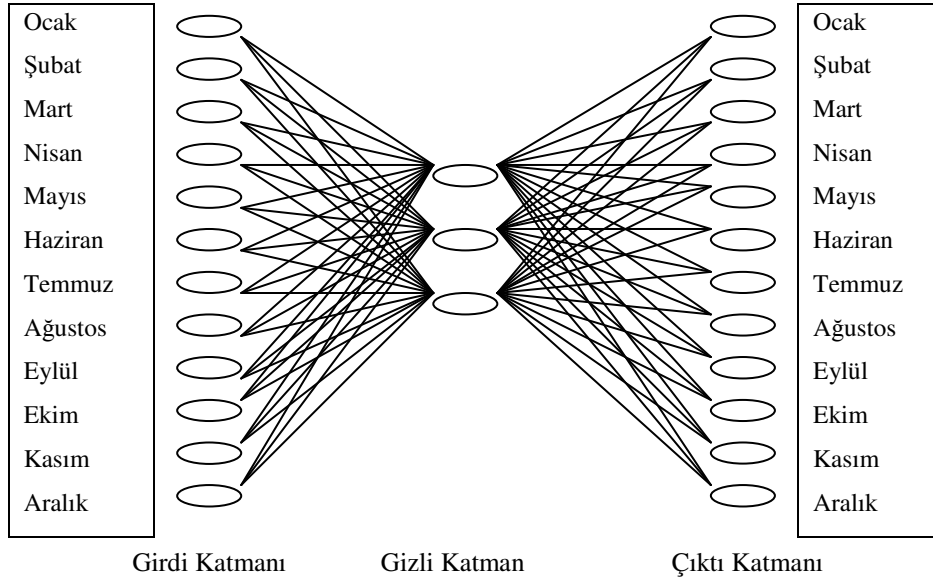


Şekil 5.58. TÜFE dizisine ait 2004 yılı için iteratif YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

YSA ile direkt kestirim

YSA ile direkt kestirim yaklaşımı için oluşturulan ağ yapısı ise şu şekildedir. Ağ girdi katmanı, tek gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Girdi katmanı 12, gizli katman 3 ve çıktı katmanı da 12 nörona sahiptir. Gizli katmanda hiperbolik tanjant, çıktı katmanında doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Verinin daha önce verilen [a, b] aralığı doğrusal dönüşüm eşitliği kullanılarak (Bkz. Eş. 4.7)

$[-1 \ 1]$ aralığında normalleştirilmesi sağlanmıştır. En iyi kestirim sonuçları Trainbr algoritması ile elde edilmiştir. Direkt kestirim için kurulan YSA mimarisi Şekil 5.59’ da gösterilmektedir.



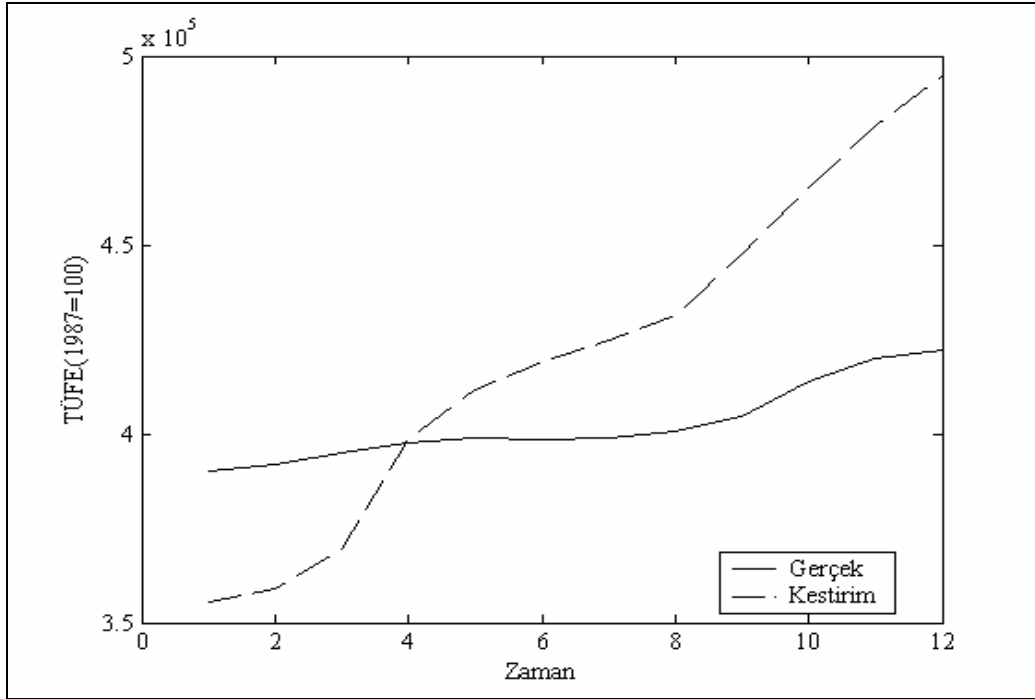
Şekil 5.59. TÜFE dizisi için direkt YSA mimarisi

Direkt kestirim amacıyla oluşturulan YSA için eğitim, doğrulama ve test aşamasına ait performans değerleri Çizelge 5.52’ de verildiği gibidir.

Çizelge 5.52. TÜFE verisi için direkt YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
0,8443	3,9023	8,4175	464,73	14301	34248,2	944,3	15891	39330,4

TÜFE verisi için direkt kestirim yaklaşımıyla YSA ile elde edilen 2004 yılı kestirim değerlerinin ve gerçek değerlerin grafiği Şekil 5.60’ da verilmiştir.



Şekil 5.60. TÜFE dizisi için 2004 yılı direkt YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

Karşılaştırmalar

TÜFE verisi için Box-Jenkins ve YSA'nın 2004 yılına ait 3, 7 ve 12 dönemlik kestirim performansları açısından karşılaştırması yapılmış sonuçlar Çizelge 5.53' de gösterilmiştir.

Çizelge 5.53. TÜFE verisi için 2004 yılı 3, 7 ve 12 dönemlik kestirimler için performans karşılaştırması

	3 DÖNEMLİK			7 DÖNEMLİK			12 DÖNEMLİK		
	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE
YSA(İteratif)	1,25	4913,20	5314,49	2,597	10319,96	11664,77	2,66	10706,47	11849,42
YSA(Direkt)	7,87	30873,47	31141,47	5,524	21798,64	24388,60	8,42	34248,20	39330,47
Box-Jenkins	4,25	16711,72	18055,13	8,851	35172,96	39639,75	14,24	58032,51	66063,47

TÜFE verisi için YSA ile iteratif kestirim metoduyla tüm dönemlerde Box-Jenkins'ten daha iyi performans sağlanmıştır. YSA ile direkt çoklu dönem kestirimi de 7 ve 12 dönemde Box-Jenkins'ten daha iyi performans göstermiştir. YSA ile iteratif kestirim sonuçlarının, direkt kestirim sonuçlarından çok daha iyi olduğu söylenebilir.

Çizelge 5.54' de YSA ve Box-Jenkins ile elde edilen 2005 yılı kestirim değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.54. TÜFE verisine ait tüm metotlar için 2005 yılı kestirimleri

Aylar	Box-Jenkins	YSA (İteratif)	YSA (Direkt)
OCAK	428351,757	424290,000	384550,000
ŞUBAT	436437,299	426340,000	387890,000
MART	447038,500	428540,000	398650,000
NİSAN	457622,552	430720,000	424990,000
MAYIS	467708,258	432650,000	437470,000
HAZİRAN	475251,777	433930,000	444670,000
TEMMUZ	482916,964	434970,000	450640,000
AĞUSTOS	492130,892	436190,000	457900,000
EYLÜL	504387,449	437850,000	474470,000
EKİM	518502,434	440730,000	491640,000
KASIM	531841,079	443730,000	507540,000
ARALIK	542802,059	446000,000	520810,000

5.2.9 Dolar ortalama satış fiyatı verisinin analizi

Analizi yapılan Dolar verisi için Box-Jenkins metodunda 1987-2003 yılları model belirlemek amacıyla, 2004 yılı test amacıyla kullanılmıştır. YSA için 1987-2002 yılları eğitim, 2003 yılı doğrulama ve 2004 yılı verileri test amaçlıdır. Her iki metot için elde edilen 2004 yılı kestirim değerleri ile performans karşılaştırması yapılmış, analiz sonunda tüm metotlar için 2005 yılı kestirimleri sağlanmıştır.

Box-Jenkins metodu ile analiz

Dolar dizisinin grafiği incelendiğinde (Bkz. Şekil 5.9), zaman dizisinin ortalamada ve varyansta durağan dışı bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Durağan dışılığı ortadan kaldırmak için dizinin logaritması ve farkı alınmıştır. Dizide mevsimsellik gözlenmemiştir. Box-Jenkins ile yapılan modelleme sonucunda en uygun model ARIMA(1,1,0) olarak belirlenmiştir. Modelin uygunluğunun analizi Çizelge 5.55’de verildiği gibidir.

Çizelge 5.55. Dolar satış fiyatı verisi için ARIMA(1,1,0) model analizi

Parametre	Tahmin	Standart Hata	t-değeri	P-değeri
AR (1)	0,42862	0,06406	6,69129	0,0000
ORTALAMA	0,03696	0,00534	6,92706	0,0000
SABİT	0,02112			
20 Artık Otokorelasyon Değeri için Ki-Kare Test İstatistiği = 7,97534				

Elde edilen analiz sonuçlarına göre 20 artık otokorelasyon için ki-kare değeri 7,97534 serbestlik derecesi 19 için ki-kare tablo değeri = 30,1435 ‘ den küçük olduğu için model uygundur. Hataların dağılımı için yapılan ki-kare testi sonucu elde edilen P değeri = 0, $\alpha = 0,05$ ’ ten küçük bulunmuştur. Hatalar normal dağılıma sahip değildir denir. Bu durumda modellemeyle ilgili tüm varsayımlar sağlanmamıştır..

Dolar verisine ait ARIMA(1,1,0) modelinin 2004 yılı kestirimleri için MAPE, MAE ve RMSE değerleri Çizelge 5.56’ da gösterilmiştir.

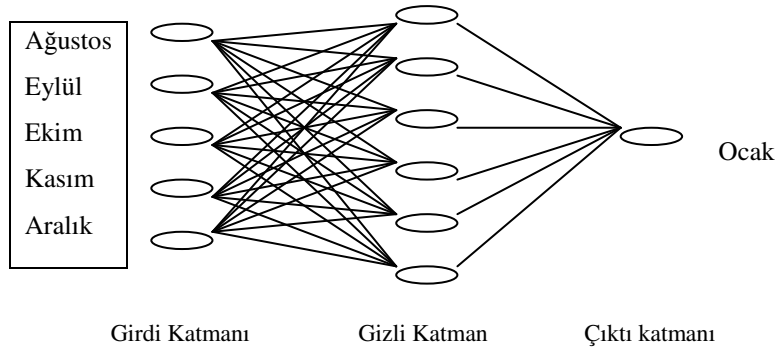
Çizelge 5.56. Dolar satış fiyatı verisi ARIMA(1,1,0) modeli performans değerleri

MAPE	MAE	RMSE
22,737	0,327	0,377

YSA metodu ile analiz

YSA ile iteratif kestirim

Dolar dizisi için çoklu dönem kestirimlerini iteratif kestirim yaklaşımıyla yapmak için oluşturulan YSA giriş katmanında 5, gizli katmanda 6 nörona sahiptir. Çıktı nöronu olarak belirtilen Z_t kestirimi için girdi nöron değerleri olarak $Z_{t-1}, Z_{t-2}, Z_{t-3}, Z_{t-4}, Z_{t-5}$ alınmıştır. Kurulan ağ mimarisi Şekil 5.61’ de gösterildiği gibidir.



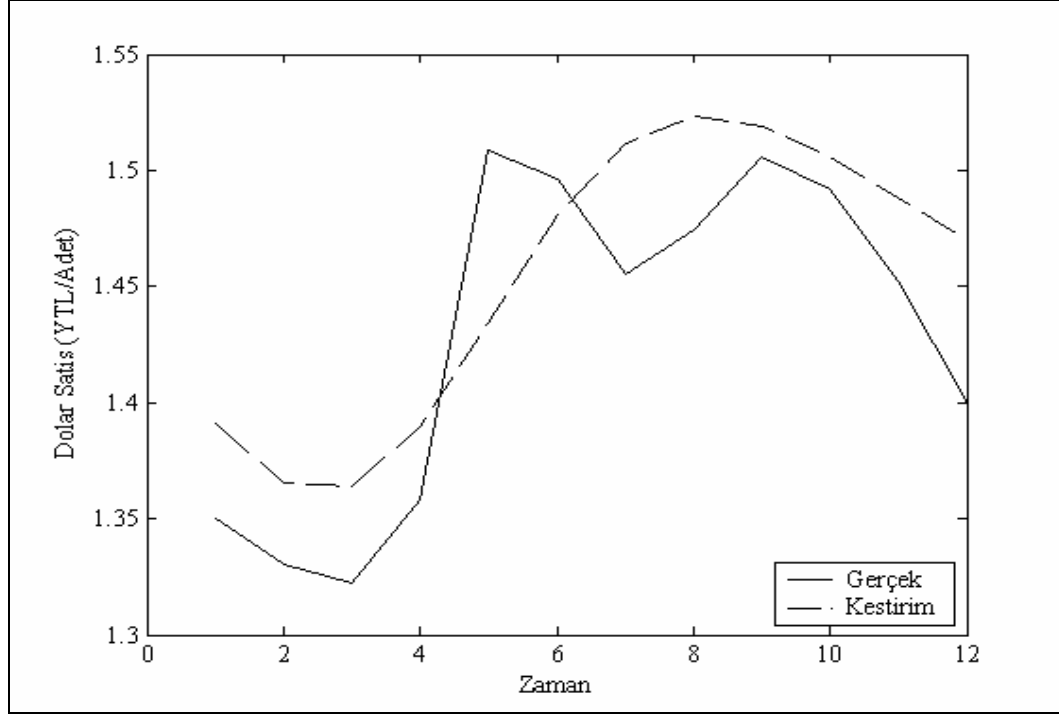
Şekil 5.61. Dolar satış fiyatı dizisi için iteratif YSA mimarisi

Logaritması alınan veri ile eğitilen YSA daha iyi sonuç verdiği için ağın eğitiminde logaritması alınan dizi kullanılmıştır. Gizli katman için hiperbolik tanjant, çıktı katmanı için doğrusal aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir. Verinin normalleştirme aralığı $[-1, 1]$ seçilmiş ve bu normalleştirme $[a, b]$ aralığı doğrusal dönüşüm eşitliğine göre (Bkz. Eş. 4.7) yapılmıştır. En iyi kestirim sonuçları Trainbr algoritması ile elde edilmiştir. YSA için eğitim, doğrulama ve test aşaması performans değerleri Çizelge 5.57’de verildiği gibidir.

Çizelge 5.57. Dolar satış fiyatı verisine ait iteratif YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
1,8934	3,8722	2,8007	0,0069	0,0590	0,0398	0,02102	0,0674	0,0443

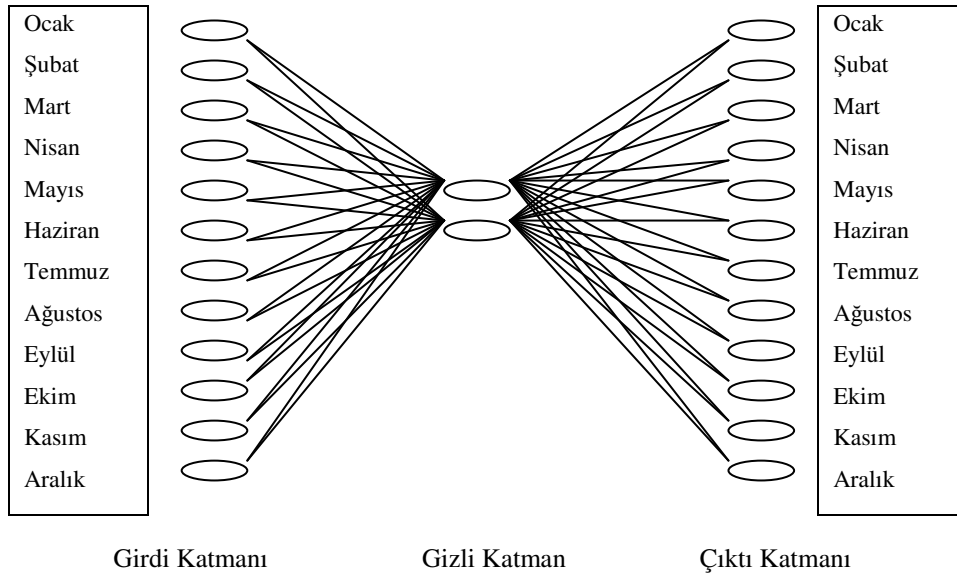
İteratif kestirim yaklaşımıyla YSA tarafından elde edilen 2004 yılı kestirimleri ile 2004 yılı gözlem değerlerinin grafiği Şekil 5.62’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.62. Dolar satış fiyatı dizisine ait iteratif YSA için 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

YSA ile direkt kestirim

YSA ile direkt kestirim için kurulan ağ mimarisi şu şekildedir. Ağ girdi katmanında 12, gizli katmanda 2 ve çıktı katmanında 12 nörona sahiptir. Gizli katman ve çıktı katmanı için lojistik aktivasyon fonksiyonu tercih edilmiştir. $[0, 1]$ aralığı doğrusal dönüşüm eşitliği kullanılarak (Bkz. Eş. 4.6) veri normalleştirilmiştir. Logaritması alınan dizi kullanılmıştır. Trainbr geri yayılım algoritması ile analiz gerçekleştirilmiştir. Algoritmanın farklı çalıştırma denemelerinde elde edilen sonuçları kaydedilmiş, bu sonuçlarla analiz değerlendirilmiştir. Ağın mimarisi Şekil 5.63’ de verildiği gibidir.



Şekil 5.63. Dolar satış fiyatı dizisi için direkt YSA mimarisi

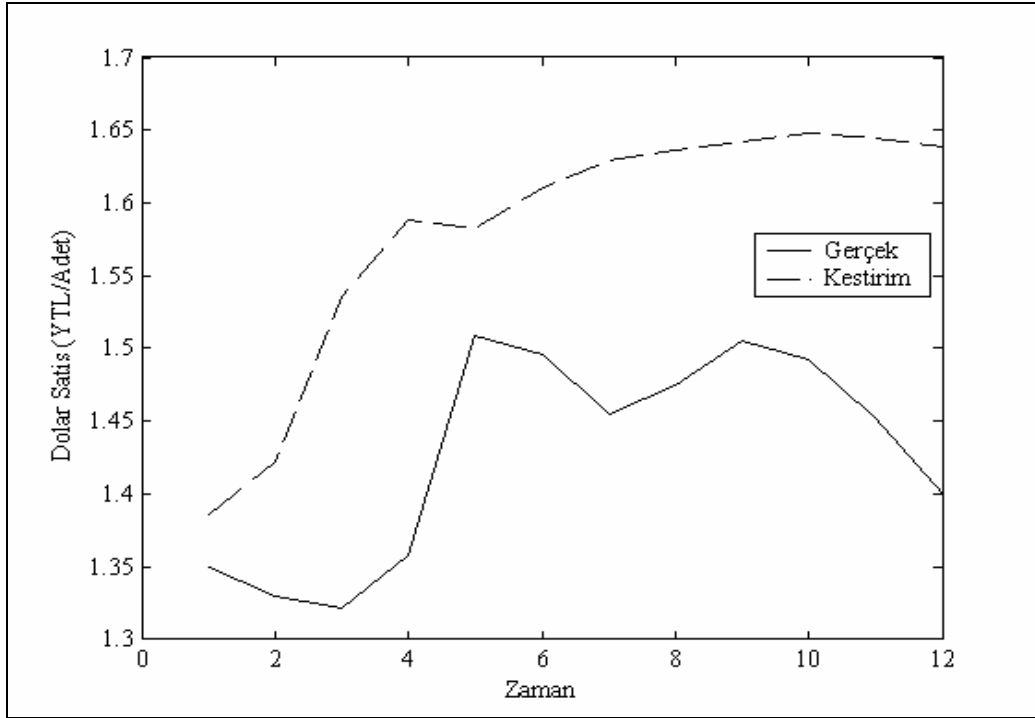
Direkt kestirim metodu için oluşturulan YSA için eğitim, doğrulama ve test aşamasına ait 10 denemeye ilişkin performans değerleri Çizelge 5.58’ deki gibidir.

Çizelge 5.58. Dolar satış fiyatı verisine ait direkt YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
5,2297	12,304	9,5615	0,016644	0,18247	0,13628	0,040681	0,19325	5,2297
5,3504	12,114	11,627	0,016928	0,17817	0,16498	0,041283	0,19025	5,3504
5,3504	12,114	11,627	0,016928	0,17817	0,16498	0,041283	0,19025	5,3504
5,3504	12,114	11,627	0,016928	0,17817	0,16498	0,041283	0,19025	5,3504
5,2297	12,304	9,5615	0,016644	0,18247	0,13628	0,040681	0,19325	5,2297
5,3997	11,987	12,612	0,017047	0,17557	0,17859	0,041577	0,18932	5,3997
5,2297	12,304	9,5615	0,016644	0,18247	0,13628	0,040681	0,19325	5,2297
5,3504	12,114	11,627	0,016928	0,17817	0,16498	0,041283	0,19025	5,3504
5,2297	12,304	9,5615	0,016644	0,18247	0,13628	0,040681	0,19325	5,2297
5,2297	12,304	9,5615	0,016644	0,18247	0,13628	0,040681	0,19325	5,2297

Direkt kestirim metoduyla, 2004 yılı kestirimleri olarak, bu 10 denemeye ilişkin kestirim değerlerinin ortalaması alınmıştır. YSA ile direkt kestirim yaklaşımıyla elde

edilen 2004 yılı kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği Şekil 5.64’ de gösterilmektedir.



Şekil 5.64. Dolar satış fiyatı dizisi için 2004 yılına ait direkt YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

Karşılaştırmalar

2004 yılı için 3, 7 ve 12 dönemlik kestirimler açısından Box-Jenkins ve YSA’nın, kestirim performanslarının karşılaştırıldığı sonuçlar Çizelge 5.59’ da verilmiştir.

Çizelge 5.59. Dolar satış fiyatı verisi için 2004 yılı 3, 7, ve 12 dönemlik kestirimler için metotların performans karşılaştırması

	3 DÖNEMLİK			7 DÖNEMLİK			12 DÖNEMLİK		
	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE
YSA(İteratif)	2,955	0,039	0,040	3,009	0,042	0,046	2,801	0,040	0,044
YSA(Direkt)	8,550	0,113	0,136	9,586	0,133	0,150	10,659	0,152	0,163
Box-Jenkins	11,570	0,154	0,161	13,729	0,193	0,204	22,737	0,327	0,377

Dolar dizisi için YSA, iteratif ve direkt kestirim metotları açısından, tüm kestirim dönemlerinde Box-Jenkins'e göre çok daha iyi performans göstermiştir. Tüm dönemlerde YSA ile iteratif kestirim metoduyla, direkt kestirim metodundan çok daha iyi performans sağlanmıştır.

Dolar satış fiyatı dizisi için tüm metotlar ile elde edilen 2005 yılı kestirimleri Çizelge 5.60' da verildiği gibidir.

Çizelge 5.60. Dolar satış fiyatı verisi için tüm metotlar ile elde edilen 2005 yılı kestirimleri

Aylar	Box-Jenkins	YSA(İteratif)	YSA (Direkt)
OCAK	1,4044	1,3681	1,3953
ŞUBAT	1,4337	1,3640	1,4292
MART	1,4752	1,3896	1,5360
NİSAN	1,5232	1,4364	1,5874
MAYIS	1,5751	1,4861	1,5811
HAZİRAN	1,6300	1,5203	1,6084
TEMMUZ	1,6872	1,5324	1,6270
AĞUSTOS	1,7467	1,5279	1,6341
EYLÜL	1,8084	1,5132	1,6407
EKİM	1,8724	1,4931	1,6470
KASIM	1,9386	1,4722	1,6435
ARALIK	2,0072	1,4550	1,6374

5.2.10. Euro satış fiyatı verisi analizi

Euro satış fiyatı verisi için Box-Jenkins metodunda 1999-2003 yılları ile model belirlenmiş, 2004 yılı ile test işlemi gerçekleştirilmiştir. YSA için 1999'dan 2003'e kadar olan veriler eğitim, 2003 yılı verileri doğrulama ve 2004 yılı verileri test amaçlıdır. 2004 yılı kullanılarak metotların kestirim performansları karşılaştırılmış, analizin sonunda YSA ve Box-Jenkins için 2005 yılı kestirimleri sağlanmıştır.

Box-Jenkins metodu ile analiz

Euro satış fiyatı dizisine ait grafik (Bkz. Şekil 5.10) incelendiğinde zaman dizisinin ortalamada ve varyansta durağan dışı bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Durağan dışılığı ortadan kaldırmak amacıyla dizinin logaritması ve mevsimsel olmayan farkı alınmıştır. Box-Jenkins ile yapılan modelleme sonucunda kestirimler açısından en uygun model ARIMA(1,1,0) olarak belirlenmiştir. Modele ait analiz Çizelge 5.61’ de gösterildiği gibidir.

Çizelge 5.61. Euro satış fiyatı verisi için ARIMA(1,1,0) model analizi

Parametre	Tahmin	Standart Hata	t-değeri	P-değeri
AR (1)	0,4099	0,1208	3,3923	0,0013
ORTALAMA	0,0262	0,0118	2,2162	0,0307
SABİT	0,0155			
20 Artık Otokorelasyon Değeri için Ki-Kare Test İstatistiği = 16,4838				

Analiz sonuçlarına göre 20 artık otokorelasyon için ki-kare değeri 16,4838 serbestlik derecesi 19 için ki-kare tablo değeri olan 30,1435 değerinden küçük olduğu için model uygundur. Hatalara ilişkin dağılımın normal dağılım olup olmadığı incelemek amacıyla yapılan ki-kare testi sonucunda P değeri = 0,0022 değeri $\alpha = 0,05$ ten küçük bulunmuştur. Hataların dağılımı normal dağılım değildir denilir. Böylece modelin tespitiyle ilgili tüm aksiyomlar sağlanmamıştır.

Euro verisine ait ARIMA(1,1,0) modeli için 2004 yılı kestirimleri için MAPE, MAE ve RMSE değerleri Çizelge 5.62’ de verilmiştir.

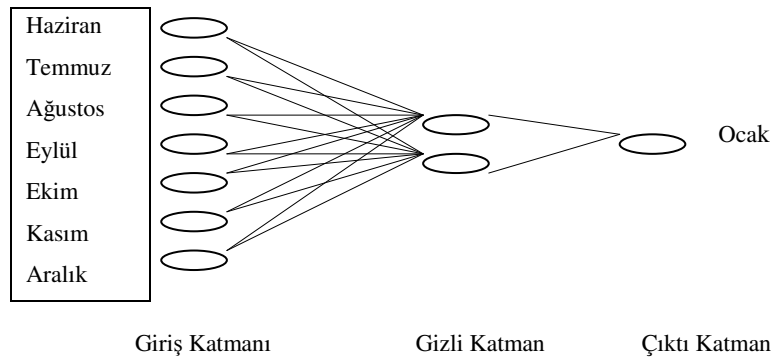
Çizelge 5.62. Euro satış fiyatı verisi ARIMA(1,1,0) modeli performans değerleri

MAPE	MAE	RMSE
17,476	0,313	0,336

YSA metodu ile analiz

YSA ile iteratif kestirim

İteratif kestirim yaklaşımı bakımından, euro satış verisi için oluşturulan en uygun ağ mimarisine göre giriş katmanında 7, gizli katmanda 2 nöron kullanılmıştır. Çıktı nöronu olarak belirtilen Z_t kestirimi için girdi nöron değerleri olarak $Z_{t-1}, Z_{t-2}, Z_{t-3}, Z_{t-4}, Z_{t-5}, Z_{t-6}, Z_{t-7}$ alınmıştır. Ağın eğitiminde logaritması alınan dizi kullanılmıştır. Gizli katman için hiperbolik tanjant, çıktı katmanı için doğrusal aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir. [a, b] aralığı doğrusal dönüşüm eşitliğine göre (Bkz. Eş. 4.7) [-1 1] aralığında dizinin normalleştirilmesi sağlanmıştır. Trainbr geri yayılım algoritması ile en uygun kestirim değerleri elde edilmiştir. Kurulan ağ mimarisi Şekil 5.65’ dendir.



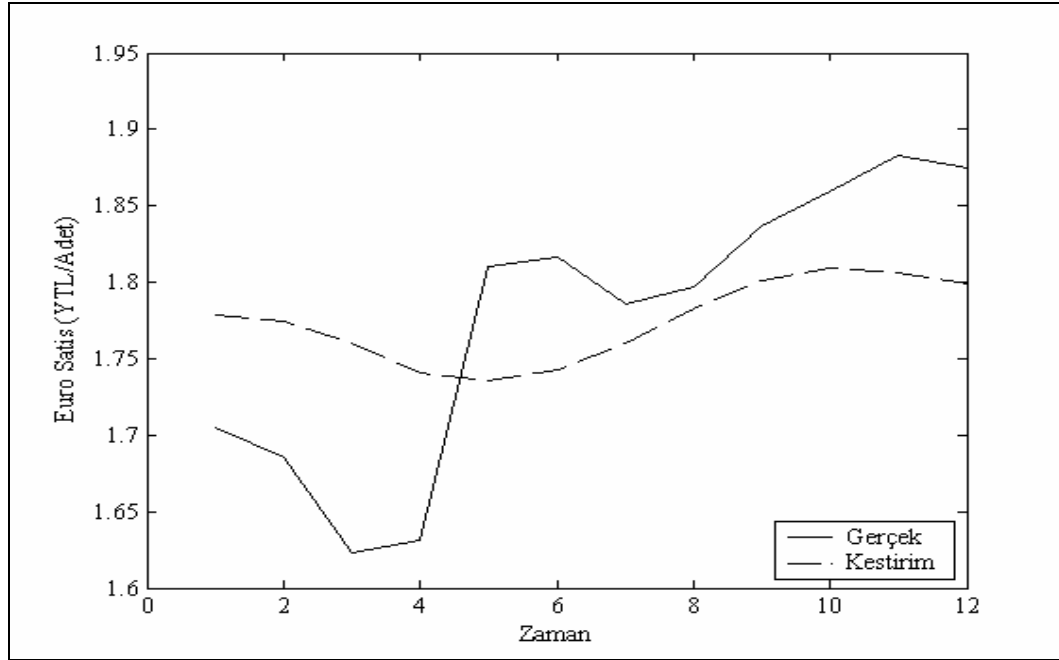
Şekil 5.65. Euro satış fiyatı dizisi için iteratif YSA mimarisi

YSA için eğitim, doğrulama ve test aşamasına ait elde edilen performans değerleri Çizelge 5.63’ de verildiği gibidir.

Çizelge 5.63. Euro satış fiyatı verisine ait iteratif YSA için performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
2,7799	2,6963	3,9932	0,0275	0,0462	0,0696	0,0392	0,0567	0,0771

2004 yılına ilişkin, iteratif kestirim yaklaşımının benimsendiği YSA için elde edilen kestirim değerlerinin ve gerçek değerlerin grafiği Şekil 5.66’ da gösterilmiştir.



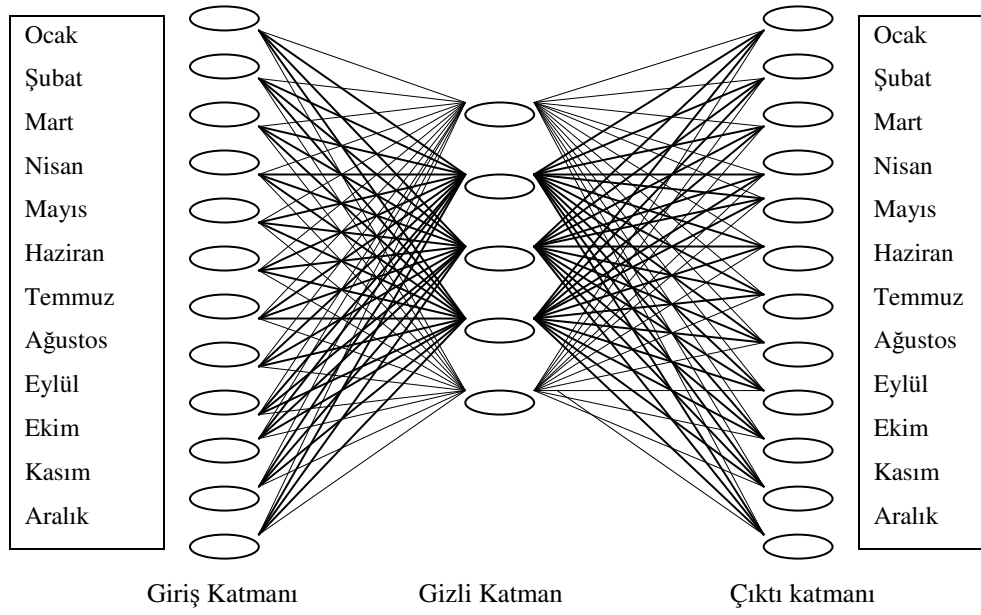
Şekil 5.66. Euro satış fiyatı dizisi için 2004 yılına ait iteratif YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

YSA ile direkt kestirim

YSA ile direkt kestirim için kurulan ağ, girdi katmanında 12, gizli katmanda 5 ve çıktı katmanında 12 nörona sahiptir. Gizli katmanda lojistik, çıktı katmanında ise doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. $[0, 1]$ aralığı doğrusal dönüşüm eşitliğiyle (Bkz. Eş. 4.6) veri normalleştirilmiş ve Trainbr algoritması kullanılmıştır. Oluşturulan ağ mimarisi Şekil 5.67’ dedir. Direkt kestirim için düzenlenen YSA’ ya ait eğitim, doğrulama ve test aşaması performans değerleri Çizelge 5.64’ dedir.

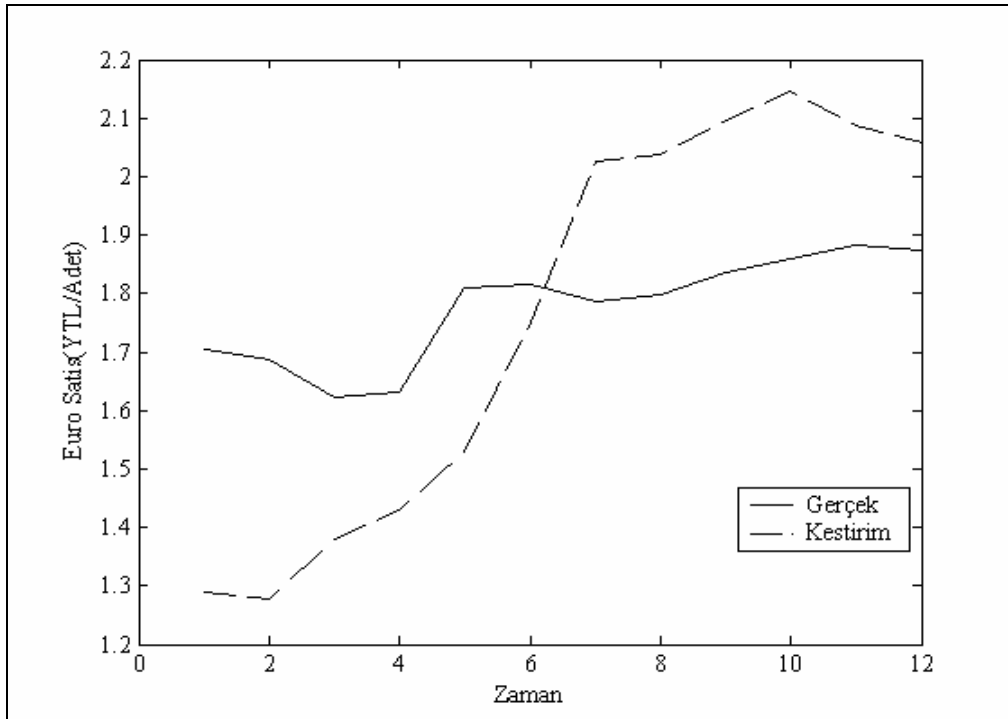
Çizelge 5.64. Euro satış fiyatı verisi için direkt YSA performans değerleri

MAPE			MAE			RMSE		
Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test	Eğitim	Doğrulama	Test
13,532	19,621	14,346	0,12158	0,33391	0,25257	0,15463	0,36748	0,2683



Şekil 5.67. Euro satış fiyatı verisi için direkt YSA mimarisi

YSA ile elde edilen 2004 yılı kestirim değerlerine ve gerçek değerlere ait grafik Şekil 5.68’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.68. Euro satış fiyatı verisine ait 2004 yılı için direkt YSA kestirim değerleri ve gerçek değerler grafiği

Karşılaştırmalar

Euro satış fiyatı dizisinde Box-Jenkins ve YSA, 2004 yılı için 3, 7 ve 12 dönemlik kestirimler bakımından karşılaştırılmış sonuçlar Çizelge 5.65’ de verilmiştir.

Çizelge 5.65. Euro satış fiyatı dizisi, 2004 yılı 3, 7, ve 12 dönemlik kestirimler için performans karşılaştırması

	3 DÖNEMLİK			7 DÖNEMLİK			12 DÖNEMLİK		
	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE
YSA(İteratif)	6,024	0,100	0,104	4,917	0,083	0,089	3,993	0,070	0,077
YSA(Direkt)	21,199	0,356	0,365	15,502	0,265	0,288	14,346	0,253	0,268
Box-Jenkins	10,850	0,180	0,194	13,353	0,229	0,242	17,476	0,313	0,336

Euro verisi için YSA, iteratif kestirimle, tüm dönemlerde Box-Jenkins’ten çok daha iyi performans sergilemiştir. YSA direkt kestirimle, sadece 12 dönem için Box-Jenkins’ten daha iyi sonuç elde edebilmiştir. Ayrıca kestirim dönemi arttıkça YSA performansı artış gösterirken, Box-Jenkins performansı azalış göstermektedir. YSA ile iteratif kestirim sonuçları, direkt kestirim sonuçlarından çok daha iyidir. Tüm metotlar için 2005 yılı kestirimleri Çizelge 5.66’ da gösterilmiştir.

Çizelge 5.66. Euro satış fiyatı verisi için tüm metotlar ile 2005 yılı kestirimleri

Aylar	Box-Jenkins	YSA(İteratif)	YSA (Direkt)
OCAK	1,897	1,8439	1,2981
ŞUBAT	1,933	1,8097	1,2844
MART	1,973	1,7773	1,3890
NİSAN	2,017	1,7555	1,4374
MAYIS	2,062	1,7456	1,5400
HAZİRAN	2,109	1,7538	1,7652
TEMMUZ	2,157	1,7764	2,0435
AĞUSTOS	2,206	1,8015	2,0546
EYLÜL	2,257	1,8169	2,1128
EKİM	2,308	1,8185	2,1651
KASIM	2,361	1,8106	2,1057
ARALIK	2,414	1,7984	2,0744

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, kestirim teknikleri içerisinde önemli bir yer tutan zaman dizileri analizinde, geleceği kestirimde kullanılan geleneksel kestirim yöntemlerine alternatif olarak öne sürülen, YSA metoduna yer verilmiştir. Bunun için bazı iktisadi ve finansal zaman dizileri kullanılarak YSA ile elde edilen kestirimlerle, zaman dizileri analizinde sıkça kullanılan Box-Jenkins metoduyla elde edilen kestirimlerin karşılaştırması yapılmıştır.

Box-Jenkins metodu doğrusal diziler için başarılı sonuçlar verirken, aynı başarıyı doğrusal olmayan diziler için gösterememektedir. Gerçek hayatta pek çok zaman dizisi doğrusal olmayan yapıya sahiptir. Bu durumda, gelecek olayların ve şartların önceden kestirilmesinin büyük önem taşıdığı mühendislik, biyoloji, tıp ve sosyal içerikli tüm alanlarda ve özellikle ekonomi ve finasta yeni yöntem arayışlarını gerektirmiştir. Bu tez çalışmasında, bu arayışlar neticesinde ileri sürülen YSA metodu ile farklı yapılara ve hareketlere sahip bazı iktisadi ve finansal zaman dizilerinin kestirim performanslarının, Box-Jenkins metoduna göre nasıl farklılıklar ortaya koyduğu incelenmiştir.

Özellikle doğrusal olmayan yapılar için başarılı performans gösteren YSA'nın, doğrusal yapılar için de başarılı sonuçlar verebilmekte olduğu görülmüştür. Çalışmada incelenen zaman dizileri şunlardır: Aylık toplam ithalat ve toplam ihracat (Milyon Dolar), ihracatın ithalatı karşılama oranı (%), aylık toplam ithalat ve ihracat değişim oranları (%), ortalama aylık Cumhuriyet altını satış fiyatı (YTL), Dolar aylık ortalama satış fiyatı (YTL), Euro aylık ortalama satış fiyatı (YTL), 1987 temel yıllık aylık tüketici fiyat endeks değerleri ve değişim oranları (%) dır.

İlk olarak Box-Jenkins metodu ile dizilerin modellemesine yer verilmiştir. Modelleme ile ilgili tüm varsayımların sağlanıp sağlanmadığı gösterilmiştir. İkinci olarak YSA metodu ile dizilerin analizi yapılmıştır. Bu analizde iteratif ve direkt çok dönemlik kestirim olmak üzere her iki açıdan sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca bu kestirim şekilleri, hem orijinal diziler için hem de dönüşüm yapılmış diziler için

uygulanmıştır. Zaman dizileri için Box-Jenkins metodu ile hangi dönüşümler yapıldıysa, aynı dönüşümlerin uygulandığı dizi ile YSA analizleri gerçekleştirilmiştir. Bunda amaç hem aynı düzeyde karşılaştırma yapmak, hem de dönüşüm yapıldığı zaman YSA performansını görmektir.

Ayrıca bu çalışmada yöntemler, kestirim dönemi uzunluğu açısından da değerlendirilmiş, kısa, orta ve uzun dönem kestirimleri bakımından performans karşılaştırması yapılmıştır.

Bu çalışmadaki veriler ve analizler dikkate alındığında, iteratif ve direkt çoklu dönem kestirimleri açısından YSA performansı karşılaştırıldığında, ele alınan zaman dizilerinde çoğunlukla iteratif dönem kestiriminin iyi sonuç verdiği görülmektedir. İlk ele alınan toplam ihracat verisi için YSA, orijinal veri için iteratif ve direkt kestirim metoduyla, 7 ve 12 dönemlik kestirimlerde, Box-Jenkins' ten daha iyi performans göstermiştir. YSA ile toplam ihracat verisi için iteratif kestirim metoduyla, uzun dönemde direkt kestirim metodundan daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Toplam ihracat değişim oranları dizisi için YSA ile iteratif çoklu dönem kestirimi direkt kestirimden daha uygundur. İteratif kestirim ile Box-Jenkins metoduna benzer sonuçlar elde edilirken, direkt kestirimde iyi performans sağlanamamıştır.

Toplam ithalat, ithalat değişim oranları ve ihracatın ithalatı karşılama oranı dizileri için de YSA iteratif kestirimle daha iyi sonuçlar vermiştir. Toplam ithalat değişim oranları dizisinde, direkt çoklu dönem kestirimiyle Box-Jenkins'e benzer değerler elde edilirken, iteratif kestirimle kısa ve uzun dönemde daha iyi performans sağlanmıştır. Karşılama oranı dizisi için iteratif kestirimde, 3 dönem için daha iyi performans sağlanırken, orta ve uzun dönemde Box-Jenkins'e yakın bir performans gözlenmiştir.

Box-Jenkins için tüm modelleme varsayımlarının sağlanamadığı Dolar ve Euro satış fiyatı dizileri için YSA ile tek çıktı nöronunun kullanıldığı iteratif kestirim ile kısa, orta ve uzun tüm kestirim dönemlerinde, çok iyi performans sağlanmıştır.

Cumhuriyet altını satış fiyatları verisi için direkt çoklu dönem kestirimiyle, iteratif kestirimden başarılı sonuçlar elde edilememiştir. Ancak, iteratif kestirim daha iyi kestirim değerleri vermiştir.

TÜFE verisi için YSA, tüm dönemlerde iteratif kestirimle, Box-Jenkins'ten çok daha iyi performans göstermiştir. YSA, direkt kestirimde ise 7 ve 12 dönemlik kestirimler açısından Box-Jenkins modellemesinden daha iyi sonuçlar vermiştir.

TÜFE değişim oranları dizisi içinde iteratif kestirim daha uygun bir kestirim şekli olup, YSA ile tüm kestirim dönemlerinde Box-Jenkins'ten daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Direkt çoklu dönem kestirimi ile Box-Jenkins'ten daha iyi performans değerleri elde edilememiştir. Bu arada, Box-Jenkins ile modelleme yaparken kriz dönem verileri, modellemeyi olumsuz etkilediklerinden, modellemedeki varsayımlar ancak bu veriler çıkarıldığında sağlanabilmiştir. YSA ise bu kriz dönemlerinden etkilenmemektedir. Bu nedenle, herhangi bir veri düzeltmesine, çıkartılmasına gerek duyulmadan tüm dönemlerde YSA ile en iyi performans sağlanmıştır. Bu durumun, YSA için bir avantaj olduğu söylenebilir.

Analizlerde, bazı zaman dizileri için hiçbir dönüşüme gerek duymadan daha iyi kestirimler elde edilebilmişken, bazı diziler için ise dönüşüm yapıldıktan sonra daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Toplam ihracat dizisi için dönüşüm yapılmamış veri ile eğitilen YSA iteratif kestirimle, 7 ve 12 dönemlik kestirimlerde Box-Jenkins'ten çok daha iyi performans göstermiştir. Dönüştürülmüş veri ile elde edilen sonuçlar Box-Jenkins' ten daha iyi değildir.

Toplam ithalat dizisi için ise dönüştürülmüş veri ile eğitilen YSA ile iteratif kestirim yaklaşımıyla uygun sonuçlar elde edilebilmiştir. 3 ve 7 dönemlik kestirimlerde YSA daha iyi performans göstermiştir

Cumhuriyet altını satış fiyatı verisi için dönüştürülmüş veri ile eğitilen iteratif YSA, 3 dönemlik kestirimlerde en iyi sonucu vermektedir. 7 ve 12 dönemlik kestirimlerde ise orijinal dizi ile eğitilen iteratif YSA daha iyi performans göstermiştir. Tüm dönemler için hem orijinal hem de dönüştürülmüş veri için eğitilen YSA, iteratif kestirimle Box-Jenkins' e göre daha iyi performans sağlamıştır.

Analizlerde kestirilen dönem sayısına göre, çoğunlukla kestirim dönemi atıkça YSA, Box-Jenkins'ten daha iyi performans göstermektedir. Bunun anlamı, kestirim dönemi uzunluğu arttıkça YSA performansı artış gösterirken, Box-Jenkins performansı azalış göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmada kullanılan iktisadi ve finansal verilerin analizinden elde edilenler dikkate alındığında, zaman dizileri kestiriminde YSA'nın, doğrusal olmayan dizilerde, Box-Jenkins metodundan çok daha iyi, doğrusal dizilerde ise Box-Jenkins ile benzer ve hatta bazı kestirim dönemlerinde daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir. Ele alınan dizilerde çoğunlukla YSA ile iteratif kestirim metoduyla daha iyi performans sağlanmıştır. Kestirim bakımından analiz edilen zaman dizilerinde, Box-Jenkins için gerekli olan dönüşümlere ihtiyaç duyulmadan, YSA metoduyla çok daha iyi sonuçlar elde edilebilmiştir. Böylece, YSA'nın gerek fark alma dönüşümlerine, gerekse sapan verilerin çıkarılması işlemlerine ihtiyaç duymamasından dolayı veri kaybını minimuma indirebilecektir. Bu durum, Box-Jenkins'e göre bir avantaj olarak kabul edilebilir.

KAYNAKLAR

1. Özmucur, S., "Geleceği Tahmin Yöntemleri", *İstanbul Sanayi Odası Araştırma Dairesi*, İstanbul, 1-20 (1990).
2. Orhunbilge, N., "Zaman serileri analizi tahmin ve fiyat indeksleri", *İ.Ü.İşletme Fakültesi*, İstanbul, 1-15 (1999).
3. Hill, T., Connor, M., Remus, W., "Neural network models for time series forecasting", *Managament Science*, 42(7):1082-1092 (1996).
4. Hill, T., Marquez, L., Connor, M., Remus, W., "Artificial neural network models for forecasting and decision making", *International Journal of Forecasting*, 10:5-15 (1994).
5. Sharda, R., Patil, R. B., "Connectionist approach to time series prediction:An empirical test ", *Journal of Intelligent Manufacturing*, 3:317-323 (1992).
6. Kohzadi, N., Boyd, S. M., Kersmanhahi, B., Kaastra, L., "A comparison of artificial neural network and time series models for forecasting commodity prices", *Neurocomputing*, 10:169-181 (1996).
7. Tang, Z., Almedia, C., Fishwick, P., "Time series forecasting using neural networks vs. Box-Jenkins methodology", *Simulation*, 57(5):303-310 (1991).
8. Uçar, N., Köse, N., Aksoy, S., "Doğrusal ve doğrusal olmayan modellerle enflasyon öngörüsü:Durağan ve durağan olmamanın etkileri", *G.Ü İ.İ.B.F Dergisi*, 5(3) : 45-56 (2003).
9. Yıldız, B., "Finansal başarısızlığın öngörülmesinde YSA kullanımı ve halka açık şirketlerde ampirik bir uygulama", *İMKB Dergisi*, 5(17):51-67 (2001).
10. Jhee, W. C., Lee C. K., Lee, K. J., "A neural network approach for the identification of the Box-Jenkins model", *Network*, 3: 323-339 (1992).
11. Alon, I., Qi, M., Sadowski, R. J., " Forecasting aggregate retail sales: a comparison of artificial neural networks and traditional methods", *Journal of Retailing and Consumer Services*, 8:147-156 (2001).
12. Nelson, M., Hill, T., Remus, W., Q'Connor, M.," Time series foracasting using neural networks :Should the data be deasonalized first? ", *Journal of Forecasting*, 18: 359-367 (1999).
13. Wei, W. W. S., "Time Series Analysis: Univariate and Multivariate", *Addison-Wesley Pub.*, UK, 32-64, 86-180 (1990).

14. Box, G. P., Jenkins, G. M., "Time Series Analysis Forecasting and Control", **Holden-Day**, San Francisco, 1-170 (1976).
15. Akdi, Y., "Zaman Serileri Analizi, Birim Kökler ve Kointegrasyon", **Bıçaklar Kitabevi**, Ankara, 225-245 (2003).
16. Tseng, F. M., Yu, H. C., Tzeng, G. H., "Combining neural network model with seasonal time series ARIMA model", **Technological forecasting & Social Change**, 69:71-87 (2002).
17. Hamzaçebi, C., "Geleceği tahminde yapay sinir ağları için sezgisel öğrenme algoritması", Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 92-115 (2005).
18. Kao, J. J., Huang, S. S., "Forecasts using neural networks versus Box-Jenkins methodology for ambient air quality monitoring data", **Air-Waste Management Association**, 50:219-226 (2000).
19. Elmas, Ç., "Yapay Sinir Ağları", **Seçkin Yayıncılık**, Ankara, 21-39 (2003).
20. Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M., "Mühendislikte yapay zeka uygulamaları-1: Yapay sinir ağları", **Ufuk Yayıncılık**, Kayseri, 77-117, 340-369 (2003).
21. Haykin, S., "Neural Networks: A Comprehensive Foundation", **Prentice-Hall**, New Jersey, 1-22 (1999).
22. Öztemel, E., "Yapay Sinir Ağları", **Papatya Yayıncılık**, İstanbul, 13-113 (2003).
23. Önder, E., "Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları", **Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi**, İstanbul, 6-8 (2000).
24. Ulusoy, T., "Yapay sinir ağları kullanılarak İstanbul Menkul Kıymetler Borsası indeks öngörüsü", Yüksek Lisans Tezi, **Başkent Üniversitesi**, Ankara, 11-32 (2001).
25. Sevmez, M., "Yapay sinir ağı teknikleri ile hisse senedi piyasalarının analizi", Y.Lisans Tezi, **Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü**, Ankara, 22-28 (2001).
26. Frank, R. J., Davey, N., Hunt, S. P., "Time series prediction and neural network", **Neural Network World**, 4(96):447-468 (1997).
27. Zhang, G., Patuwo, B. E., Hu, Y. M., "Forecasting with artificial neural networks", **International Journal of Forecasting**, 14: 35-62 (1998).
28. Lipmann, R. P., "An introduction to computing with neural nets, **IEEE ASSP Magazine**, April, 4-22 (1987).

29. Wong, F. S., "Time series forecasting using backpropagation neural Networks", *Neurocomputing*, 2:147-159 (1991).
30. Tang, Z., Fishwick, P. A., "Feedforward neural nets as models for time series forecasting", *ORSA Journal on Computing*, 5(4):374-385 (1993).
31. Weigend, A. S., Huberman, B. A., Rumelhart, D. E., "Predicting sunspots and exchange rates with connectionist networks", Nonlinear modelling and forecasting, Casdagli, M., Eubank, S., *Addison-Wesley*, Redwood City, CA, 395-432 (1992).
32. Lachtermacher, G., Fuller, J. D., "Backpropagation in time series forecasting", *Journal of Forecasting*, 14:381-393 (1995).
33. Chu, C. W., Zhang, G. P., "A comparative study of linear and nonlinear models for aggregate retail sales forecasting", *International Journal of Production Economics*, 86: 217-231 (2003).
34. Zhang, G. P., Qi, M., "Neural network forecasting for seasonal and trend time series", *European Journal of Operational Research*, 160: 501-514 (2005).
35. Lapades, A., Farber, R., "How neural network", In: Anderson, D. Z., (Ed.), Neural Information Processing Systems, *American Institute of Physics*, New York, 442-456 (1988).
36. Srinivasan, D., Liew, A. C., Chang, C. S., "A neural network short -term load forecaster", *Electric Power Systems Research*, 28:227-234 (1994).
37. Hamzaçebi, C., Kutay, F., "Yapay sinir ağları ile Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin 2010 yılına kadar tahmini", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(3):227-233 (2004).
38. Demuth, H., Beale, M., "Neural Network Toolbox For Use with MATLAB User's Guide, Version 4", *The MathWorks*, MA, 1-60 (2000).
39. Internet: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası Elektronik Veri Dağıtım Sistemi. <http://tcmbf40.tcmb.gov.tr/cbt.html> (2005).
40. Kasap, R., Saraçoğlu, B., "Dış ticaret verileri için alternatif yöntemlere dayanarak kestirimlerin elde edilmesi", *Ekonomik Yaklaşım Dergisi*, Gazi Üniversitesi İktisat Bölümü, 9(29): 79-89 (1998).
41. Chu, C., Zhang, G. P., "A comparative study of linear and nonlinear models for aggregate retail sales forecasting", *International Journal of Production Economics*, 86: 217-231 (2003).

42. Vega, M. D. C., Mejias, R. P., Acosta, A. P., Garcia, J. M., " Building neural network forecasting models from time series ARIMA models: A procedure and a comparative analysis ", *Intelligent Data Analysis*, 6:53-65 (2002).

ÖZGEÇMİŞ

Gülçin ERDOĞAN, 20.04.1978 tarihinde Ankara’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Batıkent Kent-Koop İlköğretim Okulu’nda, lise öğrenimini Batıkent Süper Lisesi’nde tamamladı. 2000 yılında da Gazi Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi İstatistik Bölümü’nden mezun oldu. Üniversite mezuniyetinden sonra kısa bir süre özel sektörde stok kontrol personeli ve bilgi işlem operatörü olarak görev aldı. 2003 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim dalında yüksek lisans çalışmalarına başladı.

