
HİSSE SENEDİ KAPANIŞ FİYATLARININ YAPAY SİNİR AĞLARI VE BULANIK MANTIK ÇIKARIM SİSTEMLERİ İLE TAHMİN EDİLMESİ

Şule Yüksel YİĞİTER *
Salim Sercan SARI **
Eyyup Ensar BAŞAKIN***

ÖZET

Günümüzde, hisse senedi satın alarak yapılan yatırım, ülkeler arasında yapılan ekonomik alışverişin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır ve önemli miktarda sermaye, tüm dünyadaki borsalar vasıtasıyla el değişmektedir. Ulusal ekonomiler borsaların faaliyetlerinden çok etkilenmektedir. Bir yatırım aracı olarak borsa, yatırımcı için özel önem taşımaktadır. Bu sürecin en önemli kısmı gelecekteki hisse senedi fiyatlarını tahmin ederek daha fazla kâr elde etmektir. Bu tahminlerin elde edilmesinde birçok metot kullanılmaktadır. Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık Çıkarım Sistemleri, Regresyon Analizi başlıca yöntemler arasındadır. Bu çalışmayı diğer klasik çalışmalardan ayıran en önemli özellik, tahmin edilecek verilerin önce trendi giderilmiş daha sonra yapılan tahminlere trend eklenerek daha güçlü tahminler elde edilmiş olmasıdır. Bu özelliği ile ham veriler kullanılarak oluşturulan modellerden daha yüksek başarı elde edilmiştir.

Bu çalışmada 2006-2016 yılları arasında BIST' te işlem gören hisse senedi kapanış fiyatlarının zaman serileri kullanılarak bulanık mantık, yapay sinir ağları ve regresyon yöntemleri ışığında tahmini yapılmıştır. Çalışmada yüzde 60 oranında veri eğitim, yüzde 40 oranında veri test için kullanılmış ve farklı modeller üzerinden tahmin yapılmıştır. Analizler sonucunda ANFIS modelinin diğer modellere göre üstünlük sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hisse Senedi, Bulanık Mantık, Yapay Sinir Ağları.

*Yrd. Doç. Dr., Erzincan Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, syigiter@erzincan.edu.tr

**Arş. Gör., Erzincan Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, salim.sari@erzincan.edu.tr

***Yüksek Lisans Öğrencisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik ve Su Kaynakları Programı, basakin16@itu.edu.tr

ESTIMATIONS OF CLOSING STOCK PRICES THROUGH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND FUZZY INFERENCE SYSTEMS

ABSTRACT

Nowadays, the investment made by purchasing stocks constitutes a large part of the economic exchange between countries, and a considerable amount of capital is hand-held through the world's stock exchanges. Stock market as an investment tool has a particular importance for investing. The most important part of this process is to get more profit by predicting future stock prices. Many methods have been used for obtaining these estimates. Artificial Neural Networks, Fuzzy Logic Inferences Systems and Regression Analysis have been among main methods. The most important property that distinguishes this study from other classic ones is to have been obtained stronger estimates by firstly correcting trend of datas to be estimated and then adding trend to previous estimates with this feature, It has been obtained a higher success than the model that was created byusing the raw data.

In this study, we used the time series of stock closing prices traded in BIST between 2006 and 2016 to estimate the fuzzy logic, artificial neural networks and regression methods. Data at rate of %60 for training and at rate for %40 for test was used andalso was estimated through different models. As a result of the analysis, it has been seen that the model ANFİF gains much more advantageges than other models.

Keywords: Stock Price, Fuzzy Logic, Articial Neural Network.

1.GİRİŞ

Zaman serisi oluşturan hisse senedi fiyatlarının gelecekteki olması muhtemel değerlerinin tahmininin yapılması son zamanlardaki çalışmalarda dikkat çeken konulardan biridir. Zaman serileri aracılığıyla hisse senetlerindeki fiyat değişimleri geçmiş fiyat hareketlerinden yola çıkarak gelecekteki fiyat tahmininin gerçekçi şekilde yapılması başlanmıştır (Atsalakis ve arkadaşları, 2015: 6).

1960' lı yıllarda Eugene Fama tarafından ortaya çıkarılan Etkin Piyasalar Hipotezi hisse senedi fiyatlarının var olan tüm bilgileri aktardığını söylemektedir. Hisse senedi fiyatı tüm bilgileri aktarıyorsa asıl üstlendiği değeri en iyi şekilde gösteriyordur. Bu hipoteze göre piyasa etkinse hisse senedi fiyatı rastgele gerçekleşeceğinden bu fiyatı önceden öngörmek söz konusu değildir.

Hisse senedi fiyatını tahmin etmek için ilk olarak geleneksel diye nitelendirdiğimiz AR, MA ve ARIMA isimli zaman serisi modellerinden yararlanılmıştır. Bu modeller veri setinde belli başlı kriterlerin olması gerektiğini istediğinden tahmin başarıları sınırlı kalmıştır (Hsieh ve arkadaşları, 2011: 14178).

Geleneksel yöntemlerin geliştirilmesi hisse senedinin kompleks davranışlarından dolayı tam anlamıyla başarılı olamamıştır. Buna karşın yapay

zekanın alt dalları olan yapay sinir ağı ve bulanık mantık yaklaşımı hisse senedi fiyatı belirleme veya değerlendirmede etkinliği artan yeni bir alandır.

Bugün borsa endeks tahmini, bonoların tasnifi ve buna benzer birçok finansal işlemde yapay sinir ağı ve bulanık mantık kullanılmaktadır.

Hisse senedi fiyat tahmini gibi kompleks konularda regresyon ve buna benzer geleneksel metodların sonuca ulaşma oranında ki güçlük, gerçek hayattaki finansal değişkenlerin doğrusal olmayışından dolayıdır. Burada yapay sinir ağı ve bulanık mantık devreye girmekte ve gerçekçi tahminler gerçekleştirmektedir. Fakat yapay sinir ağlarında ilişki ağırlıkları açıklanamamaktadır. Modelden yaralanacak olanlar ağırlıkların ilişkilendirilmesinden önce gerçekçi tahmin yapmanın daha yararlı olacağını önemli bulması durumunda yapay sinir ağı veya bulanık mantığı kullanmaları yerinde olacaktır (IBM, 2012: 2; McNeilis, 1996).

İçinden çıkılması güç olan ve geleneksel veri tahmin modellerinin ulaşamadığı günlük yaşamımızdaki reel problemler sonuca bağlanmaya çalışılmaktadır. Yapay sinir ağı ve bulanık mantık gibi operasyonel zeka sistemlerini kullanarak istatistikî tahmin yaparak hisse senedi fiyatı belirlemede bunlardan biridir (Chen ve arkadaşları, 2007: 419).

İlerde yaşanacak sınırlılıklar ve fiyat dalgalanmalarındaki artışların etkisini en aza indirmek için hisse senedi tahminlerinde bulanık mantık ve yapay sinir ağını kullanmak isabetli olacaktır (Zekic, 1998: 10).

2.LİTERATÜR

Globalleşen dünyada artan rekabetle birlikte hisse senedi fiyatı da arz-talebe göre oluşan ve farklı şekilde gruplandırabileceğimiz birçok değişkenden etkilenmektedir (Harrington, 1987: 9).

Başarılı hisse senedi fiyat tahmininde önemli öğelerden biride en az veri ve en az kompleks model ile en doğru sonuca ulaşabilmektir.

Politik, ekonomik, toplumsal ve ticari birçok faktör hisse senedi endekslerini etkilediğinden ve endeksler kompleks ve doğrusal olmayan bir yapıya sahip olduğundan tahminler güçlükle yapılır. Hisse senedi fiyatları şiddetli volatilité nedeniyle diğer yatırım şekillerine göre riski fazladır (Kutlu, 2009: 25).

BİST endeksinin çok karmaşık bir yapısı olduğundan uzun dönemli tahminlerde alınan sonuçların çok gerçekçi olmadığı anlaşılmıştır (Murphy, 1999: 83).

Bulanık mantık ilk kez Zadeh tarafından geliştirilmiş, klasik Aristo mantığının tanımladığı keskin geçişleri yumuşatmak ve tanım aralığını genişletmek için kullanılmıştır (Zadeh, 1965: 213).

Literatürde hisse senedi fiyatı, hisse senedinin fiyatının gelecekte göstereceği artış-azalış ve endeks kapanış fiyatlarını bulanık mantık veya yapay

sinir ağılarıyla tahmin eden çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birkaçından bahsedecek olursak;

Adeyibi ve Ayo çalışmalarında, hisse senedi fiyat tahmini için geliştirilmiş bir öngörme modelinde bulanık-sinirsel mimari kullanılarak teknik ve temel endekslerle uzmanların görüşlerini sunmaktadırlar. Ampirik sonuçlar, teknik göstergeler ile yapay sinir ağıları modelinin konvansiyonel yaklaşımına kıyasla hisse senedi fiyatının tahmin doğruluğunu iyileştirmek için önerilen modelin üstün performansını teyit etmektedirler. Bu nedenle, önerilen öngörme modeli, daha doğru hisse senedi tahmini sunarak borsadaki yatırımcıların karar verme kalitesini yükseltme potansiyeline sahiptir. Online ve mobil platformda modelin tam olarak uygulanması şüphesiz elektronik finansmanın gelişimine katkı sağlayacaktır.

Altay ve Satman (2005), BİST 30 ve BİST 100 endeks getirilerini yapay sinir ağıları ve doğrusal regresyon modellerinden yararlanarak değerlendirmeye çalışmışlardır. Tahminlerinde yararlı sonuçlar elde etmişlerdir.

Altunkaynak'ın 2010 yılındaki çalışmasında, Matematiksel denklemler ile ifadesi mümkün olmayan veya kompleks denklemler içeren tanımlamaların, bulanık mantık ile sözel olarak ifadesi mümkün kılınarak problemlerin çözümü basitleştirilmiştir. Girdi veya girdi gruplarının bulanık mantık kullanılarak bir çıktı ile ilişkilendirilmesi bulanık çıkarım olarak isimlendirilir. Bu çıkarım bünyesinde üyelik fonksiyonları, mantıksal işlemler ve IF-THEN kurallarının temel unsurlarını içerir.

Atiya, Talaat ve Shaheen (1997) Bu çalışmada, borsa tahmini için bir yöntem geliştirilmiştir. Tahminde, hisse başına kazanç, fiyat kazanç oranı, temettüler, satışlar, kar marjı gibi temel şirket bilgileri temel alınarak yeni girdi ve parametreler kullanılmıştır. Bu göstergeler ve oranlar, özellikle kazanç ile ilgili göstergeler, bir hisse senedi fiyatının ana hareket edenleridir. Elde edilen ön sonuçların çok umut verici olduğundan bahsedilmiştir. Sinir ağı sonuçlarının daima üstün olduğu görülebilmektedir.

Atsalakis ve Valavanis' in 2015 yılındaki çalışmalarında Uyarlamalı Bir Neuro Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) denetleyicisinden oluşan ve aynı zamanda uyarlanabilir bir nöro-bulanık teknik kullanılarak tanımlanan bir nöronal bulanık sistem kullanılmış, kısa vadeli borsa trendleri ve ertesi gün için en iyi hisse senedi eğilim tahminini gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar, tarihsel verileri kullanarak hisse senedi fiyat eğilimlerinin doğru tahminlerini gerçekleştirmenin mümkün olduğunu göstermişlerdir.

Avcı (2007), BİST 100 endeksi günlük getirilerini ele alarak yapay sinir ağılarıyla doğru tahminlerde bulunarak modelin başarılı olduğu gerçeğini elde etmiştir.

Boyacıoğlu ve Avcı (2010), bulanık mantık yöntemini kullanarak 1990-2008 yılları arasında birkaç makroekonomik değişkeni ve yurtdışındaki bazı borsaların kapanış değerlerini girdi olarak ele alıp BİST 100 endeksinin aylık getirisini tahmin etmeye çalışmışlardır. BİST ile ele aldığı diğer borsaların

pozitif bir ilişkiye sahip olduğu hipoteziyle yaptığı çalışmada bulanık mantığın BİST için elverişli olduğunu göstermişlerdir.

Çalışkan ve Deniz (2015), 27 hisse senediyle yaptıkları 5 günlük fiyat tahmininde ortalama yüzde hatayı %1,80 olarak bulmuşlardır. Ayrıca fiyat yönü tahminini %58 oranla hisse senedi fiyatlarının artacak yada azalacak olması şeklinde göstermişlerdir. Belirli sayıdaki hisse senetlerinin üzerinde yapılan tahminlerin BİST 30' da faaliyet gösteren işletmelere yansıtılabileceğinin farkına varmışlardır.

Jandaghi ve arkadaşları (2010), İran' da yapılan, hisse senedi piyasasındaki nakit endeksinin ekzojen değişkeni kullanılarak birincil ve ileri hisse senedi fiyatlarının tahmini yapılmış, doğrusal ve doğrusal olmayan modellerle yapılan çalışmada, doğrusal olmayan sinirsel-bulanık modelin klasik doğrusal modele nazaran iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Karaatlı ve arkadaşları (2005), BİST 100 endeksinin kapanış değerlerini tahminde regresyon ve yapay sinir ağlarını, hata kareleri ortalamasının karekökü kriteriyle kıyaslayarak yapay sinir ağlarıyla daha etkin neticeler aldıklarını görmüşlerdir.

Li, Xiong, (2005) Sinir ağlarının dezavantajlarının üstesinden gelmek için, bu makalede, bir bulanık çıkarım sistemine fonksiyonel olarak eşdeğer olan bir adaptif ağ sınıfı olan bir bulanık sinir ağı önerilmiştir. Şanghai borsasının kapsamlı endeksine dayanan deney sonuçları, önerilen bulanık sinir ağı, finansal zaman serilerini tahmin etmek için verimli bir sistem olabileceğini göstermiştir. Bunu daha net yapmak için, illüstrasyon için ampirik bir analiz yapılmıştır. Deney sonuçlarına dayanarak, önerilen bulanık sinir ağı, finansal zaman serilerini tahmin etmede etkili bir sistem olabileceği görülmüştür.

Maciell ve arkadaşları (2012), borsa tahmini için bulanık modellemenin gelişimi ele almışlardır. Gelişen bulanık modeller, ABD ve Brezilya pazarlarındaki gelecek eğilimlerini tahmin etmek için değerlendirilmiştir. Değerlendirme için Ocak 2000'den Ekim 2011'e kadar gerçek veriler kullanılmıştır. Hesaplamalı sonuçlar, gelişmekte olan modellerin yüksek öngörü hassasiyetine sahip olduğunu ve kural tabanını geleneksel kıstasları aşarak doğru bir şekilde adapte ederek borsa hareketlerini yakalayabildiklerini göstermişlerdir. Gelecekteki çalışma, fiili finansal karar verme durumlarında bulanık modellemenin gelişiminin analizi ve ekonomilerdeki yapısal kırılmaları öngörebilme yeteneğini dikkate alacaktır.

Özalp ve Anagün, agresiflik değeri farklı ve gıda sektöründe faaliyet gösteren işletmeler üzerinde yaptıkları fiyat değerleri tahmin etme çalışmalarıyla farklı işletmelerin hisse senetlerinin aynı dönemdeki fiyat değerlerini toparlayarak modern portföy analizine benzer bir çalışma yapmışlardır. Bu tahmin çalışması çoklu doğrusal regresyon, doğrusal olmayan regresyon, ARIMA ve üstel düzeltme yöntemlerini yapay sinir ağları modeliyle karşılaştırılarak yapılmıştır. Sonuç olarak ise yapay sinir ağlarının diğer yöntemlerden daha başarılı olduğu kanısına varılmıştır.

Rast, (1999) Bu çalışmada, bir vaka çalışması 1987 ve 1998 yıllarında borsa çöküşlerinde bulanık sinir ağlarının ve klasik yaklaşımın bir karşılaştırmasını açıklamaktadır. Klasik sinir ağları kullanıldığı zaman performans daha iyi değilken, kuralların daha istikrarlı bir tahmin kalitesi oluşturduğu bulunabilir. Klasik sinir ağı eğitilmiş (boğa) pazarlarda iyi performans gösterdiğini ve piyasayı attığını 1998 model setleri için gösteriyor. Bulanık sinir ağlarının daha istikrarlı olduğu ve bu nedenle küresel piyasa düzenindeki değişikliklere daha az duyarlı olduğu görülüyor. Bu vaka çalışması, bulanık sinir ağlarının aşırı durumlarda aşırı klasik yaklaşımlardan daha iyi sonuç alabilmesine neden olurken, standart durumlarda ikinci modellerin tahmin kalitesi daha yüksektir.

Tektaş ve Karataş (2004) BİST' de işlem gören 7 adet hisse senedinin fiyatını tahmin için faiz oran, döviz kuru, enflasyonu girdi olarak yapay sinir ağları ve regresyon modellerini kullanmışlardır. Korelasyon katsayısı aracılığı ile haftalık ve günlük tahminler yaparak yapay sinir ağlarının hisse senetlerini tahmin etmede etkin olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Toraman (2008) çalışmasında, Türkiye'nin en büyük demir ve çelik firmalarından ikisinde hisse senetlerinin tahmin edilmesine yönelik iki yapay sinir ağı modeli oluşturmuştur. Sonuçlar, yapay sinir ağlarının hisse senedi tahminlerinde oldukça başarılı olduğunu göstermiştir.

Trinkle (2006), hisse senedi tahmininde bulanık mantık ve yapay sinir ağları modelini kullanarak bu yöntemlerin başarılı sonuçlara ulaşmakta önemli bir yeri olduğunu göstermişlerdir.

Yang ve arkadaşları (2012), bulanık mantığı esas alarak hisse senedi fiyatı tahmini gerçekleştirmeye çalışmışlar ve etkili olmuşlardır.

Yıldız ve arkadaşları (2008), BİST 100 endeksinin gün içindeki en yüksek ve en düşük değerlerini, hisse senedi kapanış değerlerini ve dönüş oranını değişken olarak yapay sinir ağları modelinde kullanarak yüksek bir oranla endeksin yönünü tahmin etmişlerdir.

Yolcu (2014), çalışmasında İktisat ve kişisel perspektiften bakıldığında, yeni stratejilerin planlanması ve geliştirilmesi için öngörüler hem işletme hem de işletmeler için çok önemli olduğunu belirterek her ne kadar tahminler farklı model ve yöntemler kullanılarak elde edilmiş olsa da, daha iyi sonuç verebilecek yeni modeller ve yöntemler de denenmiştir. Bu çalışmada, ekonomik açıdan önemli bir yere sahip, ekonomideki dalgalanmaya duyarlı BİST 100 Endeks verileri incelenmiş ve dört farklı yıl için tahminler yapılmıştır. IEX verileri üzerine yapılan çalışmaların analizi, bulanık zaman serisi tahmin yöntemlerinin oldukça uygun sonuçlar verdiği görülmüştür.

3.MATERYEL VE YÖNTEM

A) BULANIK MANTIK

Litaratürde kullanılan iki tane bulanık çıkarım sistemi mevcuttur. Bunlar Mamdani ile Takagi-Sugeno dur. Mamdani'nin bulanık çıkarım metodu, en yaygın bulanık metodolojidir. Mamdani tipi çıkarım, çıktı üyelik fonksiyonlarını bulanık setler olarak alır. Toplama sürecinin sonunda, her çıktı değişkeni için bir bulanık küme oluşur. Bulanıklaştırma, net bir değere ulaşmak

için vazgeçilmezdir. Bu yaklaşım, yetersiz verilere sahip durumlar içinde sorunla ilgili sözel ifadeler için de uygundur. (Mamdani 1974: 1585) Buna karşın, Takagi-Sugeno yaklaşımı sadece sayısal verileri gerektirir ve sözlü veriyle çalışmayı beceremez. Bu nedenle, Takagi-Sugeno yaklaşımı, veri tabanlı bir yöntem olarak görülür ve sayısal giriş-çıkış verileri sağlandığında daha iyi sonuçlar sağlar (Takagi and Sugeno 1985: 116).

Takagi-Sugeno yönteminde IF THEN kuralı,

IF ($x_1 = A_{11}$) AND ($x_2 = A_{12}$) THEN ($z_1 = p_{10} + p_{11} x_1 + p_{12} x_2$)

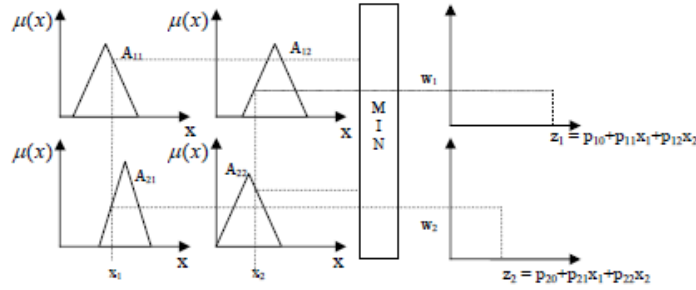
IF ($x_1 = A_{21}$) AND ($x_2 = A_{22}$) THEN ($z_2 = p_{20} + p_{21} x_1 + p_{22} x_2$)

Veya

IF ($x_1 = A_{11}$) AND ($x_2 = A_{12}$) THEN ($z_1 = c_1$)

IF ($x_1 = A_{21}$) AND ($x_2 = A_{22}$) THEN ($z_2 = c_2$)

Takagi-Sugeno çıkarım yöntemine göre gösterimi Şekil-1' de gösterilmiştir.



ŞEKİL-1 Takagi-Sugeno yönteminin gösterimi (Dualibe ve arkadaşları, 2003)

Burada bir veya birden çok girdi değişkeni tek bir çıktı değişkeni (z_i) vardır çıktı değişkeni olan z_i , x_1 ve x_2 girdi değişkenlerinin doğrusal bir fonksiyonu olabildiği gibi sabit (c_i) bir sayıda olabilir. Çıktı değişkeni doğrusal bir fonksiyon olarak tanımlandığında, p_{i0} , p_{i1} ve p_{i2} bu fonksiyonun parametreleridir. Bu parametreler her kural için farklı değerlere sahiptir. Parametre değerleri hesaplanırken başlangıçta girdi değişkenlerinin ilk değerleri için rastgele değerler atanır. Bu ilk parametre değerlerinin hiçbir önemi yoktur. İstenirse bu değerler olay hakkında hiçbir bilgisi ve tecrübesi olmayan bir kişi tarafından da rastgele belirlenebilir. Bu başlangıç p_i tahminleri kullanılarak girdi değişkenlerine ait (x_1 ve x_2) tüm değerler için çıktı değişkeninin (z_i) değerleri tahmin edilir. Bu değerler ve her bir kural için tespit edilen eşik değerleri kullanılarak;

$$\text{Sonuç değeri} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i z_i}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

Denklem[1]

Yardımla bir sonuç değerine ulaşılır. Bu değere tahmin değeri denilmektedir (Dualibe ve arkadaşları, 2003).

Ulaşılan tahmin değerleri ve bilinen gözlem değerleri arasındaki fark kusur olarak kabul edilir. Bu tahmin değerleri gözlem değerlerine ne kadar yakın olursa hata o kadar küçük olacak demektir. Bağlı hata;

$$H_i = \frac{|b_i - \hat{c}_i|}{b_i} \times 100$$

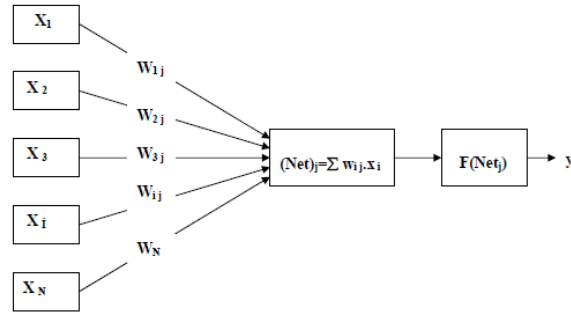
Denklem[2]

Yardımla hesaplanır. Burada b_i ; i nci gözlenen sonuç değeri, \hat{c}_i ; i nci tahmin sonuç değeridir. Hesaplamalar sırasında pi parametreleri hata değerlerinin istenen sınırlar içerisinde olmasını sağlayacak şekilde herhangi bir başlangıç değerinden başlanarak iterasyon yapılarak elde edilir. Çıktı değişkeni ile oluşturulan modellerin performanslarını değerlendirmek için bağıl hatanın yanında, gözlem değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişkinin bir göstergesi olan R^2 değeri de kullanılır. Bu değer 1'e yaklaştıkça modelin başarısı artmaktadır. Ortalama bağıl hata değeri % 5 ve % 10' un altında kalırsa model başarılı kabul edilir (Şen, 2004: 191).

B) YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)

Geleneksel yöntemlerle değişkenlerin tahmininde iyi sonuçlar elde etmek hisse senedi fiyat tahmini çalışmalarında belirli bir oranı geçememektedir. Fakat yapay sinir ağlarıyla ileriye dönük tahminlerde bulunmak etkili sonuçlar doğurabilir. Günlük hayatta kullanılan finansal değişkenlerin karışık ve doğrusal olmaması yapay sinir ağlarında tahminlerin daha da etkili olmasını sağlamaktadır.

Karışık olmayan ve bir şebeke şeklinde olan yapay sinir ağları düğümlerden oluşan doğrusal olmayan bir devredir. İşlem elemanı olarak tanımlanan düğümlerin kendi aralarında tek yönlü iletim yolu bulunan bağlantıları vardır. İşlem elemanlarına istenildiği kadar giriş bağlantısı yapılabilirken tek bir çıkış bağlantısı yapılmaz zorundadır. Ama bu bağlantı kopyalanabilir. Çıkışları ileten bağlantı yollarında gecikmeler olabilir. Çıkış matematiksel tipte isteğe bağlı bir biçimde reel, devamlı veya iki tabanlı olabilir (Yarar, 2010: 30).



ŞEKİL-2 Basit Bir Yapay Sinir Ağı

Şekil-2' de gösterilen çok katmanlı bir ağ için girdi değeri kendisine diğer katmanlardan ulaşan değerlerin ağırlık katsayılarının çarpımının toplamı şeklinde aşağıdaki gibi gösterilir.

$$V_j = \sum_{i=1}^N x_i w_{ij}$$

Denklem[3]

Katmanın çıkışı, yukarıdaki ağırlıklı toplamın lineer olmayan bir fonksiyonda yerine yazılıp hesaplanmasıyla aşağıdaki gibi bulunur:

$$y_j = \frac{1}{1+e^{-V_j}} \quad \text{Denklem[4]}$$

YAPAY SİNİR AĞLARINDA ÖĞRENME VE AĞIN EĞİTİLMESİ

Girdi ve çıktılar arasındaki bağı ağırlık katsayılarının değiştirilmesiyle yapay sinir ağlarında öğrenme gerçekleştirilir. Bu sigmoid transfer fonksiyonuyla elde edilen değerlerin ağırlık katsayılarının tamamının ya da bir kısmının ulaşılacak istenen çıktı ve ağ çıktısı arasındaki farkın istenilen değere düşene kadar değiştirilmesidir. Bugüne kadar denetimli, denetimsiz ve pekiştirmeli olmak üzere çeşitli öğrenme yolları ortaya çıkmıştır. $1+e^{-V}$

Denetimli öğrenmede ağıdan ulaşılan çıktı ile istenilen çıktı arasındaki fark belirli bir değerin altına inene kadar değişiklik yapılır. Denetimsiz öğrenmede, ağa girdi vektörü verildikten sonra elverişli çıktıya ulaşmaya kadar ağırlık katsayıları değiştirilmeye devam eder. Son olarak pekiştirmeli öğrenmede, girdiye karşılık gelecek uygun çıktılara ulaşılmasında ağırlık katsayılarının en etkili değerinin bulunmasında optimizasyon yolundan faydalanılır (Demirpençe, 2005: 40).

En çok kullanılan yapay sinir ağlarından olan ileri beslemeli geriye yayılım sinir ağlarında girdi, gizli ve çıktidan oluşan 3 bölüm vardır. Her birim de bulunan birçok nöron birbirlerine ağırlık kümeleri ile bağlanmaktadır. İleri beslemeli geriye yayılım algoritmasında ileriye doğru besleme etabı ve çıktı birimindeki hesaplanıp gözlenen bilgi sinyalleri arasındaki ayrıma dayanan geriye doğru ilerleme etabından oluşan 2 etap bulunur.

Güçlü bir öğrenme algoritması olan geri yayılma algoritmasında ağlar üzerinden ileriye doğru bilgi akışı ve geriye doğru hatanın yayılması şeklinde iki temel akış bulunmaktadır. Bu algoritmanın amacı da giriş ve çıkış verileri arasındaki en yararlı ifadeyi elde edecek ağırlıkların gösterilmesidir.

C) ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON

Çoklu doğrusal regresyonda amaç, bağımsız değişkenler yardımıyla bağımlı değişkenin değerinin kestirilmesi ve bağımlı değişkeni etkilediği düşünülen bağımsız değişkenlerden hangilerinin bağımlı değişkeni daha çok etkilediğini bulmaktır.

Bağımsız değişken tarafından etkilediği değişkenlerin değeri ve bu bağımsız değişkenlerin hangi bağımlı değişkenleri daha çok etkilediği çoklu doğrusal regresyonun amaçlarındandır.

Çoklu regresyon işlemlerinde, bağımsız değişkenler x_1, x_2, \dots, x_p , bağımlı değişken y ile gösterildiğinde aralarındaki bağ;

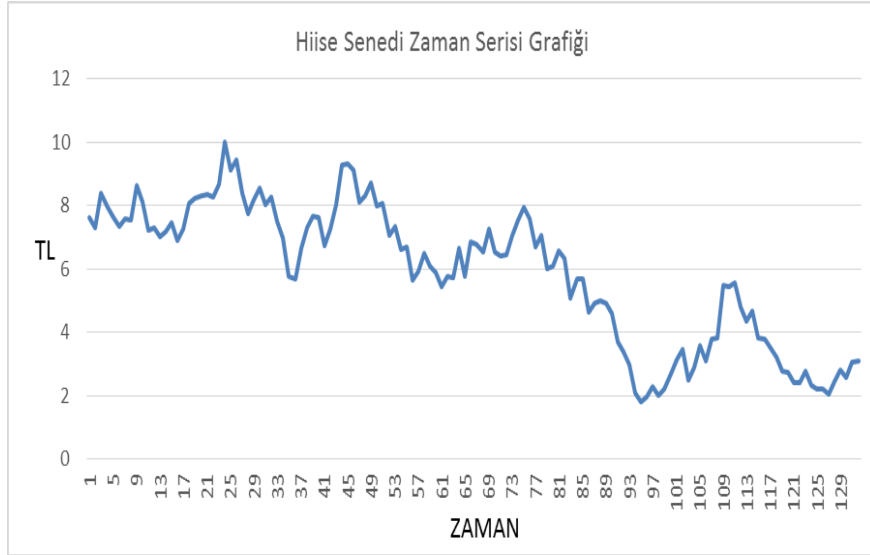
$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_j x_j + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon$$

Denklem[5]

olarak yazılabilir. Burada; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_j, \dots, \beta_p$ bilinmeyenlerinin her biri regresyon katsayılarıdır. Diğer değişkenler sabit tutulduğu takdirde herhangi bir β_j regresyon katsayısı, x_j değişkenindeki bir birimlik değişmeye karşılık y değişkenindeki oluşacak değişiklik miktarını vermektedir. Hata terimi olarak ε kullanılır (Kişi, 2005: 683).

4.UYGULAMA

Bu çalışmamızda 2006-2016 yıllarına ait haftalık kapanış hisse senedi değerleri zaman serisi kullanılmıştır.

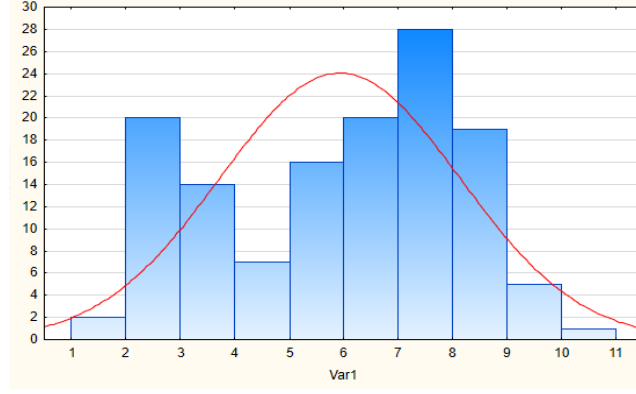


GRAFİK-1 Hisse Senedi Zaman Grafiği

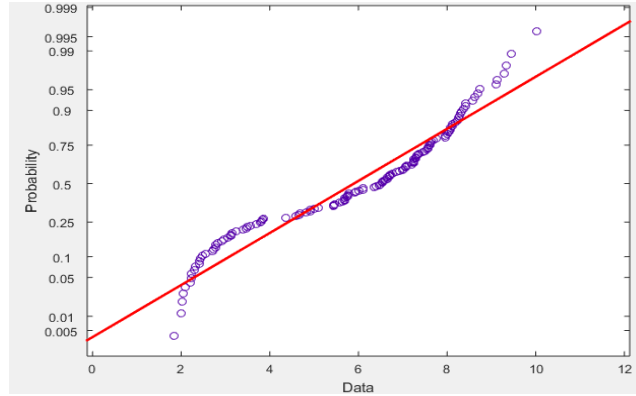
Zaman serisinin değerleri <https://www.finet.com.tr> sitesinden edilmiştir. Farklı metotlar farklı modeller üzerinden çalıştırılmıştır. Yapay sinir ağları ve bulanık mantık uygulamaları MATLAB programı yardımı ile modellenmiştir. Çoklu regresyon analizi ise EXCEL yardımıyla modellenmiştir.

Regresyon analizi yapılmadan önce bazı kabullerin sağlanıp sağlanmadığı test edilmiştir. Regresyon analizinin kabul edilebilir bir model oluşturabilmesi için veri setinin bazı özelliklere sahip olması istenir. İlk olarak veri seti normal dağılıma sahip olması gerekmektedir. Bu özelliğin kontrolü Ki-Kare testi yapılarak sınanmıştır. Ki-Kare testi sonuçlarına göre veri setimizin

normal dağılıma sahip olmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca dağılım tablosu çizilen değerlerin normal dağılıma uymadığı Grafik-2 ve Grafik-3 de görülmektedir.



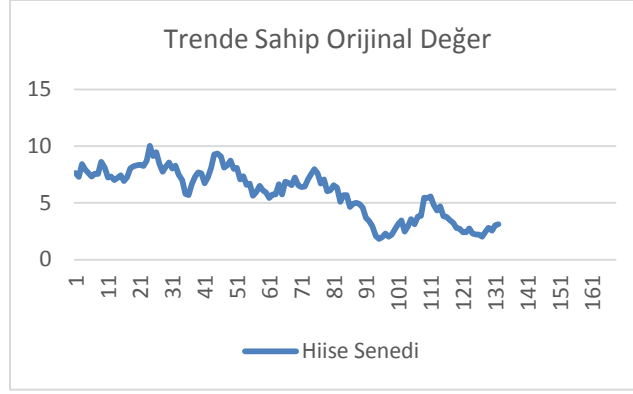
GRAFİK-2 Normal Dağılmayan Ham Zaman Serisi



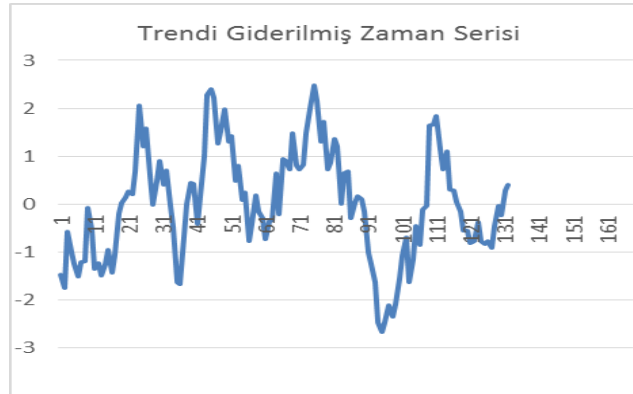
GRAFİK-3 Normal Dağılım Sergilemeyen Olasılıksal Gösterim

Bir diğer kriter ise model içerisindeki girdi ve çıktı değerlerimiz arasında lineer bir ilişki olması gerektiğidir. Girdiler ve çıktı arasında lineere yakın bir ilişkinin olduğunu gözlemlenmiştir. Regresyon analizinde son olarak durağanlık testi yapılmış orijinal veri setinin ortalama ve standart sapması durağan zaman serisi özellikleri taşımadığı görülmüştür. Grafik-1 de belirtilen zaman serisi grafiğinde açıkça bir trendin olduğu gözlemlenmiştir. Bu trendin giderilmesi için zaman serisinin sahip olduğu trend değerini ifade eden en yakın doğru denklemi uydurulmuş (Grafik-4) ve bu değer zaman serisini oluşturan tüm değerlerden çıkartılmıştır. Grafik-5' de verilen grafik ise trendi

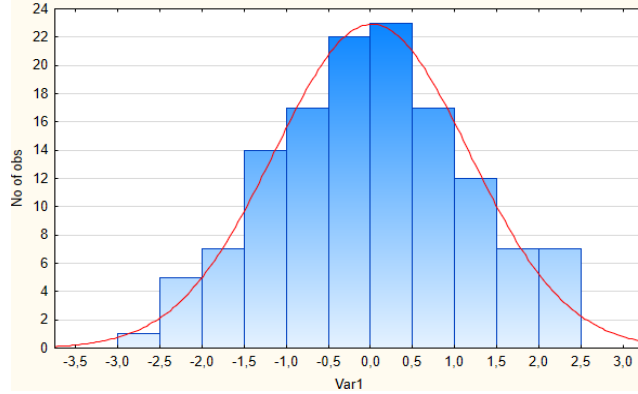
giderilmiş ve normal dağılıma sahip yeni zaman serimizi göstermektedir. Yeni değerlerin normal dağıldığı Grafik-6 ve Grafik-7 gösterilmektedir. Daha sonra yapılan modelleme çalışmalarında tahmin edilen çıktı değerlerine trend doğrusu değeri eklenerek en son gerçek tahmin değerleri elde edilmiştir.



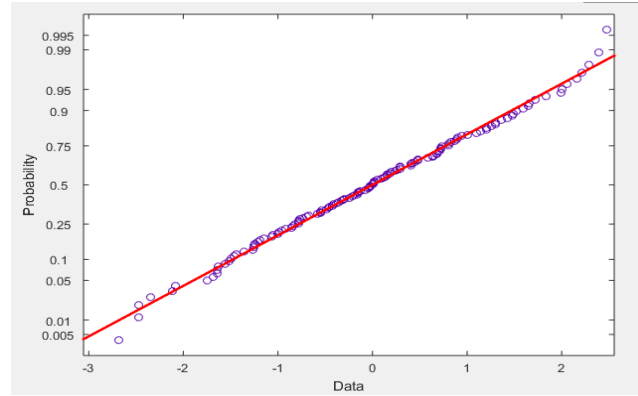
GRAFİK-4 Trende Sahip Orijinal Zaman Serisi



GRAFİK-5 Trendi Giderilmiş Zaman serisi

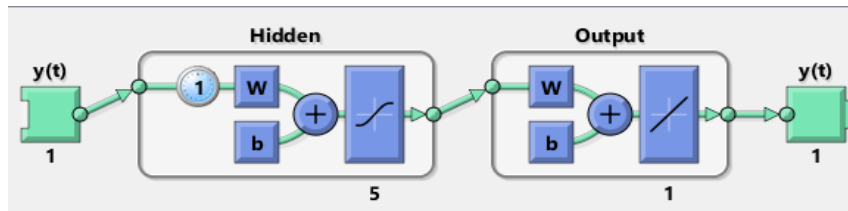


GRAFİK-6 Normal Dağılmış Trendsiz Değerler



GRAFİK-7 Normal Dağılmış Trendsiz Olasılıksal Gösterim

Yapay sinir ağları uygulaması için MATLAB programı içerisinde bulunan Non-Linear Autoregressive (NAR) eklentisinden yararlanılmıştır. Eklentinin çalışma mantığı Şekil-3' de kısaca şematik olarak gösterilmektedir.



ŞEKİL-3 Yapay Sinir Ağları Mimarisi

Analiz etmek istediğimiz zaman serimizin %60' lık kısmı eğitime %40' lık kısmı ile teste ayrılmıştır. Bu çalışmada verilerin eğitim ve test olarak gruplara ayrılması sırasında zaman serisinin yapısını bozmaya yönelik hareketlerden kaçınılmıştır. Veri setinin ilk %60' lık kısmı blok olarak eğitim, takip eden kısmı ile blok olarak test gerçekleştirilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda, analizin eğitim ve test değerlerinin rastgele alındığı gözlemlenebilmektedir. Bu şekilde yapılan çalışmalar iyi tahmin verse de zaman serisinin yapısına uygun bir modelleme olmamaktadır. Modellerde eğitim ve test verilerinin blok olarak alınması düşük tahmin değerleri vermesine rağmen daha yansız bir sonuç elde edilmektedir. Modelimizin girdi değerleri zaman serisindeki bir gün önceki değer (T-1), iki gün önceki değer (T-2), üç gün önceki (T-3) değerler olmaktadır. Çıktı değeri ise bugün (T) olarak seçilmiştir. Yapay sinir ağlarında bulunan 3 farklı öğrenme fonksiyonu da modelleme çalışmalarında denenmiştir. Ayrıca gizli nöron sayısı literatürde belirtilen sağlıklı ve karmaşık olmayan bir model oluşturacak şekilde 3 ile 7 arasında değiştirilmiştir. Gizli nöron sayısının artması modelin daha da karmaşıklaşmasına yol açacağından gizli nöron sayısında çok fazla artışa gidilmemiştir. Aktivasyon fonksiyonu olarak sıklıkla kullanılan Sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Yapay sinir ağları ile oluşturulan modellerin tahmin değerleri Tablo-1' de sunulmuştur.

TABLO 1. YSA Tahmin Değerleri

	Gecikme (gün)	Eğitim Fonksiyonu	Gizli nöron sayısı	Eğitim (%)	Test (%)	Hata Kare Ortalaması	Verimlilik Katsayısı
Model 1	1	Levenberg-Marquardt	5	60	40	0,28694	0,8234
Model 2	1	Bayesian Regularization	3	60	40	0,30209	0,81407
Model 3	1	Scaled Conjugate Gradient	3	60	40	0,28327	0,82566

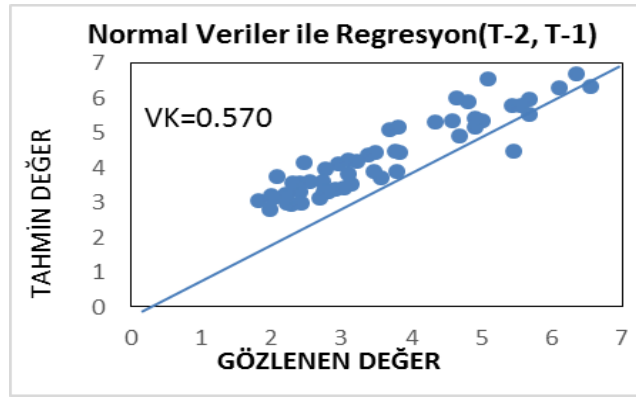
Bulanık mantık modellemeleri MATLAB programında bulunan ANFIS eklentisi sayesinde gerçekleştirilmiştir. Veri setinin %60' lık kısmı eğitim geri kalan %40 lık kısım test olarak alınmıştır. Girdi değerleri yapay sinir ağlarında olduğu gibi T-1, T-2, T-3 ve değerleri, çıktı ise T değeridir. Ağın eğitimi sırasında bulanıklaştırmak için 2 alt küme kullanılmıştır. Alt küme sayısı artırılmış ve tekrardan analiz yapılmıştır fakat eğitim hatası azalsa da test hataları çok yüksek çıkmaktadır. Bu nedenle iki alt küme tahmin edilecek zaman serisi için en uygun sayı olarak tespit edilmiştir. Bu kümelerin farklı üyelik fonksiyonu şekilleri ile denenmiş en uygun üyelik fonksiyonu şeklinin üçgen olduğu görülmüştür. Ağın eğitimi bacpropa ile yapılmış olup model sonuçları Tablo-4' de sunulmuştur.

Yapılan modellerin başarısı verimlilik katsayısı(VK) formülü ile hesaplanmıştır. Bu formül gözlenen değerlere karşılık gelen tahmin değerlerin ne oranda doğrulukla tahmin edildiğini ifade eder.

$$VK = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n (H_{Ti} - H_{Gi})^2}{\sum_{i=1}^n (H_{O} - H_{Gi})^2} \right)$$

Denklem[6]

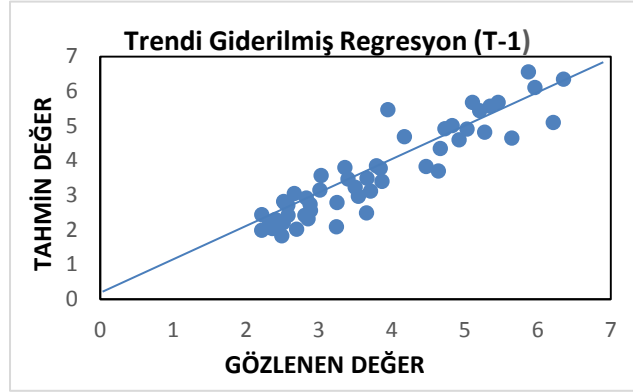
Denklemdaki ifadeler; VK=Verimlilik Katsayısı, n=toplam gözlem ve tahmin değeri sayısı, H_{Ti} =i nci hisse senedi tahmin değeri, H_{Gi} =i nci hisse senedi gözlenen değeri, H_O =Gözlenen hisse senedi değerleri ortalamasıdır. Verimlilik katsayısı değeri 1 değerine yaklaşması tahmin başarısının arttığını göstermektedir. Tahmin ve gözlenen değerlerin karşılaştırmalı olarak grafiksel gösterimi yapılmıştır. Grafik-8, Grafik-9, Grafik-10, Grafik-11' de saçılım grafiği çizilen tahmin ve gözlem değerleri 45 ile çizilen bir model hattının çevresindeki dağılımını gösterilmektedir. Tablo-1, Tablo-2, Tablo-3 ve Tablo-4' de her model için en yüksek başarıyı gösteren VK değerleri verilmiştir. Ayrıca gözlenen zaman serisi ve tahmin edilen zaman serisi değerleri çizgisel grafik kullanılarak mukayese edilmiştir. Değerler Grafik-9, Grafik-10 Grafik-11'de gösterilmiştir.



GRAFİK-8

	Girdi	Çıktı	Eğitim (%)	Test (%)	HKO	VK
Model1	T-1	T	60	40	0,75	0,55
Model2	T-1, T-2	T	60	40	0,73	0,57
Model3	T-1, T-2, T-3	T	60	40	0,83	0,51

TABLO-2 Normal Değerler ile Regresyon



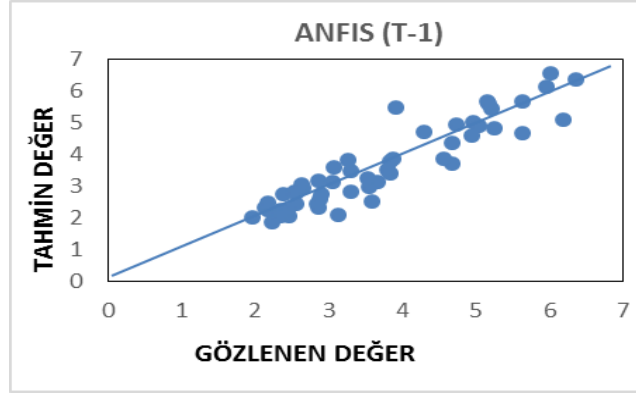
GRAFİK-9

	Girdi	Çıktı	Eğitim (%)	Test (%)	HKO	VK
Model1	T-1	T	60	40	0,26	0,84
Model2	T-1, T-2	T	60	40	0,27	0,84
Model3	T-1, T-2, T-3	T	60	40	0,26	0,84

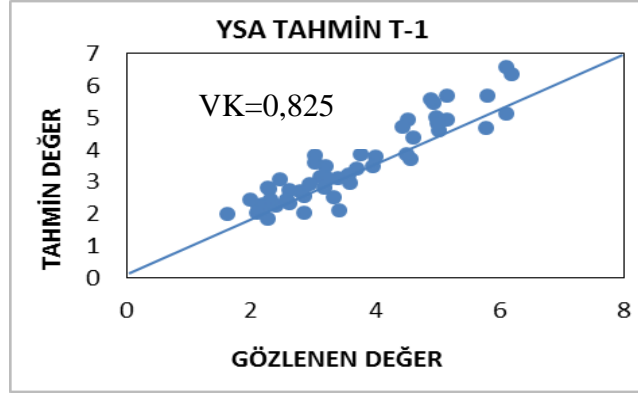
TABLO-3 Trendi Giderilmiş Regresyon Tahmin

	Girdi	Çıktı	Eğitim (%)	Test (%)	HKO	VK	Üyelik Fonk.	Küme Sayısı	Opt. Metodu
Model1	T-1	T	60	40	0,25	0,85	trimf	2	Backpropa
Model2	T-1 T-2	T	60	40	0,25	0,85	trimf	2 2	Backpropa
Model3	T-1 T-2 T-3	T	60	40	0,25	0,84	trimf	2 2 2	Backpropa

TABLO-4 ANFIS Tahmin Sonuçları



GRAFİK-10



GRAFİK-11

5.SONUÇ

Çalışmada 2006-2016 yılı hisse senedi kapanış fiyatları farklı yöntemler kullanarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu yöntemler çoklu doğrusal regresyon, yapay sinir ağları ve bulanık mantıktır. Çalışmada hisse senedi zaman serisi verileri ile ilk önce ham olarak regresyon analizi yapılmış ve sonuçların pek tatmin edici olmadığı görülmüş olup verimlilik katsayısı 0,570' dir. Daha sonra zaman serisini temsil eden bir eğim çizgisi uydurulmuş ve ham verilerden bu trend değeri çıkarılarak normal dağılıma sahip yeni bir zaman serisi elde edilmiştir. Daha sonra yeni zaman serisi verileri ile tüm yöntemler çalışılmıştır. Çalışılan üç yöntemin yakın tahmin sonuçları verdiği görülmüştür. Çoklu doğrusal regresyon 0,84 verimlilik katsayısı değerine sahiptir. Yapay sinir ağlarında en iyi sonuç bir gün önceden, Scaled conjugate gradient eğitim fonksiyonuna ve üç gizli nörona sahip model olmuştur ve

verimlilik katsayısı 0,823' dür. Yapay sinir ağlarında Bayesian regularization eğitim fonksiyonu nonlinear autoregressive modellerde kullanılırken gizli nöron sayısı değişikliğinden pek fazla etkilenmediği görülmüştür. Bulanık mantık çıkarım sisteminde ise en başarılı model bir gün önceden, iki alt küme, üçgen üyelik fonksiyonuna sahip model olmuştur ve verimlilik katsayısı 0,851' dir. Fakat son dönemlerde sıklıkla kullanılan ve basit çalışma mantığına sahip olan bulanık mantık az da olsa daha iyi sonuçlar vermiştir.

Zaman serisi verileri kullanılarak yapılacak tahmin çalışmalarında yapay zekâ yöntemlerinin kullanılabilirliği bir kez daha ispatlanmıştır. Bu çalışmada farklı olarak zaman serisi karakterinin trend, mevsimsellik ve sıçramaların etkisinden arındırılarak analizi sunulmasının olumlu bir etki yaratacağı ortaya konmuştur. Araştırmacılar yapacakları analizlerde bu durumu göz önüne aldıkları durumda daha başarılı tahminler elde edebilirler ve gelecekte ortaya çıkması muhtemel yeni yöntemlerin bu özellikler doğrultusunda optimuma ulaşması öngörülmektedir.

Hisse senedi fiyat tahmininde klasik yöntemlerden olan regresyon analiziyle kıyaslandığında bulanık mantık ve yapay sinir ağları kullanılarak yapılan tahminlerin daha gerçekçi olduğu görülmüştür. Anlaşılması güç bir modeldense bu iki yöntemi kullanıp çeşitli portföyler hakkında daha iyi kararlar alınabileceği sonucuna ulaşılabilir. Bu yöntemleri farklı sektörler veya farklı değişkenler ile kullanarak oluşturulabilecek yeni modeller aracılığıyla yatırımcılara doğru karar alabilme fırsatı sunabiliriz.

6. KAYNAKÇA

- Adebiyi, A.A., Ayo, C.K. (2011). Fuzzy-neural model with hybrid market indicators for stock forecasting, *Int. J. Electronic Finance*, Vol. 5, No. 3.
- Altay, E., Satman, M. H. (2005). Stock Market Forecasting: Artificial Neural Networks and Linear Regression Comparison in an Emerging Market, *Journal of Financial Management and Analysis*, 18(2):18-33.
- Altunkaynak, A. (2010). A predictive model for well loss using fuzzy logic approach *Hydrol. Process.* 24, 2400–2404.
- Atiya, a., Talaat N., Shaheen, S. (1997) An Efficient Stock Market Forecasting Model Using Neural Network, *Proceedings of International Conference on Neural Networks*, Vol. 4, Houston, 9-12 June, 2112-2115.
- Atsalakis, G.S., Protoparadakı, E.E., Valavanis, K.P. (2015). Stock trend forecasting in turbulent market periods using neuro-fuzzy system, *Operational Research*,OI:10.1007/s12351-015-0197-6.
- Avcı, E. (2007). Forecasting daily and sessional returns of the ISE-100 index with neural network model, *Journal of Dogus University*, 8(2):128–142.

- Boyacıoğlu, M., A., Avcı, D. (2010). An Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System (ANFIS) for the prediction of stock market return: The case of the Istanbul Stock Exchange, *Expert Systems with Applications* 37 : 7908–7912.
- Çalışkan, M. M. T., Deniz, D. (2015). Yapay Sinir Ağlarıyla Hisse Senedi Fiyatları ve Yönlerinin Tahmini, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 10(3),177- 194, Aralık.
- Chen, S.H., Wang, P.P. ve Kuo, T.W. (2007). *Computational Intelligence in Economics and Finance*, Springer, Berlin.
- Demirpençe, H. K. (2005). Akımlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmin, *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi*, Antalya.
- Dualibe, C., Verleysen, M. ve Jespers, P.G. (2003). *Design of Analog Fuzzy Logic Controllers in CMOS Technologie Implementation, Test and Application*. Kluwer Academic Publishers, 227 s,USA.
- Fama, E. (1969). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work, *The Journal of Finance*, 25/2, 383-417.
- Harrigton, D. (1987), *Modern Portfolio Theory*, Prentice Hall, Englwood Cliffs.
- Hsieh, L.F., Hsieh, S.C. ve Tai, P.H. (2011). Enhanced Stock Price Variation Prediction via DOE and BPNN-based Optimizatio, *Expert Systems with Applications*, 38/11, 14178-14184.
- Jandaghi, G., Tehrani, R., Hosseinpour, D., Gholipour, R., Shadkam, S. A. S. (2010). Application of Fuzzy-neural networks in multi-ahead forecast of stock price, *African Journal of Business Management* Vol. 4(6), pp. 903-914, June.
- Karaatlı, M., Güngör, İ., Demir Y. Kalaycı, Ş. (2005). Hisse Senedi Fiyat Hareketlerinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Tahmin Edilmesi, *Balıkesir Üniversitesi İİBF Dergisi*, 2(1), 22–48
- Kişi, O. (2005). Suspended sediment estimation using neuro-fuzzy and neural network approache, *Hydrological Sciences Journal*, 50(4), 683-696.
- Kutlu, B., Badur, B. (2009). Yapay Sinir Ağları İle Borsa Endeksi Tahmini, *Yönetim*, 63:25-40.
- Lı, R., Xiong Z. (2005). *Forecasting Stock Market With Fuzzy Neural Networks*, College of Business Administration, South China University of Technology Guangzhou 510640 P.R.China.

- Maciell, L., Gomide, F. and Rosangela B. (2012). Evolving Fuzzy Modeling for Stock Market Forecasting, IPMU 2012, Part IV, CCIS 300, pp. 20–29.
- Mamdani, E. H. (1974). Application of fuzzy algorithms for simple dynamic plant, Proc. IEEE, 121(12), 1585–1588.
- Mcnelis, P.D. (1996). A Neural Network Analysis of Brazillian Stock Price: Tequila Effects vs. Pisco Sour Effect, Journal of Emerging Markets, 1(2).
- Murphy, J.J. (1999). Technical Analysis of the Financial Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications New York Institute of Finance.
- Özalp, A., Anagün, A. S. Sektörel Hisse Senedi Fiyat Tahmininde Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ve Klasik Tahminleme Yöntemleri ile Karşılaştırılması, Endüstri Mühendisliği Dergisi Cilt: 12 Sayı: 3-4 Sayfa: (2-17)
- Rast, M. (1999). Forecasting with Fuzzy Neural Networks: A Case Study İN Stock Market Crash Situations, Ludwig-Maximilians-Universität, Mathematisches Institut Theresienstr. 39/334, 80333 Munich, Germany.
- Şen, Z. (2004). Mühendislikte Bulanık Mantık İle Modelleme Prensipleri.” Su Vakfı Yayınları. 191 s, Türkiye.
- Takagi, T., and Sugeno, M. (1985). Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control, IEEE Trans. Syst. Man Cybern., 15, 116–132.
- Tektaş, A., Karataş, A. (2004). Yapay Sinir Ağları Ve Finans Alanına Uygulanması: Hisse Senedi Fiyat Tahminlemesi, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 18(3-4), 337-349.
- Toraman, C. (2008). Demir-Çelik Sektöründe Yapay Sinir Ağları İle Hisse Senedi Fiyat Tahmini: Erdemir A.Ş. ve Kardemir A.Ş. Üzerine Bir Tahmin Uygulaması” Muhasebe ve Finansman Dergisi Sayı 39 sayfa 44-57 – Temmuz.
- Trinkle, B. S. (2006). Forecasting annual excess stock returns via an adaptive network-based fuzzy inference system, Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management, 13(3), 165– 177.
- Yang, K., Wi, M. ve Lin, J. (2012). The Application of Fuzzy Neural Network in Stock Price Forecasting Basad on Genetic Algorithm Discovering Fuzzy Rule, 8th International Conference on Natural Computation, ss. 470-474.

- Yarar, A. (2010). Susurluk Havzası Yağış Akış Verilerinin Modellenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Yıldız, B., Yalama, A., Coşkun, M. (2008). Forecasting the Istanbul Stock Exchange National 100 Index Using an Artificial Neural Network, World Academy of Science, Engineering and Technology 46:36-39.
- Yolcu, Ö. C. (2014). The forecasting of Istanbul stock exchange by using a hybrid fuzzy time series approach, Turkish Journal of Fuzzy Systems, Vol.5, No.1, pp. 10-26, 2014.
- Zekic, M. (1998). Neural Network Application in Stock Market Predictions- A Methodology Analysis, Proc. of 9. Intl' Conf. Information and Intelligent Systems.

