

Yapay Sinir Ağlarıyla Hisse Senedi Fiyatları ve Yönlerinin Tahmini

Muhammed Mustafa Tuncer ÇALIŞKAN

Yrd. Doç. Dr., Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi
tuncer@balikesir.edu.tr

Devran DENİZ

Arş. Gör., Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi
devrandeniz@balikesir.edu.tr

Yapay sinir ağlarıyla hisse senedi fiyatları ve yönlerinin tahmini

Özet

Finansal varlıkların fiyatları, çeşitli endekslerin değerleri gibi değişkenlerin önceden tahmini finans alanında oldukça önem arz etmekte ve bu konuda uzun zamandır çeşitli modeller geliştirilmektedir. Geleneksel tahmin teknikleri olan doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon analizi, Random Walk, GARCH, ARIMA gibi modellerin yanı sıra son yıllarda Yapay Sinir Ağları bu alanda kullanım alanı bulmaya başlamış ve geleneksel tekniklere göre daha başarılı sonuçlar ürettiği görülmüştür. Bu çalışmada BİST30 endeksine ait 30 hisse senedinin günlük bazda fiyatları ve fiyat yönleri Yapay Sinir Ağları ile tahmin edilmiştir. Sonuçta BİST 30'daki hisse senetleri için günlük bazda fiyat yönü ortalama %58 oranında doğru tahmin edilmiştir. Yapılan tahminlerin ortalama mutlak yüzde hatası %1,80, ortalama mutlak hatası ise 21 Kuruş olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağı, İleri Beslemeli Ağ, Geri Yayılım Algoritması

Forecasting the directions and prices of stocks by using artificial neural networks

Abstract

It is important to predict the value of variables like prices of financial assets and values of indexes. Various model are developed continuously for this aim. In addition to conventional forecasting methods (like linear/nonlinear regression analysis, Random Walk, ARIMA, GARCH) Artificial Neural Networks is used for this aim recently. It was seen that Artificial Neural Networks produce more accurate results compared to conventional methods. In this study, Artificial Neural Networks was formed to predict price directions and values of 30 stocks in BIST30. As a result, stock price directions are predicted with 58% accuracy on a daily basis. Mean absolute percentage error and mean absolute error were 1.80 % and 0.21 TL respectively according to predictions.

Keywords: Artificial Neural Network, Feedforward Network, Backpropagation

1. Giriş

Genel olarak yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin sinir ağlarını taklit eden matematiksel modellerdir. Bir olaya ait örnekler sayesinde çeşitli genelleştirmeler yapılarak daha sonra ortaya çıkacak ya da o ana kadar hiç rastlanmamış olaylara çözümler üretilmektedir (Elmas, 2011: 22). Yapay sinir ağları; model tanıma, işlev tahmini, en uygun değeri bulma ve veri sınıflandırılması gibi işlerde başarıyla kullanılmaktadır (Elmas, 2011: 23). YSA'lar bu özellikleriyle son on yıllarda

finansın mühendisliğe, sağlıktan jeolojiye birçok alanda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

YSA'lar finans alanında özellikle değişkenlerin geleceğe yönelik tahminlerinde sıklıkla kullanılmakta ve başarılı sonuçlar üretmektedir. Değişkenlerin geleceğe yönelik tahmininde regresyon vb. kullanılan geleneksel yöntemlerin tahmin başarısı, özellikle hisse senedi fiyat tahminleri gibi karmaşık konularda oldukça sınırlıdır. Gerçek hayatta ekonomik değişkenler arasındaki ilişkinin kompleks ve non-lineer oluşundan dolayı YSA'lar daha doğru tahminler üretmektedir. Ancak YSA'larda bağlantı ağırlıkları açıklanamamaktadır. Bu durumda kullanıcılar ağırlıkların açıklanması ile daha doğru tahminler arasında tercih yapmak durumunda kalmaktadır. Eğer daha doğru sonuçlar elde etmek ağırlıkların açıklanmasından daha önemli ise kullanıcıların YSA'ları kullanması daha faydalı olmaktadır (IBM, 2012: 2; McNeilis, 1996: 40).

YSA'lar geleceğin belirsizliğine ve kısa zamanda yüksek fiyat dalgalanmalarına karşı ürettiği tahmin edici çözümler sebebiyle hisse senedi tahminlerinde oldukça yaygın kullanılmaya başlamıştır (Zekic, 1998: 1). YSA'lar ile hisse senetlerinin fiyatını veya fiyat yönünü tahmin etmeyi amaçlayan yurtiçi araştırmalar bulunmaktadır. Ancak bu araştırmalarda sınırlı sayıda hisse senedi tahmini yapılmıştır. Bu çalışmada BİST30'da yer alan 27 hisse senedinin tamamının fiyatları ve fiyat yönleri kurulan YSA'larla tahmin edilmiştir.¹ Böylece YSA'ların Borsa İstanbul'daki hisse senetleri üzerinde ürettiği tahminlerin performansı geniş bir hisse senedi grubu üzerinde görülmüştür.

2. Yapay Sinir Ağları

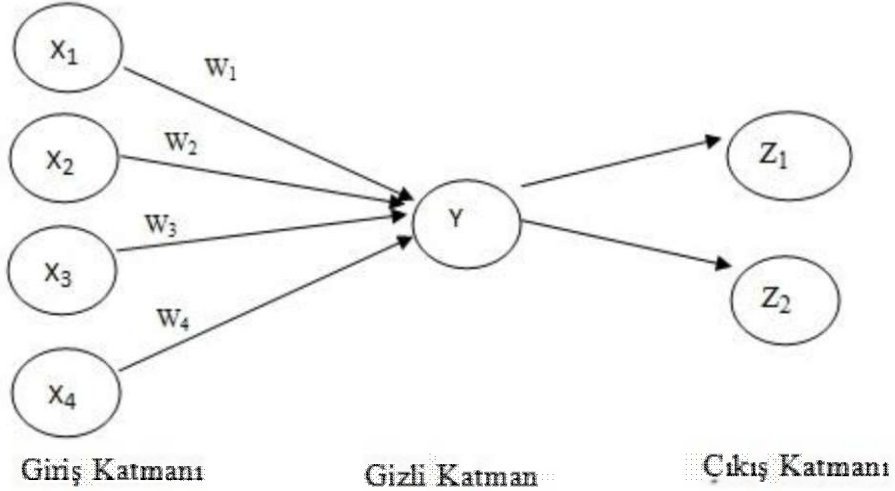
Bu bölümde YSA'ların mimarisi ve YSA'larda öğrenme süreci anlatılmıştır.

2.1. YSA'nın Mimarisi (Yapısı)

YSA'nın temel birimi, işlem elamanı - nöron veya düğüm olarak adlandırılan yapay sinir hücresidir. Yani YSA'lar düğüm, nöron veya yapay sinir hücresi olarak adlandırılan çok sayıda işlem biriminin katmanlar halinde bir araya gelmesinden oluşur (Elmas, 2011: 30&41). Bu katmanlar giriş katmanı, çıkış katmanı ve onların arasındaki gizli katmanlardır. Gizli katman sayısı 1 veya 1'den fazla olabilir. 1 veya 2 gizli katmanı olan ağların çok karmaşık problemleri çözmede genellikle yeterli olduğu bilinmektedir. Çok katmanlı basit bir YSA Şekil 1'de gösterilmiştir.

¹ BİST30'daki hisse senetlerinden 3'ü yeterli kadar tarihi verisi bulunmayışından dolayı araştırma dışında tutulmuş, çalışma 27 hisse senedi ile yapılmıştır.

Şekil 1. Çok katmanlı Yapay Sinir Ağı



Kaynak: Fauset, L. (2011), Fundamentals of Neural Networks, s:4.

Yapay sinir ağları, sinirler arasındaki bağlantıların yönlerine göre

- İleri beslemeli (Feedforward)
- Geri Beslemeli (Feedback veya Recurrent)

ağlar olmak üzere ikiye ayrılır (Diler, 2003:68). İleri beslemeli ağlarda, ağ içindeki yapay sinir hücreleri katmanlar halinde yerleştirildiğinde, ilk katmandaki girişe verilen bilgi ağ içinde sürekli ileriye doğru harekete eder ve nihai olarak çıkış katmanından ağın çıktısı olarak belirir. Yani ileri beslemeli ağlarda her yapay sinir hücresi kendinden sonraki katmana bağlanabilir. Geri beslemeli ağlarda ise en az bir yapay sinir hücresinin kendi katmanındaki veya kendinden önceki katmana dönüş bağlantısı vardır (Elmas, 2011: 41).

2.2. YSA'larda Öğrenme

Öğrenme, kısaca istenilen bir işlevi (sınıflandırma, tahmin vb) yerine getirebilmesi için bir ağdaki bağlantı ağırlıklarının ayarlanması işlemidir. Bu işlem genellikle bilgisayar programları aracılığıyla (iterasyonlar şeklinde) gerçekleştirilir. YSA'ların eğitimi için kullanılan öğrenme algoritmaları

- Danışmanlı öğrenme (Supervised learning)

- Danışmansız öğrenme (Unsupervised learning)

şeklinde sınıflandırılır (Elmas, 2011: 87).

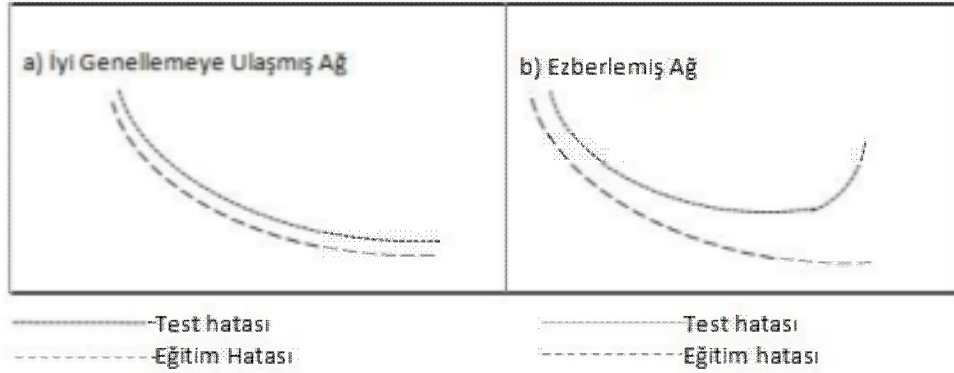
Danışmanlı öğrenmede, ağa giriş vektörü ve giriş vektörlerine karşı istenen çıkış vektörleri verilir. Öğrenme işleminde amaç gerçek çıkış vektörleri ile istenen çıkış vektörleri arasındaki farkı yani hatayı minimum yapmaktır. Bunun için her bir iterasyonda bağlantı ağırlıkları değiştirilmek suretiyle hatanın azaltılması sağlanır. Hata azaltma işlemi hatalar kabul edilebilir bir seviyeye gelene kadar devam edilir ve bu noktada öğrenme tamamlanır (Elmas, 2011: 88). Hata fonksiyonu olarak: Hata Karelerinin Ortalaması (HKO) (Mean Squared Error- MSE); Hata Karelerinin Ortalamasının Karekökü (HKOK) (Root Mean Squared Error- RMSE); Ortalama Mutlak Hata (OMH) (Mean Absolute Error MAE); Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH) (Mean Absolute Percentage Error MAPE) fonksiyonları kullanılmaktadır. Uygulamada en sık kullanılan Hata Karelerinin Ortalaması (HKO) fonksiyonudur (Ticknor, J. L. 2013: 5502). Danışmansız öğrenmede hedef çıkış vektörleri yoktur. Bunun yerine ağ, giriş vektörlerinin birbirleri ile olan uyumu ve korelasyonlarını dikkate alarak giriş vektörlerini sınıflandırmaya çalışır (Beale vd., 2014: 6/2).

Öğrenme işlemi çeşitli algoritmalarla yapılmaktadır. Bu işlem eğitim ve test şeklinde iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Danışmanlı bir öğrenme türü olan geri yayılım algoritması, birtakım zayıf yönleri bulunmakla beraber, YSA algoritmaları içinde en eski olan ve en çok kullanılanıdır (Yıldız: 2009: 110; Ticknor, 2013: 5502). Geri yayılım algoritması eğitim setindeki girdileri kullanarak çıkış değerleri üretir. Hedef çıkış değerleri ile algoritma çıkış değerleri arasındaki farkı minimize etmek için ağırlık içindeki bağlantı ağırlıkları iterasyonlar boyunca güncellenmektedir. Daha sonra algoritmaya daha önce hiç görmediği test verileri sunulmakta ve ağırlık yeterli genelleme başarısına sahip olup olmadığına karar verilmektedir. Eğer hem eğitim verileri, hem test verileri için hata oranı kabul edilebilir düzeyde ise YSA planlanan amaç için kullanılabilir (Yıldız, 2009: 66). Eğer eğitim verilerinde hata düşük, test verilerinde yüksek çıkıyorsa ağırlık öğrenmediği bunun yerine “ezberlediği (*overfitting*)” kanısına varılır. Ağırlık ezberlemesi veri sayısının yetersizliği, ağırlık katman ve katmanlardaki sinir hücresi sayısının fazlalığı gibi çeşitli nedenlerden kaynaklanabilmektedir (Beale, 2014: 8/31). Katman sayısının ve katmanlardaki sinir hücresi sayısının az olması ise eğitim verileri üzerinde ağırlık öğrenmesini zorlaştıracaktır (*underfitting*). Ağırlık eğitim verileriyle kabul edilebilir ölçüde öğrenmesi ve aynı zamanda bu öğrenmenin genellenebilir olması için ağırlık katman sayısı ve katmanlardaki sinir hücresi sayısının ne olması gerektiğine ilişkin kesin bir kural bulunmamaktadır. Bu sorunun çözünü problemden probleme değişmektedir. Hem eğitim hem de test için birbirine yakın, kabul edilebilir hata düzeyinde ağırlık ancak deneme yanılma yolu ve konu ile ilgili tecrübeyle oluşturulmaktadır (Aghababaeyan, 2011: 14). Bunun için katmanlardaki sinir hücresi sayısı küçük bir sayıdan başlayıp sırayla artırılarak veya tam tersi

gerçekleştirilerek optimal sinir hücresi sayısı belirlenir. Aynı yöntem katman sayısı için de geçerlidir (Aghababaeyan, 2011: 14).

Bir YSA'nın performansını görmek için hemen hemen tüm YSA yazılımları eş zamanlı olarak eğitim ve test verilerine ait hatanın grafiğini gerçek zamanlı olarak verirler. Eğitim sırasında ağ verileri ezberlemeye başladığında eğitim durdurulur. Eğer istenilen genelleme düzeyi elde edilmişse ağ kullanılmaya başlanır aksi halde yeni bir mimari ve farklı parametrelerle yeni bir ağ kurulur (Yıldız, 2009: 67).

Şekil 2. Genelleme ve Ezberleme



Kaynak: Yıldız, B. (2011), Finansal Analizde Yapay Zeka, 67.

Şekil 2'de görüldüğü gibi iyi genellemeye ulaşmış ağda hem test hem eğitim performansları birbirine yakın seyretmektedir. Ezberleyen ağda ise eğitim hatası gitgide küçülmekte iken test verilerinin hatası yükselmektedir. Bu durum modelin planlanan işlevinde (öngörü, sınıflama vb.) kullanılmasını engellemektedir. Zira ağdan beklenen; daha önce hiç görmediği verilerle karşılaştığında doğru tahminler üretmek için karar vericiye geleceğin belirsizliğine dair yardımcı olmasıdır. Bunun için ezberlemiş bir ağ yerine genelleme yeteneğini kazanmış bir ağ inşa etmek gerekmektedir.

3. Literatür

İnsan beyni hakkındaki çalışmalar binlerce yıla dayanmaktadır. Ancak modern elektronik ve bilgi teknolojisinin gelişmesiyle bu düşünce işlemi bilgisayarlar aracılığıyla modellenmeye başlanmıştır. Yapay sinir ağı ile ilgili ilk model 1943 yılında bir sinir hekimi olan Warren McCulloch ile bir matematikçi olan Walter Pitts tarafından gerçekleştirilmiştir. Weiner'in (1948) sinirlerin nasıl çalıştığını anlattığı "Cybernetics" adlı kitabı ve Hebb'in (1949) öğrenme ile ilgili temel teoriyi açıkladığı "Organization of Behaviour" adlı kitabı yapay sinir ağları ile ilgili yapılan ilk çalışmalardandır (Elmas,2011: 26). YSA'larla hisse senedi fiyatı tahmini alanında

ise White (1988)'in yaptığı araştırma ilk çalışmalar arasındadır. White kurmuş olduğu basit bir YSA ile IBM hisse senedinin fiyatını tahmin etmeye çalışmıştır. White bu çalışmada, fiyatların önceden tahmin edilemeyeceğini öngören etkin pazar hipotezine² karşı bir delil üretememiştir (White, 1988: 456; McNelis, 1996: 29). Ancak kurulabilecek daha komplike YSA'larla, kullanılan girdi değişkenlerinin artırılması ve veri periyodunun değiştirilmesiyle başarılı tahminler yapılabileceğine dair sonuçlar çıkarmıştır (White, 1988: 456). Grudnitski ve Osburn (1993) gelecek fiyatlar için "Random Walk"³ varsayımının gerçekçi olmadığını, bu varsayımın non-lineer ve gürültülü ilişkileri örtmenin bir aracı olarak kullanıldığını ifade etmiştir. Yaptıkları çalışmada non-lineer yapıya sahip olan YSA'larla S&P 500 endeksi ve Altın vadeli sözleşmelerinin (Gold Future) fiyatlarının tahmin edilerek normal üstü fayda sağlanabileceğini göstermiştir (Grudnitski & Osburn, 1993: 639-640). McNelis 1996 yılında Brezilya borsasını incelediği çalışmada YSA'lar ile hisse senedi fiyatlarının tahmin edilebileceği yönünde sonuçlar bulmuştur (McNelis, 1996: 43). Hisse senedi fiyatı ve borsa endeksi tahmini ile ilgili YSA'larla yapılan çalışmaların özeti yurtiçi ve yabancı ayırımıyla aşağıda sunulmuştur.

Akcan ve Kartal (2011) BİST sigorta sektör endeksini oluşturan 7 şirketin 15 gün, 1 ay ve 2 ay sonraki hisse senedi fiyatlarını kurdukları yapay sinir ağı modeliyle önceden tahmin etmeye çalışmışlardır. 15 günlük tahminde ortalama mutlak yüzde hata %0,85 ile %2.36 arasında değişmekte iken ortalama mutlak hata 2 kuruş ile 27 kuruş arasında değişmiştir. Yapılan tahminlerin başarısının tahmin süresi uzadıkça düştüğü görülmüştür (Akcan, Kartal, 2011: 37).

Birgül ve Bertan (2009) BİST100 endeksini tahmin etmek için çeşitli makro değişkenlerle ileri beslemeli yapay sinir ağı modelleri kurmuştur. Sonuçta 127 günlük tahminde endeksin yönünü %55,1 oranında doğru tespit etmiştir. Bu oran, hareketli ortalamalar yöntemiyle bulunduğu %50,4'lük oranın üzerinde kalmıştır. Diler (2003) 1993-2003 arasındaki 2700 günlük veriyle BİST100'ün günlük fiyat yönünü tahmin etmeye çalışmış ve %60,8 oranında başarı sağlamıştır.

Kara vd. (2011) kurdukları YSA'larla BİST100 endeksinin yönünü tahmin etmeye çalışmışlardır. Çıkış vektörüne 0 (azalışı temsil eder) ve 1 (artışı temsil eder) şeklinde kod atadıkları ağ ile endeksin yönünü %75,4 oranında doğrulukla tahmin etmişlerdir. Toraman (2008) demir çelik sektöründe faaliyet gösteren Erdemir A.Ş ve Kardemir A.Ş hisse senetlerinin 02- 31 Ocak 2008 tarihleri arasındaki 22 iş gününe ait kapanış değerlerini YSA modelleri ile tahmin etmeyi amaçlamıştır.

² Fiyatların, mevcut bilgileri en iyi şekilde yansıttığı savunulan piyasa etkin pazar olarak adlandırılır. Bu tanıma göre: etkin pazarda, yatırımcıların hiçbir şekilde ortalamanın üzerinde getiriye sağlamasına yardımcı olacak bilgi bulunmamaktadır (Kıyılar, 1998: 34).

³ Bu model, tüm elde edilebilir bilgiyi tamamen yansıtan fiyatlara dayanarak ardışık fiyat değişimlerinin birbirinden bağımsız olduğunu ve ardışık fiyat değişimlerinin aynı dağılıma sahip olduklarını ifade etmektedir (Kıyılar, 1998: 35). Diğer bir deyişle, fiyat hareketi rastlantısaldır ve önceden tahmini yapılamaz (Kılıç, 2005: 333). Bu model etkin piyasa hipotezinin temel dayanağıdır.

Eğitim ve test verileri olarak 2003-2007 arasındaki veriler kullanmıştır. 22 iş günü için yapılan tahmin sonuçlarında Erdemir A.ř hisse senedi fiyatına ilişkin ortalama mutlak yüzde hata %1,42, ortalama mutlak hata 12 kuruş olmuştur. Kardemir A.ř hisse senetleri için ise aynı rakamlar sırasıyla %1,69, ve 2 kuruş şeklinde tespit edilmiştir. Fiyatın yönü ise Erdemir A.ř için %95, Kardemir A.ř için %90 oranında doğru tahmin etmiştir. Erdoğan ve zyrek (2012) kurdukları YSA'larla BİST'te işlem gören beyaz eşya sektörüne ait 5 hisse senedinin günlük bazda fiyatlarını tahmin etmeye çalışmıştır. Sonuçta %0,89 ortalama mutlak yüzde hatayla hisselerin fiyatları doğru tahmin edilmiştir. zalp ve Anagün (2001), Karaatlı (2009), Naeini (2010) hisse senedi ve endeks tahmininde hem YSA hem de geleneksel tahmin yöntemleri (oklu doğrusal regresyon, doğrusal olmayan regresyon, üstel düzeltme vb) ile analizler yapmış ve YSA'nın geleneksel yöntemlere göre daha başarılı tahminler ürettiğini tespit etmişlerdir.

Vaisla ve Bhatt (2010) Hindistan'da yaptıkları hisse senedi fiyatı tahmininde, mutlak ortalama hata ve hataların kareleri toplamının ortalaması gibi performans ölçütlerine göre YSA ile kurulan modelin regresyon modeline göre yaklaşık 9 kat daha iyi olduğunu tespit etmiştir. Carvalhall ve Riberio (2008) Latin Amerika lkelerinin (Arjantin, Brezilya, Meksika, şili) hisse senedi endeksleri için 1994-2006 yılları arasındaki günlük verilerle, YSA, ARIMA, GARCH ve RW (Random Walk) modelleriyle fiyat tahminlerinde bulunmuş ve YSA'ların daha başarılı sonuçlar verdiğini tespit etmiştir. Aghababaeyan (2011) Tahran borsasında bir hisse senedinin aylık bazda fiyatlarını, kurmuş olduğu YSA'yla tahmin etmiştir. Bu çalışmada, gerçek sonuçlarla tahminler arasındaki korelasyon 0,97 olmuş ve fiyatın yönü %83'lk doğrulukla tahmin edilmiştir.

Shah vd. (2014) kurdukları farklı YSA modelleriyle Bombay Stock Exchange'de (BSE) endeks tahmininde bulunmuş ve modellerin tahmin başarısını karşılaştırmıştır. Bu modellerden çok katmanlı ileri beslemeli (KİB) olanlar geri beslemeli modellere göre daha başarılı sonuçlar üretmiştir. KİB ağlardan geri yayılım algoritmasına sahip olanlar da, *radyal bazlı (radial basis)* algoritmaya sahip olanlara göre daha üstün sonuçlar vermiştir. Özetle en iyi tahmini veren YSA çok katmanlı ileri beslemeli geri yayılım algoritmalı olan ağ olmuştur. Ayrıca n adet giriş düğümü (n boyutlu giriş vektörü) ve 1 adet çıkış düğümü olan ağlarda gizli katmanda kullanılması gereken nöron sayısının n-2n arasında olmasının faydalı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Jabin (2014) ileri beslemeli geri yayımlı YSA'lar için en iyi performansı veren eğitim fonksiyonu ve diğer parametreleri araştırmıştır. Sonuçta hisse senedi fiyatı tahmini için en uygun eğitim fonksiyonunun Trainbr (Bayesian regularization) olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca giriş katmanında n düğüm, çıkış katmanında 1

düğüm olan bir ağda gizli katmandaki düğüm sayısının $2n+1$ olması durumunda ve öğrenme oranının 0,7 olması durumunda en iyi sonuçların elde edildiğini görmüştür. Ticknor (2013) Bayesian regularization (trainbr) eğitim fonksiyonuyla eğittiği YSA'yla Microsoft Corp. ve Goldman Sachs hisse senetlerinin fiyatlarını sırasıyla %1,06 ve %1,33 ortalama mutlak yüzde hatayla (OMYH) günlük bazda tahmin etmiştir.

YSA kullanılmış ve görece başarısız sonuçlar alınmış çalışmalar da mevcuttur. Örneğin; Patal ve Yalamelle (2014) yaptıkları çalışmada Hindistan borsasında LIX15 endeksinde yer alan 15 hisse senedi için yaptıkları çalışmada hisselerin fiyat yönünü %51,06 doğrulukla tahmin etmiştir. Bu oran rastlantısal olmanın çok az üzerinde anlam taşımaktadır. Ancak bu sonuçlar kurulan YSA'nın mimarisi, parametreleri, kullanılan veri sayısı ve değişkenlerin doğru seçilip seçilmemesi gibi faktörlerin neticesi olarak yorumlanmaktadır.

4. Uygulama

Bu çalışmada BİST30 endeksinde yer alan şirketlerin, günlük bazda 5 günlük fiyat ve fiyat yönü tahmini yapılmış ve bu tahminlerin başarısı ölçülmüştür.⁴ BİST30 endeksinde yer alan Emlak Konut GMYO, Pegasus ve Koza Altın veri dönemi olan 5 yıl için tarihi fiyat seti olmayışından dolayı araştırma dışında tutulmuştur. Tahmini yapılan BİST 30 endeksindeki 27 şirketin bilgileri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

⁴ 24.11.2014 tarihi itibarı ile BİST30 endeksinde yer alan şirketlerdir.
(<http://www.borsaistanbul.com/veriler/verileralt/endeks-verileri>, 24.11.2014)

Tablo 1. Odak Grup Analizinde Ortaya Çıkan Anahtar Kelimeler ve İfadeler

Sıra	Hisse Kodu	Hisse Adı
1	AKBNK	Akbank
2	ARCLK	Arçelik
3	BIMAS	Bim Mağazalar
4	DOHOL	Doğan Holding
5	ENKAI	Enka İnşaat
6	EREGL	Ereğli Demir Çelik
7	FROTO	Ford Otosan
8	GARAN	Garanti Bankası
9	ISCTR	İş Bankası (C)
10	KRDMD	Kardemir (D)
11	KCHOL	Koç Holding
12	KOZAA	Koza Madencilik
13	MGROS	Migros Ticaret
14	PETKM	Petkim
15	SAHOL	Sabancı Holding
16	SISE	Şişe Cam
17	HALKB	T. Halk Bankası
18	TAVHL	Tav Havalimanları
19	TKFEN	Tekfen Holding
20	TOASO	Tofaş Oto. Fab.
21	TCELL	Türkcell
22	TUPRS	Tüpraş
23	THYAO	Türk Hava Yolları
24	TTKOM	Türk Telekom
25	ULKER	Ülker Bisküvi
26	VAKBN	Vakıflar Bankası
27	YKBNK	Yapı Kredi Bank

YSA'ların oluşturulması ve eğitilmesi Matlab 2013a programı ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, adı geçen programda YSA'lar için özel olarak hazırlanmış "nntool" hazır arayüzü kullanılmıştır.

4.1. Veri Seti

14.12.2009- 21.11.2014 tarihleri arasındaki 1243 adet günlük veri eğitim ve test amaçlı kullanılmıştır. 24.11.2014- 28.11.2014 tarihleri arasındaki 5 adet günlük veri ise tahmin (öngörü) amaçlı kullanılmıştır. Kurulan YSA'larda hisse senetlerinin bir gün sonraki (n+1'inci gün) fiyatı tahmin edilen çıktı değişkeni olup, bu çıktıyı tahmin etmeye yönelik girdi değişkenlerinin listesi Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. YSA'da Kullanılan Girdi Değişkenleri⁵

Sıra	Girdi Değişkenler
1	Hisse Senedi En Yüksek Fiyat
2	Hisse Senedi En Düşük Fiyat
3	Hisse Senedi Kapanış Fiyatı
4	Hisse Senedi Günlük Getirisi
5	Hisse Senedi 5 Günlük Ortalama Fiyat
6	BİST100
7	BİST100 Günlük Getiri
8	BİST30
9	BİST30 Günlük Getiri
10	USD/TL Kuru
11	USD/TL Günlük Getiri
12	Euro/TL Kuru
13	Euro/TL Günlük Getiri
14	GBP/TL Kuru
15	GBP/TL Günlük Getiri
16	Brent Petrol
17	Brent Petrol Günlük Fiyat değişimi
18	Altın Ons (USD)
19	Altın Ons (USD) Günlük Getiri
20	Tahvil Faiz Oranları
21	Tahvil Günlük Faiz değişimi
22	MSCI Endeksi ABD
23	MSCI ABD Endeksi Günlük Getiri
24	MSCI Endeksi İngiltere
25	MSCI Endeksi İngiltere Günlük Getiri
26	MSCI Endeksi Almanya
27	MSCI Endeksi Almanya Günlük Getiri
28	MSCI Endeksi Çin
29	MSCI Endeksi Çin Günlük Getiri
30	MSCI Endeksi Rusya
31	MSCI Endeksi Rusya Günlük Getiri
32	Gün Kodu

⁵ MSCI endeksleri Standart (Large + Mid Cap) endeks verileridir, USD cinsindedir ve www.msci.com adresinden temin edilmiştir. BİST30 ve BİST100 endeks verileri Borsa İstanbul'dan elde edilmiştir. Hisse senetleri fiyatları Datastream'den elde edilmiştir, temettü ödemeleri ve bedelsiz sermaye artırımları dahil geçmişe yönelik düzeltilmiş fiyatlardır. Döviz kurları serbest piyasa döviz kurudur ve Matriks veri sağlayıcısından elde edilmiştir. Tahvil faiz oranları gösterge faiz oranlarıdır ve Matriks veri sağlayıcısından elde edilmiştir. Altın Ons fiyatları Matriks veri sağlayıcısından elde edilmiştir. Gün kodu değişkeni hisse senetlerinin fiyatlarında işlem gününün etkisinin olma ihtimalinden dolayı eklenmiştir. Pazartesi'den cumaya kadar sırasıyla 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 ve 0.5 değişkenleri kullanılmıştır.

Tablo 2'deki değişkenlerin günlük bazda değerleri ile her hisse senedi için 32 satır 1248 sütun olacak şekilde excelde bir veri tablosu hazırlanmıştır. Bu tablolar daha sonra Matlab programına aktarılmıştır. İlk beş değişken her hisse senedi için kendine özgü değerlerdir. Geri kalan 27 değişken hisse senetleri arasında farklılık göstermemektedir. Excelde oluşturulan verinin formatı şu şekildedir.

Tablo 3. Veri Tablosu (Arçelik A.Ş. için)

Sıra	Girdi Değişkenler	14.12.2009	15.12.2009	16.12.2009	...	27.11.2014	28.11.2014
1	Hisse Senedi En Yüksek Fiyat	0.0461	0.0457	0.0453	...	0.1395	0.1455
2	Hisse Senedi En Düşük Fiyat	0.0449	0.0441	0.0445	...	0.1375	0.1380
3	Hisse Senedi Kapanış Fiyatı	0.0453	0.0449	0.0449	...	0.1385	0.1420
4	Hisse Senedi Günlük Getirisi	0.0000	-0.0088	0.0000	...	-0.0036	0.0253
5	Hisse Senedi 5 Günlük Ortalama Fiyat	0.0451	0.0451	0.0451	...	0.1391	0.1399
6	BİST100	0.5387	0.5414	0.5454	...	0.9089	0.9248
7	BİST100 Günlük Getiri	0.0164	0.0050	0.0073	...	0.0053	0.0175
8	BİST30	0.5517	0.5548	0.5591	...	0.9074	0.9257
9	BİST30 Günlük Getiri	0.0166	0.0057	0.0077	...	0.0062	0.0202
10	USD/TL Kuru	0.6464	0.6481	0.6477	...	0.9514	0.9531
11	USD/TL Günlük Getiri	0.0013	0.0027	-0.0007	...	0.0000	0.0018
12	Euro/TL Kuru	0.6923	0.6902	0.6901	...	0.8677	0.8683
13	Euro/TL Günlük Getiri	0.0025	-0.0030	-0.0002	...	-0.0018	0.0007
14	GBP/TL Kuru	0.6346	0.6363	0.6411	...	0.9019	0.9025
15	GBP/TL Günlük Getiri	0.0041	0.0025	0.0076	...	-0.0050	0.0007
16	Brent Petrol	0.5670	0.5768	0.5878	...	0.5740	0.5519
17	Brent Petrol Günlük Fiyat değişimi	0.0031	0.0174	0.0190	...	-0.0610	-0.0385
18	Altın Ons (USD)	0.5930	0.5923	0.5990	...	0.6268	0.6144
19	Altın Ons (USD) Günlük Getiri	0.0100	-0.0012	0.0114	...	-0.0058	-0.0197
20	Tahvil Faiz Oranları	0.8043	0.8103	0.8009	...	0.6629	0.6517
21	Tahvil Günlük Faiz değişimi (%)	0.0186	0.0075	-0.0117	...	0.0000	-0.0169
22	MSCI Endeksi ABD	0.5348	0.5320	0.5328	...	0.9996	0.9968
23	MSCI ABD Endeksi Günlük Getiri	0.0073	-0.0052	0.0014	...	0.0000	-0.0028
24	MSCI Endeksi İngiltere	0.7396	0.7354	0.7463	...	0.8959	0.8918
25	MSCI Endeksi İngiltere Günlük Getiri	0.0122	-0.0056	0.0148	...	-0.0056	-0.0045
26	MSCI Endeksi Almanya	0.7115	0.7080	0.7198	...	0.9087	0.9078
27	MSCI Endeksi Almanya Günlük Getiri	0.0100	-0.0050	0.0167	...	0.0018	-0.0010
28	MSCI Endeksi Çin	0.8967	0.8874	0.8757	...	0.8878	0.8912
29	MSCI Endeksi Çin Günlük Getiri	0.0094	-0.0104	-0.0131	...	-0.0040	0.0039
30	MSCI Endeksi Rusya	0.6775	0.6853	0.7133	...	0.4855	0.4715
31	MSCI Endeksi Rusya Günlük Getiri	0.0137	0.0115	0.0409	...	-0.0191	-0.0289
32*	Gün Kodu	0.1000	0.2000	0.3000	...	0.4000	0.5000

Tablo 3'ten görüldüğü gibi hazırlanan veri tablosu 32 birimlik dikey giriş vektörlerinden 1248 adedinin sütunlar halinde yan yana gelmesinden

* Gün kodu değişkeni hisse senetlerinin fiyatlarında işlem gününün etkisinin olma ihtimalinden dolayı eklenmiştir. Pazartesi'den cumaya kadar sırasıyla 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 ve 0.5 değişkenleri kullanılmıştır.

oluşmaktadır. Eldeki verilerle hisse senetlerinin 1 gün sonraki fiyatlarının tahmin edilmek istenildiğinden, her bir n'inci günlük giriş vektörüne karşılık çıkış değerleri n+1'inci günlük hisse senedi kapanış fiyatı olacaktır. Uygulamaya konu olan veriler normalize edilerek Matlab programına aktarılmıştır.⁶

4.2. YSA'nin Yapısı

Bilindiği gibi YSA'larda en iyi sonuçları alabilmek için ağda kaç katman olacağı, katmanlardaki nöron sayısının kaç olacağı, hangi eğitim algoritmalarının kullanılacağına dair kesin bir kural bulunmamaktadır. Bu değişkenler ancak deneme yanılma yoluyla veya tecrübeyle belirlenmektedir. Bu araştırmada tahmin problemlerinde en çok kullanılan model olması sebebiyle ileri beslemeli geri yayımlı YSA'lar kullanılmıştır.⁷Aşağıda, YSA'ların hangi özelliklerde meydana getirildiği anlatılmıştır.

Katman Sayısı

YSA'larda 1 giriş,1 çıkış ve çeşitli sayıda gizli katman bulunmaktadır (Şenol, 2008: 28). Bir veya iki gizli katmanlı YSA'ların karmaşık problemlere çözüm üretmede yeterli oldukları literatür çalışmalarından bilinmektedir. Bu sebeple çalışmada 1 giriş katmanı, 1 gizli katman ve 1 çıkış katmanı bulunan ağlar kullanılmıştır.

Nöron sayısı

Giriş katmanında girdi değişkenlerin sayısı kadar yani 32 adet, çıkış katmanında ise çıkış değişkeninin sayısı kadar yani 1 adet (hisse senedi tahmini fiyatını göstermek üzere) nöron kullanılmıştır. Gizli katmandaki nöron sayısı, azdan çoğa doğru artırılmak suretiyle eğitim ve test grupları için istikrarlı sonuçlar verecek şekilde deneme yanılma metoduyla 50 olarak belirlenmiştir.⁸

Öğrenme Algoritması ve Öğrenme Fonksiyonu

Çeşitli avantajlarından dolayı geri yayımlı öğrenme algoritması literatürde en sık kullanılan eğitim algoritmasıdır.⁹ Bu sebeple YSA'nın eğitiminde bu algoritma tercih edilmiştir. Matlab 13a programında geri yayımlı algortima prensibinde

⁶ Hisse senetlerinin fiyatları ile ilgili ilk beş satır (dördüncü satır hariç) ilgili değişkenlerin 100'e bölünmesiyle [0,1] aralığına indirgenmiştir. 6 ile 32'uncü satırlar arasındaki endeks, kur, Brent petrol ve altın değerleri kendi satırdaki en büyük değere bölünmek suretiyle [0,1] aralığına indirgenmiştir.6 ile 32'uncü satırlar arasındaki endeks, kur, Brent petrol, altın getirileri, tahvil faiz değişimi ve gün kodu değişkeni zaten [0,1] aralığında olduğu için herhangi bir dönüşüme tabi tutulmamıştır.

⁷ Diler (2003) yapmış olduğu araştırmada inceledikleri 40 makalenin 26'sında geri yayılım algoritmasının kullanılmasını tespit etmiştir (Diler, 2003: 73).

⁸ Gizli katmandaki nöron sayısının düşük olması ağın öğrenmesini güçleştirmektedir. Nöron sayısının belirli bir seviyenin üzerine çıkması ise ağın eğitim verilerini ezberlenmesine (genelleme yeteneğinin düşmesine) yol açmaktadır (Yıldız, 2009: 110). Gizli katmandaki nöron sayısının kaç olması gerektiği ile ilgili çeşitli araştırmacıların Freisleben (1992), Azoff (1994), Man Chubg (2009), Heaton (2005) geliştirdikleri formüller bulunmaktadır (Doğaç, 2008: 30).

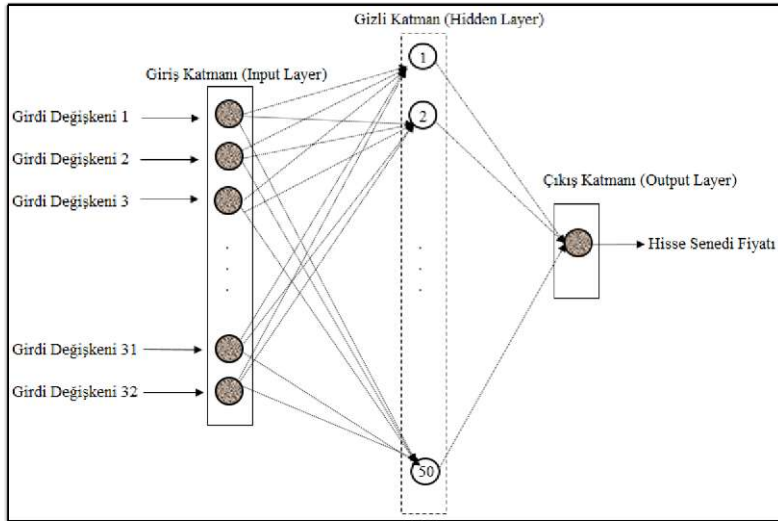
⁹ Geri yayılım öğrenme algoritması türevi alınabilir etkinlik işlevli (aktivasyon fonksiyonlu) çok katmanlı herhangi bir ağa uygulanabilir. Bu algorithmada çıkış katmanında hesaplanan hatalara göre çıkış katmanı ile son gizli katman arasındaki bağlantı ağırlıkları ayarlanır. Bu işlemler ilk gizli katmana kadar geriye doğru tekrarlanır. Toplam hata kabul edilebilir bir seviyeye indirilinceye kadar iterasyon işlemlerine devam edilir (Blmas, 2011: 115). İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Ağ için çeşitli eğitim fonksiyonları bulunmaktadır. Bunlar Matlab 13a programında nntool ara yüzünde hazır olarak bulunmaktadır. Bu eğitim fonksiyonlarından en çok kullanılanları *Trainbr*, *Trainlm*, *Traingd*, *Trainqdx*, *Trainseg* vb.dir (Jabin, S., 2013: 5-6).

çalışan çeşitli eğitim fonksiyonlarından “trainbr” eğitim fonksiyonu kullanılmıştır. Zira bu eğitim fonksiyonu “overfitting” ihtimalini azaltarak ağın genelleme (tahmin) yeteneğinin ylık kalmasını sağlamaktadır. Bu sebeple YSA’yla tahmin problemlerinde son zamanlarda yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Aktivasyon Fonksiyonu

Herbir nron kendisine gelen giriş değerlerini birleştiren bir toplama fonksiyonu ve onu diğer nrona ileten bir aktivasyon fonksiyonundan oluşmaktadır. Geri yayımlı algoritma turevlenebilir (diferansiyelenebilir) aktivasyon fonksiyonu gerektirmekte olup en sık kullanılan aktivasyon fonksiyonları Logaritmik Sigmoid (Logsig) $1/(1+e^{-x})$, Hiperbolik Tanjant Sigmoid (Tansig) $(e^x - e^{-x}) / (e^x + e^{-x})$ ve Lineer (Pureline) $a \cdot x + b$ fonksiyonlardır (Beale vd, 2014, 1/6&2/4&2/5). Yapılan denemelerde gizli katmanda Tansig, ıkış katmanında ise Pureline aktivasyon fonksiyonlarının kullanılması durumunda başarılı sonuçlar alınmıştır. Bu nedenle gizli katmanda ve ıkış katmanında sırasıyla Tansig ve Pureline aktivasyon fonksiyonları kullanılmıştır. Nitekim, tahmin problemlerinde ıkış katmanında lineer dnuşum fonksiyonlarının başarılı sonuçlar verdiği literaturdan bilinmektedir (Beale vd. 2014: 1/6). Araştırmada kullanılan YSA grafik olarak şekil 3’te sembolize edilmiştir.

şekil 3. Kullanılan İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı



4.3. Bulgular

Kurulan YSA'nın 1243 adet eğitim ve test verisi ile öğrenme işlemini tamamladıktan sonra 27 şirket için 25.11.2014- 01.12.2014 tarihleri arasında fiyat tahmini yapılmış olup bu tahminlerden Arçelik A.Ş.'ye ilişkin olanlar Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Arçelik A.Ş Hisse Senedi Fiyat ve Fiyat Yönü Tahmin Sonuçları

Gün	Gerçekleşen Fiyatlar (X_i)	Tahmin Edilen Fiyatlar (Y_i)	Gerçekleşen Fiyat Yönü $X_{i+1}-X_i$	Tahmin Edilen Fiyat Yönü $Y_{i+1}-X_i$	Fiyat Yönü Tahmin Başarısı*
24.11.2014	14.05				
25.11.2014	13.95	13.93	Azalış (-)	Azalış (-)	1
26.11.2014	13.90	13.91	Azalış (-)	Azalış (-)	1
27.11.2014	13.85	13.89	Azalış (-)	Azalış (-)	1
28.11.2014	14.20	13.68	Artış (+)	Azalış (-)	0
01.12.2014	14.60	13.99	Artış (+)	Azalış (-)	0
OMH (TL)	0.24				
OMYH	%1.67				
Fiyat Yönü Doğruluk Oranı	%60				

Tablo 4'ten görüldüğü gibi Arçelik A.Ş hisse senedi için tahmini yapılan 5 işlem gününde ortalama mutlak hata (OMH) 24 Kuruş, ortalama mutlak yüzde hata (OMYH) %1,67 olmuştur. Fiyatın bir sonraki işlem günü azalış veya artış şeklinde ne yönde hareket edeceği ile ilgili tahmindeki başarı oranı ise %60 olarak belirlenmiştir (5 işlem gününün 3'ü için doğru tahmin edilmiştir).

Tablo 5'te 27 hisse senedi için elde edilen sonuçlar özet olarak gösterilmiştir. Tablo 5'ten hisse senetlerinin günlük bazda fiyat yönünün %58 oranında doğru tahmin edildiği görülmektedir. Ayrıca 5 günlük ortalama mutlak yüzde hatanın (OMYH) %1.80, ortalama mutlak hatanın ise (OMH) 21 kuruş olduğu görülmektedir. Fiyat yönünün tahmininde elde edilen %58'lik sonuç literatür çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir. Zira yapılan çalışmalarda fiyat yönünün doğru tahmin oranı literatürde %50 ile %75 arasında yoğunlaşmaktadır. Ortalama mutlak ve yüzde hatalar için bulunan sonuçlar da literatürle uyumludur. 27 hisse senedi için yapılan tahminler incelendiğinde, yalnızca 3 hisse senedi için fiyat yönü tahmininin doğruluk oranı %40'ın altında gerçekleşmiştir. Ortalama mutlak yüzde hatanın %2'nin üstünde olduğu hisse senedi sayısı ise 7 olmuştur.

* Fiyatın yönü doğru tahmin edildiği günler 1, doğru tahmin edilemeyen günler 0 ile gösterilmiştir.

Tablo 5. BİST30 Hisse Senetleri Fiyat ve Fiyat Yönü Tahmin Sonuçları

Hisse Kodu	OMH (TL)	OMYH	Fiyat Yönü Tahmin Başarısı					Fiyat Yönü Başarı Oranı (%)
			25.11.2014	26.11.2014	27.11.2014	28.11.2014	01.12.2014	
AKBNK	0.18	1.97%	0	1	0	0	0	20%
ARCLK	0.24	1.67%	1	1	1	0	0	60%
BIMAS	0.61	1.24%	1	0	0	0	0	20%
DOHOL	0.02	3.26%	1	1	1	1	1	100%
ENKAI	0.10	1.70%	1	1	1	0	1	80%
EREGL	0.05	1.19%	1	0	0	1	1	60%
FROTO	0.75	2.51%	1	0	1	0	0	40%
GARAN	0.30	3.15%	1	1	0	0	0	40%
ISCTR	0.09	1.56%	1	0	0	1	1	60%
KRDMD	0.03	1.29%	1	0	0	1	1	60%
KCHOL	0.19	1.52%	0	1	1	0	1	60%
KOZAA	0.05	2.93%	1	0	1	1	1	80%
MGROS	0.25	1.09%	1	1	0	1	1	80%
PETKM	0.02	0.56%	1	1	1	1	1	100%
SAHOL	0.18	1.71%	1	1	1	0	0	60%
SISE	0.09	2.72%	0	0	0	1	1	40%
HALKB	0.27	1.75%	0	1	1	1	0	60%
TAVHL	0.32	1.62%	0	1	1	1	1	80%
TKFEN	0.08	1.24%	0	0	1	1	0	40%
TOASO	0.27	1.70%	0	1	1	1	0	60%
TCELL	0.29	2.04%	0	1	1	0	1	60%
TUPRS	0.54	1.07%	0	1	1	1	0	60%
THYAO	0.31	3.55%	0	1	1	1	1	80%
TTKOM	0.09	1.21%	0	1	0	1	1	60%
ULKER	0.15	0.87%	0	1	1	0	1	60%
VAKBN	0.09	1.77%	0	0	0	0	0	0%
YKBNK	0.09	1.64%	1	1	0	0	0	40%
ORTALAMA	0.21	1.80%	0.52	0.67	0.59	0.56	0.56	58%

* 0 kodu fiyat yönünün yanlış tahmin edildiği günleri, 1 kodu fiyat yönünün doğru tahmin edildiği günleri göstermektedir.

5. Sonuç

Son yıllarda YSA'larla ekonomik değişkenlerin geleceğe yönelik değerlerinin tahmin edilmesi yaygınlaşmaya başlamıştır. Özellikle hisse senedi gibi finansal varlıkların değerlerini tahmininde geleneksel tahmin yöntemlerine göre daha başarılı sonuçlar üretmektedir. Bu çalışmada BİST30 endeksine ait 27 hisse senedi için 5 günlük fiyat ve fiyat yönü tahmini yapılmıştır. 27 hisse senedi için yapılan tahminlerde ortalama mutlak hata 21 kuruş, ortalama mutlak yüzde hata %1,80 olmuştur. Hisse senetlerinin fiyatları "artacak" veya "azalacak" şeklinde yapılan fiyat yönü tahmininin başarı oranı ise ortalama %58 olarak tespit edilmiştir. Sonuçta sınırlı sayıda hisse senedi için YSA'larla yapılan tahminlerin BİST30'daki hisse senetlerine genellenebileceği kanısına varılmıştır. Tahmini yapılan hisse senetleri için firmaya ve endüstriye özgü değişkenlerin girdi listesine eklenmesiyle daha başarılı sonuçların elde edilmesi mümkün görünmektedir. Hem girdi listesine söz konusu değişkenlerin eklenmesi hem de kurulacak YSA'ların parametrelerinde değişiklikler yapmak suretiyle, bundan sonraki tarafımızca yapılacak çalışmalarda daha başarılı sonuçlar hedeflenmektedir. Aynı veri seti ve değişkenlerle geleneksel tahmin tekniklerini kullanarak sonuçları karşılaştırmak da ileriki çalışmalarımızın konusunu teşkil edecektir.

Kaynaklar

Aghababaeyan, R. vd. (2011), "Forecasting the Tehran Stock Market by Artificial Neural Network", International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Special Issue on Artificial Intelligence.

Akcan, A., C. Kartal (2011) "İMKB Sigorta Endeksini Oluşturan Şirketlerin Hisse Senedi Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini", Muhasebe ve Finansman Dergisi, 07-2011,27-40.

Beale, M. H. vd. (2014), "Neural Network Toolbox User's Guide", https://www.mathworks.com/help/pdf_doc/nnet/nnet Ug.pdf, (Erişim: 15.11.2014).

Carvalho, A., T. Riberio (2008), "Do Artificial Neural Networks Provide Better Forecasts? Evidence from Latin American Stock Indexes, Latin American Business Review, 8(3), 92-110.

Chauhan, B. vd(2014), "Stock Market Prediction Using Artificial Neural Networks", International Journal of Computer Science and Information Technologies (IJCSIT), 5 (1), 904-907.

Diler, A.İ. (2003), "İMKB Ulusal-100 Endeksinin Yönünün Yapay Sinir Ağlarıyla Hata Geriye Yayıma Yöntemi İle Tahmin Edilmesi", İMKB Dergisi, 7(25-26), 65-81.

Elmas, Ç. (2011), Yapay Zeka Uygulamaları, Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2. Baskı

Erdoğan, E., H. Özyürek (2012), "Yapay Sinir Ağlarıyla Fiyat Tahminlenmesi", Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi, 4(1), 1309-8012.

Fauset, Laurene (2011), Fundamentals of Neural Networks.

Grudnitski, G. ve L. Osburn (1993), "Forecasting S&P and Gold Future Prices: An Application of Neural Network", The Journal of Future Markets, 13(6), 631-643.

"IBM SPSS Neural Networks 21", http://www.sussex.ac.uk/its/pdfs/SPSS_Neural_Network_21, (Erişim: 19.12.2014).

Jabin, S. (2014), "Stock Market Prediction Using Feed-forward Artificial Neural Network", International Journal of Computer Applications, 99 (9).

Kara, Y. ve diğ. (2011), "Predicting Direction of Stock Price Index Movement Using Artificial Neural Networks and Support Vector Machines: The sample of The Istanbul Stock Exchange", Expert Systems with Applications 38, 5311-5319.

Karaatlı, M. vd. (2009), "Hisse senedi fiyat hareketlerinin yapay sinir ağıyla tahmin edilmesi", Akademik Fener Dergisi, 2(1), 22-48.

Kılıç, B. (2005), "Test of The Weak Form Efficient Market Hypothesis for The Istanbul Stock Exchange By Markov Chains Methodology", Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 14(1), 333-342.

Kıyılar, M. (1998), "Etkin Pazar Kuramının Test Edilmesi", Yönetim, 9(29),34-51.

Kutlu, B. ve B. Bodur (2009), "Yapay Sinir Ağları ile Borsa Endeksi Tahmini", Yönetim Dergisi, 20(63).

Lin, C.T. ve H. Y. Yeh (2009), "Emprical of Taiwan Stock Index Option Price Forecasting Model- Applied Artificial Neural Network", Applied Economics,41, 1965-1972.

McNelis, P.D. (1996), "A Neural Network Analysis of Brazillian Stock Price: Tequila Effects vs. Pisco Sour Effects", Journal of Emerging Markets, 1(2).

Naeini, M. P. vd. (2010), "Stock Market Value Prediction Using Neural Networks", International Conference on Computer Information Systems and Industrial Management Applications (CSIM).

Özalp, A., A.S. Anagün (2001), "Hisse Senedi Fiyat Tahmininde Yapay Sinir Ağı Yaklaşımı ve Klasik Tahminleme Yöntemleri ile Karşılaştırılması", Endüstri Mühendisliği Dergisi, 12(3-4), 2-17.

Patel, M. B., S.R. (2014), Yalamalle, "Stock Price Prediction Using Artificial Neural Network" International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology ,3(6).

Shah, M. et al. (2014), "Performance Analysis of Neural Network Algorithms on Stock Market Forecasting", International Journal Of Engineering And Computer Science, 3(9), 8347-8351.

Şenol, D. (2008), "Prediction of Stock Price Direction By Artificial Neural Network Approach", Master Thesis, Bogazici University.

Toraman, C. (2008), "Demir Çelik Sektöründe Yapay Sinir Ağları ile Hisse Senedi Fiyat Tahmini: Erdemir A.Ş ve Kardemir A.Ş. Üzerine Bir Tahmin Uygulaması", Muhasebe ve Finansman Dergisi; 39, 20-32.

Ticknor, J.L. (2013), "A Bayesian Regularized Artificial Neural Network for Stock Market Forecasting", Expert Systems with Applications, 40, 5501-5506.

Vaisla, K.S. ve A.K. Bhatt (2010), "An Analysis of the Performance of Artificial Neural Network Technique for Stock Market Forecasting", International Journal on Computer Science and Engineering,2(6), 2104-2109.

White, H. (1988), "Economic Prediction Using Neural Network: The Case of IBM Daily Stock Return", IEEE International Conference on Neural Networks, 2(1), 451-458.

Yıldız, B. (2009), Finansal Analizde Yapay Zeka, Detay Yayıncılık, Ankara.

Zekic, M. (1998), "Neural Network Application in Stock Market Predictions- A Methodology Analysis", Proc. of 9. Intl' Conf. Information and Intelligent Systems.