

---

## PARA KRİZLERİNİN YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİ İLE TAHMİNİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ<sup>1</sup>

---

Hasan SÖYLER<sup>2</sup>

Oktay KIZILKAYA<sup>3</sup>

### Öz

Finansal krizler, yaşandıkları ülkelerde son derece yüksek maliyetlere neden olabilmektedir. Ek olarak krizler genellikle, çeşitli kanallar üzerinden yayılarak diğer ülkelerin kriz konusundaki kırılganlığını artırmaktadır. Finansal krizlerin önceden tahmin edilebilmesi de ekonomide ortaya çıkardığı sorunların ve yüklediği maliyetlerin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de yaşanan para krizlerinin öngörülebilirliğini yapay zeka yöntemlerinden Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) yöntemlerini kullanarak araştırmak ve Türkiye’de yaşanan para krizlerini etkileyen değişkenleri belirlemektir. Çalışma sonucunda, Türkiye için para krizi tahmininde kullanılan YSA yönteminin oldukça iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. En iyi performansla sahip YSA modelinin sonuçları dikkate alınarak bağımsız değişkenlerin ağırlıklı değerleri incelendiğinde ise Türkiye’de meydana gelen para krizlerini en fazla etkileyen üç değişkenin sırasıyla reel efektif döviz kuru (REDK), mevduat faiz oranları (MFAIZ) ve ihracat birim değeri (XUV) değişkenleri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar YSA yönteminin para krizleri tahmininde oldukça başarılı olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay Sinir Ağları (YSA), Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS), Finansal Krizler, Para Krizleri

**JEL Sınıflandırması:** G01, C40, C45.

---

## THE ESTIMATION OF CURRENCY CRISES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS: THE CASE OF TURKEY

---

### Abstract

Financial crises can cause extremely huge expenditure in taken place countries. In addition to, those crises usually spread various channels and this situation increase the fragility about crises of other countries. Ability to previous estimating of the financial crises have an important role in problems in economy and decreasing the occurred expenditure. The aim of this study is to research the predictability of the currency crises in Turkey by using Artificial Neural Networks (ANN) and Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) methods which are the artificial intelligence methods; and to identify the variables that effect the currency crises in Turkey. Consequences of this paper, it is observed that Artificial Neural Networks methods used for estimating of currency crises in Turkey gives quite good results. When the weighted values of the independent variables are analyzed by the results of the ANN, which has the best performance, it has been found out that three variables that mostly affects the currency crises occurred in Turkey are respectively real effective exchange rate (REER), interest rates on deposits (IROD) and export unit value (XUV). These results indicate that ANN method is quite successful in predicting currency crises.

**Keywords:** Artificial Neural Networks (ANN), Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS), Financial Crises, Currency Crises

**JEL Classification:** G01, C40, C45

---

<sup>1</sup> Bu çalışma Yrd. Doç. Dr. Hasan Söyler’in danışmanlığında yürütülen ve Yrd. Doç. Dr. Oktay Kızılkaya tarafından 26.05.2017 tarihinde sunulmuş olan “Para Krizlerinin Tahmininde Logit-Probit Modelleri ve Yapay Sinir Ağları: Türkiye Örneği” başlıklı doktora tezinden türetilmiş olup 18. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumu’nda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

<sup>2</sup> Yrd.Doç.Dr., İnönü Üniversitesi, İİBF, Ekonometri Bölümü, hasan.soyler@inonu.edu.tr

<sup>3</sup> Yrd.Doç.Dr., Hakkari Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, o.kizilkaya.4@gmail.com

## 1. Giriş

Finansal krizler, finans piyasalarındaki şiddetli fiyat dalgalanmaları veya bankacılık sisteminde bankalara geri dönmeyen kredilerin gereğinden fazla artması sonucunda yaşanan ciddi ekonomik sorunlar olarak ifade edilebilir (Kibritçioğlu, 2001: 2). Finansal krizler, ortak unsurları olmasına rağmen farklı şekillerde meydana gelirler. Finansal krizleri anlamak, kendi içinde gerçekten karmaşık ve zor olan makro-finansal bağlantıları anlamayı gerektirir. Finansal krizleri, çok yönlü olaylar olmaları nedeniyle tek gösterge kullanılarak karakterize etmek zor olabilmektedir. Krizlerin altında yatan nedenler ile ilgili birçok teori geliştirilmiştir. Literatürde, krizleri etkileyen faktörlerin bazıları açıklığa kavuşturulmasına rağmen, krizlerin daha derin nedenlerinin belirlenmesi bir sorun olmaya devam etmektedir. Genellikle makroekonomik dengesizlikler, iç veya dış şoklar gibi temel faktörlerin gözlenmesine rağmen, krizlerin tam olarak nedenleri konusunda birçok soru geriye kalmaktadır. Finansal krizler genellikle varlık ve kredi balonları öncesinde olur ve sonunda çöküşe dönüşebilir. Krizlerin kaynaklarına odaklanan birçok teori varlık ve kredi piyasalarındaki patlamanın önemini vurgulamıştır. Literatürde, krizler çerçevesinde makroekonomik ve finansal değişkenlerin dinamikleri kapsamlı olarak incelenmiştir. Yapılan ampirik çalışmalar, finansal krizlerin başlangıç ve küçük ölçekli finansal aksamalardan büyük ölçekli ulusal, bölgesel ve hatta küresel krizlere kadar çeşitli safhalarını ifade etmiştir (Claessens vd., 2014:3-5-6). Literatürde, finansal kriz türleri ile ilgili farklı sınıflamalar mevcut olmakla beraber Uluslararası Para Fonu (IMF), finansal krizleri temel olarak Para Krizleri, Bankacılık Krizleri, Sistemik Finansal Krizler ve Dış Borç Krizleri olarak sınıflamıştır (IMF, 1998:74-75). Goldstein vd. (2000) çalışmalarında; bankacılık ve para krizinde, en iyi performansa sahip öncü göstergeler arasında oldukça fazla iç içe geçişmeler bulunsa bile, yine de ikisini ayrı ayrı ele alabilmek için yeterli bir farklılık bulunduğunu ifade etmişlerdir. Bir paranın değişim değeri üzerindeki spekülasyon saldırı, paranın değer kaybetmesine neden oluyorsa veya bu durumun önüne geçebilmek amacıyla döviz rezervlerinde önemli miktarlarda azalmaya neden oluyorsa veya çok büyük düzeylerde faiz artışlarına neden oluyorsa, bu durum para krizi olarak adlandırılmaktadır. Bir para krizinin başlangıcından itibaren en çok iki yıl önce veya en çok iki yıl sonra bir bankacılık krizi meydana gelir ise bu durum ikiz kriz olarak ifade edilmektedir.

1980 öncesinde Türkiye ekonomisi süresi ve şiddeti farklı birkaç kriz yaşamıştır. Türkiye ekonomisi 1980'den sonra ihracata dayalı kalkınma modeli çerçevesinde dışa açılmış, kendi müdahalesi dışında olan şoklarla da karşı karşıya kalma noktasına gelmiş ve ülkenin yaşadığı krizlerin sayısı ve şiddetinde artışlar meydana gelmiştir (Doğru, 2015:62-63). 1980 yılı sonrası dönemde kronik bir enflasyon ülkesi haline gelen Türkiye, 1990'lı yıllardan sonra siyasi istikrarsızlık unsurunun da eklenmesiyle krizlerle daha sık karşı karşıya kalmıştır (Işık vd., 2006:240). 1990'lı yıllardan günümüze kadar olan dönemde ise 1994 Krizi, 2000-2001 Krizi ve 2008 Küresel Ekonomik Kriz olmak üzere farklı krizler meydana gelmiştir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de yaşanan para krizlerinin öngörülebilirliğini Logit-Probit yöntemleri ve yapay zeka yöntemlerinden Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) yöntemlerini kullanarak araştırmak ve Türkiye'de yaşanan para krizlerini etkileyen değişkenleri belirlemektir. Logit-Probit modelleri için literatürde para krizleri üzerine yapılan çalışmalarda en çok kullanılan değişkenler seçilmeye çalışılmış ve oluşturulan anlamlı modellerden elde edilen anlamlı değişkenler YSA ve ANFIS yöntemleri ile oluşturulacak modellere girdi olarak seçilmiştir.

## 2. Para Krizleri

Kaminsky ve Reinhart (1999) ile Kaminsky, Lizondo ve Reinhart (1998)' a göre para krizi, ulusal paraya yönelik yapılan spekülasyon saldırısının ya paranın ani değer kaybetmesi ile sonuçlanması ya da bu saldırı sonucunda uluslararası rezerv düzeyinde meydana gelen ciddi azalmalar durumu ya da her iki durumun birlikte gerçekleşmesi olarak ifade edilmektedir (Çeviş, 2005:9). Para krizi esnasında, krizin yaşandığı ülkenin parası ciddi boyutlarda değer kaybetmektedir. Bu süreçte ulusal paranın değer kaybedeceğine ilişkin beklentiler etkili olmakta ve ulusal paranın değer kaybedeceğine düşünen spekülasyoncular piyasadan sürekli döviz satın almaktadır. Bu süreçte Merkez

Bankası söz konusu değer kaybının önlenilmesi amacıyla piyasaya döviz satarak savunmaya geçmekte ve elinde bulunan uluslararası rezervlerin önemli bir kısmını kaybetmektedir. Ulusal paranın değer kaybını önlemek isteyen Merkez Bankasının, rezervlerini daha fazla kaybetmeye tahammülü olmaması nedeniyle döviz satmak dışında başka bir araç kullanarak piyasaya müdahale etmesi gerekmektedir. Bu durum karşısında Merkez Bankası faiz oranlarını yükseltmeye başlamaktadır. Yükselen faiz oranı ile ulusal para yatırımcılar için önem kazanmakta ve böylece ulusal paranın değer kaybının önüne geçilebilmiş olmaktadır (Yüksel, 2016:13-14).

Para krizlerini açıklamak için kullanılan modeller, birinci nesil kriz modelleri, ikinci nesil kriz modelleri ve üçüncü nesil kriz modelleri olarak sınıflandırılmaktadır. Birinci nesil kriz modelleri, 1970'li yıllarda ve 1980'li yılların başında Latin ülkelerinde meydana gelen krizleri açıklamak amacıyla ortaya atılmıştır. Birinci nesil kriz modellerine göre krizlerin temel nedeni makroekonomik politikaların, hükümetin döviz kuru hedefleriyle tutarsızlık göstermesidir. Bu kriz modelleri 1992 Avrupa para krizini açıklamakta yetersiz kalmış ve ikinci nesil para krizleri teorisi literatüre girmiştir. İkinci nesil kriz modellerine göre ise krizler kendi kendini besleyen beklentiler neticesinde ortaya çıkmaktadır. 1997 Asya krizinin diğer krizlerden daha şiddetli olması ve yayılma etkisi nedenleri ile diğer kriz modellerine göre farklılık göstermesi üçüncü nesil kriz modellerinin iktisat literatürüne girmesine neden olmuştur. Üçüncü nesil modeller, Asya krizinden sonra bankacılık ve finans sektörünün önemine vurgu yaparak, bankacılık krizleri ile para krizlerinin birbirini besleyen kısır bir döngü oluşturduğu temel düşüncesine dayanmaktadır. Bu kriz modelleri, krizlerin ülkeler arasında bulaşma mekanizmasını açıklamaya çalışmaktadırlar (Altunöz, 2013:55; Sevim, 2012:24).

### 3. Literatür

Birçok iktisatçı, krizlerin ekonomi üzerindeki etkilerini azaltmak amacıyla, krizleri tahmin yöntemlerini çalışma konusu olarak benimsemektedir. Para krizleri ile ilgili literatür incelendiğinde, kriz tahmini ve kriz öncesi erken uyarı sistemleri hakkındaki çalışmaların gün geçtikçe arttığı görülmektedir. Tablo 1'de Türkiye'de para krizleri ile ilgili literatür özeti verilmiştir.

Tablo 1: Literatür Özeti

Yazar	Dönem	Yöntem	Sonuç
Üçer vd., (1998)	1989- 1997 Üç aylık	KLR Modeli	1994 para krizini öngörmede ihracat/ithalat, hazineye kısa vadeli avanslar/GSYİH, kısa vadeli dış borç/GSYİH, reel M1 ve rezervler/M2Y+borç stoku değişkenlerinin en anlamlı değişkenler olduğu sonucuna ulaşmıştır.
Gerni vd. (2005)	1990- 2004 Aylık	Doğrusal Olasılık Modeli ve Logit Model	Çalışma sonucunda, ulusal paranın değerlendirilmiş olması, sanayi üretim indeksinin düşüş kaydetmesi, rezervlerin azalması, kamu gelirlerinin kamu giderlerini karşılama oranının azalması, enflasyon farklılığının artması ve faiz oranı farklılıklarının açılması istatistiksel açıdan krize sinyal oluşturduğu gözlenmiştir.
Kaya ve Yılmaz (2006)	1990- 2002	KLR Modeli	Yapılan çalışmada kullanılan 29 göstergeden Kamu Kesimi Borçlanma Gereği/GSMH değişkeni en başarılı öncü gösterge olarak belirlenmiştir.
Altıntaş ve Öz (2007)	1990- 2005 Üç Aylık	KLR Modeli	1994 ve 2001 para krizlerinin öngörülmesinin amaçlandığı çalışmada, önem sırasına göre; sanayi üretim endeksi, sermaye çıkışı, M2/rezervler, GSMH, üretim artışı, M1, İMKB 100 endeksi, 3 aylık mevduat faizi ve reel efektif döviz kuru öncü gösterge olarak elde edilmiştir.
Karakayalı ve Sayın (2010)	2002- 2009 Aylık	KLR Modeli	Türkiye'de 2008 krizini öngörmek amacıyla kullanılan göstergelerden doğru sinyal sayısı açısından sanayi üretim endeksinin; krizler için öncülük etme olasılığı açısından ve kriz öncesi dönem boyunca sinyallerin sürekliliği açısından ise yurtiçi kredi hacminin en iyi performansa sahip öncü göstergeler olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

<b>Aktaş ve Şen (2013)</b>	2005-2011 Yıllık	Trend Analizi Yöntemi	Çalışmada; Türkiye, ABD, İngiltere, Yunanistan ve İtalya ülkelerinde 2008 krizinin önceden tahmin edilebilmesi amacıyla öncü göstergeleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Analizde, kullanılan göstergelerden toplam yatırımlar/GSMH, işsizlik oranı, mal ve hizmet ihracatındaki artış, toplam dış borç (kamu+özel)/GSMH ve yıllık enflasyon oranı göstergelerinin öncü göstergeler olarak kullanılabilceği sonucuna ulaşılmıştır.
----------------------------	------------------	-----------------------	--

### 3. Yöntem

Bu çalışmada, Türkiye’de yaşanan para krizlerinin öngörülebilirliği Logit-Probit modelleri, Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) yöntemleri kullanılarak araştırılmıştır.

#### 3.1. Logit Modeli

Doğrusal Olasılık Modeli,  $P_i = \beta_0 + \beta_1 X_i$  şeklinde ifade edilirse  $P_i$ ,  $i$ . bireyin belirli bir seçimi yapma olasılığı olmak üzere (birikimli) lojistik dağılım fonksiyonu;

$$P_i = F(Z_i) = F(\beta_0 + \beta_1 X_i) = \frac{1}{1+e^{-Z_i}} = \frac{1}{1+e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_i)}} \quad (1)$$

olarak ifade edilebilir.

Burada  $Z_i$  değişkeni  $-\infty$  ile  $+\infty$  arasında değerler aldıkça,  $P_i$ 'de 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Bu şekilde  $P_i$  ve  $Z_i$  (yani  $X_i$ ) arasındaki ilişki doğrusal olmamaktadır. Böylece, hem  $0 \leq P_i \leq 1$  şartı hem de  $Z_i$  ve  $X_i$  ile  $P_i$  arasındaki ilişkinin doğrusal olmama şartı sağlanabilmektedir. Bu ilişkinin tahmin edilebilmesi için doğrusal biçime dönüştürülmesi gerekmektedir.  $P_i$ ,  $i$ . bireyin belirli bir seçimi yapma olasılığı olmak üzere yapmama olasılığı da,

$$1 - P_i = \frac{1}{1+e^{Z_i}} \quad (2)$$

olarak yazılabilir. Bu durumda,

$$\frac{P_i}{1-P_i} = \frac{1+e^{Z_i}}{1+e^{-Z_i}} = e^{Z_i} \quad (3)$$

Bu oran Odds (bahis oranı) olarak ifade edilir. Bu ifadenin logaritma alınırca,

$$L_i = \ln(e^{Z_i}) = \ln\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = Z_i = \beta_0 + \beta_1 X_i \quad (4)$$

olarak elde edilir. Logit model olarak adlandırılan bu fonksiyon, doğrusal bir ilişki işlevini görebilecek yarı-logaritmik bir fonksiyondur. Yani Odds'nin logaritması  $L$ , yalnız  $X$ 'e göre değil anakütle katsayılarına göre de doğrusaldır. Bu modelin parametreleri tahmin edilirken belirli bir seçimi yapması durumunda;

$$L_i = \ln\left(\frac{1}{0}\right) \quad (5)$$

ve yapmaması durumunda ise;

$$L_i = \ln\left(\frac{0}{1}\right) \quad (6)$$

olacaktır. Bu ifadelerin anlamsız oldukları açıktır. Logit modeller En Küçük Kareler (EKK) yöntemi ile tahmin edilememektedir. Bu durumda, anakütle katsayılarını tahmin edebilmek için en yüksek olabilirlik yöntemine başvurulabilir (Tarı, 2008:256-257; Gujarati ve Porter, 2012:554).

#### 3.2. Probit Modeli

İki seçeneğe bağlı bir bağımlı değişkenin davranışını açıklamak için uygun seçilmiş bir birikimli dağılım fonksiyonunun kullanılması gerekmektedir. Logit modelinde birikimli lojistik dağılım fonksiyonu kullanılırken, Probit modelinde ise normal birikimli dağılım fonksiyonu kullanılmaktadır. Bir  $i$  bireyin belirli bir seçimi yapma ya da yapmama kararının, gözlenemeyen bir fayda indeksi  $I_i$ 'ye

bağlı olması ve fayda indeksi  $I_i$ 'nin  $X_i$  gibi bir ya da birden fazla açıklayıcı değişkenle belirlenmesi durumunda,  $I_i$  indeksi değeri ne kadar büyük ise, bireyin seçim yapma olasılığı da o kadar artmaktadır. Bu  $I_i$  indeksini aşağıdaki gibi ifade edebilir:

$$I_i = \beta_0 + \beta_1 X_i \quad (7)$$

Burada  $I_i$  ile bir bireyin seçim yapma kararı arasındaki ilişki şu şekildedir. Her birey için  $I_i$ 'nin belli bir değerinden itibaren seçimi yapma durumu söz konusudur. Bu  $I_i^*$  ile gösterilirse,  $I_i$  değeri,  $I_i^*$  değerini aştığında birey seçimi yapacak aksi durumda yapmayacaktır.  $I_i^*$  başlangıç veya kritik değeri de  $I_i$  gibi gözlenememekle birlikte aynı ortalama ve varyanslı normal dağıldığı kabul edilerek  $I_i$  değerleri ile  $\beta_i$  parametrelerini tahmin etmek mümkün olabilmektedir.

Normallik varsayımı altında,  $I_i^*$ 'nin  $I_i$ 'den küçük veya eşit olma olasılığı, standartlaştırılmış normal birikimli dağılım fonksiyonundan aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$P_i = P(Y = 1 | X) = P(I_i^* \leq I_i) = P(Z_i \leq \beta_0 + \beta_1 X_i) = F(\beta_0 + \beta_1 X_i) \quad (8)$$

Burada  $Z_i$  standartlaştırılmış normal değişkendir, yani  $Z \sim N(0, \sigma^2)$ 'dir. F standart normal birikimli dağılım fonksiyonu olmak üzere,

$$F(I_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{I_i} e^{-z^2/2} dz = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\beta_0 + \beta_1 X_i} e^{-z^2/2} dz \quad (9)$$

biçiminde yazılabilir.

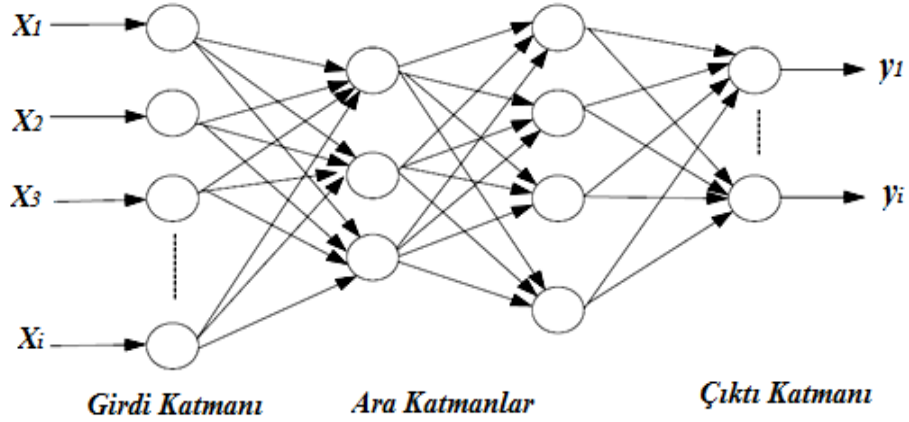
Değişen varyans sorunundan dolayı Probit modelinin tahmini için EKK yöntemini kullanmak uygun değildir. Ağırlıklı EKK ve en yüksek olasılık yöntemi ile Probit modelinin parametrelerinin tutarlı tahminlerini elde etmek mümkündür. (Tarı, 2008: 259, Gujarati ve Porter, 2012:566-567)

### 3.3. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA), bir problemi çözmek için bağlantılı işlem elemanlarının beraber çalışması temeline dayanan, girdi ile çıktı arasındaki örüntüyü bulmak amacıyla insan beynini taklit etmeye çalışan bir tekniktir. Biyolojik sinir ağları ile ortak özelliklere sahip bir bilgi işleme sistemi olan YSA, yapay sinir hücresi (nöron) adı verilen çok sayıda basit işlem elemanının bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Her yapay sinir hücresi, diğer yapay sinir hücreleri ile ağırlıklandırılmış bağlantılar aracılığıyla bağlanmıştır (Fausett, 1994:3). Güçlü modelleme özelliği sayesinde finansal ve ekonomik tahminlerde yaygın bir kullanım alanı olan YSA'nın; iş başarısızlığı tahmini, kredi skorlama, tahvil değerlendirme, örüntü tanıma ve görüntü işleme gibi doğrusal olmayan fonksiyon formundaki parametrik olmayan verilerde etkili bir araç olduğu kanıtlanmıştır (Liliana ve Napitupulu, 2012:410; Huang vd., 2007:115). Geleneksel yöntemlere göre farklı bir çalışma biçimi olan YSA, doğrusal olmayan problemlerin çözümünde oldukça başarılı olmaktadır. YSA, öğrenme özelliği sayesinde, girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi örneklerden öğrenmek yoluyla daha önce hiç görülmemiş olaylar hakkında çözümler üretebilme özelliğine sahiptir.

Günümüzde en çok bilinen ve yaygın biçimde kullanılan YSA türü Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA)'dır. ÇKA, girdi katmanı, bir veya birden fazla gizli katman ve çıktı katmanından oluşan ileri beslemeli bir sinir ağıdır. Bir katmandaki her nöron, bir sonraki katmanın bütün nöronları ile bağlantılıdır ve girdi katmanından çıktı katmanına doğru ileri yönlü bir iletişim mevcuttur. Eğitim esnasında hem girdiler hem de girdilere karşılık gelen çıktı değerleri ağa gösterildiği için öğretmenli öğrenme stratejisine göre çalışırlar. ÇKA için en yaygın olarak kullanılan öğrenme algoritması Geri Yayılım Algoritması (GYA)'dır. Genelleştirilmiş Delta Kuralı olarak da bilinen algoritma iki aşamadan oluşmaktadır. 1. aşamada, ileri doğru hesaplama vardır ve ağa gösterilen örnek için ağıncı çıktısı hesaplanır. 2. aşamada ise geriye doğru hesaplama vardır ve bu aşamada ağıncı bağlantı ağırlıkları güncellenir. Kullanılan öğrenme algoritmasına göre, ağıncı çıktısı ile beklenen çıktı arasındaki hata geriye doğru yayılarak hata minimuma ulaşmaya kadar ağıncı ağırlıkları güncellenmektedir. Şekil 1'de 2 gizli katmana sahip bir ÇKA yapısı görülmektedir.

Şekil 1: İki Gizli Katmana Sahip ÇKA



### 3.4. ANFIS (Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi)

Bulanık mantık veya YSA kullanımının bazı avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin bulanık mantık sistemleri sözel değişkenler ve eğer-ise kuralları kullandıklarından dolayı kolay anlaşılabilir ama öğrenme algoritmaları bulunmamaktadır. YSA'da ise öğrenme algoritmaları olmasına rağmen kara kutu özelliği gösterir yani ağın davranışları açıklanamaz. Bulanık mantık ve YSA yöntemlerinin beraber kullanılması ile oluşturulan nöro-bulanık sistemler, bu dezavantajların kaldırılması ile daha etkin olabilmektedirler. Nöro-bulanık sistemler için en sık kullanılan yaklaşım ise Jang tarafından 1993 yılında geliştirilmiş olan ANFIS (Adaptive Neural Fuzzy Inference System - Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi) sistemidir. ANFIS, bulanık çıkarsama sistemlerine YSA'nın öğrenme kapasitelerini ekleyen bir tekniktir.

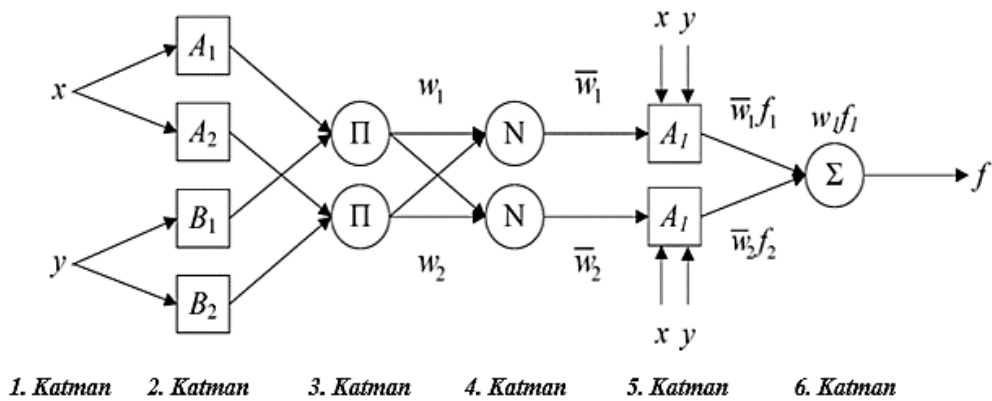
Bulanık çıkarım sistemini  $x$  ve  $y$  olmak üzere iki girdili ve tek çıktılı  $z$  olarak varsayarsak, kural tabanı Takagi ve Sugeno tipinin iki adet bulanık eğer-ise (if-then) kuralını içerir (Jang, 1993:670).

*Kural 1: Eğer  $x$ ,  $A_1$  ve  $y$ ,  $B_1$  ise  $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$*

*Kural 2: Eğer  $x$ ,  $A_2$  ve  $y$ ,  $B_2$  ise  $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$*

ANFIS yapısı sırasıyla, girdi katmanı, bulanıklaştırma katmanı, kural katmanı, normalizasyon katmanı, durulaştırma katmanı ve toplam katmanı olmak üzere 6 katman olarak ifade edilebilir. Şekil 3.16'da iki girişli Sugeno tip bulanık çıkarım yöntemine işlevsel olarak eşdeğer olan ANFIS yapısı görülmektedir.

Şekil 2: İki Girişli Sugeno Tip Bulanık Çıkarım Yöntemine İşlevsel Olarak Eşdeğer Olan ANFIS Yapısı



#### 4. Bulgular

Çalışmada, Zivot-Andrews birim kök testi için Gauss 10, Logit ve Probit modelleri için Eviews 9, YSA modelleri için SPSS 20 ve ANFIS modelleri için Matlab 2013a paket programları kullanılmıştır.

##### 4.1. Veri Seti

Bu çalışmada, Türkiye’de para krizleri dönemlerini tahmin etmek amacıyla 1992:04 – 2016:10 dönemlerine ait aylık veriler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan değişkenler özellikle literatürde para krizleri tahmini üzerine yapılan çalışmalarda en çok kullanılan ve verilerine ulaşılan değişkenlerden seçilmiştir. Çalışmada kullanılan serilerin bir bütünlük içinde tutarlı ve anlamlı olması amacıyla, analizde kullanılan ve yerel para birimi türünden olan değişkenler Amerikan Doları cinsinden ifade edilmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenler Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2: Çalışmada Kullanılan Değişkenler

Değişkenler	Tanım	Değişkenler	Tanım
EMP	Döviz Piyasası Baskı İndeksi	MFAIZ	Mevduat Faiz Oranı (3 Aylık Vadeli Mevduat)
BOGE	Bileşik Öncü Göstergeler Endeksi (12 aylık % Değişim)	NETHN	Net Hata ve Noksan
XUV	İhracat Birim Değeri	PETROL	Ham Petrol Fiyatları (% Değişim)
MUV	İthalat Birim Değeri	POLITIK	Politik Risk Notu
XM	İhracatın İthalatı Karşılama Oranı (x/m)	PORTSUE	Portföy Yatırımları/Sanayi Üretim Endeksi
BIST100	BIST 100 Endeksi (% Değişim)	PORTDYY	Portföy Yatırımları/Doğrudan Yabancı Yatırımlar
REDK	Reel Efektif Döviz Kuru (% Değişim)	SUE	Sanayi Üretim Endeksi
KAMUGG	Kamu Gelirlerinin Giderleri Karşılama Oranı (G/H)	TUFE	Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE)
SPKREDİ	Kredi Notları (Standard Poor’s)	FARKFAIZ	Türkiye-ABD Reel Faiz Oranı Farklılıkları
M1	M1 Değişim Oranı	REZ	Uluslararası Rezervler (% Değişim)
M2	M2 Değişim Oranı	RFAIZ	Yurtiçi Reel Faiz Oranı
M2R	M2/Uluslararası Rezervler		

Çalışmada kullanılan değişkenlerden mevsimsellik etkisi tespit edilen değişkenler TRAMO/SEATS yöntemi kullanılarak mevsimsel etkilerden arındırılmıştır. Bu çalışmada, literatürde yapılan çalışmalardan farklı olarak aylık politik risk notu (POLITIK) ve Standard Poor’s tarafından verilen kredi notu (SPKREDİ) değişkenleri kullanılmıştır. Politik risk notu, PRS Group tarafından hazırlanmakta ve bir ülkenin siyasi istikrarının belirlemek amacıyla değerlendirme aracı olarak kullanılmaktadır. Politik risk derecelendirmesinin amacı, ICRG (International Country Risk Guide) kapsamındaki ülkelerin siyasi istikrarını kıyaslanabilir bir şekilde değerlendirebilmek için bir araç sağlamaktır. Politik risk notu; hükümet istikrarı, sosyoekonomik koşullar, yatırım profili, iç çatışma, dış çatışma, yolsuzluk, askerin politikada etkisi, dini gerginlikler, hukuk ve düzen, etnik gerginlikler, demokratik hesap verebilirlik ve bürokrasi kalitesi olmak üzere 12 alt bileşenden oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan Standard Poor’s kredi derecelendirme kuruluşu tarafından verilen kredi notu değişkeni için kredi notlarının harf değerleri, Haspolat (2015)’in çalışması dikkate alınarak en yüksek not 22 ve en düşük not 1 olacak şekilde sayısal ifadelere dönüştürülmüştür.

##### 4.2. Döviz Piyasası Baskı İndeksi (EMP)

Çalışmada para krizi dönemlerini belirlemek amacıyla Döviz Piyasası Baskı İndeksi (EMP) kullanılmıştır.  $e_t$  ülkenin  $t$  zamanındaki nominal döviz kurunu;  $r_t$  rezervleri ve  $\alpha_1$  ise nominal kur değişim oranının standart sapmasının, rezervlerdeki nispi değişimin standart sapmasına oranını ( $\sigma_e/\sigma_r$ ) göstermek üzere EMP Denklem (10)’daki gibi hesaplanmaktadır.

$$EMP_t = \% \Delta e_t - \alpha_1 \% \Delta r_t \quad (10)$$

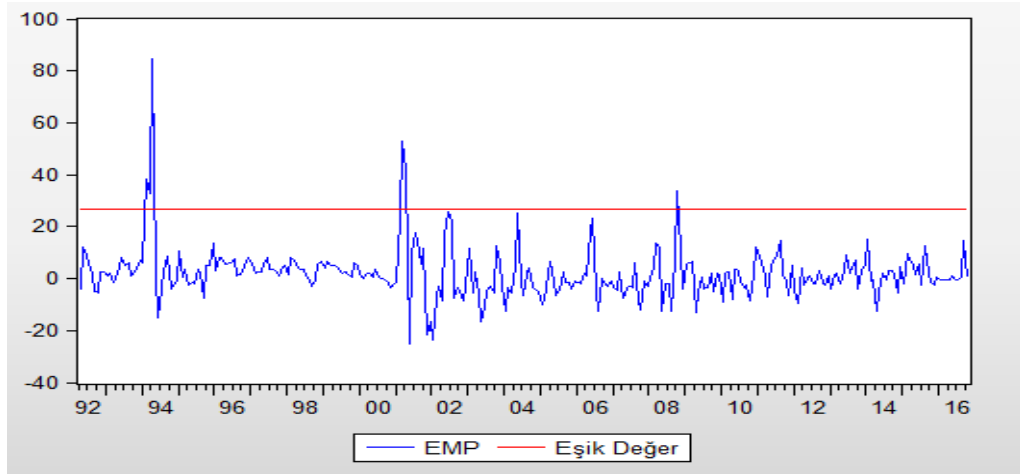
Kriz dönemlerinin belirlenmesi amacıyla hesaplanan *EMP* için bir eşik değeri belirlenmekte ve baskı indeksinin eşik değeri aştığı dönemler için 1, diğer dönemler için 0 olacak şekilde bir kukla değişken oluşturulmaktadır. Yani kriz dönemi, *EMP*'nin belirli bir eşik değerini aştığı dönem olarak dikkate alınabilir (Gerni vd., 2005:45). Edison (2000)'nun önerdiği modele göre eğer belirli bir dönemdeki indeks değeri söz konusu ülke ortalamasının 2.5 standart sapma üzerinde ise o dönem kriz dönemi olarak belirlenebilmektedir. Bu çalışmada bağımlı değişken olan para krizi değişkenini temsilen *EMP* değişkeninin eşik değeri aştığı aylara 1, diğer aylara ise 0 değeri atanacak şekilde kukla değişken oluşturulmuştur.

$$\text{Kriz}_{i,t} = 1, \text{ Eğer } EMP_{i,t} > 2.5 \sigma_{EMP_i} + \mu_{EMP_i}$$

$$\text{Kriz}_{i,t} = 0, \text{ Diğer durumlarda}$$

Burada  $\sigma_{EMP_i}$ , hesaplanan *EMP*'nin standart sapmasını,  $\mu_{EMP_i}$  ise *EMP*'nin ortalamasını ifade etmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda eşik değer 26.92 olarak elde edilmiş ve hesaplanan *EMP* değişkeni ve eşik değeri Şekil 3'te gösterilmiştir.

Şekil 3: Hesaplanan Döviz Piyasası Baskı İndeksi (EMP) ve Eşik Değer



Şekil 3'ten de görülebileceği gibi hesaplanan *EMP* değişkeni ve eşik değere göre; 02/1994, 03/1994, 04/1994, 03/2001, 04/2001 ve 10/2008 dönemleri Türkiye için para krizi dönemleri olarak belirlenmiştir.

#### 4.3. Birim Kök Testi

Durağan olmayan zaman serileri ile yapılan analizlerde gerçekte var olmayan ilişkilerin varmış gibi görünmesi olarak ifade edilen sahte regresyon sorunu ile karşılaşılabilen ve elde edilen sonuçlar yanıltıcı olabilmektedir. Bir seride birim kök olması durumunda, o serinin durağan olmadığı ifade edilmektedir. Zivot ve Andrews (1992), kırılma noktasının içsel olarak tahmin edildiği ve tek kırılmaya izin veren bir birim kök testini geliştirmişlerdir. Analizin bu aşamasında, tek yapısal kırılmaya izin veren Zivot-Andrews birim kök testi uygulanmış ve Tablo 3'de gösterilmiştir.

Zivot-Andrews birim kök testi sonuçlarına göre hem Model A hem de Model C için XUV, MUV, POLİTİK, TUFİ ve SUE serilerinin durağan olmadığı, bu serilerin birinci farkları alındığında ise durağan oldukları yani I(1) oldukları görülmüştür. Çalışmada kullanılan diğer serilerin ise yapısal kırılma ile birlikte durağan oldukları sonucuna ulaşılmıştır.



Tablo 3: Zivot-Andrews Birim Kök Testi

Değişken	Model A		Model C		Değişken	Model A		Model C	
	Test İstatistiği	Kırılma tarihi	Test İstatistiği	Kırılma tarihi		Test İstatistiği	Kırılma tarihi	Test İstatistiği	Kırılma tarihi
EMP	-10.02*	1994: 09	-10.13*	1994: 12	PETROL	-5.68*	1998: 12	-5.67*	1998: 12
BOGE	-5.54*	2002: 04	-5.54**	2002: 04	POLITIK	-3.72	2002: 10	-3.98	1999: 09
XUV	-3.18	2004: 09	-3.04	2006: 10	PORTSUE	-6.07*	2010: 11	-7.51*	2011: 08
MUV	-3.11	2005: 07	-3.14	2010: 07	PORTDYY	-19.60*	1994: 11	-16.35*	1995: 06
XM	-6.16*	2000: 11	-6.21*	2000: 11	SUE	-3.24	1998: 10	-3.36	2004: 02
BIST100	-9.26*	2000: 05	-9.26*	2000: 05	TUFE	-3.94	2002: 01	-4.78	2003: 03
REDK	-4.83**	2010: 11	-5.44**	2003: 10	FARKFAIZ	-4.22	2002: 06	-5.80*	2009: 04
KAMUGG	-4.61***	2004: 10	-5.25**	2004: 01	REZ	-5.81*	2002: 05	-7.34*	1995: 07
SPKREDİ	-3.66	2003: 05	-4.85***	1996: 10	RFAIZ	-4.21	2009: 10	-5.65*	2004: 02
M1	-5.78*	2002: 08	-6.29*	2003: 04	Δ XUV	-7.92*	2008: 07	-7.87*	2008: 07
M2	-14.19*	2002: 08	-14.17*	2001: 08	Δ MUV	-6.32*	2008: 07	-6.34*	2008: 07
M2R	-5.64*	2005: 11	-4.23	2005: 08	Δ POLITIK	-18.07*	2004: 04	-18.04*	1995: 09
MFAIZ	-6.16*	2002: 10	-6.26*	2003: 03	Δ TUFE	-9.89*	1995: 03	-10.13	1995: 01
NETHN	-6.28*	1998: 09	-6.29*	1998: 09	Δ SUE	-5.93*	2007: 11	-5.92*	2007: 11

**Not:** Model A düzeyde, Model C ise hem eğişimde hem de düzeyde meydana gelen yapısal değişimi içermektedir. \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla; %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde durağanlığı ifade etmektedir. Kritik değerler Zivot Andrews (1992)'den alınmıştır. "Δ" serilerin birinci farklarını ifade etmektedir.

#### 4.4. Logit-Probit Sonuçları

Logit ve Probit modelleri EKK yöntemi ile tahmin edilememekte ve anakütle katsayılarını tahmin edebilmek için en yüksek olabilirlik (EYO) yöntemine başvurulabilmektedir. EYO tahminlerinde katsayıların istatistiki olarak anlamlılıklarını test etmek için Z istatistiği kullanılmaktadır. Logit ve Probit modelleri için EYO tahmin sürecinde katsayıların birlikte (modelin geneli) anlamlılıklarını test etmek için Wald, Skor (Lagrange Çarpanı-LM) ve Olabilirlik Oranı (LR) testleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada katsayıların bireysel anlamlılıklarını test etmek için standart normal dağılım (Z) gösteren Wald istatistikleri, modellerin genel anlamlılıklarını test etmek için ise LR istatistiği kullanılmıştır. Bu çalışmada EYO yöntemiyle tahmin edilen Logit Model 1 ve Probit Model 1 sonuçları Tablo 4 ile sunulmuştur.

Tablo 4: Logit Model 1 ve Probit Model 1 Sonuçları

Değişkenler	Logit Model 1		Probit Model 1	
	Katsayı	Prob	Katsayı	Prob
C	-8.832561	0.0000*	-4.845415	0.0000*
BIST100	-0.175315	0.0000*	-0.095669	0.0000*
Δ TUFE	0.839895	0.0000*	0.463290	0.0000*
REZ	-0.353521	0.0000*	-0.191209	0.0000*
Δ POLITIK	0.172996	0.0144**	0.080562	0.0430**
McFadden R2	0.802518		0.812368	
Log-olabilirlik	-5.788157		-5.499460	
LR-istatistiği	47.04341		47.62080	
Prob (LR-ist)	0.000000		0.000000	
Akaike Bilgi Kriteri	0.073140		0.071183	
Doğru sınıflama oranı	%98.64		% 98.64	

**Not:** \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla; %1, %5 ve %10 önem düzeyinde istatistiki bakımdan anlamlı olduklarını ifade etmektedir.

Logit ve Probit modelde elde edilen katsayılar doğrusal regresyon modellerinde olduğu gibi doğrudan yorumlanamamaktadır. Ancak incelenen katsayıların işareti bağımsız değişkenler ile olayın gerçekleşme olasılığı arasındaki ilişkinin yönünü ifade eder. Elde edilen katsayı pozitif işaretiliyse ilişki doğru yönlü, negatif işaretiliyse ilişki ters yönlüdür. Logit Model 1 ve Probit Model 1 sonuçlarına göre; BIST100 ve REZ değişkenlerinin katsayısı negatif, ΔTUFE ve ΔPOLITIK

değişkenlerinin katsayıları pozitif olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar BIST100 endeksi ve uluslararası rezervler ile para krizinin ortaya çıkma olasılığı arasında negatif; enflasyondaki değişim ve politik riskteki değişim ile para krizinin ortaya çıkma olasılığı arasında pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Yani, BIST100 endeksi veya uluslararası rezervlerde meydana gelecek artış para krizi olasılığını azaltmakta, enflasyondaki değişim veya politik riskteki değişimde meydana gelecek artış ise para krizi olasılığını artırmaktadır. Modellerde Z istatistiklerine ilişkin prob değerleri göz önüne alındığında modelde yer alan bütün katsayıların istatistiki bakımdan anlamlı oldukları görülmektedir. Ayrıca LR test istatistiği ve bu test istatistiğine ait prob değerleri dikkate alındığında modeldeki bütün katsayıların birlikte istatistiki bakımdan anlamlı oldukları belirlenmiştir. Logit Model 2 ve Probit Model 2 sonuçları Tablo 5 ile sunulmuştur.

Tablo 5: Logit Model 2 ve Probit Model 2 Sonuçları

Değişkenler	Logit Model 2		Probit Model 2	
	Katsayı	Prob	Katsayı	Prob
C	-2.523520	0.0648***	-1.487163	0.0171**
Δ TUFÉ	0.500844	0.0000*	0.247260	0.0000*
BIST100	-0.149413	0.0000*	-0.077456	0.0000*
SPKREDI	-0.336454	0.0248**	-0.158248	0.0209**
Δ XUV	-0.282835	0.0003*	-0.148136	0.0000*
McFadden R2	0.595475		0.619704	
Log-olabilirlik	-11.85656		-11.14641	
LR-istatistiği	34.90660		36.32689	
Prob (LR-ist)	0.000000		0.000000	
Akaike Bilgi Kriteri	0.114282		0.109467	
Doğru sınıflama oranı	% 98.31		% 98.31	

Not: \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla; %1, %5 ve %10 önem düzeyinde istatistiki bakımdan anlamlı olduklarını ifade etmektedir.

Tablo 6: Logit Model 3 ve Probit Model 3 Sonuçları

Değişkenler	Logit Model 3		Probit Model 3	
	Katsayı	Prob	Katsayı	Prob
C	-15.46530	0.0051*	-1.487163	0.0171**
REDK	0.078335	0.0937***	0.247260	0.0000*
MFAIZ	0.061800	0.0026*	-0.077456	0.0000*
Δ TUFÉ	0.324506	0.0146**	-0.158248	0.0209**
McFadden R2	0.418872		0.619704	
Log-olabilirlik	-17.03277		-11.14641	
LR-istatistiği	24.55417		36.32689	
Prob (LR-ist)	0.000019		0.000000	
Akaike Bilgi Kriteri	0.142595		0.109467	
Doğru sınıflama oranı	% 98.64		% 98.31	

Not: \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla; %1, %5 ve %10 önem düzeyinde istatistiki bakımdan anlamlı olduklarını ifade etmektedir.

Logit Model 2 ve Probit Model 2 sonuçlarına göre; BIST100, SPKREDI ve ΔXUV değişkenlerinin katsayısı negatif, ΔTUFÉ değişkeninin katsayısı pozitif olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar BIST100 endeksi, Standard Poor's tarafından verilen kredi notları ve ihracat birim değerindeki değişim ile para krizinin ortaya çıkma olasılığı arasında negatif; enflasyondaki değişim ile para krizinin ortaya çıkma olasılığı arasında pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Yani, BIST100 endeksi, Standard Poor's tarafından verilen kredi notları veya ihracat birim değerindeki değişimde meydana gelecek artış para krizi olasılığını azaltmakta, enflasyondaki değişimde meydana gelecek artış ise para krizi olasılığını artırmaktadır. Modellerde Z istatistiklerine ilişkin prob değerleri göz önüne alındığında modelde yer alan bütün katsayıların istatistiki bakımdan anlamlı oldukları görülmektedir. Ayrıca LR test istatistiği ve bu test istatistiğine ait prob değerleri dikkate alındığında

modeldeki bütün katsayıların birlikte istatistiki bakımdan anlamlı oldukları belirlenmiştir. Logit Model 3 ve Probit Model 3 sonuçları Tablo 6 ile sunulmuştur.

Logit Model 3 ve Probit Model 3 sonuçlarına göre; REDK, MFAİZ ve  $\Delta$ TUFE değişkeninin katsayısı pozitif olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar reel efektif döviz kuru, mevduat faiz oranı ve enflasyondaki değişim ile para krizinin ortaya çıkma olasılığı arasında pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Yani, reel efektif döviz kuru, mevduat faiz oranı veya enflasyondaki değişimde meydana gelecek artış para krizi olasılığını artırmaktadır. Modellerde Z istatistiklerine ilişkin prob değerleri göz önüne alındığında modelde yer alan bütün katsayıların istatistiki bakımdan anlamlı oldukları görülmektedir. Ayrıca LR test istatistiği ve bu test istatistiğine ait prob değerleri dikkate alındığında modeldeki bütün katsayıların birlikte istatistiki bakımdan anlamlı oldukları belirlenmiştir.

Logit ve Probit model performansları karşılaştırıldığında, kullanılan her üç modelde de genel olarak Probit modellerinin Logit modellere kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Probit Model 1, kullanılan diğer Logit-Probit modelleri içerisinde en iyi model olarak elde edilmiştir. Doğru sınıflama oranı değeri (% 98.64), Logit Model 1 ve Logit Model 3 ile aynı olsa da, Probit Model 1 en düşük Akaike değerine (0.071), en yüksek McFadden R<sup>2</sup> değerine (0.81) sahiptir.

#### 4.5. YSA Sonuçları

Logit ve Probit yöntemleri ile yapılan analiz sonuçlarına göre kurulan anlamlı modellerden elde edilen anlamlı değişkenler (BIST100, TUFE, REZ, POLITIK, SPKREDİ, XUV, REDK, MFAİZ), YSA ile kurulacak modellerde girdi değişkenleri olarak kullanılmıştır. ÇKA ile tahmin yapılırken veri kümesi, eğitim-test ya da eğitim-doğrulama-test olmak üzere kısımlara ayrılmaktadır. Veriler bu kısımlara bölünürken problem karakteristiği, veri tipi ve eldeki veri miktarı dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada veri kümesi göz önünde bulundurularak kullanılan veri seti, eğitim ve test veri seti olmak üzere ikiye ayrılmıştır. 1992:04-2008:06 dönemi ilk 195 gözlem (% 66.1) eğitim verisi, 2008:07-2016:10 dönemi son 100 gözlem (% 33.9) ise test verisi grubunda yer almaktadır. Gizli katman aktivasyon fonksiyonu olarak hiperbolik tanjant ve sigmoid, çıktı katmanı aktivasyon fonksiyonu olarak ise doğrusal, softmax, hiperbolik tanjant ve sigmoid aktivasyon fonksiyonları denenmiştir. Kurulan modellerin girdi katmanında 8 nöron (8 bağımsız değişken), çıktı katmanında ise 2 nöron (1 bağımlı değişken) yer almaktadır. ÇKA modellerinde en iyi mimariyi elde edebilmek için farklı gizli katman nöron sayıları ve farklı aktivasyon fonksiyonları denenmiş ve en iyi performansa sahip 8 model Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7: En İyi Performansa Sahip ÇKA Modelleri

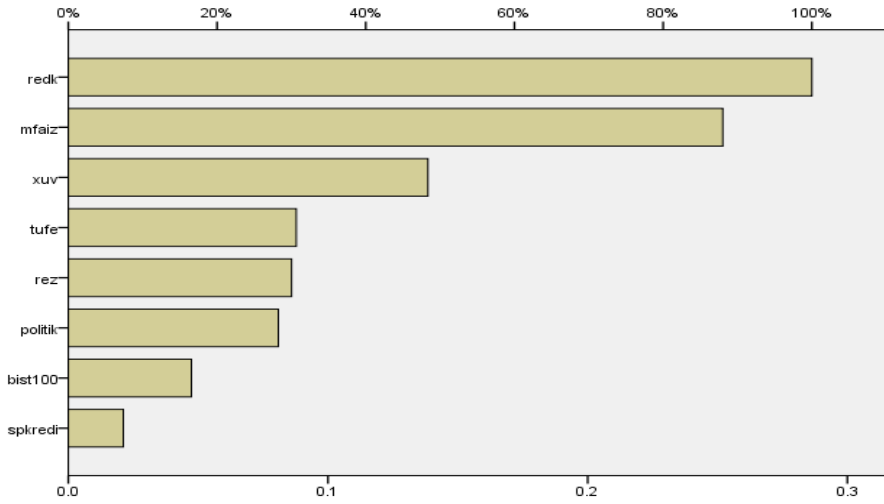
Modeller	Gizli Katman Aktivasyon Fonksiyonu	Çıktı Katmanı Aktivasyon Fonksiyonu	Gizli Katman Nöron Sayısı	Eğitim Performansı	Test Performansı
Model 1	Hiperbolik Tanjant	Hiperbolik Tanjant	8	% 99	% 99
Model 2	Hiperbolik Tanjant	Sigmoid	7	% 100	% 99
Model 3	Hiperbolik Tanjant	Doğrusal	7	% 97.4	% 99
Model 4	Hiperbolik Tanjant	Softmax	3	% 100	% 100
Model 5	Sigmoid	Hiperbolik Tanjant	10	% 97.4	% 99
Model 6	Sigmoid	Sigmoid	7	% 98.5	% 99
Model 7	Sigmoid	Doğrusal	13	% 97.9	% 99
Model 8	Sigmoid	Softmax	8	% 100	% 99

Yapılan denemeler sonucunda en iyi performansa sahip ÇKA modelinin Model 4 olduğu görülmüştür. Model 4, eğitim ve test veri setlerinde bulunan bütün para krizi dönemlerini ve para krizi dışı dönemlerini doğru tahmin etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, gizli katman aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant, çıktı katman aktivasyon fonksiyonu softmax ve gizli katman nöron sayısı 3 olan ÇKA modelinin en iyi performansa sahip model olduğu belirlenmiştir. En iyi performansa sahip ÇKA modeli ile eğitim verisinde bulunan para krizi ve para krizi dışı dönemlerin

% 100'ü; test verisinde bulunan para krizi ve para krizi dışı dönemlerin % 100'ünü doğru olarak tahmin edilmiştir.

Para krizlerini tahmin etmek amacıyla oluşturulan ÇKA modelinde (Model 4), bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkilerini ifade etmek için Bağımsız Değişken Önem Analizi kullanılmıştır. Elde edilen Bağımsız Değişken Önem Analizi sonuçları Şekil 4'de görülmektedir.

Şekil 4: Bağımsız Değişken Önem Analizi



Şekil 4'de Türkiye'de meydana gelen para krizlerini etkileyen değişkenlerin önem sıralaması verilmiştir. Bağımsız değişkenlerin ağırlıklı değerleri incelendiğinde, Türkiye'de meydana gelen para krizlerini etkileyen en önemli değişkenin reel efektif döviz kuru (REDK) değişkeni olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Para krizini etkileyen en önemli üç değişken sırasıyla reel efektif döviz kuru ile beraber mevduat faiz oranları (MFAİZ) ve ihracat birim değeri (XUV) değişkenleridir.

#### 4.6. ANFIS Sonuçları

ANFIS modellerinde de Logit ve Probit yöntemleri ile yapılan analiz sonuçlarına göre kurulan anlamlı modellerden elde edilen anlamlı değişkenler girdi değişkenleri olarak kullanılmıştır. Yine YSA modellerinde kullanıldığı gibi ANFIS modellerinde de kullanılan veri seti, eğitim ve test veri seti olmak üzere ikiye ayrılmıştır. 1992:04-2008:06 dönemi ilk 195 gözlem (% 66.1) eğitim verisi, 2008:07-2016:10 dönemi son 100 gözlem (% 33.9) ise test verisi grubunda yer almaktadır. Çalışmada kullanılacak veriler ANFIS sistemine yüklendikten sonra Iızgara bölümlleme (Grid partition) ile Bulanık Çıkarım Sistemi (BÇS) oluşturulmuştur.

Tablo 8: Kurulan ANFIS Modelleri

Modeller	Girdi Üyelik Fonksiyon Tipi	Eğitim Performansları %	Test Performansları %
Model 1	trimf	100	99
Model 2	trapmf	100	99
Model 3	gbellmf	100	99
Model 4	gaussmf	100	99
Model 5	gauss2mf	100	99
Model 6	pimf	100	99
Model 7	dsigmf	100	99
Model 8	psigmf	100	99

Her girdi değişkeni için girdi üyelik fonksiyon sayısı 3 olarak seçilmiş ve kurulacak farklı modeller için farklı girdi üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Ayrıca çıktı üyelik fonksiyonu olarak sabit (constant) seçilmiş ve her bir model için 40 iterasyon (epochs) yapılmıştır. Oluşturulan her bir

model için sistem tarafından 6561 (3<sup>8</sup>) kural oluşturulmuştur. Öğrenme algoritması olarak geri yayılım algoritmasının en küçük kareler yöntemiyle beraber kullanıldığı hibrit öğrenme algoritması kullanılmıştır. ANFIS modellerinde en iyi mimariyi elde edebilmek için elde edilen 8 model Tablo 8 ile gösterilmiştir.

Yapılan denemeler sonucunda, ANFIS yöntemi kullanılarak oluşturulan 8 modelde de eğitim veri setinde bulunan para krizi ve para krizi dışı dönemlerinin % 100'ü doğru tahmin edilmiştir. Test veri setinde bulunan para krizi ve para krizi dışı dönemlerinin bir bütün olarak % 99'ü doğru tahmin edilse de, test veri setinde bulunan 2008 yılı para krizi dönemi doğru olarak tahmin edilememiştir.

### 5. Tartışma ve Sonuç

Son yıllarda iktisat alanında yapay zeka yöntemlerinin kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada da yapay zeka yöntemleri olarak YSA ve ANFIS yöntemleri kullanılmış, bu modellerde girdi değişkenleri olarak kullanılacak bağımsız değişkenler ise oluşturulan Logit ve Probit modelleri kullanılarak belirlenmiştir. Logit-Probit Modelleri ile seçilen anlamlı değişkenlerin YSA modellerinde girdi değişkenleri olarak kullanılması sonucunda oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada para krizi dönemlerini belirlemek amacıyla Döviz Piyasası Baskı İndeksi (EMP) kullanılmış ve hesaplanan EMP değişkeni ve eşik değere göre; 02/1994, 03/1994, 04/1994, 03/2001, 04/2001 ve 10/2008 dönemleri Türkiye için para krizi dönemleri olarak belirlenmiştir.

YSA yöntemi kullanılarak ele alınan modeller incelendiğinde, gizli katman aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant, çıktı katman aktivasyon fonksiyonu softmax ve gizli katman nöron sayısı 3 olan ÇKA modelinin (Model 4) en iyi performansa sahip model olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde oluşturulan YSA modeli, test verisinde bulunan para krizi ve para krizi dışı dönemlerin % 100'ünü doğru olarak tahmin etmiştir. Oluşturulan YSA modeli test verisinde yer alan 2008 yılındaki para krizi dönemini başarılı bir şekilde tahmin etmiştir. ANFIS yöntemi kullanılarak oluşturulan 8 modelde de eğitim veri setinde bulunan para krizi ve para krizi dışı dönemlerinin % 100'ü doğru tahmin edilmiştir. Ayrıca test veri setinde bulunan para krizi ve para krizi dışı dönemlerinin bir bütün olarak % 99'ü doğru tahmin edilse de, 2008 yılı para krizi dönemi doğru tahmin edilememiştir. Kullanılan yöntemlerin test performansları incelendiğinde Türkiye için para krizi tahmininde kullanılan YSA yönteminin, ANFIS yöntemine göre daha başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar YSA modelinin para krizleri tahmininde oldukça başarılı olduğunu göstermektedir. En iyi performansa sahip YSA modelinin sonuçları dikkate alınarak bağımsız değişkenlerin ağırlıklı değerleri incelendiğinde ise Türkiye'de meydana gelen para krizlerini etkileyen en önemli değişkenlerin önem sırasına göre reel efektif döviz kuru (REDK), mevduat faiz oranları (MFAIZ) ve ihracat birim değeri (XUV) değişkenleri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma sonuçlarından elde edilen bulgular Türkiye için para krizlerini tetikleyen ve aynı zamanda kriz sinyali veren en önemli makroekonomik değişkenlerin reel efektif döviz kuru, faiz oranı ve ihracat birim değeri olması geçmişte ülkemizde yaşanan 1994, 2000 ve 2001 krizleri ve öncesindeki makroekonomik göstergeler tarafından da desteklenmektedir.

### Kaynakça

- Aktaş, M. ve Şen, B. (2013). 2008 Global Ekonomik Krizinin Öncü Göstergeleri ve Ülkeler Üzerinde Bir Uygulama. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(1), 137.
- Altıntaş, H. ve Öz B. (2007). Para Krizlerinin Sinyal Yaklaşımı İle Öngörülebilirliği: Türkiye Uygulaması. *Anadolu University Journal of Social Sciences*, 7(2), 2007.
- Altunöz, U. (2013). *Finansal Krizler, Erken Uyarı Sistemleri ve 2008 Krizi için TR-ABD Örneği*. Beta Basım.
- Claessens, S., Kose M. A., Laeven L. ve Valencia F. (2014), *Financial Crises: Causes, Consequences, and Policy Responses*. International Monetary Fund.
- Çeviş, İ. (2005). *Para Krizlerine Ampirik Bir Yaklaşım*, Sermaye Piyasası Kurulu.

- Doğru, B. (2015). *Türkiye'nin Yakın Dönem Ekonomik Krizleri: 1994, 2001, 2008, ?*. İstanbul: Hiperlink Yayınları.
- Edison, H.J. (2000). Do indicators of financial crises work? An evaluation of an early warning system. Board of Governors of the Federal Reserve System, *International Finance Discussion Papers*, 675, July 2000.
- Fausett, L. (1994), *Fundamentals of Neural Networks: Architecture, Algoritma and Applications*, New Jersey: Printice Hall.
- Gerni, C., Emsen Ö. S. ve Değer M. K. (2005). Erken Uyarı Sistemleri Yoluyla Türkiye'deki Ekonomik Krizlerin Analizi. *Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 2, 39-62.
- Goldstein, M., Kaminsky, G. L. ve Reinhart C. M. (2000). *Finansal Kırılganlığın Ölçümü: Yükselen Piyasalar için Erken Uyarı Sistemleri*. Çeviri: Z. Dina Çakmur Yıldıztan, Derin Yayınları.
- Gujarati, D. N. ve Porter, D. C. (2012). *Temel Ekonometri*. Literatür Yayıncılık.
- Haspolat, F. B. (2015). Ülke Kredi Notlarının Belirleyicileri: Türkiye'nin Kredi Notunun Ülke Karşılaştırmalı Analizi: Uzmanlık Tezi. TC Kalkınma Bakanlığı.
- Huang, W., Lai K. K., Nakamori Y., Wang, S. ve Yu, L. (2007). Neural Networks in Finance and Economics Forecasting. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 6, 1, 113-140.
- IMF (1998). Financial Crises: Characteristics and Indicators of Vulnerability in Financial Crises: Causes And Indicators, World Economic and Financial Survey World Economic Outlook.
- Işık, N., Alagöz M. ve Yıldırım M. (2006). *1990 Sonrası Türkiye'de Yaşanan Krizler: 1994, 2000 ve 2001 Krizleri*. Ekonomik Kriz Öncesi Erken Uyarı Sistemleri: Makale Derlemesi, 237-262.
- Jang, J. S. (1993). ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 23(3), 665-685.
- Kaminsky, G. L. ve Reinhart C. M. (1999). The Twin Crises: The Causes of Banking and Balance-of-Payments Problems. *American Economic Review*, 473-500.
- Kaminsky, G., Lizondo S. ve Reinhart C. M. (1998). Leading Indicators of Currency Crises. *Staff Papers*, 45(1), 1998, 1-48.
- Karakayalı, H. ve Sayın F. (2010). Öncü Göstergeler Yaklaşımıyla Türkiye'de 2008 Krizinin Deđerlendirilmesi. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*. 47, 546.
- Kaya, V. ve Yılmaz Ö. (2006). Para Krizleri Öngörüsünde Sinyal Yaklaşımı: Türkiye Örneği. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 61-2.
- Kibritçioğlu, A. (2001). Türkiye'de Ekonomik Krizler ve Hükümetler, 1969-2001. *Yeni Türkiye Dergisi*, Ekonomik Kriz Özel Sayısı, 1, 7, 41, Eylül-Ekim, 174-182.
- Liliana, T.A. ve Napitupulu (2012). Artificial Neural Network Application in Gross Domestic Product Forecasting an Indonesia Case. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 45,2, 410-415.
- Sevim, C. (2012). *Öncü Göstergeler Yaklaşımına Göre Finansal Krizler ve Türkiye Örneği*. BDDK Kitapları.
- Tarı, R. (2008). *Ekonometri (Gözden Geçirilmiş Beşinci Baskı)*. İzmit: Kocaeli Üniversitesi Yayın, (172).
- Ucer, M., Rijckeghem C. V. ve Yolalan R. (1998). Leading indicators of currency crises: a brief literature survey and an application to Turkey. *Yapı Kredi Economic Review*, 9(2), 3-23.

Yüksel, S. (2016). *Bankacılık Krizlerinin Erken Uyarı Sinyalleri: Türkiye Üzerine Bir Uygulama*. Akademisyen Kitabevi.

Zivot, E. ve Andrews D. (1992). Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock and the Unit-Root Hypothesis. *Journal of Business Economic Statistics*, 10(3), 251-270.

---

## THE ESTIMATION OF CURRENCY CRISES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS: THE CASE OF TURKEY

---

### *Extended Abstract*

**Aim:** Financial crises can cause extremely huge expenditure in taken place countries. In addition to, those crises usually spread various channels and this situation increase the fragility about crises of other countries. Ability to previous estimating of the financial crises have an important role in problems in economy and decreasing the occurred expenditure. Before 1980, Turkish Economy experienced a few crises having different duration and severity. After 1980, Turkish economy opened to foreign countries in the frame of development model based on import, Turkish economy is faced with other shocks except from its own intervention, and increasing occurred as to crises durations and severity. The term after 1980 year, Turkey became a chronic inflation country, after 1990 years, with the addition of politic instability factors, Turkish Economy was faced with crises more frequently. The term of up to now from 1990 years, as 1994 crises, 2000-2001 crises and 2008 global economic crises different crises taken place in Turkey. The aim of this paper is to research the predictability of currency crises in Turkey and define the variables that affect the currency crises in Turkey. Variables used in this paper especially chosen the literature the most used at papers about estimating the currency crises and variables of accessed data.

**Method(s):** Artificial intelligence applications can be used in many different fields are becoming more popular within last years. Artificial intelligence methods include mainly fuzzy logic, artificial neural networks, genetic algorithm and neuro-fuzzy systems, genetic fuzzy systems and genetic artificial neural networks methods from hybrid approaches. Artificial networks, fuzzy logic and genetic algorithms are the most gained attention methods of artificial intelligence methods. Within the last years, with the aim of increasing of the performance, those methods used together hybrid approaches are becoming to gain more attention by researchers. Estimating to currency crises in Turkey is investigated via the most frequently used Artificial Neural Networks (ANN) and Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) methods in from artificial intelligence methods. In those models independent variances as input variables we will use is determined by using created Logit and Probit models.

**Findings:** In this paper Exchange Market Pressure (EMP) Index is used with the aim of determining currency crises periods. As to calculated EMP index variable and threshold, 02/1994, 03/1994, 04/1994, 03/2001, 04/2001 and 10/2008 periods are determined as currency crises periods for Turkey. As the result of using chosen meaningful variable with Logit-Probit models' as input variable in artificial neural networks, quite successful results are obtained. When investigating models by using artificial neural networks, it is determined hidden layer activation function hyperbolic tangent, output layer activation function softmax and hidden layer neuron number 3 MLP model has the best performance model. When investigating obtained results, artificial neural networks model estimated truthfully full of the currency crises and out of currency crises periods appeared in test data. It estimates successfully 2008 year currency crises period appears in artificial neural networks test data. When investigating the test performances of used methods, it is observed artificial neural networks method used to estimate currency crises for Turkey shows more successful results when we compare with ANFIS method. When compared Logit and Probit models' performances, used in every 3 models, generally it is showed Probit models give better results when compared Logit models. Logit model 1 is obtained as the best model within used the other Logit-Probit models.

**Conclusion:** When investigated independent variables' weighted values, consideringly the artificial neural network model's results having the best performance, it is seen the most important variable influence currency crises occurred in Turkey is real effective exchange rate. It is concluded the most important three variables influence currency crises are real effective currency rate, interest rates on deposits and import unit value variables in order of priorities. Obtained findings after research



trigger the currency crises for Turkey and also give crises signal the most important macroeconomic variances are real effective exchange rate, interest rate and export unit value. This situation is backed up with macroeconomic indicators and 1994, 2000, 2001 crises.

