

FED Hisse Senedi Değerleme Modelini Etkileyen İşletme İçi ve İşletme Dışı Faktörlerin Analizi: Borsa İstanbul'da Bir Uygulama

Mehmet KUZU¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Bayburt Üniversitesi, mehmetkuzu86@gmail.com, ORCID:0000-0001-5354-4368

Öz: FED modeli; gösterge devlet tahvil faizleri ve kazanç/fiyat oranları arasında bir ilişki kurarak hisse senetlerinin gerçeğe uygun değerini hesaplamayı sağlayan modern bir hisse senedi değerlendirme yöntemidir. FED modeline göre; kazanç/fiyat oranları 10 yıl vadeli devlet tahvil faizinden düşükse hisse senedi gerçeğe uygun değeri üzerinde aşırı değerli fiyatlanmıştır. Tersi durumda ise hisse senedi gerçeğe uygun değerinin altında fiyatlanmıştır. Eğer bu yargıyı fiyat/kazanç oranı üzerinden okursak; fiyat/kazanç oranı tahvil faizlerinden yüksek ise aşırı değerlendirme, altında ise düşük değerlendirme söz konusudur. Bu araştırmanın amacı; Türkiye için FED modelinin geçerliliğini araştırarak FED modelinin ima ettiği gerçeğe uygun değerden sapma gösteren düşük ve aşırı fiyatlamaları etkileyen işletme içi ve işletme dışı faktörleri analiz etmektir. Literatür araştırması neticesinde çeyreklik frekansta 2021Q3-2023Q4 arasında 16 Mart itibarıyla piyasa değeri en yüksek 5 BIST (Borsa İstanbul) şirketi analiz için seçilmiştir. Araştırmada en başarılı modeller yapay sinir ağı modelleri, değişkenlerin etkileri panel robust regresyon ve FED modelinin Türkiye için geçerliliği Johansen eş bütünleşme testi yardımıyla değerlendirilmiştir. Eş bütünleşme sonuçlarına göre FED modeli BIST-100 için geçerlidir. Bu sonuçlar, FED modelinin kısa ve uzun dönemde Türkiye için geçerli olduğuna işaret etmektedir. FED modeli Türkiye için uygulandığında yapay sinir ağı modeli hata metrikleri; ABD örneğinde olduğu gibi modelde 10 yıl vadeli devlet tahvil faizleri kullanımının, 2 yıl vadeli devlet tahvil faizlerinin kullanımına göre daha anlamlı sonuçlar verdiğine işaret etmektedir. Bir diğer yönden FED modelinde gerçeğe uygun değerden sapmaları açıklayan faktörlerden işletme dışı faktörlerin sonuçları daha anlamlıdır. İşletme içi faktörler işletme dışı faktörlerle birlikte modellendiğinde daha anlamlı sonuçlar vermektedir. Araştırmanın literatüre katkıları, FED modelinin Türkiye için geçerli olduğunu ispatlaması, işletme düzeyinde FED modelini analiz etmesi ve farklı vade yapılarından olan gösterge devlet tahvil faizlerini de FED modeli kapsamında incelemesi olarak sıralanabilir.

Anahtar Kelimeler: FED Modeli, Hisse Senedi Değerleme, Devlet Tahvil Getirileri

Jel Kodları: F30, O16, C52

Atıf: Kuzu, M. (2025). FED Hisse senedi değerlendirme modelini etkileyen işletme içi ve işletme dışı faktörlerin analizi: Borsa İstanbul'da bir uygulama. *Fiscaeconomia*, 9(2), 868-902.
<https://doi.org/10.25295/fsecon.1487056>

Geliş Tarihi: 20.05.2024
Kabul Tarihi: 29.12.2024



Telif Hakkı: © 2025. (CC BY)
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Analysis of Internal and External Business Factors Affecting the FED Stock Valuation Model: An Application in Borsa Istanbul

Abstract: The FED model is a modern equity valuation method that calculates the fair value of equities by establishing a relationship between benchmark government bond yields and earnings/price ratios. According to the FED model, the stock is overvalued above its fair value if earnings/price ratios are lower than the 10-year government bond yield. Conversely, the stock is priced below its fair value. If we interpret this judgment in terms of the price/earnings ratio, there is overvaluation if the price/earnings ratio is higher than bond yields. If it is lower, there is undervaluation. This study aims to investigate the validity of the FED model for Turkey and to analyze the internal and external factors affecting under and overpricing that deviate from the fair value implied by the FED model. As a result of the literature review, the 5 BIST (Borsa Istanbul) companies with the highest market capitalization as of March 16 between 2021Q3-2023Q4 at quarterly frequency were selected for analysis. The most successful models in the research are artificial neural network models; the effects of variables are evaluated by robust panel regression, and the validity of the FED model for Turkey is assessed with the help

of the Johansen co-integration test. According to the co-integration results, the FED model is valid for BIST-100. These results indicate that the FED model is valid for Turkey in the short and long run. When the FED model is applied to Turkey, the artificial neural network model error metrics indicate that the use of 10-year government bond rates in the model yields more significant results than the use of 2-year government bond rates, as in the US case. On the other hand, among the factors explaining the deviations from fair value in the FED model, the results of external factors are more significant. When modeled with external factors, internal factors yield more significant results. The contributions of the research to the literature can be listed as proving that the FED model is valid for Turkey, analyzing the FED model at the enterprise level, and analyzing benchmark government bond yields of different maturities within the scope of the FED model.

Keywords: FED Model, Stock Valuation, Government Bond Yields

Jel Codes: F30, 016, C52

1. Giriş

İşletmelerin temel amacı, cari piyasa değerlerini en üst düzeye çıkararak firma ortaklarının servetini artırmaktır. Bu nedenle işletmeler belirledikleri hedeflere ulaşmak için stratejik finans politikalarına yönelirler. Temel stratejik finans politikaları; yatırım, finansman ve kâr payı politikaları olarak üç ana başlıkta sınıflandırılabilir. Bu politikaların her birinin, risk ve getiri dengesi çerçevesinde optimal şekilde bir araya getirilmesi, işletmenin piyasa değerini maksimize eden ideal formülasyonu oluşturur (Brennan & Schwartz, 1984). (Bkz. Denklem 1).

$$F[PİYASADEĞERİ(Risk, Verimlilik)]_{MAX} = (Yatırım, Finansman, Kâr Payı politikaları)_{(OPTİMAL BİLEŞİM)} \quad (1)$$

Bu bağlamda, halka açık bir işletmenin piyasa değeri, firmanın dolaşımdaki hisse senedi sayısının, hisse senedinin cari fiyatıyla çarpılmasıyla hesaplanır. Dolayısıyla, işletmelerin hisse senedi fiyatlarını belirleyen en temel unsur, risk-getiri dengesidir. Piyasa dinamikleri doğrultusunda hisse senedi fiyatlarının bu dengeye bağlı olarak şekillenmesi, geleneksel portföy teorisinden modern portföy teorisine geçişin zeminini oluştururken, finans teorisinin daha spesifik bir bilim dalı olarak da ayrışmasını sağlamıştır (Markowitz, 1952)

Modern portföy teorisinin en önemli uzantılarından biri, Sermaye Varlıkları Fiyatlandırma Modeli'dir (CAPM, Capital Asset Pricing Model). Bu model, "Eğer hisse senedi yatırımı yerine devlet tahvili yatırımı yapılsaydı, alternatif maliyet ne olurdu?" sorusuna odaklanarak hisse senedi ihraçlarından beklenen asgari getiri oranlarını hesaplar. Modelde, alternatif maliyet olarak devlet tahvili faizi veya getirisi temel alınır ve buna, halka açık firmanın risk primi eklenir (Sharpe, 1964; Lintner, 1965; Mossin, 1966) (Bkz. Denklem 2).

$$E(R_i) = R_f + \beta * (R_m - R_f) \quad (2)$$

$E(R_i)$ = Hisse Senedi Beklenen Getirisi

R_f = Risksiz Faiz Oranı (Gösterge Devlet Tahvil Faizi veya Getirisi¹)

$\beta * (R_m - R_f)$ = Risk Primi

$\beta = \frac{\text{Piyasa Getirisinin Hisse Senedi Getirisi ile Kovaryansı}}{\text{Piyasa Getirisinin Varyansı}} \quad (\text{Sistemik Riskin Ölçüsü})$
 R_m = Borsada Seçilen Pazardaki Ortalama Getiri Oranı

Finans teorisinde, hisse senedi getirileri ile risksiz faiz oranları arasındaki ilişkiyi kuran ilk model CAPM'dir. Zamanla, bu formülden yola çıkarak alternatif CAPM

¹ Bu araştırmada tahvil getirisi ve tahvil faiz oranı ifadesi eş anlamlı olarak kullanılmıştır.

modelleri de geliştirilmiştir. Bu bağlamda, FED hisse senedi değerlendirme metodu da CAPM ile benzer varsayımlara dayanır.

FED modeli, hisse senedi getirileri ile devlet tahvili faiz oranları arasındaki ilişkiyi analiz ederek, borsa endekslerinin veya hisse senedi fiyatlarının aşırı mı yoksa düşük mü fiyatlandığını belirlemeye yönelik bir değerlendirme yaklaşımı sunar. Model adını Amerikan Federal Rezerv Bankası'ndan (FED) alsa da resmi olarak bir FED başkanı veya yetkilisi tarafından bu isimle duyurulmamıştır. İlk kez 1997 ve 1999 yıllarında, Deutsche Morgan Grenfell analisti Edward Yardeni tarafından hazırlanan araştırma raporlarıyla tanıtılmıştır (Yardeni, 1997; 1999).

Yardeni modeline "FED modeli" adının verilmesi tesadüfi bir şekilde gerçekleşmiştir. 1997 temmuzunda, dönemin FED Başkanı Alan Greenspan, ABD Kongresi'ne sunduğu bir raporda, ABD 10 yıllık devlet tahvili getirileri ile S&P 500 endeksi arasındaki ilişkiyi kullanarak hisse senedi fiyatlarının aşırı ya da düşük değerlendirilebileceğini belirtmiştir. Greenspan'ın bu yaklaşımı, Yardeni'nin modeline benzerlik göstermiştir. Çünkü Greenspan'ın konuşması Yardeni modelinin yayımlanmasından kısa bir süre sonra gerçekleşmiştir. Bu nedenle, tahvil getirileri ile hisse senedi fiyatlarını karşılaştıran bu model, literatürde "FED modeli" olarak anılmaya başlanmıştır (Asness, 2002).

FED modeli, temelde borsa endekslerinin kazanç/fiyat oranları ile ABD'nin 10 yıllık hazine tahvil faizleri arasındaki ilişkiye odaklanır. Bu modele göre, eğer piyasadaki ortalama kazanç/fiyat oranı gösterge tahvil faizinden düşükse, pazardaki şirketlerin hisse senetleri aşırı değerlendirilmiş kabul edilir. Buna karşılık, kazanç/fiyat oranı gösterge tahvil faizinden yüksekse, hisse senetleri düşük değerlendirilmiştir. İki oran birbirine eşitse, hisse senetleri gerçeğe uygun bir şekilde fiyatlanmıştır. Aynı ilişkiyi tersine çevirmek ve kazanç/fiyat oranını fiyat/kazanç oranı cinsinden incelemek durumunda ise, yorumlar da buna paralel olarak tersi şekilde yapılmalıdır (Bkz. Denklem 3, 4, 5).

$$\frac{\text{Kazanç}}{\text{Fiyat}} = 10 \text{ yıllık devlet tahvili getirisi, Hisseler gerçeğe uygun olarak fiyatlanmıştır.} \quad (3)$$

$$\frac{\text{Kazanç}}{\text{Fiyat}} > 10 \text{ yıllık devlet tahvili getirisi, Hisseler gerçeğe uygun değer altında fiyatlanmıştır.} \quad (4)$$

$$\frac{\text{Kazanç}}{\text{Fiyat}} < 10 \text{ yıllık devlet tahvili getirisi, Hisseler gerçeğe uygun değeri üstünde fiyatlanmıştır.} \quad (5)$$

Aslında, FED modeli, varsayımsal olarak CAPM ile benzer bir yapıya sahip olmakla birlikte, CAPM'de hisse senetlerinden beklenen asgari getiri oranı ya da sermaye maliyeti belirlenmesi sürecinde, hisse senedi yatırımlarının alternatif maliyetlerinden biri olan gösterge devlet tahvili getirileri referans alınmaktadır. FED modelinde ise hisselerden elde edilen Kazanç/fiyat oranı (hisse başına kazanç/hisse fiyatı) ve devlet tahvil faizi arasındaki korelasyon kullanılmaktadır. Bir bakıma FED modelinde hisse başına kârlar ve cari hisse fiyatları klasik CAPM modelindeki risk fiyatlamasının yerini aldığı ileri sürülebilir.

Başlangıçta, FED modelinin, şirketlerin bireysel kazanç/fiyat oranlarından ziyade, yalnızca borsa endeksi veya alt endekslerde yer alan şirketlerin ortalama kazanç/fiyat oranlarına uygun olduğu ifade edilmiştir (Yardeni, 1997; 1999). Ancak ilerleyen dönemde bu varsayım gevşetilmiş ve modelin, şirketlerin bireysel kazanç/fiyat oranları açısından da geçerli olabileceği vurgulanmıştır (Bakshi & Chen, 2005). FED modelini ilk kez kullanan Yardeni, 2014 tarihli bir makalesinde modelin, hisse senedi pazarlarından ziyade şirketlerin finansal davranış karakteristiklerini belirlemede daha etkili olabileceğini de öne sürmüştür (Yardeni, 2014).

FED modelinin matematiksel ve teorik yapısı birtakım varsayımlara dayanmaktadır. Bu varsayımlar doğrudan herhangi bir çalışmadan ziyade incelenen makalelerden yola çıkılarak oluşturulmuştur (Yardeni, 1997; 1999). Buna göre modelin varsayımları:

Kazanç/Fiyat oranları ve devlet tahvil getirileri doğrudan karşılaştırılabilir benzer risk ve getiri özelliklerine sahiptir.

Hisse sendi pazarının risk primi sabittir.

Makroekonomik koşullar sabittir.

Aynı CAPM'de olduğu gibi devlet tahvil faizleri risksiz faiz oranlarıdır.

Hisse senedi piyasaları finansal bilgiyi hızlı, etkili ve verimli bir şekilde fiyatlar.

Bununla birlikte; bu varsayımlar her pratik uygulamada her zaman karşılanamamaktadır. Varsayımlar ve hisse senedi piyasalarının reel olarak işleyişi ile ilgili uyumsuzluklar, FED modeline dair literatür de birtakım eleştirileri ortaya çıkarmıştır. Bu eleştiriler:

Dikkate aldığı risk unsurlarını da sabit kabul etmesi (Winck, 2020).

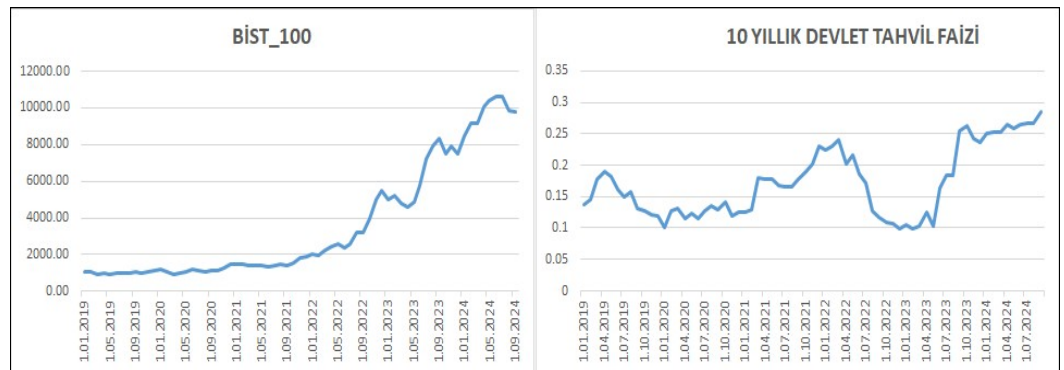
Paranın zaman değeri ve enflasyon riski olmak üzere, makroekonomik risk unsurlarını dikkate almaması (Asness, 2002; Economist, 2012; Lahart, 2020).

Modelin sadece rekabetçi hisse senedi piyasalarında daha uygulanabilir olması, hisse senedi piyasalarının her zaman güçlü etkin formda olmaması.

Tahvil ve hisse senedi getirilerinin her zaman ve her koşulda tam olarak karşılaştırılabilir olmaması (Estrada, 2006; Gandel, 2020).

Her ne kadar seçilecek gösterge faiz oranının 10 yıl vadeli tahvil faizleri olması ifade edilse de Türkiye gibi enflasyon beklentilerinin yüksek olduğu ülkelerde 2 veya 5 yıl gibi daha kısa vadeli tahvil faizlerinin gösterge olarak kullanılabilmesi nedeniyle ABD dışında uygulanmasının zor olması (Estrada, 2006; Estrada, 2009; Smithers, 2014).

Bu doğrultuda FED modelinin ABD veya başka bir ülke için geçerliliği araştırılırken, ilk olarak teorik düzlemde borsa endeksi ve 10 yıl vadeli devlet tahvili gösterge faizi arasındaki tarihsel ilişkiye odaklanmak gerekir. Bu doğrultuda Türkiye için BIST-100 endeksi ile 10 yıl vadeli devlet tahvil faizlerinin karşılaştırılması, konunun teorik çerçevesine önemli katkılar sağlayacaktır. Çünkü FED modeli, temelde uzun vadeli devlet tahvil faizleri ile hisse senedi kazanç/fiyat oranları arasındaki kısa ve uzun vadeli dengeye odaklanmaktadır. Türkiye örneğinde özellikle pandemi dönemi ve 2023'ün ikinci yarısında ekonomik krizin derinleştiği süreçte, bu iki değişkenin farklı yönlerde hareket ettiği gözlemlenmiştir. Bu ayrışmanın temel nedeni, ekonomik krizin derinleştiği dönemde yatırımcıların borsa getirilerine daha fazla odaklanarak yatırımlarını bu yönde kanallama etmeleri etkili olmuştur (Bkz. Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye BIST-100 Endeksi ve Türkiye 10 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri (2019-2024) (Kaynak: investing.com, Erişim Tarihi, 13.05.2024)

Bu araştırmada, FED modelinin Türkiye için geçerliliği çerçevesinde FED modeline göre hesaplanan gerçeğe uygun değerden sapmaları etkileyen işletme içi ve işletme dışı faktörler analiz edilmiştir. Çalışmada, 2021 üçüncü çeyrek ile 2023 dördüncü çeyrek arasındaki dönem incelenerek, 16 Mart 2024 itibariyle piyasa değeri en yüksek 5 şirketin verileri kullanılmıştır. Daha sonra FED değişkenlerinin oluşturulması aşamasına geçilmiştir.

FED değişkenlerinin oluşturulmasında hangi devlet tahvil gösterge faiz oranının seçilmesi gerektiği önemli bir problematiktir. Her ne kadar FED modeli, temel

çalışmalarında 10 yıl vadeli devlet tahvil faiz oranlarını kullanıyor olsa da bu oran ABD için geçerli bir seçimdir (Yardeni, 1997; 1999).

Dolayısıyla, FED modelinin farklı ülkelerde uygulanması durumunda, o ülkenin özgün ekonomik koşullarına uygun faiz oranı vadelerinin araştırılması çalışmaya derinlik kazandıracaktır. Gelişmiş ülkelerde, ABD örneğinde olduğu gibi, 10 yıl vadeli devlet tahvil faizleri genellikle referans oran olarak kullanılırken, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde 2 yıl vadeli devlet tahvil faizleri daha uygun bir gösterge faiz oranı olarak tercih edilmektedir.

Türkiye’de gösterge faizin 2 yıllık, ABD’de ise 10 yıllık olmasının temel sebepleri, makroekonomik riskler, piyasa derinliği ve yatırımcı güveni ile açıklanabilir. ABD, gelişmiş ve derin bir finansal piyasa yapısına sahip olduğu için, uzun vadeli tahviller yatırımcılar için güvenli liman olarak görülürken, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde yüksek enflasyon ve ekonomik belirsizlikler nedeniyle yatırımcılar daha çok kısa vadeli tahvillere yönelirler (Mishkin, 1990). Ayrıca, ABD dolarının küresel rezerv para birimi olması ve makroekonomik istikrar, uzun vadeli tahvillerin güvenilir bir gösterge olarak kabul edilmesini sağlar (Reinhart & Rogoff, 2009). Gelişmekte olan ekonomilerde ise, kısa vadeli tahviller ekonomik belirsizliklere daha hızlı tepki verebildiği için daha çok tercih edilir (Fisher, 1930). Bu sebeplerle, Türkiye’de 2 yıllık, ABD’de ise 10 yıllık devlet tahvil faizleri gösterge olarak kullanılmaktadır. Bu doğrultuda araştırmanın bağımlı değişkenleri 2 ve 10 yıllık Türkiye devlet tahvil faizlerinden, firmaların kazanç/fiyat oranlarının çıkarılması ile elde edilen değişkenlerdir. Bu değişkenler FED değeri değişkenleridir. Bu değişkenlerin pozitif olması aşırı yani primli değerlenmeyi, negatif değer alması ise düşük yani, iskontolu değerlenmeyi ifade etmektedir.

Bu bağlamda analiz aşamalarında, makine öğrenme algoritmaları yardımıyla çok katmanlı yapay sinir ağı modelleri oluşturularak vadeye göre FED değişkenlerinin en iyi açıklandığı uygun modeller araştırılmıştır. Bu modellerde 10 yıllık devlet tahvil faizlerinin kullanıldığı FED modellerinin, 2 yıl vadeli tahvil faizlerinin kullanıldığı FED modellerinden daha başarılı olduğu saptanmıştır. Devamında, panel robust regresyon yöntemiyle işletme içi ve işletme dışı faktörlerin etkileri katsayı tahmini ile analiz edilmiştir. Son olarak, FED modeli doğrultusunda Türkiye için 10 yıllık gösterge tahvil faizi ile BIST-100 endeksi arasında karşılıklı her iki yönde eş bütünleşme vektörleri tespit edildiği için bu iki değişken arasında uzun dönem yapısının geçerli olduğu saptanmıştır. Devamında hata düzeltme modeli ile kısa dönemde dengenin var olduğu ve dengeden sapmaların da uzun dönemde yeniden sağlandığı sonucuna varılmıştır. Bir diğer yönden araştırmanın sonuçlarını daha anlamlı bir şekilde ifade edebilmek için 6 model birlikte yorumlanmıştır. Buna göre tüm değişkenler, risk, verimlilik ve beklentiler kümeleri altında sınıflandırılarak her bir modeldeki katsayı işaretlerini ifade eden tablo oluşturulmuştur. Yapay sinir ağı modelleri Weka 3.9.6 programı yardımıyla çözümlerken, ekonometrik testler Eviews 12 programı yardımıyla, FED değişkenleri ise Microsoft Office Excel 2024 ile gerçekleştirilmiştir.

2. Literatür Taraması

FED modeli, tahvil getirileri ile hisse senedi kazanç/fiyat oranları arasında ilişki kurarak hisse senedi değerlemeyi amaçlayan bir yöntemdir. Bu modele göre, hisse senetleri kazanç getirileri (fiyat/kazanc oranının tersi) ile 10 yıllık devlet tahvil faizleri, birbirleri ile eş bütünleşik olarak dalgalanmalıdırlar (Yardeni, 1997; 1999).

Bu bağlamda, tahvil faizlerinin düşük olduğu dönemlerde hisse senetlerinin daha cazip hale gelmesi ve fiyatlarının artması beklenir. Aynı şekilde, tahvil faizlerinin yüksek olduğu dönemlerde ise hisse senedi fiyatlarının düşmesi öngörülür. Örneğin, Asness (2002) FED modelinin tahvil faizlerinin düşük olduğu dönemlerde daha geçerli olduğunu ileri sürerek, bu dönemlerde hisse senedi fiyatları ile tahvil faizleri arasında bir korelasyon olduğunu vurgulamıştır.

FED modeli, hisse senedi ve tahvil piyasaları arasındaki korelasyonu ifade etse de bazı araştırmalar bu modelin tüm piyasalarda geçerli olmadığını savunmaktadır.

Örneğin, Estrada (2006; 2007), İrlanda ve Yeni Zelanda gibi bazı ülkelerde hisse senedi kazanç/fiyat oranları ile tahvil faizleri arasında beklenen ilişkinin saptanamadığını ifade etmiştir. Bir diğer yönden, Koivu vd. (2005), ABD piyasası için bu ilişkinin kısa ve uzun vadede anlamlı olduğunu, ancak farklı ülkelerde modelin geçerliliğinin daha sınırlı olduğunu iddia etmişlerdir. Çünkü risk ve enflasyon beklentileri ülkeler üzerinde homojen olarak dağılmamaktadır.

FED modeli özelinde enflasyon beklentilerinin tahvil faizleri ve hisse senedi kazançları üzerindeki etkilerinin farklı ülke ve piyasalarda farklı şekilde gözlemlenmesi bu duruma örnek olarak gösterilebilir. Bekaert & Engstrom (2010), enflasyon beklentilerinin hisse senedi kazançları ve tahvil faizleri üzerindeki etkisinin, ABD piyasasında belirgin olduğunu ve bu nedenle FED modelinin ABD için geçerliliğini koruduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte; Limpanithiwat & Rungsombudpornkul (2010), Tayland'da enflasyon ile hisse senedi fiyatları arasında anlamlı bir ilişki saptayamamışlardır. Bu bulgu FED modelinin bölgesel sınırlamaları olabileceğine işaret etmektedir.

Bu doğrultuda son yıllarda yapılan araştırmalarda, özellikle gelişmekte olan piyasalarda FED modelinin geçerliliği incelenmiştir. Bernardinho vd. (2022), Brezilya örneğinde kısa ve uzun vadede FED modelinin geçerli olduğunu, hisse senedi kazanç/fiyat oranları ve tahvil faizleri arasında nedensellik ilişkisi olduğunu saptayarak ispatlamışlardır. Benzer şekilde, Xu (2023) çalışmasında, FED modelinin tahvil ve hisse senedi getirileri arasındaki farkı yüksek bir doğrulukla tahmin edebildiğini ileri sürmüştür. Bu bulgular, modelin gelişmiş piyasalarda daha geçerli bir tahmin aracı olabileceğini göstermektedir.

Modelin dayanıklılığı üzerine yapılan bazı araştırmalar ise piyasaların çöküş dönemlerinde FED modelinin tahmin gücünü sorgulamaktadırlar. Lleo & Ziemba (2014), kazanç/fiyat oranının piyasa çöküşlerini tahmin etme gücünün zayıf olduğunu, ancak FED modeli ile tahvil kazanç-getiri farkının bu tür çöküşleri öngörmeye daha etkili olduğunu iddia etmişlerdir. Aynı şekilde, Jacobson & Murashko (2011), İsveç için yaptıkları çalışmada, FED modelinin gelecekteki reel hisse senedi getirilerini tahmin etme konusunda zayıf kaldığını tespit etmişlerdir. Bir diğer yönden, Cantor & Rajani (2014), düşük faiz oranları dönemlerinde yatırımcıların daha riskli varlıklara yönelmesine rağmen, FED modelinin tek başına hisse senedi fiyatlarını açıklamakta yetersiz kaldığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, Hayford & Malliaris (2004), FED modelini Taylor kuralı çerçevesinde inceleyerek, FED'in belirli bir kurala dayanmadan fonlama maliyetlerini düşürmesinin hisse senedi balonlarına yol açabileceğini vurgulamışlardır. Bir başka ifadeyle; para politikalarının yanlış yönlendirildiği dönemlerde hisse senedi fiyatları gerçeğe uygun değeri üzerinde aşırı primli değerlendirilebilir.

Sonuç olarak, FED modeli, hisse senedi değerlemesinde önemli bir araç olmasına rağmen, her piyasa ve koşulda geçerli değildir. Model, özellikle enflasyon beklentileri ve para politikaları gibi ek faktörler göz önünde bulundurulduğunda daha doğru sonuçlar verebilir. Ancak bazı piyasalarda ve çöküş dönemlerinde modelin tahmin gücünün değişkenlik gösterdiği de göz ardı edilmemelidir. Literatürdeki tartışmalar ekseninde özet literatür tarama tablosu oluşturulmuştur (Bkz. Tablo 1).

Tablo 1. Literatür Taraması

ARAŞTIRMA	KONU	SAHA	FREKANS	DÖNEM	YÖNTEM	SONUÇ
Asness (2002)	FED modeli çerçevesi nde tahvil ve hisse senedi getirileri	ABD	Aylık	1871-2001	Regresyon	FED modeli tahvil faizleri düşük olduğu durumda geçerlidir. Hisse senedi fiyatları ve tahvil getirileri arasında korelasyon vardır.
Hayford & Malliarris (2004)	Genişletilmiş Taylor kuralı çerçevesinde Fed modeli ve hisse senedi balonları	ABD	Aylık	1960-1993	Panel OLS	Fed fonlama maliyetlerini kasti olmadan Taylor kuralının altında belirleyerek hisse senedi balonlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur.
Koivu vd. (2005)	FED Modeli Uzun dönem Denge-eşbütünleşme analizi	ABD, Birleşik Krallık ve Almanya	Aylık	1980-2003	Eş bütünleşme analizi	Fed modeli kısa ve uzun dönemde hisse senedi fiyatları-kazanları ve tahvil getirilerini tahmin etmede anlamlıdır. ABD için bu sonuçların açıklama gücü daha yüksektir.
Estrada (2006)	FED modelinin geçerliliği	20 tane gelişmiş ve gelişmekte olan ülke	Aylık	1987-2005	Engle-GrangerEş Bütünleşme Analizi	İrlanda ve Yeni Zelanda dışında FED modeli fiyat/kazanç oranları ile eş-bütünleşmemektedir.
Estrada (2007)	FED Modeli Eleştirisi	20 tane gelişmiş ve gelişmekte olan ülke	Aylık	1987-2005	Panel Veri, Engle-Granger Eşbütünleşme Analizi	FED modeli normatif ve pozitif olarak hisse senedi fiyatlamada başarılı bir model değildir.
Faugère & Erlach (2009)	FED modeli ile hisse senedi değerlendirme ve hazine tahvil getirileri.	ABD	Çeyreklik	1953-2006	Panel veri ve Regresyon	Fed modeli kısmi olarak geçerlidir. Çünkü hisse kazanç getirileri ve 10 yıllık hazine faizleri aynı dinamikte belirlenmektedir.
Bekaert & Engstrom (2010)	Enflasyon ve Hisse senedi fiyatları arasındaki ilişkinin FED modeli ile analizi	ABD	Çeyreklik	1968-2007	Panel VAR modeli	FED modeli ABD için geçerlidir. Devlet tahvil faizleri ve hisse senedi kazançları arasında korelasyon yüksektir. Bu sonuç beklenen enflasyon oranı ile hisse fiyatları arasındaki güçlü korelasyondan kaynaklanmaktadır.
Limpanithiwat & Rungsombudpornkul (2010)	Enflasyon, Hisse Senedi Fiyatları ve FED Modeli	Tayland	Aylık	2000-2010	VAR Modeli ve Yatırımcı Anketleri	Hisse senedi fiyatları ve enflasyon arasında bir ilişki yok.
Hasseltoft (2010)	FED Modeli hisse senedi ve tahvil getirileri arasında korelasyon ve genel denge analizi	ABD	Aylık	1952-2007	Momentum ve korelasyon analizi	Temettü, hisse senedi ve tahvil getirileri arasında pozitif bir korelasyon vardır.
Pakarinen (2010)	FED modeli Uluslararası analizi.	ABD, Birleşik Krallık, Almanya, Fransa, İtalya, Danimarka	Çeyreklik	1973-2009	Regresyon, Eşbütünleşme, Granger Nedensellik	İngiltere, Fransa ve Danimarka için FED modeli geçerlidir. Çünkü kazanç/Fiyat ve tahvil faizleri eş bütünleşmektedir. Nedensellik sonuçları da bu bulguları desteklemektedir.
Jakobson, E. & Murashko (2011)	Enflasyon yanlılığı ve hisse senedi getirilerinin FED modeli ile incelenmesi	İsveç	Aylık	1984-2010	Regresyon	FED modeli gelecekte reel hisse getirilerini tahmin etmede zayıf bir modeldir.
Maio (2013)	FED modeli ve hisse senedi getirilerinin tahmin edilebilirliği.	ABD	Aylık	1953-2008	Panel Regresyon	Kısa ve uzun dönemde hisse senedi endeksleri kazan./fiyat-tahvil getiri farklarını tahmin edebilmektedir. Fed modeli hem kısa hem uzun yatırım ufkunda geçerlidir.

Lleo & Ziemba (2014)	Hisse senedi piyasası çöküşlerinde FED modelinin tahmin gücü	ABD	Aylık	1950-2012	Robust analizi ve Sinyal Modelleri	Tahvil getiri kazanç-getiri farkı, logaritmik tahvil kazanç-getiri farkı ve fiyat/kazanç oranı hisse senedi piyasası çöküşlerini tahmin etmede istatistiki olarak anlamlıdır. Bununla birlikte fiyat/kazanç oranının çöküşleri tahmin gücü daha zayıftır.
Cantor & Rajani (2014)	FED Modeli yanılışı	ABD	Aylık	1871-2008	Regresyon	Yatırımcılar düşük faiz oranları döneminde yüksek getirili hisse senetlerine yönelse de, Fed modeli tek başına hisse senedi talepleri ve fiyatlarını açıklamada yeterli değildir.
Lagos & Zhang (2015)	Tezgâh üstü piyasalarda Spekülatif balonlar, FED modeli ve kendi kendini gerçekleştiren likidite krizleri arasındaki ilişki	ABD			Matematiksel ispat teoremleri	Reel hisse getirileri ve nominal tahvil getirileri arasında ilişki vardır. Fed modeli geçerlidir.
Ceh vd. (2021)	FED modeli yardımıyla hisse senedi fiyatı ve düşük faiz oranları arasındaki ilişki	İsveç, Almanya, ABD, Birleşik Krallık	Aylık	1871-2021	Panel Veri	FED modeli geçerlidir.
Bernardinho vd. (2022)	FED modelini istatistiki olarak araştırılması.	Brezilya	Çeyreklik	2007-2019	Eşbütünleşme ve Nedensellik	Kısa ve uzun dönemde FED modeli Brezilya için geçerlidir hisse getirileri ve tahvil getirileri arasında nedensellik ilişkisi vardır
Xu (2023)	Tahvil getirileri ve FED modeli arasındaki ilişki.	ABD	Aylık	1973-2023	Regresyon	FED modeli %80 oranında gelecekteki hisse senedi ve tahvil getirileri arasındaki farkı tahmin edebilmektedir.

Literatür taramasında seçilen makaleler, FED model ile hisse senedi ve tahvil faizleri üzerindeki etkilerini farklı perspektiflerden incelemişlerdir. Araştırmalar genel olarak, FED modelinin belirli durumlar ve koşullar altında hisse senedi fiyatları ve tahvil faizleri arasındaki ilişkiyi tahmin etmede etkili bir yöntem olduğunu işaret etmektedir. Örneğin, bazı çalışmalar modelin ABD piyasası için kısa ve uzun dönemde geçerli olduğunu, bazıları ise modelin sınırlı durumlar veya belirli ülkelerde geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Bir diğer yönden, modelin bazı durumlarda yeterli olmadığı ve yanılgılar içerebileceğine dikkat çekilmiştir. Bu bulgular, FED modelinin finansal tahminlerde kullanımının değişen koşullara bağlı olarak değişkenlik gösterebildiği ve modelin uygulanabilirliğinin, model parametrelerinin hassas bir şekilde belirlenmesiyle ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

3. Veri Seti

Araştırmanın veri seti oluşturulurken öncelikle değerlemeye konu olacak şirketlerin nasıl seçileceği önem arz etmektedir. Bu nedenle değerlemeye ilişkin literatür araştırılmıştır. Araştırma neticesinde hisse senedi değerlerine etki eden faktörlerin etkilerini doğru bir şekilde saptayabilmek için hisse senetleri daha az spekülatif hareket eden hisselerin seçilmesinin doğru olduğu kanaatine varılmıştır (Bkz. Tablo 2). Bu bağlamda literatürde piyasa değeri yüksek olan firmaların seçilmesi gerektiğini işaret eden çalışmalar referans alınarak, Borsa İstanbul'da (Bist) 16 Mart 2024 itibarıyla finans kesimi hariç piyasa değeri en yüksek 5 şirket araştırma kapsamına alınmıştır (Chen & Ross, 1986; Campbell & Shiller, 1988; Fama & French, 1992; Jegadeesh & Titman, 1993; Berk, 1995).

Tablo 2. Araştırmaya Dâhil Edilen Şirketler ve Piyasa Değerleri (16.03.2024)

SEÇİLEN ŞİRKETLER		PİYASA DEĞERİ	
UNVAN	KOD	TL (Milyar)	USD (Milyar)
KOÇ HOLDİNG	KCHOL	453,2	14,122
FORD OTOSAN	FROTO	379,3	11,821
TÜRK HAVA YOLLARI	THYAO	372,9	11,622
TÜPRAŞ	TUPRS	341,1	9,787
PETROKENT	PKENT	282	8,788

Kaynak: investing.com pro plus veri tabanı, Erişim Tarihi, 16.03.2024

Değerlemenin yapılacağı zaman aralığının tespitinde güncel küresel sistemik riskler dikkate alınmıştır. Yakın dönemde gerçekleşen COVID-19 pandemisi birçok finansal değişkenin fiyat ve değerlerinde anomalilere neden olmuştur. Bu nedenle araştırma sonuçlarının daha güvenilir olması için pandemi sonrası dönem seçilmiştir. Bunun için kısıtlamaların sona erdiği Haziran 2021 sonrası dönem olan, 2021 üçüncü çeyrek ve 2023 dördüncü çeyrek arası dönem gözlem aralığı olarak belirlenmiştir. Gözlem aralığının uzunluğu belirlenirken yine literatüre başvurulmuştur. Literatürdeki araştırmalar neticesinde hisse değerleme problematiklerinde değerlemeyi etkileyen faktörlerin daha hassas bir şekilde etkisini saptayabilmek için daha kısa gözlem dönemlerin seçilmesinin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır (Schwert, 1989; Fama & French, 1992; Campbell, Lo & MacKinlay, 1997; Bodie vd., 2014).

Veri setinin oluşturulmasında son aşama araştırma değişkenlerinin saptanmasıdır. Araştırmanın bağımlı değişkenleri 2 ve 10 yıllık Türkiye devlet tahvil faizlerinden, firmaların kazanç/fiyat oranlarının çıkarılması ile elde edilen değişkenlerdir. Bu değişkenler FED değeri değişkenleridir. Bu değişkenlerin pozitif olması aşırı yani primli fiyatlamayı, negatif değer alması ise düşük yani, iskontolu fiyatlamayı ifade etmektedir. Bağımsız değişkenler ise işletme içi ve işletme dışı faktörler olarak iki gruba ayrılmıştır. Bu değişkenlerin seçiminde hisse fiyatını işletme düzeyinde ve makro düzeyde etkileyebilecek tüm finansal olguları temsil eden değişkenler seçilmiştir (Bkz. Tablo 3).

Tablo 3. Araştırma Değişkenleri

DEĞİŞKEN	TİP	ÇEŞİT	KATEGORİ	KAYNAK
TR 2 Yıl Devlet Tahvil Faizi-Kazanç/Fiyat Oranı	BAĞIMLI DEĞİŞKEN	Risk	DEĞERLEME DEĞİŞKENİ	investing ve yazar tarafından oluşturulmuştur.
TR 10 Yıl Devlet Tahvil Faizi-Kazanç/Fiyat Oranı	BAĞIMLI DEĞİŞKEN	Risk	DEĞERLEME DEĞİŞKENİ	investing ve yazar tarafından oluşturulmuştur.
Kazanç/Fiyat	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Verimlilik	İŞLETME İÇİ	investing
Cari Oran	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Verimlilik	İŞLETME İÇİ	investing
Aktif Kârlılığı	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Verimlilik	İŞLETME İÇİ	investing
Öz Kaynak Kârlılığı	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Verimlilik	İŞLETME İÇİ	investing
Alman Z İflas Skoru	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Risk	İŞLETME İÇİ	investing
Varlık Devir Hızı	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Verimlilik	İŞLETME İÇİ	investing
Satılan Malın Maliyeti	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Verimlilik	İŞLETME İÇİ	investing
Borç/Özkaynak	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Risk	İŞLETME İÇİ	investing
Faaliyetlerden Elde Edilen Gelir Büyümesi	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Verimlilik	İŞLETME İÇİ	investing
Pazar Değeri/Defter Değeri	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Beklentiler	İŞLETME İÇİ	investing
Ülke Risk Primi (CDS)	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Risk	İŞLETME DIŞI	investing
Döviz Kuru	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Beklentiler	İŞLETME DIŞI	investing

VIX Korku Volatilite Endeksi	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Risk	İŞLETME DIŞI	investing
TR 2 Devlet Yıllık Tahvil Faizleri	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Risk	İŞLETME DIŞI	investing
TR 10 Devlet Yıllık Tahvil Faizleri	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Risk	İŞLETME DIŞI	investing
Borsa Endeksi	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Beklentiler	İŞLETME DIŞI	investing
TR Altın Fiyatları	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Beklentiler	İŞLETME DIŞI	investing
Tüketici Enflasyonu (Türkiye)	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Beklentiler	İŞLETME DIŞI	Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Veri tabanı
ABD 2 Devlet Yıllık Tahvil Faizleri	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Risk	İŞLETME DIŞI	investing
ABD 10 Devlet Yıllık Tahvil Faizleri	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN	Risk	İŞLETME DIŞI	investing
DEĞİŞKEN AÇIKLAMALARI				
DEĞİŞKEN	FORMÜL	TİP/ŞEKLİ		
FED Değeri (2 Yıllık Vadede)	TR 2 Yıl Devlet Tahvil Getirisi-Kazanç/Fiyat Oranı	Sayısal değer		
FED Değeri (10 Yıllık Vadede)	TR 10 Yıl Devlet Tahvil Getirisi-Kazanç/Fiyat Oranı	Sayısal Değer		
Kazanç/Fiyat	Hisse başına Kâr/ Hisse Fiyatı	Oran Hesabı		
Cari Oran	Dönen Varlıklar/cari pasifler	Oran Hesabı		
Aktif Kârlılığı	Net Kâr/Toplam Varlıklar	Oran Hesabı		
Öz Kaynak Kârlılığı	Net Kâr/Özkaynaklar	Oran Hesabı		
Alman Z İflas Skoru	Z Skoru ²	Puan hesabı		
Varlık Devir Hızı	Toplam Gelirler/Toplam Varlıklar	Oran Hesabı		
Satılan Malın Maliyeti	Satışların TL Cinsinden Maliyeti	TL cinsinden maliyet		
Borç/Özkaynak	Toplam Borçlar/özkaynak oran hesabı	Oran Hesabı		
Faaliyetlerden Elde Edilen Gelir Büyümesi	Faaliyet Kâr Marjı =(Faaliyet Kârı / Net Satışlar)	Oran hesabı		
Pazar Değeri/Defter Değeri	Hisse Başına Piyasa fiyatı/Hisse Başına Defter Değeri	Oran hesabı		
Ülke Risk Primi	Risk endeksi	Kredi Temerrüt Takası Baz puan		
Döviz Kuru	Dolar/TL	Parite		
VIX Korku Volatilite Endeksi	Risk endeksi	Endeks hesabı		
TR 2 Devlet Yıllık Tahvil Faizleri	Tahvil getirisi	% Getiri		
TR 10 Devlet Yıllık Tahvil Faizleri	Tahvil getirisi	% getiri		
Borsa Endeksi	100 endeksi	Endeks hesabı ³		
TR Altın Fiyatları	Emtia fiyatı	Vadeli işlem fiyatı		
Tüketici Enflasyonu	TÜFE endeksi	Yıllık oran olarak enflasyon		
ABD 2 Devlet Yıllık Tahvil Faizleri	Risk endeksi	Endeks hesabı		
ABD 10 Devlet Yıllık Tahvil Faizleri	Tahvil getirisi	% Getiri		

İşletme içi ve işletme dışı faktörleri ifade eden değişkenlerin seçimi bu değişkenlerin risk, verimlilik veya beklentiler gruplarında sınıflandırılacak değişkenler olması kistası çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçları da bu sınıflandırma şeklinde özetlenmiştir. Bu sınıflandırma araştırma sonuçlarının daha açık ve net bir şekilde anlamlı olmasını sağlamasının yanı sıra, sonuçların mali tablo analiz teknikleri açısından da daha anlaşılır olmasını sağlayacaktır.

2 $Z=1.2A+1.4B+3.3C+0.6D+1.0E$

A=İşletme Sermayesi/Toplam Aktifler

B=Dağıtılmamış Kârlar/Toplam Aktifler

C=FVÖK/Toplam Aktifler

D=Özkaynak Piyasa Değeri/Toplam Yükümlülüklerin Defter Değeri

E=Satışlar/Toplam Aktifler, (Altman, 1968).

3 Endeks Değeri=(Toplam Piyasa Değeri/Baz Dönem Piyasa Değeri)×100, <https://www.borsaistanbul.com> (Erişim Tarihi: 21.10.2024)

4. Yöntem

Araştırmada ilk olarak uygun gösterge tahvilini işaret eden modelleri tespit etmek için yapay sinir ağları kullanılmıştır. FED modeli 10 yıllık devlet tahvil faizlerini referans alarak hisse kazançlarını değerlemektedir. Bu vade yapısı ABD için gösterge tahvil faizidir. Ancak gösterge faizin vadesi farklı ülkelerde değişebilmektedir. Buna göre, Türkiye için FED modelini tahmin ederken 2 yıl vadeli mi? ya da ABD’de olduğu gibi 10 yıl vadeli tahvil faizinin mi? kullanılacağı sorusu araştırılmıştır. Çünkü Türkiye için gösterge faiz, 2 yıl vadeli devlet tahvili faizi iken, ABD için gösterge faiz 10 yıl vadeli devlet tahvili faizidir.

Türkiye’de gösterge faizin 2 yıllık, ABD’de ise 10 yıllık olmasının temel nedenleri, makroekonomik riskler, piyasa derinliği ve yatırımcı güveni ile açıklanabilir. ABD, gelişmiş ve derin bir finansal piyasa yapısına sahip olup, uzun vadeli tahviller yatırımcılar için güvenli liman olarak fiyatlanırken, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelere yüksek enflasyon ve ekonomik belirsizlikler nedeniyle yatırımcılar kısa vadeli tahvillere yönelirler (Mishkin, 1990). Ayrıca, ABD dolarının küresel rezerv para birimi sahip olması ve makroekonomik istikrarı, uzun vadeli tahvillerin güvenilir bir gösterge olarak referans alınmasını sağlar (Reinhart & Rogoff, 2009). Gelişmekte olan ekonomilerde ise kısa vadeli tahvillerin, ekonomik belirsizliklere daha hızlı tepki verebildiği için yatırımcılar tarafından daha çok tercih edildiği görülür (Fisher, 1930). Bu nedenle, Türkiye’de 2 yıllık, ABD’de ise 10 yıllık tahvil faizleri gösterge olarak benimsenir.

Yapay sinir ağı ile uygun tahvil faizini işaret eden modeller seçildikten sonra robust regresyon ile katsayı yorumlanmasına geçilmiştir. Son aşamada ise BIST-100 için FED modelinin geçerli olup olmadığı eş bütünleşme testi yardımıyla araştırılmıştır (Bkz. Şekil 2). Ancak ilk olarak araştırmada kullanılan yöntemler teorik olarak açıklanmalıdır.

İnsan gibi düşünüp karar verebilen makineler tasarlanabilir mi? sorusu aşamalı olarak bilgisayarlaşmanın başladığı İkinci Dünya Savaşı sonrası dönemden bu yana tartışılmaktadır. Bu tartışma makine öğrenme algoritmalarının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Makine öğrenme algoritmalarına ilişkin en temel yaklaşım, biyolojik bir nöral sinir hücresinin matematiksel olarak simüle edilmesidir. Literatürde bu yaklaşım yapay sinir ağı modeli olarak tanımlanmaktadır. Bu düzlemde bir yapay sinir ağının matematiksel ifadesi denklemdeki gibidir (Goodfellow vd., 2016, s. 174), (Bkz. Denklem 6).

$$y = f(\sum_{i=1}^n w_i * x_i + b) \quad (6)$$

Burada:

x_i : Nöronun girdileri,

w_i : Her bir girdi için ağırlık katsayıları,

b : Bias terimi (nöronun aktivasyon eşiğini ayarlar),

f : Aktivasyon fonksiyonu,

y : Nöronun çıktısıdır.

Bir yapay sinir ağı algoritmasının model başarı tahmini yapabilmesi için algoritmik bir eğitim prosesinden geçmesi gerekmektedir. Bu algoritma matematiksel nöronun ürettiği çıktı ile istenen çıktı arasındaki farka göre bir hata fonksiyonu tahmin eder. Ayrıca yapay sinir ağı hücresi, bu hatayı minimize edecek şekilde ağırdaki girdilerin ağırlıklarını iteratif olarak günceller (Bkz. Denklem 7). Eğitim sürecinde hata terimlerinin her katmandaki ağırlıklara göre türevleri alınarak ağırlıkların nasıl değiştirileceği saptanır. Bu proses belirlenen iterasyon sayısı kadar veya hata bir eşik değerin altına düşene kadar devam eder (Goodfellow vd., 2016, s. 179).

$$E = \frac{1}{2} \sum (y_{gerçek} - y_{tahmi})^2 \quad (7)$$

Araştırmanın bir diğer yöntemi panel robust regresyon yöntemidir. Robust regresyon ve Huber’in M tahmin yönteminin kullanılmasının temel gerekçesi, klasik en küçük kareler regresyonunun (OLS) uç değerlere karşı hassasiyetini azaltmaktır. Uç

değerler, veri setinde beklenmedik şekilde değişebilen ve farklılaşabilen veri noktalarını ifade etmektedir. OLS yönteminde, uç değerler kareler toplamını minimize etmeye çalışırken büyük bir etkiye sahip olabilir ve bu durum model sonuçlarının anlamlılığını olumsuz etkileyebilir. Huber'in M tahmin yöntemi ise, uç değerlere karşı daha az duyarlıdır. Ayrıca, küçük sapmalara OLS'ye benzer şekilde tepki verirken, büyük sapmaların etkisini de sınırlamaktadır (Huber, 1964).

Bu nedenle, araştırmamızda olduğu gibi veri setinde uç değerler bulunduğunda daha güvenilir sonuçlar elde etmek için Huber'in M tahmin yöntemi kullanılır, bu yöntemde modeli daha robust hale getirir. Ayrıca bu yöntem, klasik regresyon tahmininde ortaya çıkabilecek varsayımsal sorunları aşabilmek için geliştirilen bir metodolojidir. Bu metot ile robust regresyon modeli bir kayıp fonksiyonu içeren değiştirilmiş bir amaç fonksiyonunu en aza indirmektedir.

Değişkenlere ilişkin eklerde yer alan korelasyon matrisine göre bazı değişkenler arasında yüksek korelasyon vardır. Örneğin ABD 10 yıllık ve 2 yıllık tahvil faizleri bu duruma örnek teşkil etmektedir. Ancak robust regresyon testini Eviews paket programı yardımıyla çözdüğümüzde Variance Inflation Factor testini uygulamıyoruz. Çünkü robust regresyonun yöntemsel ve varsayımsal yapısı çoklu doğrusal bağıntıya daha az duyarlıdır. Bu bağlamda robust regresyonda değiştirilmiş amaç fonksiyonu, aşırı artıkların parametre tahminleri üzerinde azaltıcı etki göstermektedir. Böylece aykırı değerlere daha az duyarlı olan tahminler yapılabilmektedir. Huber'in M tahmininin formülü şu şekilde ifade edilebilir (Bkz. Denklem 6) (Huber, 1964; 1973; 1981; Hampel vd., 1986; Maronna vd., 2006).

$$\beta_{hat} = argmin \sum [\rho(y_i - X_{i\beta})] \quad (8)$$

Argmin = argument of the minimum. Minimum değeri veren değişken değerleri.

β_h tahmin edilen regresyon katsayıları nitelesindedir.

y_i bağımlı değişkenin gözlemlenen değerleri nitelesindedir.

X_i bağımsız değişkenlerinde değerleri nitelesindedir.

Araştırmada seçilen tahvil faiz vadesi değişkeni ile BIST-100 endeksi arasında eş-bütünleşme ilişkisinin var olup olmadığının da saptanması araştırmanın bulgularını destekleyici katkı sağlayacaktır. Uzun ve kısa dönemde denge analizi yapmak için Johansen eş-bütünleşme testi uygulanmıştır.

Johansen denklemi bir VAR modelinden türetilir. Test aynı düzeyde durağanlık koşulunu sağlayan ve farkı alınmamış zaman serileri ile gerçekleştirilir. Uzun dönem ilişkisi saptamak için iki farklı istatistik kullanılarak denklemler elde edilir. Bu testler iz ve maksimum öz değer testleridir (Johansen, 1991):

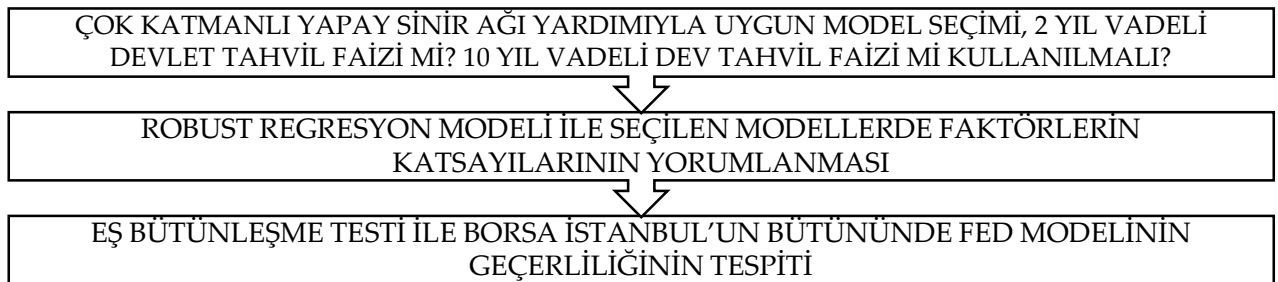
$$\lambda_{iz} = -T * \Sigma \log(1 - \lambda_i) \quad (9)$$

$$\lambda_{max} \text{özdeğer} = -T * \log(1 - \lambda^1) \quad (10)$$

λ_i = matrisin öz değeri

λ^1 = matrisin en büyük öz değeri

T = Veri Seti Büyüklüğü



Şekil 2. Araştırma Safhaları

5. Bulgular

Araştırmada ilk olarak değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler sunulmuştur. Genel olarak, faiz oranları, hisse senedi endeksleri ve tahvil faizleri gibi ana değişkenlerin genel eğilimleri ve değişkenlikleri yorumlanmalıdır. BIST-100 endeksinin, minimum değeri (1406,39) ile maksimum değeri (8334,94) arasında geniş bir aralık olması tahvil piyasalarının dalgalı yapısına işaret etmektedir. Altman Z iflas skoru, finansal olarak sağlıklı bir durumu işaret etse de önemli dalgalanmalar göstermektedir. Bu durum, veri kümesindeki firmalar arasında mali istikrar anlamında önemli farklılıkların bulunduğuna işaret etmektedir (Bkz. Tablo 4).

Tablo 4. Tanımlayıcı İstatistikler

	Ortalama	Medyan	Max	Min	Standart Sapma.	Çarpıklık	Basıklık	Jarque- Bera	Olasılık	Toplam	Toplam Kareler Sapması
FED Değeri (2 Yıllık Vadede)	4.37	0.14	39.3	-0.29	9349489	2155869	6917993	6788351	0	2099200	4108408
FED Değeri (10 Yıllık Vadede)	3817	0.095	26.29	-0.34	7849081	1765683	4536064	2966007	0	1832400	2895579
ABD 10 YILLIK TAHVİL FAİZLERİ	0.032481	0.0343	0.0493	0.0156	1021644	-0.237185	2165113	1844126	0.397698	15591	490565.3
ABD 2 YILLIK TAHVİL FAİZLERİ	0.033881	0.0402	0.0508	0.005	1518205	-0.749964	2225303	5699881	0.057848	16263	1083325
ALTMAN Z İFLAS SKORU	6079	6.15	11.6	2.9	2475837	0.689893	2543043	4225240	0.120921	2918000	2880992
VARLIK DEVİR HIZI	1.9	1.55	8.6	0.1	16965.34	1740569	7054447	5711372	0	916000	1.35E+10
BİST-100 ENDEKSİ	4164.681	3179.99	8334.9	1406.39	2293435	0.481992	1942467	4095279	0.129039	199904.7	2.47E+08
CDS RİSK PRİMİ	541.5633	514.4	838.23	280.23	1531906	0.64491	2714246	3490579	0.174594	25995.04	1102966
TÜFE ENFLASYON YILLIK	0.54614	0.555	0.8110	0.1926	240092.8	1870594	4916184	3533649	0	5667312	2.71E+12
SATILAN MALIN MALİYETİ	122.9066	742.205	815.4	13.24	1501343	2955824	1247011	2492610	0	5899515	1059395
CARİ ORAN	1.18125	1.1	2.4	0.7	4170087	1475150	4779439	2374135	0.000007	567000	8.17E+08
BORÇ/ÖZKAYNAK	1.292292	1.443	3.022	0.1	8673122	-0.14604	1922764	2491494	0.287726	620300	3.54E+09
DOLAR KURU	18.86486	18.5024	29.476	8.8912	60573.36	0.225023	2160465	1814720	0.403588	9055134	1.72E+11
PAZAR DEĞERİ/DEFTER DEĞERİ	2.912535	1.3393	10	0	34819.6	1280610	3136858	1315717	0.00139	1398017	5.7E+10
TÜRKİYE ALTIN VADELİ İŞLEM FİYATLARI	1863.879	1820.1	2062.4	1680.7	1062545	0.041634	2175722	1372735	0.503401	89466.2	530630.9
FALİYETLERDEN NET GELİR BÜYÜMESİ	3.011021	1.523	24.682	-0.991	46489.45	3127437	1384657	3135432	0	1445290	1.02E+11
AKTİF KÂRLILIĞI	0.181625	0.1775	0.482	0.027	1260551	0.381881	2022882	3076182	0.214791	87180	74682525
ÖZ KAYNAK KÂRLILIĞI	0.112392	0.5655	25	0.115	35380.49	6601142	4506694	3887855	0	539480	5.88E+10
TÜRKİYE 10 YILLIK DEVLET TAHVİL FAİZLERİ	0.20887	0.1913	0.3943	0.1027	93316.25	2160474	6943869	6844939	0	2164362	4.09E+11

TÜRKİYE 2 YILLIK DEVLET TAHVİL FAİZLERİ	0.18298	0.18745	0.2637	0.1052	78282.28	1767874	4543836	2976988	0	1897972	2.88E+11
VIX RİSK İŞTAHI- KORKU ENDEKSİ	20.85417	20.56	31.62	12.45	57214.12	0.522679	2369232	2981288	0.225228	10010000	1.54E+11

Risk göstergelerinden VIX endeksi (piyasa oynaklığı ve korkuyu ölçen) orta ile yüksek belirsizlik seviyelerine işaret ederken, değerlerin 12,45 ile 31,62 arasında değiştiği gözlemlenmektedir. CDS risk primi ise Türkiye'ye ilişkin yüksek bir ülke riski fiyatlaması olduğunu göstermektedir. Makroekonomik anlamda, yıllık TÜFE enflasyonu gibi göstergeler ile döviz kuru dalgalanmaları, Türkiye'nin finansal kırılganlığının oldukça yüksek bir düzeyde olduğunu ifade ederken, enflasyon oranlarının %81,1 gibi yüksek seviyelere ulaşması ekonomik olarak da istikrarsızlığa işaret etmektedir. ABD ve Türkiye devlet tahvillerinin kısa ve uzun vadeli faizleri düşük ortalamalar sergilese de faizler arasındaki dönemsel farklılıklar, enflasyon beklentilerinin ve ekonomik büyüme öngörülerinin oldukça değişkenliğine işaret etmektedir. Tüm değişkenler, piyasa dinamikleri, risk algısı ve ekonomik performansın birbirleriyle nasıl ilintili olduğunu genel bir fikir vermektedir. Bu bağlamda Türkiye için firma ve ülke düzeyinde finansal kırılganlıklar olduğu ifade edilebilir (Bkz. Tablo 4).

Devamında değişkenler için Augmented Dickey-Fuller ve Philips Perron birim kök testleri uygulanmıştır. Makalede tüm ekonometrik testler "Eviews 12" programı yardımıyla uygulanmıştır. Model sonuçlarına göre tüm model yapılarında değişkenlerin farklı düzeylerde durağanlaştığı gözlemlenmektedir (Bkz. Tablo 6). Bu araştırma için sabit terim içeren modeller seçilmiştir. Bu nedenle FED modelini etkileyen işletme içi ve işletme dışı faktörlerin analizi için araştırmada eş bütünleşme analizi yerine regresyon modeli uygulanmalıdır (Hamilton, 1994; Hayashi 2000; Lütkepohl, 2005). Ayrıca, VAR (Vektör Oto Regresif) modeline göre eş bütünleşme analizi yapılabilmesi için değişkenler aynı düzeyde durağan olmalıdır. Bu nedenle VAR modeline göre eş bütünleşme analizi yapılması mümkün değildir (Johansen, 1995).

Tablo 5. Birim Kök Testleri Sonuçları

AUGMENTED DICKEY-FULLER TESTİ						
GEÇİKME	AKAIKE BİLGİ KRİTERİNE GÖRE EViews TARAFINDAN BELİRLENMİŞTİR (1.GECİKME)					
SEVİYE	Sabit Terim ve					
	Sabit Terimli		Trendli		Sabit Terim ve Trendsiz	
	T	Olasılık	T	Olasılık	T istatistiği	Olasılık
Fed Değeri (2 Yıllık Vadede)	0.72	0.26	0.98	0.60	0.27	0.03
Fed Değeri (10 Yıllık Vadede)	0.34	0.45	1.00	0.85	0.05	0.09
ABD 10 Yıllık Tahvil Faizleri	0.34	0.34	0.19	0.19	0.92	0.92
ABD 2 Yıllık Tahvil Faizleri	0.18	0.18	0.87	0.87	0.80	0.80
Altman Z İflas Skoru	0.87	0.65	0.12	0.04	0.94	0.90
Varlık Devir Hızı	0.36	0.08	0.49	0.26	0.76	0.33
Bist-100 Endeksi	0.83	0.83	0.13	0.13	0.97	0.97
Cds Risk Primi	0.68	0.68	0.63	0.63	0.44	0.44
Tüfe Enflasyon Yıllık	0.01	0.01	0.06	0.06	0.55	0.55
Satılan Malın Maliyeti	0.94	0.12	0.14	0.24	0.99	0.20
Cari Oran	0.87	0.35	0.06	0.51	0.89	0.82
Borç/Özkaynak	0.98	0.56	0.78	0.68	0.04	0.02
Dolar Kuru	0.84	0.84	0.41	0.41	0.99	0.99

Türkiye Altın Vadeli İşlem						
Fiyatları	0.98	0.06	0.01	0.23	1.00	0.26
Pazar Değeri/Defter Değeri	0.42	0.42	0.23	0.23	0.84	0.84
Faaliyetlerden Net Gelir						
Büyümesi	0.19	0.34	0.14	0.65	0.06	0.12
Aktif Kârlılığı	0.49	0.54	0.98	0.98	0.34	0.58
Öz Kaynak Kârlılığı	0.64	0.36	1.00	0.99	0.38	0.41
Türkiye 10 Yıllık Devlet						
Tahvil Faizleri	0.03	0.03	0.26	0.26	0.72	0.72
Türkiye 2 Yıllık Devlet						
Tahvil Faizleri	0.89	0.89	0.95	0.95	0.87	0.87
VIX Risk İştahı-Korku						
Endeksi	0.64	0.64	0.36	0.36	0.31	0.31
Sabit Terim ve						
BİRİNCİ FARK	Sabit Terimli		Trendli		Sabit Terim ve Trendsiz	
	T		T		T	
	istatistiği	Olasılık	istatistiği	Olasılık	istatistiği	Olasılık
D(Fed Değeri (2 Yıllık						
Vadede))	0.49	0.29	0.63	0.41	0.11	0.04
D(Fed Değeri (10 Yıllık						
Vadede))	0.83	0.15	0.04	0.26	0.01	0.01
D(ABD 10 Yıllık Tahvil						
Faizleri)	0.01	0.01	0.05	0.05	0.00	0.00
D(ABD 2 Yıllık Tahvil						
Faizleri)	0.16	0.16	0.23	0.23	0.03	0.03
D(Altman Z İflas Skoru)	0.16	0.08	0.59	0.23	0.10	0.12
D(Varlık Devir Hızı)	0.10	0.02	0.32	0.07	0.01	0.00
D(Bist-100 Endeksi)	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02
D(CDS Risk Primi)	0.14	0.14	0.34	0.34	0.02	0.02
D(Tüfe Enflasyon Yıllık)	0.16	0.16	0.50	0.50	0.01	0.01
D(Satılan Malın Maliyeti						
)	0.24	0.02	0.85	0.10	0.47	0.00
D(Cari Oran)	0.08	0.45	0.36	0.58	0.07	0.10
D(Borç/Özkaynak)	0.85	0.05	0.99	0.16	0.74	0.02
D(Dolar Kuru)	0.04	0.04	0.14	0.14	0.04	0.04
D(Türkiye Altın Vadeli						
İşlem Fiyatları)	0.00	0.05	0.00	0.20	0.60	0.00
D(Pazar Değeri/Defter						
Değeri)	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
D(Faaliyetlerden Net Gelir						
Büyümesi)	0.01	0.09	0.05	0.23	0.00	0.01
D(Aktif Kârlılığı)	0.43	0.49	0.44	0.45	0.05	0.09
D(Öz Kaynak Kârlılığı)	0.73	0.10	0.65	0.07	0.19	0.01
D(Türkiye 10 Yıllık Devlet						
Tahvil Faizleri)	0.44	0.44	0.45	0.45	0.07	0.07
D(Türkiye 2 Yıllık Devlet						
Tahvil Faizleri)	0.20	0.20	0.17	0.17	0.03	0.03
D(VIX Risk İştahı-Korku						
Endeksi)	0.16	0.16	0.41	0.41	0.02	0.02
PHILIPS-PERRON TESTİ						
GEÇİKME AKAİKE BİLGİ KRİTERİNE GÖRE EVIEWS TARAFINDAN BELİRLENMİŞTİR (1.GECİKME)						
Sabit Terim ve						
	Sabit Terimli		Trendli		Sabit Terim ve Trendsiz	

Seviye	T		T		T istatistiği	Olasılık
	istatistiği	Olasılık	istatistiği	Olasılık		
Fed Değeri (2 Yıllık Vadede)	0.56	0.51	1.00	0.89	0.15	0.13
Fed Değeri (10 Yıllık Vadede)	0.30	0.44	0.90	0.83	0.04	0.08
ABD 10 Yıllık Tahvil Faizleri	0.24	0.24	0.19	0.19	0.86	0.86
ABD 2 Yıllık Tahvil Faizleri	0.00	0.00	1.00	1.00	0.80	0.80
Altman Z İflas Skoru	0.98	0.64	0.35	0.80	1.00	0.90
Varlık Devir Hızı	0.47	0.07	0.47	0.26	0.94	0.42
Bist-100 Endeksi	0.93	0.93	0.01	0.01	0.98	0.98
CDS Risk Primi	0.68	0.68	0.44	0.44	0.44	0.44
Tüfe Enflasyon Yıllık	0.29	0.29	0.76	0.76	0.72	0.72
Satılan Malın Maliyeti	0.99	0.09	0.94	0.11	1.00	0.20
Cari Oran	0.96	0.61	0.30	0.95	0.98	0.79
Borç/Özkaynak	0.98	0.47	0.90	0.68	0.04	0.00
Dolar Kuru	0.87	0.87	0.41	0.41	1.00	1.00
Türkiye Altın Vadeli İşlem Fiyatları	0.49	0.49	0.60	0.60	0.97	0.97
Pazar Değeri/Defter Değeri	0.67	0.01	0.01	0.06	0.86	0.33
Faaliyetlerden Net Gelir Büyümesi	0.19	0.35	0.02	0.74	0.07	0.11
Aktif Kârlılığı	0.49	0.53	1.00	0.98	0.35	0.51
Öz Kaynak Kârlılığı	0.63	0.36	10000.00	0.92	0.37	0.44
Türkiye 10 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri	0.65	0.65	0.93	0.93	0.67	0.67
Türkiye 2 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri	0.85	0.85	0.95	0.95	0.87	0.87
VIX Risk İştahı-Korku Endeksi	0.64	0.64	0.88	0.88	0.31	0.31
Sabit Terim ve						
Sabit Terimli		Trendli		Sabit Terim ve Trendsiz		
Birinci Fark	T	Olasılık	T	Olasılık	T istatistiği	Olasılık
	istatistiği		istatistiği			
D(Fed Değeri (2 Yıllık Vadede))	0.49	0.28	0.45	0.30	0.08	0.04
D(Fed Değeri (10 Yıllık Vadede))	0.15	0.15	0.04	0.08	0.01	0.01
D(ABD 10 Yıllık Tahvil Faizleri)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D(ABD 2 Yıllık Tahvil Faizleri)	0.16	0.16	0.00	0.00	0.03	0.03
D(Altman Z İflas Skoru)	0.30	0.41	0.80	0.89	0.11	0.10
D(Varlık Devir Hızı)	0.03	0.00	0.13	0.00	0.01	0.00
D(Bist-100 Endeksi)	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02
D(CDS Risk Primi)	0.11	0.11	0.05	0.05	0.01	0.01
D(Tüfe Enflasyon Yıllık)	0.45	0.45	0.66	0.66	0.11	0.11
D(Satılan Malın Maliyeti)	0.87	0.00	0.98	0.01	0.47	0.00
D(Cari Oran)	0.15	0.43	0.41	0.62	0.06	0.10
D(Borç/Özkaynak)	0.85	0.05	1.00	0.06	0.74	0.02
D(Dolar Kuru)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.04

D(Türkiye Altın Vadeli İşlem Fiyatları)	0.15	0.15	0.48	0.48	0.03	0.03
D(Pazar Değeri/Defter Değeri)	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00	0.00
D(Faaliyetlerden Net Gelir Büyümesi)	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00
D(Aktif Kârlılığı)	0.36	0.42	0.92	0.45	0.04	0.07
D(Öz Kaynak Kârlılığı)	0.77	0.10	0.92	0.01	0.20	0.01
D(Türkiye 10 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri)	0.40	0.40	0.37	0.37	0.07	0.07
D(Türkiye 2 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri)	0.20	0.20	0.16	0.16	0.03	0.03
D(VIX Risk İştahı-Korku Endeksi)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.02	0.02

Araştırmanın bu safhasında 6 farklı model yapısına göre çok katmanlı yapay sinir ağı modelleri kurulmuştur. Yapay sinir ağı modelleri Weka 3.9.6 programı yardımıyla çözülmüştür. Modellerin hata metriklerine göre robust regresyon için tahmin edilecek en başarılı modeller seçilmiştir. Model yapıları oluşturulurken referans alınan temel problematik; hisse senedi gerçeğe uygun değerinden sapmayı hesaplamada kullanılacak referans faiz oranının 2 yıl mı, yoksa 10 yıl vadeli devlet tahvil faizi olup olmadığı sorusudur. Orijinal modelde ABD için gösterge faiz oranı 10 yıllık devlet tahvil faizidir. Ancak Türkiye’de enflasyon beklentileri yüksek olduğu için gösterge faiz oranı olarak genellikle 2 yıl vadeli devlet tahvil faizi kullanılmaktadır. Referans faiz oranları açısından bu eşleşme problematiğini aşmak için çok katmanlı yapay sinir ağı modelleri oluşturarak işletme içi, işletme dışı ve tüm faktörler için en uygun FED modeli seçilmeye çalışılmıştır.

Model 1: İşleme İçi Faktörler

Türkiye 2 Yıllık Devlet Tahviline Göre Fed Hisse Değeri = $\beta_0 + \beta_1 * \text{Altman Z İflas Skoru} + \beta_2 * \text{Varlık Devir Hızı} + \beta_3 * \text{Satılan Malın Maliyeti} + \beta_4 * \text{Cari Oran} + \beta_5 * \text{Borç/Özkaynak} + \beta_6 * \text{Pazar Değeri/Defter Değeri} + \beta_7 * \text{Faaliyetlerden Net Gelir Büyümesi} + \beta_8 * \text{Aktif Kârlılığı} + \beta_9 * \text{Öz Kaynak Kârlılığı} + \text{hata terimi}$

Model 2: İşletme İçi Faktörler

Türkiye 10 Yıllık Devlet Tahviline Göre Fed Hisse Değeri = $\beta_0 + \beta_1 * \text{Altman Z İflas Skoru} + \beta_2 * \text{Varlık Devir Hızı} + \beta_3 * \text{Satılan Malın Maliyeti} + \beta_4 * \text{Cari Oran} + \beta_5 * \text{Borç/Özkaynak} + \beta_6 * \text{Pazar Değeri/Defter Değeri} + \beta_7 * \text{Faaliyetlerden Net Gelir Büyümesi} + \beta_8 * \text{Aktif Kârlılığı} + \beta_9 * \text{Öz Kaynak Kârlılığı} + \text{hata terimi}$

Model 3: İşletme Dışı Faktörler

Türkiye 2 Yıllık Devlet Tahviline Göre Fed Hisse Değeri = $\beta_0 + \beta_1 * \text{ABD 10 Yıllık Tahvil Faizleri} + \beta_2 * \text{ABD 2 Yıllık Tahvil Faizleri} + \beta_3 * \text{Bist-100 Endeksi} + \beta_4 * \text{CDS Risk Primi} + \beta_5 * \text{Tüfe Enflasyon Yıllık} + \beta_6 * \text{Dolar Kuru} + \beta_7 * \text{Türkiye Altın Vadeli İşlem Fiyatları} + \beta_8 * \text{Türkiye 10 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri} + \beta_9 * \text{Türkiye 2 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri} + \beta_{10} * \text{VIX Risk İştahı-Korku Endeksi} + \text{hata terimi}$

Model 4: İşletme Dışı Faktörler

Türkiye 10 Yıllık Devlet Tahviline Göre Fed Hisse Değeri = $\beta_0 + \beta_1 * \text{ABD 10 Yıllık Tahvil Faizleri} + \beta_2 * \text{ABD 2 Yıllık Tahvil Faizleri} + \beta_3 * \text{Bist-100 Endeksi} + \beta_4 * \text{CDS Risk Primi} + \beta_5 * \text{Tüfe Enflasyon Yıllık} + \beta_6 * \text{Dolar Kuru} + \beta_7 * \text{Türkiye Altın Vadeli İşlem Fiyatları} + \beta_8 * \text{Türkiye 10 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri} + \beta_9 * \text{Türkiye 2 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri} + \beta_{10} * \text{VIX Risk İştahı-Korku Endeksi} + \text{hata terimi}$

Model 5: Tüm Faktörler

Türkiye 2 Yıllık Devlet Tahviline Göre Fed Hisse Değeri = $\beta_0 + \beta_1 * \text{ABD 10 Yıllık Tahvil Faizleri} + \beta_2 * \text{ABD 2 Yıllık Tahvil Faizleri} + \beta_3 * \text{Bist-100 Endeksi} + \beta_4 * \text{CDS Risk Primi} + \beta_5 * \text{Tüfe Enflasyon Yıllık} + \beta_6 * \text{Dolar Kuru} + \beta_7 * \text{Türkiye Altın Vadeli İşlem Fiyatları} + \beta_8 * \text{Türkiye 10 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri} + \beta_9 * \text{Türkiye 2 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri} + \beta_{10} * \text{VIX Risk İştahı-Korku Endeksi} + \text{hata terimi}$

Faizleri + β_{10} * VIX Risk İştahı-Korku Endeksi + β_{11} * Altman Z İflas Skoru + β_{12} * Varlık Devir Hızı + β_{13} * Satılan Malın Maliyeti + β_{14} * Cari Oran + β_{15} * Borç/Özkaynak + β_{16} * Pazar Değeri/Defter Değeri + β_{17} * Faaliyetlerden Net Gelir Büyümesi + β_{18} * Aktif Kârlılığı + β_{19} * Öz Kaynak Kârlılığı + hata terimi

Model 6: Tüm Faktörler

Türkiye 10 Yıllık Devlet Tahviline Göre Fed Hisse Değeri = β_0 + β_1 * ABD 10 Yıllık Tahvil Faizleri + β_2 * ABD 2 Yıllık Tahvil Faizleri + β_3 * Bist-100 Endeksi + β_4 * CDS Risk Primi + β_5 * Tüfe Enflasyon Yıllık + β_6 * Dolar Kuru + β_7 * Türkiye Altın Vadeli İşlem Fiyatları + β_8 * Türkiye 10 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri + β_9 * Türkiye 2 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri + β_{10} * VIX Risk İştahı-Korku Endeksi + β_{11} * Altman Z İflas Skoru + β_{12} * Varlık Devir Hızı + β_{13} * Satılan Malın Maliyeti + β_{14} * Cari Oran + β_{15} * Borç/Özkaynak + β_{16} * Pazar Değeri/Defter Değeri + β_{17} * Faaliyetlerden Net Gelir Büyümesi + β_{18} * Aktif Kârlılığı + β_{19} * Öz Kaynak Kârlılığı + hata terimi

Bir sonraki adımda model yapılarına göre eğitim parametreleri belirlenerek Weka programının da modellere ilişkin çok katmanlı yapay sinir ağı ile model seçimi gerçekleştirilmiştir. Yapay sinir ağı modellerine göre hata metriği düşük olan model daha başarılıdır. Modelleri seçmede kriter olarak model hata metrikleri belirlenmiştir. Buna göre Modellerin başarı sırası, 4, 3, 6, 5, 2 ve 1 olarak gerçekleşmiştir (Bkz. Tablo 6). Bu sıralama hangi hata metriği seçilirse seçilsin değişmemektedir. Bir diğer yönden ağlarda çapraz doğrulama yapıldığı için overfit sorunu gözlemlenmemiştir. Yapay sinir ağ sonuçları göstermektedir ki; Türkiye için FED hisse senedi değerlendirme modelinde seçilecek gösterge faiz oranı; ABD için olduğu gibi 10 yıl vadeli devlet tahvili faizidir. Ayrıca FED modeline göre hisse senedi gerçeğe uygun değerden sapmaları açıklamada işletme dışı faktörler işletme içi faktörlere göre daha başarılıdır. Bu sonuç FED modelinin varsayımları ile tutarlıdır. Çünkü FED modelinde esas olan firmanın temel analiz verilerinden ziyade, tahvil faizi ve hisse kazanç getirileri arasındaki ilişkiyi etkileyen faktörlerdir (Bkz. Tablo 7). Bu bağlamda robust regresyon için 2, 4 ve 6 numaralı modeller seçilmiş olsa da, araştırmayı zenginleştirmek için 6 modelde tahmin edilmiştir.

Tablo 6. Yapay Sinir Ağı Modelleri Parametre ve Sonuçları

MODEL	MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3	MODEL 4	MODEL 5	MODEL 6
YAPI	İŞLEME İÇİ FAKTÖRLER	İŞLETME İÇİ FAKTÖRLER	İŞLETME DIŞI FAKTÖRLER	İŞLETME DIŞI FAKTÖRLER	TÜM FAKTÖRLER	TÜM FAKTÖRLER
BAĞIMLI DEĞİŞKEN	TR2YIL FED HİSSE DEĞERİ	TR10YIL FED HİSSE DEĞERİ	TR2YIL FED HİSSE DEĞERİ	TR10YIL FED HİSSE DEĞERİ	TR2YIL FED HİSSE DEĞERİ	TR10YIL FED HİSSE DEĞERİ
EĞİTİM PARAMETLERİ						
Öğrenme Oranı	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Momentum Oranı	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Çapraz Doğrulama Katları	10	10	10	10	10	10
Gizli Katman	5	5	5	5	10	10
İterasyon Sayısı	500	500	500	500	500	500
Doğrulama Eşik Değeri	20	20	20	20	20	20
MODEL SONUÇLARI						
Ortalama Mutlak Hata (Mae):	8.3	4.33	0.50	0.25	0.94	0.60
Ortalama Karesel Hata Kökü (Rmse)	18.58	9.69	0.89	0.38	2.66	1.17
Bağıl Mutlak Hata (Rae)	123.50%	73.11%	7.54%	4.32%	14.00%	10.27%
Bağıl Karesel Hata Kökü(Rrse)	200.34%	124.35%	9.68%	4.98%	28.78%	15.10%
MODEL BAŞARI SIRASI	6	5	2	1	4	3
MODEL SEÇİMİ		X		X		X

Modellerin başarı sırası belirlendikten sonra, ilgili modeller katsayı tahmini yapabilmek için robust regresyon ile tahmin edilmiştir. Buna göre işletme içi, işletme dışı ve tüm faktörleri içeren model yapılarında 10 yıllık tahvil faizine göre hesaplanan FED hisse değeri modelleri seçilmiştir. Bu modeller Model 2, Model 4, ve Model 6 olarak sıralanabilir. Daha sonra panel robust regresyon modelleri tahmin edilmiştir (Bkz. Tablo 7). Ancak 6 model tahmin edilerek sonuçlar daha detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar yapay sinir ağı modellerinin tahmin ettiği sonuçlarla paralel bir şekilde gerçekleşmiştir.

Tablo 7. Model 1 Sonuçları

MODEL 1		FED Değeri (2 Yıllık Vadede) - İşletme İçi Faktörlerin Analizi		
BAĞIMLI DEĞİŞKEN:	FED Değeri (2 Yıllık Vadede)			
Değişken	Katsayı	Standart Hata	Z istatistiği	Olasılık
Altman Z İflas Skoru	1616097.00000000	0.21727000	7438196.00	0.00000000
Varlık Devir Hızı	-0.00012100	0.00001100	-1099142.00	0.00000000
Satılan Malın Maliyeti	0.00318500	0.00080400	3961158.00	0.00010000
Cari Oran	-0.00074200	0.00008770	-8453511.00	0.00000000
Borç/Özkaynak	0.00029000	0.00002740	1058054.00	0.00000000
Pazar Değeri/Defter Değeri	0.00016400	0.00000590	2776835.00	0.00000000
Faaliyetlerden Net Gelir Büyümesi	0.00000293	0.00000273	1073349.00	0.28310000
Aktif Kârlılığı	0.00196400	0.00023200	8471018.00	0.00000000
Öz Kaynak Kârlılığı	-0.00000016	0.00000285	-0.06	0.95600000
C	-7743558.0	0.69440900	-1115129.00	0.00000000
Robust İstatistikler				
Rw kare	0.91087500	Düzeltilmiş Rw kare		0.91087500
Ölçek	1087335.0	Rn kare istatistiği		4929809.0
Olasılık (Rn kare istatistiği olasılığı)	0.0			
Robust Olmayan İstatistikler				
Bağımlı değişkenin ortalaması	4373333.0	Bağımlı değişkenin standart sapması		9349489.0
Regresyonun standart hatası	6164130.0	Artıkların karelerinin toplamı		1443867.0

Modellerin yorumunda katsayıların anlamlılığı %5 düzeyine göre değerlendirilmiştir. Bağımsız değişkenlerin FED değeri üzerindeki pozitif etkisi, hisse fiyatlarının gerçeğe uygun değerlerinin üzerinde fiyatlanmasına katkı sağlanması anlamına gelirken, negatif etki; hisse fiyatlarının gerçeğe uygun değerlerinin altında fiyatlanmasına neden olduğunu ifade etmektedir.

Model 1’de işletme içi faktörlerin 2 yıllık FED değerine olan etkileri incelendiğinde, Altman Z iflas skoru pozitif ve anlamlı bir etki göstermektedir, bu da iflas riski düşük olan işletmelerin FED değerlerinin daha yüksek olduğunu ifade etmektedir. Varlık devir hızı negatif ve anlamlı bir etkiye sahip olup, varlıkların daha hızlı çevrilmesi FED değerini düşürmektedir. Satılan malın maliyeti pozitif ve anlamlı bir etkiye sahipken, cari oran negatif ve anlamlı bir etki göstermektedir. Borç/özkaynak oranı ve pazar değeri/defter değeri oranı da pozitif ve anlamlı tespit edilmiş, bu oranların artmasının FED değerini yükselttiğini göstermektedir. Aktif kârlılığı ise pozitif ve anlamlı bir etki sergilemekteyken, öz kaynak kârlılığı istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermemiştir.

Tablo 8. Model 2 Sonuçları

MODEL 2	FED Değeri (10 Yıllık Vadede) - İşletme Dışı Faktörlerin Analizi			
BAĞIMLI DEĞİŞKEN:	FED Değeri (10 Yıllık Vadede)			
Değişken	Katsayı	Standart Hata	Z istatistiği	Olasılık
Altman Z İflas Skoru	1438911.00000000	0.27867400	5163413.00	0.00000000
Varlık Devir Hızı	-0.00012800	0.00001410	-9033888.00	0.00000000
Satılan Malın Maliyeti	0.00255800	0.00103100	2480287.00	0.01310000
Cari Oran	-0.00058900	0.00011300	-5231803.00	0.00000000
Borç/Özkaynak	0.00021700	0.00003520	6168654.00	0.00000000
Pazar Değeri/Defter Değeri	0.00017700	0.00000757	2339879.00	0.00000000
Faaliyetlerden Net Gelir Büyümesi	0.00000484	0.00000350	1382246.00	0.16690000
Aktif Kârlılığı	0.00141700	0.00029700	4764180.00	0.00000000

Öz Kaynak Kârlılığı	0.00000018	0.00000366	0.05	0.96050000
C	-6825436.0	0.89066200	-7663333.00	0.00000000
Robust İstatistikler				
Rw kare	0.92007700	Düzeltilmiş Rw kare		0.92007700
Ölçek	1090662.0	Rn kare istatistiği		2932129.0
Olasılık (Rn kare istatistiği olasılığı)	0.0			
Robust Olmayan İstatistikler				
Bağımlı değişkenin ortalaması	3817500.0	Bağımlı değişkenin standart sapması		7849081.0
Regresyonun standart hatası	3987636.0	Artıkların karelerinin toplamı		6042472.0

Model 2’de, 10 yıllık vadede FED değerine yönelik işletme içi faktörlerin analizi yapılmıştır. Altman Z iflas skoru yine pozitif ve anlamlı bir etki göstermektedir. Varlık devir hızı negatif ve anlamlı bulunmuş, bu da yüksek varlık devir hızının FED değerini düşürdüğünü göstermektedir. Satılan malın maliyeti pozitif ve anlamlı, cari oran ise negatif ve anlamlı bir etkiye sahiptir. Borç/öz kaynak oranı ve pazar değeri/defter değeri oranı da pozitif ve anlamlıdır. Faaliyetlerden net gelir büyümesi anlamlı bir etki göstermemiştir. Aktif kârlılığı pozitif ve anlamlı iken, öz kaynak kârlılığı anlamlı bulunmamıştır.

Tablo 9. Model 3 Sonuçları

MODEL 3		FED Değeri (2 Yıllık Vadede) - İşletme Dışı Faktörlerin Analizi		
BAĞIMLI DEĞİŞKEN:		FED Değeri (2 Yıllık Vadede)		
Değişken	Katsayı	Standart Hata	Z istatistiği	Olasılık
ABD 10 Yıllık Tahvil Faizleri	0.00035500	0.00021200	1678609.00	0.09320000
ABD 2 Yıllık Tahvil Faizleri	-0.00081400	0.00014400	-5667263.00	0.00000000
Bist-100 Endeksi	-0.00000574	0.00000749	-0.77	0.44330000
CDS Risk Primi	-0.00018100	0.00007460	-2431763.00	0.01500000
Tüfe Enflasyon Yıllık	0.00000016	0.00000003	4827632.00	0.00000000
Dolar Kuru	0.00000124	0.00000025	4972290.00	0.00000000
Türkiye Altın Vadeli İşlem Fiyatları	-0.00000582	0.00006930	-0.08	0.93310000
Türkiye 10 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri	0.00000068	0.00000023	2916067.00	0.00350000
Türkiye 2 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri	0.00009920	0.00000021	4837082.00	0.00000000
VIX Risk İştahı-Korku Endeksi	0.00000069	0.00000020	3410051.00	0.00060000
C	-0.22981700	0.15684800	-1465223.00	0.14290000
Robust İstatistikler				
Rw kare	0.99993100	Düzeltilmiş Rw kare		0.99993100
Ölçek	0.09882200	Rn kare istatistiği		5675609.0
Olasılık (Rn kare istatistiği olasılığı)	0.0			
Robust Olmayan İstatistikler				
Bağımlı değişkenin ortalaması	4214000.00000000	Bağımlı değişkenin standart sapması		9190582.00000000
Regresyonun standart hatası	0.11138000	Artıkların karelerinin toplamı		0.48381700

Model 3, işletme dışı faktörlerin 2 yıllık FED değerine etkisini analiz etmektedir. ABD 10 yıllık tahvil faizlerinin pozitif ve % 10 düzeyinde anlamlı bir etkisi varken, ABD 2 yıllık tahvil faizleri negatif ve anlamlı bir etki göstermektedir. CDS risk primi ve Türkiye 10 yıllık devlet tahvili faizleri pozitif ve anlamlıdır. BİST-100 endeksi ve Türkiye altın vadeli işlem fiyatlarının etkileri ise anlamlı bulunmamıştır. TÜFE enflasyonu ve dolar kuru pozitif ve anlamlı etkiler göstermektedir.

Tablo 10. Model 4 Sonuçları

MODEL 4		FED Değeri (10 Yıllık Vadede) - İşletme Dışı Faktörlerin Analizi		
BAĞIMLI DEĞİŞKEN:		FED Değeri (10 Yıllık Vadede)		
Değişken	Katsayı	Standart Hata	Z istatistiği	Olasılık
ABD 10 Yıllık Tahvil Faizleri	0.00032500	0.00009070	3582146.00	0.00030000
ABD 2 Yıllık Tahvil Faizleri	-0.00078100	0.00006150	-1269324.00	0.00000000
Bist-100 Endeksi	-0.00000741	0.00000321	-2310340.00	0.02090000
CDS Risk Primi	-0.00020400	0.00003190	-6386227.00	0.00000000
Tüfe Enflasyon Yıllık	0.00000017	0.00000001	1140119.00	0.00000000
Dolar Kuru	0.00000124	0.00000011	1158461.00	0.00000000
Türkiye Altın Vadeli İşlem Fiyatları	-0.00000664	0.00002970	-0.22	0.82300000
Türkiye 10 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri	0.00010100	0.00000010	1012170.00	0.00000000

Türkiye 2 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri	-0.00000077	0.00000009	-8809864.00	0.00000000
VIX Risk İştahı-Korku Endeksi	0.00000069	0.00000009	8031954.00	0.00000000
C	-0.21195900	0.06717800	-3155177.00	0.00160000
Robust İstatistikler				
Rw kare	0.99990000	Düzeltilmiş Rw kare		0.99990000
Ölçek	0.09	Rn kare istatistiği		21829446.00000000
Olasılık (Rn kare istatistiği olasılığı)	0.0			
Robust Olmayan İstatistikler				
Bağımlı değişkenin ortalaması	3674800.0	Bağımlı değişkenin standart sapması		7719595.0
Regresyonun standart hatası	0.11	Artıkların karelerinin toplamı		0.48

Model 4'te, işletme dışı faktörlerin 10 yıllık FED değerine etkisi incelenmiş ve ABD 10 yıllık tahvil faizleri pozitif ve anlamlı bir etki göstermektedir. ABD 2 yıllık tahvil faizleri ise negatif ve anlamlıdır. CDS risk primi negatif ve anlamlı bulunmuş, TÜFE enflasyonu ve dolar kuru pozitif ve anlamlı etki göstermektedir. Türkiye 10 yıllık devlet tahvili faizleri ve VIX korku endeksi pozitif ve anlamlı etkilere sahipken, BİST-100 endeksi negatif ve anlamlı bir etki göstermektedir. Türkiye altın vadeli işlem fiyatları ise anlamlı bulunmamıştır. CDS ülke riskini ifade ettiği için ülkedeki hisse fiyatlarını düşürürken, VIX endeksi risk iştahını ifade ettiği için pozitif bir etkiye sahiptir.

Tablo 11. Model 5 Sonuçları

MODEL 5	FED Değeri (2 Yıllık Vadede) - İşletme İçi ve İşletme Dışı Faktörlerin Analizi			
BAGIMLI DEĞİŞKEN:	FED Değeri (2 Yıllık Vadede)			
Değişken	Katsayı	Standart Hata	Z istatistiği	Olasılık
ABD 10 Yıllık Tahvil Faizleri	0.00063700	0.00020000	3185641.00	0.00140000
ABD 2 Yıllık Tahvil Faizleri	-0.00083400	0.00014000	-5963904.00	0.00000000
Bist-100 Endeksi	-0.00000456	0.00000652	-0.70	0.48410000
CDS Risk Primi	-0.00005980	0.00007770	-0.77	0.44110000
Tüfe Enflasyon Yıllık	0.00000021	0.00000005	3959748.00	0.00010000
Dolar Kuru	0.00000055	0.00000028	1933450.00	0.05320000
Türkiye Altın Vadeli İşlem Fiyatları	0.00018500	0.00004520	4101591.00	0.00000000
Türkiye 10 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri	0.00000069	0.00000036	1929104.00	0.05370000
Türkiye 2 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri	0.00009920	0.00000026	3817204.00	0.00000000
VIX Risk İştahı-Korku Endeksi	0.00000040	0.00000014	2764793.00	0.00570000
Altman Z İflas Skoru	-0.03262000	0.00545900	-5975975.00	0.00000000
Varlık Devir Hızı	0.00000001	0.00000033	0.03	0.97560000
Satılan Malın Maliyeti	-0.00009450	0.00004680	-2018441.00	0.04350000
Cari Oran	0.00001620	0.00000381	4260712.00	0.00000000
Borç/Özkaynak	-0.00000474	0.00000194	-2437417.00	0.01480000
Pazar Değeri/Defter Değeri	-0.00000005	0.00000059	-0.08	0.93760000
Faaliyetlerden Net Gelir Büyümesi	0.00000021	0.00000008	2512121.00	0.01200000
Aktif Kârlılığı	0.00003820	0.00003070	1242208.00	0.21420000
Öz Kaynak Kârlılığı	-0.00000309	0.00000672	-0.46	0.64540000
C	-0.532	0.09842500	-5412248.00	0.00000000
Robust İstatistikler				
Rw kare	0.99995000	Düzeltilmiş Rw kare		0.99995000
Ölçek	0.05	Rn kare istatistiği		12700000000.0
Olasılık (Rn kare istatistiği olasılığı)	0.0			
Robust Olmayan İstatistikler				
Bağımlı değişkenin ortalaması	4373333.0	Bağımlı değişkenin standart sapması		9349489.0
Regresyonun standart hatası	0.17-	Artıkların karelerinin toplamı		0.87

Model 5'te hem işletme içi hem de işletme dışı faktörlerin 2 yıllık FED değerine etkisi analiz edilmiştir. ABD 2 yıllık tahvil faizleri negatif ve anlamlı, ABD 10 yıllık tahvil faizleri pozitif ve anlamlıdır. CDS risk primi ve BİST-100 endeksi anlamlı bir etki göstermemiştir. Altman Z iflas skoru negatif ve anlamlı bulunurken, aktif kârlılığı anlamlı bir etki göstermemiştir. Cari oran ve borç/özkaynak oranı pozitif ve anlamlı, satılan malın maliyeti ise negatif ve anlamlı etki göstermektedir. TÜFE enflasyonu, altın fiyatları dolar kuru ve Türkiye 2 yıllık devlet tahvili faizleri pozitif ve anlamlı bulunmuştur.

Tablo 12. Model 6 Sonuçları

MODEL 6	FED Değeri (10 Yıllık Vadede) - İşletme İçi ve İşletme Dışı Faktörlerin Analizi			
BAĞIMLI DEĞİŞKEN:	FED Değeri (10 Yıllık Vadede)			
Değişken	Katsayı	Standart Hata	Z istatistiği	Olasılık
ABD 10 Yıllık Tahvil Faizleri	0.00055700	0.00015800	3526735.00	0.00040000
ABD 2 Yıllık Tahvil Faizleri	-0.00075900	0.00012700	-5985195.00	0.00000000
Bist-100 Endeksi	-0.00000469	0.00000547	-0.86	0.39180000
CDS Risk Primi	-0.00007900	0.00006660	-1185568.00	0.23580000
Tüfe Enflasyon Yıllık	0.00000020	0.00000005	3741353.00	0.00020000
Dolar Kuru	0.00000050	0.00000023	2168475.00	0.03010000
Türkiye Altın Vadeli İşlem Fiyatları	0.00018400	0.00002820	6512432.00	0.00000000
Türkiye 10 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri	0.00010100	0.00000028	3588493.00	0.00000000
Türkiye 2 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri	-0.00000071	0.00000019	-3712673.00	0.00020000
VIX Risk İştahı-Korku Endeksi	0.00000041	0.00000011	3660574.00	0.00030000
Altman Z İflas Skoru	-0.03069700	0.00358000	-8574383.00	0.00000000
Varlık Devir Hızı	0.00000001	0.00000020	0.06	0.95410000
Satılan Malın Maliyeti	-0.00010200	0.00003160	-3214130.00	0.00130000
Cari Oran	0.00001540	0.00000292	5270474.00	0.00000000
Borç/Özkaynak	-0.00000420	0.00000191	-2199475.00	0.02780000
Pazar Değeri/Defter Değeri	0.00000002	0.00000060	0.04	0.96670000
Faaliyetlerden Net Gelir Büyümesi	0.00000019	0.00000005	3506772.00	0.00050000
Aktif Kârlılığı	0.00004000	0.00003220	1242918.00	0.21390000
Öz Kaynak Kârlılığı	-0.00000432	0.00000735	-0.59	0.55630000
C	-0.51	0.05816200	-8915272.00	0.00000000
Robust İstatistikler				
Rw kare	0.99991700	Düzeltilmiş Rw kare	0.99991700	
Ölçek	0.04	Rn kare istatistiği	39800000000.00000000	
Olasılık (Rn kare istatistiği olasılığı)	0.0			
Robust Olmayan İstatistikler				
Bağımlı değişkenin ortalaması	3817500.0	Bağımlı değişkenin standart sapması	7849081.0	
Regresyonun standart hatası	0.22	Artıkların karelerinin toplamı	1431751.0	

Model 6'da hem işletme içi hem de işletme dışı faktörlerin 10 yıllık FED değerine etkisi incelenmiştir. ABD 2 yıllık tahvil faizleri negatif ve anlamlı, ABD 10 yıllık tahvil faizleri pozitif ve anlamlıdır. TÜFE enflasyonu, altın fiyatları dolar kuru ve Türkiye 10 yıllık devlet tahvili faizleri pozitif ve anlamlı etkiler göstermektedir. Altman Z iflas skoru negatif ve anlamlı bulunmuştur. Borç/özkaynak oranı negatif ve anlamlı, satılan malın maliyeti negatif ve anlamlıdır. Aktif kârlılığı ve öz kaynak kârlılığı anlamlı bir etki göstermemiştir.

Nihai noktada tüm model sonuçlarını birlikte yorumlamak araştırmanın sonuçlarının anlamlı bir şekilde değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu nedenle tüm modellerde elde edilen katsayılarla ilişkin işaret tablosu oluşturulmuştur. İşaret tablosu oluşturulurken sonuçların daha anlamlı bir şekilde yorumlanabilmesi için değişkenler; risk, beklentiler ve verimlilik olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. (Bkz. Tablo 13)

Risk grubunda tüm faktörlerin birlikte tahmin edildiği modeller daha anlamlıdır. 10 yıl vadeli tahvil faizi dikkate alınarak hesaplanan FED değişkenlerinin olduğu modeller teorik beklentiler ile daha uyumludur. İşletmeye özgü risk faktörleri ve vadesi 5 yıl ve altında olan işletme dışı risk faktörleri hisselerin değerini düşürürken, uzun vadeli işletme dışı risk faktörler hisse değerlerini artırmaktadır. Örneğin hem ABD hem Türkiye için 10 yıl vadeli tahvil faizleri ve VIX endeksi pozitif etki yaparken, 5 yıllık vadeli CDS ve 2 yıl vadeli tahvil faizleri negatif etki göstermektedir. Bu sonuçlar Türkiye için de FED modeli kullanılırken 10 yıl vadeli tahvil faizinin daha doğru sonuçlar verebileceğini göstermektedir.

Beklentiler grubu değişkenler içinde 10 yıl vadeli tahvil faizine göre hesaplanan FED değeri değişkenlerinin bağımlı değişken olduğu modeller istatistiki olarak daha anlamlı iken, ayrıca teorik beklentiler ile de daha uyumludur. Bu bağlamda borsa getirileri dışında diğer beklenti değişkenleri hisse fiyatlarını artırmaktadır. Borsa getirileri değişkeninin yani (Bist-100) etkisinin negatif olması seçilen firmaların en değerli firmalar olması sebebiyle toplam borsa getirisi üzerinde diğer firmalara nazaran daha güçlü etkiye sahip olmasının neden olduğu olarak ifade edilebilir.

Verimlilik grubu değişkenleri içinde 10 yıl vadeli birleşik modeller teorik beklentiler ile daha uyumludur. Bu gruptaki değişkenlerden satılan malın maliyeti ve özkaynak kârlılığı değişkenleri dışındaki değişkenlerin etkisi pozitifdir. Öz kaynak kârlılığı etkisinin negatif çıkması firmaların hisse senedine yatırım yapanların daha düşük getiri beklediklerini işaret etmektedir. Bu sonuç teorik beklentiler ile uyumludur. Seçilen firmalar en değerli firmalar oldukları için risk düzeyleri de azdır. Risk-getiri ilişkisi çerçevesinde düşük riskli hisselerden beklenen öz sermaye getirilerinin de düşük olması teorik olarak doğrudur. Aktif kârlılığı ise firmanın faaliyetlerinden beklenen getirileri ifade ettiği için pozitif etki teorik açıdan olağandır.

Tablo 13. Modellerin İşaret Tablosu

	MODEL SIRASI	MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3	MODEL 4	MODEL 5	MODEL 6
	Model Tipi	İşletme İçi Faktörler	İşletme İçi Faktörler	İşletme Dışı Faktörler	İşletme Dışı Faktörler	Tüm Faktörler	Tüm Faktörler
RİSK	FED DEĞERİNE ESAS GÖSTERGE						
	TAHVİL FAİZİ VADESİ	2 YIL	10 Yıl	2 Yıl	10 YIL	2 YIL	10 YIL
	ABD 10 Yıllık Tahvil Faizleri			+	+	+	+
	ABD 2 Yıllık Tahvil Faizleri			-	-	-	-
	CDS Risk Primi			-	-	-	-
	Türkiye 10 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri			+	+	+	+
	Türkiye 2 Yıllık Devlet Tahvil Faizleri			+	-	+	-
	VIX Risk İştahı-Korku Endeksi			+	+	+	+
	Altman Z İflas Skoru	+	+			-	-
	Borç/Özkaynak	+	+			-	-
BEKLENTİLİ VERİMLİLİK	Bist-100 Endeksi			-	-	-	-
	Tüfe Enflasyon Yıllık			+	+	+	+
	Dolar Kuru			+	+	+	+
	Türkiye Altın Vadeli İşlem Fiyatları			-	-	+	+
	Pazar Değeri/Defter Değeri	+	+			-	+
	Varlık Devir Hızı	-	-			+	+
	Satılan Malın Maliyeti	+	+			-	-
	Cari Oran	-	-			+	+
	Faaliyetlerden Net Gelir Büyümesi	+	+			+	+
	Aktif Kârlılığı	+	+			+	+
	Öz Kaynak Kârlılığı	-	+			-	-
	C	-	-	-	-	-	-
	Rw Kare	0.910875	0.920077	0.999931	0.9999	0.99995	0.999917
	Düzeltilmiş Rw Kare	0.910875	0.920077	0.999931	0.9999	0.99995	0.999917
	Olasılık	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Not: Siyah Punto: % 5 Düzeyinde Anlamlı **Mavi Punto: % 10 Düzeyinde Anlamlı Kırmızı Punto: Anlamlı Değil**

Araştırmanın bir sonraki aşamasında sonuçların geçerliliğini artırmak için Bist-100 ve 10 yıl vadeli Türkiye devlet tahvil faizleri arasında uzun dönem ve kısa dönem dengeyi araştırmak için eş bütünleşme ve hata düzeltme modeli kurulmuştur. Veriler aylık frekansta 2021:09-2024:04 aralığın da gözlemlenmiştir. İlk olarak Johansen eş bütünleşme testinin yapılabilmesi için birim kök testleri uygulanmıştır. Çünkü bu testin uygulanabilmesi için zaman serileri aynı düzeyde durağan olmalıdır.

Bu nedenle hem Augmented Dickey-Fuller testi, hem de Philips Perron (PP) testleri uygulanmıştır. Testte referans olarak sabit terim ve trendsiz model seçilmiştir. Her iki test de sabit terimli model yapıları için tüm değişkenler birinci fark düzeyinde yani, aynı seviyede durağandır. Bir başka ifade ile birer adet birim kök içermektedirler (Bkz. Tablo

14). Bu model yapıları seçilirken ilk olarak gecikme uzunluğu tablosundan yararlanılarak 1.gecikme düzeyi Dickey-Fuller ve PP testleri için uygun gecikme uzunluğu olarak seçilmiştir (Bkz. Tablo 15). 1. Gecikme düzeyinde yapılan birim kök testleri sonucunda trend ve sabit terim istatistiki olarak anlamsız çıktıkları için, sabit terim ve trend içermeyen model yapısı referans model olarak seçilmiştir.

Tablo 14. Eş bütünleşme Testi için Birim Kök Testi Sonuçları

Augmented Dickey Fuller Testi						
SCHWARZ BİLGİ KRİTERİNE GÖRE EVIEWS TARAFINDAN BELİRLENMİŞTİR (1.GECİKME)						
GEÇİKME	Sabit Terimli		Sabit Terim ve Trendli		Sabit Terimsiz ve Trendsiz	
Seviye Düzeyinde	T istatistiği	Olasılık	T istatistiği	Olasılık	T istatistiği	Olasılık
TR_10_YILLIK_FAİZ	-0.7027	0.8316	-0.8791	0.9459	0.4097	0.7955
BIST_100	-0.0608	0.9453	-40.864	0.0166	23.758	0.9946
Birinci Fark Düzeyinde	Sabit Terimli		Sabit Terim ve Trendli		Sabit Terimsiz ve Trendsiz	
d(TR_10_YILLIK_FAİZ)	T istatistiği	Olasılık	T istatistiği	Olasılık	T istatistiği	Olasılık
d(TR_10_YILLIK_FAİZ)	-52.288	0.0002	-53.721	0.0007	-52.691	0.0000
d(BIST_100)	-45.230	0.0012	-44.598	0.0068	-38.189	0.0004
Philips-Perron Testi						
SCHWARZ BİLGİ KRİTERİNE GÖRE EVIEWS TARAFINDAN BELİRLENMİŞTİR (1.GECİKME)						
GEÇİKME	Sabit Terimli		Sabit Terim ve Trendli		Sabit Terimsiz ve Trendsiz	
Seviye Düzeyinde	T istatistiği	Olasılık	T istatistiği	Olasılık	T istatistiği	Olasılık
TR_10_YILLIK_FAİZ	-11.114	0.6985	-11.649	0.9004	0.191	0.7349
BIST_100	0.497	0.9839	-21.128	0.5189	37.385	0.9998
Birinci Fark Düzeyinde	Sabit Terimli		Sabit Terim ve Trendli		Sabit Terimsiz ve Trendsiz	
d(TR_10_YILLIK_FAİZ)	T istatistiği	Olasılık	T istatistiği	Olasılık	T istatistiği	Olasılık
d(TR_10_YILLIK_FAİZ)	-48.757	0.0005	-49.085	0.0023	-38.674	0.0004
d(BIST_100)	-53.673	0.0001	-54.342	0.0006	-53.920	0.00

Devamında Uygun gecikme uzunluğu araştırılmıştır. Çünkü uzun dönem denge dinamiğinin anlamlı olabilmesi için, kurulacak hata düzeltme modelinde oto korelasyon ve değişen varyans sorunu olmamalıdır. Bilgi kriterlerine göre 1. ve 4. gecikmeler uygun gecikme düzeyleri olarak saptanmıştır. Ancak eş bütünleşme testinin istatistiksel olarak anlamlı olabilmesi için, eş bütünleşme vektörlerinin tespit edildiği, eş bütünleşme katsayılarının anlamlı olduğu ve hata düzeltme mekanizmasının varsayımsal testleriyle birlikte geçerli olduğu gecikme düzeyi seçilmelidir. Bu esaslar çerçevesinde 4. gecikme düzeyinde sabit terim içeren model yapısı eş bütünleşme testi için uygun model olarak seçilmiştir (Bkz. Tablo 15, 16).

Tablo 15. Gecikme Uzunluğu Test Sonuçları

Gecikme	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-457.1208	NA	2.02e+12	34.00895	34.10494	34.03749
1	-390.6973	118.0863	1.98e+10*	29.38498*	29.67295*	29.47061*
2	-389.9793	1.170133	2.55e+10	29.62809	30.10803	29.77080
3	-388.6072	2.032622	3.14e+10	29.82276	30.49467	30.02255
4	-379.9316	11.56757*	2.29e+10	29.47641	30.34030	29.73329
5	-377.0565	3.407486	2.61e+10	29.55974	30.61561	29.87370

Tablo 16. Uygun Gecikme Uzunluğunu Tespit İçin Test Sonuçları

Gecikme Sayısı	Eş-bütünleşme	Katsayılar Anlamlı mı	Otokorelasyon (LM Testi)	Değişen Varyans	Hata Düzeltme Katsayısı
1	Hiçbir model yapısında yok	-	-	-	-
4	Sabit Terimli Modelde Var	Yaklaşım %10 düzeyinde anlamlı	0,11 (Ters Hipotez Geçerli)	0,28 (Ters-Hipotez Geçerli)	Negatif İşaretili ve %10 düzeyinde anlamlı

Eş bütünleşme testi sonuçlarına göre iz-istatistiği çerçevesinde 4.gecikme ve sabit terim içeren model yapısında 1 adet eş bütünleşme vektörü ve denklemi tespit edilmiştir (Bkz. Tablo 18). Bir sonraki adımda uzun ve kısa dönem katsayılar yorumlanmalıdır.

Tablo 17. Eş Bütünleşme İz -İstatistiği Test Sonuçları

Eş Bütünleşme Sayısı	Özdeğer	İz-İstatistiği	0,05 Kritik Değerler	Olasılık
Hiçbiri*	0.388258	22.14106	20.26184	0.0273
En Fazla 1	0.280065	8.872036	9.164546	0.0568

Eş bütünleşme testlerinin uygulanmasındaki en önemli amaç uzun dönemde birlikte hareket eden değişkenlerin uzun dönem katsayılarını hesaplamaktır. Devamında eş bütünleşme testlerinin geçerliliğini sınamak için hata düzeltme modeli kurulmaktadır. Hata düzeltme modeli ile kısa dönemde dengeden sapmaların uzun dönemde hangi hızda yeniden dengeye geleceği hesaplanmaktadır. Bir başka ifade ile hata düzeltme modeli ile kısa dönem katsayılar hesaplanmaktadır.

Eş bütünleşme katsayıları model iki değişkenli olduğu için her iki yönde hesaplanmıştır. Buna göre hem 10 yıllık tahvil faizleri hem de BIST-100 endeksi uzun dönemde birlikte pozitif yönde hareket etmektedir. Hata düzeltme modelleri katsayıları negatif işaretli, anlamlı ve mutlak değer olarak 0-1 aralığında olduğu için değişkenler arası kısa dönem denge bozulduğunda bu sapmalar uzun dönemde yeniden dengeye gelmektedir. Katsayıların anlamlılığı tablosu ve serbestlik derecesi kullanılarak belirlenmiştir (Bkz. Tablo 18).

Eş bütünleşme testi uygulandığında mutlaka uzun dönem katsayılar hesaplanmalı ve yorumlanmalıdır. Uzun dönemde Bist-100 endeksindeki %1'lik bir değişim Türkiye 10 yıllık gösterge faizini %0,13 etkileyerek uzun dönemde denge sağlanmaktadır. Kısa dönemde ise Bist-100 endeksindeki %1'lik değişim 10 yıllık gösterge faizi %0,093 azaltmaktadır. Kısa dönemde dengeden sapmalar uzun dönemde giderilmektedir.

İki yönlü bir eş bütünleşme testi uyguladığımız için ikinci denklem içinde uzun ve kısa dönem katsayılar yorumlanmalıdır. İkinci denklem için uzun dönemde 10 yıllık gösterge faiz değişkenindeki %1'lik bir değişim, Bist-100 endeksini %7,5 etkileyerek denge sağlanmaktadır. Kısa dönemde ise 10 yıllık gösterge faizinde %1'lik bir değişim Bist-100 endeksini %-,003 etkileyerek kısa dönemde denge sağlanmaktadır. Kısa dönemde dengeden sapmalar uzun dönemde aynı ölçüde giderilmektedir.

Tablo 18. Eş Bütünleşme ve Hata Düzeltme Katsayıları

Denklem1	Uzun Dönem Katsayı	Standart Hata	T İstatistiği	Serbestlik Derecesi	Anlamlılık Düzeyi
TR_10_YILLIK_FAİZ (-1)	1			4	
BIST_100(-1)	0,132715	(0,13388)	[-0,99128]	4	20%
C	1,195039	-712,751	[-0,16767]	4	Anlamlı Değil
Denklem1	Kısa Dönem Katsayı	Standart Hata	T İstatistiği	Serbestlik Derecesi	Anlamlılık Düzeyi
Hata Düzeltme	-0,093723	(0,04964)	[-1,88789]	4	10%
Denklem 2	Uzun Dönem Katsayı	Standart Hata	T İstatistiği	Serbestlik Derecesi	Anlamlılık Düzeyi
BIST_100(-1)	1			4	
TR_10_YILLIK_FAİZ (-1)	7,534929	-416,153	[-1,81061]	4	10%
C	-9,004535	(7993,52)	[0,11265]	4	Anlamlı Değil
Denklem 2	Kısa Dönem Katsayı	Standart Hata	T İstatistiği	Serbestlik Derecesi	Anlamlılık Düzeyi

Hata Düzeltme	-0,035856	(0,01712)	[-2,09487]	4	%10(%5,Yaklaşık olarak)
---------------	-----------	-----------	------------	---	-------------------------

1.Model

Uzun Dönem Eş Bütünleşme Denklemi: $TR_{10_YILLIK_FAİZ}(t-1) = 0,132715 * BIST_{100_}(t-1) + 1,195039$

Kısa Dönem Hata Düzeltme Modeli: $\Delta TR_{10_YILLIK_FAİZ}_t = -0,093723 * EC_{-}(t-1)$

2. Model

Uzun Dönem Eş Bütünleşme Denklemi: $BIST_{100_}(t-1) = 7,534929 * TR_{10_YILLIK_FAİZ}(t-1) - 9,004535$

Kısa Dönem Hata Düzeltme Modeli: $\Delta BIST_{100}_t = -0,035856 * EC_{-}(t-1)$

6. Sonuç

Yardeni 1997 yılında yayınladığı “Fed’s stock market model finds overvaluation” isimli makalesinde S&P 500 endeksinde yer alan sektörlerde veya alt piyasalarda hisse senedi kazanç/fiyat oranları ile ABD 10 yıl tahvil faizleri arasında bir korelasyon olduğunu iddia etmiştir. Buna göre Yardeni, kazanç/fiyat oranları ve 10 vadeli tahvil faizleri arasında bir ilişki kurarak hisse senetlerinin gerçeğe uygun değerinin saptanabileceğini ileri sürmüştür. Aynı yıl Yardeni’ nin makalesinden habersiz bir şekilde dönemin FED başkanı Greenspan’ da ABD kongresine yaptığı bir konuşmada aynı iddiayı ileri sürmüştür. Aynı hususa birbirinden habersiz bir şekilde aynı dönemde dikkat çeken bu iki iddia, modelin literatürde ilerleyen yıllarda FED modeli olarak isimlendirilmesine neden olmuştur.

FED modelinin temel varsayımı, sektörel kazanç/fiyat oranları ve 10 yıl vadeli devlet tahvil faizleri arasında bir korelasyon olması hususudur. Bu doğrultuda FED modeli, ABD 10 yıl vadeli devlet tahvil faizlerini, hisse senetlerinin gerçeğe uygun değerinin saptamada referans noktası olarak belirleyen modern bir hisse senedi değerlendirme yöntemidir. Bu referans noktası 10 yıl vadeli devlet tahvil gösterge faizleri ile sektörel veya borsa ölçeğinde hisse senetleri kazanç/fiyat oranlarının kısa ve uzun dönemde birlikte hareket ederek dengeye gelmesi temelinde yapılandırılmıştır. Bu varsayıma göre eğer bir sektörde 10 yıllık devlet tahvil gösterge faizi sektördeki kazanç/fiyat oranından büyük ise sektörde yer alan işletmelerin hisse fiyatları aşırı değerlidir ve primli olarak fiyatlanmıştır. Bir diğer yönden eğer gösterge faiz sektörün kazanç/fiyat oranından düşük ise sektördeki hisse senetleri gerçeğe uygun değerinin altında iskontolu olarak fiyatlanmıştır. Bununla birlikte; teorelin literatürde gelişimiyle, FED modeli yalnızca sektörel ölçekte değil, firmaların bireysel hisse fiyatlarını da değerlemede de kullanılmaya başlamıştır (Yardeni, 1997; 1999; Bakshi & Chen, 2005; Yardeni, 2014).

Bu çalışmada FED modelinin Türkiye için geçerliliği araştırılmıştır. Araştırmada BİST’ de 16 Mart 2024 itibarıyla piyasa değeri en yüksek 5 şirketin verileri kullanılmıştır. Daha sonra FED değişkenlerinin oluşturulması aşamasına geçilmiştir. Bu bağlamda, FED değişkenleri, gösterge tahvil faizlerinden firmaların kazanç/fiyat oranlarının çıkarılması ile elde edilmiştir. FED değişkenlerinin oluşturulmasında Türkiye için 2 ve 10 yıl vadeli devlet tahvil faizleri gösterge faiz olarak kullanılmıştır. Çünkü ABD için 10 yıl vadeli tahvil faizi gösterge faiz olsa da Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ekonomilere göre finansal piyasaların daha sığ olması ve nispi olarak daha yüksek enflasyon beklentileri nedeniyle 2 yıl vadeli devlet tahvili faizi gösterge faiz olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle araştırmayı zenginleştirebilmek amacıyla sadece 10 yıl vadeli tahvil faizleri değil, ayrıca 2 yıl vadeli tahvil faizleri de araştırma kapsamına alınmıştır.

2 yıl vadeli ve 10 yıl vadeli Türkiye devlet tahvil faizlerine göre hesaplanan FED değişkenlerinde primli ve iskontolu fiyatlamaları açıklayan işletme içi ve işletme dışı

faktörler araştırılmıştır. İşletme içi faktörler; cari oran, aktif kârlılığı, öz kaynak kârlılığı, Alman z iflas skoru, varlık devir hızı, satılan malın maliyeti, borç/öz kaynak, faaliyetlerden elde edilen gelir büyümesi, pazar değeri/defter değeri olarak belirlenmiştir. İşletme dışı faktörler; ülke risk primi (CDS), döviz kuru, VIX korku volatilité endeksi, Türkiye 2 yıllık devlet tahvil faizleri, Türkiye 10 yıllık devlet tahvil faizleri, Bist-100 endeksi, Türkiye altın fiyatları, tüketici enflasyonu, ABD 2 yıllık devlet tahvil faizleri, ABD 10 yıllık devlet tahvil faizleri olarak sırlanabilir.

Bu değişkenler kullanılarak 6 farklı model oluşturulmuştur. 1.-4. Modeller FED değişkenleri için sırasıyla işletme içi ve işletme dışı faktörler için ayrı ayrı analiz edilirken, 5.-6. Modellerde tüm faktörler birlikte incelenmiştir. Bu bağlamda yapay sinir ağı hata metriklerine göre en iyi modeller sırasıyla 2, 4 ve 6. Modeller olarak belirlenmiştir. Yani 10 yıl vadeli FED değişkenine göre işletme içi faktörler, işletme dışı faktörler ve tüm faktörlerin yer aldığı üç modeldir. Yapay sinir ağı modelleri, Türkiye için uygun gösterge tahvil faizinin 10 yıl vadeli gösterge faiz olduğunu ortaya koymaktadır. Bir diğer yönden işletme dışı faktörler, FED değeri yani gerçeğe uygun hisse senedi değerinden sapmaları açıklamada işletme içi faktörlere göre daha etkilidir. İşletme içi faktörler işletme dışı faktörlerle birlikte modellendiğinde daha anlamlı sonuçlar vermektedir. Devamında araştırma sonuçlarını zenginleştirmek için tüm modeller yorumlanmıştır. Yöntem olarak robust regresyon seçilmiştir. Çünkü araştırmada çok fazla değişken olduğu için klasik regresyon yöntemi varsayımlarını sağlamak oldukça güçtür. Bir diğer yönden değişkenlerin farklı seviyelerde durağan olması da eş bütünleşme yerine robust regresyonun seçilmesinde etkili olmuştur. Katsayı tahminini içeren robust regresyon sonuçlarının daha anlamlı yorumlanabilmesi adına değişkenler risk, beklentiler ve verimlilik olmak üzere üç grupta toplanmıştır. Bu değişkenlerin 6 modelin hangisinde yer aldığı ve katsayı işaretlerini ve bunların istatistiksel anlam düzeylerini ifade eden tablo oluşturulmuştur (Bkz. Tablo 14).

Analizde, risk, beklentiler ve verimlilik olarak üç gruba ayrılan değişkenlerin 10 yıl vadeli tahvil faizine dayalı robust regresyon sonuçları teorik beklentilerle uyumlu bulunmuştur. Risk grubunda, işletmeye özgü kısa vadeli faktörler hisse değerini düşürürken, uzun vadeli işletme dışı faktörler artırmaktadır; 10 yıllık ABD ve Türkiye tahvil faizleri ve VIX endeksi pozitif, 5 yıllık CDS ve 2 yıllık tahvil faizleri ise negatif etki göstermiştir. Beklentiler grubunda, 10 yıl vadeli tahvil faizine dayalı FED değişkeninin bağımlı değişken olduğu modeller anlamlıdır; borsa getirilerinin negatif etkisi, piyasa değeri yüksek firmaların piyasa üzerindeki güçlü etkisinden kaynaklanmaktadır. Verimlilik grubunda ise aktif kârlılık pozitif, öz kaynak kârlılığı negatif etki göstermiştir, bu da düşük riskli hisselerden beklenen düşük getirilerle uyumludur.

Devamında Bist-100 endeksi ve 10 yıl vadeli Türkiye devlet tahvil faizi arasındaki iki yönlü kısa ve uzun dönem denge araştırılmıştır. Değişkenlerin aynı düzeyde durağan olmasından dolayı, Johansen eş bütünleşme testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre her iki yönde karşılıklı olarak iki değişken uzun dönemde birlikte hareket etmektedir ve uzun dönem denge sağlanmıştır. Devamında hata düzeltme modelleri kurulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre kısa dönemde de denge sağlanmakta ve dengeden sapmalar uzun dönemde giderilmektedir.

Araştırmanın teorik ve ampirik bulguları doğrultusunda, FED modelinin yapısı ve kullanımına yönelik çeşitli öneriler geliştirilebilir. Bu öneriler, kullanılacak gösterge faizin türü ve vadesi, hisse değerini temsil edecek değerlendirme veya piyasa çarpanının seçilmesi gibi modelin formülasyonu ile ilgili olabileceği gibi, modelin ekonomilerin ve sermaye piyasalarının yapısına göre farklı ülkelerde farklı biçimlerde de ele alınabileceği ile de ilgili de olabilir. Örneğin, Türkiye gibi gösterge faizin 2 yıl vadeli olduğu ülkelerde, 10 yıllık faizin daha anlamlı sonuçlar vermesi, sermaye piyasasında yatırımcıların daha uzun vadeli getirileri hedeflediğine işaret etmektedir. Bu bağlamda, FED modeli özellikle gelişmekte olan ekonomilerde finansal ekonominin ve sermaye piyasalarının gelişmişlik seviyesini ölçmek için de kullanılabilir. Ayrıca, FED modeli, CAPM modeli ile birleştirilerek de geliştirilebilir. Modelin CDS risk primleriyle olan ilişkisi incelenerek,

CDS primlerinin hisse fiyatları ile kısa ve uzun dönem dengesine katkısı değerlendirilebilir; böylece CDS'lerin gösterge faizlerle bağıntısı daha iyi anlaşılabilir. Bu doğrultuda, CDS ve gösterge faizlerin vade açısından uyumlu olup olmadıkları da araştırmaya değer bir konudur. Ayrıca, FED modelinin sektörel bazda ve farklı borsa tipleri üzerinden incelenmesi, hangi sektörlerin piyasa beklentileriyle uyumlu olduğu ve büyüme potansiyeli taşıdığına dair önemli bilgiler sunacaktır. Bir diğer yönden sektörel düzeyde FED modelinin uygulanması etkin piyasalar hipotezi çerçevesinde piyasaların etkinlik yapısını da ölçebilir.

Kısaca Borsa İstanbul da 10 yıl vadeli devlet tahvil faizi ve borsanın kazanç/fiyat ortalaması kısa ve uzun dönemde dengeye geldiği için FED modeli analiz döneminde Türkiye için geçerlidir. Türkiye için FED modelinde uygun olan gösterge tahvil faizi 10 yıl vadeli devlet tahvil faizidir. Bu sonuç Türkiye'de sermaye piyasalarının gelişmişlik düzeyinin ticari piyasalardaki gelişmişlik düzeyinin daha ilerisinde olduğunu işaret etmektedir. FED modeline göre hesaplanan gerçeğe uygun hisse değerini ölçmede işletme dışı faktörler işletme içi faktörlere göre daha etkilidir. İşletme içi faktörler, işletme dışı faktörlerle birlikte modellendiğinde daha anlamlı sonuçlar vermektedir. İşletme içi ve işletme dışı faktörler risk, verimlilik ve beklentiler anlamında üç gruba ayrıldığında verimlilik ve beklentiler değişkenleri teorik çerçeve yönünde sonuçlar verirken, risk değişkenlerinde işletmeye özgü ve ülkeye özgü risk faktörleri etkilerinin birbirlerinden ayrıştığı gözlemlenmektedir. Araştırmanın literatüre katkıları, FED modelinin Türkiye için geçerli olduğunu ispatlaması, işletme düzeyinde FED modelini analiz etmesi ve farklı vade yapılarından gösterge devlet tahvil faizlerini de FED modeli kapsamında incelemesi olarak sıralanabilir.

Kaynakça

- Altman, E. I. (1968). Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *The Journal of Finance*, 23(4), 589–609. <https://doi.org/10.2307/2978189>
- Asness, C. (2002). Fight the Fed Model: The relationship between stock market yields, bond market yields, and future returns. *Journal of Portfolio Management*, 30(1), 11–24. <https://doi.org/10.2139/ssrn.381480>
- Bakshi, G. & Chen, Z. (2005). Stock valuation in dynamic economies. *Journal of Financial Markets*, 8(2), 111–151. <https://doi.org/10.1016/j.finmar.2005.01.001>
- Bekaert, G. & Engstrom, E. (2010). Inflation and the stock market: Understanding the “Fed Model”. *Journal of Monetary Economics*, 57(3), 278–294. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2010.02.004>
- Berk, J. B. (1995). A critique of size-related anomalies. *The Review of Financial Studies*, 8(2), 275–286.
- Bernardino, W., Amaral, J. B., Paes, N. L., Ospina, R. & Távora, J. L. (2022). A statistical investigation of a stock valuation model. *SN Business & Economics*, 2(106). <https://doi.org/10.1007/s43546-022-00270-x>
- Bodie, Z., Kane, A. & Marcus, A. J. (2014). *Investments* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- Brennan, M. J. & Schwartz, E. S. (1984). Optimal financial policy and firm valuation. *The Journal of Finance*, 39(3), 593–607. <https://doi.org/10.2307/2327917>
- Campbell, J. Y. & Shiller, R. J. (1988). Stock prices, earnings, and expected dividends. *The Journal of Finance*, 43(3), 661–676.
- Campbell, J. Y., Lo, A. W. & MacKinlay, A. C. (1997). *The econometrics of financial markets*. Princeton University Press.
- Cantor, D. R., Butler, A. & Rajani, K. (2014). The fallacy of the Fed Model. *Investment Section—Investment Fallacies, Society of Actuaries*.
- Ceh, A. M., Manfredini, J., Melander, O. & Wollert, S. (2021). Equity market valuation in light of low interest rates. *Staff Memo*. Sveriges Riksbank.
- Chen, N. F., Roll, R. & Ross, S. A. (1986). Economic forces and the stock market. *Journal of Business*, 59(3), 383–403.
- Estrada, J. (2006). The Fed Model: A note. *Finance Research Letters*, 3(1), 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2005.11.002>
- Estrada, J. (2009). The Fed Model: The bad, the worse, and the ugly. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 49(2), 214–238. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2007.03.007>

- Fama, E. F. & French, K. R. (1992). The cross-section of expected stock returns. *The Journal of Finance*, 47(2), 427–465.
- Faugère, C. & Van Erbach, J. (2009). A required yield theory of stock market valuation and treasury yield determination. *Financial Markets, Institutions & Instruments*, 18(1), 27–88.
- Fisher, I. (1930). *The theory of interest*. Macmillan.
- Gandel, S. (2020). Fed model loses its grip on stocks. *Bloomberg News*. Retrieved December 28, 2020. <https://www.bloomberg.com>
- Goodfellow, I., Bengio, Y. & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.
- Hamilton, J. D. (1994). *Time series analysis*. Princeton University Press.
- Hampel, F. R., Ronchetti, E. M., Rousseeuw, P. J. & Stahel, W. A. (1986). *Robust statistics: The approach based on influence functions*. Wiley Series in Probability and Statistics.
- Hasseltoft, H. (2010). The Fed-model and the changing correlation of stock and bond returns: An equilibrium approach. *Inquire Europe Conference, Berlin*, October 24–26, 2010.
- Hayashi, F. (2000). *Econometrics*. Princeton University Press.
- Hayford, M. & Malliaris, A. (2005). How did the Fed react to the 1990s stock market bubble? Evidence from an extended Taylor rule. *European Journal of Operational Research*, 163(1), 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.12.002>
- Huber, P. J. (1964). Robust estimation of a location parameter. *The Annals of Mathematical Statistics*, 35(1), 73–101. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177703732>
- Huber, P. J. (1973). Robust regression: Asymptotics, conjectures, and Monte Carlo. *The Annals of Statistics*, 1(5), 799–821. <https://doi.org/10.1214/aos/1176342582>
- Huber, P. J. (1981). *Robust statistics*. John Wiley & Sons.
- Jakobson, E. & Murashko, M. (2011). *Inflation illusion and equity return: A Fed model approach* (BUSM36 Degree Project Master level in Corporate and Financial Management, Business Administration Master level). Lund University.
- Jegadeesh, N. & Titman, S. (1993). Returns to buying winners and selling losers: Implications for stock market efficiency. *The Journal of Finance*, 48(1), 65–91.
- Johansen, S. (1991). Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models. *Econometrica*, 59(6), 1551–1580.
- Johansen, S. (1995). *Likelihood-based inference in cointegrated vector autoregressive models*. Oxford University Press.
- Koivu, M., Pennanen, T. & Ziemba, W. T. (2005). Cointegration analysis of the Fed model. *Finance Research Letters*, 2(4), 248–259. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2005.06.002>
- Lagos, R. & Zhang, S. (2015). Monetary exchange in over-the-counter markets: A theory of speculative bubbles, the Fed model, and self-fulfilling liquidity crises (NBER Working Paper No. 21528). National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/papers/w21528>
- Lahart, J. (2020). Has the Fed rewritten the laws of investing?. *The Wall Street Journal*. Retrieved December 25, 2020. <https://www.wsj.com>
- Limpanithiwat, K. & Rungsombudpornkul, L. (2010). *Relationship between inflation and stock prices in Thailand* (Master's thesis). Umeå School of Business.
- Lintner, J. (1965). The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *The Review of Economics and Statistics*, 47(1), 13–37.
- Lleo, S. & Ziemba, W. T. (2017). Does the bond-stock earnings yield differential model predict equity market corrections better than high P/E models?. *Financial Markets, Institutions & Instruments*, 26(2), 61–123. <https://doi.org/10.1111/fmii.12080>
- Lütkepohl, H. (2005). *New introduction to multiple time series analysis*. Springer-Verlag.
- Maio, P. (2013). The “Fed Model” and the predictability of stock returns. *Review of Finance*, 17(4), 1489–1533. <https://doi.org/10.1093/rof/rfs025>
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. <https://doi.org/10.2307/2975974>
- Maronna, R. A., Martin, R. D. & Yohai, V. J. (2006). *Robust statistics: Theory and methods*. John Wiley & Sons.
- Mishkin, F. S. (1990). What does the term structure tell us about future inflation?. *Journal of Monetary Economics*, 25(1), 77–95. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(90\)90030-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(90)90030-7)

- Mossin, J. (1966). Equilibrium in a capital asset market. *Econometrica*, 34(4), 768–783.
- Pakarinen, J. (2010). *The Fed model: International analysis* (Master's thesis). Lappeenranta University of Technology.
- Reinhart, C. M. & Rogoff, K. S. (2009). *This time is different: Eight centuries of financial folly*. Princeton University Press.
- Schwert, G. W. (1989). Why does stock market volatility change over time?. *The Journal of Finance*, 44(5), 1115–1153.
- Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance*, 19(3), 425–442.
- Smithers, A. (2014). The fallacy of the Fed model. *Financial Times*. Retrieved December 28, 2020. <https://www.ft.com>
- The Economist. (2012). Burying the "Fed model". *The Economist*. Retrieved December 17, 2020. <https://www.economist.com>
- Winck, B. (2020). The Fed's unprecedented relief measures could form the greatest financial bubble in history says Ed Yardeni. *Business Insider*. Retrieved December 16, 2020. <https://www.businessinsider.com>
- Xu, X. (2023). Higher bond yields & the Fed model: Implications for future stock-bond relative returns. *PGIM Institutional Advisory & Solutions*. <https://ssrn.com/abstract=4648568>
- Yardeni, E. (1997). Fed's stock market model finds overvaluation (*Topical Study #38*). *US Equity Research, Deutsche Morgan Grenfell*.
- Yardeni, E. (1999). New improved stock valuation model (*Topical Study #44*). *US Equity Research, Deutsche Morgan Grenfell*.
- Yardeni, E. (2014, April). The Fed model, buybacks, and M&A. *Business Insider*. <https://www.businessinsider.com/the-fed-model-buybacks-and-ma-2014-4?r=US&IR=T>
- www.borsaistanbul.com. (2024, October 21).
- Veri Kaynakları:
- İnvesting Pro Plus veri tabanı
- Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası

Çıkar Çatışması: Yoktur.

Finansal Destek: Yoktur.

Etik Onay: Yoktur.

Yazar Katkısı: Mehmet KUZU (%100)

Conflict of Interest: None.

Funding: None.

Ethical Approval: None.

Author Contributions: Mehmet KUZU (100%)

EKLER

EK 1: Korelasyon Matrisi

VIX	-0.19	-0.18	-0.04	0.01	-0.52	0.79	-0.27	-0.11	0.10	0.06	-0.48
TWO_YEA	0.09	0.04	0.11	0.26	0.22	-0.29	0.95	-0.11	-0.27	0.06	0.20
TEN_YEA	0.04	0.00	0.13	0.24	0.16	-0.26	0.92	-0.15	-0.28	0.09	0.13
PROFIT_T	-0.19	-0.19	-0.13	-0.09	-0.14	0.03	0.00	-0.05	-0.21	-0.06	-0.16
PROFIT_T	0.22	0.22	0.93	0.33	0.20	-0.01	0.24	-0.20	0.62	0.88	0.19
PRODUCE	-0.01	-0.02	0.12	0.23	0.08	-0.18	0.90	-0.16	-0.28	0.08	0.08
PRODUCE	-0.01	-0.02	0.12	0.23	0.08	-0.18	0.90	-0.16	-0.28	0.08	0.08
NETINCO	-0.16	-0.11	-0.03	0.46	-0.21	0.33	-0.15	0.19	0.10	-0.08	-0.23
MARKET_	0.03	0.00	0.06	0.42	0.12	-0.17	0.71	-0.06	-0.29	0.02	0.07
GOLD_TU	0.31	0.35	-0.05	-0.05	0.50	-0.53	0.26	0.13	-0.09	-0.18	0.59
FED_VAL	0.09	0.04	0.12	0.26	0.22	-0.29	0.95	-0.11	-0.26	0.06	0.19
FED_VAL	0.03	-0.01	0.13	0.24	0.15	-0.26	0.92	-0.15	-0.27	0.09	0.13
E_P	0.27	0.33	-0.39	-0.07	0.23	0.02	-0.11	0.29	-0.53	-0.41	0.31
DOLAR_T	0.89	0.88	0.13	0.12	0.93	-0.36	0.25	0.36	-0.07	0.03	0.97
DEBT_EQ	-0.33	-0.34	-0.79	-0.26	-0.33	0.07	0.21	-0.06	-0.72	-0.68	-0.34
DATEID	0.90	0.90	0.15	0.13	0.95	-0.39	0.26	0.39	-0.07	0.03	1.00
CURRENT	0.09	0.07	0.95	0.33	0.08	-0.01	0.03	-0.14	0.61	1.00	0.03
CROSSID	-0.02	-0.01	0.70	0.24	-0.07	0.11	-0.27	-0.37	1.00	0.61	-0.07
COST_OF_	0.32	0.35	-0.14	0.29	0.41	-0.20	-0.11	1.00	-0.37	-0.14	0.39
CONSUME	0.15	0.13	0.09	0.24	0.26	-0.26	1.00	-0.11	-0.27	0.03	0.26
CDS	-0.18	-0.07	-0.11	-0.11	-0.53	1.00	-0.26	-0.20	0.11	-0.01	-0.39
BIST_100	0.87	0.83	0.18	0.16	1.00	-0.53	0.26	0.41	-0.07	0.08	0.95
ASSET_TU	0.10	0.09	0.45	1.00	0.16	-0.11	0.24	0.29	0.24	0.33	0.13
ALTMAN_	0.15	0.14	1.00	0.45	0.18	-0.11	0.09	-0.14	0.70	0.95	0.15
ABD_2_YI	0.97	1.00	0.14	0.09	0.83	-0.07	0.13	0.35	-0.01	0.07	0.90
ABD_10_YI	1.00	0.97	0.15	0.10	0.87	-0.18	0.15	0.32	-0.02	0.09	0.90
	ABD_10_YI	ABD_2_YI	ALTMAN_	ASSET_TU	BIST_100	CDS	CONSUME	COST_OF_	CROSSID	CURRENT	DATEID

0.05	-0.50	-0.09	-0.25	-0.26	-0.78	-0.17	0.39	-0.20	-0.20	0.00	-0.10	-0.25
0.17	0.21	-0.12	0.97	1.00	0.20	0.74	-0.16	0.86	0.86	0.23	-0.01	0.97
0.21	0.15	-0.14	1.00	0.97	0.15	0.85	-0.17	0.91	0.91	0.24	0.00	1.00
0.20	-0.12	0.04	0.00	-0.01	-0.06	0.00	-0.07	0.00	0.00	-0.12	1.00	0.00
-0.77	0.16	-0.38	0.25	0.24	-0.02	0.10	-0.10	0.24	0.24	1.00	-0.12	0.24
0.26	0.07	-0.13	0.91	0.86	0.15	0.80	-0.16	1.00	1.00	0.24	0.00	0.91
0.26	0.07	-0.13	0.91	0.86	0.15	0.80	-0.16	1.00	1.00	0.24	0.00	0.91
0.06	-0.25	0.05	-0.17	-0.16	-0.35	-0.06	1.00	-0.16	-0.16	-0.10	-0.07	-0.17
0.30	0.10	-0.05	0.85	0.74	0.03	1.00	-0.06	0.80	0.80	0.10	0.00	0.85
-0.11	0.55	0.22	0.15	0.20	1.00	0.03	-0.35	0.15	0.15	-0.02	-0.06	0.15
0.17	0.21	-0.14	0.97	1.00	0.20	0.74	-0.16	0.86	0.86	0.24	-0.01	0.97
0.21	0.14	-0.16	1.00	0.97	0.15	0.85	-0.17	0.91	0.91	0.25	0.00	1.00
0.25	0.25	1.00	-0.16	-0.14	0.22	-0.05	0.05	-0.13	-0.13	-0.38	0.04	-0.14
-0.32	1.00	0.25	0.14	0.21	0.55	0.10	-0.25	0.07	0.07	0.16	-0.12	0.15
1.00	-0.32	0.25	0.21	0.17	-0.11	0.30	0.06	0.26	0.26	-0.77	0.20	0.21
-0.34	0.97	0.31	0.13	0.19	0.59	0.07	-0.23	0.08	0.08	0.19	-0.16	0.13
-0.68	0.03	-0.41	0.09	0.06	-0.18	0.02	-0.08	0.08	0.08	0.88	-0.06	0.09
-0.72	-0.07	-0.53	-0.27	-0.26	-0.09	-0.29	0.10	-0.28	-0.28	0.62	-0.21	-0.28
-0.06	0.36	0.29	-0.15	-0.11	0.13	-0.06	0.19	-0.16	-0.16	-0.20	-0.05	-0.15
0.21	0.25	-0.11	0.92	0.95	0.26	0.71	-0.15	0.90	0.90	0.24	0.00	0.92
0.07	-0.36	0.02	-0.26	-0.29	-0.53	-0.17	0.33	-0.18	-0.18	-0.01	0.03	-0.26
-0.33	0.93	0.23	0.15	0.22	0.50	0.12	-0.21	0.08	0.08	0.20	-0.14	0.16
-0.26	0.12	-0.07	0.24	0.26	-0.05	0.42	0.46	0.23	0.23	0.33	-0.09	0.24
-0.79	0.13	-0.39	0.13	0.12	-0.05	0.06	-0.03	0.12	0.12	0.93	-0.13	0.13
-0.34	0.88	0.33	-0.01	0.04	0.35	0.00	-0.11	-0.02	-0.02	0.22	-0.19	0.00
-0.33	0.89	0.27	0.03	0.09	0.31	0.03	-0.16	-0.01	-0.01	0.22	-0.19	0.04
DEBT_EQ	DOLAR_T	E_P	FED_VAL	FED_VAL	GOLD_TU	MARKET_	NETINCO	PRODUCE	PRODUCE	PROFIT_T	PROFIT_T	TEN_YEA

-0.26	1.00
1.00	-0.26
0.97	-0.25
-0.01	-0.10
0.23	0.00
0.86	-0.20
0.86	-0.20
-0.16	0.39
0.74	-0.17
0.20	-0.78
1.00	-0.26
0.97	-0.25
-0.12	-0.09
0.21	-0.50
0.17	0.05
0.20	-0.48
0.06	0.06
-0.27	0.10
-0.11	-0.11
0.95	-0.27
-0.29	0.79
0.22	-0.52
0.26	0.01
0.11	-0.04
0.04	-0.18
0.09	-0.19
TWO_YEA	VIX

Analysis of Internal and External Business Factors Affecting the FED Stock Valuation Model: An Application in Borsa Istanbul

Mehmet KUZU

Extended Abstract

In his 1997 publication, "Fed's Stock Market Model Finds Overvaluation," Yardeni asserted a correlation between price-to-earnings (P/E) ratios in sectors or submarkets within the S&P 500 index and U.S. 10-year Treasury bond yields. Based on this correlation, Yardeni proposed that fair stock values could be determined through a relationship between P/E ratios and 10-year Treasury yields. Unaware of Yardeni's paper, then-Fed Chair Alan Greenspan similarly advanced this idea in a congressional speech in the same year. This simultaneous observation by Yardeni and Greenspan led to the model's subsequent designation in the literature as the "Fed model."

The fundamental assumption of the Fed model is that a correlation exists between sectoral P/E ratios and 10-year Treasury yields. Consequently, the Fed model serves as a modern stock valuation method, setting U.S. 10-year Treasury bond yields as a benchmark for determining fair stock value. This benchmark is based on aligning sectoral or market-wide P/E ratios with 10-year Treasury yields over the short and long term. According to this assumption, if the 10-year Treasury yield exceeds the sector's P/E ratio, stocks in that sector are overvalued and priced at a premium. Conversely, stocks are undervalued and priced at a discount if the Treasury yield is lower than the sector's P/E ratio. As developed in the literature, the Fed model has been applied at the sectoral level and in valuing individual stock prices (Yardeni, 1997; Yardeni, 1999; Bakshi & Chen, 2005; Yardeni, 2014).

In this research, factors affecting deviations from the fair value, calculated by the Fed model, were analyzed within the framework of the model's applicability to Turkey. The study examined the period from the third quarter of 2021 to the fourth quarter of 2023, utilizing data from the top five companies by market capitalization as of March 16, 2024. Subsequently, Fed model variables were developed.

The analysis divided variables into risk, expectations, and efficiency, with robust regression results against the 10-year Treasury yield consistent with theoretical expectations. In the risk group, short-term, firm-specific factors lowered stock value, while long-term external factors increased it; the U.S. and Turkish 10-year Treasury yields and the VIX index had positive effects, whereas the 5-year CDS (Credit Default Swap) and 2-year bond yields had adverse impacts. In the expectations group, models with the Fed variable based on the 10-year Treasury yield as the dependent variable were significant, with the negative impact of stock returns attributable to the strong influence of large-market-cap firms on the market. In the efficiency group, return on assets showed a positive effect, while return on equity showed a negative impact, aligning with lower expected returns on low-risk stocks.

Further, a two-way short- and long-term equilibrium relationship between the BIST-100 index and Turkey's 10-year Treasury yield was investigated. Due to the variables' stationarity at the same level, the Johansen cointegration test was applied. Results indicated that both variables move together over the long term, achieving long-term equilibrium. Subsequently, error correction models were developed. The results showed that short-term equilibrium is achieved, and deviations are corrected over the long term.

In light of the theoretical and empirical findings of the research, several suggestions can be developed regarding the structure and application of the Fed model. These suggestions may pertain to the formulation of the model, such as the type and maturity of the benchmark interest rate to be used or the selection of valuation or market multiples to represent stock value. Additionally, they may address the adaptation of the model to different countries, taking into account the specific structures of their economies and capital markets. For instance, in countries like Turkey, where the benchmark interest rate is typically based on a 2-year maturity, using the 10-year rate might yield more meaningful results, suggesting that investors in the capital market are targeting longer-term returns. In this context, the Fed model can also serve as a tool to measure the level of development of financial economies and capital markets, particularly in emerging economies. Moreover, the Fed model can be enhanced by integrating it with the CAPM (Capital Asset Pricing Model). Examining the relationship between the model and CDS risk premiums could shed light on the contribution of CDS premiums to the short- and long-term equilibrium of stock prices. This would also help better understand the correlation between CDS premiums and benchmark interest rates. In this regard, investigating whether CDS and benchmark interest rates align in terms of maturity is a topic worthy of further research. Additionally, sectoral analyses of the Fed model and its application across different types of stock exchanges could provide valuable insights into which sectors align with market expectations and demonstrate growth potential. From another perspective, applying the Fed model at the sectoral level could also help measure the efficiency structure of markets within the framework of the Efficient Market Hypothesis.

In summary, as the 10-year government bond yield and the P/E ratio average in the Borsa Istanbul index converge in the short and long term, the Fed model is valid for Turkey during the analysis period. The appropriate benchmark yield for Turkey in the Fed model is the 10-year government bond yield. This finding suggests that the development level of Turkey's capital markets surpasses that of its commercial markets. According to the Fed model, external factors are more influential in determining fair stock values than internal ones. The results can be more meaningful when internal and external factors are modeled. When internal and external factors are divided into risk, efficiency, and expectations, the efficiency and expectations variables produce results that align with the theoretical framework. Meanwhile, the risk factors distinguish between firm-specific and country-specific risk influences. The contributions of the research to the literature can be listed as proving that the FED model is valid for Turkey, analyzing the FED model at the enterprise level, and analyzing benchmark government bond yields of different maturities within the scope of the FED model.