İMKB-100 Endeks Davranışının Monte Carlo Simülasyonu İle İncelenmesi

Yrd. Doç. Dr. Hakan AYGÖREN
Pamukkale Üniversitesi

Özet

Finansal piyasalarda fiyat davranış özellikleri yatırımcıların yatırım kararlarında önemli rol oynar. Fiyat değişimlerinin dağılımı, oynaklık tahmini gibi analizler daha doğru yatırım kararlarının verilmesinde katkı sağlar. Bu çalışmada amaçlanan İstanbul Menkul Kıymetler Borsası (İMKB) davranış özelliklerini Monte Carlo simülasyon tekniği yardımıyla gözlemlemektir. Çalışmada elde edilen simülasyon sonuçları yatırımcılara İMKB davranış tahmini yerine İMKB davranışının karakteristik özellikleri hakkında bilgi vermektedir.

Araştırmada, Monte Carlo simülasyonu ile fiyat hareket davranışını ifade eden modelin davranış özellikleri arasında önemli farklılıklar gözlemlenmiş ve finansal çevrelerde oldukça sık kullanılan fiyat hareket davranış modelinin gözden geçirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Monte Carlo simülasyonu, fiyat hareket davranışı, İMKB.

Abstract: (Analysis of Behavior of the ISE-100 with Monte Carlo Simulation)

Characteristics of price behavior play significant role in financial markets. Analyses such as the distribution of price changes, volatility contribute investors to make accurate investment decisions. The purpose of this study is to observe the characteristics of the behavior of the Istanbuk Stock Exchange (ISE) via Monte Carlo Simulation. The simulation outcomes of the study provide information about the characteristics of the behavior of ISE rather than to forcast it.

The results of the study indicate that there are significant differences between the outcomes of the Monte Carlo simulation and the realized outcomes. Therefore, it is concluded that the assumptions of the model that represents behavior of the price behavior should be reviewed.

Key Words: Monte Carlo simulation, the behavior of prices, ISE

Giriş

Günümüzde finansal piyasa hareketleri birçok yatırımcının ilgisini çekmekte, hatta görsel ve yazılı basında konuyla ilgili uzmanlar yatırımcılara yönelik program ve yazılarında yatırımcılara ışık tutabilmek için yorumlar yapmaktadırlar. Akademik çalışmalar içersinde de finansal piyasa hareketleri, özellikle de hisse senedi fiyat davranışları, önemli bir yer teşkil etmektedir.

Hisse senedi fiyat davranışlarıyla ilgili çoğu çalışma hisse senedi fiyat değişimlerinin dağılımı, oynaklığı ve oynaklık tahmini üzerine yoğunlaşmıştır[1]. Özellikle,

[1] Bu çalışmaların bazıları Fama (1965:34-105), Officer (1972:807-811), Aparicio & Estrada (1997:1-

hisse senedi fiyat oynaklığı ilgili çalışmalar daha çok finansal piyasalarda çokça görülen oynaklık kümelenmesi[2] (volatility clustering) ve oynaklık tahmini üzerinedir.

Finansal piyasa hareketlerinin karmaşık yapısı, iktisat alanındaki akademisyenlerin yanı sıra mühendislik, fizik ve tıp gibi alanlarda çalışan akademisyenlerin de bu konuya eğilmesine neden olmuştur. Fiyat hareketlerinin yapısını anlama ve tahmininde Yapay Sinir Ağları (YSA), Genetik-Algoritma, Kaos teorisi yoğun olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada amaçlanan İstanbul Menkul Kıymetler Borsası (İMKB) fiyat davranış özelliklerini Monte Carlo Simülasyon tekniği yardımıyla gözlemlemektir. Çalışmada elde edilen simülasyon sonuçları yatırımcılara fiyat hareketleri tahmini yerine fiyat hareketlerinin karakteristik özelliklerini ne kadar açıklayabildiği hakkında bilgi vermektir.

Çalışmanın birinci ve ikinci bölümünde fiyat hareketleri davranış modeli üzerinde durulmakta ve modelin özellikleri anlatılmaktadır. Üçüncü bölümde veriler ve Monte Carlo simülasyonunun İMKB-100 endeks değer davranışlarını ne kadar açıkladığı üzerinde durulmaktadır. Sonuç bölümünde ise, bulgular değerlendirilmiştir.

1. Stokastik Süreç, Markov Özelliği ve Genelleştirilmiş Wiener Süreci

Herhangi bir değişkenin değer değişimleri zaman içerisinde belirsiz bir davranış sergiliyor ise bu değişkenin bir stokastik süreç takip ettiği söylenir. Stokastik süreç sürekli değişken (*continuous variable*) ya da kesikli değişken (*discrete variable*) stokastik süreç olarak sınıflandırılabilir. Sürekli değişken süreçte incelemeye konu olan değişken belirli bir aralıkta herhangi bir değeri alabilirken, bir kesikli değişken süreçte, değişken ayrık değerler (*discrete values*) almaktadır (Hull: 2000, 21). Çalışmada hisse senetleri fiyat değişimleri için sürekli zaman stokastik süreç incelenmektedir.

Bir değişkenin sadece bugünkü değerinin geleceği tahmin etmede yeterli olması stokastik sürecin Markov özelliğini ifade eder. Bir başka anlatımla stokastik sürecin Markov özelliği değişkenin bugünkü değe-rinin değişkenin geçmiş davranışlarından tamamen bağımsız olduğu anlamını taşır.

Hisse senedi piyasalarının genellikle bir Markov süreci takip ettikleri kabul edilir. Bu nedenle bir hisse senedi fiyatının bu-günkü değeri gelecekle ilgili tahminlerde kullanılabilecek tek geçerli bilgidir[3]. Ge-leceği kesin olarak tahmin etmek ise zor-dur ve tahminler olasılık dağılımlarıyla ifade edilmelidir. Hisse senetleri fiyat davranışlarının bir Markov özelliği taşıdığı kabulü bugünkü hisse senetleri fiyatlarının geçmişteki tüm bilgileri yansıttığını ifade eden zayıf etkin piyasa formu ile de tutarlılık göstermektedir.

Bir Markov stokastik süreç, $\Phi(\mu,\sigma)$ biçiminde gösterilen ortalaması μ ve standart sapması σ olan normal dağılıma sahiptir. Markov özelliği taşıyan bir değişkenin bir yıl süresince gözlemlenen değer deği-şimleri dağılımı $\Phi(0,1)$ ise, aynı değişkenin iki yıl içindeki değer değişimleri dağılımı, ortalaması sıfır ve varyansı 1 olan iki nor-mal dağılımın toplamına eşit olur. $\Phi(0,1)$ özelliğine sahip iki normal dağılım toplan-dığın da sonuç ortalaması ortalamalar top-lamı ve varyansı varyanslar toplamı olan yeni bir normal dağılımdır[4]. Öyleyse, göz önünde bulundurulan değişken için iki yıllık değer değişiminin ortalaması sıfır ve varyansı 2 olur. Böylece, değişkenin iki yıl süresince değer değişim dağılımı $\Phi(0,\sqrt{2})$ olarak

14), Broca (2002:129-140) , Aygören (2005) olarak sıralanabilir.

[2] Oynaklık kümelenmesi fiyatlardaki büyük (küçük) değişimlerin yine büyük (küçük) değişimler tara-fından takip edileceği anlamını taşır. Bu konudaki çalışmaların bazıları Jacobsen ve Dannenburg (2003), Friedmann ve Köhle W.(2002), olarak sıralanabilir.

[3] Hisse senedi geçmiş fiyatlarının istatistiksel özellikleri hisse senedi fiyatlarının takip etmiş oldukları stokastik sürecin karakteristik özelliklerini belirlemede faydalı olabilir. Örneğin, hisse senedi fiyatının oynaklığı gibi. Burada belirtilmek istenen hisse senedinin gelecekteki fiyatlarının geçmiş fiyatlarından bağımsız olduğudur.

[4] Değişkenin Markov özelliği taşıması nedeniyle, iki olasılık dağılımı birbirinden bağımsızdır.

ifade edilir[5]. Genel olarak, değişkenin herhangi bir T uzunluğuna sahip dönem süresindeki değer değişimle-rinin olasılık dağılımı $\Phi(0,\sqrt{T})$ olarak ifade edilir. Çok kısa süreyi ifade eden Δt zaman aralığındaki değer değişiminin olasılık dağılımı da $\Phi(0,\sqrt{\Delta t})$ olarak gösterilebilir[6].

Markov özelliği taşıyan ve $\Phi(0,1)$ dağılımına sahip olan bir değişken *Wiener süreci* izler. *Wiener süreci* ortalaması sıfır ve varyansı 1 olan Markov stokastik sürecin özel bir durumudur. *Wiener süreci* fizikte çok sayıda moleküler şoklara maruz kalan parçacıkların hareketlerini açıklamada kullanılır ve *Brownian hareketi (Brownian motion)*[7] olarak da adlandırılır.

Bir z değişkeni aşağıdaki iki özelliğe sahip ise bu değişken bir *Wiener süreci* izler.

Özellik 1: Küçük bir Δt zaman dilimindeki değişim Δz ise,

$$\Delta z = \varepsilon\sqrt{\Delta t}\text{ 'dir} \qquad (1)$$

Burada, ε standart normal dağılımdan, Φ (0,1), tesadüfi seçimdir.

Özellik 2: Herhangi iki farklı kısa Δt zaman aralığındaki Δz değerleri birbirinden bağımsızdır.

Birinci özellik Δz'nin ortalaması sıfır, standart sapması $\sqrt{\Delta t}$ ve varyansı Δt olan normal dağılıma sahip olduğunu ifade eder. İkinci özellik ise, z değişkeninin bir Markov süreci izlediğini anlatır.

Uzun bir T zaman dilimi içerisinde z değerindeki bir değişim $z(T)-z(0)$ olarak ifade edilebilir. Bu değişim Δt uzunluğundaki N adet küçük zaman aralığında z değerindeki değişimlerin toplamıdır. Öyleyse,

$$N = \frac{T}{\Delta t}\text{ 'dir.} \qquad (2)$$

[5] Olasılık dağılımının varyansı standart sapmasının karesidir. Dolayısıyla, varyansı 2 olan bir dağılımın standart sapması $\sqrt{2}$ olur.

[6] Markov stokastik süreçte ardışık zaman dilimlerindeki değişimlerin varyansları toplanabilirdir. Ancak, standart sapmaları toplanabilir değildir.

[7] İngiliz botanist Robert Brown 1827 yılında su üstünde asılı kalan polen taneciklerinin tesadüfi olarak hareket ettiklerini gözlemlemiş ve tesadüfi hareketleri Brownian hareketi (Brownian motion) olarak adlandırmıştır.

Böylece, $z(T)-z(0)=\sum_{t=1}^{N}\varepsilon_i\sqrt{\Delta t}$ olarak yazılabilir. (3)

Burada, $\varepsilon_i = 1,2,3,........,N$ adet standart normal dağılımdan, $\Phi(0,1)$, tesadüfi seçimdir. Wiener sürecinin ikinci özelliğinden, ε_i'ler birbirinden bağımsızdır. Eşitlik 3'den $z(T)-z(0)$'nin ortalaması sıfır, varyansı $N\Delta t= T$, standart sapması $\sqrt{T}$ olan normal dağılıma sahip olduğu anlaşılır.

Küçük değişimlerin sıfıra yaklaşma limiti, $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ değişimini $\frac{dy}{dx}$ 'e dönüştürür. Stokastik süreçte de z değişkeni için küçük değişimlerin (dz) çok kısa süre içinde $\Delta t \to 0$ (dt)'de sıfıra yaklaşması ($\Delta z \to 0$) bir Wiener sürecini ifade eder.

Wiener sürecinde, dz'nin sürüklenme oranı (drift rate) sıfır ve varyansı 1'dir. Sıfır sürüklenme oranı gelecekte herhangi bir zamandaki z'nin beklenen değerinin başlangıç değerine eşit olması anlamını taşır. Varyansın 1 olması da T uzunluğundaki bir zaman aralığında z değerindeki değişimin varyansının T olduğu anlamındadır. Sürüklenme oranı (drift rate) sıfırdan farklı olan bir Wiener süreci G*enelleştirilmiş Wiener* süreci olarak adlandırılır ve bir x değişkeni için dz'ye bağlı olarak aşağıdaki gibi tanımlanabilir;

$$dx = adt + bdz \qquad (4)$$

Burada a ve b sabit parametrelerdir. Eşitlik 4'ün sağ tarafında bulunan iki bileşen ayrı ayrı incelendiğinde ilk bileşen olan adt, x değişkeninin birim zamanda beklenen sürüklenme oranının a olduğunu ifade eder. Eğer değişkenlik sıfır ise eşitlik 5 şeklini alır.

$$dx = adt \Rightarrow \frac{dx}{dt} = a\,,$$

$$x = x_0 + at\text{ 'dir.} \qquad (5)$$

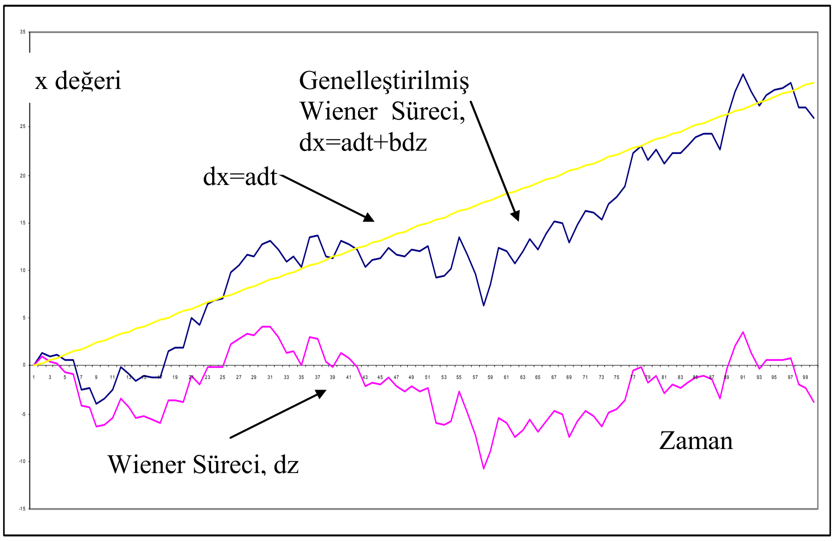
Burada x_0 başlangıç zamanında x değişkeninin değeridir. Eşitlik 5 x değişkenin T uzunluğuna sahip bir zaman aralığında, başlangıç değerine göre aT kadar arttığını ifade eder.

Eşitlik 4'ün sağ tarafında bulunan bdz bileşeni ise x değişkeninin takip ettiği yola gürültü veya değişkenlik eklenmesi anlamını taşır. Bu gürültü veya değişkenliğin değeri b sabitinin bir Wiener süreçle çarpımına eşittir. Bir Wiener sürecinin standart sapması 1'dir. Bu nedenle b sabi-tinin bir Wiener süreci ile çarpımının stan-dart sapması b olur. Küçük Δt zaman ara-lıklarında x değişkeni değerindeki değişim, Δx, eşitlikler 1 ve 4 gözönünde bulundu-rulduğunda eşitlik 6 gibi düzenlenebilir.

$$\Delta x = a\Delta t + b\varepsilon\sqrt{\Delta t} \qquad (6)$$

Wiener sürecinin birinci ve ikinci özelliklerinden, ε standart normal dağılımdan tesadüfi seçimdir ve dolayısıyla da, Δx ortalaması $a\Delta t$, standart sapması $b\sqrt{\Delta t}$ ve varyansı $b^2\Delta t$ özellikleri olan normal dağılıma sahiptir.

Sonuç olarak genelleştirilmiş Wiener sü-reci eşitlik 4'de verildiği gibi a sürüklenme oranına (bir başka ifade ile birim zaman başına ortalama sürüklenmeye) ve b^2 varyans oranına (bir başka ifade ile birim zaman başına varyansa) sahiptir. Şekil 1'de genelleştirilmiş Wiener süreci gösteril-mektedir.



Şekil 1. Genelleştirilmiş Wiener Süreci

2. Genelleştirilmiş Wiener Süreci ve Hisse Senedi Fiyat Davranış Mo-deli

Hisse senedi fiyat değişimleri davranışı genelleştirilmiş Wiener süreci ile açıklana-bilir. Ancak, Hisse senedi fiyatlarının bir genelleştirilmiş Wiener süreci izlediği kabulü yapılırken dikkatli olunmalıdır çünkü genelleştirilmiş Wiener süreci sabit bir beklenen sürüklenme değerine ve sabit bir varyansa sahiptir. Oysa, hisse senedi fiyatlarında sabit sürüklenme değerleri gözlemlenmez[8]. Bu nedenle, hisse senedi fi-yat hareket davranışları incelenirken hisse senedi fiyatları yerine yatırımcıların hisse senedinden bekledikleri getiri oranlarının kullanılması önem arz eder. Yatırımcılar tarafından hisse senedinden beklenen getiri oranı sabittir ve *diğer şartlar aynı kalmak koşuluyla* hisse senedi fiyatından bağımsızdır. Şöyle ki; yatırımcılar yatırım yapmış oldukları hisse senedinden %15 beklenen getiri oranı istiyorlarsa, bu hisse senedi fiyatı ne olursa olsun yatırımcıların fiyat değişiminin fiyata oranının, $(\frac{\Delta S}{S})$, %15 olacağı anlamını taşır.

[8] Burada, hisse senedi fiyatlarında sabit bir artışın olmadığı ifade edilmektedir.

Bu nedenle, hisse senedi fiyat davranışlarının modellenmesinde genelleştirilmiş Wiener sürecindeki sabit beklenen sürüklenme oranı (sabit fiyat değişimi) kabulü ile beklenen getirinin sabit olduğu (beklenen sürüklenme değeri bölü hisse senedi fiyatı) varsayımının yer değiştirmesi gerekir. Eğer S, t zamanındaki fiyatı gösterirse, S'deki beklenen sürüklenme oranı μ gibi sabit bir parametre için μS olarak hesaplanmalıdır. Bu çok kısa zaman aralığı, Δt'de hisse senedi fiyatı S'deki bek-lenen yükselişin $\mu S \Delta t$ olacağı anlamın-dadır. Parametre μ ondalık olarak ifade edilen hisse senedinden beklenen getiridir. Eğer hisse senedi fiyat oynaklığı (varyansı) her zaman için sıfır kabul edilirse bu model eşitlik 7'yi ifade eder;

$\Delta S = \mu S \Delta t$ $\quad \Delta t \to 0$ yaklaşırken,

$dS = \mu S dt$ veya $\frac{dS}{S} = \mu dt$'dir.

Böylece, $S_T = S_0 e^{\mu t}$ olur. (7)

Burada S_0 ve S_T sırasıyla başlangıç ve T zamanlarındaki hisse senedi fiyatlarıdır. Eşitlik 7 varyans (oynaklık) sıfır iken hisse fiyatının birim zaman için μ değerine bağlı olarak sürekli bileşik bir şekilde büyü-düğünü göstermektedir.

Ancak, hisse senedi fiyat değişimleri oynaklık sergilerler. Kısa zaman dilimi Δt'de getiri oynaklığının hisse fiyatlarına bakılmaksızın aynı olduğu kabul edilebilir. Bir başka ifadeyle, kısa zaman dilimi Δt 'de bir yatırımcının hisse senedi fiyatı 10 YTL iken getiri oranıyla ilgili belirsizliği hisse senedi fiyatı 25 YTL iken ki belirsizliği ile aynıdır. Bu kısa zaman aralığı Δt içindeki değişimin standart sapmasının hisse senedi fiyatına orantılı olması anlamına gelir ve modelin eşitlik 8 gibi ifade edilmesine yol açar:

$dS = \mu S dt + \sigma S dz$ veya

$$\frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dz \qquad (8)$$

Eşitlik 8 hisse senedi fiyat davranışları için çok sık kullanılan bir modeldir. Modelde, σ hisse senedi fiyat oynaklığını ve μ ise beklenen getiri oranını ifade etmektedir. Eşitlik 8 eşitlikler 1 ve 4 gözönünde bulundurularak eşitlikler 9 ve 10 şeklinde düzenlenebilir.

$$\frac{\Delta S}{S} = \mu \Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t} \qquad (9)$$

$$\Delta S = \mu S \Delta t + \sigma S \varepsilon \sqrt{\Delta t} \qquad (10)$$

Değişken ΔS hisse senedi fiyatını ifade eden S değişkenindeki kısa bir zaman aralığı olan Δt içindeki değişimdir ve ε standart normal dağılımdan tesadüfi seçimdir. Parametre μ hisse senedinden birim zamanda beklenen getiri oranını ve parametre σ hisse senedi fiyatının oynaklığını ifade eder. Modelde her iki parametre de sabit kabul edilir.

Eşitlik 9'un sol tarafında bulunan $\mu \Delta t$ ifadesi Δt gibi kısa bir sürede hisse senedinden sağlanan beklenen getiri oranıdır ve $\sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t}$ ifadesi getirinin stokastik bileşe-nidir. Stokastik bileşenin varyansı $\sigma^2 \Delta t$'dir. Bu kısa bir zaman dilimi Δt'deki getirinin standart sapmasının $\sigma \sqrt{\Delta t}$ olması anlamını taşır. Eşitlik 9 $\frac{\Delta S}{S}$'in ortalaması $\mu \Delta t$ ve standart sapması $\sigma \sqrt{\Delta t}$ olan nor-mal dağılıma sahip olduğunu gösterir. Bir başka ifade ile;

$\frac{\Delta S}{S} \sim \Phi(\mu \Delta t, \sigma \sqrt{\Delta t})$ 'dir.

Hisse senedi fiyat davranışlarını açıklayan eşitlik 10'da düzenlenen model simülasyona tabi tutularak yatırımcılara hisse senedi fiyat davranışları hakkında önemli bilgiler sunabilir. Bu çalışmada hisse senedi fiyat davranış modeli kullanılarak Monte Carlo Simülasyon yöntemi ile İMKB-100 endeks davranışı özellikleri araştırılmaya çalışılmıştır.

3. Monte Carlo Simülasyonu

Simülasyon karar vericilere, analistlere ilgilenilen sistem davranışını anlayabilme ve tecrübe edinme olanağı sağlayarak sistem hakkında daha doğru karar verme de yardımcı olur. Simülasyon gerçek sistemin önemli özelliklerini sergileyen bir modelden yararlanır (Stevenson: 1992, 760). Farklı şartlar altında modelin incelenmesi sistem davranışıyla ilgili önemli bilgiler vererek karar verme aşamasında fayda sağlar.

Monte Carlo Simülasyon yöntemi geçerli olan davranışın modellenerek, davranışla ilgili arzulanan bilgiye ulaşmak için veri üretme sürecidir (Mansfield: 1994, 256). Bir stokastik sürecin Monte Carlo yöntemi ile simülasyonu tesadüfi örneklem çıktısı elde etme uygulamasıdır. Çalışmada Monte Carlo yöntemi eşitlik 10 ile açıklanan hisse senedi fiyat davranışı modeli İMKB-100 endeksinin doğasını anlayabilmek için kullanılmaktadır.

Simülasyonun yapılabilmesi için eşitlik 10'da elde edilen modelin içerdiği μ ve σ parametrelerinin hesaplanması gerekir. Parametre μ bir yatırımcı için yıllık beklenen sürekli bileşik getiridir. Parametre σ ise hisse senedi oynaklığını ifade eder ve yıllık hisse senedi fiyat değişimlerinin standart sapmasıdır. Bu model İMKB-100 endeks değer değişimlerinin doğasını anlayabilmek için de kullanılabilir.

4. İMKB-100 Endeksinin Monte Carlo Yöntemi İle Simülasyonu

Çalışmada 03/01/1988 ve 30/06/2005 dönemine ait günlük kapanış endeks değerlerinden yararlanılmıştır. Veriler TCMB veri tabanından elde edilmiştir. 03/01/1988 ve 29/12/2004 dönemine ait 17 yıl için yıllık getiri oranları eşitlik 7 kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlik 7'de $t=1$ seçildiğinde $S_T = S_0 e^{\mu}$ şeklini alır. Burada S_0 ve S_T sırasıyla her yıl için Ocak ayı başı ve Aralık ayı sonu kapanış endeks değerlerini, μ ise yıllık sürekli bileşik getiriyi ifade etmektedir. Yıllık sürekli bileşik getiriler (μ) eşitlik 11 kullanılarak elde edilmiştir.

$$\mu = \ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right) \quad (11)$$ [9]

Tablo 1 her yıl için hesaplanan sürekli bileşik getirileri göstermektedir. Eşitlik 10 ile ifade edilen modelde yıllık sürekli bileşik getirinin (μ) sabit kaldığı varsayılmaktadır. Bu nedenle, çalışmada hesaplama dönemine ait on yedi yıllık sürekli bileşik getirilerin ortalaması 0,467 olarak hesaplanmış ve yıllık ortalama getirinin sabit kalacağı varsayılmıştır. Yıllık sürekli bileşik getiriler kullanılarak yıllık oynaklık (σ) 0,768 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Yıllık Sürekli Bileşik Getiriler

Yıllar	S_0	S_T	$LN(S_T/S_0)$
1988	6,89	3,74	-0,6
1989	3,77	22,18	1,772
1990	23,1	32,6	0,34
1991	31,2	43,7	0,34
1992	43,2	40	-0,08
1993	40,72	206,82	1,625
1994	217,9	272,6	0,224
1995	250,8	400,3	0,467
1996	387,79	975,89	0,923
1997	995	3451	1,244
1998	3711	2597	-0,357
1999	2758	15208	1,707
2000	17512	9437	-0,62
2001	9467	13783	0,376
2002	14078	10370	-0,306
2003	10599	18625	0,564
2004	18148	24972	0,319

İMKB-100 endeksi değer değişim davranışı $\mu = 0,467$ ve $\sigma = 0,768$ için eşitlik 10 kullanılarak aşağıdaki şekilde düzenlenebilir:

$$\Delta S = 0,467 S \Delta t + 0,768 S \varepsilon \sqrt{\Delta t}$$

Çalışmada günlük endeks değişimlerinin simülasyonunda $\Delta t = 0,00274$ yıl (1 gün) olarak alınarak günlük endeks değeri değişimlerini ifade eden ΔS'in kolayca hesaplanabilmesine olanak verir. Böylece,

$$\Delta S = 0,00128 S + 0,04 S \varepsilon \text{ , olur} \quad (12)$$

[9] $\frac{S_T}{S_0} = e^{\mu}$ eşitliğin her iki tarafının doğal logaritması alındığında, sürekli bileşik getiri eşitlik 11 kullanılarak hesaplanabilir.

İMKB-100 endeks günlük değer davranışı $\varepsilon \quad \Phi(0,1)$ 'den tesadüfi seçim yapılarak ve eşitlik 12 kullanılarak simülasyona tabi tutulabilir. Çalışmada, 3, 4, 5, 6 aylık dönemler için ayrı ayrı 25'er adet simülasyon gerçekleştirilmiştir. Tablo 2 simülasyonu gerçekleştirilen her bir dönem için dönem başı ve dönem sonu tarihlerini göster-mektedir.

Simülasyonu gerçekleştirilen dönemlere ait gerçekleşen günlük endeks değerleri simülasyon sonuçları ile mukayese için kullanılmıştır. Her bir döneme ait 25'er adet simülasyonda farklı $\varepsilon \, \Phi(0,1)$ 'den tesadüfi seçim olması nedeniyle farklı endeks değerleri hesaplanmıştır. Bu nedenle, ortalama davranışı belirlemek için her bir döneme ait 25 simülasyondan elde edilen endeks değerlerinin ortalaması gerçekleşen endeks değerleri ile mukayese edilmiştir. Şekil 2 gerçekleşen ve simülasyona tabi tutulan İMKB-100 endeksi değerlerini dönemler itibariyle göstermektedir.

Tablo 2. Monte Carlo Simülasyonu Dönem Aralıkları

Dönem Uzunluğu	Dönem Aralığı	Simülasyon Adedi
3 Ay	03/01/2005-31/03/2005	25
4 Ay	03/01/2005-29/04/2005	25
5 Ay	03/01/2005-31/05/2005	25
6 Ay	03/01/2005-30/06/2005	25
	TOPLAM	100

Şekil 2. incelendiğinde gerçekleşen ve Monte Carlo Simülasyonu ile elde edilen İMKB-100 değerlerinin önemli farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Ancak, simülasyon ilgilenilen sistem davranışını anlayabilme ve tecrübe edinme olanağı sağlar ve sistem hakkında daha doğru karar verme de yardımcı olur. Simülasyonun amacı tah-mine yönelik hesaplama yapmak değildir. Bu nedenle, gerçekleşen ve simülasyon so-nucu elde edilen endeks değerleri arasın-daki farklılıklara yoğunlaşmak yerine si-mülasyondan elde edilen değer davranışla-rının İMKB-100 endeks değer davranışla-rını ne kadar açıklayabildiğine bakmak da-ha doğru olur. İMKB-100 endeks değer davranışı günlük getiriler hesaplanarak incelenmiştir. Tablo 3 gerçekleşen ve Monte Carlo Simülasyon günlük endeks getirileri ile ilgili istatistiksel özellikleri göstermektedir.

Tablo 3 incelendiğinde Monte Carlo simülasyonu ve gerçekleşen ortalama günlük getirileri arasında dönemler itibariyle sırasıyla %0.16, %0.23, %0.15 ve %0.10 farklar vardır. Çalışmada elde edilen önemli bir bulgu da, Monte Carlo simülasyonu ile elde edilen günlük endeks getirilerinin standart sapmaları ile gerçekleşen günlük endeks getirileri standart sapmaları arasın-da önemli farklılıkların saptanmasıdır. Örneğin, 3 aylık dönem incelendiğinde gerçekleşen günlük getirilerin standart sapması Monte Carlo simülasyonundan elde edilen günlük getirilerin standart sapmasının 2.46 katıdır. Diğer dönemler için bu değer sırasıyla 2.19, 2.10 ve 2.08'dir. Monte Carlo simülasyonu İMKB-100 endeksi değer değişim davranışı karakteristik özellikleri ile ilgili önemli farklılıklar göstermektedir.

Tablo 3. İMKB-100 Monte Carlo Simulasyonu ve Gerçekleşen Getirilerin Betimsel İstatistikleri

	03/01/2005-31/03/2005		03/01/2005-29/04/2005		03/01/2005-31/05/2005		03/01/2005-30/06/2005	
	Monte Carlo	**Gerçekleşen**	**Monte Carlo**	**Gerçekleşen**	**Monte Carlo**	**Gerçekleşen**	**Monte Carlo**	**Gerçekleşen**
N	61	61	82	82	103	103	125	125
Ortalama	0,0016554	7,243E-05	0,001391	-0,0009223	0,001459	-7,994E-05	0,0014723	0,0004618
Medyan	0,001934	0,003907	0,0014565	0,0028875	0,001701	0,002718	0,00202	0,002718
Mod	-0,014356	-0,046867	-0,0219	-0,046867	-0,014753	-0,046867	-0,021042	-0,046867
Standart Sapma	0,0074614	0,0183647	0,0081909	0,017941	0,0083957	0,0176555	0,0079671	0,0166172
Varyans	5,567E-05	0,0003373	6,709E-05	0,0003219	7,049E-05	0,0003117	6,347E-05	0,0002761
Çarpıklık Katsayısı	0,4364149	-0,3015015	-0,4293061	-0,1498796	0,2710959	-0,3118586	-0,239087	-0,3882285
Basıklık Katsayısı	1,2494407	-0,3924788	0,2498069	-0,4471555	-0,5181885	-0,213364	-0,0336995	0,0274029
Minimum	-0,014356	-0,046867	-0,0219	-0,046867	-0,014753	-0,046867	-0,021042	-0,046867
Maksimum	0,024573	0,038157	0,017504	0,038157	0,021579	0,038157	0,021138	0,038157

Sonuç

Bu çalışmada Monte Carlo simülasyonu kullanılarak İMKB-100 endeks davranış özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Monte Carlo simülasyon sonuçları ve gerçekleşen İMKB-100 değerleri davranış özellikleri mukayese edilmiştir. Bulgularla önemli farklılıkların bulunduğunu ortaya konmuştur. Örneğin dönemler itibariyle gerçekleşen günlük endeks değer getirileri ve Monte Carlo simülasyonu ile elde edilen günlük endeks değer getirilerinin standart sapmaları önemli ölçüde farklıdır. Standart sapma değerleri yatırımcılar açısından oynaklığı ifade eder. Oynaklık ise yatırımcıların önemle üzerinde durduğu ve yatırım kararlarını yönlendirici bir etkendir. Bu nedenle, Monte Carlo simülasyonuna tabi tutulan modelin ne kadar gerçek davranışı yansıttığı üzerinde önemle durulmalıdır.

Sonuç olarak, hisse senedi fiyat davranışlarını açıklamada kullanılan $dS = \mu S dt + \sigma S dz$ modeli varsayımları gözden geçirilmelidir. Özellikle, (σ) ve (μ) parametrelerinin sabit olduğu varsayımı gözden geçirilerek, bu parametrelerin zamana bağlı bir fonksiyon ile ifade edilmesi daha gerçekçi sonuçlara ulaşılmasında yardımcı olacaktır. Böylece, model dinamik bir modele dönüşür. Hisse senedi davranışı özelliklerini anlayabilmede dinamik bir modelin incelenmesi bu konuyla ilgilenen diğer araştırmacılara bırakılmıştır.

Kaynaklar

Aparicio, F., and J Estrada., 1997, Empirical Distributions of Stock Returns: Scandavian Securities Markets, 1990-1995, (Carlos III University, Madrid).

Aygören H., 2005, An Empirical Investigation of Price Changes in Istanbul Stock Exchange (ISE), Hacettepe Üniversitesi İİBF Dergisi, Basılmak üzere kabul edildi.

Broca, D.S., 2002, The Distribution of Indian Stock Returns: A Tale of Two Tails, Decision 29, 129-140.

Fama, E.F., 1965 "The Behavior of Stock Market Prices", Journal of Business 38, 34-105.

Friedmann R, and Sanddorf-Köhle W. 2002. Volatility Clustering and Nontrading Days in Chinese Stock Markets. Journal of Economics And Business. 193-217.

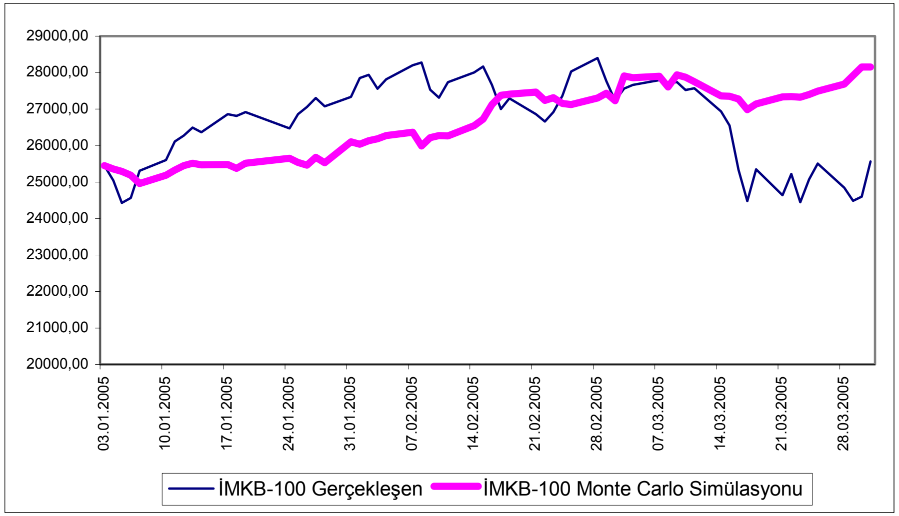
Hull J.C., Options, Futures& Other Derivatives, Fourth Edition, Prentice-Hall, New Jersey, 2000.

Jacobsen B. ve Dannenburg D., 2003. Volatility clustering in Monthly Stock Returns, Journal of Empirical Finance. 479-503.

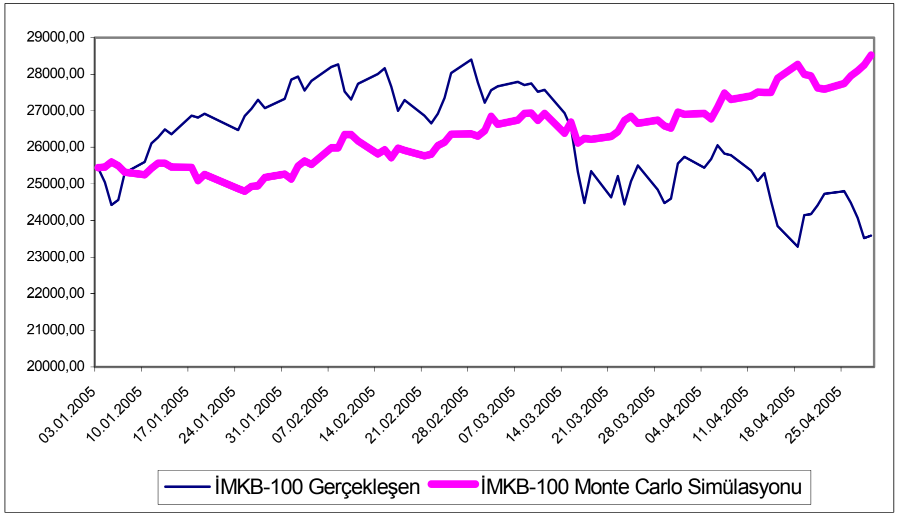
Mansfield E., Statistics For Business and Economics, Fifth Edition, Norton & Company, New York, 1994.

Officer, R.R., 1972, The Distribution of Stock Returns, Journal of American Statistical Association 67, 807-812.

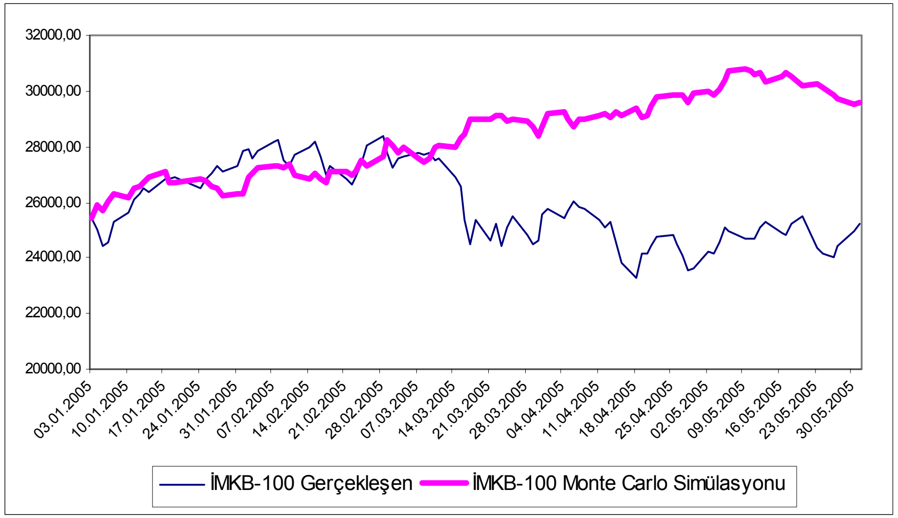
Stevenson W.J., Introduction To Management Science, Second Edition, Irwin Inc., Boston, 1992.



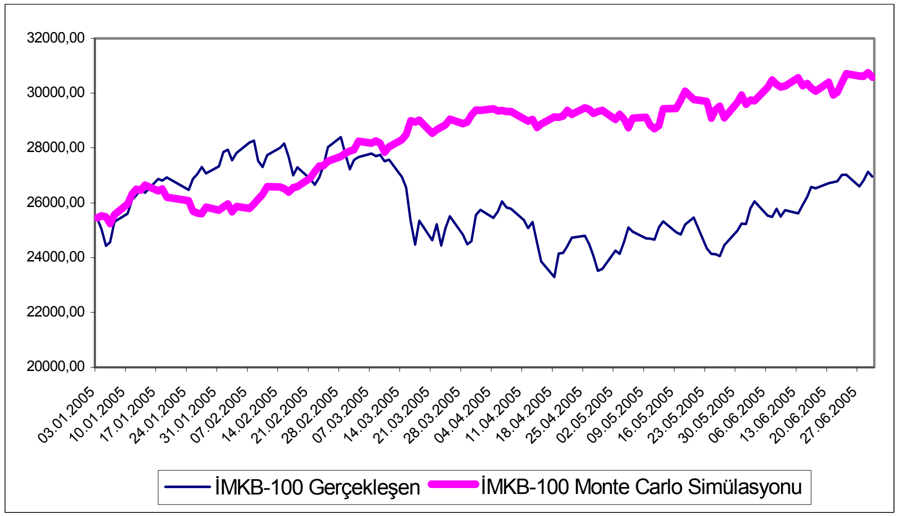
Şekil 2.a. 3 aylık Geçekleşen ve Monte Carlo Simülasyonu İMKB-100 endeks değerleri



Şekil 2.b. 4 aylık Geçekleşen ve Monte Carlo Simülasyonu İMKB-100 endeks değerleri



Şekil 2.c. 5 aylık Geçekleşen ve Monte Carlo Simülasyonu İMKB-100 endeks değerleri



Şekil 2.d. 6 aylık Geçekleşen ve Monte Carlo Simülasyonu İMKB-100 endeks değerleri