

İSTANBUL MENKUL KIYMETLER BORSASININ FRACTAL ANALİZİ

Hakan AYGÖREN*

ÖZET

Yatırımcılar risk ve getiri arasındaki tercihlerini fiyat hareketlerindeki değişkenliğine bakarak şekillendirirler. Dolayısıyla, yatırımcılar için finansal piyasalarda fiyat hareket davranışları önem arz eder. Akademik çalışmalar da bu konu üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalar fiyat hareketlerinin normal dağılıma uygun bir davranış sergilediği sonucuna ulaşmışlardır. Buna karşın, farklı çalışmalar finansal piyasalardaki fiyat hareketlerinin normal davranış sergilemediğini tespit etmişlerdir. Bu gelişmelerle birlikte, çalışmalar özellikle hisse senedi ve döviz fiyat hareketlerinin fractal yapısı üzerine yoğunlaşmıştır. Hisse senetlerinin fractal yapısı, geleneksel anlamda oluşturulan istatistiksel ve ekonometrik modellerin fiyat hareket davranışlarını açıklamada yetersiz kalabileceğini gösterir. Fractal analiz doğrusal davranışı kaotik ve doğrusal olmayan davranıştan ayırt etmeyi amaçlar. Fractal analiz alternatif yatırım kararlarının oluşturulmasında geleneksel risk yönetimine farklı bir boyut katar. Bu çalışmanın amacı İstanbul Menkul Kıymetler Borsası (İMKB) endeksinin fractal bir yapıya sahip olup olmadığını test etmektir. Çalışmada, İMKB endeks hareketleri davranışı Dönüştürülmüş Genişlik (Rescaled range, R/S) analizi kullanılarak incelenecektir. İnceleme sonucunda İMKB endeks davranışının fractal yapıya uygun olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fractal Analiz, İstanbul Menkul Kıymetler Borsası, Fiyat Hareketleri

1. Giriş

Finansal literatürde Etkin Piyasa Teorisi (EPT) bir çok araştırmacının ilgisini çekmiş (Fama, 1970, Bekçioğlu ve Ada, 1986, Kıyılar, 1997) ve EPT sermaye piyasası teorilerinde etkin rol oynamıştır. EPT çalışmalarının bir çoğu tesadüfi yürüyüş kuramının (random walk) geçerli olup olmadığını irdelemiştir. Özellikle, finansal yatırım kararları alınırken standart istatistiksel yöntemlerin kullanılabilmesine yönelik sonuçlar üzerinde durulmuştur. Ancak bu noktada, finansal piyasa davranışlarının doğrusal olup olmadığı önem arz eder. Finansal piyasalarda fiyat davranışlarının doğrusal olmayan bir davranış göstermesi yatırım kararları alınırken kullanılan standart istatistiksel analizlerin yanlış sonuçlar doğurmasına neden olabilir.

* Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü
(haygoren@pamukkale.edu.tr)

Finansal piyasalarda istatistiksel yöntemlerin kullanımı Bachelier'in (1964) çalışması ile başlamıştır. Bu çalışmalar daha çok piyasa hareketlerinin normal bir davranış gösterdiğini kanıtlamaya yöneliktir. Ancak, ilk olarak Osborne (1964) hisse senedi piyasası için olasılık yoğunluk fonksiyonlarını oluşturduğunda yaklaşık olarak bir normallikten söz ederken dağılımın uç noktalarında beklenenin üzerinde hareketlerin gerçekleştiğini vurgulamıştır. Mandelbrot (1964) pamuk fiyat değişimlerinin dağılımını normal dağılım ile mukayese etmiş ve kuyruklarda beklenenden daha fazla gözlem sayısı olduğunu vurgulamıştır. Mandelbrot (1964) bu tür davranış gösteren fiyat hareketlerini sonsuz varyansa sahip olan "Stable Paretian" dağılım özelliklerine sahip olduğunu göstermiştir. Fama (1965) hisse senetleri fiyat değişimlerini Mandelbrot'un (1964) yapmış olduğu çalışmadan yola çıkarak incelemiş ve paralel sonuçlar elde etmiştir. Aygören (2005) İstanbul Menkul Kıymetler Borsası (İMKB) piyasa fiyat davranışlarının yapılan çalışmaların sonuçları ile benzer olduğunu tespit etmiştir.

Finansal piyasaların sistematik olmayan ve karmaşık olan bu yapısı akademisyenlerin ve yatırımcıların piyasalara farklı bir bakış açısıyla yaklaşmalarına neden olmuştur. Fractal geometrinin gelişmesiyle birlikte, karmaşık ve kaotik yapıya sahip olan piyasa davranışları daha net ortaya çıkarılmaya başlanmıştır (Mulligan, 2000, Mulligan, 2003, Peters, 1991). Fractal geometri karmaşıklığın ve kaotik yapının geometrisidir. Euclid geometrisi doğayı simetrik nesnelere dönüştürürken (bir noktaya, bir doğruya, iki boyutlu bir düzleme ya da üç boyutlu bir şekle) Fractal geometri ise simetrik olmayan, karmaşık sistemleri irdelemektedir. Fractallar, parçaları bütünü ile benzerlik gösteren yapılardır. Örneğin ağacın dalları bütün ağaç düşünüldüğünde bütünü ile niteliksel açıdan benzerlik göstermektedir.

Finansal Piyasaların fractal yapıya sahip olmaları finansal piyasaların doğrusal olmayan (nonlinear) sistemler olduğunun bir göstergesi olabilir. Bu noktada EPT sorgulanır bir hal almaktadır. Özellikle, finans literatüründe önemli yere sahip olan Markowitz'in (1952) ortalama-varyans yaklaşımı, Sermaye Varlıkları Fiyatlandırma Modeli (Sharpe, 1964), Black-Scholes (1973) opsiyon fiyatlama modelinin temel varsayımlarından olan fiyat hareketlerinin Normal (Gaussian) dağılıma sahip olduğu kabulünün sorgulanması gerekebilir.

Bu çalışmanın amacı, İMKB fiyat hareketlerinin fractal bir yapıya sahip olup olmadığını, normal (Gaussian) bir davranış sergileyip sergilemediğini araştırmaktır. Çalışmanın izleyen bölümünde Veri ve Metodoloji üzerinde durulmuş, üçüncü bölümünde elde edilen bulgular yorumlanmıştır. Sonuç bölümünde ise genel bir değerlendirme yapılmıştır.

2. Veri ve Metodoloji

Fractal geometri, simetrik olmayan, karmaşık sistemleri irdeleyen ve parçalarının bütünü ile benzerlik gösteren yapılarla ilgilenmektedir. Finansal piyasa davranışları karmaşık sistemler olarak nitelendirilebilir. Bu açıdan incelendiğinde, piyasa hareketlerinin durumu fractal bir yapıyla açıklanabilir. Fractal yapılar, parçaların bütünüyle benzerlik göstermesi nedeniyle piyasa davranışının uzun dönemli hafızasıyla ilgili önemli bilgiler sunabilir. Ayrıca, finansal piyasalarda fractal analiz geleneksel risk ölçüm yöntemleri dışında risk değerlemesi için bir alternatif olabilir ve farklı yatırım fırsatlarının değerlendirilmesinde yardımcı olur.

Bu çalışmada 03/07/1987-28/09/2007 tarihleri arasındaki 5041 adet İMKB-100 günlük kapanış endeks değerleri kullanılmıştır. Veriler Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası veri tabanından elde edilmiştir. Analiz için logaritmik getiriler Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucunda veri 1 adet azalarak 5040'a düşmüştür.

$$R_t = \ln\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right) \quad (1)$$

Burada, R_t günlük endeks getirisi, I_t ve I_{t-1} sırasıyla t ve $t-1$ zamanındaki günlük kapanış endeks değerleridir.

İMKB-100 endeks davranışının fractal yapısıyla ilgili bilgiye sahip olabilmek için "HURST" üssel sayısından yararlanılacaktır. Hurst 1900'lü yılların başında Mısırda Nil nehri üzerinde baraj inşaatında çalışan bir hidrolojistir (Peters, 1991) Hurst (1951, 1956) baraj rezervuarındaki su miktarını kontrol etmek için çalışmalar yapmıştır. Baraj rezervuarındaki ideal su miktarı taşkına sebebiyet vermeyen miktardır. Bu nedenle, bazı dönemlerde bu taşkınları önlemek için suyun barajdan savaklanması (boşaltılması) gerekebilir. Savaklanacak su miktarı da nehrin gelecekteki debisi ile yakından ilgilidir. Yanlış miktarlarda savaklama baraj rezervuarındaki su miktarının tehlikeli boyutlarda azalmasına neden olabilir (Bhar, Erişim 20 Mayıs 2008).

Hurst bu sorunu çözmek için yeni bir istatistiksel katsayı geliştirmiş ve zaman serilerinin Gaussian olup olmadığını (normal dağılıp dağılmadığını) ayırt edecek bir yöntem sunmuş ve bir çok doğa olayının normal dağılım göstermediğini tespit etmiştir (Peters, 1991). Dönüştürülmüş Genişlik (Rescaled Range (R/S)) olarak adlandırılan bu yöntem zaman serilerinin fractal yapıya sahip olup olmadığını tespitinde önemli bir göstergedir. Mandelbrot ve Wallis

(1969) ve Mandelbrot (1971, 1972, 1975) dönüştürülmüş genişlik (rescaled-range) analizini ekonomik zaman serilerinde uygulamıştır. Hurst üssel sayısının (H) 0.5' eşit olması durumunda zaman serisinin normal dağılıma sahip olduğu söylenebilir. Farklı bir değer alması durumunda normal dağılıma sahip olmayan davranıştan söz edilebilir.

Dönüştürülmüş Genişlik olarak adlandırılan istatistiksel yöntemde Hurst üssel katsayısı (H) Eşitlik 2, Eşitlik 3 ve eşitlik 4 yardımı ile tahmin edilebilir:

$$X_{T,N} = \sum_{t=1}^T (R_t - \mu_N) \quad (2)$$

Burada, $X_{t,N}$ N dönemi boyunca kümülatif sapmayı, R_t , t zamanındaki getiriye ve μ_N , N dönem boyunca ortalama R_t 'yi göstermektedir.

Bu hesaplama sonucunda Genişlik (R) ise aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$R = \text{Max}(X_{T,N}) - \text{Min}(X_{t,N}) \quad (3)$$

Farklı dönemlerdeki zaman serileri davranışlarının incelenmesi için Hurst bu Genişlik (R) değerini orijinal gözlemlerin standart sapmasına bölerek yeni bir ölçü oluşturmuştur. Elde edilen bu veriler ile eşitlik 4'de belirtilen ilişkiden yararlanarak Hurst üssel sayısı tahmin edilebilir.

$$R/S = (a * N)^H \quad (4)$$

Burada, R/S , dönüştürülmüş genişlik, a sabit, N , gözlem sayısı ve H , Hurst üssel sayısıdır. Hurst üssel sayısının (H) tahmin edilebilmesi için eşitlik 4'ün her iki tarafının logaritmasını almak yeterli olur. Böylece, eşitlik 4 eşitlik 5'e dönüşür:

$$\log(R/S) = \log(a) + H * \log(N) \quad (5)$$

Eşitlik 5 yardımıyla dönüştürülmüş genişlik (R/S) logaritmik değerleri ile gözlem sayıları (N) logaritmik değerleri regresyona tabi tutulur ve regresyondan elde edilen doğru denkleminin eğimi Hurst üssel sayısının değeridir.

İstanbul Menkul Kıymetler Borsasının (İMKB) Fractal Analizi

Bu çalışmada İMKB-100 günlük kapanış endeks değerleri logaritmik getirilere dönüştürüldükten sonra, 5040 günlük endeks getirileri N=10 günlük gruplar haline ayrılarak (504 grup elde edilmiştir.) Grupların oluşturulmasında $N < 6$ durumu hesaplamalarda sorunlar yaratacağı Peters (1991: 82) tarafından belirtilmiştir. Bu nedenle çalışmada gruplandırma N=10 ile başlatılmıştır. Herbir grup için dönüştürülmüş genişlikler hesaplanmıştır. Dönüştürülmüş genişliklerin ortalaması alınarak N=10 gün için ortalama dönüştürülmüş genişlikler hesaplanmıştır. Bu işlem 5040 sayısına tam bölünebilen N=12, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 24, 28, 30, 35, 26, 40, 42, 45, 48, 56, 60, 63, 70, 72, 80, 84, 90, 105, 112, 120, 126, 140, 144, 168, 180, 210, 240, 252, 280, 315, 336, 360, 420, 504, 360, 630, 720, 840, 1008, 1260, 1680, 2520 için tekrarlanmış ve 49 adet ortalama dönüştürülmüş genişlik elde edilmiştir. Hurst üssel sayısı (H) ortalama dönüştürülmüş genişlik logaritmik değerleri ile gözlem sayısı (N) logaritmik değerleri regresyona tabi tutularak hesaplanmıştır.

3. Bulgular

Tablo 1 zaman serilerinin fractal yapısı ile ilgili sınıflandırmayı göstermektedir. Tablo 1'e göre Hurst üssel sayısının, $0 < H < 0.5$, olması durumunda zaman serisinin davranışı devamlı olmayan, ortalamadan sapma gösteren ve negatif serisel korelasyona sahip olan bir davranıştır ve böyle bir durum pembe gürültü olarak adlandırılmaktadır. H'ın, $0.5 < H < 1$ arasında olması durumunda ise zaman serisi davranışı devamlılık arz ederken bir trendin oluşmasını sağlamaktadır. Bu tür bir davranış ise siyah gürültü olarak adlandırılmaktadır. H=0,5 olması normal dağılımın geçerli olduğunu gösterirken H=1 Cauchy dağılım özelliklerine sahiptir.

Tablo 1. Zaman Serilerinin Fractal Sınıflandırılması

DAVRANIŞ BİÇİMİ	RENK	HURST ÜSSEL SAYISI (H)
Devamlılığı olmayan, Ortalamadan sapan, , negatif serisel korelasyona sahip	Pembe Gürültü	$0 < H < 0,5$
Normal Dağılım (Gaussian Süreci)	Beyaz Gürültü	$H = 0,5$
Brownian Hareketi, wiener süreci	Kahverengi Gürültü	
Devamlı, Trend zorlayan, Hurst süreci	Siyah Gürültü	$0,5 < H < 1$
Cauchy süreci, Cauchy dağılımı	Cauchy Gürültü	$H = 1$

Kaynak: Mulligan, (2004)

Tablo 2 İstanbul Menkul Kıymetler Borsasında inceleme dönemine ait endeks getirilerinin Hurst üssel değerlerini $N=12,14,15,16,18,20,21,24,28,30,35,26,40,42,45,48,56,60,63,70,72,80,84,90,105,112,120,126,140,144,168,180,210,240,252,280,315,336,360,420,504,560,630,720,840,1008,1260,1680,2520$. için göstermektedir. Tablo 2 incelendiğinde Hurst üssel sayısı $0.5 < H < 1$ arasında olduğu görülmektedir. Bu durum İMKB-100 endeks davranışının tesadüfi bir davranış sergilemediği görülmektedir. Yatırımcıların bu davranış biçimi göz önünde bulundurarak karar vermeleri gerekir.

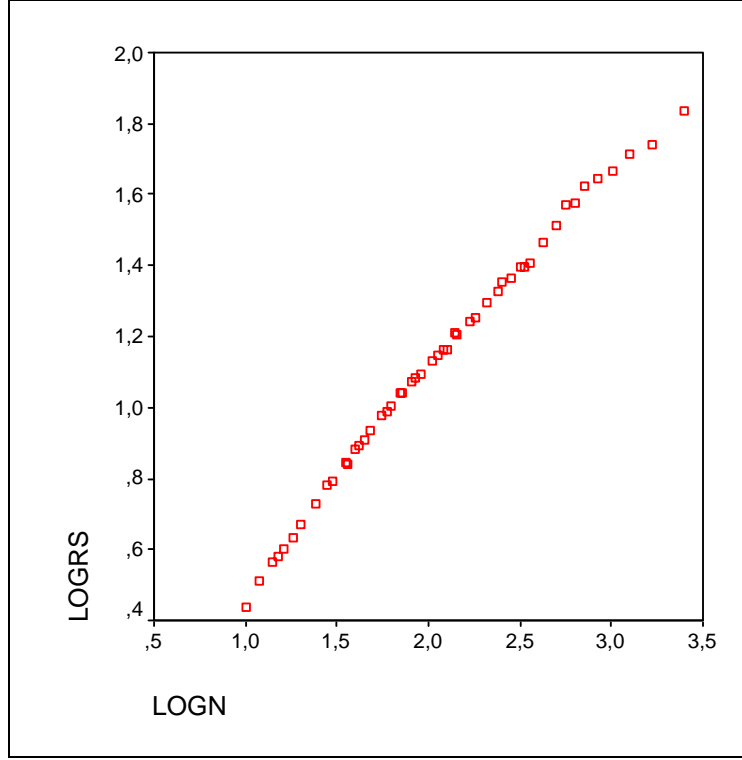
Tablo 2. İMKB-100 Endeks için Hurst Üssel Sayısı

	$\log(a)^*$	H^*	Düzeltilmiş R^2
$N=10,12,14,15,16,.....$	-0,073	0,586	0,997
	(-5,033)	(86,497)	

* $\log(R/S) = \log(a) + H * \log(N)$ modelinden tahmin edilen değerler.

** Parantez içindeki değerler t değerlerini ifade etmektedir.

İstanbul Menkul Kıymetler Borsasının (İMKB) Fractal Analizi



Şekil 1. İMKB-100 Endeksinin R/S analizi

Tablo 2’de görüldüğü gibi İMKB-100 için $0,5 < H < 1$ ’dir ve t değerlerine bakıldığında istatistiksel anlamlılığa sahiptir. Bu endeks davranışının normal dağılıma uygun bir davranışın olmadığını bir göstergesi olarak algılanabilir. Bu noktada, normal dağılım varsayımıyla oluşturulan geleneksel finansal modeller yatırımcılara yanıltıcı bilgiler verebilir. Sonuç, olarak da yatırımcılar yüksek kayıplarla karşı karşıya kalabilirler. Yatırımcılar doğru karar verebilmeleri için risk değerlemelerinde fractal analizi bir alternatif olarak düşünebilirler.

4. Sonuç

Bu çalışmada İMKB fiyat davranışının incelenmiş ve EPT'yi destekleyici bir sonuç elde edilememiştir. Ayrıca fiyat davranışlarının normal dağılım göstermediği sonucuna varılmıştır. Buna göre normal dağılımı temel alan Markowitz'in (1952) ortalama-varyans yaklaşımı, Sermaye Varlıkları Fiyatlandırma Modeli (Sharpe, 1964), Black-Scholes (1973) opsiyon fiyatlama modeli yatırım kararlarında yatırımcıları yanılabileceği söylenebilir.

Finansal piyasaların etkin oldukları, halka açık olan tüm bilgilerin finansal varlık fiyatlarınca yansıtıldığı savunulmaktadır. Dolayısıyla, bilinen tüm bilgiler piyasa tarafından yansıtıldığı için fiyat değişimleri sadece piyasaya yeni bilgi girişine bağlıdır. Bir başka ifadeyle bugünkü fiyat geçmiş fiyatlardan tamamen bağımsızdır. Bu finansal piyasaların rassal (tesadüfi) yürüyüş özelliğine sahip olduğunu ifade eder.

Etkin piyasalarda yatırımcılar ise rasyonel bir davranış sergilerler. Rasyonellik, finansal varlık fiyatını mevcut tüm bilgilere göre belirleyebilme kabiliyetidir. Rasyonel yatırımcı riskten kaçınan yatırımcıdır ve kabul edilen ekstra risk için ekstra getiri elde etmeyi bekler. Bu varsayımsal yaklaşım, yatırımcıların potansiyel kazanç ve kayıplar ile karşı karşıya kalması durumunda yatırımcıların davranış biçimleriyle yakından ilgilidir. Finansal piyasalarda çoğu yatırımcı riskten kaçınan değil potansiyel kayıplarını minimize etmek için daha fazla riski kabul eden yatırımcı tipinde olabilir.

Rasyonel beklentiler teorisi yatırımcıların gelecekteki belirsizliklere karşı tepkilerinin bilinen olasılıklara göre doğru ve objektif olduğunu belirtir. Ancak, insanoğlu doğası gereği çoğu zaman kararlarında fazla güvene dayalı rasyonel olmayan sonuçların doğmasına neden olabilir. Fazla güven ise, mevcut olan bazı bilgilerin göz ardı edilerek hesaba katılmamasına neden olabilir. Finansal piyasalarda bu tür davranışa uygun bir çok yatırımcı bulmak mümkün olabilir. Bu ve benzeri yatırımcı davranışları da, piyasaların neden fractal bir yapıya sahip olduğunun bir göstergesi olabilir.

Bu nedenle, çalışmadan elde edilen sonuçlar yatırımcıların düşündüklerinden daha riskli bir piyasada olduklarının bir göstergesi olabilir. Bu bağlamda geleneksel risk ölçme yöntemlerinin yetersiz kalabileceği düşünülerek, daha doğru risk değerlemesi için fractal analiz ve kaos gibi alternatif analizler kullanılabilir.

ABSTRACT

FRACTAL ANALYSIS OF ISTANBUL STOCK EXCHANGE (ISE)

In financial markets price changes play important role for investors in their investment decisions. Therefore, investors try to explain and predict stock price changes. Some of the academic studies concluded that stock price changes conform the normal distribution whereas several others did not. Recently, in order to explain the behavior of financial markets, researchers have focused on fractal analysis. Fractal analysis aims at distinguishing linear behavior from unpredictable non-linear and chaotic behavior. Fractal analysis offers an alternative to conventional statistical risk measures in explaining behavior of stock markets. The purpose of this study is to investigate the fractal structure of Istanbul Stock Exchange (ISE). Rescaled Range (R/S) analysis is used in order to explain the behavior of ISE. It has been concluded that behavior of price changes in ISE can be asserted with fractal analysis.

Keywords: Fractal Analysis, Istanbul Stock Exchange, Price Movements

KAYNAKÇA

- AYGÖREN, H. (2005), “An Empirical Investigation of Price Changes in Istanbul Stock Exchange (ISE)”, *Hacettepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 25(1), 109-134.
- BACHELIER, L. (1964), “The Theory of Speculation”, P. Cootner (der), *Random Character of Stock Market Prices içinde*, Cambridge, MA: *M.I.T Press*, 17-78.
- BEKÇIOĞLU, S. ve E. ADA (1985), “Menkul Kıymetler Piyasası Etkin mi?”, *Muhasebe Enstitüsü Dergisi*.
- BHAR, R. (Mayıs 2008) “Testing For Long-Term Memory In Yen / Dollar ExchangeRate,http://wwwdocs.fce.unsw.edu.au/banking/staff/profiles/rbhar/ref_jrnl/ref_16_ltm.pdf, (20/05/2008).
- BLACK, F. ve M. SCHOLES (1973), “The Pricing of Options and Corporate Liabilities”, *Journal of Political Economy*, 81, 637-659.
- FAMA, E.F. (1970), “Efficient Capital Markets: A Review Theory and Empirical Work”, *Journal of Finance*,:25, 338-417.
- FAMA, E.F. (1965) “The Behavior of Stock Market Prices”, *Journal of Business*, 38, 34-105.
- HURST, H. (1951), “Long Term Storage Capacity of Reserviors”, *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 116, 770-799.

- HURST, H. (1956), "Methods of Using Long Term Storage in Reservoirs", *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, 1, 519-543.
- KIYILAR, M. (1997), "Etkin Pazar Kuramı ve Etkin Pazar Kuramının IMKB'de İrdelenmesi", *Sermaye Piyasası Kurulu Yayınları*, Yayın No: 86.
- MANDELBROT, B. (1975) "Limit Theorems on the Self Normalized Range for Weakly and Strongly Dependent Processes", *Z. Wahrscheinlichkeitstheorie verw. Gebiete*, 31, 271-285.
- MANDLEBROT, B., (1964), "The Variation of Certain Speculative Prices", P. Cootner (der), *Random Character of Stock Market Prices*, Cambridge, MA: M.I.T Press, 307-332.
- MANDLEBROT, B. (1971), "When Can Price be Arbitraged Efficiently? A Limit to the Validity of the Random Walk and Martingale Models", *Review of Economic Statistics*, 53, 225-236.
- MANDLEBROT, B. (1972), "Statistical Methodolgy for Non-Periodic Cycles: From the Covariance to R/S Analysis", *Annals of Economic and Social Measurement*, 1, 259-290.
- MANDLEBROT, B. ve J.R. WALLIS (1969), "Robustness of the Rescaled Range R/S in the Measurement of Noncyclic Long Run Statistical Dependence", *Water Resources Research*, 5, 967-988.
- MARKOWITZ, H. M. (1952), "Portfolio Selection", *Journal of Finance*, 7, 77-91.
- MULLIGAN, R. (2000), "A Fractal Analysis of Foreign Exchange Markets", *IAER*, 6 (1), 33-49.
- MULLIGAN, R. (2003), "Fractal Analysis of Highly Volatile Markets: An Application to Technology Equities", *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 44, 155-179.
- OSBORNE, M.F.M. (1964), "Brownian Motion in the Stock Market", P. Cootner (der), *Random Character of Stock Market Prices*, Cambridge, MA: M.I.T Press, 100-128.
- PETERS, E.E. (1991), *Chaos and Order in The Capital Markets: A New View of Cycles, Prices, and Market Volatility*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- SHARPE, W.F. (1964), "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk", *Journal of Finance*, 19, 425-442.