SOSYAL ve BEŞERİ BİLİMLER DERGİSİ
Cilt 4, No 1, 2012 ISSN: 1309-8012 (Online)

FRAKTAL GEOMETRİ İLE TEKRARLAYAN FONKSİYON SİSTEMLERİ ÜZERİNE BİR SİMÜLASYON DENEMESİ: İMKB ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Atilla HEPKORUCU
Kastamonu Üniversitesi
Taşköprü Meslek Yüksekokulu
Öğretim Görevlisi
ahepkorucu@gmail.com

Özet

Bu çalışmanın amacı fraktal geometri prensipleri ile İMKB100 (İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Ulusal İndeks) endeksini alternatif bir simülasyon modeli altında öngörümlemeye çalışmaktır. Amaç kısıtlarımızın sınırlarını genişleten bir modelin kurulması ile finansal varlıkların getiri serilerini gerçeğe daha uygun bir şekilde simüle etmektir. Sıkça kullanılan simülasyon modelleri doğal olmayan ancak işlem kolaylığı sağlayan pek çok kabüllenme içermektedir. Oysa ki; herhangi bir modelin başarısı gerçek yapının taklit edilmesine dayanmaktadır. Fraktal geometri doğadaki benzerlik unsurunu temel almaktadır. Tekrarlayan fonksiyon sistemleri fraktal bir cismi oluşturmak için, seçilen cismin benzerlerini sisteme ekleyerek fraktal bir yapının oluşmasına imkan verir. Temelde finansal varlık getirilerinde oluşan kümelenme etkisi fraktaller yapının sistemde görüldüğünün habercisidir. Bu yüzden finansal varlık fiyat değişimi serilerinin simüle edilmesinde tekrarlayan bir model baz alınarak alternatif bir öngörümleme modeli kurulması gerektiğine karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Finansal Öngörümleme ve Simülasyon, Fraktal Geometri, Finansal ürünleri fiyatlama, Öngörümleme ve diğer model uygulamaları*

Jel Sınıflandırması: G17, C53, G12

THE FIELD WORK SIMULATION BASED ON FRACTAL GEOMETRY AND ITERATED FUNCTIONS SYSTEMS: AN APPLICATION OF IMKB

Abstract

The aim of paper is based on to researh an alternative model to simulate of forecasting İstanbul Stock Exchange Market (IMKB100) national index daily return series using with the principles of fractal geometry. The main purpose is to construct a model which extends limits and simulate financial products return series become authentic and truthful to nature. Simulation models are used rather *frequestly that consist unnaturel assumptions that provide to include operation facilities. But the achievement of any model sustains the repetition of the real structure. Fractal geometry based on to have a similarity basis within nature. To develop fractal object with the iterated functions systems that determine the affinity of structure and adds similarities to main. Fundamentally, the clustering effect on financial returns precursor that concludes the fractal structure. That's why an alternative forecasting model technique for simulation of financial assets return series is determined that concludes to be marked by repetition.*

Keywords: *Financial Forecasting and Simulation, Fractal geometry, Asset Pricing, Forecasting and Other Model Applications*

Jel Classification: G17, C53, G12

1. GİRİŞ

Finansal varlık getirilerinin incelendiği pek çok çalışmada, getiri dağılımlarının normal dağılmadığı oldukça sık bir şekilde gözlemlenmiştir. Örneğin; piyasa ve endeksler itibariyle güçlü birer uzun hafıza etkisine sahip oldukları bilinmektedir. (Ural ve Demireli, 2009, 252-254) Bu nedenle getiri dağılımlarına uygun yeni dağılımlar üretilmeye veya kullanılan dağılım modellerinin revizyonuna gidilmektedir. Her zaman aralığı için veya zaman aralığının genişletilmesi sonucu açığa çıkan dağılımın zaman ilerledikçe değişmesi sonucu zamanla değişen varyans modellerinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Zamana karşın değişen varyans modelleri, ortalama bir varyans değerine ve gecikmeli hata terimleri ile gecikmeli varyans değerlerine bağlıdır. Söz konusu modellerin ortalama bir varyans değerine sahip olması sebebiyle ortalamaya dönen yani ortalama etrafında dalgalanan bir yapı izlediği bilinmektedir.

Bu modeller dahi varyans kırılması olarak adlandırılan unsurun etkisi altında girmektedir. Varyans kırılması olgusu koşullu varyansın zaman bağlı değişiminin piyasaya gelen şiddetli bir haberin etkisiyle modelin o andan itibaren değişimine sebep olmaktadır. Piyasaya gelen şiddetli bir enformasyon etkisi söz konusu ortalama değerin de sapmasına yol açmaktadır. (Lamoureux ve Lastrapes, 1990, 226-234)

Fiyatlama modellerine kısaca bakılırsa, modellerin yukarıdaki varyans öngörümleme modellerine ve tamamen rassal olarak üretildikleri görülmektedir. Bu temelden türeyen bazı modellerde ise; sisteme belli aralıklarda eklenen sıçrama unsurları modeli daha kabul edilebilir hale getirmektedir. Temelde kullanılan pek çok fiyatlama modeli hafızasız modeller olarak kabul edilmektedir.

Halbuki gerçek finansal varlık fiyatları kendi gecikmeli değerlerinden etkilenmektedir. Sonuç olarak gecikmeli fiyatların oluşan fiyatlar üzerinde bir etkisi vardır. Bununla beraber piyasaya gelen enformasyonun sayısal verisi olarak kabul edilen işlem hacminin fiyatla etkileşiminin zayıf olması teoride öngörülen çoğu fiyatlama modelinin de pratikte başarısız olduğunu gösterir. Piyasaya gelen enformasyondan arındırılmış ve varyansın sabit kabul edildiği modeller; bu açıdan bakıldığında ancak çok kısa zaman aralıklarında kullanılabilir. Bu şekilde seçilen zaman aralığında piyasadaki varlıkların fiyatlamasında oldukça etkin bir şekilde kullanılabilen bu modeller gerçel piyasalara uyarlandığında ortaya çıkan sonuç öngörümleme açısından oldukça yetersizdir.

Bu olumsuzlukların aşılması açısından, yakın geçmişte finansal ürün fiyat oluşumunu ve fiyatı oluşturan unsurların fraktal birer yapı oluşturduğunu kabul eden çalışmalar ortaya çıkmaya başlamıştır. (Jumarie, 2002, 1486-1489) (Evertsz, 1995, 610-614)

Tüm bu olumsuzlukların çözümü tabiatta yer almaktadır. Doğadaki pek çok oluşuma bakıldığında sistemlerin kendini tekrarladığını ve çeşitli formların bu sayede oluştuğu görülmektedir. Sıra dağlar, kıyı şekilleri, çam ağaçları veya eğrelti otu incelendiğinde belirli bir kesitleri alındığında söz konusu kesitin tüm nesneye benzerlik gösterdiği gözlemlenmektedir. Hayvanlar aleminde gözlemlenen simetriden tutun da tek bir hücreden oluşan ve hücrelerin yapısının değişerek oluşan insan vücudunun yapısı bunlara birer örnektir.

Örneğin *Argyropelecus alfersi* cinsi balıklar ile *Sternoptyx diaphana* cinsi arasındaki fraktal benzerlik dikkat çekmektedir.(Gao ve ark., 2007, 18-23) Sadece bu örnekler bile sistemlerin modelleme ve öngörülmesinde tekrarlayan sistemlerin kullanılmasına birer örnektir. Doğada bulunmayan öğe ve kısıtların öngörümleme ve simülasyon modellerinden uzaklaştırılması gerekmektedir. Göz önünde bulundurulması gereken bir diğer faktör, evrende nokta, doğru ve düzlem gibi tanımların geçersiz olduğudur. Sonuç olarak bu unsurlar ile oluşturulan rijit cisimlerin pratikte mantıksız olduğu ve asla oluşturulamayacağı kabul edilmektedir. Bu nedenle Öklid evrenindeki her tanım tabiatın kaideleri açısından reddedilmektedir.

Basit finansal ürün getirilerine ilave olarak, türev ürünlerin getirilerinin benzer şekilde kendini tekrar eden bir yapıda olduğu ve fraktal birer yapıya sahip oldukları gözlenmektedir. (Corazza, 1997,434-437) Benzer şekilde herhangi bir finansal ürünün fiyatını belirleyen birbirinden farklı pek çok unsur yer almaktadır ki; bunlardan çoğu sisteme katılmamaktadır. Bu yüzden düzensiz ve rasgele olayların sistem içinde tekrarlanması; unsurların belirlenmesi ve sınıflandırılmasını gereksiz kılarken, modelin daha başarılı bir şekilde öngörümlenmesine yardımcı olacaktır. (Kesici, 2006, 191-192)

Sonuç olarak sistemlerin öngörülmesi ve modellemesi açısından tekdüze, şansa bağımlı ve fazla kısıt içeren modellerin elenmesi gerekmektedir. Oluşturulacak modellerin kendini tekrarlayan bir fraktal yapısında olması önerilmektedir. Kısıtların genişletilmesi ve bir kısmının kaldırılması oluşturulacak olan modelin kullanılabilirliğini ve tahminleme başarısını arttıracaktır.

Bu çalışmada hedeflenen fraktal yapı ve tekrarlayan sistemlerin oluşturulması ile İMKB100 (İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Ulusal İndeks) endeksinin gelecekte alacağı değerleri öngörümlemeye çalışmaktır.

2. FRAKTAL GEOMETRİ VE TEKRARLAYAN FONKSİYON SİSTEMLERİ

Fraktal geometrinin finans bilimine uyarlanması; modelin kuramcıları açısından kaos teorisiyle uyum göstermektedir. Piyasalarda gözlemlenilen davranış kalıpları açısından incelendiğinde; kazancı maksimize etmek ve kaybı minimize etmek açısından finansal piyasa aktörlerinin davranışlarının birleşimi olan piyasa beş kurala bağlı çalışmaktadır. (Mandelbrot ve Hudson 2005: 46-49) Bu beş kural kaos teoreminin temel önermeleri ile benzerlik göstermektedir.

1.Kural: Düzen düzensizliği yaratır. Aşırı fiyat dalgalanmalarından dolayı bütün piyasalar risklidir.

2.Kural: Düzensizliğin içinde de bir düzen vardır. Piyasalardaki finansal varlıkların getiri serilerinde gözlemlenen kümelenme göstermesine alışkın olan özellikle kurumsal yatırımcılar tarafından finansal piyasalarda oluşan sorunlar birbirlerini izleyen bir nitelik kazanır.

3.Kural: Düzen düzensizlikten doğar. İç dinamikler olan yerli yatırımcılar ve yerli spekülatörlerin belirleyici aktörler olduğu piyasalar bir kişiliğe bürünür.

4.Kural: Yeni düzende uzlaşma ve bağlılık değişimin ardından çok kısa süreli olarak kendini gösterir. İstatistiksel açıdan yapılan uzun dönemli tespitler piyasalar açısından bağlayıcı değildir.

5.Kural: Ulaşılan yeni düzen, kendiliğinden örgütlenen bir süreç vasıtasıyla kestirilemez bir yönde gelişir. Piyasaların kapanmadığı kanısı, özellikle finansal piyasaların birbirlerine entegre oluşu ve büyük ölçüde benzerlik göstermelerine bağlı olarak gelişmiştir. Piyasa aktörlerinin coğrafi uzaklık ve zaman dilimi ayrıt etmeksizin elektronik haberleşme yolu ile yabancı ülkelerdeki piyasalarda işlem yapmaları bu kanıyı desteklemektedir. (Kendirli 2006: 173)

Birçok fraktal yapı kendine benzer parçalardan oluşmuştur. Bu kendine benzerlik özelliği aynı zamanda fraktalleri tanımlamak için kullanılır. Tekrarlayan fonksiyon sistemi birleşik olarak kendine benzerlik sistemini çözümlemek ve fraktallerin boyut yapısını basit bir şekilde çözümlemek için kullanılmaktadır.

$\Re^n$ n-boyutlu uzayda D kapalı bir alt küme olsun ve $\Re^n = D$ olarak kabul edilsin. $S : D \to D$ olan ve D kapalı alt kümesinden aynı alt kümeye tanımlı olsun ve $0 < c < 1$ kabullenmesi altında $|S(x) - S(y)| \le c|x - y|$ için her $x, y \in D$ ise S sürekli ise sistemde ilişki kurucu olarak kabul edilmektedir. Eğer $|S(x) - S(y)| = c|x - y|$ eşitliği sağlanır ise S 'ye ilişki benzerlik faktörü adı verilir.

Bu sonlu ilişki sistemi $\{S_1, S_2, ...S_m\}$ için ve $m \ge 2$ (boyut) ise tekrarlayan fonksiyon sistemi olarak adlandırılır.

D 'nin alt kümesi olan ve boş küme olmayan F tekrarlayan fonksiyon çekicisi veya içinde değişen set kümesi olarak adlandırılır ve $F = \bigcup_{i=1}^{m} S_i(F)$ olarak tanımlanır.

Tekrarlayan fonksiyon sistemlerinin kendine özgü birer birleşik, sınırları dahil olan ve kapalı altküme özelliği taşıyan atraktör olduğu kabul edilmektedir. Bu çekicilerin birleşimi T olarak ifade edilirse, T içinde yer alan bir A altkümesinin $\delta -$ komşuluğu A 'ya δ mesafesinde yer alan noktaları içermektedir.

$$A_\delta = \{x \in D : |x - a| \le \delta, \forall a \in A\}$$

T 'yi metrik uzayda A ve B setlerinin arasındaki uzaklığa bağlı olarak tanımlarsak; en yakın δ mesafesi A 'nın δ komşuluğunda B 'yi içerir ise;

$$d(A, B) = \inf\left[\{\delta : A \subset B_\delta\} \cap \{\delta : B \subset A_\delta\}\right]$$

d metriğinde veya uzaklık fonksiyonundaki A seti üç koşulu taşımalıdır.

- $d(A, B) \ge 0$
- $d(A, B) = d(B, A)$
- $d(A, B) \le d(A, C) + d(C, B)$

Koşulları kabulünde; T üzerindeki $A, B, C \in T$ halini alır ve d Hausdoff metriği olarak adlandırılır. Eğer $d(A, B) \leq S|A, B|$ ise A ve B diğer setlerden birbirine δ uzaklığına göre daha yakındır. Kanıtlanması;

$D \subset \Re^n$ için $\{S_1, S_2, ..., S_m\}$ atraktörleri için; $|S_i(x) - S(y)| \leq c_i|x - y|$, $x, y \in D$ ve $c_i < 1$ her i için, F boş olmayan birleşik bir set olsun;

$F = \bigcup_{i=1}^{m} S_i(F)$ halini alır. S transformasyonu T üzerinde tanımlarsak, tüm setler

$S(\mathrm{E}) = \bigcup_{i=1}^{m} S_i(E)$ halini almaktadır. $E \in T$ için k dereceden tekrarı S kümesinin;

$S^0(E) = E$ olsun. $S^k(E) = S(S^{k-1}(E))$, $k \geq 1$ olur.

$E \in S$ her i için $S_i(E) \subset E$ ve $F = \bigcap_{k=0}^{\infty} S^k(E)$ halini alır.

S içindeki tüm setler T tarafından transformasyona uğrar ise;

$A, B \in S$ için $d(S(A), S(B)) = d\left(\bigcup_{i=1}^{m} S_i(A), \bigcup_{i=1}^{m} S_i(B)\right) \leq \max_{1 \leq i \leq m} d(S_i(A), S_i(B))$,

d metriğine bağlı olarak δ komşuluğu ile her i için A; $(S_i(A))_\delta \Rightarrow S_i(B)$'yi içerir. $\bigcup_{i=1}^{m} S_i(A) \subset \bigcup_{i=1}^{m} S_i(B)$ her an kapsamaktadır.

$d(S(A), S(B)) \leq \max_{1 \leq i \leq m}(c_i(d(A, B)))$

d tamamlanmış metrik sistem bakımından T içinde yer alan her setin Cauchy-Euler serisi bakımından T'ye yakınsamaktadır. Sonuç olarak set kendi içinde tekrarlanmaktadır. Bu durum Tekrarlayan Fonksiyon Sistemleri olarak adlandırılmaktadır. (Falconer, 2003, 123-150)

3. VERİ VE METODOLOJİ

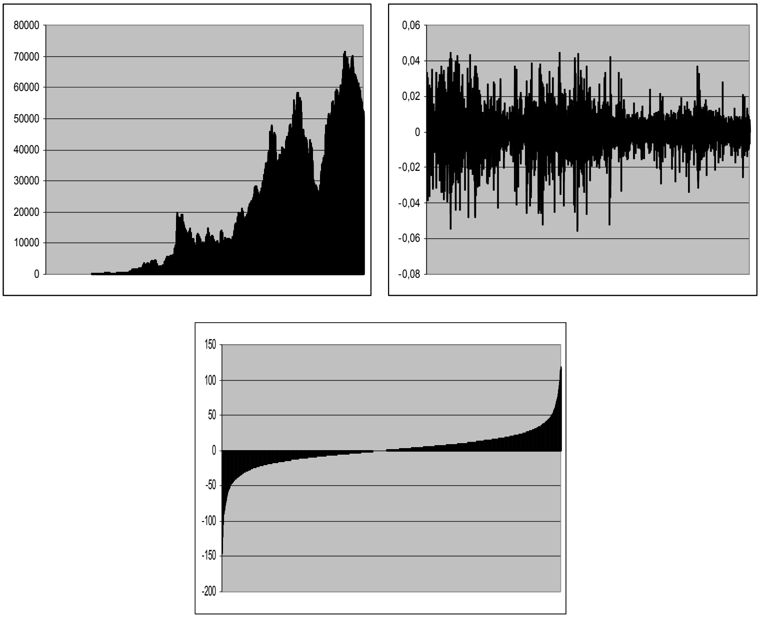
Veri Seti

Çalışmada veri seti olarak 04.01.1988 ve 13.01.2012 dönemine ait İMKB100 Endeksi'nin günlük logaritmik getiri serileri kullanılmıştır. Veriler İMKB'nin internet sitesinden temin edilmiştir. Analiz dönemi İMKB'nin faaliyete geçtiği

04.01.1988 tarihi ile çalışmaya konu olan uygulamanın başladığı zaman aralığı boyunca belirlenmiştir.

Metodoloji

IMKB100 endeks değerleri ile logaritmik getiri serisi arasındaki ilişki seçilen zaman aralığına karşın incelenmiştir. Özellikle göze çarpan ilk durum logartimik getiri serisindeki kümelenme etkisidir. Kümelenme etkisi ilk defa Mandelbrot tarafından incelenmiştir. Büyük getiri değişimlerinin büyük getiri değişimleri ile, küçük getiri değişimlerinin küçük getiri değişimleri ile belirlenen bazı aralıklarda toplanması kümelenme etkisidir. Buradan çıkarılacak sonuç piyasanın canlı olduğu ve geçmiş değerleri hafızasında tutması sonucu yeni fiyatı oluşturmasıdır.



Şekil:1 IMKB100 endeks değerleri ile Günlük logaritmik fark serileri ile fark serisinin artan şekilde dizilimi

Logaritmik getiri serisini oluşturan değerler küçükten büyüğe sıralanmıştır. Gözlemlendiği üzere belirli bir ortalama değer ve bu ortalama değerin katları halinde yeni bir seri oluşturulmuştur. Seçilen zaman aralığında kullanılan veriler birbirinin kopyası halini almaktadır. Birbirlerine benzer oluşları ve bu benzerliğin birbirini takip etmesi affinite özelliğinin bu sistem içinde geçerli olduğunu gösterir. Doğru 1 boyuta sahip bir büyüklüktür ve boyuttaki değişim ile doğrunun yönelme durumu sistemi oluşturmaktadır.

Tablo 1: IMKB100 endeksinin günlük logaritmik fark serisi özellikleri ve seriyi oluşturan değerlerin afinite (benzerlik) değerleri

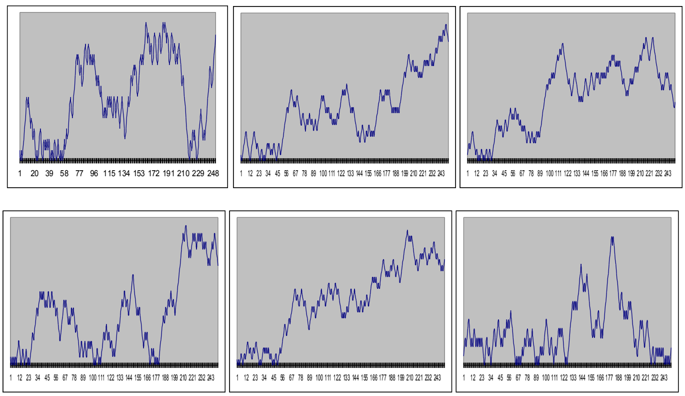
Örneklem Sayısı 10215	Logartimik Getiri Serisi Özellikleri	Ortalama değer bakımından Afinite Özellikleri
Maksimum	0,044773	118,0539
Ortalama	0,000379	1
Minimum	-0,055541	-146,449

Sistem bu haliyle doğru parçalarının birim değer olan doğrunun yönü ve büyüklüğü değiştirilmesinden ibaret bir hal almaktadır. Afinite olan benzerlik değeri ile elde edilecek herhangi bir t anındaki L getiri doğrusu üç adet faktöre bağlıdır. Bu faktörler; $L_{Ortalama}$ ortalama getiri doğrusunun uzunluğu, A_1 doğrunun yönelme durumu ve A_2 doğrunun benzerlik katsayısıdır.

$$L(getiri)_t = L_{Ortalama} * A_1 * A_2$$

Görüldüğü üzere artık logaritmik getiri sistemi kendini tekrarlayan bir şekil almıştır. Deneme olarak $L(getiri)_t = L_{Ortalama} * A_1 * A_2$ için benzerlik katsayısının daima bire eşit $A_2 = 1$ olduğunu düşünelim. Elde edilecek yeni serinin birim getiri doğrusu uzunluğu, çalışmanın konusu olan serinin ortalama birim getiri doğrusuna eşit kabul edilsin.

Şekil 2: IMKB100 endeksi logaritmik fark serisinin birim getiri değeri ile simüle edilmiş bir yıllık endeks değer simülasyon örnekleri



Elde edilen endeks serileri tamamen aynı benzerlik katsayısına sahiptir. Görsel açıdan farklılık göstermelerine rağmen dışında bu serilerin istatistiksel özellikleri tamamen farklıdır. Bu nedenle finansal varlıkların getiri serilerinin istatistiksel özelliklerinin belirlenmesi fraktal geometri açısından mantıklı görülmemektedir.

Bir sonraki adımda sisteme enformasyon etkisinin eklenmesi yer alacaktır. Sisteme eklenen enformasyon ile fiyatın uyarılması hedeflenmektedir. Genel olarak t anında piyasaya giren I_t enformasyonun, $t+1$ anındaki fiyatı uyardığı düşünülmektedir. Genelleştirildiğinde; $t+1$ anındaki fiyatın beklenti hipotezinin belirlenmesi için t anında piyasaya gelen bilgi ile birlikte t anındaki fiyata gereksinim vardır.

$E(S_t|I_t) = S_{t+1}$, $t \in Z^+ = [0,1,2,.....\infty^+)$ için kabul edilmektedir.

Modelimize enformasyon bilgisinin eklenmesi ve bu bilginin yeni getirinin yerinin belirlenmesine yardımcı olması gerekmektedir. Enformasyon devamlı olarak piyasayı etkilemesi sonucu belirli zaman aralıklarındaki kümülatif toplamı veya birbirleriyle birleşimleri olarak düşünülmektedir.

$1 > k > 0$ için $I_{t+1} \supset I_{t+k} \supset I_t$ halini almaktadır. Sonuç olarak; t anında piyasaya gelen bilginin $t+1$ anındaki fiyatlara etki etmesi fiyatların öngörümlenmesi ve ileriye dönük tahminlenmesinde kullanılmalıdır.

Kurulacak olan simülasyon modelinde yer alan parametreler; getiri r, zaman t ve enformasyon I unsurlarından oluşmalıdır. Bu unsurlardan getiri ve enformasyon unsurlarının birbirleriyle zayıf ve getiri yönünde tek yönlü bir ilişki içinde bulunduklarını kabul edilmiştir. Enformasyon algısının nicelik halinin işlem hacmi olduğu düşünülmüştür. Öyle ki t anında sisteme giren enformasyonun I_t şiddeti ve pozitif-negatif olma durumu, elde edilecek r_{t+1} anındaki getiriyi etkilemelidir. Çalışmada söz konusu olgu; tekrarlayan fonksiyon sistemleri düşüncesi altında fraktal geometri özellikleri kullanılarak ilerleyen uygulama bölümünde oluşturulmaya çalışılmıştır.

4. UYGULAMA ve SONUÇ

Çalışmanın bu kısmında tekrarlayan fonksiyon sistemleri kullanılarak enformasyon alanı dahilinde getiri noktası ve getiriye bağımlı yardımcı enformasyon çıkış noktası seçilerek; getiri-enformasyon kürecikleri sistemi oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu kısımda amaç t anında piyasaya gelen enformasyon dahilinde getiri unsurunu k 'yı belirlemek ve bu belirleme işlemine tekrarlı bir yapı kazandırmaktır.

$(x, y, z) \in \Re^3$ olmak üzere; (x_0, y_0, z_0) merkezinde, (R) yarıçapına sahip küre cisminin analitik geometride denklemi $(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2 = R^2$ olarak kullanılmaktadır. Küre cismi n boyutlu bir çokkatlı cisim olduğu için getiri-zaman-enformasyon unsurları dahilinde modellenebilmekte olduğu düşünülmektedir. Modelde yarıçap enformasyon olarak $R = r$ olarak düşünülmüştür. z boyutu zaman unsuru, x boyutu logaritmik günlük getiri unsuru ve y boyutu enformasyon ile getiri arasındaki bağdaştırıcı olan algı unsuru olarak seçilmiştir. Bu koşullar altında

Tekrarlayan fonksiyon sistemi için;

$f(k_t, l_t, t, r_t | t) = \left\{ (x - k_t)^2 + (y - l_t)^2 + (z - t)^2, r_t \in {}_{\min}^{\max} | r \right\}$ değişkenler aşağıda tanımlandığı gibi kabul edilmiştir.

$t \in \mathrm{Z}^+, t = (0,1,2,......,\infty^+)$

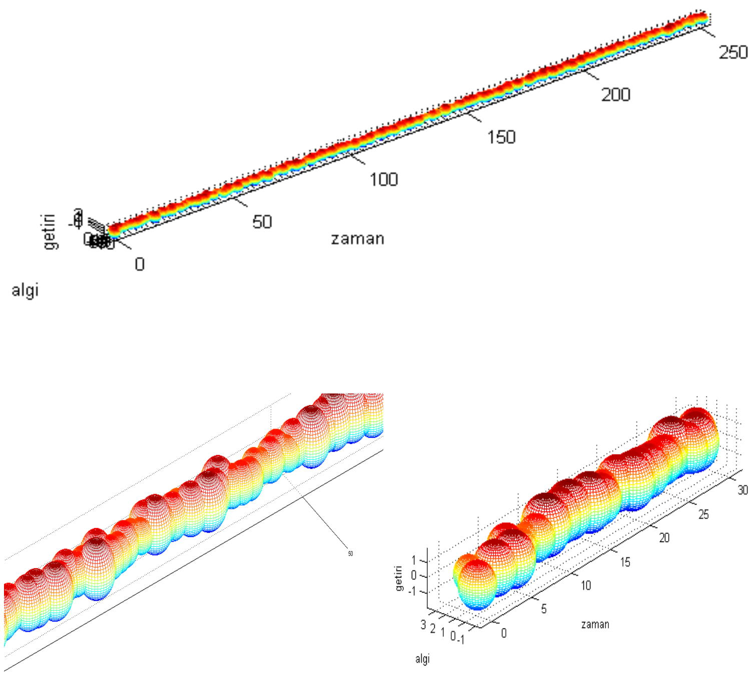
$t = 0$ için $l_0 = 0$, $k_0 = 0$ olsun;

$$l_{t+1} = \left| \begin{matrix} \left(\sqrt{r^2 - 1}\right) + l_t \\ \left(\sqrt{r^2 - 1}\right) + l_t \end{matrix} \right| l * m, \quad m == (-1, +1)$$

$$k_{t+1} = \left| \begin{matrix} \left(\sqrt{r^2 - 1}\right) + k_t \\ \left(\sqrt{r^2 - 1}\right) - k_t \end{matrix} \right| k * m, \quad m == (-1, +1)$$

t anında elde edilen enformasyon-getiri kürecikleri yeni oluşacak kürecikleri kendi hacmi içerisinde, başka bir deyişle $z = t + 1$ anında kendini kesen radyal alan üzerinden oluşturmaktadır. Bu sayede $t + 1$ anında oluşan yeni kürecik t anındaki enformasyon-getiri küreciği içinde oluşmaktadır. Yapı kendini tekrarlayan bir hal alarak fraktal bir cisim görüntüsüne kavuşmuştur. Ayrıca enformasyon etkisine tam olarak bağımlı bir simülasyon modeli oluşturulduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 2: Tekrarlayan fonksiyon sistemleri dahilinde getiri-zaman-enformasyon fraktal kürecik simülasyonu



KAYNAKÇA

Aygören, H., (2006) "*İstanbul Menkul Kıymetler Borsasının (İMKB) Fraktal Analizi*" 10. Finans Sempozyumu, Tarih/yer: 01–04 Kasım, İzmir

Corazza, M., Malliaris, A. G. ve Nardelli C. (1997) ''*The Journal of Futures Markets*'', John Wiley & Sons, Inc., cilt: 17, sayı: 4, sayfa: 433–473

Çifter, A. (2004), ''*Risk Yönetimi'nde (Skewed) Student-T ve Ged Dağılımları İle Asimetrik ve (Kısmi) Entegre Garch Modelleri: Eurobond Üzerine Bir Uygulama*'', VIII. Ulusal Finans Sempozyumu

Demireli, E. ve Torun, E., (2010), ''*Alternatif Piyasa Oynaklıklarında Meydana Gelen Kırılmaların ICSS Algoritmasıyla Belirlenmesi ve Süregenliğe Etkileri: Türkiye ve Londra Örneği*'', Muhasebe ve Finansman Dergisi, sayı:46, sayfa: 129:145

Eren, E., (2009), ”*Yeni İktisatta Ortak Noktalar*”, İktisadi Düşünce Girimi, İktisatta Yeni Yaklaşımlar Çalıştayı

Evertsz, C. J. G., (1995) ‘‘*Fractal Geometry of Financial Time Series*’’ Fractals cilt: 3, sayı: 3, sayfa: 609-616

Falconer, K. (2003) ‘‘Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Application. Second Edition’’, John Wiley & Sons, Ltd ISBNs: 0-470-84861-8

Gao, J., Cao, Y., Tung, W. and Hu, J., (2007) ‘‘Multiscale Analysis of Complex Time Series, Integration of Chaos and Random Fractal Theory, and Beyond’’, Wiley & Sons Inc. ISBN: 978-0-471-65470-4

Glosten, G. L., Jagannathan, R. ve Runkle, D. E., (1993). ’’*On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks*’’, Journal of Finance, cilt: 48, sayfa: 1779-801.

Jumarie, G., (2002), ‘‘*Further Results on the Modelling of Complex Fractals in Finance, Scaling Observation and Optimal Portfolio Selection*’’ Systems Analysis Modelling Simulation, cilt: 2, sayı: 10, sayfa: 1483-1498

Kendirli Selçuk, (2006) ‘‘*Portföy Yönetiminde Kaos Teoremi*’’, Journal of İstanbul Kültür University, cilt: 2, sayfa: 171-180

Kesici, S., (2006) ‘‘*Ekonomi ve Kaos Teorisi*’’, Journal of İstanbul Kültür University, cilt: 2, sayfa: 189-193

Knight, J. ve Satchell, S., (2007), ‘‘*Forecasting Volatility, Quantitative Finance Series*’’, Elseviser, USA.

Lamoureux C. G. ve Lastrapes W. D., (1990). ‘‘*Persistence in Variance, Structural Change, and the GARCH Model*’’ Journal of Business & Economic Statistics, cilt: 8, sayı: 2, sayfa: 225-234

Mandelbrot, B. B. (1983) “Fractal Geometry of Nature”, W.H. Freeman and Company ISBN 0-7167

Mandelbrot, B. B. (1996) ‘‘Fractals and Scaling in Finance (Discontinuity, Concentration and Risk)’’, Springer

Mandelbrot, B. B. ve Hudson, R. L. (2005-çev), *Finans Piyasalarında (Saklı) Düzen: Risk, Çöküş ve Kazanca Fraktal Yaklaşımlar,* Çev. Hüner, M. İstanbul: Güncel Yayıncılık.

Mandelbrot, B. B., (1963). ‘‘*The Variation of Certain Speculative Prices, Journal of Business*’’, cilt: 36, sayfa: 394–419.

Mogens H. J., Anders J., ve Ingve S., (2003) ‘‘*Inverse Fractal Statistics in Turbulence and Finance*’’ International Journal of Modern Physics B, cilt: 17, sayı: 22, 23 ve 24, sayfa: 4003-4012

Önalan, Ö. (2004), ‘‘*Finans Mühendisliğinde Matematiksel Modelleme*, Avcıol Basım Yayım, İstanbul

Özün Alper, (1999) "*Kaos Teorisi, Hisse Senedi Getirilerindeki Doğrusal Olmayan Davranışlar, Zayıf İşlem ve Gelişen Piyasalarda Piyasa Etkinliği: İMKB Örneği*", İMKB Dergisi, sayı: Ocak-Mart, sayfa: 40-71

Özün, A. ve Çifter, A., (2008), "*Modeling Long-Term Memory Effect In Stock Prices: A Comparative Analysis With Gph Test And Daubechies Wavelets*", Studies in Economics and Finance, cilt:25, sayfa: 38-48

Saltoğlu B. (2003), ‘‘*A High Frequency Analysis of Financial Risk and Crisis: An Empirical Study on Turkish Financial Market*’’

Ural, M. ve Demireli, E. (2009) ‘‘*Hurst Üstel Katsayısı Aracılığıyla Fraktal Yapı Analizi ve İmkb'de Bir Uygulama*’’ Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt: 23, Sayı: 2, sayfa: 243-255

Yalama, A. ve Sevil, G. (2008), ‘‘*Forecasting World Stock Market Volatility, International Research Journal of Finance and Economics*’’, http://www.eurojournals.com/finance.htm indirilme tarihi: 29/12/2011