Finansal Krizlerin Dinamiklerinin Elipsoidal Analiz ve Kümeleme Metodları aracılığıyla Modellenmesi ve Anlaşılması

Proje No: 112T744

Prof.Dr. Gerhard-Wilhelm WEBER
Yrd.Doç.Dr. Cem İYİGÜN

NİSAN 2014
ANKARA

ÖNSÖZ

Bilinen ilk finansal kriz 1929 yılında ABD de meydana gelmiştir ve o zamandan bu yana dünyanın her yerinde finansal krizler görülmekte ve bütün dünyayı etkilemektedir. Bu çalışmada finansal kriz, finansal bir balonun patlama zamanı olarak ele alınmıştır. Finansal balonların oluşumu ve dramatik şekilde patlayışının bütün dünyada, pekçok yatırımcı ve ülkelerin ekonomileri üzerinde büyük etkisi olduğu düşünülmektedir. Balon yalnızca az sayıda yatırımcıyı etkileseydi, ekonomi geneli üzerinde düşük etkisiyle, önemi fazla olmazdı. Balonlar, yaygın biçimde elde tutulan mal varlıkları üzerinde meydana geldiklerinde, büyük sorunlara yol açmaktadırlar. Bu yüzden de balon patladığında sadece çok sayıda insanı doğrudan etkilemekle kalmayıp; balon şiştiğinde ekonomi ile de etkileşime geçmekte ve kendiliğinden pekişen ani yükseliş ve düşüşler yaratmaktadır. Bu yüzden tehlikeli balonlar genelde hisse senetleri ve emlaktakilerdir (Calverley, 2004). Bu nedenle, biz bu projede menkul kıymetler borsasında meydana gelen balonları ele almaktayız.

Balonların dinamiği kümeleme metotlarından biri olan minimum hacim kaplayan elipsoit kullanarak, geometrik olarak ele alınmakta ve ters problemler teorisinden Radon Dönüşümü (RD) aracılığıyla bu elipsoitler görselleştirilmektedir. Başka bir deyişle, bir balonu geometrik olarak tanımlıyoruz ve onun dinamiğini matematiksel metotlarla açıklıyoruz. Bu yeni ve öncü bir yaklaşımdır. Elipsoitlerin hacimlerinden hacim tabanlı endeks olarak isimlendirdiğimiz yeni bir endeks geliştiriyor ve Radon Dönüşümünden (RD) elde ettiğimiz renk değişimleri yardımı ile gelecekte oluşabilecek bir finansal balon patlaması için erken uyarı sinyalizasyonu oluşturuyoruz.

Akademik literatürde balonlar ile ilgili tatmin edici bir teori henüz bulunmamaktadır. Bu yüzden bu proje ilk olarak balonun anlamını teorik olarak anlamaya katkıda bulunmaktadır. Deneysel sonuçlar finansal krizlerin dinamiklerini anlamaya yardımcı olmakta ve bizler tarafından hazırlanan algoritmalar daha önceden gerçekleşen balonlar üzerinde test edilmektedir.

Bu araştırma, 112T744 ödenek numarası altında TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER. 3

ŞEKİL LİSTESİ 4

ABSTRACT 5

Ö Z 6

BÖLÜMLER

1 GİRİŞ 7

2 GENEL BİLGİLER 10

2.1 Minimum Hacim Kaplayan Elipsoit Kümeleme Yöntemi. 10
2.2 Radon Dönüşümü 13

3 GEREÇ VE YÖNTEM 14

3.1 Yaklaşımımızın Detayları Ve Uygulamaları. 14

4 BULGULAR VE SONUÇLAR 25

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1 Balonun geometrik yorumu. 7
Şekil 2 Kriz zamanından önce elipsoitlerin yapısı. 8
Şekil 3 Belirgin bir balonun geometrik yorumu. 8
Şekil 4 1962 yılı için S&P 500 endeksinde uyarlama (fitted) Log-endeks süreci. 14
Şekil 5 1987 yılı için S&P 500 endeksinde uyarlama (fitted) Log-endeks süreci. 14
Şekil 6 2008 yılı için S&P 500 endeksinde uyarlama (fitted) Log-endeks süreci. 15
Şekil 7 1990 yılı için Nikkei 225 endeksinde uyarlama (fitted) Log-endeks süreci 15
Şekil 8 2007 yılı için Shanghai Composite (SSEC) endeksinde uyarlama (fitted) Log-endeks süreci. . . .16
Şekil 9 1962 yılı S&P 500 endeksinde gerçek ve uyarlama (fitted) veri için hacim tabanlı endeks 16
Şekil 10 1987 yılı S&P 500 endeksinde gerçek ve uyarlama (fitted) veri için hacim tabanlı endeks. 17
Şekil 11 2008 yılı S&P 500 endeksinde gerçek ve uyarlama (fitted) veri için hacim tabanlı endeks 17
Şekil 12 1990 yılı Nikkei 225 endeksinde gerçek ve uyarlama (fitted) veri için hacim tabanlı endeks . . .18
Şekil 13 2007 yılı Shanghai Composite (SSEC) endeksinde gerçek ve uydurma veri için hacim tabanlı endeks 18
Şekil 14 1962 krizinden once ABD hisse senedi piyasasının oynaklığı. 19
Şekil 15 1987 krizinden once ABD hisse senedi piyasasının oynaklığı. 19
Şekil 16 2008 krizinden once ABD hisse senedi piyasasının oynaklığı. 19
Şekil 17 1990 krizinden once Japonya hisse senedi piyasasının oynaklığı. 20
Şekil 18 2007 krizinden once Çin hisse senedi piyasasının oynaklığı. 20
Şekil 19 Sarı renk için Radon sinyalleri örnekleri. 21
Şekil 20 Turuncu renk için Radon sinyalleri örnekleri. 21
Şekil 21 Kırmızı renk için Radon sinyalleri örnekleri. 21
Şekil 22 Gri renk için Radon sinyalleri örnekleri. 22
Şekil 23 Siyah renk için Radon sinyalleri örnekleri. 22
Şekil 24 ABD ve Japonya hisse senedi piyasalarındaki krizler için gerçek verilerle elde edilen RT renkleri ve karşılık gelen kayan pencereler. 23
Şekil 25 ABD ve Japonya hisse senedi piyasalarındaki krizler için uyarlama (fitted) verilerle elde edilen RT renkleri ve karşılık gelen kayan pencereler. 24

Abstract

When a financial bubble bursts, not only a large number of people suffer directly in society, but it also affects the entire economy. Therefore, it is important to develop an early warning using mathematics-supported tools that aims at a detection of bubbles. We introduce a new method which approaches the bubble concept geometrically by determining and evaluating ellipsoids. In fact, we generate a volume-based index via minimum-volume covering ellipsoid clustering method, and in order to visualize these ellipsoids, we utilize Radon transform from the theory of the inverse problems, in the form of Şekils. Analyses were conducted for US, Japan and China stock markets. In our study, we have observed that when the time approaches bubble-burst time, the volumes of the ellipsoids gradually decrease and, correspondingly, the Şekils obtained by Radon transform are becoming more “brilliant”, i.e., more strongly warning.

Keywords: Financial crisis, bubble, clustering, minimum-volume covering ellipsoids

Özet

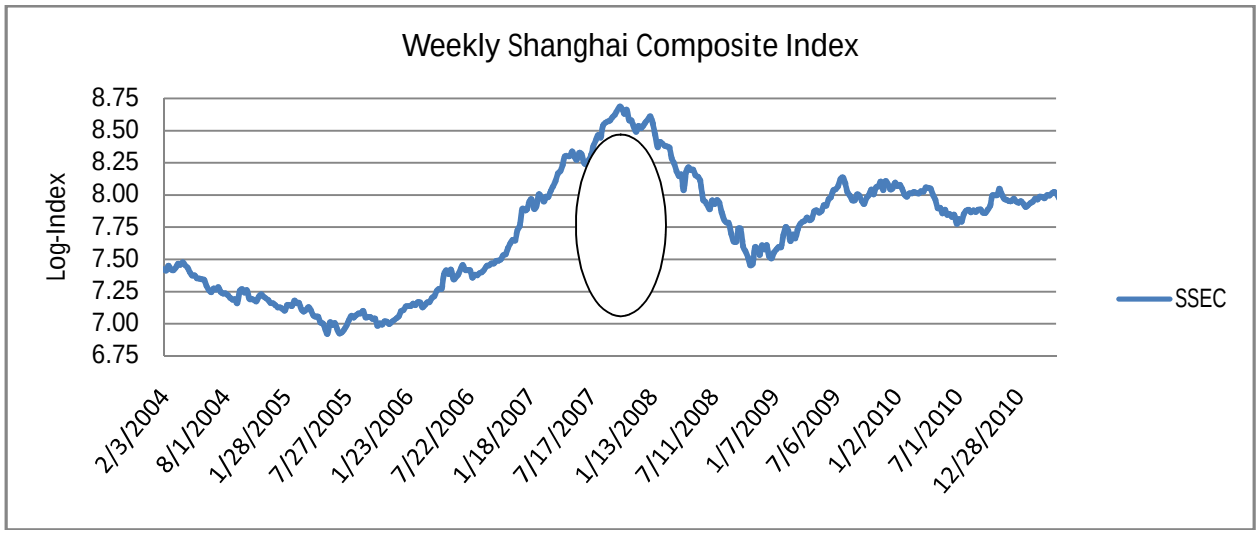
Bir finansal balon patladığında, toplumdaki pek cok kişiye doğrudan zarar verdiği gibi, aynı zamanda, bu durum tüm ekonomik yapıları da etkiler. Bu nedenle, matematik destekli araçlar kullanarak balonların saptanmasını amaçlayan bir erken uyarı yaklaşımı geliştirmek önemlidir. Balon kavramına, elipsoitlerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi ile geometrik olarak yaklaşan yeni bir yöntem getiriyoruz. Minimum hacim kaplayan elipsoit kümeleme yöntemi ile hacim-tabanlı bir endeks olusturuyor ve bu elipsoitleri görselleştirmek icin, ters problemler teorisinden Radon dönüşümünden, figürler seklinde, yararlanıyoruz. Analizler, ABD, Japonya ve Çin hisse senedi piyasaları için yapılmıştır. Çalışmamızda, balonun patlama zamanı yaklaştığında elipsoitlerin hacimlerinin giderek küçüldüğüve buna paralel olarak Radon dönüşümü' nden elde edilen figürlerin daha "parlak", yani daha güçlü bir uyarı haline geldiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Finansal krizler, balon, kümeleme, minimum hacim kaplayan elipsoitler.

1.GİRİŞ

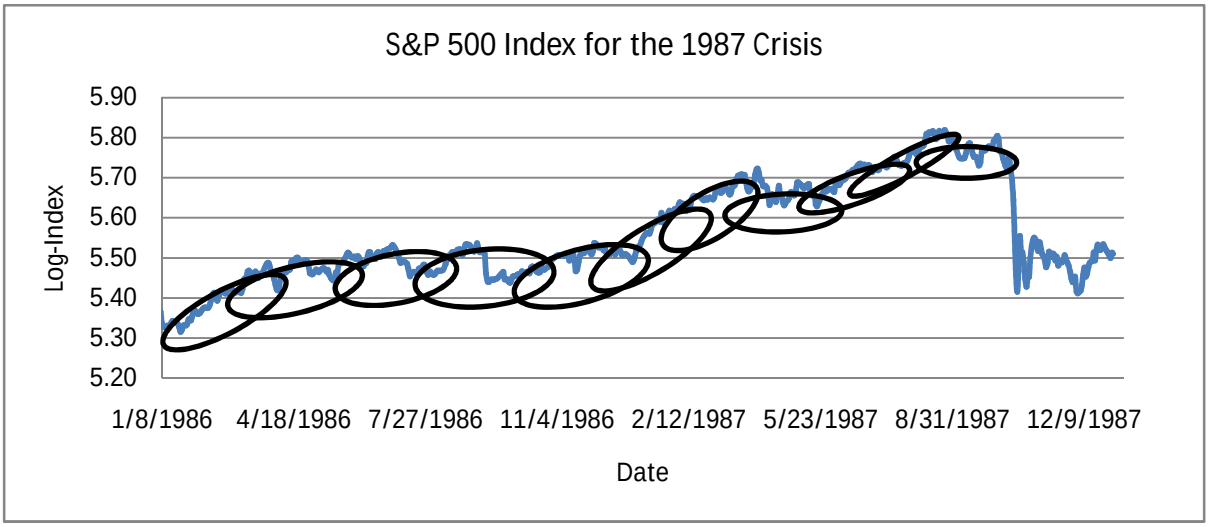
Hisse senedi piyasalarındaki balonlar, hisse senedi fiyatlarının gerçek değerlerinin (fundamental value) çok çok üstünde olduğu durumlarda meydana gelirler. Bu piyasalardaki balonlar sadece sürekli boğa piyasası (bull market) durumunda oluştuğundan, yatırımcılarının güveni çok yüksektir. Yatırımcılar, hisse senetlerinin daima karlı olacağını ve hisse senedine olan talebin hicbir zaman sonlanmayacağını düşünürler. Piyasa hakkındaki bu inanç, gerçekçi olmayan beklentilere ve hisse senedi fiyatlarının tırmanmasına ve bunlarla birlikte hisse senedi balonunun boyutunun giderek şişmesine neden olur. Bu akım, bazı deneyimli/bilge yatırımcıların fiyatların gerçek dışı bir şekilde arttığını fark etmesi ve ellerindeki hisse senetlerini fiyatlar düşmeye başlamadan satmalarıyla sona erer. Diğer yatırımcıların bu davranışı takip etmesiyle panik satışları başlar. Her zaman değil ancak çoğu zaman bu fiyatlardaki çok sert bir düşüşle tamamlanır. Bu sert düşüş meydana geldiğinde *balon patladı* olarak adlandırılır. Bir finansal balon patladığında, toplumdaki pek cok kişiye doğrudan zarar verdiği gibi, aynı zamanda, bu durum tüm ekonomik yapıları da etkiler. Pek çok şirket hisse senedi balonu süresince git gide hızlanarak gelişirken, balon patladığında iflas etmektedirler. Bu durum işsizliz oranın artmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, tüketimin azalması da ekonomik durgunluğu da beraberinde getirmektedir. Bir balonun patlamasının neden olduğu bütün bu olumsuz etkilerden ötürü balonların zamanında saptanmasını amaçlayan bir *erken uyarı yaklaşımı* geliştirmek önemlidir.

Çalışmamızın bilimsel katkısı, ilk kez kümeleme yöntemleri ve ters problemleri kullanılarak balonlar için bir *erken uyarı sinyalizasyonu* geliştirilmesidir. Burada, logaritmik fiyat sürecini en küçük hacime sahip elipsoitler ile yeniden tanımlayarak yeni bir yaklaşım öneriyoruz. Şekil 1 deki gibi endeks / fiyat sürecinin balon patlamadan ve balonun patladıktan sonraki sert düşüşü ile meydana getirdiği şekil başlangıçta bu konuyu 2- boyutta elipsler aracılığıyla, geometrik olarak, ele almamızda bize ilham verdi. Fakat, 2- boyutta koordinatlar olarak sadece logaritmik endeks / fiyat ve zamanı göz önünde bulundurabildiğimizden, fiyat sürecinin özelliklerini daha iyi yansıtabilmek için elipleri daha yüksek boyuta taşıdık ve böylece elipsoitleri meydana getirdik.



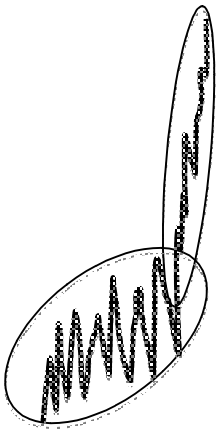
Şekil 1 Balonun geometrik yorumu

Amacımız balon patlamadan önce bir *erken uyarı sinyalizasyonu* geliştirmek olduğu için, elipsoitlerin balon patmadan önceki dinamiğine ve yapısına, özellikle elipsoitlerin zamana bağlı hacim değişikliğine, odaklanıyoruz. Bu yaklaşımı gözde canlandırılabilmesi için, 2- boyutlu olarak, Şekil 2 ve Şekil 3 ü oluşturduk.



Şekil 2 Kriz zamanından önce elipsoitlerin yapısı

Her ne kadar Şekil 2 de elipsoitlerin dinamiği, hacimlerinde belirgin bir değişim göstermesede, Şekil 3 te hacim değişikliğinin ne ifade ettiği daha belirgin olarak gözlenmektedir. Balon patlamasından çok kısa bir zaman önce çok güçlü bir eğilimin (drift) bütün fiyat sürecine hakim olması ve oynaklık (volatility) nedeniyle fiyat sürecinde birikmiş enerjinin bu sürecin yukarı doğru artmasına neden olduğu Şekil 3 te gösterilmiştir. Bu nedenle, balon patlamasına çok yakın bir zamanda oluşturulan elipsoitlerin hacmi giderek küçülmektedir. Bu dinamik yaklaşım kayan pencereler tekniği ile desteklenmektedir.



Şekil 3 Belirgin bir balonun geometrik yorumu

Her bir elipsoiti oluşturmak için 7 değişken kullanılmıştır; bu değişkenler, zaman, logaritmik fiyat / endeks, haftalık ortalama, standart sapma, medyan, fiyat sürecinin büyüme hızı ve fiyat sürecinin haftalık log-

tekrarlamalı getirisidir. Bu değişkenler her haftaya karşılık gelen bir vektörün bileşenlerini oluşturmaktadırlar. Logaritmik fiyat / endeks süreci aralıklara bölünmekte ve her bir aralıktaki veri minimum hacim kaplayan elipsoit kümeleme yöntemi aracılığıyla, elipsoitlerin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Diğer bir deyişle, her bir aralık bir elipsoid ile tanımlanmaktadır. Elipsoitlein hacimleri kayan pencereler tekniği ile izlenmektedir. Oluşturduğumuz hacim serisini hacim-tabanlı endeks olarak isimlendirdik ve hacimi her bir elipsoitin boyutunu ölçmek için kullandık. Bununla birlikte, bu hacimleri görüntülemek için ters problemler teorisinden Radon Dönüşümü (RD) olarak adlandırılan yöntemden yararlandık. RD ilgili elipsoite göre renk değişimi üretmektedir. Elipsoitleri hacimlerindeki değişimin hacim tabanlı endeks ile izlenmesi ve bununa paralel olarak RD deki renk değişimleri balonların tespit edilmesinde ve onların patlaması sonucunda oluşabilecek yıkıcı etkilere karşı korunmak için bir *erken uyarı sinyalizasyonu* olarak kullanılabilir.

Bu çalışmada ABD, Japonya ve Çin hisse senedi piyasaları S&P 500, Nikkei 225 ve Şangay bileşik (SSEC) endeksleri kullanılarak analiz edildi. Elde ettiğimiz sonuçların sadece gerçek veride değil uyarlama (fitted) veride de çalıştığını göstermek amacıyla *Anders Johansen, Olivier Ledoit ve Didier Sornette* tarafından balonlar için geliştirilmiş *Johansen-Ledoit-Sornette (JLS)* (Johansen et. al, 1999) olarak adlandırılan teorik bir modele göre uyarlama veri ürettik. JLS modelinde, balonlar üstel dağılımlı fiyatlardan ziyade üstel fiyat artışından daha hızlı olan fiyat artışı ile nitelendirilir. Bu tür üstel rejimlerden daha hızlı rejimlerin kullanılmasının nedeni gürültü tacirlerinin (mantıksız yatırımcılar) taklit ve sürü davranışlarıdır. (Yan, W, 2011; Johansen, 2000). Fakat, biz çalışmamızda uyarlama veri değil gerçek veri üzerinde duruyoruz ve asıl amacımız yatırımcılara ve politika yapıcılara oluşabilecek bir balon için zamanında erken uyarı sinyalizasyonu oluşturmaktır. JLS modelinde bir balon sürecinin LPPL adı verilen, logaritmik periyodik güç yasasını (log periodic power law) takip ettiğini iddia etmektedirler. LPPL aşağıdaki denklemde belirtildiği üzere zamanın bir fonksiyonudur.

$$y(t) \approx A + B(t_c - t)^z + C(t_c - t)^z \cos\left[w \log(t_c - t) + \phi\right], \tag{1}$$

Yukarıdaki denklemde t_c en yakın ihtimalle olabilecek kriz zamanını, z üstel artışı göstermektedir. Salınımların büyüklüğü w tarafından kontrol edilmekte olup, *A* sıfırdan büyük olmak zorundadır çünkü kriz patladığı zamanda, mal varlığının tahmin edilen fiyatına, $p(t_c)$, karşılık gelmektedir. Ayrıca, *B* sıfırdan küçük ve *C* ise fiyat sürecinin log-periyodik davranışı garantilemek için sıfırdan farklı bir sayıya eşit olmalıdır. ϕ de $[0, 2\Pi]$ aralığında kabul edilmektedir (Jacobsson, 2009).

Raporun 2. Bölümünde, genel bilgiler başlığı altında, methodolojik araçlarımız olan Veri Madenciliğinden *minimum hacim kaplayan elipsoit kümeleme yöntemi* ile Ters Problemlerden *Radon dönüşümü* kısaca anlatılmaktadır. 3. Bölümde, gereç ve yöntem başlığı altında, yaklaşımımızın detayları ve uygulamaları verilmektedir. 4. Bölümde ise bulgular ve sonuçlar tartışılmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

Yaklaşımımızda, kümeleme yöntemleri ile veri madenciliğinden yararlanmaktayız. Logaritmik endeks / fiyat sürecini ve bu süreçten elde edilen değişkenleri elipsoitler yardımıyla, geometrik olarak, yeniden tanımlamaktayız. Göz önünde bulundurulan elipsoitlerin en önemli özelliği, hacimlerinin herhangi bir hacim olmaması, *minimum hacim kaplayan elipsoit kümeleme yöntemi* ile minimum hacime sahip olmalarının garantilenmesidir. Bu elipsoitleri gözlemleyebilmek için en önemli görüntü işleme yöntemlerinden birisi olan Radon dönüşümünden yararlanmaktayız. Hacimlerin davranışını ve RD deki renk değişimini kayan pencereler tekniği ile gözlemlemekteyiz. Bu Bölümde ilk olarak minimum hacim kaplayan elipsoit kümeleme yöntemini ve daha sonra Radon dönüşümünü kısaca tanıtacağız.

2.1. Minimum Hacim Kaplayan Elipsoit Kümeleme Yöntemi (MHKE)

Bu yöntemde amaç, verilen m tane noktanın, $a_1, a_2, \dots, a_m \in \mathbb{R}^n$, minimum hacime sahip bir elipsoit tarafından kapsanmasıdır. Bizim çalışmamızda, her bir nokta *zaman, logaritmik fiyat / endeksi (log pr), haftalık ortalama (mean), standart sapma (std.dev), medyan (med), fiyat sürecinin büyüme hızı (gr rate), fiyat sürecinin haftalık log-tekrarlamalı getirisi (rtn)* olmak üzere, 7 farklı değişkenle beraber bir haftaya karşılık gelmektedir. Yani, $a_i (i = 1,2, \dots, m)$ vektörleri, yıl içindeki herbir haftaya denk gelmektedir. Matematiksel olarak ifade edersek,

$$a_1 = (1, \log pr_1, mean_1,\ std.dev_1, med_1, gr\ rate_1, rtn_1)^T$$

$$a_2 = (2, \log pr_2, mean_2,\ std.dev_2, med_2, gr\ rate_2, rtn_2)^T$$

$$\vdots$$

$$a_m = (m, \log pr_m, mean_m,\ std.dev_m, med_m, gr\ rate_m, rtn_m)^T$$

Burada, $1,2, \dots, m$ indisleri haftalara karşılık gelmektedir. Yani 1, 1. Hafta; 2, 2. Haftayı temsil etmektedir. Daha sonra $a_1, a_2, \dots, a_m \in \mathbb{R}^n$ olmak üzere, her bir haftayı içine alan ve boyutları $n \times m$ olan $\mathcal{A}$ matrisi oluşturulmaktadır. Bu matrisin kolonları haftaları, satırları ise değişkenleri içermektedir. Dolayısıyla, satır $n = 7$dir. $\mathcal{A}$ matrisini aşağıdaki biçimde ifade edebiliriz:

$$\mathcal{A} := [a_1 |\ a_2 | \dots |\ a_m].$$

Elipsoitler, yukarıda tanımladığımız $\mathcal{A}$ matrisinin belirli aralıklarla bölünmesiyle oluşturulmaktadır. Her bir aralık bir kayan pencereyi temsil etmektedir. Fiyat sürecinin davranışının izlenmesi için, her bir aralık içinde kalan noktaların oluşturduğu elipsoitlerin hacimleri gözlenmektedir.

Bir elipsoit aşağıdaki ifade ile tanımlanabilir:

$$E_{Q,\mu} = \{x \in \mathbb{R}^n | (x - \mu)^T Q\ (x - \mu) \leq 1\}.$$

Burada $\mu \in \mathbb{R}^n$ elipsoitin merkezini, Q ise elipsoitin genel şeklini, yönünü ve boyutunu belirtmektedir. Bu elipsoitin hacmi

$$(\Pi^{n/2} / \Gamma(\tfrac{n}{2} + 1)) \cdot (1/\sqrt{\det Q}),$$

formülüyle hesaplanır (Sun ve Freund, 2004).

MHKE problemi için Sun ve Freund, 2002 yılında *Dual Reduced Newton* (*DRN*) olarak adlandırdıkları bir algoritma geliştirmişlerdir. Bu algoritmanın Newton adımında aşağıdaki optimizasyon problemi çözülmektedir. Problemde t_i ve $\theta \sum_{i=1}^{m} Int_i$ sırasıyla gevşek değişkenleri ve logaritmik engel fonksiyonunu göstermektedir.

$$MHKE \ \min_{M,z,t} -\mathrm{Indet}M - \theta \sum_{i=1}^{m} Int_i$$

$$subject\ to\ (Ma_i - z)^T(Ma_i - z) + t_i = 1 \qquad (i = 1,2,\dots,m),$$

$$M \succ 0,$$

$$t > 0.$$

Yukarıdaki optimizasyon probleminde $M \coloneqq Q^{1/2}, z \coloneqq M\mu$ ve $t \coloneqq (t_1, t_2, \dots, t_m)^T$ dir. MHKE için en iyilik şartları aşağıdaki denklemlerde açıklanmıştır.

$$\sum_{i=1}^{m} u_i\left[(Ma_i - z)a_i^T + a_i(Ma_i - z)^T\right] - M^{-1} = 0,$$

$$\sum_{i=1}^{m} u_i(z - Ma_i) = 0,$$

$$(Ma_i - z)^T(Ma_i - z) + t_i = 1 \qquad (i = 1,2,\dots,m),$$

$$Ut = \theta e,$$
$$u, t \geq 0,$$
$$M \succ 0.$$

Burada $U = \mathrm{diag}(u)$ ve $e = (1,1,\dots 1)^T$ dir. M ve z ise aşağıdaki denklemler yardımıyla hesaplanır.

$$M \coloneqq M(u) \coloneqq [2(\mathcal{A}U\mathcal{A}^T - \frac{\mathcal{A}uu^T\mathcal{A}^T}{e^Tu}]^{-1/2}$$

$$z \coloneqq z(u) \coloneqq \frac{[2(\mathcal{A}U\mathcal{A}^T - \frac{\mathcal{A}uu^T\mathcal{A}^T}{e^Tu}]^{-1/2}\mathcal{A}u}{e^Tu}.$$

Bu eşitliklerin ispatı ile ilgili olarak daha fazla bilgi (Sun ve Freund, 2004) referansında bulunabilir. Eğer yukarıda M ve z için belirttiğimiz eşitlikler MHKE nın en iyilik şartlarında yerine yazılırsa sadece (u, t)değişkenlerini içeren indirgenmiş en iyilik şartları bulunur. Bunlar,

$$h(u) + t = e,$$
$$Ut = \theta e,$$
$$u, t \geq 0. \qquad (2)$$

Yukarıdaki indirgenmiş en iyilik şartlarında $h = (h_i)_{i=1,2,\dots,m}^T$ ve her bir h_i aşağıdaki şekilde tanımlanır ve u nun doğrusal olmayan bir fonksiyonudur.

$$h_i(u) := (M(u)a_i - z(u))^T (M(u)a_i - z(u))$$

$$= \left(a_i - \frac{\mathcal{A}u}{e^T u}\right)^T [2(\mathcal{A}U\mathcal{A}^T - \frac{\mathcal{A}uu^T\mathcal{A}^T}{e^T u}]^{-1} \left(a_i - \frac{\mathcal{A}u}{e^T u}\right).$$

İndirgenmiş en iyilik şartları, θ parametresinin verilen bir değeri için, Newton methodu uygulanarak çözülür. Denk. (2) ile ifade edilen en iyilik şartları için (u, t) noktalarında Newton yönü $(\Delta u, \Delta t)$ Denk. (3) te görülmektedir.

$$\Delta u = (\nabla_u h(u) - U^{-1}T)^{-1}(r_1 - U^{-1}r_2),$$

$$\Delta t = U^{-1}r_2 - U^{-1}T\Delta u. \tag{3}$$

DRN-YÖNÜ için Algoritma: $u, t, \theta \geq 0$ olmak üzere, (u, t, θ) değerleri verilmiş olsun (Sun ve Freund, 2004).

Adım 1. Aşağıdaki matrisi oluştur ve çarpanlarına ayır (Cholesky yöntemi ile)

$$M^{-2}(u) := [2(\mathcal{A}U\mathcal{A}^T - \frac{\mathcal{A}uu^T\mathcal{A}^T}{e^T u}]$$

Adım 2. Aşağıdaki matrisi oluştur

$$\sum(u) := \left(\mathcal{A} - \frac{\mathcal{A}ue^T}{e^T u}\right)^T M^2(u) \left(\mathcal{A} - \frac{\mathcal{A}ue^T}{e^T u}\right)$$

Adım 3. Biçimlendir

$\nabla_u h(u) = -2(\frac{\sum(u)}{e^T u} + \sum(u) \otimes \sum(u))$ ve $\nabla_u h(u) - U^{-1}T$ ifadesini Cholesky yöntemi ile çarpanlarına ayır.

Adım 4. $(\Delta u, \Delta t)$ için Denk. (3) ü tekrar çöz

(u, t) değişkenleri *Dual Reduced Newton* (*DRN*) yöntemi için DRN yönü olarak isimlendirilir (Sun ve Freund, 2004).

MHKE problemini çözmek için aşağıdaki DRN Algoritması uygulanır.

DRN Algoritması (Sun ve Freund, 2004).

Adım 1. Başlatma

Yerine yaz $r \leftarrow 0.99$. Başlangıç değerleri (u^0, t^0)' ı, $u^0, t^0 > 0$ şartını sağlayacak şekilde seç.
Yerine yaz $(u, t) \leftarrow (u^0, t^0)$.

Adım 2. Durma kriterlerini kontrol et

Eğer $\|e - h(u) - t\|_2 \leq \varepsilon_2$ ve $u^T t \leq \varepsilon_1$ ise DUR. Geri dön $u, Q \coloneqq [M(u)]^2$ ve $c \coloneqq [M(u)]^{-1} z(u)$.

Adım 3. DRN Yönünü hesapla

Yerine yaz $\theta \leftarrow (u^T t)/(10m)$. DRN-YÖNÜ Algoritması ile$(\Delta u, \Delta t)$ ' yı hesapla.

Adım 4. Adım boyutunun hesaplanması ve Adım

Hesapla $\bar{\beta} \leftarrow \max\{\beta | (u, t) + \beta(\Delta u, \Delta t) \geq 0\}$ ve $\breve{\beta} \leftarrow \min\{r\bar{\beta}, 1\}$.
Yerine yaz $(u, t) \leftarrow (u, t) + \breve{\beta}(\Delta u, \Delta t)$. **Adım 1** e git.

DRN Algoritmasında $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 10^{-7}$ olarak alınmıştır.

Çalışmamızda yukarıdaki algoritmalar oluşturularak, en küçük hacimli elipsoitler elde edilmiştir.

2.2. Radon Dönüşümü (RD)

Radon Dönüşümünü belirli açılar kümesi için $f(x, y)$ gibi bir görüntü üzerine uygulamak, verilen açılar boyunca o görüntünün yansımasını bulmak olarak düşünülebilir (Feeman, 2013). Bununla birlikte, Radon Dönüşümü kartezyen dikdörtgen koordinatlar (x, y) ile kutupsal koordinatlar olarak ifade ettiğimiz uzaklık ve açı (ρ, θ) arasında bir fonksiyon olarak tanımlanabilir. Matematiksel olarak ifade edersek (Hoilund, 2007)

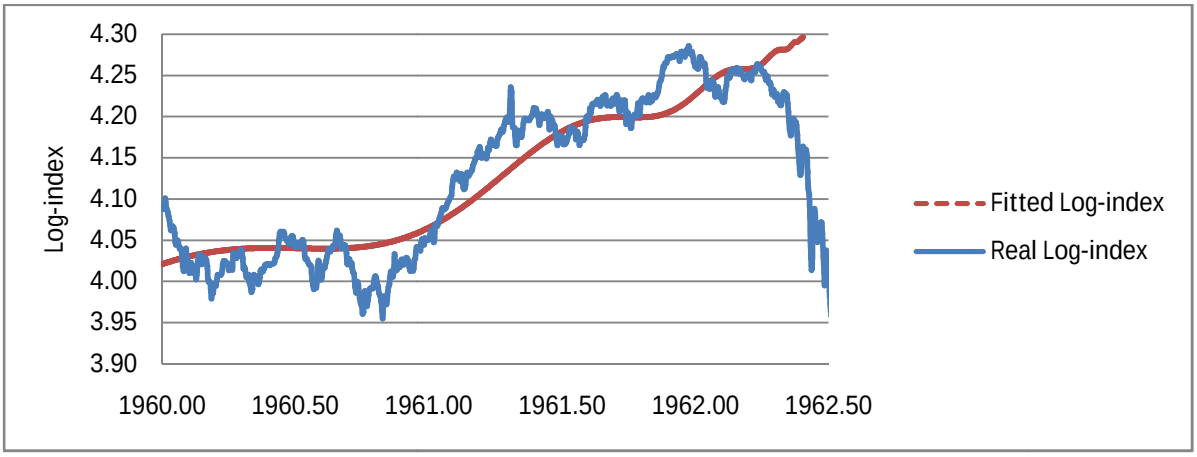
$\rho = xCos\theta + ySin\theta$ olmak üzere, Radon Dönüşümü

$R(\rho, \theta) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\rho Cos\theta - s\, Sin\theta, \rho\, Sin\theta + s\, Cos\theta)\, ds$ doğru integralleri ile hesaplanır.

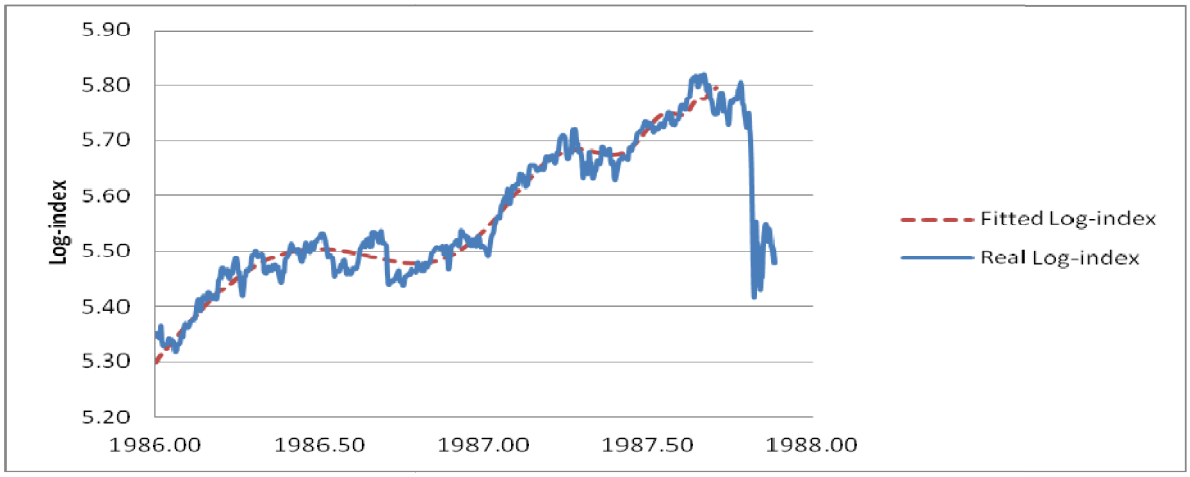
3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Yaklaşımımızın Detayları Ve Uygulamaları

Alt Bölüm 2.1 de bahsettiğimiz gibi, gerçek veri kümesi için bir matrisi oluşturmuştuk ve bu matrisin satırları değişkenleri, sütunları haftaları içermekteydi. (Gerçek veriler Trading Economics ten ve Yahoo Finance ten alınmıştır. Veri analizlerinde Vose Software den yararlanılmıştır.) Balonun patlama zamanı yaklaştığında elipsoitlerin hacmindeki değişimi gözlemlemek için matrisini şeklinde alt matrislere ayırıyor ve bu alt matrislerine kayan pencereler tekniğini uyguluyoruz.Bu alt matrislerin içerdiği noktaları kullanarak minimum hacimli elipsoitleri oluşturuyoruz. Burada en önemli nokta bütün alt matrislerin (kayan pencerelerin) boyutlarının aynı olmasıdır. Benzer prosedürü uyarlama (fitted) veri içinde uygulamak için öncelikle Denk. 1 de gösterilen JLS modeline göre uyarlama veri kümesini elde ediyoruz. Modelin doğrusal olmayan parametrelerini Genetik Algoritma ile doğrusal parametrelerini (*A*, *B*, *C*) ise en küçük kareler yöntemi ile hesaplıyoruz. Elde edilen uyarlama veriler Şekil 4-Şekil 9 da gösterilmiştir. Şekillerde model tarafından tahmin edilen balon patlama zamanını ise balonun gerçek patlama zamanını belirtmektedir.

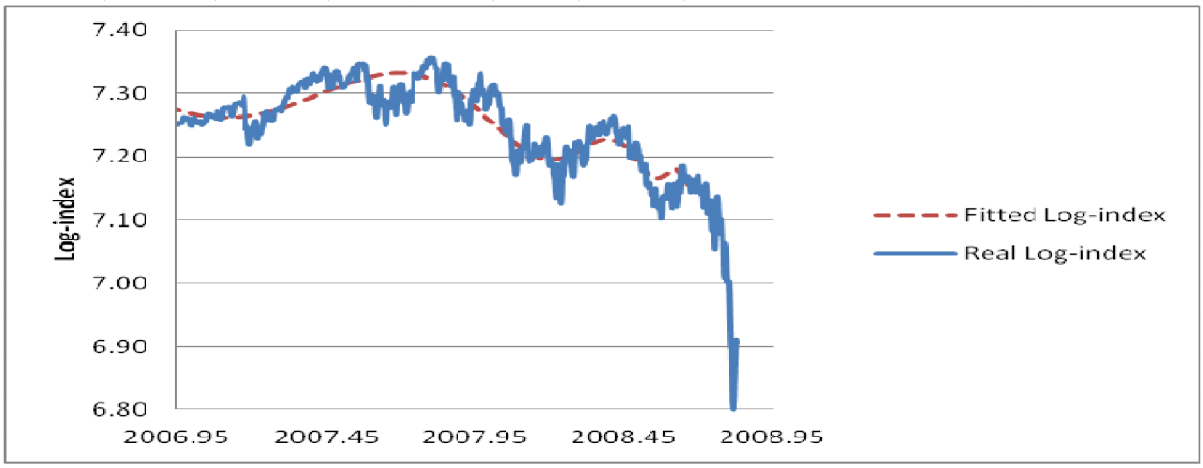


Şekil 4 1962 yılı için S&P 500 endeksinde uyarlama (fitted) Log-endeks süreci.
A=73.48, *B*=-9.96, *C*=1.46, =1962.4074, *z*=0.83, *w*=13.63, =1.07 ve =1962.4416. =0.8330.

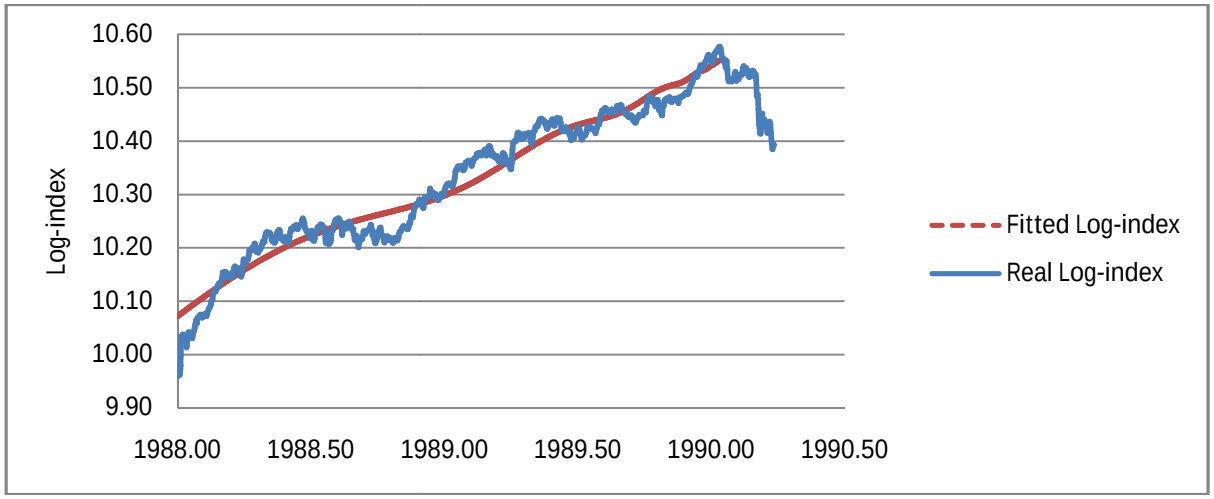


Şekil 5 1987 yılı için S&P 500 endeksinde uyarlama (fitted) Log-endeks süreci

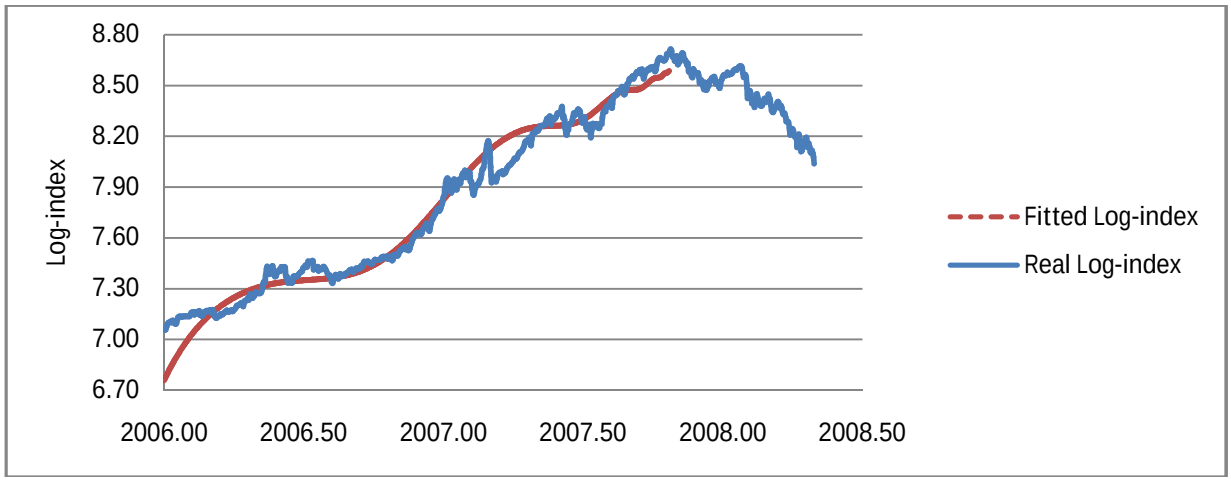
A=328.63, *B*=-85.26, C=-17.47, =1987.7055, *z*=0.82, *w*=13.64, =1.40 ve =1987.8222. =0.9694.



Şekil 6 2008 yılı için S&P 500 endeksinde uyarlama (fitted) Log-endeks süreci
A=1265.47, *B*=-187.44, *C*=78.18, =2008.7285, *z*=0.77, *w*=12.77, =0.28 ve =2008.7888. =0.7993.



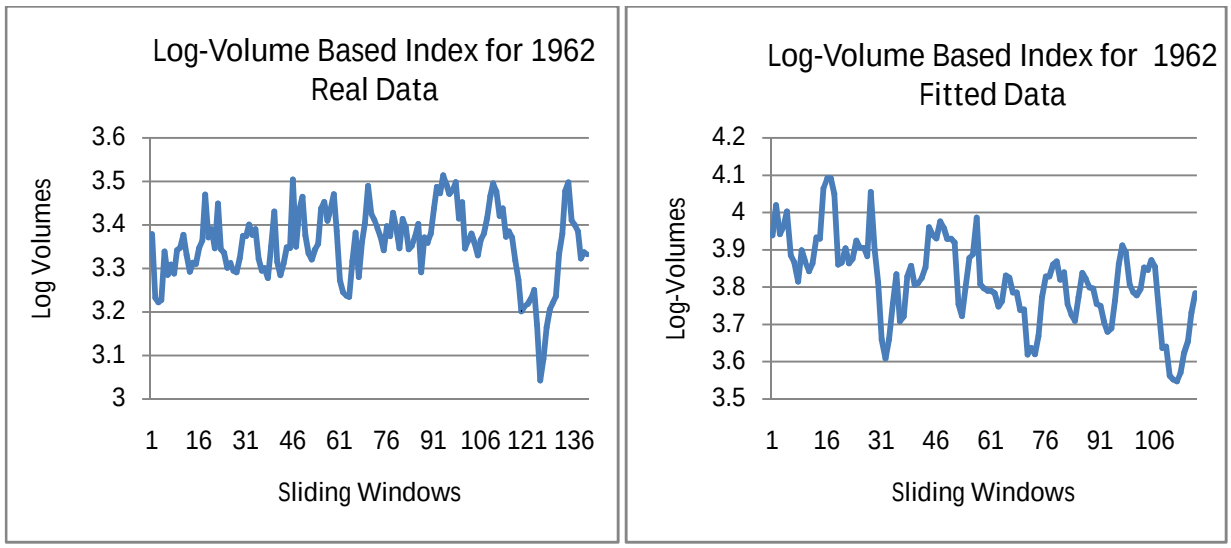
Şekil 7 1990 yılı için Nikkei 225 endeksinde uyarlama (fitted) Log-endeks süreci
A=38228.82, *B*=-7907.31, *C*=-481.65, =1990.0315, *z*=0.85, *w*=14.58, =0.26 ve =1990.0416. =0.9580.



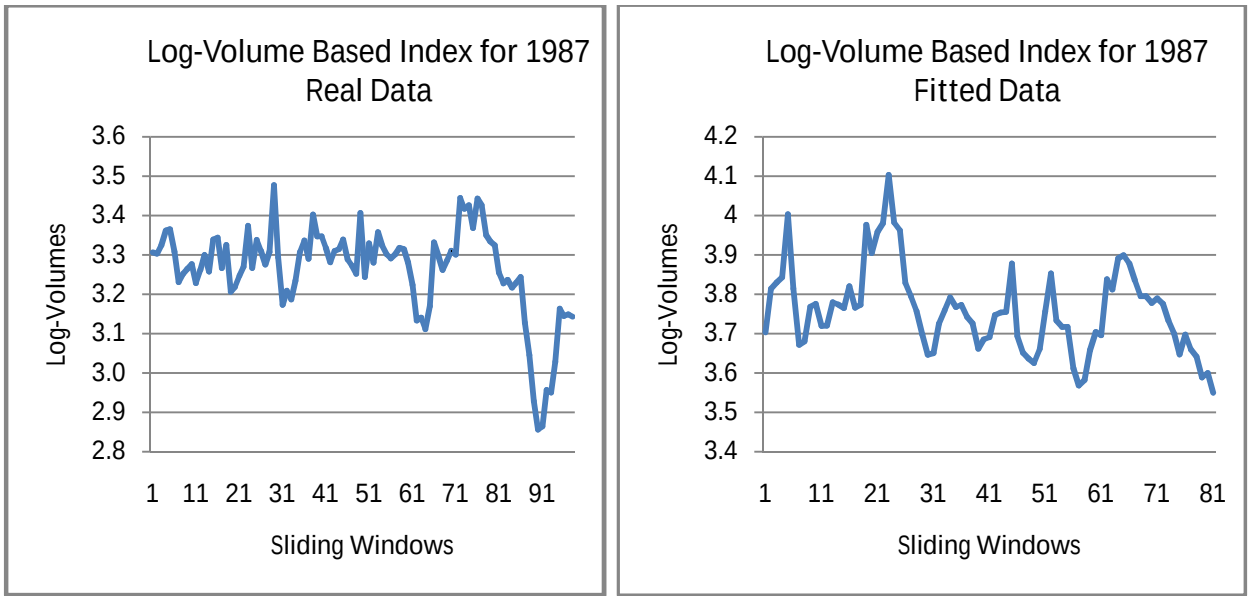
Şekil 8 2007 yılı için Shanghai Composite (SSEC) endeksinde uyarlama (fitted) Log-endeks süreci *A*=5374.28,*B*=-3146.27, *C*=-429.87, t_c=2007.8105, *z*=0.82, *w*=12.85, ϕ=0.28 ve t_R=2007.8138. R^2=0.9671.

JLS modeli günlük veri ürettiğinden bu veriler haftalık veriye dönüştürüldü. Uyarlama veriler içinde, gerçek verilerde olduğu gibi bir matris $\mathcal{B}$ ve bu matrisin alt matrisleri, $\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2, \ldots$ şeklinde oluşturuldu. DRN Yönü hesaplanırken $\nabla_u h(u) - U^{-1}T$ ifadesininin tersinin hesaplanması gerektiği için singularity (or ill-conditionedness) durumu ile karşılaşma olasığımız vardı. Gerçek verilerle oluşturulan alt matrislerde bu durumla hiç ile karşılaşmamamıza rağmen, uyarlama verilerde singularity (or ill-conditionedness) problemi ortaya çıktı. Bu problem, *Singular Value Decomposition* (*SVD*) ve *Perturbation* yöntemleri (Aster, 2012) uygulanarak çözüldü.

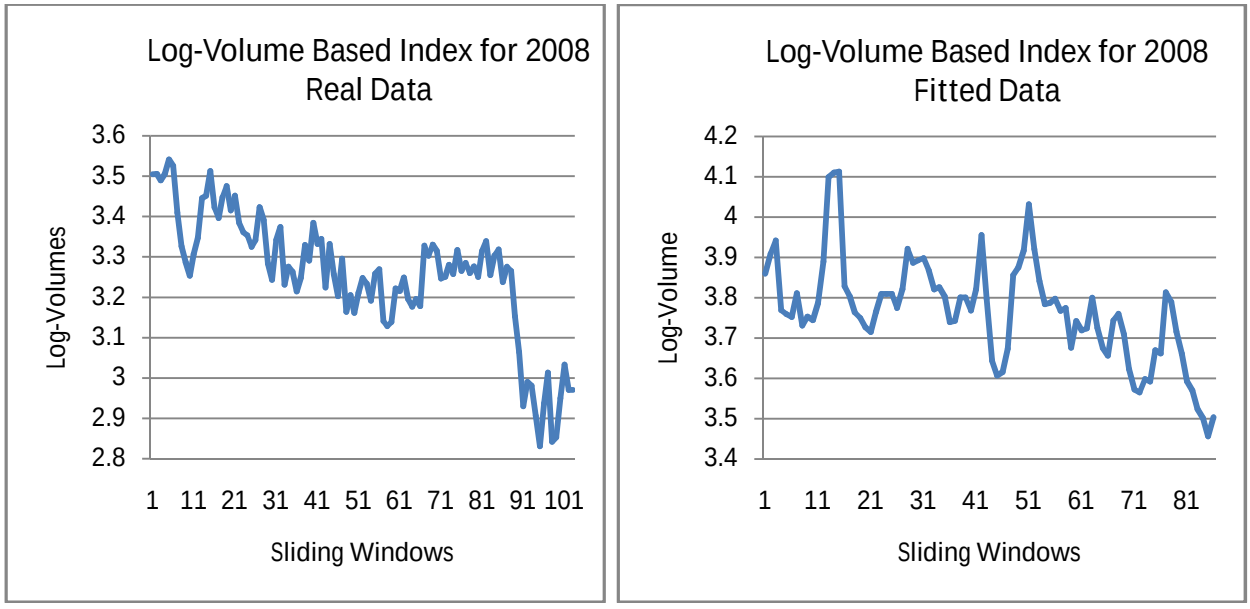
Minimum hacim kaplayan elipsoit kümeleme yöntemi ile her bir kayan pencereye (alt matrise) ait hacimlerin hesaplanma işlemi tamamlandıktan sonra, balon patlama zamanı yaklaştıkça hacim tabanlı endeksin giderek düşüşe geçtiğini ve balonun patlama haftasında veya ona çok yakın bir zaman diliminde, Şekil 9-Şekil 12 de görüldüğü üzere, global minimum noktası oluşturduğunu gözlemledik (Kürüm, 2014).



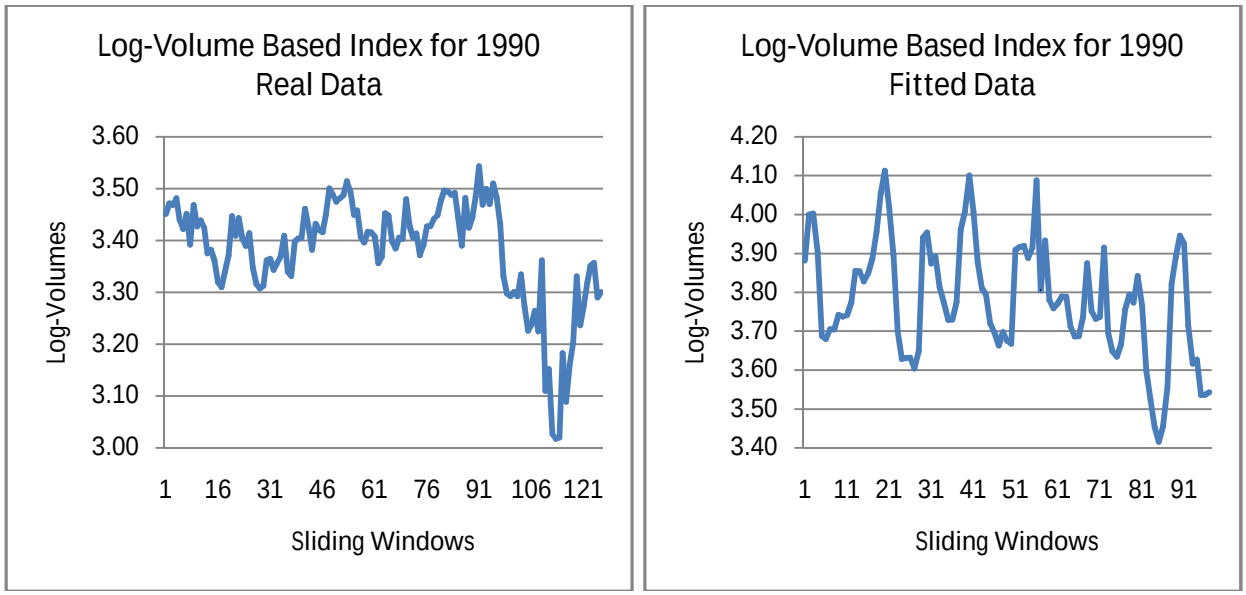
Şekil 9 1962 yılı S&P 500 endeksinde gerçek ve uyarlama (fitted) veri için hacim tabanlı endeks



Şekil 10 1987 yılı S&P 500 endeksinde gerçek ve uyarlama (fitted) veri için hacim tabanlı endeks

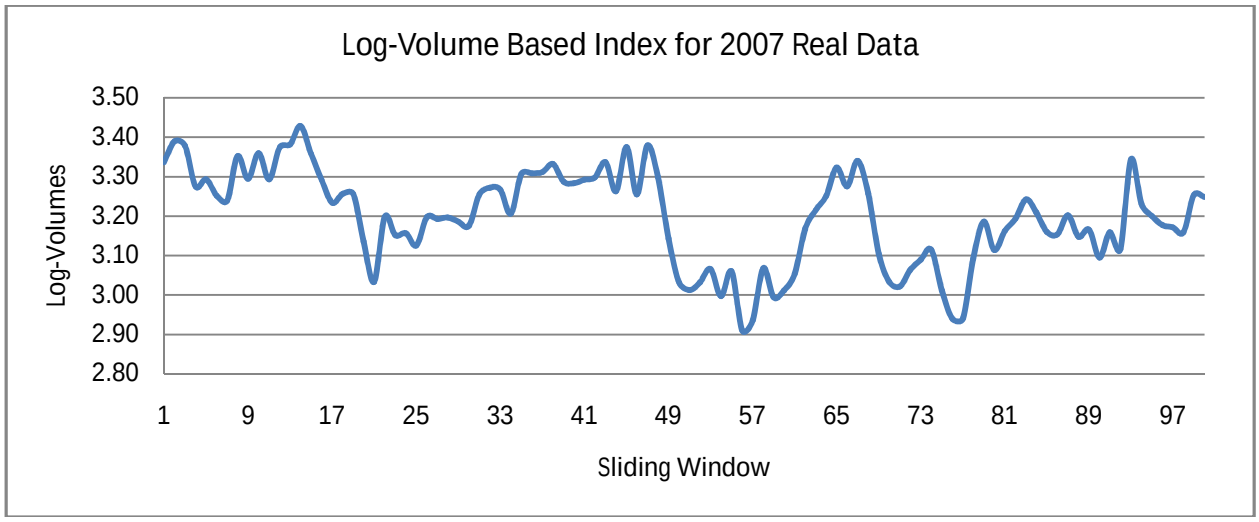


Şekil 11 2008 yılı S&P 500 endeksinde gerçek ve uyarlama (fitted) veri için hacim tabanlı endeks



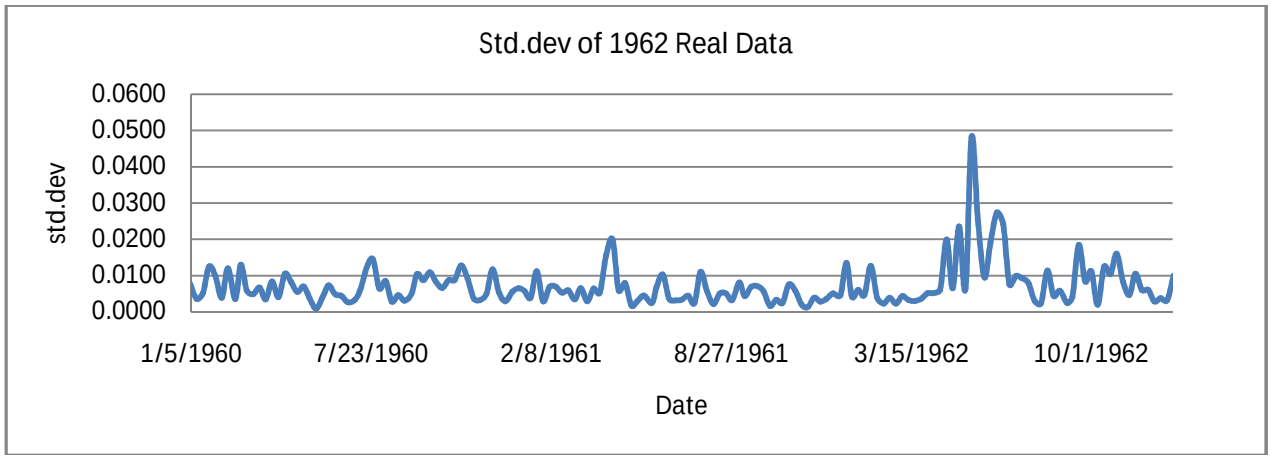
Şekil 12 1990 yılı Nikkei 225 endeksinde gerçek ve uyarlama (fitted) veri için hacim tabanlı endeks

S&P 500 ve Nikkei 225 endeksleri için hacim tabanlı endekste balon patlama zamanı yaklaştıkça düzenli azalma süreci ve bir global minimum noktası elde etmemize rağmen, Shanghai Composite (SSEC) endeksinde birden fazla global minimum noktası ve düzensiz azalma süreci gözlemledik (Kürüm, 2014).

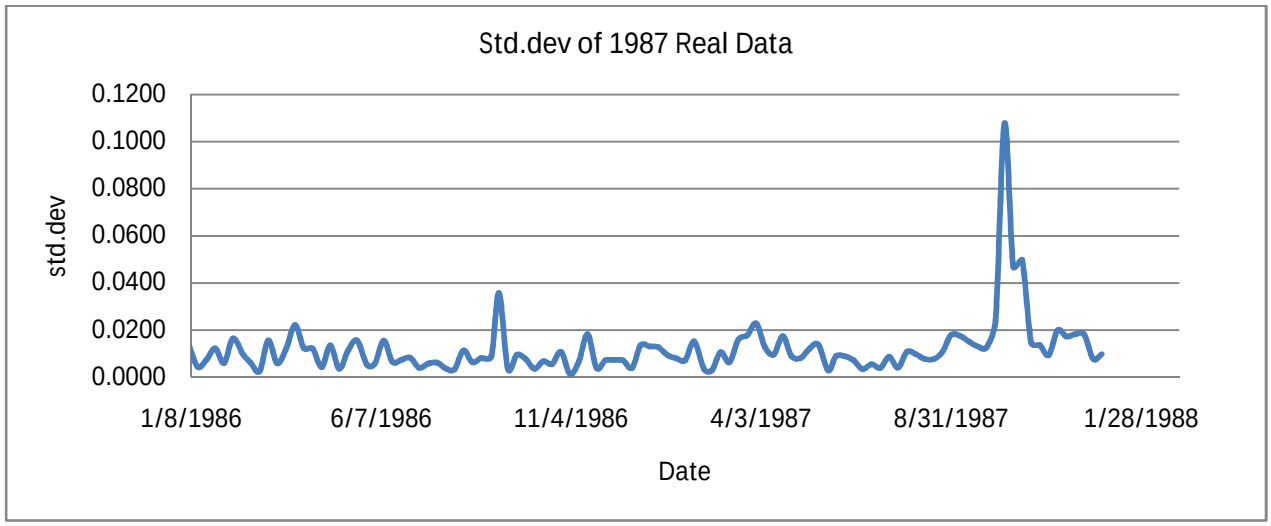


Şekil 13 2007 yılı Shanghai Composite (SSEC) endeksinde gerçek ve uydurma veri için hacim tabanlı endeks

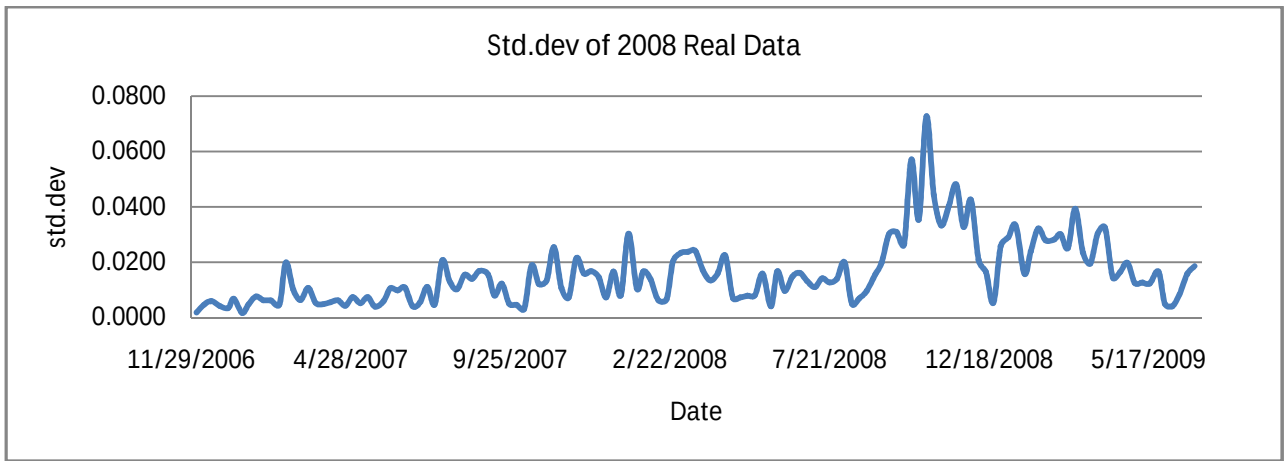
Bu durumun altında yatan nedenin, Şekil 14-18 de gözlemleneceği üzere, ABD ve Japon hisse senedi piyasalarındaki oynaklığın (standart sapma ile ölçülen) belli bir aralıkta iken, Çin hisse senedi piyasasındaki oynaklığın çok değişken olmasıyla ilişkili olduğunu fark ettik.



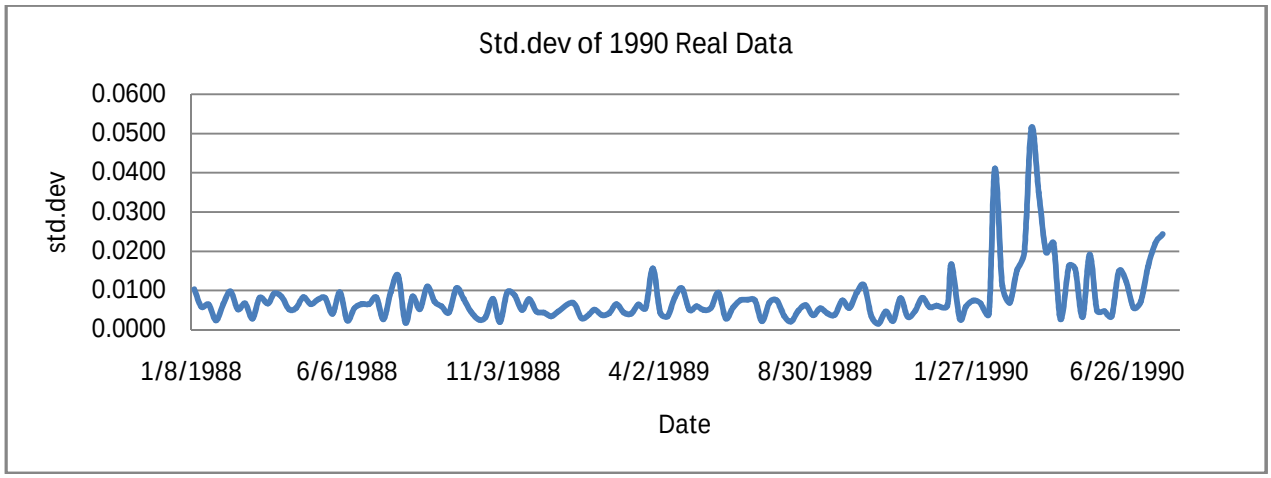
Şekil 14 1962 krizinden once ABD hisse senedi piyasasının oynaklığı



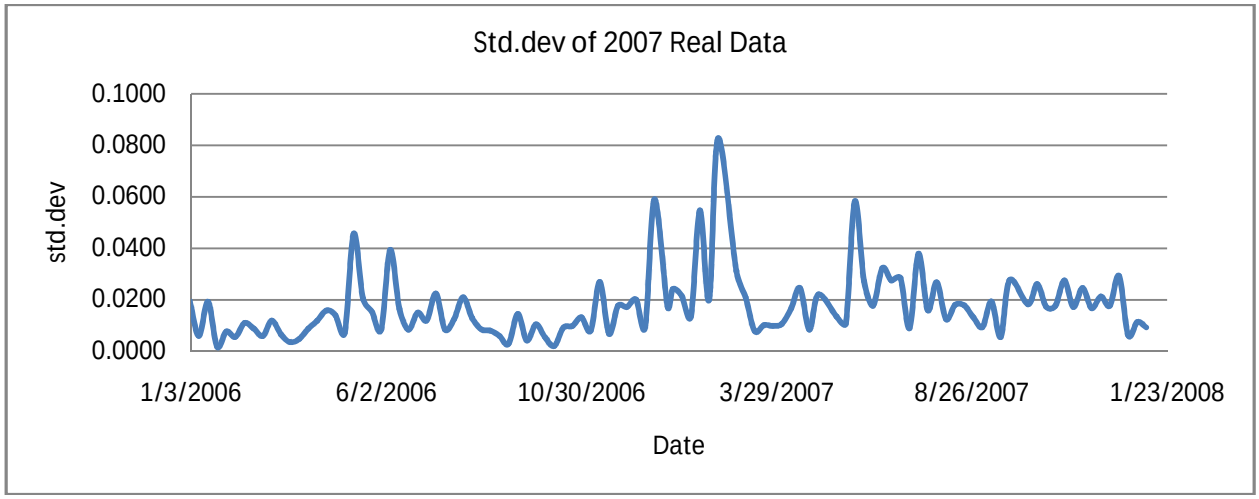
Şekil 15 1987 krizinden once ABD hisse senedi piyasasının oynaklığı



Şekil 16 2008 krizinden once ABD hisse senedi piyasasının oynaklığı

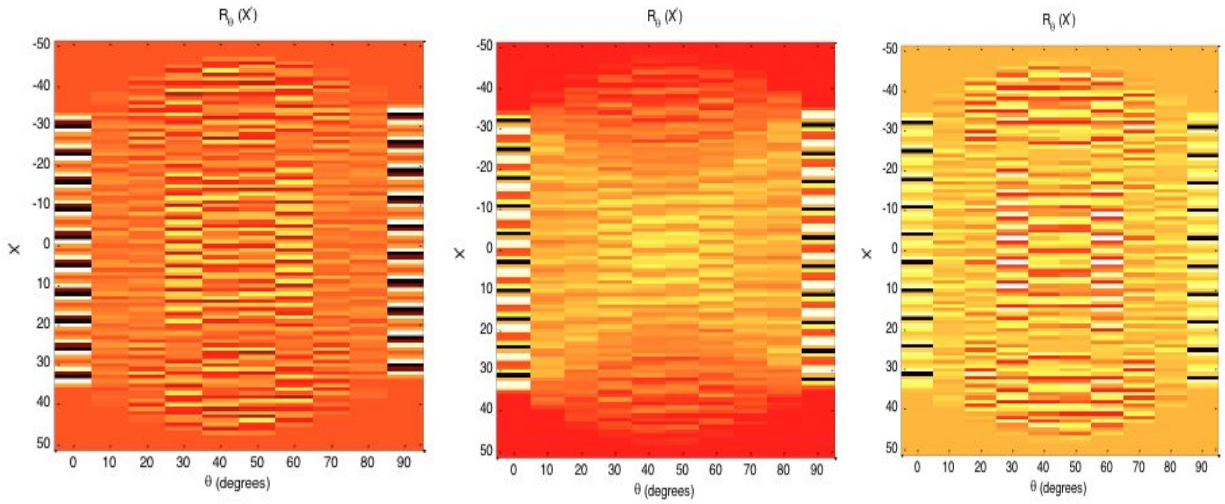


Şekil 17 1990 krizinden once Japonya hisse senedi piyasasının oynaklığı

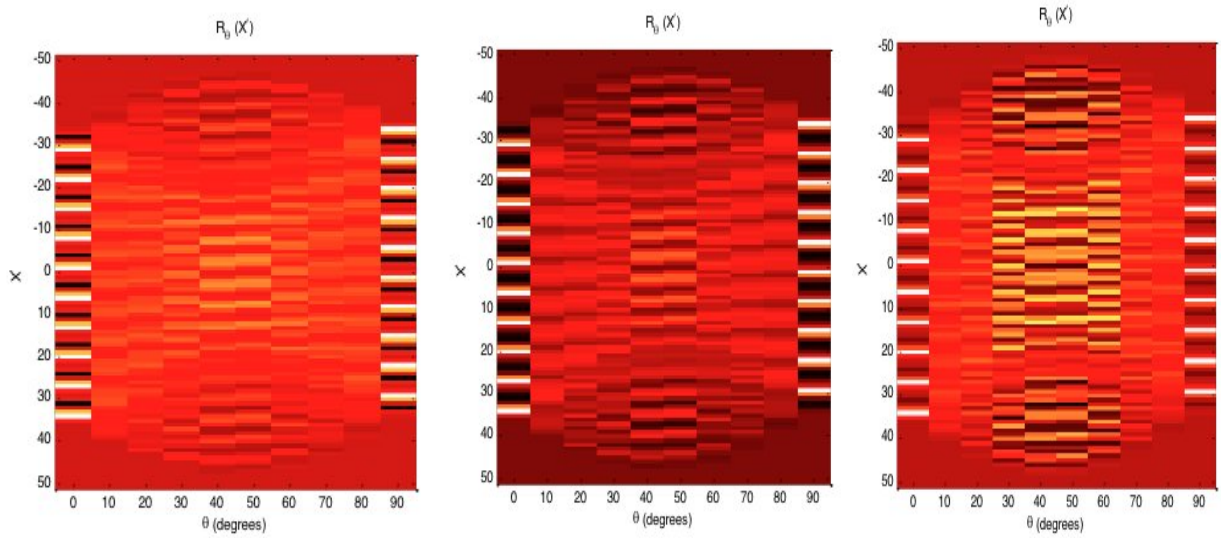


Şekil 18 2007 krizinden once Çin hisse senedi piyasasının oynaklığı

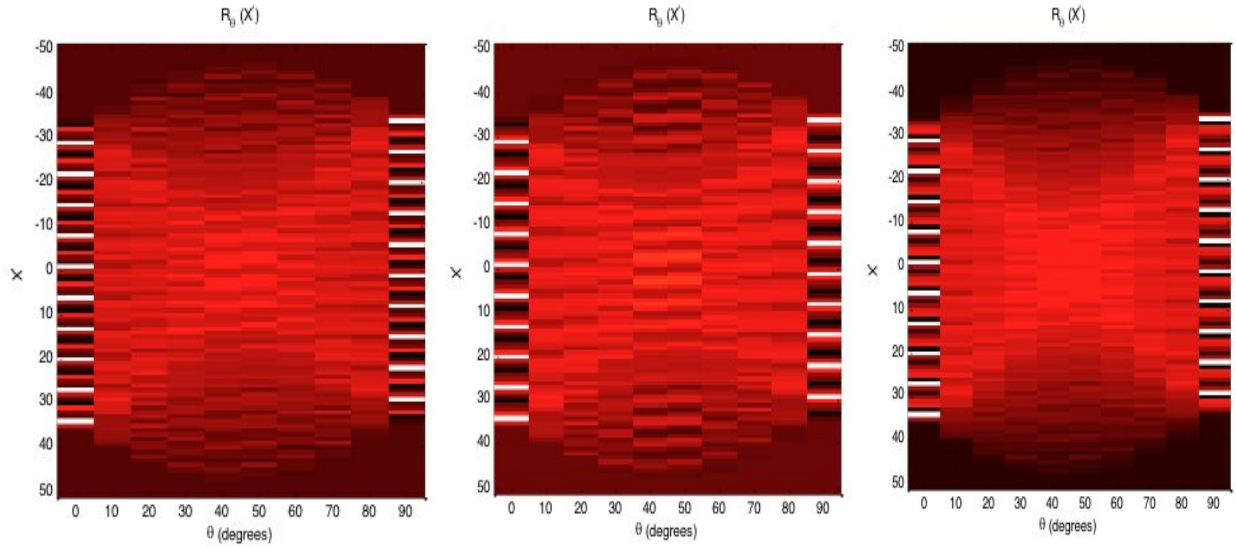
Daha öncede belirttiğimiz gibi, elde edilen elipsoitleri görüntüleyebilmek için Radon Dönüşümümden yararlanıldı. RD nin elipsoitlerin hacmi azaldıkça ve arttıkça farklı renkler ürettiğini gördük. Elipsoitlerin hacimleri log-fiyat süreci ve bu fiyat sürecinden türetilen 5 değişkenden ve RD ler de bu hacimlerden elde edilmektedir. Dolayısıyla, RD deki renk değişimleri fiyat sürecindeki değişimleri takip edebilmek için kullanılabilmektedir. RD den elde edilen renkleri *Sarı*, *Turuncu*, *Kırmızı*, *Gri* ve *Siyah* olmak üzere 5 gruba ayırdık. Diğer bir deyişle, Şekil 19 daki gibi renklere sahip olanları *Sarı* olarak, Şekil 20 deki gibi renklere sahip olanları *Turuncu* olarak, Şekil 21 deki gibi renklere sahip olanları Kırmızı olarak vs. sınıflandırdık (Kürüm, 2014). RD de *Sarı*, *Turuncu*, *Kırmızı* şeklinde daha parlak renkler görmeye başladığımızda, balonun patlama zamanının yakınlaştığına dair şüphelenmeliyiz. Burada en önemli nokta, RD den elde dilen renk değişimlerinin tek başına değil, hacim tabanlı endeks ile beraber değerlendirilmesi gerektiğidir. Yani RD de daha parlak renkler (*Sarı*, *Turuncu*, *Kırmızı*) elde edilirken, aynı zamanda hacim tabanlı endekstede düzenli düşüş süreci başlamışsa bu balonun patlama zamanının yakın olduğuna dair bir erken uyarı sinyalizasyonu olarak değerlendirilmektedir.



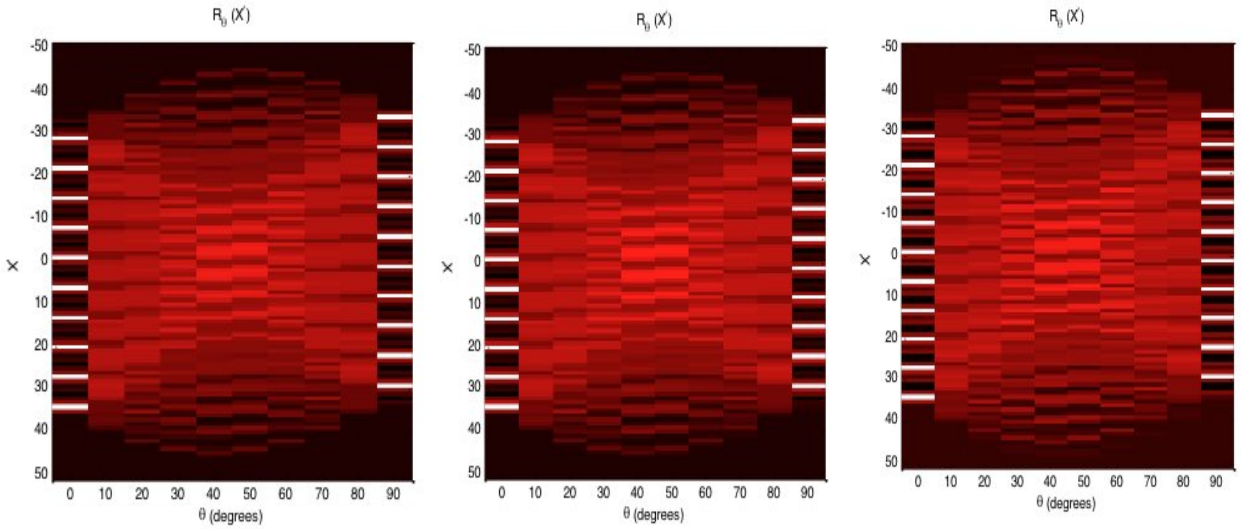
Şekil 19 Sarı renk için Radon sinyalleri örnekleri



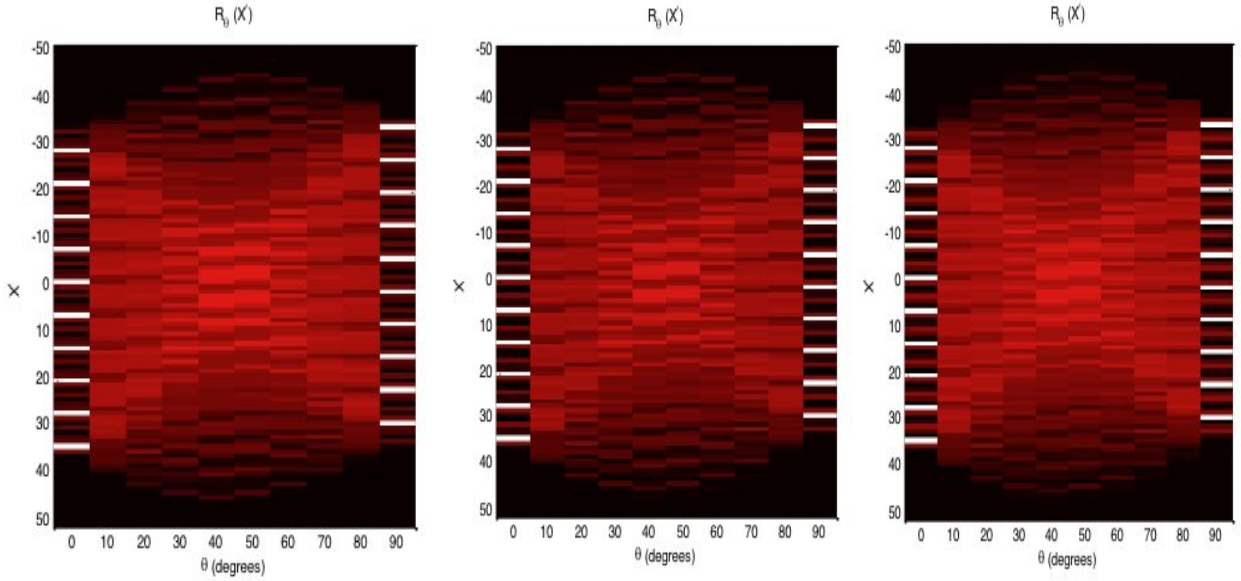
Şekil 20 Turuncu renk için Radon sinyalleri örnekleri



Şekil 21 Kırmızı renk için Radon sinyalleri örnekleri



Şekil 22 Gri renk için Radon sinyalleri örnekleri



Şekil 23 Siyah renk için Radon sinyalleri örnekleri

Şekil 24 ve Şekil 25 te 1962, 1987, 2008 ve 1990 yıllarında gerçekleşen krizler için gerçek ve uyarlama veriye göre RD renklerini ve bunlara karşılık gelen kayan pencere numaralarını görüyoruz. Şekil 9-Şekil12 de hacim tabanlı endeks grafiklerinde, lokal maksimum noktası oluştuğunda ve düzenli azalma süreci başladığında, bu azalma sürecinin geçicimi yoksa düzenli bir azalma süreci mi olup olmadığını azalma oranını ölçerek kontrol ediyoruz. Eğer bu lokal maksimum noktası kalıcı bir düşüş sürecinin başlangıcı ise bu nokta, Şekil 24 ve Şekil 25 teki ilk noktayı yani ilk kayan pencereyi ifade ediyor. Örneğin 1962 krizi gerçek verisi için bu lokal max noktası 110. kayan pencerede gerçekleşiyor (Şekil 9). Bu nedenle Şekil 24 te 1962 ye ait olan kolon 110. Kayan pencereden başlıyor ve balonun patladığı haftayı geride bırakan ilk kayan pencerede sonlanıyor. Benzer prosedürü uyarlama veriye de uyguluyoruz.

1962 Real Data	
SW	RT
110.	Black
111.	Orange
112.	Gray
113.	Gray
114.	Black
115.	Gray
116.	Gray
117.	Gray
118.	Gray
119.	Orange
120.	Red
121.	Red
122.	Red
123.	Yellow
124.	Gray
125.	Red
126.	Black

1987 Real Data	
SW	RT
76.	Red
77.	Red
78.	Gray
79.	Red
80.	Red
81.	Gray
82.	Red
83.	Orange
84.	Orange
85.	Yellow
86.	Red
87.	Red
88.	Red
89.	Gray
90.	Red
91.	Red
92.	Red
93.	Red
94.	Gray
95.	Red

2008 Real Data	
SW	RT
82.	Orange
83.	Red
84.	Red
85.	Red
86.	Orange
87.	Red
88.	Red
89.	Yellow
90.	Yellow
91.	Orange
92.	Yellow
93.	Orange
94.	Yellow
95.	Black
96.	Black
97.	Black

1990 Real Data	
SW	RT
95.	Gray
96.	Gray
97.	Gray
98.	Gray
99.	Black
100.	Black
101.	Black
102.	Black
103.	Black
104.	Gray
105.	Gray
106.	Orange
107.	Orange
108.	Orange
109.	Red
110.	Gray
111.	Red
112.	Gray
113.	Gray

Şekil 24 ABD ve Japonya hisse senedi piyasalarındaki krizler için gerçek verilerle elde edilen RT renkleri ve karşılık gelen kayan pencereler

1962 ABD hisse senedi balonu Mayıs ayının son haftasında patlamıştır. Bu tarih bizim veri setimizde 126. haftaya denk gelmektedir. Her bir kayan pencerenin uzunluğu 8 olduğundan bu haftayı ilk kez içine alan kayan pencere 119. sudur ve Şekil 24 te gördüğümüz gibi 119. kayan pencereden itibaren RD Turuncu, Kırmızı, Sarı renkler üretmiştir. ABD hisse senedi piyasasında 1987 ve 2008 yıllarında ve Japonya hisse senedi piyasasında 1990 yılında gerçekleşen balon patlamaları içinde yukarıdaki figürden görüldüğü üzere RD ile benzer erken uyarı sinyalleri elde edilmiştir.

Hacim tabanlı endekse görede lokal maksimum noktası gerçekleştiği andan balonun patlama anına kadar gerçekleşen endeksteki düşüş oranları 1962 yılı için - %12.956, 1987 yılı için - %16.792, 2008 yılı için - %10.330 ve 1990 yılı için by - %15.956 olarak bulunmuştur. Yani hacim endeksinde gerçekleşecek % 10 luk bir düşüş balon patlama zamanının yaklaşmış olmasına dair bir eşik değeri olarak düşünülebilir.

1962 Fitted Data	
SW	RT
97.	Gray
98.	Gray
99.	Black
100.	Gray
101.	Gray
102.	Red
103.	Red
104.	Red
105.	Red
106.	Red
107.	Gray
108.	Gray
109.	Gray
110.	Gray
111.	Gray
112.	Gray
113.	Yellow
114.	Yellow
115.	Yellow
116.	Red
117.	Red

1987 Fitted Data	
SW	RT
65.	Gray
66.	Black
67.	Black
68.	Black
69.	Black
70.	Black
71.	Black
72.	Black
73.	Black
74.	Gray
75.	Black
76.	Red
77.	Red
78.	Red
79.	Red
80.	Red
81.	Gray

2008 Fitted Data	
SW	RT
77.	Black
78.	Black
79.	Black
80.	Black
81.	Black
82.	Black
83.	Gray
84.	Black
85.	Gray
86.	Red

1990 Fitted Data	
SW	RT
72.	Gray
73.	Black
74.	Black
75.	Gray
76.	Orange
77.	Orange
78.	Orange
79.	Red
80.	Yellow
81.	Black
82.	Black
83.	Gray
84.	Black
85.	Gray

Şekil 25 ABD ve Japonya hisse senedi piyasalarındaki krizler için uyarlama (fitted) verilerle elde edilen RT renkleri ve karşılık gelen kayan pencereler

Uyarlama veriye gelince, bu veriler gerçek veriye göre daha düzgün (salınımların daha az olduğu) bir yapıya sahip olduklarından, uyarlama verilerden elde edilen RD ler, gerçek verilerden elde edilenler kadar belirgin bir uyarı göstermesede yinede balon patlama zamanının yaklaştığına dair erken uyarı sinyalizasyonu üretmişlerdir. Uyarlama verilerine göre hacim tabanlı endekste gerçekleşen düşme oranları 1962, 1987, 2008 ve 1990 yılları için sırasıyla - %9.305 , - %8.952 , - %9.359 ve - %12.755 dir.

4. BULGULAR VE SONUÇ

Bu araştırmada, optimizasyon, kümeleme ve ters problemler teorisinden yararlanarak finansal balonlar için bir erken uyarı sinyalizasyonu geliştirdik. Çalışmamızda ABD, Japonya ve Çin Hisse senedi piyasaları göz önünde bulundurduk ancak çalışmamızı diğer ülkelerin hisse senedi piyasaları ve altın, emlak, petrol gibi diğer piyasalar içinde geliştirmeyi / genişletmeyi planlıyoruz.

Burada hacim-tabanlı endeks adını verdiğimiz yeni bir endeks oluşturduk ve balon patlama zamanı yaklaştıkça endekste düzenli bir azalış eğilimi olduğunu ve karşılık gelen RD sinyallerinin daha parlak oluştuğunu gözlemledik. Daha parlak RD rengi, daha kuvvetli sinyal anlamında kullanılmaktadır. Yani RD renkleri Sarı, Turuncu veya Kırmızı olarak meydana geldiğinde ve aynı zamanda hacim-tabanlı endekste düşüş süreci başladığında balon patlama zamanı için bu durum bir erken uyarı oluşturmaktadır. Yöntemimiz şimdilik oynaklığı az olan piyasalarda çalışmaktadır ancak daha oynak piyasalar için yaklaşımımızı (gelecek bir araştırma projesi olarak) geliştirmeyi planlıyoruz.

Balonlar sürekli olarak karşılaşmadığımız, ender olaylardır bu nedenle standart modeller ve bu olayların simulasyon senaryoları sayısız hataya maruzdur ve bu hata kaynakları tahminlerin validasyonu üzerinde de pek çok olumsuz etkiye neden olmaktadır (Karplus, 1992). Bundan dolayı, araştırmamızda yöntemimizin geçerliliğini simulasyon verisi yerine balonları yakalamakta başarılı olduğu bilinen bir modele göre (JLS modeli) uyarlama verisi üzerinde test etmeyi daha doğru bulduk. İleride çalışılacak bir konu olarak (gelecek bir araştırma projesi olarak), balonları *compound Poisson processes* (Cont, 2004; Karatsaz, 1991; Shreve, 2001) ile modelleyebilirsek, bu modelleme yöntemi için simulasyon verileri üreterek, modelimizi simulasyon verileri ile de test edebileceğimizi düşünüyoruz.

Çalışmamızın özgünlüğü, ilk defa finansal balon konusunun bir kümeleme yöntemi ve ters problemler teorisi ile beraber geometrik olarak ele alınmasıdır. Geliştirdiğimiz yeni endeks ve onun görselleştirilmesinde kullanılan RD ile yatırımcılar risklerini kontrol edebilirler ve bankaların risk yönetimi bölümleride pazar risklerini kontrol etmek için bu çalışmanın teorik ve deneysel sonuçlarını kullanabilir. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası çeşitli ekonomik etkenlere bağlı riskleri değerlendirmek için bizim yaklaşımımızı kullanabilir; Bunlara ilaveten, finansal krizlerin dinamiklerinin ve temel mekanizmalarının anlaşılması ve erken uyarılar elde etmek için politika oluşturucular ve merkez bankaları tarafından risk seviyelerinin takip edilmesi ve optimal olarak belirlenmesi amacıyla çalışmamızdan yararlanılabilir. Bu da finansal ve ekonomik krizleri engellemeye katkıda bulunabilir.

Referanslar

1. Aster, R. C., Borchers, B., Thurber, C., Parameter Estimation and Inverse Problems, Academic Press, 2nd edition, (2012).

2. Calverley, J., Bubbles and How to Survive Them, Boston: N. Brealey Publishing, (2004).

3. Cont, R., Tankov, P., Financial Modelling with Jump Processes, Financial Mathematics Series, Chapman&Hall/CRC, (2004).

4. Feeman, T., The Radon Transform, The Mathematics of Medical Imaging, Springer Undergraduate Texts 11 in Mathematics and Technology, (2013).

5. Hoilund, C., The Radon transform, http://www.cvmt.dk/education/teaching/e07/MED3/IP/Carsten Hoilund - Radon Transform.pdf. Accessed 10 June 2013, (2007).

6. Jacobsson, E., How to predict crashes in financial markets with the log-periodic power law, Technical Report, Stockholm University, (2009).

7. Johansen, A., Ledoit, O., Sornette, D., Crashes as critical points, International Journal of Theoretical and Applied Finance, 3(2), 219-255, (2000).

8. Johansen, A., Sornette, D., Ledoit, O., Predicting financial crashes using discrete scale invariance. Journal of Risk, 1(4), 5-32, (1999).

9. Karatsaz, I., Shreve, S., Brownian Motion and Stochastic Calculus, Springer, New York, USA, (1991).

10. Karplus, W. J., The Heavens are Falling: The Scientific Prediction of Catastrophes in Our Time. New York: Plenum Press, (1992).

11. Kürüm, E., Early Warning on Stock Market Bubbles via Ellipsoidal Clustering and Inverse Problems. PhD Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, (2014).

12. Shreve, S., Stochastic calculus for finance II continuous-time models, Springer, New York, USA, (2001).

13. Sun, P., Freund, R. M., Computation of minimum-volume covering ellipsoids, Operations Research, 52(5), 690-706, (2004).

14. Yan, W., Identification and Forecasts of Financial Bubbles, PhD Thesis, ETH Zurich, Switzerland, (2011).

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: 112T744
Proje Başlığı: Finansal Krizlerin Dinamiklerinin Elipsoidal Analiz ve Kümeleme Metodları aracılığıyla Modellenmesi ve Anlaşılması
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Prof.Dr. Gerhard-Wilhelm WEBER (Yürütücü) Yrd.Dr. Cem İYİGÜN (Araştırmacı)
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Uygulamalı Matematik Enstitüsü, Üniversiteler Mah. Dumlupınar Blv. No:1, 06800 Çankaya/Ankara
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) Tunus caddesi No:80 06100 Kavaklıdere/Ankara
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 15.02.2013-15.02.2014
Öz (en çok 70 kelime) Bir finansal balon patladığında, toplumdaki pek cok kişiye doğrudan zarar verdiği gibi, aynı zamanda, bu durum tüm ekonomik yapıları da etkiler. Bu nedenle, matematik destekli araçlar kullanarak balonların saptanmasını amaçlayan bir erken uyarı yaklaşımı geliştirmek önemlidir. Balon kavramına, elipsoitlerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi ile geometrik olarak yaklaşan yeni bir yöntem getiriyoruz. Minimum hacim kaplayan elipsoit kümeleme yöntemi ile hacim-tabanlı bir endeks olusturuyor ve bu elipsoitleri görselleştirmek icin, ters problemler teorisinden Radon dönüşümünden, figürler seklinde, yararlanıyoruz. Analizler, ABD, Japonya ve Çin hisse senedi piyasaları için yapılmıştır. Çalışmamızda, balonun patlama zamanı yaklaştığında elipsoitlerin hacimlerinin giderek küçüldüğüve buna paralel olarak Radon dönüşümü' nden elde edilen figürlerin daha "parlak", yani daha güçlü bir uyarı haline geldiği gözlemlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Finansal krizler, balon, kümeleme, minimum hacim kaplayan elipsoitler.
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu? **Evet** ☐ **Gerekli Değil X** Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.
Projeden Yapılan Yayınlar: Kürüm, E. (2014). Early Warning on Stock Market Bubbles via Ellipsoidal Clustering and Inverse Problems. PhD Thesis, Middle East Technical University, Ankara,Turkey. Kürüm, E., Weber, G. W., İyigün, C. (2013). Financial Bubbles. D. Zilberman and A. Pinto (Ed.), Springer volume Modeling, Optimization, Dynamics and Bioeconomy, series Springer

Proceedings in Mathematics. Kürüm, E., Weber, G. W., İyigün, C. (2014). Early warning on Stock Market Bubbles via Methods of Optimization, Clustering and Inverse Problems. Submitted to Machine Learning. **Bildiri:** Kürüm, E., Weber, G. W., İyigün, C., Early warning on Stock Market Bubbles via Methods of Optimization, Clustering and Inverse Problems, International Conference on Econophysics, East China University of Science and Technology, Shanghai, China, 31 May-2 June, 2014. (Kabul edilip edilmediği ile ilgili değerlendirme sonucu 25 Nisan 2014 tarihinde gönderilecek.)
Ekte Bulunan "ARDEB Başarı Öyküsü Formu", "Kazanımlar" Bölümünde Belirtilen Kriterlere Göre Proje Çıktılarınızın Başarı Öyküsü Niteliği Taşıdığını Düşünüyorsanız "ARDEB Başarı Öyküsü Formu"nu doldurunuz.

Proje Adı	**Proje Yürütücüsü**
(PROJE ŞEKiL/GRAFiK/ FOTOĞRAF) *(En fazla 4 tane – jpg formatında, 35 x 35 cm (300 dpi)): İsimleriyle ve şekil altı açıklamalarıyla birlikte sıralanmış olarak formda belirtilmesi ve 300 dpi çözünürlükte ayrı jpeg dosyaları halinde formun ekleri olarak gönderilmesi gerekmektedir.*	**Proje No**
	Destek Miktarı (TL)
	Proje Başlama-Bitiş Tarihi
	Yürütücü Kuruluş
	(PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ FOTOĞRAF) *300 dpi çözünürlükte ayrı jpeg dosyası olarak forma eklenmelidir.*
Projenin Amacı ve Önemi *(En fazla 150 kelime)* (Maddeler halinde sıralayınız)	
Proje ile Elde Edilen veya Beklenen Bilimsel, Teknolojik, Ekonomik ve Sosyal Kazanımlar *(En fazla 200 kelime)* • Projeden uluslararası, etki faktörü yüksek dergilerde yapılan yayın(lar)-(etki faktörünü de veriniz) • Proje kapsamında elde edilen ürün, buluş, çıktı vb. için alınacak/alınmış patentler ve/veya gerçekleştirilmiş/gerçekleştirilecek teknolojik/ticari uygulama(lar) • Proje kapsamında alınan ödüller/ödül adaylıkları • Projenin ülkenin bilimsel ve teknolojik araştırma gücüne, bilim insanı yetiştirilmesi ve	

yeni yetenekler kazanılmasına sağladığı katkılar
Proje için TÜBİTAK Desteğinin Önemi *(En fazla 150 kelime)*

ARDEB BAŞARI ÖYKÜSÜ

1. Proje yürütücüsü iletişim bilgileri:

Adı – Soyadı :
Unvanı :
Telefon :
E-posta adresi :