Gazi Üniversitesi
Sosyal Bilimler Dergisi Vol/Cilt:4, No/Sayı:11, 2017

HEİSENBERG BELİRSİZLİK İLKESİNİN EKONOMİK VERİLERE UYGULANMASI

Erkan KUZU *

Cihan TANRIÖVEN**

Özet

Bu çalışmada evrenin temel oluşumunun anlaşılmasında modern teorik fizik tarafından elde edilen veriler ışığında, temel fizik kavramlarının metodolojik ve felsefi analizi ve bunların gerçek ekonomik veriler ile resmi ve gayri resmi bağlantıları araştırılmıştır. Heterojen ekonomik zaman tanımı için yönergeler, normalize edilmiş ekonomik koordinatlar ve ekonomik kütleden bahsedilen çalışmada, zaman serilerinin analizine dayanılarak ekonomik Plank sabiti kavramı önerilmiştir. Hisse endeksleri, Forex ve emtia fiyatlarını içeren gerçek ekonomik dinamiklerinin zaman serileri üzerinde teori denenmiş ve uygulanabilir bulunmuştur, elde edilen sonuçlar tartışmaya açıktır.

Anahtar Kavramlar: Heisenberg Belirsizlik Prensibi, Ekonomi, Ekonomik Kütle, Normalize Edilmiş Ekonomik Koordinatlar, Heterojen Ekonomik Zaman

Jel Kodları: A12, B16, B22, B41

APPLICATION OF THE HEISENBERG UNCERTAINTY PRINCIPLE TO ECONOMIC DATA

Abstract

In this study, ın the light of the data obtained by modern theoretical physics in the understanding of the basic formation of the universe, the methodological and philosophical analysis of basic physics concepts and their formal and informal linkages with real economic data were investigated. Based on the analysis of time series, economic mass, normalized economic coordinates, procedures for heterogeneous economic time determination are offered and the concept of economic Plank's constant has been proposed. The theory has been tried on the real economic dynamic's time series, including spot prices, Forex, stock indices and found to be practicable. The achieved results are open for discussion.

Key Words: Heisenberg Uncertainty Principle, Economy, Economic Mass, Normalized Economic Coordinates, Heterogeneous Economic Time

Jel Codes: A12, B16, B22, B41

---

* Yüksek Lisans Öğrencisi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, erkankuzu@gmail.com
** Doç. Dr., Gazi Üniversitesi İ.İ.B.F., cihant@gazi.edu.tr

GİRİŞ

Modern pazarlardaki olağan ve doğal karışıklıklara bağlı olarak küresel finans sisteminin istikrarsızlığı ve tahmin edilemeyen finans krizlerinin yüksek miktarda olması mevcut sosyal ekonomik durumun modellenmesi, öngörülmesi ve yorumlanmasındaki metodolojik krizlerin kanıtıdır.

Ancak hem sosyal-ekonomik olgular ile fiziki olgular arasında belirgin farklar olması, matematiksel modellerin karmaşıklığı ve çeşitliliği hem de bilim adamları arasında kuantum ideolojisinin derinlemesine anlaşılamaması nedeniyle farklı alanların birleştirilmesindeki çalışmalarda, kuantum ekonofiziksel benzeşimler kullanılırken, özel bir yaklaşım ve dikkat gerektirmektedir.

Çalışmanın amacı, modern teorik fiziğin bakış açısından zaman, uzay, uzaysal koordinat, kütle, Planck sabiti ve ışık hızı gibi temel fizik olgularının ve sabitlerinin detaylı metodolojik ve fizyolojik analizlerini yapmak ve sosyal-ekonomik olgu ve süreçlerin yeterli ve kullanışlı benzeşimlerini araştırmaktır.

1. TEMEL FİZİK KAVRAMLARININ DOĞA İLE İLİŞKİSİ

Tam olarak tanımlanmayan zaman, mesafe, kütle normalde temel (esas, ana) fizik kavramları sayılabilirler. Bu kavramların kesin sayısal değerler ile eşleşe bileceği düşünülür. Bu durumda hız, ivme, darbe, kuvvet, enerji, elektriksel şarj, akım vb. diğer fiziksel değerler temel fiziksel kavramların (zaman, mesafe, kütle) yardımıyla uygun fiziksel kanunlar vasıtasıyla türetilebilir, açıklanabilirler.

Rölativisttik ve kuantum fiziğini içeren modern fizik teorilerinin hiç birinin temel fizik kavramları olmadan var olamayacağı unutulmamalıdır. Çalışmada aşağıdaki durumlara dikkat çekilmek amaçlanmıştır.

Einstein'ın izafiyet teorisinin de gösterdiği gibi, heterojen kütlelerin varlığı dünyamızın içinde bulunduğu 4 boyutlu uzay-zamanın bozulmasına yol açar. Sonuç olarak dört boyutlu Minkowski uzayının Kartezyen koordinatları kıvrımlı doğru şeklindedir. Minkowski uzayının Kartezyen koordinatları; x, y, z, ict (x, y, z sıradan Kartezyen koordinatları ve dördüncü zaman koordinatı ict ($i = \sqrt{-1}$ hayali birim, c- vakum içindeki ışık hızı, t- zaman) şeklindedir. (Landau ve Lifshitz, 1971).

Ayrıca gözlemlenen heterojen kütle dağılımının gerçekten var olan kıvrımlı koordinatların (x, y, z, ict) sonucu olduğunu göz önünde tutarak Einstein'ın teorisinin yorumuna farklı bir açıdan bakmak mümkündür. Bu durumda dünyamızda kütlenin varlığı geometrik faktörlerin (uzay-zaman ve onun kıvrımlı olmasının) neticesinde olmaktadır ve geometrik terimler ile açıklanabilmektedir.

Şayet genel görelilik teorisi tarafından tanımlanan küresel makro-fenomenlerden uzaklaşılarak- kuantum fizik kanunlarının geçerli olduğu mikro dünyaya inilirse kütle dahil tüm diğer fiziksel değerlerin tanımı içerisinde uzay zaman koordinatlarının önceliği hakkındaki aynı sonuca varılır.

Bunu göstermek için, kuantum mekaniği aksiyomlarının temel neticelerinden Heisenberg'in bilinen belirsizlik oranı kullanılırsa (Saptsin ve Soloviev, 2009);

$$\Delta x \, . \, \Delta v \geq \frac{\hbar}{2m_o} \tag{1}$$

" Δx ve Δv " m_o (durağan) kütleli bu parçacığın x koordinatının ve v hızının ortalama kare dağılımıdır ve $\hbar$ - Planck sabitidir. "Δx ve Δv " değerlerinin çarpımlarının minimuma ulaşırken ölçülebilir olduğunu kabul edersek formül (1) den aşağıdaki formül türetilebilir.

$$m_o = \frac{\hbar}{2 \, . \, \Delta x \, . \, \Delta v} \tag{2}$$

Parçacığın kütlesi, bu parçacığın koordinatı ve koordinatının zaman türevli hızının belirsizliklerinden hesaplanabilir.

Bugünlerde farklı alanlarda çalışmalar yapan bilim adamları fiziksel, metodolojik, psikolojik, filozofik ve diğer bakış açılarından uzay zamanın yapısı ve temel özellikleri ile ilgilenmektedirler. Bununla birlikte çok ilerlemiş ve gelişen alanları ile teorik fizikten konuyu anlamaya yönelik çalışmaların etkili bir gelişme göstermesi beklenmektedir, ancak şimdiye kadar tek bir kavram bulunmamaktadır (Kaku, 1999; Balasubramanian, 2011).

Temel fizik bilimi ile iki ana araştırma yönü belirlenebilir.

1) Gözlemsel veya deneysel olarak doğrulanması mümkün sayısal örneklerin alınması,
2) Temel fiziksel faktörlerin doğru ve öz (mümkün olduğunca az matematiksel formül ve kavram içeren) yorumlanmasına izin veren mevcut teorilerin yorumlanması veya yeni teorilerin geliştirilmesi,

İkinci yol fiziksel olguların ve matematiksel formüllerin başka bir alana (örneğin ekonomi gibi) transferinde özellikle önemlidir.

Bu kısımda geniş kapsamlı olmayı iddia etmeden, mümkün olduğunca geniş kitleye hitap etmesi amacıyla, en bilinen ve açık örneklerin incelenmesine çalışılacaktır.

Teorik fizik eğitimi veren Moscow Okulu tarafından yayınlanan "Y. S. Vladimirov. A relational theory of space-time interactions. Part 1. and Part.2 MGU, Moscow, 1996 " eserdeki görüşe göre; uzay, zaman ve dört temel fiziksel etkileşim (yerçekimi, elektromanyetizma, güçlü, zayıf) ikincil kavramlardır. Bunlar aynı orijini paylaşırlar ve özel yapılara ve simetrik özelliklere sahip olan sözde dünya matrisi diye adlandırılan yapı tarafından üretilirler. Elemanları bir miktar soyut ön uzay içinde çift geçişe sahip karmaşık sayılardır (Vladimirov, 1996).

Aynı zamanda bu noktalar içindeki uzay zamanın fiziksel özellikleri noktanın yakın ve uzak komşuları ile bölgesel olmayan ("anlık") etkileşimleri aracılığıyla açıklanır ve istatistiksel özellik kazanır. Diğer bir deyişle Viladimirov'un yaklaşımına göre gözlemlenen uzay koordinatları ve zaman istatiksel doğaya sahiptir.

Ayrıca kuantum mekaniğinin yorumlanmasında benzer fikirler, Copenhagen okulunun dışında, John Cramer tarafından da ilan edilmiştir (Cramer, 2015).

Yukarıda bahsedilen zaman ve uzay koordinatlarının bölgesel olmayan istatiksel kökenlerinin olması fikri kuantum mekaniğinin belirsizlik prensibi varsayımı üzerinde bilinen oranlar kullanılarak niteliksel olarak örneklendirilebilir (Saptsin ve Soloviev, 2009).

$$\Delta p \,.\, \Delta x \sim \hbar \tag{3}$$

$$\Delta E \,.\, \Delta t \sim \hbar \tag{4}$$

$$\Delta p \,.\, \Delta t \sim \frac{\hbar}{c} \tag{5}$$

ΔE parçacığın enerjisi E'nin, Δp parçacığın darbesi P'nin, Δx koordinatının, Δt zamanın belirsizlikleridir. Formül (5) formül (4)'den türetilebilir, E = p.c yani ΔE= Δp.c dir. "c" (ışık hızı) parçacığın ulaşabileceği maksimum hızdır.

Yukarıda bahsedilenlerden şöyle bir bağlantı kurulabilir. $\Delta x \to 0$ giderken parçacığın darbesi (p=pulse) ve böylece enerjisinin (E=energy) belirsizliği mümkün olduğunca büyük olacaktır. Bu belirsizliğin tespiti parçacığın diğer komşularıyla mühim ve yerel olmayan etkileşimi ile sağlanmaktadır. Diğer taraftan $\Delta p \to 0$ giderken parçacık tüm uzay boyunca yayılacaktır (formül (3)' ten $\Delta x \to \infty$ olacaktır) örneğin dağılmış olacaktır. Parçacığın konumunun "dağılmış" olmasının etkisiyle, Δx ve Δp değer oranları ille marjinal olmadan, başka bir yer alacağı varsayılabilir.

Benzer sonuçlar formül (4) , (5) ve Δt' nin geçici yerini belirleme için de geçerli olacaktır.

Viladimirov'un kavramı muhtemelen daha grafikseldir (bu nedenle bant teorisinin temeli olarak bilinir), sözde "elektron" ve "boşluk" yarı iletken içindeki gerçekten var olduğu kabul edilen şarj taşıyıcılar olarak hatırlanır. Bu "parçacıklar" serbest bir elektronun şarjına benzer sırasıyla negatif ve pozitif yüklere sahiptirler (ondalık alanda doğru) ve serbest bir elektronun kütlesinden farklı m_e ve m_h etkin kütleler tarafından karakterize edilirler. Genelde m_e ve m_h ayrıca tensör (vektör'ler ve skaler büyüklükler ve diğer tensörler arasındaki doğrusal ilişkiler'i tanımlayan geometrik nesne) değerler olabilirler. Ancak gerçekte bu parçacıklar tüm yarı iletken kristalinin sanal sonuçlarıdır (sözde parçacığımsı (quasi-particles)) ve kendi sınırları dışında mevcut değillerdir.

Kristal ile benzeşim yapacak olursak evrendeki tüm yapısal biçimlenmelerin bölgesel olmayan etkileşime sebep olan ve kendi uzay zaman sınırları dışında mevcut olmayan "parçacığımsı (quasi-particles)" yapıya sahip olduğu varsayılabilir.

Sonuç olarak bölgesel olmayan etkileşim kavramı, ayırt edilemezliğin deneysel faktörlerine ve çokça yapılan gözlemlerin uzay zaman lokalizasyonuna bakmayarak her zaman gözlem sırasında yer alan bu tür tüm mikro parçacıkların varlığına mantıksal açıklama yapma kapasitesindedir.

2. EKONOMİK ÖLÇÜMLERİN DİNAMİK ÖZELLİKLERİ VE HEİSENBERG BELİRSİZLİK ORANININ EKONOMİYLE BENZERLİĞİ

Normalde temel fiziksel kanunlar yaklaşık 10^{11} yıldır (evrenin "big bang" teorisine göre bilinen yaşı) değişmeden kalan sabitlerin varlığı ile ayırt edilirler. Yer çekimi sabiti, vakum içindeki ışığın hızı, Plank sabiti yukarıda bahsedilen bu sabitler arasındadır.

Fiziksel (örneğin malzeme kaynaklarının miktarı) ve ekonomik (örneğin varlıkların değerleri) dinamik ölçümlerin sonuçları temelli ekonomik kanunlardan konuşurken durum biraz farklı görünecektir. Matematiksel tanım için kullanılan formüllerin yeterliliği sürekli kontrol edilmeli ve gerekli ise düzeltilmelidir. Bunun sebebi, ekonomide sabit standartlar olmadığından (sadece miktar olarak değil nicelik olarak da değişirler- yeni standartlar ve modeller ortaya çıkar), alınan ölçümler daima bir model olarak ele alınan bir şey ile kıyaslamaya tabi tutulmalarıdır. Böylece ekonomik ölçümler özünde bağıl, zaman, uzay ve diğer sosyal-ekonomik koordinatlar içinde yereldir ve birbirini izleyen ve /veya paralel karşılaştırma aracılığıyla tatbik edilebilirler, "burada ve şimdi", "burada ve orada", "dün ve bugün", "bir yıl önce ve şimdi" vb.

Bu sebeplerden dolayı, konumun, eğilimin ve küresel, bölgesel,ulusal ekonominin perspektiflerinin değerlendirilmesi için sabit görüntüleme, analiz ve zaman serilerinin tahmini yararlı olacaktır. Zaman serileri hisse bilgileri, para değişim oranları, spot fiyatları ve sosyal-ekonomik göstergelerden çekilen verileri içerirler.

Buradan itibaren çalışmamızın yapısal elemanları tanıtılacak ve model oluşturulacaktır. Model olarak Vladimir Soloviev, Vladimir Saptsin (2011) çalışmalarında oluşturdukları model yorumlanmıştır ve belirlenen hisse senedi endeksleri, döviz kurları ve emtia fiyatları gibi gerçek, yakın tarihli ekonomik zaman serileri üzerinde uygulanmıştır.

Eşit bir minimum zaman adımı Δt_{min} ile "T" tek mesafesine karşılık gelen her biri "N" örnek içeren, bir set "M" tane zaman serileri olduğu varsayılırsa:

$$X_i(t_n),\ t_n = \Delta t_{min}\ n;\ \ n = 0, 1, 2, \dots N-1;\ i = 1, 2, \dots M. \tag{6}$$

Tüm serileri boyutsuz ve tekil yapıya getirmek, ilave olacak sabiti düzeltmek için serilerin tüm terimlerinin tabii (doğal) logaritmaları alınarak normalleştirilirlerse:

$$x_i(t_n) = lnX_i(t_n),\quad t_n = \Delta t_{min}\ n;\ \ n = 0, 1, 2, \dots N-1;\ i = 1, 2, \dots M. \tag{7}$$

elde edilir. Her bir yeni $x_i(t_n)$ serisinin belli hayali tek boyutlu bir yörünge olduğunu veya her bir Δt_{min} zaman taramasında koordinatı kaydedilirken i olarak numaralandırılan soyut parçacık olduğunu ve ΔT zaman aralığında koordinat ve hızının ortalama kare dağılımının değerlendirildiği varsayıldığında;

$$\Delta T = \Delta N.\Delta t_{min}\ \Delta N,\ 1 \ll \Delta N \ll N. \tag{8}$$

Elde edilir ve t_n anında i parçacığının "anlık" hızı aşağıdaki oranla tanımlanır

$$v_i(t_n) = \frac{x_i(t_{n+1}) - x_i(t_n)}{\Delta t_{min}} = \frac{1}{\Delta t_{min}} ln \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)}, \tag{9}$$

Buradan varyans D_{v_i}:

$$D_{v_i} = \frac{1}{(\Delta t_{\min})^2}\left(\langle ln^2 \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)}\rangle_{n,\Delta N} - \left(\langle ln \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)}\rangle_{n,\Delta N}\right)^2\right) \tag{10}$$

Ve buradan ortalama kare dağılımı Δv_i:

$$\Delta v_i = \sqrt{D_{v_i}} = \frac{1}{(\Delta t_{\min})}\left(\langle ln^2 \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)}\rangle_{n,\Delta N} - \left(\langle ln \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)}\rangle_{n,\Delta N}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}} \tag{11}$$

elde edilir. Burada $\langle \dots \rangle_{n,\Delta N}$ nın anlamı $\Delta T = \Delta N.\Delta t_{min}$ zaman aralığında ortalamadır. (11) formülüne göre hesaplanan Δv_i değeri ΔT zaman aralığının ortalamasının ortasıyla ilişikli zamana atfedilmektedir.

i parçacığının koordinatlarının D_{x_i} dağılımını değerlendirmek için aşağıdaki yaklaşık oran kullanılır.

$$2D_{x_i} \approx D_{\Delta x_i} \tag{12}$$

$$D_{\Delta x_i} = \langle \left(x_i(t_{n+1}) - x_i(t_n)\right)^2 \rangle_{n,\Delta N} - \left(\langle x_i(t_{n+1}) - x_i(t_n)\rangle_{n,\Delta N}\right)^2$$
$$= \langle ln^2 \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)} \rangle_{n,\Delta N} - \left(\langle ln \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)} \rangle_{n,\Delta N}\right)^2 \tag{13}$$

x koordinatlarının komşuluğu $\bar{x}$ ortalama değerinden sapmanın zamanına bağlı olduğundan zayıf ilişkilidir varsayımından türetilen:

$$\langle (x_i(t_n) - \bar{x})(x_{i+1}(t_n) - \bar{x}) \rangle_{n,\Delta N} \approx 0 \tag{14}$$

Böylece, (12) ve (13) dikkate alındığında aşağıdaki formül elde edilir:

$$\Delta x_i = \sqrt{\frac{D_{\Delta x_i}}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\langle ln^2 \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)} \rangle_{n,\Delta N} - \left(\langle ln \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)} \rangle_{n,\Delta N}\right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \tag{15}$$

Dikkat edilmelidir ki (12) bağlantısını ispatlamak gerekli değildi, Δx_i in tanımı gibi (15) formülünü önermek de mümkün olacaktır.

Ayrıca,

$$|v_i(t_n)|.\Delta t_{\min} = \left| ln \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)} \right|$$

$(\Delta t_{\min})^2$ ile D_{v_i} den farklı olan $\ln(X_i(t_{n+1}) / X_i(t_n))$ rasgele bir değer dağılımıyken, mutlak getiri diye bilinen $|v_i(t_n)|$ (bakınız (9)) ile çakışan $\Delta t_{\min}$ çarpılarak elde edilebilir.

Gerçek zaman serilerinin kaotik doğası, belirli bir soyut kuantum parçacığının ($\Delta t_{\min}$ zaman süresince gözlemlenen) yörüngesi gibi, $x_i(t_n)$ ye izin verir.

Kaotiklik insanın hesaplamaya gücü yetmediği, oldukça karmaşık, fakat kendi içinde bir düzene sahip bir yapı gibi değerlendirilebilir. Kaotik hareket durumunun oluşması için, nonlineerlik gerekli, fakat yeterli değildir.

Bu yörünge için bir belirsizlik oranı ((1) e benzeyen) yazabiliriz:

$$\Delta x_i \,.\, \Delta v_i \sim \frac{h}{m_i} \tag{16}$$

Veya (11) ve (15) dikkate alırsak

$$\frac{1}{\sqrt{2}\,(\Delta t_{\min})}\left(\langle ln^2 \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)}\rangle_{n,\Delta N} - \left(\langle ln \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)}\rangle_{n,\Delta N}\right)^2\right) \sim \frac{h}{m_i} \tag{17}$$

m_i – bir i serisinin ekonomik "kütlesi", h- ekonomik Planck sabiti gibi atfedilen bir değerdir.

(17) oranı tekrar yazılacak olursa:

$$\Delta t_{\min}.\frac{m_i}{\sqrt{2}\,(\Delta t_{\min})^2}\left(\langle ln^2 \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)}\rangle_{n,\Delta N} - \left(\langle ln \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)}\rangle_{n,\Delta N}\right)^2\right) \sim h \tag{18}$$

Sol taraftaki $\Delta t_{\min}$ ile çarpımı ele alındığında, ekonomik enerjinin belirsizliğinde olduğu gibi, (4) formülündeki oranın bir ekonomik benzeşimi elde edilir.

Fiziksel parçacık yörünge ile benzeşim yalnızca biçimsel olduğu için, h değeri, fiziki Planck sabiti $\hbar$ den farklı olarak, serinin alındığı zamanın geçmiş periyoduna ve i numaralı ve bunun gibi seriler üzerindeki ortalama aralığının uzunluğuna bağlı olabilir (örneğin kriz ve durgunluk zamanlarında ekonomik süreçler farklıdır).

Ekonomik ölçümler (6) serilerinden türetilen T zaman aralığındayken, $k \geq 1$ verilen belli bir pozitif tam sayı olmak üzere $\Delta t = k.\Delta t_{\min}$ zaman adımı ile yürütülen durum için (17) ve (18) oranlarını genelleyelim. Resmi bir bakış açısıyla $n = 0, k, 2k, 3k, \ldots$ dışındaki tüm terimlerin baştaki (6) serilerinden atılması anlamına gelir. Sonuç olarak oranlar aşağıdaki gibi ve "k" ya bağımlı olacaktır;

$$\frac{1}{k(\Delta t_{\min})}\left(\langle ln^2 \frac{X_i(t_{n+k})}{X_i(t_n)}\rangle_{n,\Delta N} - \left(\langle ln \frac{X_i(t_{n+k})}{X_i(t_n)}\rangle_{n,\Delta N}\right)^2\right) \sim \frac{h}{m_i} \tag{19}$$

$$k(\Delta t_{\min})\frac{1}{k(\Delta t_{\min})^2}\left(\langle ln^2\frac{X_i(t_{n+k})}{X_i(t_n)}\rangle_{n,\Delta N}-\left(\langle ln\frac{X_i(t_{n+k})}{X_i(t_n)}\rangle_{n,\Delta N}\right)^2\right)\sim\frac{h}{m_i} \tag{20}$$

Elde edilen sonuçların analizi yapılacak olursa;

h'nin sabit olduğu durumda, fiziksel parçacık ile biçimsel benzeşim tamamlanmış olacaktır ve bu durumda, (19) da göründüğü gibi rasgele i numaralı değerin varyansı:

$$ln\frac{X_i(t_{n+k})}{X_i(t_n)}\approx\frac{X_i(t_{n+k})-X_i(t_n)}{X_i(t_n)}$$

- gerçekte i başlangıç serilerinin terimlerinin bağıl artışı ile aynı zamana rastlayan, $k(\Delta t_{\min})$ (gözlemler arası aralık) büyümesi ile doğrusal bir yol içinde artışını sürdürecektir. Bu tür dinamikler istatiksel bağımsız artışlar ile serilere özeldir.

Fakat gerçek fiziksel parçacık ve onun biçimsel ekonomik benzeşiminin ikisinde de her hangi bir değişim sonucu etkileyecektir. O nedenle (19) bağıntısını oluşturmak için kullanılan "seyreltilmiş" serilerin istatistiki özellikleri, şayet varsa orta noktalar içinde gerçek ölçümlere bağlı olacaktır. Bununla birlikte, $\Delta X/X$ dönüşümüne karşılık gelen dağılımdaki Δt azalması ile "uzun" ve "ağır" "kuyruklar" ın genlik boyunca artışının olması, kanımızca bu görüşün kanıtıdır.

Böylece, yukarıda anlatılanların tümünü genellersek, (19) veya (20) formülünün sağındaki h/m_i oranı, ortalama aralığının büyüklüğü ΔN, zaman $\bar{n}$ (ortalama aralığının ortası) ve gözlemin ölçüm adımı k (kayıt) olan i numaralı serilerin kesin bilinmeyen bir fonksiyonu kabul edilir.

En azından bu fonksiyonun yaklaşık, henüz belli, bir formülünü elde etmek ve bağımlılığın doğasını takip için, (19) formülünün sağ tarafını temsil eden aşağıdaki modeli varsayarız.

$$\frac{h}{m_i}\cong\frac{\tau(\bar{n},\Delta N_\tau).H_i(k,\bar{n},\Delta N_H)}{\Delta t_{\min}.m_i} \tag{21}$$

$$\frac{1}{m_i}=\langle\varphi_i(n,1)\rangle_{(0\leq n\leq N-2)} \tag{22}$$

m_i ; i numaralı serinin boyutsuz ekonomik kütlesidir.

$$\tau(\bar{n}) = \frac{\langle \varphi_i(n,1,\Delta N_\tau)\rangle_{(\bar{n}-\Delta N_\tau/2<n<\bar{n}+\Delta N_\tau/2),\ (1\le i\le M)}}{\langle(\langle \varphi_i(n,1,\Delta N_\tau)\rangle_{(\bar{n}-\Delta N_\tau/2<n<\bar{n}+\Delta N_\tau/2),\ (1\le i\le M)})\rangle_{\bar{n}}} \tag{23}$$

- heterojen ekonomik zaman düşüncesini tanıtmamızı izin veren yerel fiziki zaman sıkıştırma $(\tau(\bar{n}) < 1)$ veya büyütme oranı $(\tau(\bar{n}) > 1)$ (homojen için $\tau(\bar{n}) = 1$).

$$H_i(k,\bar{n}) = \frac{\langle \varphi_i(n,k,\Delta N_H)\rangle_{(\bar{n}-\Delta N_H/2<n<\bar{n}+\Delta N_H/2)}}{\langle \varphi_i(n,1,\Delta N_H)\rangle_{(\bar{n}-\Delta N_H/2<n<\bar{n}+\Delta N_H/2)}}\ ;\ k = 1,2,\ldots k_{max} \tag{24}$$

- verilen i ve $\bar{n}$ için $D_{\Delta x_i} \sim k$ kanunu üzerinde $D_{\Delta x_i}$ ($k \ge 1$ durumunu dikkate alarak (13) bakınız) varyansının bağımlılığı içinde farklılıkları gösteren birimin sırasının boyutsuz sabiti

$$\varphi_i(n,k,\widetilde{N}) = \frac{1}{k}\left(ln^2\frac{X_i(t_{n+k})}{X_i(t_n)} - \left(\langle ln\frac{X_i(t_{n+k})}{X_i(t_n)}\rangle_{n,\widetilde{N}}\right)^2\right) \tag{25}$$

Son formüldeki $\widetilde{N} = N, \Delta N_\tau, \Delta N_H$ indeksi formül (22), (23), (24) ve "n" e göre ortalaması alınan parametreleri gösterir, ortalama alınan pencereler $\Delta N_\tau, \Delta N_H$ aşağıdaki durumlar dikkate alınarak seçilir.

$$k_{max} < \Delta N_\tau < \Delta N_H < N \tag{26}$$

Sabit $\tau(\bar{n})$ ve $H_i(k,\bar{n})$ için (23), (24) formüllerinin tanımına göre normalleştirmenin aşağıdaki koşulları yer alır.

$$\langle \tau(\bar{n})\rangle_{\bar{n},N} = 1;\ \ H_i(1,\bar{n}) = 1 \tag{27}$$

Ve (21) in sağ tarafındaki $1/\Delta t_{\min}$ çarpanı ekonomik Planck sabiti h nin değişmez bir bileşeni gibi dikkate alınabilir.

$$\bar{h} = 1/\Delta t_{\min} \tag{28}$$

Görüldüğü üzere, $\bar{h}$ negatif ilk güç için doğal boyuta (zaman) sahiptir.

Serilerin tüm setinin (veya serilerin herhangi bir ayrık grubunun) ortalama ekonomik kütlesi aşağıdaki formül yardımıyla ortaya konulabilir.

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M}\frac{1}{m_i} \tag{29}$$

Seriler (6) yardımıyla elde edilen (7), (19)-(28) oranları ayrıca farklı yorumlara izin verir. Örneğin, normalleştirilen serilerin (7), ekonomik göstergelerin soyut bir M-boyutlu uzayı içinde bilinen bir varsayımsal ekonomik kuantum yarı-parçacığın yörüngesini resmettiği düşünülebilir ve ${m_i}^{-1}$ geçen bölüm içinde kullanılan yarı-parçacığın (yarı-iletken içindeki elektrik şarjının serbest taşıyıcıları gibi yarı parçacık ile benzeşen) ters kütle gergisinin ana unsurudur.

Bu bölümün son kısmında, aşağıdaki nedenlerden dolayı teorinin seçilen farklı biçimlerine, (muhtemelen en basiti) dikkat çekmek gerektiği düşünülmektedir.

Çeşitli n (ayrık zaman) ve i (seri sayısı) ortalamalarına uygulayarak, en azından iki oldukça önemli faktörü dikkate almadık.

1) Finansal ve maddi kaynakların miktarı (onların hareketi her bir seri tarafından yansıtılır)
2) Seriler arasındaki olası korelasyon

Fakat teorinin genelleştirilmesi ve türetilen olgular bu durumda çok farklı değildir. Normalizasyonun aşağıdaki koşulu ile pozitif ağırlık sabitlerinin bir satır ($\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_M$) biçimlendirilmesi yeterli olacaktır.

$$\sum_{i=i}^{M}\alpha_i = M \tag{30}$$

Rastgele değerler için bile olsa, belirli bir kıstasın koşulları içinde ayrık serilerin önemi dikkate alınarak her biri ile

$$\emptyset_i(n,k) = \sqrt{\frac{\alpha_i}{k}}\,ln\frac{X_i(t_{n+k})}{X_i(t_n)} \quad i = 1,2 \ldots M \tag{31}$$

tek-boyutlu büyük ve ağır bir (25) yerine bir kovaryans matrisi tanımlanmalıdır.

$$\Psi = \left[\psi_{ij}\right] \tag{32}$$

$$\psi_{ij} = \psi_{ij}(k, \tilde{N}) = \langle \left(\phi_i(n,k) - \bar{\phi}_i(n,k)\right) . \left(\phi_j(n,k) - \bar{\phi}_j(n,k)\right) \rangle_{n,\tilde{N}} \quad (33)$$

$$\bar{\phi}_i(j,k,\tilde{N}) = \langle \phi_i(n,k) \rangle_{n,\tilde{N}} \quad (34)$$

($\alpha_i = 1$ ve $\psi_{ij} = \varphi_i \delta_{ij}$ korelasyonunun yokluğu ile).

Karakteristik sabitlerin $\lambda_i,\ i = 1,2, \dots M$ standart bir algoritmasını kullanarak ve buna karşılık Ψ matrisi içinde ortonormal vektörler $C_i = (c_{i1}, c_{i2}, \dots c_{iM})$ aranır, "yeniden normalleştirilen" serilerin $y_i(t_n) = \sum_{j=1}^{M} c_{ij} x_j(t_n)$ (yeni temel vektörler) artık korelasyonlu olmadığı yeni bazda devam edilir. Ancak sıfır karakteristik sabitlerin veya mutlak büyüklük içinde nispeten düşük değerler ile ayırt edilen λ_i varlığı, şu anlama gelecektir (7) serilerinin gerçek boyutu, aslında M (baştaki seriler (7) veya onların parçaları güçlü korelasyonludur) den daha azdır. Bu durumda sıfır veya düşük karakteristik sabitler ile yeniden normalize edilen serilerin $y_i(t_n)$ atılması gerekir. Kalan yeniden normalize edilmiş seriler yukarıda listelenen prosedürlere tabi tutulur.

3. LİTERATÜR TARAMASI

Makale konusu ile ilgili çok sayıda çalışma olmamakla birlikte benzer uygulamaların yapıldığı uluslararası literatürde bazı çalışmalar bulunmaktadır.

Belal E. Baaquie (2005) yaptığı çalışmada kuantum mekaniğinin, opsiyonların anlaşılması ve fiyatlandırılması için nasıl doğal bir çerçeve sağladığını incelemiştir.

Carlos Pedro Gonçalves (2012) çalışmasında finansal değişkenlik riski ve bunun bir iş döngüsü ile ilişkili gerçek zaman ilişkisini, türbülansa ve risk dinamikleri ve finansal getiriler içinde multifractal işaretlere yol açan çok yönlü evrimsel bir kuantum oyunu dengesiyle ele almıştır. Çalışmada model simüle edilmiş ve sonuçlar gerçek finansal oynaklık verileri ile karşılaştırılmıştır.

Veselin Vukotic (2011) çalışmasında küreselleşmenin egemen ekonomik paradigmayı yani ekonomik politikanın hedefi olarak makroekonomik istikrar ile geleneksel ekonomik teoriden (ana akım) kuantum ekonomisine değiştirme ihtiyacını ortaya koyduğunu ileri sürmüştür. Pratikte, gelişmek için küresel pazarın nasıl kullanabileceğine cevap aramıştır.

Vladimir Soloviev, Vladimir Saptsin ve Dmitry Chabanenkoz (2011) çalışmalarında , finansal zaman serilerini tahmin etmek için karmaşık Markov zincirlerinin formüllerini uygulamışlardır ve dünya borsa endeksleri için elde edilen tahmin sonuçlarını göstermişlerdir.

Alexander Harin (2006) çalışmasında belirsizliğin ekonomik ilkesinin nitel bir tanımını sunmaktadır. Çalışmada; prensip, semere, hipotez ve sonuçların matematiksel ifadeleri ileri sürülmüş, incelenmiştir ve ilk üç temel problemin çözümünün örnekleri gözden geçirilmiştir.

Chao Zhang and Lu Huang (2010) çalışmalarında Kuantum mekaniğinin birkaç temel hipotezinden başlayarak, ekonofizikte yeni bir kuantum modeli önermişlerdir. Bu modelde, hisse senedi fiyatının Schrödinger denklemini oluşturmak için borsanın dalga fonksiyonları ve operatörleri tanımlanmıştır. Bu teorik çerçeveye dayanarak, tahrik edilen sonsuz kuantum kuyusuna bir örnek düşünülmüştür; buradaki kosinüs dağılımı, dengedeki hisse senedi fiyatının simüle edilmesi için kullanılmıştır. Analitik olarak dalga fonksiyonunu hesaplamak için Hamiltoniyene harici bir alan eklendikten sonra, geri dönüş oranının dağılımı ve ortalama değeri gösterilmiştir.

Liviu-Adrian Cotfas (2012) çalışmalarında sonlu-boyutlu Hilbert uzayı ile kuantum sistemlerinde kullanılan matematiksel formüllere dayanılarak getiri oranı için bir kuantum modeli sunmuşlardır. Getiri oranını, ayrı bir dalga fonksiyonuyla ve oranın zaman evrimi için Schröodinger tipi bir denklem kullanarak tanımlamışlardır.

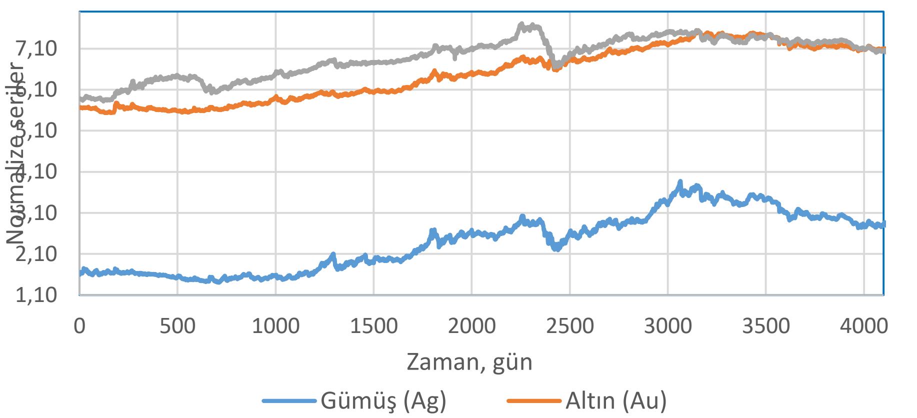
4. DENEYSEL SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Önerilen oranların ve açıklamaların test edilmesi için $\Delta t_{\min}$ bir gün olacak şekilde 04.01.1999 dan 13.04.2016 tarih aralığını kapsayan 9 tane ekonomik seri seçilmiştir. Seçilen seriler kendi içinde aşağıdaki gibi gruplandırılmıştır.

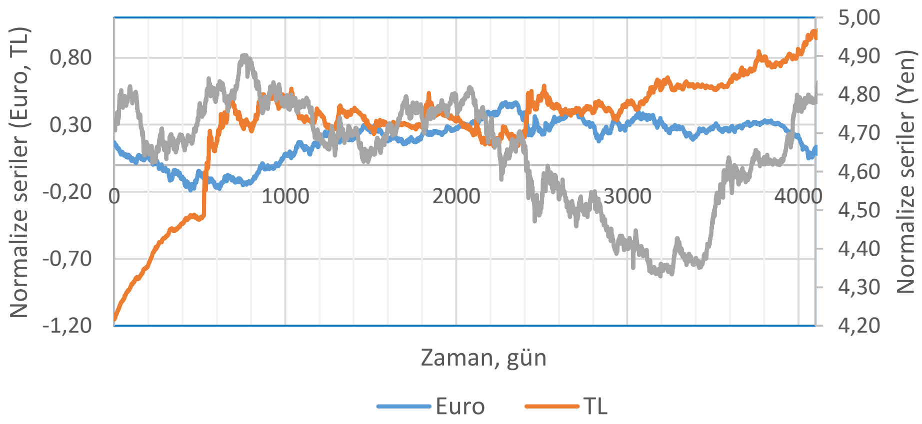
1) Borsa göstergesi: BIST100, USA (S&P500), FTSE100
2) Dolar çapraz kurları (EURO, TL, YEN)
3) Emtia fiyatları (Gümüş, Altın, Platin)

Şekil 1-3 ile ilişkili serilerin $\Delta t_{\min}$ bir birime eşit alınırken gruplarına göre normalleştirilmiş (doğal logaritmaları alınmış) halleri verilmiştir.

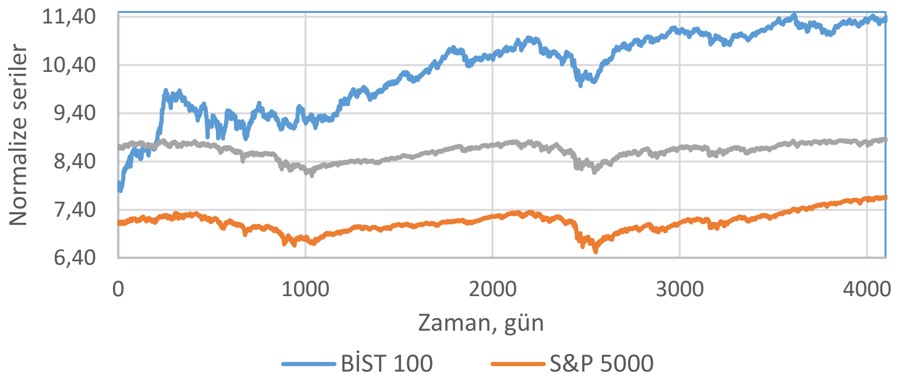
Şekil 1: *Emtia normalize edilmiş zaman serileri*



Şekil 2: *Dolar çapraz kurları normalize edilmiş zaman serileri*



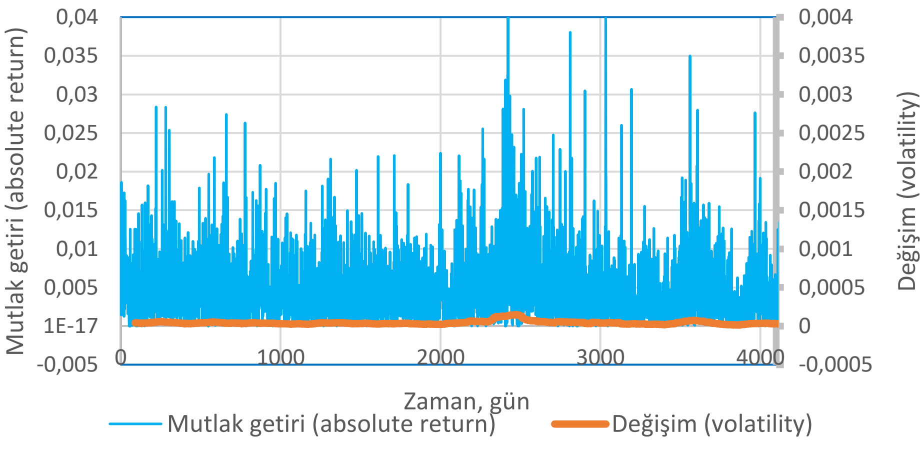
Şekil 3 : *Hisse senedi normalize edilmiş zaman serileri*



Şekil 1-3 den görüleceği üzere, çalışmada kullanılan tüm zaman serileri gözle görülebilen, gerçek serilerin analiz ve yorumuna yukarıda değinilen teorilerin uygulanabilmesi için gereken kaotik unsurlar içermektedir ve grafiklerin açıkça bir birinden farklı olması teorinin uygulanabileceğini göstermektedir.

Örneğin şekil 4 de formül (9) un yardımıyla hesaplanan anlık hızın mutlak değerini (absolute return) ve Japon yeni ile dolar çapraz kurunun serileri için (13) formülünün yardımı ile hesaplanan onların değişkenlikleri (volatility) verilmektedir.

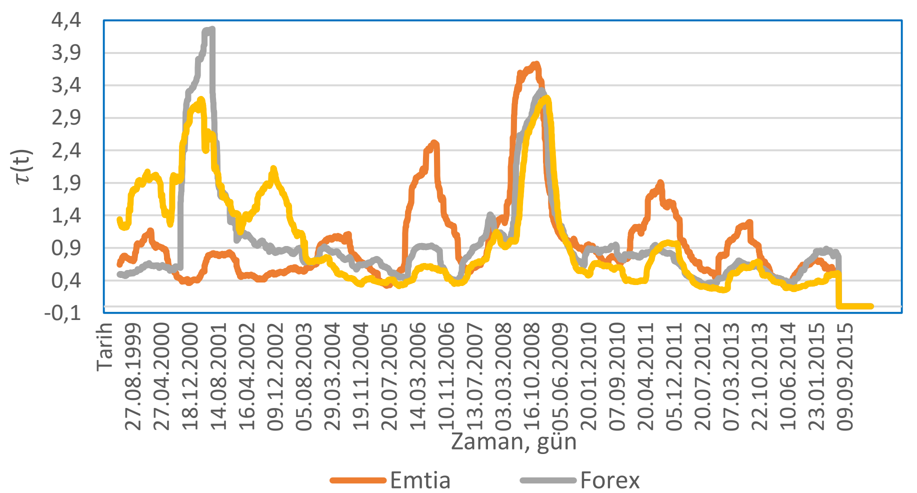
Şekil 4 : *Japon Yeni*



Şekil 4'ten görebileceğimiz gibi, değişimin (volatility) bağımlılığı pürüzsüz (ani öngörülemeyen değişimler bulunmuyor) ama monoton değilken anlık hızın bağımlılığı veya zaman üzerindeki dönüşler kaotik (doğrusal değil ve oldukça karmaşık, fakat kendi içinde bir düzene sahip) doğalıdır.

Şekil 5 verilen serilerin üç grubu (para piyasası (forex), hisse senedi ve emtia) için daralma-genişleme $\tau(t)$ (formül (23)) zaman sabitlerinin ortalamasını göstermektedir.

Şekil 5: *Daralma -genişleme zaman sabitleri ve pazar "sıcaklığı"*



(11), (23), (25) formülleri $\tau(t)$ nin ortalama kare hızına (seçilen seriler ve zaman aralığına bağlı olarak) orantılı olarak var olduğunu gösterir, örneğin ekonomik "parçacık" ın (benzeşimimiz de olduğu gibi) ortalama "enerjisi" ve böylece serinin "sıcaklığı" gibi yorumlanabilir. Kriz olmayan dönemlerde ekonomik zamanın heterojen akışı olarak yorumlanabilecek yavaşlamalar gözlemlenebiliyorken ("sıcaklık" düşüyor), krizler ekonomik sürecin şiddetlenmesi ("sıcaklık" yükseliyor) ile ayırt edilebilirler. Yukarıda bahsedilenleri resmeden $\tau(t)$ bağımlılıkları şekil 5' te gösterilmiştir. Yerel zaman hızlanma-yavaşlamanın daha belirgin olabileceği unutulmamalıdır.

Heterojen ekonomik zamana geçiş gözlemlenen ekonomik serilerin hem analiz hem de tahminini basitleştiren daha homojen hale getirilmesine izin verir.

Aşağıdaki tabloda hem tüm 9 getiri serileri için (22) kullanılarak hesaplanan m_i serilerinin boyutsuz ekonomik kütlelerinin değeri, hem de her grubun ortalama kütleleri (formül (29)) verilmiştir.

Tablo 1: *Ekonomik serilerin kütleleri*

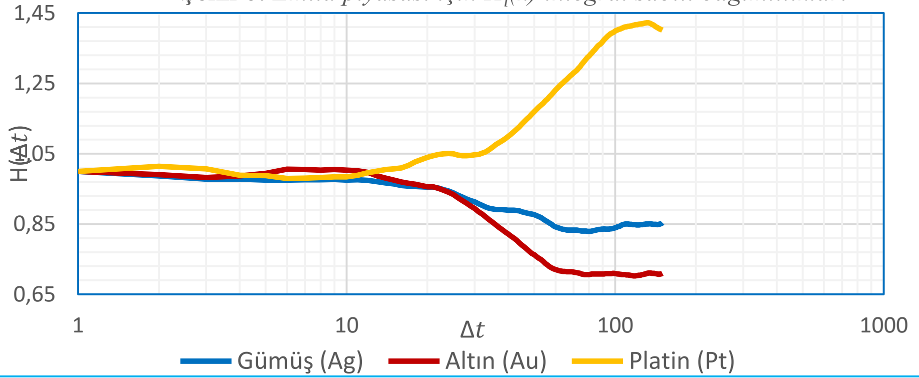
Piyasa		Serilerin Ekonomik Kütleleri	Grubun Ortalama Ekonomik Kütlesi
Emtia	Gümüş	2666,7360	1371,324405
	Altın	7570,2091	
	Platin	4501,7657	
Para	Euro	23669,8804	5544,705529
	TL	10434,8021	
	Yen	23656,7183	
Hisse	BİST100	1881,8657	1190,047091
	S&P500	6294,3801	
	FTSE100	6664,7362	

Tablodan görüldüğü gibi, döviz piyasasındaki verilerden biri olan Euro maksimum miktarı gösterirken, hisse senedi piyasasındaki verilerden biri olan BİST100 en düşük değer ile öne çıkmıştır. Gümüş fiyatı kıymetli maden içindekilerin en küçüğü, altın en yükseğidir. Döviz piyasası içinde Euro en yüksek değere sahipken gelişen Türkiye piyasası (TL) en küçük kütleye sahiptir. Hisse senedinde maksimum değer Büyük Britanya (FTSE100) karşılık gelir, en küçük değer Türkiye (BİST100) piyasasındadır. Bu durum bilinen gerçekle açıklanabilir: Avrupa ve Avrupa dışı ülkeler ile karşılaştırıldığında İngiltere her zaman nispeten "kapalı" ekonomisiyle bilinir.

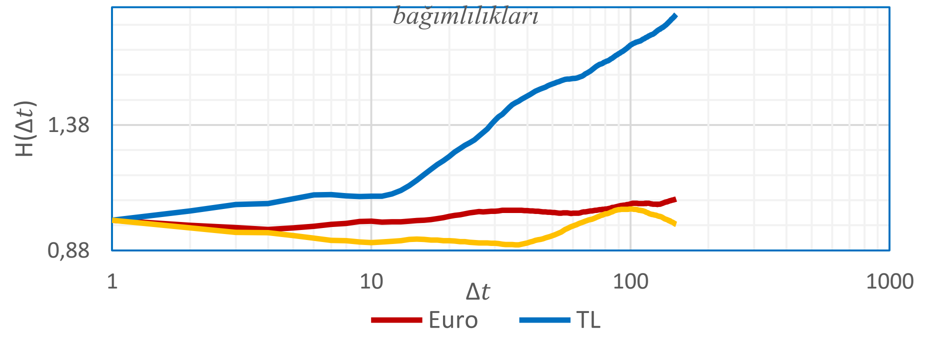
Deneysel verilerin son grubu, $\Delta t = k\Delta t_{\min}$(komşu gözlemler arasındaki zaman) zamanında $H_i(k, \bar{n})$ sabitiyle (formül (24)) karakterize edilen Plank'ın ekonomik sabitinin (farklı seriler için hesaplanan) bağımlılığına karşılık gelir.

Şekil 6-8' de $H_i(k)$ integral bağımlılıkları verilmiştir. Aşağıdakiler, 1999-2016 döneminin tamamı için ortalaması alınanlardır ve kıymetli maden, hisse senedi ve döviz piyasaları için hesaplanmıştır. Görüleceği üzere incelenen dönemde meydana gelen dünya ve ulusal ekonomilerin çeşitli krizler ve durgunlukları tarafından açıklanabilir bariz düzenlilikler yoktur. Gözlem adımı (n+k)'nın k ya bağlı değişmesi durumunda aşağıdaki Şekil 6-8' de görüleceği üzere kriz ve durgunluktan bağımsız şekilde integral çarpanının değiştiği görülmektedir. Bu da gözlem adımının ne kadar önemli olabileceğini ve gözlemler arasındaki ilişkinin varlığını göstermektedir.

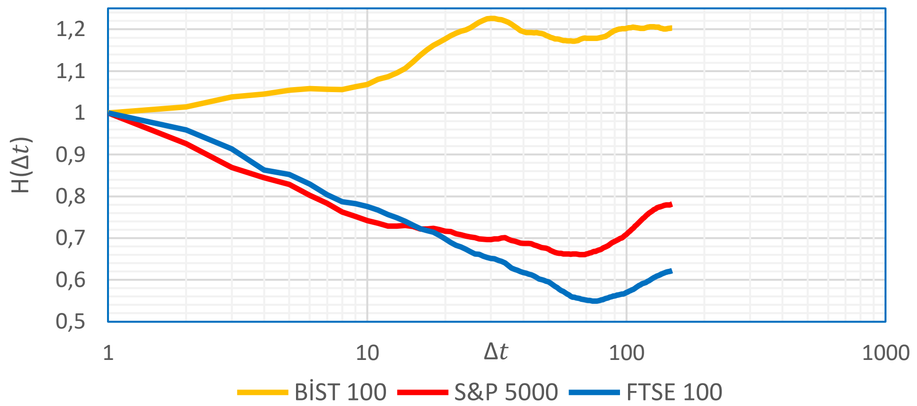
Şekil 6: *Emtia piyasası için $H_i(k)$ integral sabiti bağımlılıkları*



Şekil 7: *Dolar çapraz kurları için $H_i(k)$ integral sabiti bağımlılıkları*

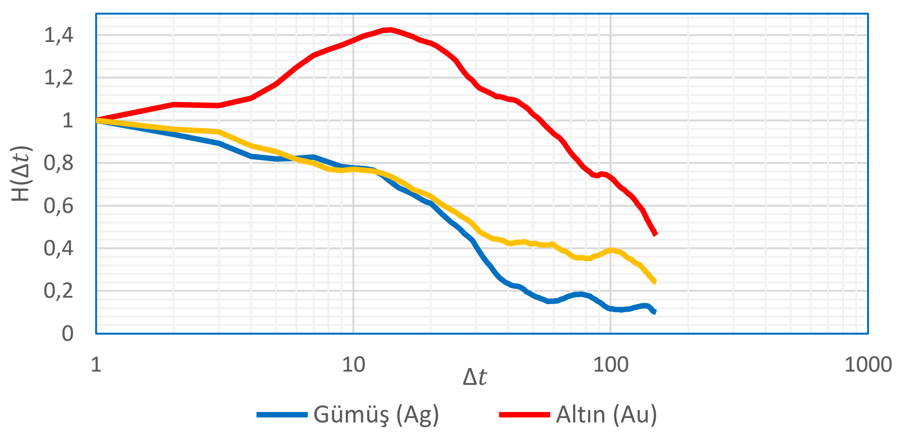


Şekil 8: *Borsa için $H_i(k)$ integral sabiti bağımlılıkları*

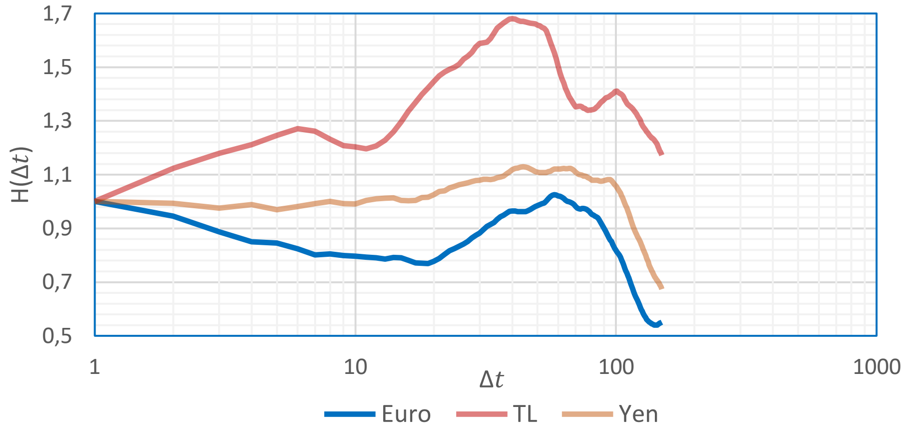


Δt üzerinde, Plank'ın ekonomik sabit bağımlılığının yerel düzenliliklerinin görünmesinin mümkün olup olmadığına karar vermek için, yaklaşık iki yıla karşılık gelen (nispeten küçük) ortalama parçaları seçilmiştir ($\Delta N = 500$). Emtia, para ve borsa ile ilgili bu parçaların bir kısmı için karşılık gelen sonuçlar şekil 9-11 ile verilmiştir. Açıkça, aşağıdaki şekil 9-11 görüleceği üzere pazarların her bir türü için $H_i(k, \bar{n})$ durgunluk ve yükselişinin açık eğilimini göstermektedir. $H_i(k, \bar{n})$'nin integral-ayrılmaz bağımlılığından farklı oldukları görülmektedir.

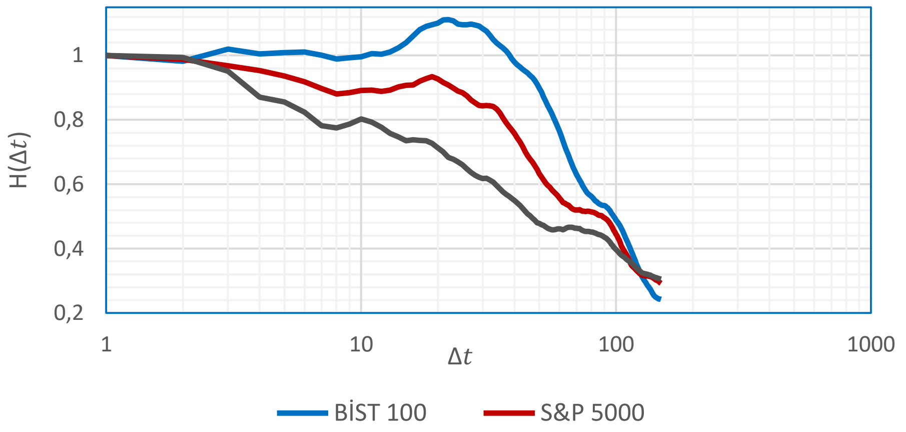
Şekil 9: *H aralığı 1...501*



Şekil 10 : *H aralığı 501...1001*



Şekil 11: *H aralığı 501...1001*



Şekil 6-11den anlaşılacağı üzere ekonomik Plank sabiti (h), gözlemlenen zamana ve serinin boyutuna (gözlem aralığı) göre farklılık göstermektedir. Yani buda kıyaslama yapılırken aynı dönem ve gözlem sayısı kullanılması gerektiğinin bir göstergesidir denilebilir.

SONUÇ

Çalışmamızda temel fizik kavramlarının metodolojik ve felsefi analizi ve bunların gerçek ekonomik veriler ile resmi ve gayri resmi bağlantıları araştırılmıştır. Modern teorik fiziğin bakış açısından zaman, uzay ve uzaysal koordinat, kütle, Planck sabiti ışık hızı gibi temel fizik olgularının ve sabitlerinin metodolojik ve fizyolojik analizleri yapılmıştır ve sosyal-ekonomik olgu ve süreçlerin yeterli ve kullanışlı benzeşimleri incelenmiştir. Heterojen ekonomik zaman tanımı için yönergeler, normalize edilmiş ekonomik koordinatlar ve ekonomik kütleden bahsedilmiştir. Bahsedilen yönergeler, sosyo-ekonomik zaman serisi analizi ve Heisenberg'in belirsizlik ilkesinin ekonomik yorumu üzerine kurulmuştur. Zaman serilerinin analizine dayanılarak ekonomik Plank sabiti kavramı tanıtılmıştır. Teori, hisse senedi endeksleri, döviz kurları ve emtia fiyatları da dahil olmak üzere gerçek ekonomik zaman serileri üzerinde test edilmiştir. İncelenen dönemde meydana gelen dünya ve ulusal ekonomilerin çeşitli krizler ve durgunlukları tarafından açıklanabilir bariz düzenlilikler yoktur. Gözlem adımı (n+k)'nın k ya bağlı değişmesi durumunda kriz ve durgunluktan bağımsız şekilde integral çarpanının değiştiği görülmektedir. Bu da gözlem adımının ne kadar önemli olabileceğini gözlemler arasındaki ilişkinin varlığını göstermektedir. Değişimin (volatility) bağımlılığı pürüzsüz ama monoton değilken anlık hızın bağımlılığı veya zaman üzerindeki dönüşler kaotik doğalıdır.

Emtia, para ve borsa ile ilgili pazarların her bir türü integral-ayrılmaz bağımlılığından farklı oldukları görülmektedir. Ekonomik Plank sabiti (h), gözlemlenen zamana ve serinin boyutuna (gözlem aralığı) göre farklılık göstermektedir. Yani kıyaslama yapılırken aynı dönem ve gözlem sayısı kullanılması gerektiğinin bir göstergesidir denilebilir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular daha ileri araştırmaların yapılabileceğine işaret etmektedir

KAYNAKÇA

Alexander Harin. (2006). Economic uncertainty principle, "https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00090791" Submitted on 3 Sep 2006

Belal E. Baaquie. (2005). Quantum Mechanics and Option Pricing. Department of Physics, National University of Singapore, July 28.

Carlos Pedro Gonçalves. (2012). Quantum Financial Economics – Risk and Returns, Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas (ISCSP), Technical University of Lisbon 2 Jan.

Chao Zhang & Lu Huang. (2010). A quantum model for the stock market, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, vol. 389, issue 24, pp 5769-5775.

John G. Cramer. (2015). The Transactional Interpretation of Quantum Mechanics and Quantum Nonlocality, 28 Feb 2015

L.D. Landau & E.M. Lifshitz (1971) The Classical Theory of Fields (Volume 2 of A Course of Theoretical Physics) Pergamon Press 1971

Liviu-Adrian Cotfas. (2012). A Quantum Mechanical model For The Rate Of Return, Compiled November 9.

M. Kaku. (1999). Introduction to superstrings and M-theory. Graduate texts in contemporary physics, Published by Springer,

V. Balasubramanian. (2011). What we don't know about time. Foundations of Physics, p 139, September, 2011.

V. M. Saptsin & V. N. Soloviev, (2009). Relativistic Quantum Econophysics. New paradigms of Complex systems modeling, Brama-Ukraine, Cherkassy.

Veselin Vukotic. (2011). Quantum Economics, Panoeconomicus, 2011, 2, pp. 267-276

Vladimir Soloviev & Vladimir Saptsin. (2011). Heisenberg Uncertainty Principle And Economic Analogues Of Basic Physical Quantities, 10 Nov 2011.

Vladimir Soloviev & Vladimir Saptsin & Dmitry Chabanenkoz. (2011). Markov Chains application to the financial-economic time series prediction, 22 Nov 2011.

Y. S. Vladimirov. (1996). A relational theory of space-time interactions. Part 2. MGU, Moscow.

Y. S. Vladimirov.(1996). A relational theory of space-time interactions. Part 1. MGU, Moscow.