

FİBONACCİ ARAMA YÖNTEMİ KULLANILARAK BROWN'UN TEK PARAMETRELİ ÜSTEL DÜZGÜNLEŞTİRME YÖNTEMİ'NDE OPTİMUM DÜZGÜNLEŞTİRME SABİTİNİN SEÇİMİ

Arş. Grv. Mehmet HORASANLI

İ.Ü. İşletme Fakültesi

Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı

horasan@istanbul.edu.tr

ÖZET

Klasik optimizasyon teorisi, sadece sürekli ve türevlenebilir fonksiyonların optimum değerlerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Uygulamada ele alınan bir çok fonksiyon süreksiz olduğundan, sayısal arama tekniklerinin kullanımı, optimumun değerin elde edilmesine daha uygundur. Diğer tek boyutlu arama teknikleri ile karşılaştırıldığında Fibonacci Arama Yöntemi, her bir iterasyonda bir yeni ve bir eski deneme kullanılmasından ötürü, verilen adım sayısı için en etkin tekniktir. Bu çalışmada Fibonacci Arama Yöntemi incelenerek, zaman serileri analizinde kullanılan düzgünleştirme yöntemlerinden Brown'un Tek Parametrelili Üsteli Düzgünleştirme Yöntemi'nde, düzgünleştirme sabitinin optimum değerinin elde edilmesinde kullanılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Fibonacci Arama Yöntemi, Brown'un Basit Üsteli Düzgünleştirme Yöntemi, Optimum Düzgünleştirme Sabiti

ABSTRACT

The classical methods of optimization are used only for finding the optimum of continuous and differentiable functions. Since in many applications discrete objective functions are taken into consideration, numerical techniques are more appropriate in finding the optimum. As using one new and one old trial in each iteration, compared with other one dimensional search techniques, Fibonacci Search Technique is the optimal search plan for a specified number of trials. The Fibonacci Search Technique is introduced in this paper and used in finding the optimum value of the smoothing constant in Brown's Simple Exponential Smoothing Technique, which is one of the Exponential Smoothing Methods in Time Series Analysis.

Keywords: *Fibonacci Search Technique, Brown's Simple Exponential Smoothing Technique, Optimum Smoothing Constant*

GİRİŞ

Klasik optimizasyon teorisi, sürekli ve türevlenebilir fonksiyonların optimum değerlerinin hesaplanmasında kullanılabilir. Analitik olan bu metotlarda optimum noktanın elde edilmesinde türev alma işleminin kullanılması, ilgili amaç fonksiyonun sürekli ve en az ikinci mertebeden türevlenebilir olmasını zorunlu kılmaktadır.¹ Ancak işletmecilik alanında ele alınan problemler için elde edilen amaç fonksiyonları her zaman bu kısıtları sağlamamaktadır. Bu durumda, klasik optimizasyon teorisi içerisinde tek boyutlu arama teknikleri, nümerik yaklaşımlar olarak süreksiz fonksiyonların optimum değerlerinin elde edilmesine imkan tanımaktadır. Bu tip problemlerde amaç fonksiyonu hakkında herhangi bir bilgi bulunmamasına karşılık, algoritmalar tek ekstremumlu (unimodal) fonksiyonlar için başlangıç aralığının her bir iterasyonda daraltılmasına ve fonksiyonun optimum değerini kapsayan bir alt aralığa indirgenmesine dayanmaktadır. Metotların birbirleri ile karşılaştırılmaları, iterasyon sayısı ve hesaplama sayılarına göre gerçekleştirilmektedir. İterasyon ve hesaplama sayıları göz önüne alındığında, her bir iterasyonda bir eski ve bir yeni fonksiyon değerinin kullanımına olanak tanıyan Fibonacci Arama Yöntemi, nümerik optimizasyon teknikleri içerisinde en etkinlerinden biri olarak değerlendirilmekte² ve tek ekstremumlu fonksiyonların optimum değerlerinin elde edilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır.

1.FİBONACCİ ARAMA YÖNTEMİ

Fibonacci Arama Yöntemi'nin tek varsayımı amaç fonksiyonun tek ekstremumlu olmasıdır.³ Belirli bir aralıkta sadece bir minimumu veya maksimumu olan fonksiyonlar tek ekstremumlu fonksiyonlar olarak adlandırılırlar.⁴ Ekstremum değerlerin birden fazla olması halinde başlangıç

¹ M. Subaşı, N. Yıldırım ve B. Yıldız : "An improvement on Fibonacci search method in optimization theory", *Applied Mathematics and Computation*, C:147, 2004, s.893

² B. Yıldız, E. Karaduman : " On Fibonacci search method with k-Lucas numbers", *Applied Mathematics and Computation*, C:143, 2003, s.528

³ Leon S. Lasdon, *Optimization Theory for Large Scale Systems*, Macmillan Publishing , USA, 1970, s.13

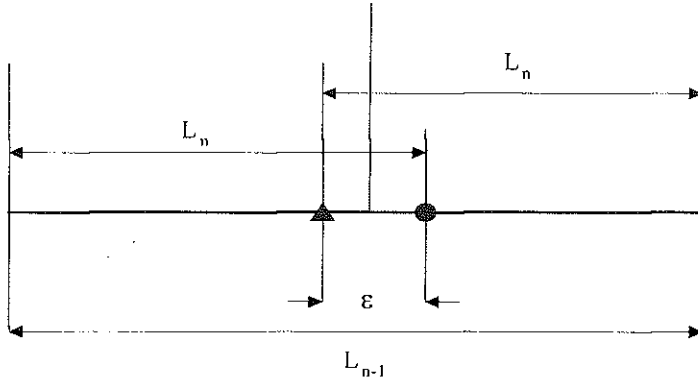
⁴ David A. Wismer, R. Chattergy, *Introduction to Nonlinear Optimization*, Elsevier North-Holland, New York, 1978, s.117

aralığı daraltılarak tek bir minimum veya maksimum içeren alt aralıklara bölünebilir ve fonksiyon tek ekstremumlu hale dönüştürülebilir.⁵

Fibonacci Arama Yöntemi, n adım sonunda minimum ayırma miktarı ε olacak biçimde L_n belirsizlik aralığının elde edilmesini amaçlamaktadır. $(n-1)$ inci iterasyonda elde edilen aralık L_{n-1} ile gösterilmekle birlikte, her bir adımda belirsizlik aralığı bir eski ve bir yeni deneme kullanılarak başlangıç ve bitiş noktalarına göre simetrik olarak iki parçaya ayrılmaktadır.⁶ Her bir iterasyonda elde edilen belirsizlik aralığı ile bir önceki aralık arasındaki ilişki,

$$L_{n-1} = 2 L_n - \varepsilon \quad (1)$$

olacak biçimde tanımlanmaktadır. Bu ilişki Şekil 1' de görülmektedir.



Şekil 1 : Belirsizlik Aralığının parçalara ayrılmasında ilk iterasyon⁷
▲ : Eski deneme , ● : Yeni deneme

Adım sayısının arttırılması ile birlikte belirsizlik aralıkları için aşağıda verilen eşitlik elde edilir.

$$L_{n-2} = L_{n-1} + L_n \quad (2)$$

⁵ B. Yıldız, E. Karaduman, **A.g.e.**, s.524

⁶ Leon Cooper ve David Steinberg, **Introduction to Methods of Optimization**, W.B. Saunders Company, 1970, s.148

⁷ David A. Wismer, R. Chattergy, **A.g.e.**, s.123

$$F_k = F_{k-1} + F_{k-2} \quad ; k = 2, 3, \dots \quad (4)$$

Fibonacci sayılarını elde etmek amacıyla (4) numaralı denklem kullanılacak olursa, yukarıda verilen belirsizlik aralıklarının genelleştirilmiş hali aşağıdaki biçimde düzenlenir.

$$L_{n-k} = F_{k+1} L_n - F_{k-1} \cdot \varepsilon \quad (5)$$

Yukarıda verilen (5) numaralı denklem, başlangıç aralığı ile n' inci iterasyondaki belirsizlik aralığının birbiri ile ilişkilendirilmesi açısından önemlidir. (5) numaralı denklemde $k = n-1$ dönüşümünün yapılması ile aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$L_n = \frac{L_1 + F_{n-2} \varepsilon}{F_n} \quad (6)$$

(6) numaralı eşitlikten yola çıkarak, her bir adımdaki belirsizlik aralığının başlangıç aralığı ile orantılı olduğu söylenebilir. Benzer biçimde (5) numaralı denklemde $k = n-2$ dönüşümünün yapılması ile birlikte,

$$L_2 = F_{n-1} \cdot L_n - F_{n-3} \cdot \varepsilon \quad (7)$$

bağıntısı elde edilebilir. (7) numaralı eşitlikteki L_n terimi yerine (6) numaralı denklemde yer alan karşılığının konulması ile birlikte ifade aşağıda verilen formda yazılabilir.

$$L_2 = \frac{F_{n-1} L_1}{F_n} + \frac{(F_{n-1} F_{n-2} - F_{n-3} F_n) \varepsilon}{F_n} \quad (8)$$

Fibonacci dizisinin bir özelliği olan,

$$F_{n-2}^2 - F_{n-1} F_{n-3} = (-1)^n \quad (9)$$

bağıntısının kullanılması ile birlikte algoritma içerisinde belirsizlik aralığının hesaplanmasını sağlayacak L_2 değeri elde edilmiş olur.

$$L_2 = \frac{F_{n-1} L_1}{F_n} + \frac{(-1)^n \varepsilon}{F_n} \quad (10)$$

2.FIBONACCİ ARAMA YÖNTEMİ ALGORİTMASI :

Burada amaç, $[a,b]$ kapalı aralığında tek ekstremumlu $f(x)$ fonksiyonun değerini minimum yapacak $x \in [a,b]$ sayısını elde etmektir. Fibonacci Arama Yöntemi algoritması aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.¹⁰

Adım 1. Başlangıç belirsizlik aralığı tanımlanır.

$$L_1 = b^0 - a^0$$

Adım 2. Minimum ayırma miktarı ε belirlenerek iterasyon sayısı tespit edilir. Bu bilgiler (10) numaralı bağıntıda kullanılarak L_2 değeri hesaplanır.

Adım 3. Birinci deneme a^1 , aralığın herhangi bir uç noktasından L_2 birim uzaklığa konur, örneğin a^0 .

Adım 4. İkinci deneme b^1 , aralığın diğer uç noktasından L_2 birim uzaklığa konur, örneğin b^0 .

Adım 5. $f(a^1)$ ve $f(b^1)$ hesaplanır. $f(a^1) > f(b^1)$ olması halinde (a^0, b^1) aralığı, $f(a^1) < f(b^1)$ olması halinde (a^1, b^0) aralığı elimine edilir.

Adım 6. Bir sonraki deneme noktaları simetrik olarak yerleştirilerek Adım 5 tekrarlanır.

Adım 7. Son deneme ile orta noktadan ε birim uzaklıkta kalıncaya kadar işleme devam edilir. Nihai aralığın ölçüsü (6) denklemi kullanılarak elde edilebilir. Son deneme noktası nihai aralığın orta noktası olarak kullanılabilir.¹¹

Fibonacci Arama Yöntemi, her bir iterasyondaki hesaplama sayısının azlığı, bilgisayar uygulamaları açısından yine her bir iterasyonda bellekte saklanan deneme sayısının sadece 4 olması ve diğer yöntemlere kıyasla

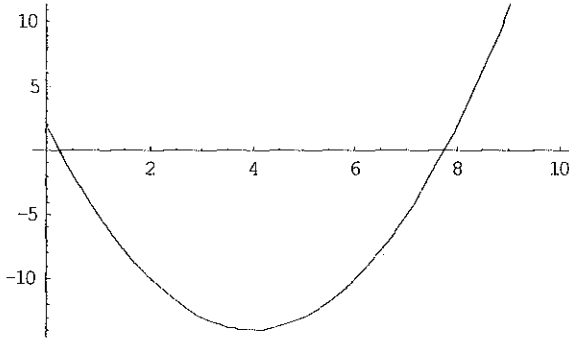
¹⁰ David A. Wismer, R. Chattergy, **A.g.e.**, s.125

¹¹ Mokhtar S. Bazaraa, Hanif D. Sherali, C.M. Shetty, **Nonlinear Programming Theory and Algorithms**, John Wiley&Sons, Inc., Canada, 1993, s.273

nihai aralığa en hızlı ulaşması açısından, diğer tek boyutlu arama teknikleri içerisinde en etkin metot olarak kabul görmektedir. Ancak avantajlarının yanında, deneme sayısı(n) ve minimum ayırma miktarı(ε) işleme başlanmadan önce saptanma zorunluluğu Fibonacci Arama Yöntemi'nin dezavantajları olarak sıralanabilir.¹²

Fibonacci Arama Yöntemi Algoritması adımlarının daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla, $f(x) = x^2 - 8x + 2$ fonksiyonunun $[0,10]$ aralığındaki minimumunu, nihai aralık başlangıç aralığının en çok %5'i olacak şekilde Fibonacci Arama Yöntemi ile elde edelim.

Problemde verilen $f(x)$ fonksiyonunun grafiği çizilerek veya klasik optimizasyon teknikleri ile $x^*=4$ noktasında bir minimumu olduğu görülebilir. Fibonacci Arama Yöntemi ile minimum noktasının elde edilmesi için adım adım algoritmanın takip edilmesi gerekmektedir.



Şekil 3: $f(x) = x^2 - 8x + 2$ fonksiyonunun grafiği

İlk adım L_1 değerinin elde edilmesi olacaktır.

$$L_1 = b^0 - a^0 = 10 - 0 = 10$$

L_2 değerinin hesaplanabilmesi için iterasyon sayısının belirlenmesi gereklidir. Burada hata miktarının %5'ten küçük olması n değerini hesaplamamıza olanak sağlar.

¹² B. Yıldız, E. Karaduman, A.g.e, s.524

$$\frac{L_n}{L_1} = \frac{1}{F_n} \leq \%5 \Rightarrow F_n \geq 20$$

Fibonacci sayıları, $F_0 = 1$, $F_1 = 1$, $F_2 = 2$, $F_3 = 3$, $F_4 = 5$, $F_5 = 8$, $F_6 = 13$, $F_7 = 21$, ... olduğundan $F_n > 20$ koşulunu sağlayan n değeri 7 olarak seçilebilecektir. Bu durumda L_2 değeri aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$L_2 = \frac{F_6 \cdot L_1}{F_7} + \frac{(-1)^7 \cdot \varepsilon}{F_7} = \frac{13 \cdot 10}{21} - \frac{0,05}{21} \cong 6,2$$

Bu durumda ilk deneme noktaları ve fonksiyon değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$f(6,2) = -9,16 \quad \text{ve} \quad f(10 - 6,2) = f(3,8) = -13,96$$

$f(3,8) < f(6,2)$ olduğundan $[6,2;10]$ aralığı atılır ve $[0;6,2]$ aralığı için işlem tekrarlanır.

$$\text{Yeni deneme: } 6,2 - 3,8 + 0 = 2,4$$

$$f(2,4) = -11,44 \quad \text{olarak hesaplanır.}$$

$f(2,4) > f(3,8)$ olduğundan $[0;2,4]$ aralığı atılır ve yeni aralık $[2,4;6,2]$ olarak elde edilir.

$$\text{Yeni deneme: } 6,2 - 3,8 + 2,4 = 4,8$$

$$f(4,8) = -13,36 \quad \text{olarak hesaplanır.}$$

$f(4,8) < f(2,4)$ olduğundan $[2,4;3,8]$ aralığı atılır ve yeni aralık $[3,8;6,2]$ biçimindedir.

$$\text{Yeni deneme: } 6,2 - 4,8 + 3,8 = 5,2$$

$$f(5,2) = -12,56 \quad \text{olarak hesaplanır.}$$

$f(5,2) > f(4,8)$ olduğundan $[5,2;6,2]$ aralığı atılır ve yeni aralık $[3,8;5,2]$ şeklini alır.

$$\text{Yeni deneme: } 5,2 - 4,8 + 3,8 = 4,2$$

$$f(4,2) = -13,96 \quad \text{olarak hesaplanır.}$$

$f(4,2) < f(5,2)$ olduğundan $[4,8;5,2]$ aralığı atılır ve yeni aralık $[3,8;4,8]$ olarak elde edilir.

$$\text{Yeni deneme: } 4,8 - 4,2 + 3,8 = 4,4$$

$$f(4,4) = -13,84 \quad \text{olarak hesaplanır.}$$

$f(4,4) > f(4,2)$ olduğundan $[4,4;4,8]$ aralığı atılır ve yeni aralık $[3,8;4,4]$ biçiminde daraltılacaktır.

Yeni deneme: $4,4 - 4,2 + 3,8 = 4$

$f(4) = -14$

$f(4) < f(4,4)$ olduğundan $[4,2;4,4]$ aralığı atılır ve yeni aralık $[3,8;4,2]$ olarak elde edilir.

Elde edilen nihai aralık başlangıç aralığının %4'ü kadardır. Bu ise bizden istenen %5'ten çok olmaması koşulunu sağlamaktadır. Bu durumda Fibonacci Arama Yöntemi ile fonksiyonun minimum değeri, $[3,8;4,2]$ aralığının orta noktası olan 4 olarak seçilebilir.

3. UYGULAMA

Zaman serileri analizinde düzgünleştirme yöntemleri, zaman serilerinin tesadüfi ve düzgün olmayan dalgalanmalardan arındırılması amacıyla kullanılmaktadır. Böylelikle zaman serilerindeki dalgalanmalar yumuşatılmakta ve serinin genel eğilimi belirginleşmektedir.¹³

Bu yöntemler topluluğu, geçmiş değerlere eşit ağırlık vermesi veya yakın geçmişe daha fazla ağırlık vermesine bakılarak iki genel başlık altında incelenebilir. Basit hareketli ortalamalarda geçmiş dönem verilerine eşit ağırlık verilerek gelecek dönem tahminleri gerçekleştirilirken, üstel düzgünleştirme yöntemlerinde ağırlıklar, veriler eskidikçe üstel bir biçimde azalmaktadır. Uygulamada kullanılan Brown'un Tek Parametrelili Üstel Düzgünleştirme Yöntemi dışında, Holt'un İki Parametrelili Doğrusal Üstel Düzgünleştirme Yöntemi, Brown'un İkinci Derece Üstel Düzgünleştirme Yöntemi ve Winters Doğrusal ve Mevsimsel Üstel Düzgünleştirme Yöntemi gibi pek çok üstel düzgünleştirme yöntemi mevcuttur. Bu çalışmada özel olarak Brown'un Tek Parametrelili Üstel Düzgünleştirme Yöntemi seçilmesinin sebebi Fibonacci Arama Yöntemi'nin sadece tek değişkenli ve tek ekstremumlu fonksiyonlarda kullanılabilmesidir.

Fibonacci Arama Yöntemi tek değişkenli, tek ekstremumlu fonksiyonların optimum değerlerini elde etmede kullanılabilirdiğinden Brown'un Tek Parametrelili Üstel Düzgünleştirme Yöntemi'nde düzgünleştirme sabitinin belirlenmesinde kullanılabilir. Ele alınan düzgünleştirme sabiti tek parametre olmakla birlikte, ilgili aralıkta sadece bir

¹³ Neyran Orhunbilge, *Zaman Serileri Analizi Tahmin ve Fiyat İndeksleri*, Avcıol Basım-Yayın, İstanbul, 1999, s.91

minimumuna sahiptir. Parametre sayısının birden fazla olduğu Holt'un İki Parametrelili Doğrusal Üstel Düzgünleştirme Yöntemi veya Winters Doğrusal ve Mevsimsel Üstel Düzgünleştirme yöntemlerinde, çok değişkenli fonksiyonların türev alma işlemi kullanılmadan ekstremum değerlerinin hesaplanmasına olanak tanıyan Powell yöntemi kullanılabilir.¹⁴

$x_1, x_2, \dots, x_n$ belirgin bir trendi ve mevsimlik dalgalanması olmayan zaman serisini, x'_n n' inci dönem tahmin değeri ve α parametresi bir önceki döneme verilecek ağırlığı göstermek üzere Brown'un Tek Parametrelili Üstel Düzgünleştirme Yöntemi ile tahmin aşağıdaki şekilde yapılmaktadır.

$$x'_n = \alpha \cdot x_{n-1} + (1 - \alpha) \cdot x'_{n-1} \quad (11)$$

Yukarıda da bahsedildiği üzere üstel düzgünleştirme yöntemleri, yakın geçmişe daha fazla ağırlık vermesiyle geçmiş dönem verilerine eşit ağırlık veren basit hareketli ortalamalardan ayrılmaktadır. Brown'un Tek Parametrelili Üstel Düzgünleştirme Yöntemi'nde bu üstünlük α parametresi ile sağlanmaktadır. α parametresi, hata kareleri toplamını minimize edecek şekilde 0 ile 1 arasında bir değer olarak bir önceki döneme verilecek ağırlığı belirlemektedir.¹⁵ Aşağıda, (12) denkleminde verilen hata kareleri toplamını minimum yapan α parametresi kullanılarak elde edilen tahminler, en doğru tahminler olacaktır.

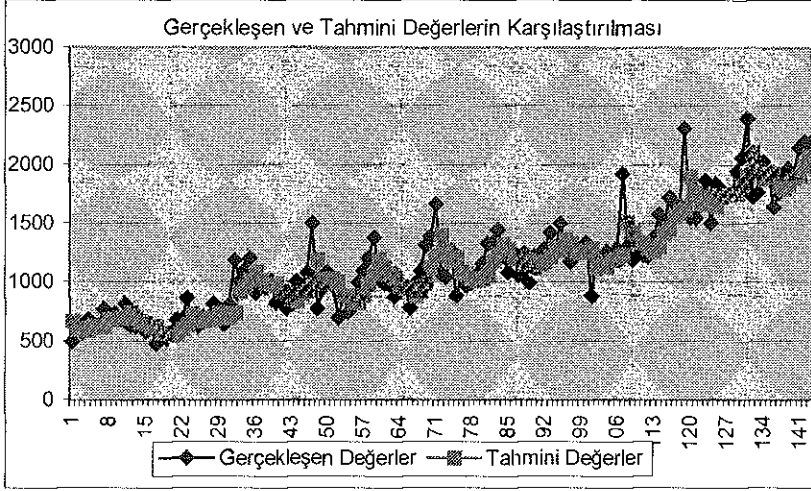
$$\sum_{t=1}^n e_t^2 = \sum_{t=1}^n (x_t - x'_t)^2 \quad (12)$$

1985–1996 yılları arasında aylık Türkiye İhracat verilerini kullanarak Brown'un Tek Parametrelili Üstel Düzgünleştirme Yöntemi ile elde edilen tahminler aşağıda verilmektedir. Bu noktada hata kareleri toplamını minimize edecek α parametresi, nihai aralık başlangıç aralığının en çok %5'i olacak şekilde Fibonacci Arama Yöntemi ile elde edilmiştir. Şekil 4'te 1985–1996 yılları arasında aylık Türkiye İhracat verileri serpilme diyagramı

¹⁴ M.J.D. Powell : "An efficient method for finding the minimum of a function of several variables without calculating derivatives", *The Computer Journal*, Vol.7 Issue:4, 1964, s.155

¹⁵ Neyran Orhunbilge, A.g.e., s.96

ve Brown'un Tek Parametrelili Üstel Düzgünleştirme Yöntemi ile elde edilen tahmin değerleri görülmektedir.



Şekil 4: Türkiye Aylık İhracat Verileri ve Tahminler(1985-1996)

Şekil 4'te bahsedilen tahminler Brown'un Tek Parametrelili Üstel Düzgünleştirme Yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Burada özel olarak düzgünleştirme sabiti değeri 0,4 olarak seçilmiştir. Grafikten de görüldüğü üzere, gerçekleşen veriler ile tahmini değerler birkaç sapma dışında birbirine yakındır. Şimdi düzgünleştirme sabitinin optimum değerini Fibonacci Arama Yöntemi'ni kullanarak elde edelim.

α parametresi, 0 ile 1 arasındaki tüm değerleri alabileceğinden, başlangıç aralığı $[0,1]$ olarak seçilebilir. Bu durumda L_1 değeri,

$$L_1 = b^0 - a^0 = 1 - 0 = 1$$

olarak elde edilecektir. Nihai aralığın başlangıç aralığına oranının %5'den büyük olmaması koşulu ile n değerini daha önce örnekte hesaplandığı üzere $n = 7$ eşitliğini elde etmemizi sağlayacaktır. Bu durumda L_2 değeri aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$L_2 = \frac{F_6 L_1}{F_7} + \frac{(-1)^7 \varepsilon}{F_7} = \frac{13.1}{21} - \frac{0,05}{21} \cong 0,62$$

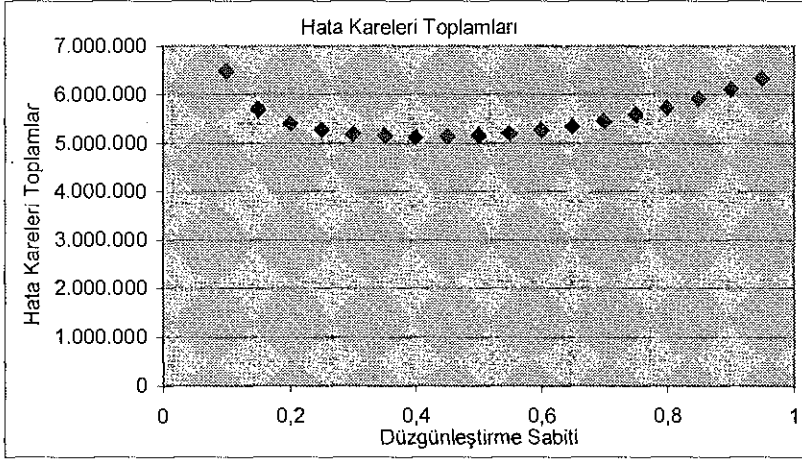
Bu durumda her bir iterasyon için elde edilen deneme noktaları, fonksiyon değerleri, belirsizlik aralıkları ve her bir iterasyonda elde edilen aralığın başlangıç aralığına oranı aşağıdaki tabloda düzenlenmiştir.

Tablo 1: İterasyon Çıktıları

Adım(n)	a ⁿ	b ⁿ	f(a ⁿ)	f(b ⁿ)	Aralık	L _n /L ₁
1	0,38	0,62	5.135.570	5.296.693	[0;0,62]	0,62
2	0,24	0,38	5.284.331	5.135.570	[0,24;0,62]	0,38
3	0,24	0,48	5.284.331	5.144.870	[0,38;0,62]	0,24
4	0,48	0,52	5.144.870	5.171.411	[0,38;0,52]	0,14
5	0,42	0,52	5.129.616	5.171.411	[0,38;0,48]	0,10
6	0,42	0,44	5.129.616	5.131.468	[0,38;0,44]	0,06
7	0,40	0,44	5.130.976	5.131.468	[0,38;0,42]	0,04

Elde edilen nihai aralık [0,38;0,42] olduğundan %5'ten küçük olma koşulu sağlanmaktadır ve hata kareleri toplamını minimize eden düzgünleştirme sabiti değeri aralığın orta noktası olan 0,4 olarak elde edilebilir. Bu durumda hata kareleri toplamı, 5.130.976 olarak elde edilecektir. Tabii ki duyarlılığın arttırılması ile birlikte nihai aralık daraltılabilecek ve daha iyi çözümler elde edilmesi mümkün olacaktır. Örneğin problemin ilk adımında nihai aralığın başlangıç aralığına oranının %1'den büyük olmaması koşulu ile iterasyona başlasaydık, n = 11 değerini elde edecektik. Adım sayısının artması ile birlikte de daha dar bir aralık ve optimuma daha yakın bir sonuç elde edecektik.

Aşağıdaki grafikte düzgünleştirme sabitinin [0,1] aralığında aldığı değerlere karşılık bir parametreye bağlı olarak hata kareleri toplamları grafiği verilmektedir. Grafik üzerinden de incelenecek olursa 0,4 civarında bir minimum olduğu görülebilecektir.



Şekil 5: Düzgünleştirme Sabiti–Hata Kareleri Toplamları Grafiği

Benzer bir biçimde Ms Excel Solver ile yapılan çözümde optimum düzgünleştirme sabiti 0,418 ve bu değere karşılık gelen hata kareleri toplamı 5.129.607 olarak elde edilmiştir. Dikkat edilecek olursa 0,418 değeri elde ettiğimiz $[0,38;0,48]$ aralığı içerisinde kalmaktadır.

Diğer bir yaklaşık ifade ise SPSS paket programı ile elde edilmiştir. SPSS paket programı, $[0,1]$ kapalı aralığında sıfırdan başlayarak 0,01 artım miktarı ile arama yaptırdığı takdirde, optimum düzgünleştirme sabiti olarak 0,42 değerini hesaplamakta ve buna karşılık olarak 5.129.616 hata kareleri toplamı değerini elde etmektedir. Her iki programın da optimizasyon yaparken hangi algoritmaları kullandığı bilinmemekle birlikte, duyarlılığın artırılması halinde Fibonacci Arama Yöntemi ile daha iyi sonuçların elde edileceği açıktır.

4.SONUÇLAR VE YORUM

Bu çalışmada, süreksiz ve tek ekstremumlu fonksiyonlar için optimum noktaların elde edilmesi amacıyla tek boyutlu arama teknikleri içerisinde en yaygın kullanıma sahip olan Fibonacci Arama Tekniği açıklanmıştır. Bununla birlikte, Brown'un Tek Parametrelili Üstel Düzgünleştirme Yöntemi'nde yer alan hata kareleri toplamı ifadesinin düzgünleştirme sabitinin süreksiz bir fonksiyonu olduğu düşünülerek, düzgünleştirme sabitinin hata kareleri toplamını minimize edecek optimum değeri hesaplanmıştır.

Bundan önce yapılan çalışmalarda düzgünleştirme sabitinin elde edilmesinde genellikle deneme yanılma yöntemi kullanıldığından, bu çalışma içerisinde düzgünleştirme sabiti için bir optimum değer elde edilmiş olması çalışmanın temel noktası olmaktadır. Böylelikle hata kareleri toplamını minimize edecek düzgünleştirme sabiti elde edilebilmekte ve geçmiş dönem verilerine ne kadar ağırlık verilmesi gerekliliği optimum olarak elde edilerek yorumlanabilmektedir.

Fibonacci Arama Yöntemi, klasik optimizasyon teorisi içerisinde yer alan süreklilik ve türevlenebilirlik varsayımlarını gerektirmediğinden, bir çok fonksiyona uygulanabilmesi üstünlüğüne sahiptir. Ancak tek ekstremumluluk, yani incelenen aralık içerisinde fonksiyonun yalnızca bir tane minimum veya maksimum değeri içermesi gerekliliği, Fibonacci Arama Yöntemi'nin en büyük kısıtı olarak karşımıza çıkmaktadır. Çok ekstremumluluk hali söz konusu olduğunda ise yöntem bir diğer lokal minimum veya maksimumun varlığı hakkında bize bir bilgi verememektedir. Bu durumda mümkün olduğunca küçük aralıklarla çalışarak fonksiyonun tek ekstremumlu olduğu bir aralığı yakalamak, yöntemin sağlıklı çalışması açısından önemlidir.

Yapılan çalışma, Powell Yöntemi kullanılarak birden fazla parametrenin optimum değerinin arandığı Holt'un İki Parametrelili Doğrusal Üstel Düzgünleştirme Yöntemi veya Winters Doğrusal ve Mevsimsel Üstel Düzgünleştirme yöntemlerine uygulanarak daha da geliştirilebilir.

KAYNAKÇA

- BAZARAA Mokhtar S.; HANİF D. SHERALİ, C.M. SHETTY, 1993, **Nonlinear Programming Theory and Algorithms**, John Wiley&Sons, Inc., Canada
- COOPER Leon, David STEİNBURG, 1970, **Introduction to Methods of Optimization**, W.B. Saunders Company
- LASDON Leon S., 1970, **Optimization Theory for Large Scale Systems**, Macmillan Publishing, USA
- ORHUNBİLGE Neyran, 1999, **Zaman Serileri Analizi Tahmin ve Fiyat İndeksleri**, Avcıol Basım-Yayın, İstanbul
- POWELL M.J.D., 1964, "An efficient method for finding the minimum of a function of several variables without calculating derivatives", *The Computer Journal*, Vol.7 Issue:4 s.155-162

SUBAŞI M., N. YILDIRIM ve B. YILDIZ, 2004, "*An improvement on Fibonacci search method in optimization theory*", ***Applied Mathematics and Computation***, C:147, s.893–901

WISMER David A., R. CHATTERGY, 1978, ***Introduction to Nonlinear Optimization***, Elsevier North-Holland, New York

YILDIZ B., E. Karaduman, 2003, "*On Fibonacci search method with k -Lucas numbers*", ***Applied Mathematics and Computation***, C:143, s.523–531