LEVY UÇUŞLARI YÖNTEMİ KULLANILARAK GELİŞTİRİLEN YARASA ALGORİTMASI OPTİMİZASYON METODUNUN PERFORMANS İNCELEMESİ

Erkan Doğan[1], Aybike Özyüksel Çiftçioğlu[2]
[1,2]Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa

ABSTRACT

This study presents a bat algorithm for optimizing benchmark problems. Bat algorithm is based on the echolocation capability of micro bats. Bats give out a very powerful sound and listen its echo from the around items. They can notice the distance and position of the target, and even moving speed of the target such as very small insects. Three different minimization problems taken from literature are selected as design examples. These problems are solved for the optimum solution by using bat algorithm. Levy Flights is adapted to the simple bat algorithm for better solution. For comparison, three design problems are also solved by using bat algorithm with Levy Flights technique. Results bring out that bat algorithm is powerful in finding the optimum solution for each design problem. Moreover, adaptation of Levy Flights to bat algorithm generates better solutions than the ones obtained by simple bat algorithm.

ÖZET

Bu çalışmada kıyaslama problemlerinin optimizasyonu için kullanılan yarasa algoritması sunulmuştur. Yarasa algoritması yarasaların sesle yer belirleme özelliğini temel alır. Yarasalar çok güçlü bir ses çıkartır ve bunun çevredeki eşyalardan geri gelen yankısını dinlerler. Bu şekilde avlarının uzaklığını ve pozisyonunu hatta çok küçük böceklerin hızlarını bile anlayabilirler. Literatürden alınan üç farklı minimizasyon problemi, tasarım örneği olarak seçilmiştir. Bu problemlerin yarasa algoritması kullanılarak optimum sonuçları elde edilmiştir. Optimizasyon sürecinde daha iyi sonuçlar elde edebilmek için Levy Flights eklentisi basit yarasa algoritmasına adapte edilmiştir. Ve kıyaslama için bu üç tasarım problemi ayrıca Levy Flights eklentili yarasa algoritması kullanılarak da çözülmüştür. Sonuçlar, yarasa algoritmasının tasarım problemlerinin optimum sonucunu bulmada başarılı olduğunu göstermiştir. Bununla beraber Levy Flights tekniğinin yarasa algoritmasına uyarlanması ile optimizasyonda basit yarasa algoritmasından daha iyi sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir.

GİRİŞ

Son yıllarda problemlerin optimizasyonlarında daha etkili sonuçlar elde edebilmek için bir çok güçlü optimizasyon tekniği geliştirilmiştir. Doğrusal ya da doğrusal olmayan matematiksel programlama yöntemleri ilk başlangıç noktası çevresinde bir çözüm uzayı araştırmak için gradyan bilgilerini kullanır [1]. Yakın geçmişte ise matematiksel programlama yöntemlerine bir alternatif olarak, doğal olayları taklit ederek geçiş kurallarını ve rastgeleliği birleştiren, benzetimli tavlama [2], armoni arama [3], genetik algoritmalar [4], yarasa, karınca gibi hayvanların sürü davranışları [5], guguk kuşu araması gibi meta-sezgisel algoritmalar geliştirilmiştir. Bu yöntemleri geliştiren araştırmacıların genel amacı optimizasyon problemlerinin çözümünde geleneksel matematiksel programlama yöntemlerindeki eksikliklere dikkat çekmektir. Bu yöntemler matematiksel programlama yöntemlerinden farklıdır. Sezgisel optimizasyon yöntemleri matematik esaslı yöntemlerin tersine rastgele değerler üretip kullanır. Optimum çözümün araştırılmasında kullanılan mekanizmalar deterministik değil stokastiktir. Bu algoritmaların ortak özellikleri, hepsinin rastgele sayı kullanması ve başlangıçta ayarlanması gereken bir dizi parametreyi birleştirmesidir. Algoritmaların performansı, sınırlar altındaki probleme ve bu parametrelerin önceden tanımlanmış değerlerine bağlı olarak değişir. Bu yeni optimizasyon algoritmalarına son eklenenlerden biri de yarasa algoritmasıdır. Yarasa algoritması yarasa davranışlarını temel alır [7]. Yarasalar avlarını yakalamak, karanlıkta çevredeki nesnelere çarpmadan konakladıkları yerlere rahatça yerleşebilmek için yankı kullanırlar. Tüm yarasalar avını keşfetmek, ava olan mesafeyi algılamak ve avları ile çevrelerindeki diğer nesnelerin (engellerin) arasındaki mesafeyi belirleyebilmek için sesle yer belirlemeyi (yankı) kullanırlar [8].

OPTİMUM BOYUTLANDIRMA PROBLEMİ

Optimizasyon Problemlerinin Matematiksel Formülasyonu

Genel bir mühendislik optimizasyon problemi aşağıdaki gibi tanımlanabilir;

$$\text{Min } f(x),\ x=\{x1,x2,\ldots,xn\}$$

Kısıtlar:

$$gi(x) \le 0,\ I = 1,2,\ldots,p$$

$$hj(x) = 0,\ \ j = 1,2,\ldots,m$$

Tasarım değişkenleri aralıkları:

$$L_{xk} \le x \le\ U_{xk},\ \ k=1,2,\ldots,n.$$

Yukarıda belirtilen f(x), amaç fonksiyonunu; x, karar çözüm vektörünü; n, karar değişkenlerinin toplam sayısını ifade eder. L_{xk} ve U_{xk}, sırayla her bir karar değişkeninin alt ve üst sınırını göstermektedir. M, eşitlik sınırlayıcılarının sayısını ve p, eşitsizlik sınırlayıcılarının sayısını temsil eder [9].

Levy Flights eklentisi ile Yarasa Algoritması

Yarasa algoritması Yang tarafından geliştirilmiştir [7]. Algoritma, yarasaların yankı ile yön bulma kapasitelerini taklit eder. Levy Flights eklentisi ile yarasa algoritması adımları aşağıda verilmiştir:

1. adımda parametreler başlatılır: Her bir yarasanın m tasarım değişkenli ve bir amaç fonksiyonlu optimizasyon probleminin aday çözümünü (x_i) temsil ettiği x_i pozisyon ve v_i hızına sahip yarasa popülasyonu başlatılır.

2. adımda t zamanda yeni sonuçlar ile yeni hızlar hesaplanır.

$$x^t_i= x_i^{t-1}+ v^t_i$$

$$v^t_i= v_i^{t-1}+(x_i^{t-1}-x^*)f_i$$

x^*, n sayıda yarasa arasından bütün sonuçların kıyaslanmasından sonraki geçerli global en iyi konumu verir (sonuç).

3. adımda eğer rastgele üretilen sayı rand > r_i ise en iyi çözümlerin arasından bir çözüm belirlenir.

4. adımda seçilen en iyi çözümün etrafında bir lokal çözüm, rastgele bir değişim ile belirlenir.

$$x_{yeni}=x_{eski}+rA^t$$

r, -1 ile 1 arasında değişen rastgele bir sayı, A^t ise bu adımdaki bütün yarasaların ortalama ses yüksekliğidir.

5. adımda eğer rastgele üretilen sayı rand > A_i ve $f(x_i)< f(x^*)$ ise yeni sonuçlar kabul edilir, r_i arttırılır, A_i ise azaltılır.

6. adımda yarasalar derecelendirilerek en iyi x^* bulunur.

7. adımda avcıların yeni pozisyonları Levy Fligts eklentisi kullanılarak oluşturulur ve algoritma yeni bir çözüm üretir.

$$x_{new}= x_i^t \pm \beta\lambda r\,(x^t_i- x_i^{t-1})$$

Burada β>1 sınırlar altındaki tasarım problemi ile ilgili basamak boyutu, r rastgele bir sayı, λ, basamak boyutu uzunluğudur.

8. adım olarak durdurma kriteri sağlanıncaya kadar 2’den 6’ya kadar olan adımlar tekrar edilir [8].

TASARIM PROBLEMLERİ

Problem 1.

Bu ilk problem aşağıda fonksiyonu verilen, iki tasarım değişkeni ve iki sınırlayıcıya sahip olan bir minimizasyon problemidir.

$$\min f(x)=-(x_2-1.275x_1^2+5x_1-6)^2-10(1-1/8\pi)\cos(\pi x_1)-10$$

Kısıtlar;

$$g_1(x)=-\pi x_1-x_2 \leq 0$$

$$g_2(x)=-\pi^2 x_1^2+4x_2 \leq 0$$

Tasarım değişkenlerinin aralıkları;

$$-1.5\leq x_1\leq 3.5$$

$$0\leq x_2\leq 15$$

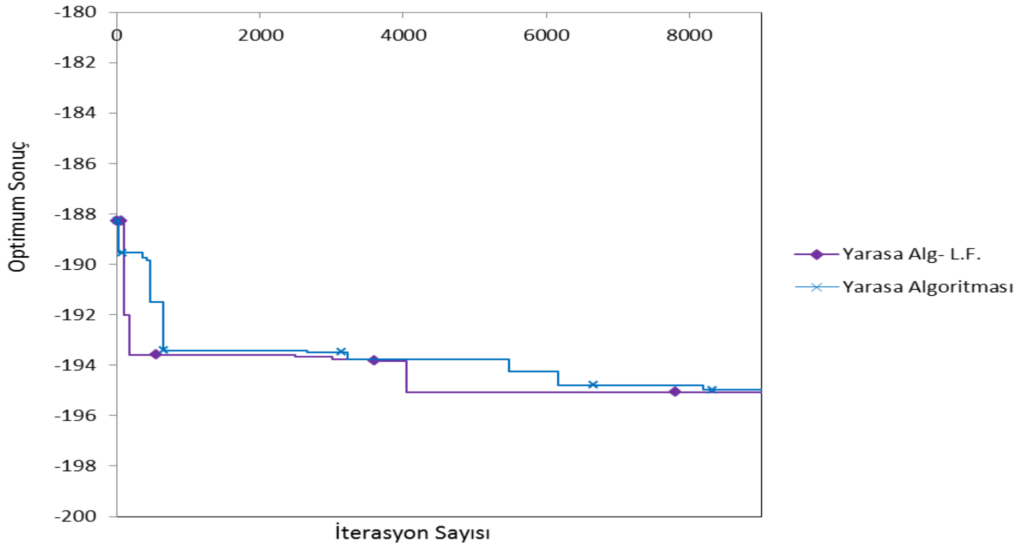
Bu minimizasyon problemi basit yarasa algoritması ve Levy Flights eklentisinin yarasa algoritmasına uyarlanmış hali ile çözülmüştür. Minimizasyon probleminin iki meta-sezgisel teknik ile elde edilen optimum sonuçları çizelge 1’de gösterilmiştir. Basit yarasa algoritması ile elde edilen sonuç -194.9804 iken Levy flights uyarlanmış yarasa algoritması ile elde edilen sonuç -195.0628 olmuştur.

Çizelge 1. Minimizasyon probleminin iki meta-sezgisel teknik ile elde edilen optimum sonuçları

	Yarasa Alg.-L.F	**Yarasa Alg.**
x_1	2.46617	2.465735

x_2	14.9886	14.98452
f(x)	**-195.0628**	**-194.9804**

İki algoritmadan elde edilen amaç fonksiyonu yakınsama grafiği şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Algoritmaların yakınsama grafiği

Şekil 1'de Levy Flights eklentili yarasa algoritmasının en iyi yakınsamayı gösterdiği ve min. sonucun -195.0628 olduğu görülmektedir.

Problem 2.

İkinci problem aşağıda fonksiyonu verilen, iki tasarım değişkeni ve iki sınırlayıcıya sahip olan bir minimizasyon problemidir.

$$\min f(x) = 0.01x_1^2 + x_2^2$$

Kısıtlar;

$$g_1(x) = -x_1x_2 + 25 \leq 0$$

$$g_2(x) = -x_1^2 - x_2^2 + 25 \leq 0$$

Tasarım değişkenlerinin aralıkları;

$$2 \leq x_1 \leq 50$$

$$0 \leq x_2 \leq 50$$

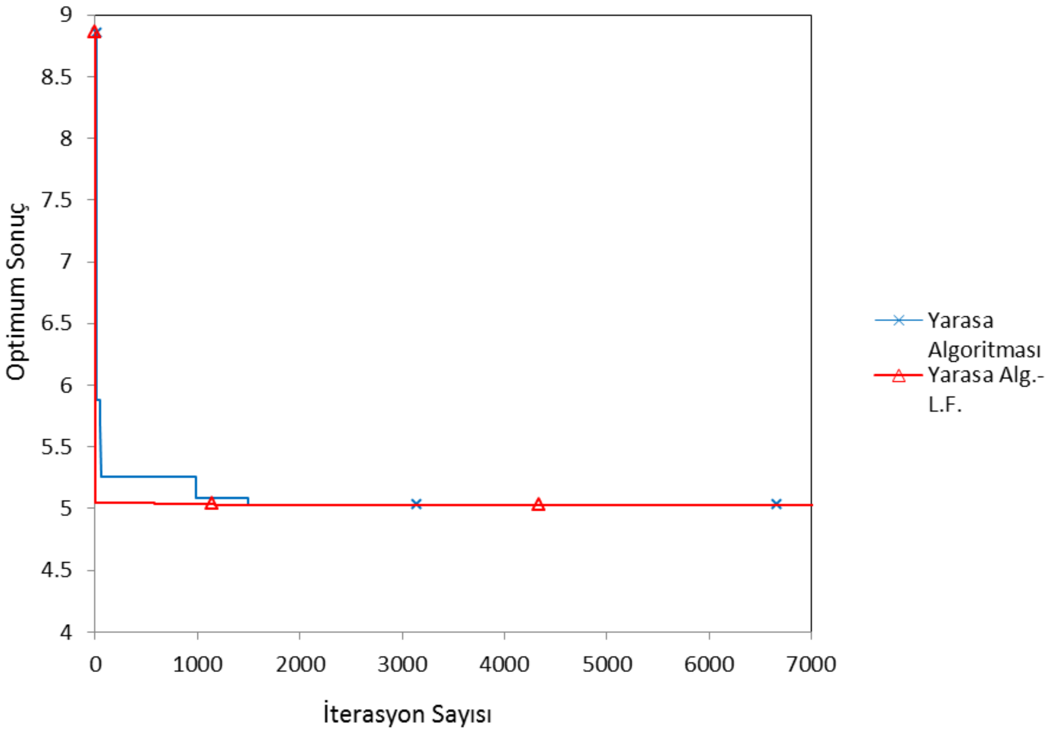
Bu minimizasyon problemi basit yarasa algoritması ve Levy Flights eklentisinin yarasa algoritmasına uyarlanmış hali ile çözülmüştür. Minimizasyon probleminin iki meta-sezgisel teknik ile elde edilen optimum sonuçları çizelge 2'de gösterilmiştir. Basit yarasa algoritması ile elde edilen sonuç 5.00 ve Levy flights uyarlanmış yarasa algoritması ile elde edilen sonuç 5.00 olmuştur.

Çizelge 2. Minimizasyon probleminin iki meta-sezgisel teknik ile elde edilen optimum sonuçları

	Yarasa Alg.-L.F	**Yarasa Alg.**

x_1	15.89	15.65
x_2	1.572	1.598
f(x)	5.00	5.00

İki algoritmadan elde edilen amaç fonksiyonu yakınsama grafiği şekil 2'de gösterilmiştir.

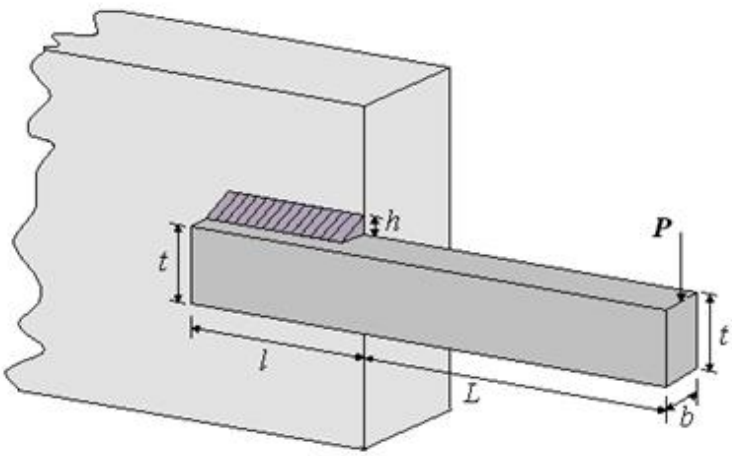


Şekil 2. Algoritmaların yakınsama grafiği

Şekil 2'de Levy Flights eklentili yarasa algoritmasının basit yarasa algoritması ile yakın sonucu gösterdiği görülmektedir.

Problem 3.

Üçüncü problem dört tasarım değişkeni ve yedi sınırlayıcıya sahip bir dikdörtgen kiriş minimizasyon problemidir. Kiriş ankastre olarak tasarlanmış, geometrisi ve ölçüleri şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3. Kaynaklı kiriş tasarımı

x_1 =h: kaynak kalınlığı, x_2 =l :kaynak uzunluğu, x_3 =t :kiriş genişliği, x_4=b:kiriş kalınlığı

Problem tanımı aşağıdaki gibidir;

$$\min f(x) = 1.10471 x_1^2 x_2 + 0.04811 x_3 x_4 (14.0 + x_2)$$

Kısıtlar;

$$g_1(x) = \tau(x) - \tau_{\max} \leq 0$$

$$g_2(x) = \sigma(x) - \sigma_{\max} \leq 0$$

$$g_3(x) = x_1 - x_4 \leq 0$$

$$g_4(x) = 0.10471 x_1^2 + 0.04811 x_3 x_4 (14.0 + x_2) - 5 \leq 0$$

$$g_5(x) = 0.125 - x_1 \leq 0$$

$$g_6(x) = \delta(x) - \delta_{\max} \leq 0$$

$$g_7(x) = P - P_c(x) \leq 0$$

Ayrıca;

$$\tau(x) = \sqrt{(\tau')^2 + 2\tau'\tau'' \frac{x_2}{2R} + (\tau'')^2}$$

$$\tau' = \frac{P}{\sqrt{2} x_1 x_2}$$

$$\tau'' = \frac{MR}{J} \quad , \quad M = P\left(L + \frac{x_2}{2}\right)$$

$$R = \sqrt{\frac{x_2^2}{4} + \left(\frac{x_1 + x_3}{2}\right)^2}$$

$$J = 2\left\{\sqrt{2}\, x_1 x_2 \left[\frac{x_2^2}{12} + \left(\frac{x_1 + x_3}{2}\right)^2\right]\right\}$$

$$\delta(x) = \frac{4PL^3}{E x_3^3 x_4} \quad , \quad \sigma(x) = \frac{6PL}{x_4 x_3^2}$$

$$P_c(x) = \frac{4.013\, E \sqrt{\frac{(x_3^2 x_4^6)}{36}}}{L^2} \left(1 - \frac{x_3}{2L}\sqrt{\frac{E}{4G}}\right)$$

P=6000 lb, L=14 in, E=30x106 psi, G=12x106 psi, τmax=13600 psi, σmax=30000 psi and δmax=0.25 in.

Tasarım değişkenlerinin aralıkları;

$$0.1 \leq x_1 \leq 2.0$$

$$0.1 \leq x_2 \leq 10$$

$$0.1 \leq x_3 \leq 10$$

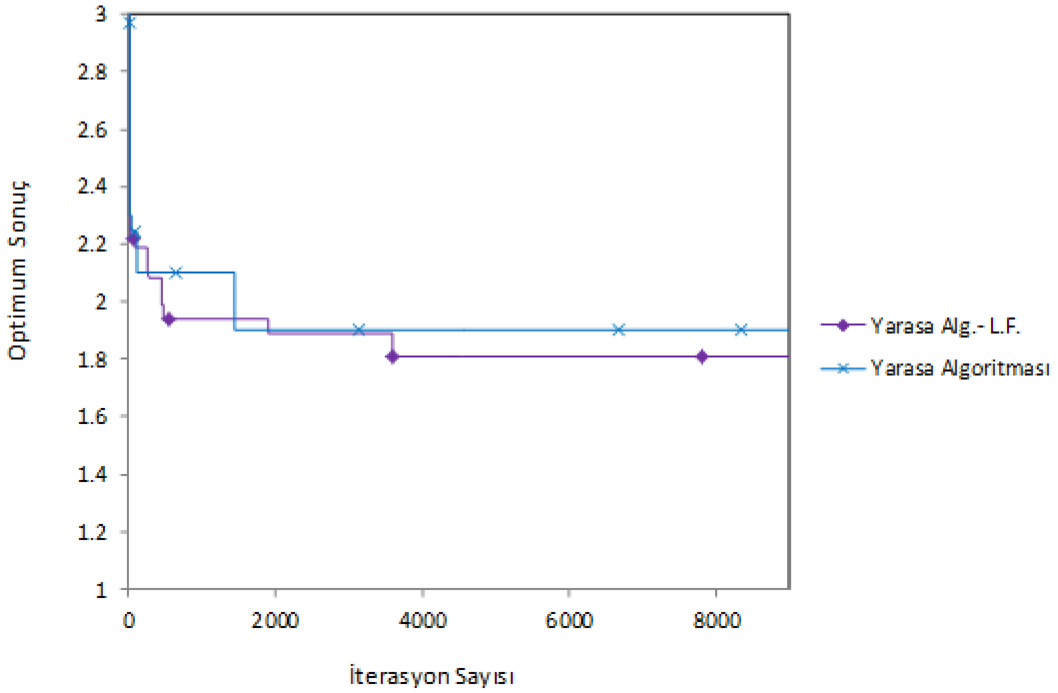
$$0.1 \leq x_4 \leq 2.0$$

Bu minimizasyon problemi basit yarasa algoritması ve Levy Flights eklentisinin yarasa algoritmasına uyarlanmış hali ile çözülmüştür. Minimizasyon probleminin iki meta-sezgisel teknik ile elde edilen optimum sonuçları çizelge 3'te gösterilmiştir. Basit yarasa algoritması ile elde edilen sonuç 1.889 iken Levy flights uyarlanmış yarasa algoritması ile elde edilen sonuç 1.808 olmuştur.

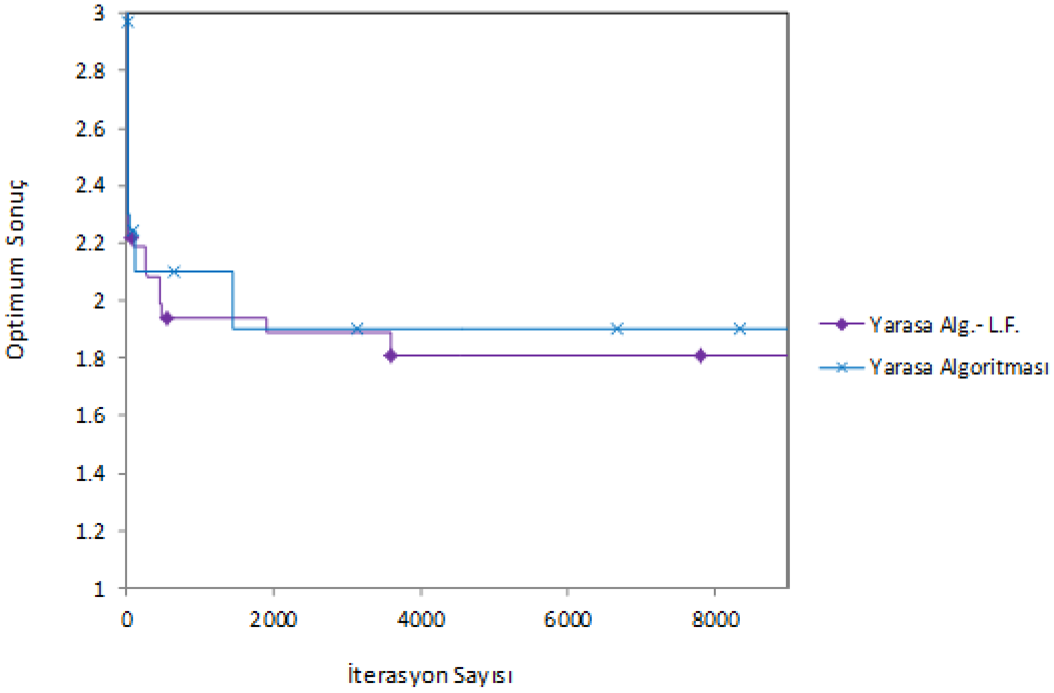
Çizelge 3. Minimizasyon probleminin iki meta-sezgisel teknik ile elde edilen optimum sonuçları

	Yarasa Alg.-L.F	**Yarasa Alg.**
x_1	0.197	0.192
x_2	3.580	4.011
x_3	9.392	9.107
x_4	0.208	0.218
f(x)	1.808	1.889

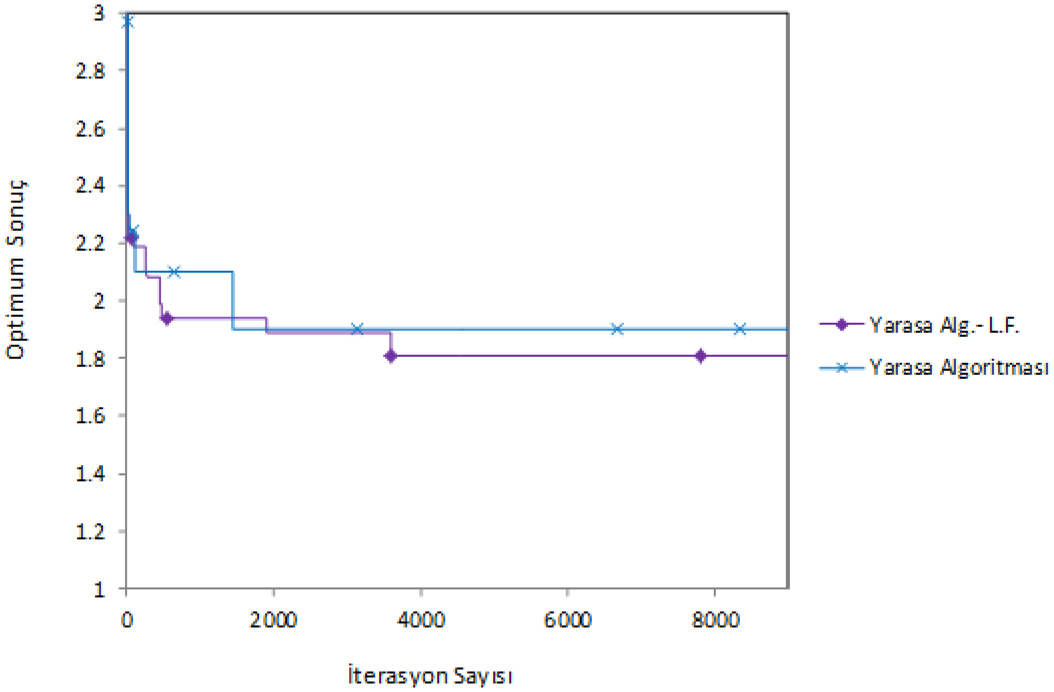
İki algoritmadan elde edilen amaç fonksiyonu yakınsama grafiği şekil 4'te gösterilmiştir.



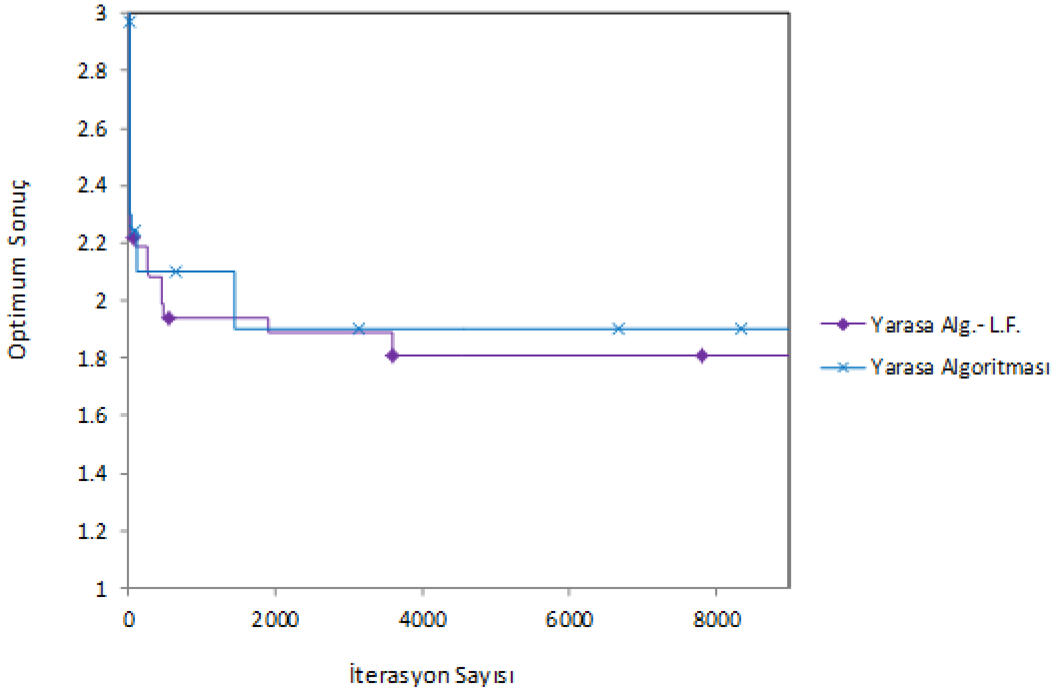
Şekil 4. Algoritmaların yakınsama grafiği



Şekil 4. Algoritmaların yakınsama grafiği



Şekil 4. Algoritmaların yakınsama grafiği



Şekil 4. Algoritmaların yakınsama grafiği

Şekil 4. Algoritmaların yakınsama grafiği

Şekil 4'te Levy Flights eklentili yarasa algoritmasının en iyi yakınsamayı gösterdiği ve min. sonucun 1.808 olduğu görülmektedir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada yarasa algoritmasının mühendislik problemlerinin optimizasyonunda başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Bununla birlikte yarasa algoritmasının mühendislik problemlerinin optimizasyonundaki başarısını arttırabilmek için algoritma, Levy Flihts eklentisi ile geliştirilmiştir. Levy Fligts eklentisi basit yarasa algoritmasına, algoritmadaki durdurma kriterinden bir önceki adım olacak şekilde eklenmiştir. Çalışmada üç adet minimizasyon (en küçükleme) kıyaslama problemi yarasa algoritmasının ve Levy Fligts eklentili yarasa algoritmasının performanslarını incelemek için seçilmiştir. Her bir tasarım probleminin fonksiyon tanımı, problemlerde sağlanması gereken kısıtlar ve problemlere ait tasarım değişkenlerinin sahip olması istenen aralıkları belirtilmiştir. Problemler hem yarasa algoritmasına, hem de Levy Flights eklentisi ile geliştirilmiş yarasa algoritmasına uyarlanmıştır. Sonuçlar yarasa algoritmasının tasarım problemlerinin optimizasyonda iyi sonuçlar bulduğunu, Levy Flights eklentisinin ise algoritma performansını geliştirdiğini ve bu şekilde daha iyi sonuçlar bulunduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

[1] E. Dogan, Solving design optimization problems via hunting search algorithm with Levy flights. Structural engineering and mechanics. (2014) 52 (2), 351-368.

[2] S. Kirkpatrick, Gelatt C. D. M. P. Vecchi, Optimization by Simulated Annealing. Science, New Series. (1983) 220, 4598.

[3] K.S. Lee, Z.W. Geem, 2004. A new structural optimization method based on the harmony search algorithm. Computers & Structure. (2004) 82, 781-798.

[4] A.J. Keane, A brief comparison of some evolutionary optimization methods. Proceedings of the conference on applied decision technologies (modern heuristic search methods), Uxbrigde: Wiley. (1995) 255–72.

[5] J. Kennedy, R.C. Eberhart, Particle Swarm Optimization. Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, NJ: Piscataway. (1995) 1942-48.

[6] X.S. Yang, S. Deb, Engineering Optimization by Cuckoo Search. Int. J. Mathematical Modeling and Numerical Optimization. (2010) 1(4), 330–343.

[7] X.S. Yang, Firefly Algorithms for Multimodal Optimization. Stochastic Algorithms: Foundations and Applications. SAGA, Lecture Notes in Computer Science. (2009) 169-178.

[8] M.P. Saka, E. Doğan, İ. Aydoğdu, Review and Analysis of Swarm-Intelligence Based Algorithms. Swarm Intelligence And Bio-Inspired Computation.; Elsevier 450 s.

[9] S. Şeker, E. Doğan, Performance Testing of Hunting Search Algorithm in Finding the Optimum Solution of Engineering Design Problems. 7th International Architecture and Engineering Symposiums. (29-30 November, 2012) Gemikonağı, TRNC

[10] E. Doğan, Optimum Design Of Rigid And Semi-Rigid Steel Sway Frames Including Soil - Structure Interaction. Doktora Tezi, ODTU, Türkiye, 2010.