



## **Rulet Tekerleği Yöntemi Kullanılarak Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritmasının Geliştirilmesi**

**Yusuf SÖNMEZ\*1, Mesut ÜNAL**

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

(Alınış Tarihi/Received: 22.05.2019, Kabul Tarihi/Accepted: 26.12.2019)

\*İlgili yazar/Corresponding Author: [ysonmez@gazi.edu.tr](mailto:ysonmez@gazi.edu.tr)

### **Anahtar Kelimeler**

Simbiyotik Organizmalar  
Arama Algoritması  
Optimizasyon  
Rulet Tekerleği

**Özet:** Simbiyotik Organizmalar Arama (Symbiotic Organisms Search-SOS) Algoritması, doğadaki canlıların simbiyotik ilişkilerini taklit ederek geliştirilmiş güçlü bir meta-sezgisel optimizasyon algoritmasıdır. Bu çalışmada SOS algoritmasına rulet tekerleği yöntemi kullanılarak geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen R-SOS algoritması ile çözümün olması beklenen optimum noktaya daha da yaklaşması sağlanmıştır. Geliştirilen algoritma 30 benchmark üzerinde test edilmiş ve sonuçların klasik SOS algoritmasına göre daha güçlü olduğu görülmüştür.

## **Improving Symbiotic Organisms Search Algorithm Using Roulette Wheel Method**

### **Keywords**

Symbiotic Organisms  
Search Algorithm  
Optimization  
Roulette Wheel

**Abstract:** Symbiotic Organisms Search (SOS) Algorithm is a powerful meta-heuristic optimization algorithm developed by simulating the symbiotic relationships of living creatures in nature. In this study, it was aimed to develop SOS algorithm by using roulette wheel method. With the R-SOS algorithm developed, the solution is approached to the expected optimum point. The developed algorithm was tested on 30 benchmarks and the results were found to be stronger than the classical SOS algorithm.

### **1. Giriş (Introduction)**

Simbiyotik Organizmalar Arama (Symbiotic Organism Search-SOS) algoritması canlıların doğada simbiyotik ilişkilerinden ilham alan yeni bir meta-sezgisel optimizasyon yöntemidir. Simbiyotik Organizmalar Arama (SOS) algoritması Cheng ve Prayogo tarafından 2014 yılında önerilmiştir [1]. Genel olarak Simbiyotik Organizmalar Arama (SOS) algoritması, canlılar arasındaki ortak davranış gibi çalışır. Doğada canlılar yalnız yaşamazlar. Her canlı, doğada yaşamak için diğer canlılara bağlıdır. Bağımlılığa dayalı etkileşim genellikle simbiyoz olarak bilinir. Her iki tür arasında var olan bu karşılıklı işbirliği simbiyotik olarak adlandırılır.

Çoğu popülasyona dayalı meta-sezgisel algoritma SOS'e benzer özellikleri taşır. Bunlar, arama alanı üzerinde küresel çözümü aramak için aday çözümler içeren bir organizma popülasyonunu kullanırlar ve arama sürecini yönlendirmek için aday çözümleri kullanan özel operatörleri vardır. Daha iyi çözümleri korumak için bir seçim mekanizması kullanırlar. Varlık büyüklüğü ve maksimum değerlendirme sayısı gibi ortak kontrol parametrelerinin uygun şekilde ayarlanması gerekir. Bununla birlikte, ek kontrol parametreleri olan meta-sezgisel algoritmaların aksine (örneğin, GA çaprazlama ve mutasyon oranına sahiptir. PSO, atalet ağırlığına, bilişsel faktöre ve sosyal faktöre sahiptir) [2-7]. SOS, algoritmaya özel parametrelere ihtiyaç duymaz. Bu durum, SOS'un parametreleri ayarlamak için ek bir çalışmaya ihtiyaç duymaması nedeniyle rakip algoritmalara göre bir avantaj olarak kabul edilir. Algoritmaya özgü parametrelerle ilgili yanlış ayarlamalar hesaplama süresini artırabilir ve yerel en uygun çözümü üretilir.

Doğadaki simbiyotik bağların bazıları, karşılıklılık (mutualism), ortaklık (commensalism) ve asalaklıktır (parasitism). Bu çalışmada SOS algoritması geliştirilirken karşılıklılık (mutualism) evresinde, rasgele sayı ataması yapmak yerine rulet tekeri tekniği kullanılarak değer atanmıştır. Bu şekilde arama algoritmasının kabiliyeti geliştirilmiştir. Rulet tekerleği yönteminde uyum değeri ile orantılı olasılık değeri seçilir. Tekerleğin yüzeyi uyum değerleri ile orantılı olarak işaretlenmektedir. Her döndürüldüğünde bir dizi eşleme havuzuna atılır. Daha iyi uyum değerine sahip diziler tekerlekte daha fazla yer aldıklarından onların seçilme şansları daha yüksektir. Çalışmada RW-SOS algoritması 30 benchmark probleme uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, evrensel en uygun şekle sokma noktasına daha yakın ve Simbiyotik Organizmalar Arama algoritmasına göre daha yakın hesaplandığı görülmüştür.

## 2. SİMBİYOTİK Organizmalar Arama Algoritması -SOS (Symbiotic Organisms Search Algorithm-SOS)

Simbiyotik Organizmalar Arama (SOS) algoritması Cheng ve Prayogo tarafından 2014 yılında önerilmiştir [1]. Bu yeni öneri, basit ve güçlü bir meta-sezgisel algoritma sağlar. Genel olarak SOS algoritması, canlılar arasındaki ortak davranış gibi çalışır. Doğada canlılar yalnız yaşamazlar ve her canlı, doğada yaşamak için diğer canlılara bağlıdır. Her iki tür arasında var olan bu karşılıklı işbirliği simbiyotik olarak adlandırılır. Doğadaki simbiyotik bağların bazıları, karşılıklılık (mutualism), ortaklık (commensalism) ve asalaklık (parasitism)'tir. SOS algoritması doğadaki bu simbiyotik ilişkiden esinlenerek geliştirilmiştir.

SOS algoritmasında bir ekosistem çözüm adaylarından oluşur. Ekosistemde, "eko" organizmanın numarasıdır. Sonlandırma kriterleri ise ekosistemdeki en uygun çözümü arama işlemini durdurmak için tanımlanmıştır. Buna göre, SOS algoritmasının sözde-kodu (pseudocode) aşağıda verildiği gibidir.

- 1: **Operation:** SOS
- 2: **Initialize:** Ekosistem oluşturma (kontrol *eco*)
- 3: **While** durdurma koşulları sağlanmadığı sürece **do**
- 4:     **For**  $i=1: eco$
- 5:         Organizmaların uygun olma değerini hesapla
- 6:         En iyi değeri elde et ( $X_{best}$ )
- 7:     **End for**
- 8:     Simbiyotik operatörleri uygula:
- 9:         Karşılıklılık operatörü
- 10:         Ortaklık operatörü
- 11:         Asalaklık operatörü
- 12: **End while**
- 13: Süreci durdur ve en iyi organizmayı kaydet ( $X_{best}$ )

Algoritmanın başlangıç aşamasında, sonlandırma kriterleri, ekosistemin büyüklüğü ve maksimum yineleme sayısı tanımlanır. Ekosistem oluşturmak için organizmalar rastgele seçilir. Her organizmaya karşılık gelen bir öznitelik vektörü bulunmaktadır. Bu girdiler  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  e karşılık gelir. Uygunluk değeri  $f$  fonksiyonuyla gösterilir. Başlangıçta, uygunluk değeri her organizma için uygunluk fonksiyonu ile hesaplanır. Bu adımda, her bir öznitelik için başlangıç değerleri, aşağıda verilen parametrelerin alt ve üst sınırları arasında rasgele sayı kullanılarak üretilir.

$$x_i = a_0^{min} + rand(0,1) \times (a_0^{max} - a_0^{min}) \quad (1)$$

SOS algoritmasının karşılıklılık (mutualizm) operatörü ekosistemden iki organizmayı ( $X_i, X_j$ ) seçer. Daha sonra en iyi organizmayı bulur ( $X_{best}$ ) ve organizmalar arasındaki karşılıklı ilişkiyi aşağıdaki gibi verilen karşılıklı vektör ve fayda faktörünü kullanarak uygular [1].

- a. Karşılıklı ilişki vektörü (MV) aşağıdaki gibi üretilir.

$$MV = (X_i + X_j) / 2 \quad (2)$$

- b. En iyi çözüm ( $X_{best}$ ) organizmaların uygunluk değerleri ile belirlenir.
- c. Organizmalar ( $X_i, X_j$ ) Denklem (3) ve (4)'a göre güncellenir. BF1 ve BF2 "Fayda Faktörleri" olarak adlandırılır ve keyfi olarak 1 veya 2 değerleri kullanılır.

$$X_{inew} = X_i + rand(0,1) \times (X_{best} - MV \times BF_1) \quad (3)$$

$$X_{j_{new}} = X_j + rand(0,1) \times (X_{best} - MV \times BF_1) \quad (4)$$

- d. Yeni organizmaların uygunluk değeri  $X_{i_{new}}$  ve  $X_{j_{new}}$  olarak hesaplanır. Ardından, yeni değerler önceki değerlerden daha iyiyse değiştirilir. Değilse, yeni değerler kaydedilmez.

Algoritmanın ortakçılık operatöründe, karşılıklı operatörüne benzer şekilde iki organizmanın etkileşimi benzetilir. Bu operatörde rastgele seçilen bir organizma diğeri ile etkileşime girerek ondan fayda sağlamaya çalışır. Diğer organizman ise bu etkileşimden ne fayda ne de zarar görür. Operatör adımları aşağıda verildiği gibidir.

- Bir organizmanın öznelilik vektörü rastgele seçilir ( $X_i$ ),  $X_j$  'ye rastgele atanır,  $X_i \neq X_j$  olup olmadığına dikkat edilir.
- Organism  $X_i$  denklem (5) 'e göre güncellenir.

$$X_{i_{new}} = X_i + rand(-1,1) \times (X_{best} - X_j) \quad (5)$$

- Yeni organizmaların uygunluk değeri  $X_{i_{new}}$  olarak hesaplanır. Yeni değer önceki değerden daha düşükse, değeri değiştir. Değilse, yeni değer kaydedilmez.

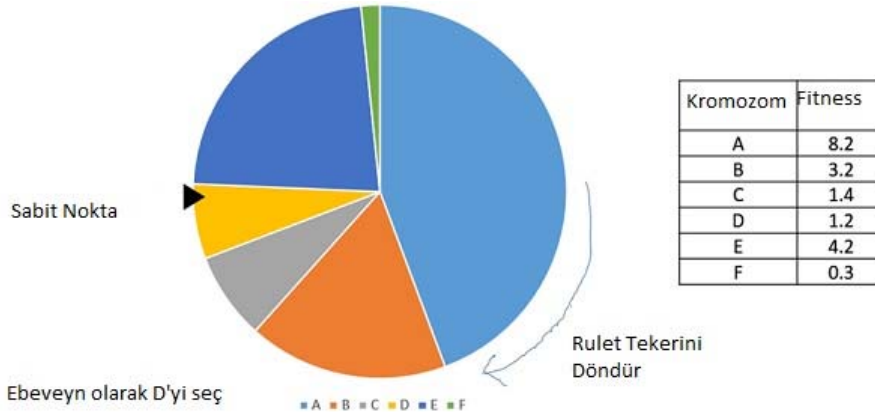
Algoritmanın bu operatöründe doğadaki asalakların organizmalar üzerindeki olumsuz etkileri benzetilir. Bu benzetim güçsüz olan çözüm adaylarını o ekosistemden çıkarmak amacıyla gerçekleştirilir. Algoritma adımları aşağıda verildiği gibidir.

- Ekosistemdeki ( $X_j$ ) bir organizmanın öznelilik vektörü rastgele seçilir,  $X_i \neq X_j$  olduğuna dikkat edilir.
- $X_j$ , "Parazit Vektörü (PV)" olarak değiştirilir. PV,  $X_j$  'in bazı niteliklerinin bir aralıktaki (alt-üst sınırları belli) mutasyonu ile üretilir.
- Yeni organizmaların  $X_j$  uygunluğu hesaplanır. Uygunluk değeri (PV),  $X_j$  'den daha iyi ise,  $X_j$  organizmasını PV ile değiştirilir. Değilse,  $X_j$  kaydedilir ve PV çıkarılır.

Algoritmada yukarıda anlatılan operatörler işletildikten sonra arama sürecini durdurmak için sonlandırma kriterleri bulunmaktadır. Sonlandırma kriterleri karşılanırsa,  $X_{best}$  optimum çözüm olarak kaydedilir. Aksi takdirde, uygunluk hesaplama adımına geçer ve yineleme devam eder.

### 3. RW-SOS Algoritması (RW-SOS Algorithm)

Rulet tekerleği (RW) seçim yönteminde, dairesel tekerlek daha önce belirlenmiş bir şekilde bölümlere ayrılmıştır. Tekerlek çevresinde sabit bir nokta belirlenir ve tekerlek döndürülür. Tekerleğin sabit nokta önüne gelen bölgesi esas olarak seçilir. Bu şekilde seçilmek istenilen sayı kadar rulet tekerleği döndürülerek işlem tekrarlanır. Bu tekerlekteki amaç kalitesi yüksek değerlerin daha fazla kopya oluşturma şansı vermektir [8].



Şekil 1. Rulet tekerleği örneği (Example of Roulette Wheel).

En uygun olması muhtemel değerler rulet tekerleği üzerinde daha büyük bir pasta dilimleri oluşturur. Rulet tekerleği döndürüldüğünde sabit noktanın önüne gelme şansının yüksektir. Bu nedenle, birey seçme olasılığı doğrudan uygunluğuna bağlıdır.

Rulet tekerleği algoritmasının işleyişi şu şekildedir;

Adım 1 TOPLAM Popülasyondaki tüm uygun değerler toplamını bulunur

Adım 2 SEÇİM Verilen popülasyon aralığından rasgele sayı seçilir

Adım 3 DÖNGÜ Popülasyonun tamamından geçerek uygun değerleri topla. Bu toplam bir belirlenen uygunluk ölçüt değerinden fazlaysa, dur [9,10].

Simbiyotik Organizmalar Arama (SOS) algoritmasında algoritma adımlarında karşılıklılık (mutualisim) operatöründe değişiklik yapılmıştır. Bu değişiklik şu şekilde gerçekleşmiştir. Ekosistemde iki organizma ( $X_i, X_j$ ) seçilir. Daha sonra en iyi organizmayı bulur ( $X_{best}$ ). Organizmalar arasında karşılıklı ilişki faktörü hesaplanır. En iyi ( $X_{best}$ ) organizmaların uygunluk değerleri ile belirlenir. Fayda faktörleri ve rulet tekerleği seçimi ile değerler belirlenir. Yeni organizmaların uygunluk değeri  $X_{inew}$  ve  $X_{jnew}$  olarak hesaplanır.

Buna göre, RW-SOS algoritmasının görünüşte kodu (pseudocode) verilmiştir: Algoritmada değişiklik yapılan operatör karşılıklılık operatörü olarak aşağıda gösterilmiştir.

```

1: Operation: SOS
2: Initialize: Ekosistem oluşturma (kontrol eco)
3: While durdurma koşulları sağlanmadığı sürece do
4:     For  $i=1: eco$ 
5:         Organizmaların uygun olma değerini hesapla
6:         En iyi değeri elde et ( $X_{best}$ )
7:     End for
8:     Simbiyotik operatörleri uygula:
9:         Karşılıklılık operatörü (Rulet tekerleği yöntemi ile geliştirilen adım)
10:        Ortakçılık operatörü
11:        Asalaklık operatörü
12: End while
13: Süreci durdur ve en iyi organizmayı kaydet ( $X_{best}$ )
    
```

Burada yeni geliştirilen karşılıklılık (mutualism) operatörü anlatılmıştır. SOS algoritmasının karşılıklılık operatörü ekosistemden iki organizmayı ( $X_i, X_j$ ) seçer. Klasik SOS algoritmasında j indeksi i indeksine eşit olmayacak şekilde rastgele seçilmektedir. RW-SOS algoritmasında ise j indeksi rulet tekerleği yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Rulet tekerleği seçim yöntemine göre önce ekosistemdeki bütün organizmaların uygunluk değerleri kullanılarak Eşitlik 2'de verilen f değeri hesaplanır. Daha sonra bu değerler arasından [0-1] aralığında rastgele belirlenen bir değer ile toplam uygunluk değeri çarpılır. Elde edilen bu değer f değerinden daha küçük olanın indisi j indisi olarak belirlenir.

$$f = 1 / \sum_{i=1}^n f_i \quad (2)$$

Daha sonra en iyi organizmayı bulur ( $X_{best}$ ) ve organizmalar arasındaki karşılıklı ilişkiyi aşağıdaki gibi verilen karşılıklı vektör ve fayda faktörünü kullanarak uygular [1].

a. Karşılıklı ilişki vektörü ( $MV$ ) aşağıdaki gibi üretilir.

$$MV = (X_i + X_j) / 2 \quad (3)$$

b. En iyi çözüm ( $X_{best}$ ) organizmaların uygunluk değerleri ile belirlenir.

c. Organizmalar ( $X_i, X_j$ ) Denklem (4) ve (5)'a göre güncellenir. BF1 ve BF2 "Fayda Faktörleri" olarak adlandırılır..

$$X_{inew} = X_i + RW \times (X_{best} - MV \times BF_1) \quad (4)$$

$$X_{jnew} = X_j + RW \times (X_{best} - MV \times BF_1) \quad (5)$$

d. Yeni organizmaların uygunluk değeri  $X_{inew}$  ve  $X_{jnew}$  olarak hesaplanır. Ardından, yeni değerler önceki değerlerden daha iyiye değişir. Değilse, yeni değerler kaydedilmez.

RW-SOS algoritmasının diğer adımları klasik SOS algoritmasında olduğu gibidir. Karşılıklı operatöründen sonra bir önceki bölümde anlatıldığı gibi ortaklık ve asalaklık operatörleri işletilir. Ardından döngü sonunda durdurma kriterleri sağlandığı takdirde arama süreci sonlandırılır.

#### **4. Denev Sonuçları (Experimental Results)**

Algoritmaların uygulanmasında, Intel Core-i5 işlemcili bir bilgisayarda Matlab Mathworks kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Bu çalışmada geliştirilen SOS ve RW-SOS algoritmaları 30 farklı benchmark üzerinde test edilmiştir. Böylece geliştirilen algoritmanın etkinliği değerlendirilmiştir. Kullanılan benchmark problemleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Test için kullanılan benchmark problemleri (Benchmark problems used for testing).

Adı	Fonksiyon	Tipi	Aralık	Min
Ackley	$f_1(x) = 20 - 20 \exp\left(-0.2 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^D x_i^2}{D}}\right) - \exp\left(\frac{\sum_{i=1}^D \cos(2\pi x_i)}{D}\right) + e$	M	[-100,100]	0
Alpine	$f_2(x) = \sum_{i=1}^D  x_i \sin x_i + 0.1 x_i $	M	[-100,100]	0
Cigar	$f_3(x) = x_1^2 + 10^6 \sum_{i=2}^D x_i^2$	U	[-100,100]	0
DixonPrice	$f_4(x) = (x_1 - 1)^2 + \sum_{i=2}^D i(2x_i^2 - x_{i-1})^2$	U	[-10,10]	0
Elliptic	$f_5(x) = \sum_{i=1}^D \left( (10^6)^{\frac{i-1}{D-1}} x_i^2 \right)$	U	[-100,100]	0
Exponential	$f_6(x) = \exp(0.5 \sum_{i=1}^D x_i^2)$	M	[-10,10]	0
Griewank	$f_7(x) = 1 + \frac{\sum_{i=1}^D x_i^2}{4000} - \prod_{i=1}^D \cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right)$	M	[-600,600]	0
I.C.M. <sup>1</sup>	$f_8(x) = \frac{D}{10} - \left( \frac{\sum_{i=1}^D \cos 5\pi x_i}{10} - \sum_{i=1}^D x_i^2 \right)$	M	[-100,100]	0
Levy	$f_9(x) = \sin^2(3\pi x_1) +  x_D - 1  + (1 + \sin^2(3\pi x_D)) + \sum_{i=1}^{D-1} [(x_i - 1)^2 (1 + \sin^2(3\pi x_{i+1}))]$	M	[-10,10]	0
Michalewicz	$f_{10}(x) = D - \sum_{i=1}^D \sin(x_i) \sin^{20}\left(\frac{ix_i^2}{\pi}\right)$	M	[0,π]	0
Penalized-1	$f_{11}(x) = \frac{\pi}{D}  10 \sin^2(\pi y_1) + \sum_{i=1}^{D-1} [(y_i - 1)^2 (1 + 10 \sin^2(\pi y_{i+1}))]  + (y_D - 1)^2 + \sum_{i=1}^D u(x_i, 10, 100, 4)$ $y_i(x_i) = 1 + \frac{x_i+1}{4}$	M	[-50,50]	0
	$u_i(x_i, a, k, m) = \begin{cases} k(x_i - a)^m & x_i > 0 \\ 0 & a \geq x_i \geq -a \\ k(-x_i - a)^m & -a > x_i \end{cases}$			
Penalized-2	$f_{12}(x) = 0.1  \sin^2(3\pi x_1) + \sum_{i=1}^D [(x_i - 1)^2 (1 + \sin^2(3\pi x_i + 1))]  + (x_D - 1)^2 (1 + \sin^2(2\pi x_D)) + \sum_{i=1}^D u(x_i, 5, 100, 4)$	M	[-50,50]	0
	$u_i(x_i, a, k, m) = \begin{cases} k(x_i - a)^m & x_i > 0 \\ 0 & a \geq x_i \geq -a \\ k(-x_i - a)^m & -a > x_i \end{cases}$			

**Tablo 1'in devamı**

Powell	$f_{13}(x) = \sum_{i=1}^{D/4} [(x_{4t-3} - 10x_{4t-2})^2 + 5(x_{4t-1} - x_{4t})^2 + (x_{4t-2} - x_{4t-1})^4 + 10(x_{4t-3} - x_{4t})^2]$	U	[-4,5]	0
Rastrigin	$f_{14}(x) = 10D + \sum_{i=1}^D x_i^2 - 10 \cos(2\pi x_i)$	M	[-100,100]	0
Rosenbrock	$f_{15}(x) = \sum_{i=1}^{D-1} 100(x_{i+1} - x_i^2)^2 + (x_i - 1)^2$	M	[-10,10]	0
R.H.E. <sup>2</sup>	$f_{16}(x) = \sum_{i=1}^D (\sum_{j=1}^i x_j)^2$	U	[-100,100]	0
Salomon	$f_{17}(x) = 1 - \cos(2\pi\sqrt{\sum_{i=1}^D x_i^2}) + 0.1\sqrt{\sum_{i=1}^D x_i^2}$	M	[-100,100]	0
Schaffer	$f_{18}(x) = 0.5 + \frac{\sin^2(\sum_{i=1}^D x_i^2) - 0.5}{(1 + 0.001 \sum_{i=1}^D x_i^2)^2}$	M	[-100,100]	0
Schwefel	$f_{19}(x) = 418.982887272434 + D + \sum_{i=1}^D x_i \sin(\sqrt{ x_i })$	U	[-500,500]	0
Schwefel 1.20	$f_{20}(x) = \sum_{i=1}^D  x_i $	U	[-100,100]	0
Schwefel 2.21	$f_{21}(x) = \max_{i=1,\dots,D}  x_i $	U	[-100,100]	0
Schwefel 2.22	$f_{22}(x) = \sum_{i=1}^D  x_i  + \prod_{i=1}^D  x_i $	U	[-10,10]	0
Sphere	$f_{23}(x) = \sum_{i=1}^D x_i^2$	U	[-100,100]	0
Step	$f_{24}(x) = \sum_{i=1}^D (x_i + 0.5)^2$	U	[-100,100]	0
Styblinski-Tang	$f_{25}(x) = 39.1661657037714 + D + 0.5 \sum_{i=1}^D x_i^4 - 16x_i^2 + 5x_i$	M	[-5,5]	0
SumPower	$f_{26}(x) = \sum_{i=1}^D  x_i ^{i+1}$	M	[-10,10]	0
SumSquares	$f_{27}(x) = \sum_{i=1}^D i x_i^2$	U	[-10,10]	0
Quartic	$f_{28}(x) = \sum_{i=1}^D i x_i^4$	U	[-10,10]	0
Weierstrass	$f_{29}(x) = \sum_{i=1}^D \left  \sum_{j=0}^k 0.5^j \cos(2\pi 3^j (x_i + 0.5)) \right  - D \sum_{j=0}^k 0.5^j \cos(\pi 3^j)$	M	[-1,1]	0
$k = \begin{cases} 20 & D \geq 20 \\ D & D < 20 \end{cases}$				
Zakharov	$f_{30}(x) = \sum_{i=1}^D x_i^2 + (\sum_{i=1}^D 0.5 i x_i)^2 + (\sum_{i=1}^D 0.5 i x_i)^4$	M	[-5,10]	0

Tablo 1’de verilen problemlerin her birisi Simbiyotik Organizmalar Arama (SOS) ve Rulet Tekerleği Yöntemi ile Geliştirilmiş Simbiyotik Organizmalar Arama (RW-SOS) algoritmaları ayrı ayrı 30 defa çalıştırılmıştır. Bu sayede önerilen algoritmadan elde edilen sonuçların anlamlılığı test edilmiştir. Bu çalıştırmada, Simbiyotik Organizmalar Arama (SOS) algoritması ile elde edilen sonuçlar Tablo 2 ve Rulet Tekerleği Yöntemi ile Geliştirilmiş Simbiyotik Organizmalar Arama (RW-SOS) ile elde edilen sonuçlar Tablo 3’de verilmiştir.

Elde edilen sonuçlar her problem için Rulet Tekerleği Yöntemi ile Geliştirilmiş Simbiyotik Organizmalar Arama (RW-SOS) algoritmasının daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Ayrıca 30 defa çalıştırılan algoritmalarından elde edilen sonuçların en küçük, en büyük ve ortalama değerleri belirlenmiştir. Bu değerler Simbiyotik Organizmalar Arama (SOS) algoritması için Tablo 4.a. ve Rulet Tekerleği Yöntemi ile Geliştirilmiş Simbiyotik Organizmalar Arama (RW-SOS) için Tablo 4.b.’de sunulmuştur.

Her çalıştırmada yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum önerilen algoritmadan anlamlı sonuçlar üretildiğini gösterir. Aynı zamanda elde edilen minimum değerleri orijinal Simbiyotik Organizmalar Arama (SOS)’den daha düşüktür. Bu da algoritmanın orijinal Simbiyotik Organizmalar Arama (SOS)’e göre global optimuma daha iyi yakınsadığını göstermektedir. Ayrıca orijinal Simbiyotik Organizmalar Arama (SOS)’in bazı problemlerde lokal minimum tuzaklarına takıldığı ve RW-SOS’in bu lokal tuzakları atlayarak global optimuma yakınsamayı sağladığı gözlenmiştir.



Tablo 2. SOS Algoritması ile hesaplanan değerler (Values calculated by SOS Algorithm).

Simbiyotik Organizmalar Arama (SOS) Algoritması ile Hesaplanan 30 Benchmark Değerler																																
	Benchmark	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	Ackley	20	20	20	20	20,0003	20	20	20,0012	20	20	20	20	20	20	20	20	20,0161	20,00215	20	20	20,0162	20,0056	20	20,0007	20,01502	20,00326	20	20,0022	20	20	
2	Alpine	2,2E-205	3,6E-206	2,7E-208	3,5E-207	3,6E-207	8E-205	2,6E-207	1,9E-205	1,8E-206	3,3E-206	6,9E-207	7,5E-207	3,3E-206	9,7E-209	4,8E-207	1E-206	1,1E-205	6,7E-207	5,6E-208	9,5E-206	5,3E-207	4,9E-206	6,5E-207	1,7E-208	5,6E-208	3,4E-206	3,4E-207	5,1E-207	3,5E-206	2E-206	
3	Cigar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Dixon Price	0,66667	0,66667	0,66667	0,66667	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666
5	Elliptic	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	Exponential	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	
7	Griewank	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	I.C.M.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	Levy	1,75E-28	1,35E-31	0,109874	1,35E-31	0,109874	1,35E-31	1,97E-31	0,109874	1,35E-31	0,109874	1,47E-31	1,35E-31	0,109874	1,35E-31	1,35E-31	0,109874	1,35E-31	1,35E-31	1,35E-31	1,35E-31	1,35E-31	1,35E-31	0,109874	1,35E-31	1,35E-31	1,47E-31	1,35E-31	1,35E-31	1,35E-31	0,109874	1,35E-31
10	Michalewicz	3,441	5,105	3,199	4,003	4,70868	3,14771	3,83760	3,26995	3,97241	3,87877	4,19159	4,26161	3,64612	3,13622	3,32379	3,72876	2,99138	2,70294	4,12819	3,48763	3,00816	2,34738	2,67124	3,28321	3,28370	4,30425	4,25169	4,65405	4,57543	4,03978	
11	Penalized-1	2,09E-32	2,09E-32	2,09E-32	1,57E-32	3,64E-32	1,57E-32	1,57E-32	1,57E-32	1,57E-32	1,57E-32	1,57E-32	3,64E-32	2,6E-32	2,09E-32	2,09E-32	2,09E-32	2,09E-32	3,64E-32	4,67E-32	2,09E-32	3,64E-32	2,6E-32	3,64E-32	1,57E-32	3,12E-32	2,09E-32	1,57E-32	1,57E-32	2,09E-32	2,09E-32	
12	Penalized-2	0,07752	0,01896	1,35E-32	0,03613	0,03703	0,08442	0,01806	0,17976	0,01101	0,01896	0,09307	0,05856	1,35E-32	0,05856	0,07635	0,01806	0,01806	1,35E-32	0,11275	0,05856	0,03703	1,35E-32	0,07662	2,14E-25	0,01806	0,03703	1,56E-32	0,03703	0,03613	0,01806	
13	Power	1,7E-157	3,1E-139	2,3E-155	3,1E-217	1,4E-142	2,8E-137	1E-188	1E-167	1,9E-127	2,3E-111	1,2E-202	4,5E-113	6,79E-93	2,5E-86	2,4E-183	2,4E-243	2,3E-132	6,5E-134	3,5E-151	5,6E-262	3,2E-173	6,4E-179	1,9E-96	1,11E-87	3,1E-222	2,83E-50	1,3E-275	5,6E-204	6,6E-170	9E-152	

Tablo 2'nin devamı

	Benc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
14	Rastrigin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	Rosenbrock	12,03394	6,300973	10,5042	7,2444	8,924318	9,122272	6,149242	7,073749	7,520839	9,615131	9,103324	4,116556	5,565236	5,717899	7,152099	6,590215	6,324957	7,444917	4,632122	7,198253	6,425405	5,591159	9,273978	8,090955	6,876446	14,4084	10,06106	8,711651	7,185346	5,733334	
16	R.H.E.	4,3E-136	1,6E-136	1,1E-133	2,1E-132	2,4E-137	2E-136	5,4E-131	7E-136	6,9E-133	2,3E-133	1,1E-138	3,4E-134	2,2E-133	9,5E-136	2,1E-132	2,1E-130	3,3E-129	1,5E-136	3,6E-137	2,6E-136	2,1E-134	2,5E-134	8,9E-131	2,3E-135	1,5E-132	4,4E-136	4,1E-133	1,4E-133	3E-137	7,1E-137	
17	Salomon	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873
18	Schaffer	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127
19	Schwefel	0,009939	1,11E-06	238,1738	236,9421	0,079465	0,009717	118,4383	386,4741	0,017886	368,3189	236,8826	120,3249	0,001388	355,3605	9,09E-12	9,09E-12	358,4426	675,1725	122,5973	119,7954	134,3216	0,000634	237,3501	118,4383	118,4383	357,9208	118,4383	9,94E-05	531,0812	361,2111	
20	Schwefel 1.20	1E-207	2,3E-206	5,8E-207	4,5E-206	4,3E-208	2,2E-207	1,5E-206	9,6E-207	7,9E-207	1,6E-208	4,9E-208	6,8E-207	7,5E-208	5E-206	8,3E-207	2,5E-206	4,1E-206	6,2E-206	5,3E-206	1,7E-208	6,2E-208	5,3E-206	6,3E-207	1,1E-207	3,1E-205	2,1E-206	3E-206	1,4E-207	8E-207	9E-208	
21	Schwefel 2.21	1,1E-164	8,3E-165	3,2E-165	4,7E-165	1,1E-165	1E-163	4,2E-166	2E-164	4,8E-163	4,4E-165	4,3E-166	4,5E-164	1,1E-163	4,3E-165	1E-165	1,6E-164	9,6E-164	1,2E-163	2,8E-166	5,4E-166	4,3E-165	3,7E-164	1,8E-164	5,5E-166	8,9E-164	2,3E-164	8,5E-165	4,8E-165	1,7E-165		
22	Schwefel 2.22	2,9E-208	1,1E-206	3,8E-207	1,3E-208	2,5E-207	1,3E-207	1,2E-207	1,7E-207	2,3E-207	3,1E-207	1,5E-207	7,4E-208	3,5E-207	2,8E-208	4,2E-207	5,1E-208	2E-207	1,9E-208	2,3E-207	4E-207	1E-206	1,4E-208	1,1E-207	3E-207	6,1E-209	3,2E-207	1,3E-207	2,8E-207	7,8E-209	8,3E-207	
23	Sphere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	Step	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,23E-32	0	0	0	3,08E-33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	Styblinski-Tang	-4,5E-13	-2,3E-13	-4,5E-13	-2,3E-13	-2,3E-13	-2,3E-13	-2,3E-13	-2,3E-13	0	-2,3E-13	-2,3E-13	-2,3E-13	-4,5E-13	-2,3E-13	-2,3E-13	0	-4,5E-13	-4,5E-13	-4,5E-13	-4,5E-13	-2,3E-13	-4,5E-13	-4,5E-13	-4,5E-13	-4,5E-13	0	-2,3E-13	-4,5E-13	-2,3E-13	2,27E-13	
26	SumPower	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	SumSquares	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tablo 2'nin devamı

Benchmark	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
28 Quartic	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29 Weierstrass	0	0	0	0	0	0,000514	0,000254	6,47E-05	0	0	0	0,000249	0	0,000196	0	1,6E-05	0	0,000546	0	0	0,002084	0	0	0	0,008292	0	0	0	0	0
30 Zakharov	1,26E-92	1,54E-88	1,26E-86	4,96E-89	1,78E-86	5,41E-89	5,93E-92	1,75E-87	2,19E-88	2,79E-86	9,4E-90	3,8E-88	2,62E-85	2,29E-90	1,24E-86	4,62E-90	2,11E-90	1,65E-90	4,48E-89	2,65E-89	3,73E-87	2,73E-88	9,91E-88	4,23E-90	1,81E-90	5,91E-87	4,83E-91	4,82E-86	9,23E-88	6,66E-90

Tablo 3. RW-SOS Algoritması ile hesaplanan değerler (Values calculated by RW-SOS Algorithm).

Rulet Tekerleği yöntemi ile geliştirilmiş Simbiyotik Organizmalar Arama (RW-SOS) Algoritması ile Hesaplanan 30 Benchmark Değerler																															
Benchmark	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1 Ackley	20,00057	20	20,00104	20,00381	20	20	20,0001	20	20	20	20	20	20	20,01601	20	20	20	0	20,00221	20	20	20	20,00009	20	20	20,00107	20,00317	20	20	20	
2 Alpine	1,1E-218	7,2E-220	8,2E-219	1,2E-219	5,7E-219	1,5E-219	9,7E-221	2,8E-219	2,7E-217	3,6E-220	3,1E-220	2,5E-219	5,3E-219	2,1E-218	2,1E-219	1,3E-219	5,3E-221	2,5E-219	3E-219	4E-219	1,3E-218	5,6E-220	6,1E-218	8,6E-218	4,8E-220	1,8E-218	8,8E-220	4,9E-220	2,6E-219	8,1E-220	
3 Cigar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4 Dixon Price	0,66667	0,66667	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	0,66666	
5 Elliptic	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6 Exponential	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	7,18E-66	
7 Griewank	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8 I.C.M.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9 Levy	1,35E-31	2,34E-31	1,35E-31	1,35E-31	1,35E-31	0,109874	1,35E-31	1,35E-31	1,35E-31	4,52E-17	0,109874	0,109874	1,35E-31	1,35E-31	1,35E-31	1,35E-31	1,35E-31	1,35E-31	1,35E-31	1,35E-31	0,109874	1,35E-31	0,109874	1,35E-31	0,439489	1,35E-31	1,35E-31	1,02E-16	0,210238	1,35E-31	0,109874

Tablo 3'ün devamı

	Benchmark	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
10	Michalewicz	1,720155	3,949621	5,214922	3,923635	2,842278	2,390534	2,812648	4,218184	3,913655	3,242008	2,362364	2,220824	4,473959	3,011082	3,035982	2,996699	2,966849	3,471431	3,166551	2,299186	5,076265	2,887192	3,170703	2,441973	2,313753	3,034692	3,107241	2,101475	2,788862	2,391423	
11	Penalized-1	2,09E-32	1,57E-32	4,15E-32	2,09E-32	2,09E-32	2,09E-32	2,09E-32	3,64E-32	5,7E-32	2,27E-31	2,09E-32	1,57E-32	2,6E-32	1,57E-32	3,64E-32	1,57E-32	1,57E-32	1,57E-32	3,64E-32	2,09E-32	4,15E-32	4,67E-32	2,09E-32	2,09E-32	3,12E-32	4,15E-32	4,15E-32	1,57E-32	3,12E-32	3,64E-32	
12	Penalized-2	0,03613	0,197832	0,018065	8,42E-26	1,35E-32	0,018065	0,094691	0,179767	0,135187	0,331398	0,076626	0,139271	0,088795	1,35E-32	0,094691	0,03613	8246	0,03613	0,03613	0,037033	0,018968	0,03613	0,037033	0,018065	0,076671	0,035863	0,018065	0,018065	0,011995	0,071995	1,35E-32
13	Powell	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Rastrigin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Rosenbrock	8,04814	10,0373	8,45621	9,166328	8,802231	7,852841	8,449285	6,609788	9,439536	6,245834	10,8882	6,267193	6,266914	10,07356	8,179668	9,544222	6,793115	9,763995	7,266967	6,531999	11,37541	8,228165	7,134603	9,090789	5,121669	6,136903	10,07542	7,147658	8,102428	7,610611	
16	R.H.E.	9,7E-200	8,5E-203	0	4,2E-197	2,5E-205	8,1E-203	7,2E-208	6,5E-199	1,2E-203	1,6E-199	6,3E-201	2,5E-210	2,8E-200	3E-216	1E-207	1,1E-199	1,7E-196	1,1E-215	6,6E-204	9,2E-202	1,4E-200	2,5E-205	7E-205	1,7E-201	8,7E-205	1,4E-198	1,8E-199	1,1E-199	1,1E-194	2E-204	
17	Salomon	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873	0,099873
18	Schaffer	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127	0,003127
19	Schweffel	4E-11	2,1E-09	119,4745	1,853172	1,18E-08	5E-07	236,8834	118,5097	0,008889	888696	236,0085	0,088771	118,4383	9,61E-05	0,000741	594,2008	1,78E-07	238,1225	236,8767	1,27E-11	118,4384	118,4383	118,4383	355,3727	0,005118	2,87E-05	0,046163	105,2249	1,04E-06		
20	Schweffel 1.20	1,1E-218	1,1E-219	6,3E-219	5,8E-219	1,9E-218	6E-219	1,9E-219	7,7E-220	6,4E-220	1,1E-218	7,3E-219	1,5E-220	1,1E-218	8E-218	6,5E-218	1,3E-220	1,3E-219	3,7E-218	1,8E-218	8,6E-220	2,4E-219	1,5E-218	3,2E-219	2,5E-219	3E-219	2,6E-219	4,3E-219	2,4E-219	5,8E-219	1,9E-217	
21	Schweffel 2.21	2,3E-179	1,9E-177	1,1E-176	2,9E-176	4,7E-178	1,9E-176	2,7E-176	5,7E-178	2,1E-176	1,3E-178	1E-177	1,8E-178	4,5E-179	4E-178	2,8E-177	3,8E-177	3,1E-179	2,1E-177	3,7E-177	2,2E-176	1,9E-177	4,9E-177	1,3E-179	6,6E-179	7,8E-179	6,6E-179	8,1E-179	1,7E-178	8,4E-180	3,7E-179	
22	Schweffel 2.22	1,3E-220	4,4E-219	4,3E-219	5,9E-220	1,1E-219	1,1E-218	2,9E-221	6E-221	1,6E-218	4,8E-220	4,1E-219	4,7E-221	5,9E-221	2,3E-219	1,4E-220	1,1E-218	2,2E-219	5E-220	3,4E-221	3E-220	2,5E-221	3,1E-220	1,4E-220	1,3E-221	6,2E-222	1,3E-220	4,3E-221	4,1E-221	4,4E-220	8,2E-221	

Tablo 3'ün devamı

	Bench mark	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
23	Sphere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	Step	0	0	0	0	3,08E-33	0	0	0	0	0	3,08E-33	0	0	0	0	0	0	0	0	1,54E-32	0	0	0	0	0	1,23E-32	0	0	0	0
25	Styblinski-Tang	-2,3E-13	-2,3E-13	2,3E-13	-4,5E-13	1,36E-12	-2,3E-13	1,72E-08	-4,5E-13	-2,3E-13	2,5E-12	6,82E-13	-2,3E-13	-4,5E-13	6,82E-13	0	0	-2,3E-13	-2,3E-13	-2,3E-13	-4,5E-13	-2,3E-13	-4,5E-13	1,14E-12	-4,5E-13	2,27E-13	-4,5E-13	-2,3E-13	-2,3E-13	-4,5E-12	-4,5E-13
26	SumPower	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	SumSquares	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	Quartic	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	Weierstrass	0	0,009602	0	0	0	0	0	0	0	0,000904	0	4,26E-14	0	0	0,040728	0	0	0	0,032253	0	0	0	3,51E-06	0	0,033039	0	0	0,000101	0,000723	3,51E-06
30	Zakharow	3,9E-137	7,5E-135	1E-131	7,7E-134	2,4E-140	3,7E-142	4,6E-241	7,5E-183	7,5E-138	0	0	2,6E-140	6,9E-130	3E-130	8,4E-135	5E-187	3,3E-129	5,2E-144	5,5E-131	4,7E-138	2,3E-184	9,5E-128	1,1E-140	1,5E-134	3,5E-144	2,8E-140	3,8E-135	1,5E-141	3,9E-143	1,8E-138

Tablo 4 a. SOS Algoritması ile hesaplanan en küçük, en büyük ve ortalama değerler (Smallest, largest and average values calculated by SOS Algorithm). b. RW-SOS Algoritması ile hesaplanan en küçük, en büyük ve ortalama değerler (Smallest, largest and average values calculated by RW-SOS Algorithm).

a)

SOS Algoritması ile				
Nu.	Benchmark	En Küçük	En Büyük	Ortalama
1	Ackley	19,9999999	20,0162	20,00204
2	Alpine	9,689E-209	8E-205	5,8E-206
3	Cigar	0	0	0
4	DixonPrice	0,66666667	0,666667	0,666667
5	Elliptic	0	0	0
6	Exponential	7,1751E-66	7,18E-66	7,18E-66
7	Griewank	0	0	0
8	I.C.M.	0	0	0
9	Levy	1,3498E-31	0,109874	0,0293
10	Michalewicz	2,34738252	5,106525	3,686142
11	Penalized-1	1,5705E-32	4,67E-32	2,33E-32
12	Penalized-2	1,3498E-32	0,179767	0,040829
13	Powell	1,32E-275	2,83E-50	9,44E-52
14	Rastrigin	0	0	0
15	Rosenbrock	4,11655619	14,4084	7,689747
16	R.H.E.	1,144E-138	3,3E-129	1,2E-130
17	Salomon	0,09987335	0,099873	0,099873
18	Schaffer	0,0031266	0,003127	0,003127
19	Schwefel	9,0949E-12	1203,249	213,2389
20	Schwefel 1.20	1,64E-208	3,1E-205	2,6E-206
21	Schwefel 2.21	4,235E-166	4,8E-163	4,1E-164
22	Schwefel 2.22	6,057E-209	2,3E-206	3,2E-207
23	Sphere	0	0	0
24	Step	0	1,23E-32	6,16E-34
25	Styblinski-Tang	-4,547E-13	2,27E-13	-2,8E-13
26	SumPower	0	0	0
27	SumSquares	0	0	0
28	Quartic	0	0	0
29	Weierstrass	0	0,008292	0,000407
30	Zakharow	1,265E-92	2,62E-85	1,32E-86

b)

RW-SOS Algoritması ile				
Nu.	Benchmark	En Küçük	En Büyük	Ortalama
1	Ackley	0	20,0160122	19,33427
2	Alpine	5,3E-221	2,744E-217	1,8E-218
3	Cigar	0	0	0
4	DixonPrice	0,666667	0,66666667	0,666667
5	Elliptic	0	0	0
6	Exponential	7,18E-66	7,1751E-66	7,18E-66
7	Griewank	0	0	0
8	I.C.M.	0	0	0
9	Levy	1,35E-31	0,4394886	0,043632
10	Michalewicz	1,720155	5,2149225	3,118212
11	Penalized-1	1,57E-32	2,2739E-31	3,43E-32
12	Penalized-2	1,35E-32	0,33824558	0,074168
13	Powell	0	0	0
14	Rastrigin	0	0	0
15	Rosenbrock	5,121669	11,3754138	8,156899
16	R.H.E.	0	1,139E-194	3,9E-196
17	Salomon	0,099873	0,09987335	0,099873
18	Schaffer	0,003127	0,0031266	0,003127
19	Schwefel	1,27E-11	1052,24874	130,2265
20	Schwefel 1.20	1,3E-220	1,878E-217	1,7E-218
21	Schwefel 2.21	8,4E-180	2,903E-176	5,1E-177
22	Schwefel 2.22	6,2E-222	1,63E-218	2E-219
23	Sphere	0	0	0
24	Step	0	1,5407E-32	1,13E-33
25	Styblinski-Tang	-4,5E-13	1,7226E-08	5,74E-10
26	SumPower	0	0	0
27	SumSquares	0	0	0
28	Quartic	0	0	0
29	Weierstrass	0	0,04072752	0,004129
30	Zakharow	0	9,45E-128	3,3E-129

## 5. Sonuçlar (Conclusions)

Bu çalışmada, Rulet Tekerleği Yöntemi ile Geliştirilmiş Simbiyotik Organizmalar Arama (RW-SOS) algoritması geliştirilmiştir. Bu noktada rulet tekerleği yöntemi Simbiyotik Organizmalar Arama (SOS) algoritması mutualizm fazında uygulanmıştır. 30 benchmark problemi, 30'ar kere çalıştırılarak alınan sonuçlar aynı sayıda Simbiyotik Organizmalar Arama (SOS) algoritması ile alınan sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre önerilen SOS algoritmasının 1, 2, 9, 10, 13, 16, 19, 20, 21, 22, 25 ve 30 numaralı 12 adet benchmark problemlerinde klasik SOS algoritmasından daha güçlü sonuçlar ürettiği görülmektedir. Yine elde edilen sonuçlara göre 3, 4, 5, 6, 7, 8, 14, 17, 18, 23, 26 ve 27 numaralı 12 adet benchmark problemlerinde geliştirilen RW-SOS ile klasik SOS algoritmasının aynı sonuçları ürettiği gözlenmiştir. Buna karşılık olarak ise 11, 12, 15, 24 ve 29 numaralı 5 adet benchmark probleminde klasik SOS algoritması geliştirilen R-SOS algoritmasından daha iyi sonuçlar üretmiştir. Buna göre özellikle parametre sayısı yüksek problemlerde RW-SOS algoritması global optimum noktasına daha da yaklaşacak şekilde sonuçlar üretmektedir. Bu durum, SOS algoritmasının özellikle optimize edilecek parametre sayısının arttığı problem türlerinde lokal minimum tuzaklarına takıldığını ve önerilen RW-SOS yöntemin bu tuzaklardan kurtulmak için bir çözüm ürettiğini göstermektedir. Ayrıca Tablo 3 ve 4.a.'da her iki problemin 30 çalıştırma için en küçük, en büyük ve ortalama değerlerine bakıldığında her çalıştırmada sonuçların birbirine yakın üretildiği ve bu sayede önerilen algorithmadan elde edilen sonuçların anlamlı olduğu rahatlıkla görülebilir. Geliştirilen bu yöntem ile verimlilik üzerine çalışan araştırmacılar global optimum noktaya ulaşmada meta-sezgisel bir algoritma olarak RW-SOS algoritmasından araştırmalarında faydalanabilir. Ulaşmayı hedeflediği en uygun değere yaklaşmak üzere bu algoritma üzerinde geliştirme faaliyetlerinde bulunabilirler. Bunun yanında araştırmacılar, farklı mühendislik problemlerinin çözümünde RW-SOS algoritmasını kullanarak, sonuçları geliştirebilirler.

## Kaynaklar

- [1] Cheng, M.Y., Prayogo, D. (2014). Symbiotic organisms search: a new metaheuristic optimization algorithm. *Comput. Struct.* 139, 98-112.
- [2] Goldberg, D. E., & Holland, J. H.. (1988). Genetic algorithms and machine learning. *Machine learning*, 3(2), 95-99.
- [3] Kennedy, J.; Eberhart, R. C., (1995). Particle Swarm Optimization, *Proc. of the IEEE Int. Conference on Neural Networks*, 4, 1942-1948.
- [4]. Storn R., (1997). Differential Evolution, A Simple and Efficient Heuristic Strategy for Global Optimization over Continuous Spaces", *Journal of Global Optimization*, 11: 341-359.
- [5] Karaboga, D., & Basturk, B. (2008). On the performance of artificial bee colony (ABC) algorithm. *Applied soft computing*, 8(1), 687-697.
- [6] Jones, D. F., Mirrazavi, S. K., & Tamiz, M. (2002). Multi-objective meta-heuristics: An overview of the current state-of-the-art. *European journal of operational research*, 137(1), 1-9.
- [7] Yang, X. S., & Deb, S. (2009, December). Cuckoo search via Lévy flights. In *2009 World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing (NaBIC)* (pp. 210-214).
- [8] Baker, J.E. (1985). Adaptive Selection Methods for Genetic Algorithms, *Proc.1st Int. Conf. Genetic Algorithms and their Applications*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, pp.100-101.
- [9] Malhotra, R., Singh N., Singh Y. (2011). Genetic Algorithms: Concepts, Design for Optimization of Process Controllers, *Computer and Information Science*, Vol. 4, No.2, 39.
- [10] Jain, A., Jain, S., Chande, P.K., (2010). Formulation of Genetic Algorithm to Generate Good Quality Course Timetable, *International Journal of Innovation, Management and Technology*, Vol. 1, No.3, 248.