

META-SEZGİSEL ARAMA ALGORİTMALARININ TEST EDİLMESİ İÇİN YENİ YÖNTEMLERİN GELİŞTİRİLMESİ

Sefa ARAS¹ Hamdi Tolga KAHRAMAN¹ Yusuf SÖNMEZ² Uğur GÜVENÇ³

¹Yazılım Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 61830, Trabzon, TÜRKİYE

²Gazi Meslek Yüksekokulu, Gazi Üniversitesi, Ankara,06370,TÜRKİYE

³Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, 81620, Düzce, TÜRKİYE
sefaaras@ktu.edu.tr

Özet-Bu makale çalışmasında meta-sezgisel algoritmaların arama performansını test etmek amacıyla yeni bir yöntem sunulmaktadır. Çalışmanın amacı, meta-sezgisel bir algoritmanın arama performansını objektif bir şekilde ölçülebilir ve anlaşılabilir hale getirmektir. Bu yöntem, çözüm adayı sayısına ve problem boyutuna bağlı olarak algoritmaların elde ettikleri uygunluk değerleri ve arama süreleri dikkate alınarak geliştirilmiştir. Böylelikle farklı alanlardan araştırmacılar problem boyutuna bağlı olarak bir algoritmanın en iyi performansı gösterdiği çözüm adayı sayısını doğru ve hızlı bir şekilde belirleyebileceklerdir. Deneysel çalışmalar yeni ve etkili algoritmalar olan “ortak yaşam arama algoritması” ve “yıldırım arama algoritması” üzerinde yürütülmüştür. Makalede sunulan yöntemin genel kabul görmesi, araştırmacıların yeni geliştirilen algoritmaları kendi problemlerine daha etkili bir şekilde tatbik etmelerini kolaylaştıracaktır. Bu yönüyle de meta-sezgisel algoritmaların test standartlarının ve deneysel çalışma yönteminin gelişmesine de katkı sağlanmış olacaktır.

Anahtar Kelimeler- Meta-sezgisel arama, problem boyutu ve çözüm adayı sayısı, ortak yaşam arama algoritması, yıldırım arama algoritması, test problemi

DEVELOPMENT OF NOVEL METHODS FOR TESTING OF META-HEURISTIC SEARCHING ALGORITHM

Abstract-In this article, we present a new method for testing the search performance of meta-heuristic algorithms. The aim of the work is to make the search performance of a meta-heuristic algorithm objectively measurable and understandable. This method has been developed considering the number of solution candidates and the relevance values obtained by the algorithms depending on the problem size and search times. Thus, from different areas, researchers will be able to accurately and quickly determine the number of solution candidates for which an algorithm performs best, depending on the problem size. Experimental studies have been carried out on new and effective algorithms called "symbiotic organism search" and "lightning search algorithm". The overall acceptance of the proposed method will facilitate researchers to apply newly developed algorithms more effectively to their problems. This will also contribute to the development of test standards and experimental method of meta-heuristic algorithms.

Key Words-Meta-heuristics, problem dimension and number of solution candidates, symbiotic organism search; lightning search algorithm, benchmark

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Meta-sezgisel bir arama algoritmasının başarısını ölçmek için test (benchmark) problemleri kullanılmaktadır [1-5]. Bunun için belirli sayıda problemin tanımlandığı bir test havuzu oluşturulmaktadır [6-7]. Algoritmanın arama performansını göstermek ve doğrulamak için çeşitli parametrelerin değerleri verilmektedir. Bunlar bir test problemi için algoritmanın bulduğu en iyi ve en kötü çözüm, ortalama başarı, çözümler arası standart sapma gibi değerlerdir [8-10]. Araştırmacılar bir algoritmanın arama başarısı hakkında karar verirken test problemlerinden elde edilen bu parametrelerin değerlerini incelemektedirler. Burada sorulması gereken soru şudur: bir algoritmanın arama performansını ölçmek için sadece bu parametrelerin değerlerini dikkate almak yeterli midir? Bu soruya evet cevabının verilmesi zordur. Çünkü birçok algoritma yayınlandığı makalede ve uygulandığı test problemlerinde gösterdiği performansı başka araştırmacıların yayınlarında ve problemlerinde gösterememektedir. Çünkü algoritmaların performansı problemlerin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Tek-modlu/çok-modlu, ayrılabilir/ayrılmaz, alt-üst sınır aralık değerleri birbirinden farklı sürekli değer problemleri ya da ayrık değerli problemler farklı zorluk düzeylerine sahiptirler. Özellikle problemin boyutu ve parametrelerin sınır büyüklükleri karmaşıklık düzeyini değiştirmektedir. Yani algoritmaların belirli problemlerdeki performans testleri ve elde edilen sonuçlar maalesef genelleme yapmak için yetersiz kalmaktadır.

Yukarıda bahsedilen, problemler arasındaki karakteristik farklılıklar meta-sezgisel arama algoritmalarının test ve doğrulama süreçlerinde ölçülebilirliği ve öngörülebilirliği zorlaştırmaktadır. Bu durumda araştırmacılar bir algoritmanın deneysel çalışma sonuçlarına bağlı olarak objektif bir değerlendirme yapamamakta ve kendi problemleri açısından algoritmanın performansı hakkında fikir sahibi olamamaktadırlar. Araştırmacılar bu durumda tatbik etmek istedikleri algoritmayı deneme yanılma yoluyla defalarca uygulayıp bir başarı elde etmeyi ummaktadırlar. Haliyle uzun ve sonuçları rastlantılara bırakılmış deneysel çalışmalar beraberinde maliyet artışı ve zaman kaybını getirmektedir.

Bu çalışmanın amacı meta-sezgisel arama algoritmalarının performanslarını daha ölçülebilir ve öngörülebilir hale getirmek ve bu yolla araştırmacılar için deneysel çalışma maliyetlerini azaltmanın yanında daha başarılı modellerin oluşturulmasına katkıda bulunmaktır. Bu amaçla “ortak yaşam arama algoritması (SOS)” [11], “yıldırım arama algoritması (LSA)” [12] ve 10 farklı test problemi üzerinden deneysel çalışma sonuçları sunulmuştur.

2. YÖNTEM (METHOD)

Meta-sezgisel arama algoritmalarının performans testleri daha etkili bir şekilde ölçülebilir mi? Test problemlerinden elde edilen sonuçlar, genelleme yapmak için yeterli olabilir mi? Özetle deneysel çalışma sonuçlarını araştırmacılar için daha güvenilir, ölçülebilir, kararlı ve anlaşılabilir hale getirmek mümkün müdür? Bunun için neler yapılmalıdır? Tüm bu sorulara etkili cevaplar verebilmek amacıyla bu çalışmada iki temel konuda araştırma yapılmaktadır. İlk araştırma konusu, problem boyutunun (dolaylı olarak arama uzayı boyutunun) arama sürecine etkisini ortaya çıkarmaktır. Yani problemde optimum değeri aranan nitelik/parametre sayısı arttıkça meta-sezgisel algoritmanın arama performansı incelenmektedir. İkinci araştırma konusu, çözüm aday sayısı sayısının arama sürecine etkisini ortaya çıkarmaktır. Örneğin çözüm aday sayısının artması arama sürecinin başarısını artırıyor mu? Eniyileme (optimizasyon) problemleri açısından bulunan sonuçlarda (uygunluk değerlerinde) bir iyileşmeye yol açıyor mu? Arama süresinde nasıl bir değişim oluyor? Bu soruların cevapları problem parametrelerini hızlı ve doğru bir şekilde belirlemek ve başarılı bir model yaratmak için araştırmacılar açısından son derece önemlidir. Bu konuda araştırma yaparken problem boyutu ve çözüm aday sayısı

bağımsız değişkenler olarak ele alınmıştır. Dolayısıyla bu iki parametre için belirlenen değerlere bağlı olarak tüm kombinasyonlar dikkate alınarak farklı karakteristiğe sahip test problemleri üzerinde deneysel çalışmalar yürütülmüştür.

3. BULGULAR (FINDINGS)

Deneysel çalışmalarda kullanılan test problemleri ve bu problemlerin özellikleri Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Test problemi tanıtım tablosu (Benchmark introductory chart) [11]

Benchmark	Type	Eniyideğer	Alt Sınır	ÜstSınır
Ackley	M – N	0	-32.768	+32.768
Griewank	M – N	0	-600	+600
Rastrigin	M – S	0	-5.12	+5.12
Sphere	U – S	0	-5.12	+5.12
Zakharov	U – N	0	-5	+10
Dixon-Price	U – N	0	-10	+10
RosenBrock	U – N	0	-5	+10
Powell	U – N	0	-4	+5
Schwefel 1.2	U – N	0	-100	+100
Step	U – S	0	-5.12	+5.12

M: çok modlu, U:tek modlu, N:ayrılmaz, S:ayrılabilir

İlk araştırma konusu olan problem boyutunun arama sürecine etkisini ortaya çıkarmak için Tablo 1’de verilen test problemleri 2, 5, 10 ve 30 olmak üzere 4 farklı boyutta tasarlanmıştır. Amaç, arama uzayı büyüdükçe algoritmaların arama performansında nasıl bir değişiklik ve tepkinin oluştuğunu anlaşılabilir hale getirmektir. Bu amaçla her biri 100 adet tekrardan oluşan deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Deneysel çalışma sonuçlarını ölçülebilir ve anlaşılabilir hale getirmek için Tablo 2 ve 3’de hem sonuçlar verilmekte hem de bu sonuçlar 3 farklı renk kullanılarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflar, problemin çözülemediğini (kırmızı renk yada uygunluk değeri >10-13), çözüldüğünü (yeşil renk yada uygunluk değeri <10-13) ve tam çözüme/genel en uygun değere ulaşıldığını (mavi renk) göstermektedirler. İkinci araştırma konusu, çözüm aday sayısı sayısının arama sürecine etkisini ortaya çıkarmaktır. Bu amaçla çözüm aday sayısı 10, 25, 50, 100, 150, 200 ve 300 olmak üzere yedi farklı kombinasyonda oluşturulmuştur. Deneysel çalışmalar her bir problem ve boyut için 100’er kez tekrarlanmak üzere bu yedi kombinasyon için bağımsız bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Toplamda problem boyutu, çözüm aday, test problemi ve tekrar sayılarına bağlı olarak (4*7*10*100) olmak üzere 28000 deney gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2’de ve Tablo 3’de verilen sonuçlar 100 deneyden elde edilen en iyi çözümlerin uygunluk değerlerinin ortalamasını göstermektedir. Tablo 2’de verilen deneysel sonuçlar incelendiğinde problem boyutunun 2 olduğu durumlarda SOS algoritması 10 adet çözüm aday ile kabul edilebilir ve/veya en iyi çözüme ulaşabilmiştir. 5-boyutlu problemlerde ise kabul edilebilir bir çözüme ulaşabilmek için ekosistem içerisindeki bakteri (çözüm aday) sayısının 25 ve üzeri olması gerektiği görülmektedir. Problem boyutu 10 olduğunda çözüm aday sayısının 50 ve üzerine çıkarılması gerektiği görülmektedir. Deneysel çalışmalardan elde edilen bu sonuçlar problem boyutu ile çözüm aday sayısı arasında doğrusal bir ilişki olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Bu sonuç en azından SOS algoritması için geçerlidir. Çünkü Tablo 2’de verilen sonuçlar 100 tekrarlı bir deneysel çalışmaya aittir. Elde edilen sonuçları tüm meta-sezgisel algoritmalar için genelleylebilmek için yeterli sayıda farklıalgoritmalar için deneysel çalışmayı

tekrarlamak gerekir. Bir sonraki tabloda (Tablo 3) aynı deneysel çalışma bir başka yeni ve güçlü arama yöntemi olan LSA için tekrarlanmaktadır.

Tablo 2. SOS algoritmasının performans göstergesi (Performance of the SOS)

Benchmark	Dimension	10	25	50	100	150	200	300
Ackley	2	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16
	5	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16
	10	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16
	30	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16
Griewank	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	30	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Rastrigin	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	30	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sphere	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	30	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zakharov	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	30	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Dixon-Price	2	2,77E-13	2,69E-13	3,70E-13	4,75E-13	4,55E-13	4,86E-13	4,41E-13
	5	2,48E-01	7,04E-13	6,71E-13	7,03E-13	6,37E-13	6,39E-13	6,34E-13
	10	3,61E+01	2,93E-10	7,45E-13	7,46E-13	7,51E-13	7,22E-13	7,24E-13
	30	3,75E+02	3,43E+01	2,37E-04	8,59E-13	8,59E-13	8,67E-13	8,25E-13
Rosenbrock	2	7,89E-01	5,36E-13	4,82E-13	5,52E-13	4,79E-13	4,69E-13	4,84E-13
	5	3,97E+00	3,13E+00	7,03E-02	7,47E-13	7,31E-13	7,25E-13	7,32E-13
	10	8,95E+00	8,41E+00	4,58E+00	7,12E-01	1,92E-01	1,70E-03	1,47E-03
	30	2,90E+01	2,89E+01	2,76E+01	2,44E+01	2,22E+01	2,04E+01	1,77E+01
Powell	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	30	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Schwefel 1.2	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	30	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Step	2	4,81E-13	5,36E-13	4,68E-13	4,62E-13	4,91E-13	4,56E-13	4,60E-13
	5	5,97E-01	7,26E-13	6,78E-13	6,79E-13	6,22E-13	6,28E-13	6,77E-13
	10	1,94E+00	1,05E-10	7,75E-13	7,54E-13	7,62E-13	7,39E-13	7,14E-13
	30	6,60E+00	1,75E+00	5,30E-03	8,75E-13	8,84E-13	8,49E-13	8,19E-13

Tablo 2’den görüldüğü gibi SOS algoritmasında çözüm adayı sayısının 100 civarında olması halinde en iyi arama performansı yakalanabilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus en iyi çözüme ulaşabilmek için asgari çözüm adayı sayısının kaç olması gerektiğinin saptanmasıdır. Bilindiği gibi çözüm adayı sayısı ile arama süresi ya da hesaplama zamanı arasında doğrusal bir ilişki vardır. Dolayısıyla çözüm adayı sayısının fazla tutulması algoritmanın cevap süresinde önemli bir artış göstermektedir. Bu artış miktarı çoğu zaman

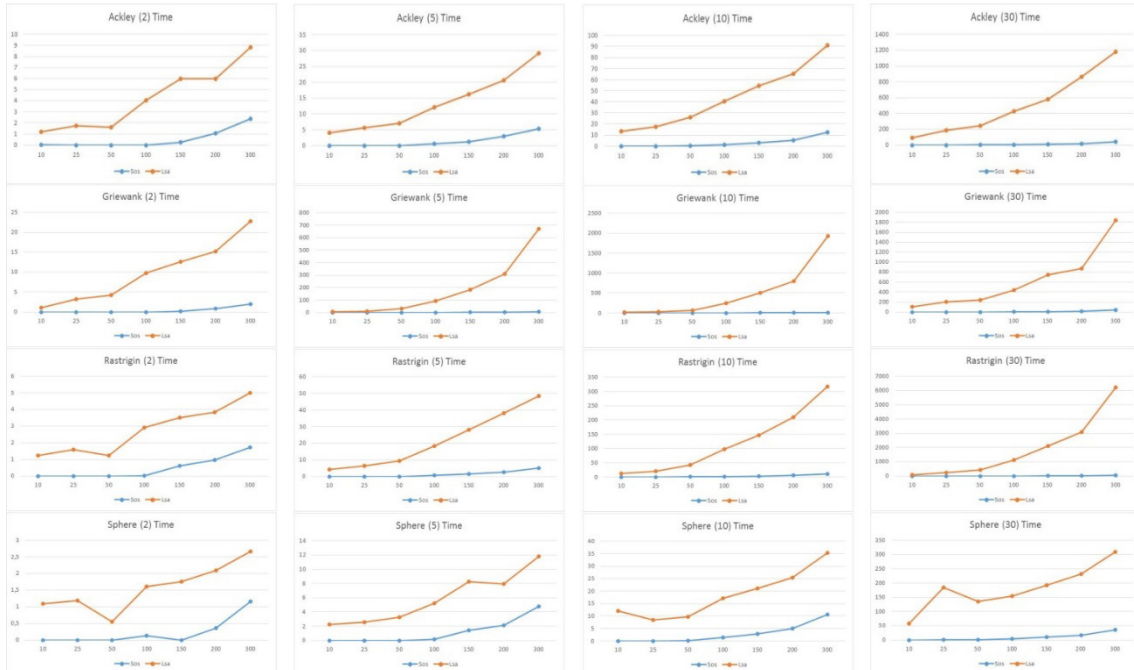
logaritmik ve üstel olabilmektedir. Deneysel çalışmalarda hesaplama süresi ile ilgili elde edilen sonuçlar sonraki şekillerde verilmekte ve irdelenmektedir.

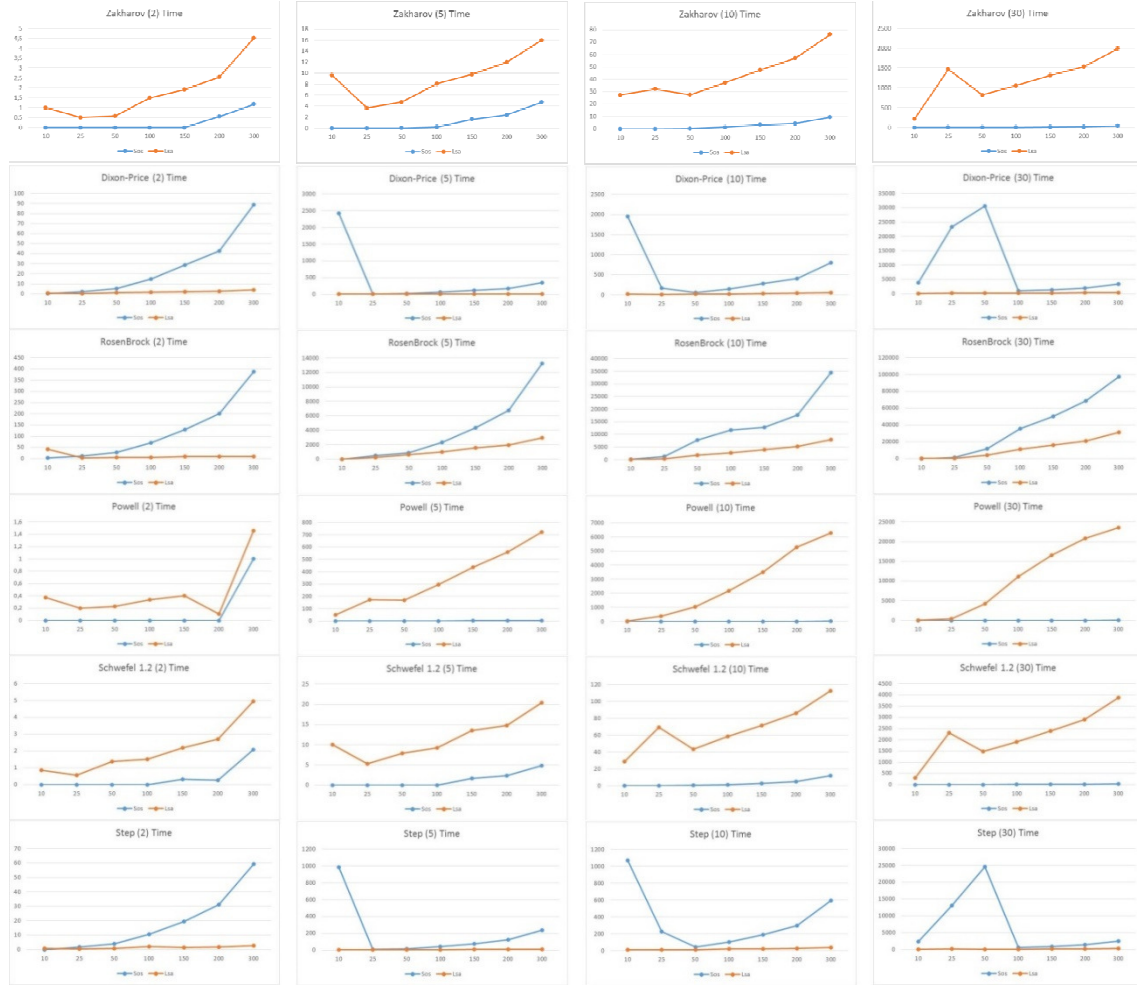
Tablo 3.LSA algoritmasının performans göstergesi(Performance of the LSA)

Benchmark	Dimension	10	25	50	100	150	200	300
Ackley	2	2,55E-02	4,85E-13	5,97E-13	6,62E-13	6,11E-13	5,56E-13	5,98E-13
	5	1,32E+00	2,79E-01	6,52E-02	1,63E-02	7,60E-13	7,61E-13	7,66E-13
	10	2,83E+00	1,50E+00	5,84E-01	2,05E-01	9,64E-02	2,29E-02	1,14E-02
	30	7,02E+00	3,28E+00	2,51E+00	1,75E+00	1,32E+00	1,11E+00	6,71E-01
Griewank	2	1,18E-01	6,74E-03	2,71E-03	1,03E-03	4,39E-04	4,39E-04	2,20E-04
	5	3,09E-01	1,45E-01	9,24E-02	5,12E-02	3,72E-02	2,69E-02	1,73E-02
	10	1,85E-01	1,34E-01	1,27E-01	1,15E-01	1,10E-01	9,07E-02	9,64E-02
	30	3,12E-01	8,67E-03	8,16E-03	1,10E-02	1,01E-02	9,04E-03	1,12E-02
Rastrigin	2	1,12E+00	2,17E-01	5,91E-02	4,81E-13	3,52E-13	5,48E-13	4,01E-13
	5	5,62E+00	3,57E+00	2,33E+00	8,96E-01	6,90E-01	4,53E-01	2,46E-01
	10	2,09E+01	1,45E+01	1,06E+01	8,47E+00	6,49E+00	5,04E+00	3,98E+00
	30	1,06E+02	6,90E+01	6,23E+01	5,72E+01	5,28E+01	4,99E+01	4,43E+01
Sphere	2	4,64E-13	4,60E-13	5,06E-13	4,32E-13	3,87E-13	5,55E-13	3,77E-13
	5	6,52E-13	6,78E-13	6,44E-13	6,35E-13	6,60E-13	6,50E-13	6,23E-13
	10	1,69E-02	7,76E-13	8,17E-13	7,76E-13	7,52E-13	7,59E-13	7,11E-13
	30	2,94E+00	3,82E-03	7,30E-13	8,97E-13	8,83E-13	8,88E-13	9,12E-13
Zakharov	2	4,23E-13	3,29E-13	5,59E-13	4,01E-13	4,35E-13	4,16E-13	4,25E-13
	5	1,44E-02	7,14E-13	7,21E-13	6,72E-13	6,47E-13	6,48E-13	5,97E-13
	10	1,14E+00	1,45E-09	8,39E-13	8,39E-13	8,21E-13	8,20E-13	7,95E-13
	30	7,86E+01	3,11E-05	9,32E-13	9,38E-13	9,34E-13	9,33E-13	9,31E-13
Dixon-Price	2	5,43E-13	2,14E-13	3,85E-13	3,05E-13	4,46E-13	3,76E-13	3,82E-13
	5	7,47E-07	6,31E-13	5,93E-13	6,43E-13	6,90E-13	5,73E-13	6,07E-13
	10	4,86E-02	7,90E-13	8,07E-13	7,86E-13	7,46E-13	7,46E-13	7,31E-13
	30	1,63E+02	8,94E-03	2,44E-10	8,75E-13	9,03E-13	8,87E-13	8,85E-13
Rosenbrock	2	9,23E-13	6,02E-13	5,02E-13	5,98E-13	6,05E-13	6,47E-13	5,39E-13
	5	5,03E+00	1,32E+00	1,01E+00	8,17E-01	8,56E-01	6,23E-01	6,23E-01
	10	6,49E+01	8,01E+00	1,08E+00	9,87E-01	1,03E+00	1,07E+00	9,47E-01
	30	1,37E+03	9,08E+01	1,64E+01	1,11E+00	1,30E+00	9,47E-01	1,18E+00
Powell	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	5	3,03E-02	5,44E-11	2,14E-12	8,88E-13	8,10E-13	8,37E-13	8,59E-13
	10	1,25E+00	3,39E-04	1,38E-09	1,67E-09	1,34E-10	2,27E-10	2,08E-10
	30	8,90E+01	1,09E+00	3,39E-05	1,83E-06	2,45E-06	2,77E-06	9,18E-07
Schwefel 1.2	2	6,69E-13	4,37E-13	4,27E-13	4,32E-13	3,20E-13	5,60E-13	4,40E-13
	5	7,29E-02	8,39E-13	7,88E-13	6,30E-13	6,65E-13	6,79E-13	6,28E-13
	10	6,99E+00	3,61E-05	9,14E-13	8,75E-13	8,84E-13	8,68E-13	8,52E-13
	30	6,18E+02	1,88E+00	9,71E-13	9,75E-13	9,70E-13	9,71E-13	9,68E-13
Step	2	6,01E-13	7,40E-13	5,13E-13	3,58E-13	4,82E-13	4,55E-13	4,02E-13
	5	1,14E-11	7,42E-13	6,64E-13	6,56E-13	6,21E-13	5,83E-13	6,39E-13
	10	3,62E-03	7,60E-13	7,78E-13	7,94E-13	7,81E-13	7,48E-13	7,32E-13
	30	2,49E+00	3,61E-03	5,02E-10	8,40E-13	8,95E-13	8,93E-13	8,94E-13

Tablo 3’de verilen deneysel sonuçlar incelendiğinde problem boyutu ile çözüm adayları sayısı arasındaki ilişkinin SOS’deki gibi olmadığı açıktır. LSA algoritması 10 adet çözüm adayları olduğu halde 5-boyutlu problemlerin %50’sini çözememiştir. Tabloda verilen sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde problem boyutuyla çözüm adayları sayısı arasında SOS da olduğu gibi doğrusal bir ilişki kurmak zordur. Bununla birlikte Tablodan elde edilebilecek faydalı bir bilgi LSA’da çözüm adayları sayısının azami olarak 200 olarak belirlenebileceğidir.

Şekil 1’de 10 farklı test problemi (her satır bir test problemini göstermektedir), 4 farklı problem boyutu (her sütun bir boyutu göstermektedir (2, 5, 10, 30)) ve 7 farklı çözüm adayı sayısı (10, 25, 50, 100, 150, 200, 300) için SOS ve LSA algoritmalarının arama süresi performansları verilmektedir. Şekiller üzerinde dikey eksen arama süresi ve yatay eksen ise çözüm adayı sayısıdır. Şekil 1’den görüldüğü gibi LSA algoritmasında arama süresi problem boyutu ile doğrusal bir ilişkiye sahiptir (kabul edilebilir bir çözümün bulunamadığı durumlar için). Test problemi olarak 1. satırdaki Ackley örneği üzerinden değerlendirme yapılacak olursa, 2, 5, 10 ve 30 boyutlu Ackley için LSA’nın arama süreleri arasında yaklaşık olarak doğrusal bir artış olmuştur. Bununla birlikte problem boyutu sabit tutulup çözüm adayı sayısı değiştirildiğinde ise örneğin Ackley (2)’de LSA algoritması 50 çözüm adayı ile kabul edilir bir çözümü diğerlerine nazaran daha kısa sürede ve daha başarılı bir şekilde bulmuştur. Şekil 1 üzerinden SOS algoritmasının arama süresi performansı incelendiğinde problem boyutu ile arama süresi arasında doğrudan bir ilişki olmadığı açıkça görülmektedir. Bunun ana nedeni SOS algoritmasının kabul edilebilir bir çözüme azami iterasyon sayısına ulaşmadan erişebilmesidir. Bunun yanında Dixon-Price (30) örneğinde olduğu gibi SOS algoritması 10-25-50 adaylı kombinasyonlarda kabul edilebilir çözüme (uygunluk değeri<10-13) ulaşamadığından arama süresi uzamıştır. Sonuç itibariyle SOS algoritması gerek Tablo2 ve 3’de verilen uygunluk değerlerine gerekse de Şekil 1’de verilen arama süresi grafiklerine bağlı olarak LSA algoritmasından daha üstün bir arama performansı göstermiştir. Bu durum özellikle SOS algoritmasının 2013 ve LSA algoritmasının ise 2016 yıllarında literatüre kazandırılmış olduğu gerçeğiyle ele alınacak olursa araştırmacılar için üzerinde durulması gereken önemli bir problemdir. Çünkü elde edilen sonuçlar meta-sezgisel algoritmaların problem tipine bağlı olarak yakınsama ve çeşitlilik açısından performanslarının objektif bir şekilde ortaya koyulmadığını göstermektedir. Bu tespit yüzlerce meta-sezgisel algoritma geliştirilmiş olduğu gerçeğiyle birleştiğinde çok daha önemli bir probleme işaret etmektedir. Haliyle bu durumda araştırmacılar için öngöremedikleri bir maliyete sahip modelleme ve test süreci ortaya çıkmaktadır. Şekil 1’üzerinden değerlendirme yaparken arama süresinin artış ve azalışlarını yerel minimum tuzaklarına takılma ya da kabul edilebilir bir çözümü bulma açısından değerlendirmek gerekir. Griewank örneği için LSA algoritması tüm kombinasyonlarda yerel minimum tuzağına takılmıştır. O nedenle de arama süresi problem boyutu ve çözüm adayı sayısına bağlı olarak doğrusal bir şekilde artış göstermiştir.





Şekil 1. Test problemleri, problem boyutu ve aday sayısına bağlı olarak algoritmaların arama süresi performansları(Search time performance of algorithms depending on test problems, problem size and number of candidates)

4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Bu makalede meta-sezgisel algoritmaların test süreçlerine ilişkin standartların oluşması için çalışmalarda bulunulmuştur. Meta-sezgisel algoritmaların arama performanslarının belirlenmesine yönelik iki temel standart tanımlanmıştır. Bu standartlardan ilki arama uzayı boyutunun tanımlanmasına ilişkindir. Bu amaçla test problemleri için standart dört boyut tanımlanmıştır. 2, 5, 10 ve 30 boyutlu olarak tasarlanan problemler sayesinde arama uzayının büyümesine bağlı olarak algoritmaların arama performansının nasıl değişim gösterdiğinin incelenmesi sağlanmıştır. Bu sayede arama algoritmalarının küçük, orta ve büyük boyutlu problemler üzerindeki performansları sistematik bir şekilde birbirleriyle karşılaştırılabilir hale getirilmiştir. Standartların oluşmasına yönelik ikinci çalışma ise çözüm aday sayısının paralel arama sürecinde nasıl bir etkiye sahip olduğunun ortaya çıkarılması hakkında olmuştur. Bu standart, test problemlerinin tipine ve arama uzayının boyutuna bağlı olarak tanımlanmıştır. Bunun için arama topluluğundaki çözüm aday sayıları 10, 25, 50, 100, 150, 200 ve 300 olarak tanımlanmıştır. Bu iki standartta bağlı olarak yürütülen deneysel çalışmalardan çok önemli bilgilere ulaşılmıştır. Örneğin Tablo 2’de “Dixon-Price”, “Rosenbrock” ve “Step” problemlerinin farklı boyutları için SOS algoritmasının farklı sayıda çözüm aday sayısıyla arama performansı oldukça net bir şekilde ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde

Tablo 3'deki LSA sonuçları problem boyutuna bağlı olarak uygun çözüm adayı sayısı hakkında fikir vermektedir. Sonuç itibariyle farklı meta-sezgisel arama algoritmalarının standartları tanımlanmış deneysel çalışma şartları altında test edilmeleri hem algoritma performanslarını karşılaştırılması hem de problem boyutu ve zorluğuna bağlı olarak en uygun çözüm adayı sayısının tespit edilebilmesini sağlamıştır. Çalışmanın önemli bir somut sonucu da literatüre 2016 yılının başlarında kazandırılan LSA algoritmasının 2014 yılı başlarında tanıtılan SOS algoritmasından daha düşük bir arama performansına sahip olduğunun ortaya çıkmış olmasıdır. Oysaki LSA algoritmasının yayınlandığı çalışmadan bunu anlamak mümkün olmadığı gibi tersi bir çıkarımda bulunmak ise muhtemeldir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Wang, Z., Xing, H., Li, T., Yang, Y., Qu, R., Pan, Y., A Modified Ant Colony Optimization Algorithm for Network Coding Resource Minimization, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 20, 3, 325-342, 2016.
- [2]. Karaboga, D., Ozturk, C., A novel clustering approach: Artificial Bee Colony (ABC) algorithm, *Applied Soft Computing*, Elsevier, Netherlands, In Press, 2010.
- [3]. Sun, G., Zhang, A., Yao, Y., Wang, Z., A novel hybrid algorithm of gravitational search algorithm with genetic algorithm for multi-level thresholding, *Applied Soft Computing*, 46, 703–730, 2016.
- [4]. Lin, Q., Chen, J., Zhan, Z-H., Chen, W-N., Coello, C. A. C., Yin, Y., Lin, C-M., Zhang, J., A Hybrid Evolutionary Immune Algorithm for Multiobjective Optimization Problems, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Vol. 20, No. 5, 2016.
- [5]. Meng, A., Li, Z., Yin, H., Chen, S., Guo, Z., Accelerating particle swarm optimization using crisscross search, *Information Sciences*, 329, 52–72, 2016.
- [6]. Zhao, W., Wang, L., An effective bacterial foraging optimizer for global optimization, *Information Sciences*, 329, 719–735, 2016.
- [7]. Sahin, O., Akay, B., Comparisons of metaheuristic algorithms and fitness functions on software test data generation, *Applied Soft Computing*, 49, 1202–1214, 2016.
- [8]. X. Yang ve A. H. Gandomi, “Bat algorithm: a novel approach for global engineering optimization”, *Eng. Comput.*, c. 29, sayı 5, ss. 464–483, 2012.
- [9]. X. Yang, “Firefly Algorithms for Multimodal Optimization”, ss. 169–178, 2009.
- [10]. Rao, R. V; Savsani, V.J; Vakharia, D.P; Teaching–learning-based optimization: A novel method for constrained mechanical design optimization problems, *Computer-Aided Design*, 43, 303–315, 2011.
- [11]. Cheng, M-Y; Prayogo, D; Symbiotic Organisms Search: A new metaheuristic optimization algorithm, *Computers and Structures*, 139, 98–112, 2014.
- [12]. Shareef, H., Ibrahim, A. A., Mutlag, A. H., Lightning search algorithm, *Applied Soft Computing*, 36, 2015, Pages 315-333.