

# ARI KOLONİSİ OPTİMİZASYON ALGORİTMASI KULLANARAK EN KISA YOL BULMA

Mustafa Servet KIRAN<sup>1</sup> Mesut GÜNDÜZ<sup>2</sup> Mehmet Akif ŞAHMAN<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Selçuk Üniversitesi Güneysınır Meslek Yüksekokulu Bilgisayar Teknolojisi ve  
Programlama Programı 42090 Güneysınır / Konya

<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği  
Bölümü Alaeddin Keykubat Kampüsü 42075 Selçuklu / Konya

<sup>1</sup> e-posta: mskiran@selcuk.edu.tr

<sup>2</sup> e-posta: mgunduz@selcuk.edu.tr

<sup>3</sup> e-posta: asahman@selcuk.edu.tr

**Anahtar Kelimeler:** Arı Kolonisi Optimizasyonu, BCO, Bee System, İteratif Arama, Yol Bulma

## ÖZET

Doğada arılar yiyecek kaynaklarından nektar toplama, bulunan kaynakları en verimli şekilde kovana getirme ve bunun için harcanan enerjinin azaltılması işini tabii bir şekilde kotarır. Harcanan enerjinin azaltılması, yiyecek kaynaklarından maksimum derecede nektar toplanırken bu nektarı kovana getirmek için zamanın azaltılması veya yolun kısaltılmasını tanımlar. Doğada arılar buldukları kaynaklardan toplayabildiği miktardaki nektarı kovana getirdikten sonra tekrar kaynağa dönmeden önce “waggle dance” adı verilen bir sallanım dansı ile kaynağı hakkındaki bilgileri diğer arılarla paylaşırlar. Bu paylaşım kolektif zekânın oluşmasını ve kaynaklardan daha verimli şekilde faydalanmayı sağlar. BCO da bu süreci simüle etmeye çalışan bir yapay zekâ optimizasyon algoritmasıdır. Bu çalışmada Arı Kolonisi Optimizasyonu (BCO) Algoritmasının en kısa yol bulma problemleri üzerindeki başarısı araştırılmıştır. Gezgini satıcı problemi için üretilen mevcut çözümler incelenmiş, elde edilen sonuçlar ile BCO algoritmasının bu probleme uygulanması sonucu elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Kıyaslamalar neticesinde BCO'nun makul zamanlarda iyi sonuçlar verdiği ve düşük hata oranı ile çalıştığı görülmüştür.

## 1. GERÇEK ARI DAVRANIŞI

Bal arılarında amaç kovan etrafında bulunan nektar kaynaklarından toplanan balı kovana getirmektir.

Bu işi yerine getirmek için arılar ikiye ayrılır çalışanlar ve çalışmayanlar.

*Çalışanlar:* Bir nektar kaynağından kovana nektar getiren arıları,

*Çalışmayanlar:* Bir nektar kaynağını terk etmiş veya herhangi bir nektar kaynağına gitmemiş arıları ifade eder.

Yiyecek kaynakları, kovan etrafındaki nektar kaynaklarıdır. Yiyecek kaynakları bal arılarında birçok faktöre bağlıdır; yuvaya yakınlık, zenginlik, enerji gibi. Bir nektar kaynağının değerini nektar kaynağından getirilen nektarın harcanan enerjiye oranı belirler.

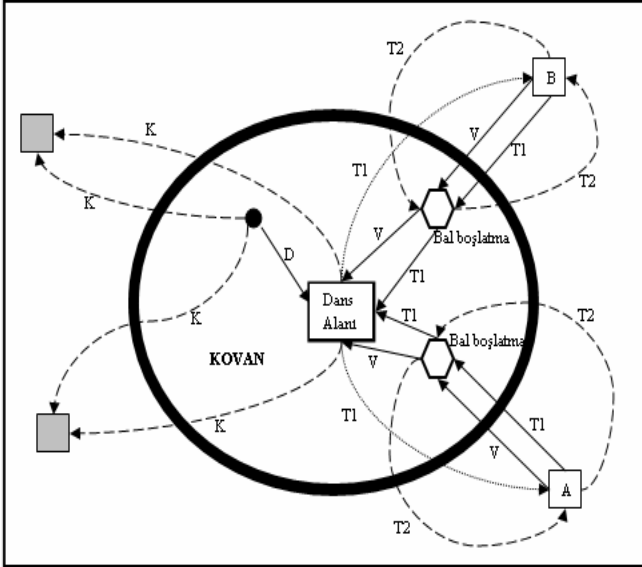
Çalışan Toplayıcılar, belirli bir yiyecek kaynağından nektar getiren arılardır. Mevcut durumda nektar kaynağından faydalanmaya ve çalışmaya devam ederler. Bu arılar kovana kaynağın değerini ve kovan-kaynak arasındaki uzaklık bilgisini taşırlar.

Çalışmayan toplayıcılar, yararlanılacak yiyecek kaynağı ararlar. Kaşif ve seyirci olmak üzere iki tiptir. Kaşif arılar kovan etrafında yeni yiyecek kaynağı ararken kovanda bekleyen seyirci arılar çalışan arayıcılar tarafından taşınan bilgiyi beklerler. Bir kovandaki ortalama kaşif arıların sayısı uygun koşullarda %5-10 civarındadır. [2]

Arılar arasındaki bilgi değişimi ortak bilginin oluşmasında en önemli olaydır. Genellikle kovanın bazı bölümlerini ayırt etmek mümkündür. Bir kovan için en önemli bölüm bilgi değişiminin gerçekleştiği dans edilen (dancing area) alanıdır.

Arılar arasında bilgi değişimi dansla olur ve bu dans “dancing area”da yapılır. Bal arıları bilgi değişimi sayesinde kaliteli yeni yiyecek kaynaklarını keşfeder. Bal arılarında kaynağın yeri ve karlılığı “Waggle Dance” denilen bir dans ile diğer arılarla paylaşılır.[3]

Farz edelim keşfedilen iki yiyecek kaynağı A ve B olsun. Başlangıçta muhtemel bir toplayıcı işsiz bir toplayıcı gibi başlayacaktır ve bu toplayıcı yuva etrafındaki herhangi bir yiyecek kaynağı bilgisine sahip değildir. [1-2]



Şekil 1.1: Bal Arılarının Yem Arama Davranışı

Bir arı için iki seçenek vardır.

- i) Bir kaşif olabilir ve içgüdüyle veya yüzeysel ipuçlarıyla yuva etrafındaki yiyecekleri kendiliğinden aramaya başlar. (Şekil-1.1'deki K)
- ii) Boş olabilir ve sallanış dansını (waggle dance) izler ve yiyecek kaynağını aramaya başlar. (Şekil-1.1'deki D)

Yiyecek kaynağı bulunduktan sonra arı kaynağın pozisyonunu hafızasına alır ve hemen nektar kaynağından yararlanmaya başlar. Bu yararlanmadan dolayı bu arı çalışan toplayıcı (employed forager) olur. Toplanan nektar kovana götürülür ve depolanır. Depolama işleminden sonra arının takip edebileceği üç yol vardır.

Mevcut kaynağı terk edip bağımsız hale gelebilir, (Şekil-1.1'deki V)

Aynı kaynağa dönmeden önce bilgi paylaşımında bulunabilir (Şekil-1.1'deki T1),

Bilgi paylaşımında bulunmadan kaynaktan nektar getirmeye devam edebilir. (Şekil-1.1'deki T2)

Son seçenek bir arı için sosyal davranış olarak görünmese de aslında kaynaktan nektar getiren yeteri kadar arı varsa geçerli bir yoldur. Kendini organizasyonun temel özellikleri arılarda aşağıdaki adımlara dayanır:

i) Pozitif Geribesleme (Positive Feedback): Yiyecek kaynaklarındaki nektar miktarı gözcü arıların onları ziyaret sayısı ile gelişir.

ii) Negatif Geribesleme (Negative Feedback): Bir yiyecek kaynağının araştırma süreci terk edildiğinde arılar durdurulur.

iii) Dalgalanmalar (Fluctuations): Kaşifler, yeni yiyecek kaynaklarının keşfi için rast gele bir arama sürecini tamamlar.

iv) Çoklu Etkileşim (Multiple Interactions): Arılar dans alanında yiyecek kaynağı pozisyonları hakkındaki bilgilerini paylaşırlar. [1-2]

## 2. ARI SİSTEMİ

“Arı Sistemi” kavramı Tomoya Sato ve Masafumi Hagiwara tarafından ortaya konulmuş gerçek arıların davranışlarından esinlenerek oluşturulan bir sezgisel algoritmadır. Arı Sisteminin bir türevi olarak ortaya konulan Arı Kolonisi Optimizasyonu (Bee Colony Optimization-BCO) çalışma prensibi şu şekildedir:

Arama süreci başında tüm arılar kovandadır ve arama süresince arılar direk olarak birbirleriyle haberleşebilirler. Her arı kendine ait bir veya daha fazla mümkün yolu oluştururken aynı zamanda genel arama sürecinin de bileşenlerini hazırlamaktadır. Arama süreci tekrarlardan oluşur. Birinci iterasyon, arılar bir veya daha fazla uygun çözümü oluşturduğuna sona erer. Bulunan en iyi çözüm birinci iterasyon esnasında kaydedilir ve ikinci çevrim başlar. İkinci çevrimde arılar adım adım çözüm yollarını oluşturur. Her çevrimin sonunda bir veya daha fazla kısmî çözüm vardır. İterasyonların toplam sayısını karar verici tayin eder.

Yapay arılar uçtuğunda ileri veya geriye geçiş işlemini gerçekleştirir. İleri geçiş esnasında arılar, geçmişten gelen kolektif deneyim ve bireysel inceleme ile çeşitli kısmî çözümler oluşturur. Bundan sonra geri geçiş işlemlerinde tüm arılar kovana döner ve karar-üretim sürecine katılır. Her arı diğer tüm arıların elde ettiği kaliteli çözümler hakkında bilgi sahibi olur. Bu yolla arılar oluşturulan kısmî çözümlerin kalitesi hakkında bilgi sahibi olurlar. Üretilen kısmî çözümlerin kalitesine dayanarak kendi kısmî çözümünü terk etmeye veya terk etmemeye karar verir. Terk ederse bağımsız bir izleyici olur, terk etmezse kovandan işçi arı almaksızın kendi çözümüne geliştirmeye devam eder veya dans ederek kendi kısmî çözümüne dönmeden önce işçi arı alır. *Üretilen kısmî çözümlerin kalitesine bağlı olarak her arı kesinlikle önceki kısmî çözüme bir sadakati vardır.* İkinci ileri

geçişte önceki oluşturulan kısmi çözümü geliştirmeye çalışır ve sonra tekrar geri geçiş gerçekleştirilir ve kovana dönülür. Kovanda arılar bilgi değişimi ve karar-üretim sürecine katılır, üçüncü ileri geçiş gerçekleştirilir... İterasyon bir veya daha fazla uygun çözüm oluşturulduğunda bitirilir.

BCO'nun pseudo-kodu aşağıdaki gibidir:

1. Başlatma: B arıları sayısı, I çevrim sayısı,  $ST = \{st_1, st_2, \dots, st_m\}$  aşama sayısı, x problemin herhangi bir çözümü, bu çözüm başlangıçtaki en iyi çözüm.
2.  $i=1$ ,  $i=I$  olana kadar aşağıdaki adımları takip et.
3.  $j=1$ ,  $j=m$  olana kadar aşağıdaki adımları takip et.

İleri Geçiş: Arıların kovandan uçmalarına izin ver ve  $st_j$  aşamasındaki  $S_j$  kısmi çözümler setinden kısmi çözümlerini tercih et.

$st_j$  'deki kısmi çözümler kümesi  $S_j$  ( $j=1,2,\dots,m$ ) tarafından gösterilir.

Geri Geçiş: Tüm arıları kovana geri gönder. Oluşturulan kısmî çözümlerin kalitesi

hakkındaki bilgi değişimine izin ver. Terk etme, terk etmeme, işçi alma veya almamaya karar ver.

$j = j + 1$ ;

4.  $i$ 'inci iterasyon sırasında elde edilen  $x_i$  çözümü bilinen en iyi çözümden daha iyiyse en iyi bilinen çözümü güncelle ( $x = x_i$ )

5.  $i = i + 1$

[7-8]

### 3. SONUÇ

Arı Sistemi, nümerik fonksiyonların optimizasyonunda, en kısa tur uzunluğunun bulunmasında, yapay sinir ağlarının eğitilmesinde, görev çizelgeleme de kullanılmış olup oldukça başarılı sonuçlar elde edildiği incelemeler-araştırmalar neticesinde göze çarpmaktadır.

Çalışmamızda Arı Sistemi ve Arı Kolonisi Optimizasyon Algoritması tanıtılmış ve Arı Kolonisi Optimizasyon Algoritması ile en kısa yolun nasıl bulunulacağından bahsedilmiştir. BCO'nun makul sürelerde doğru veya düşük hatalı sonuçları verdiği görülmüştür.(Tablo 3.1)

#### 3.1. Gezgin Satıcı Problemi İçin BCO ile Elde Edilen Sonuçlar

| Problem  | Optimum Değer (O) | Arı Sistemi ile Elde Edilen En iyi değer (B) | (B-O) / O (%) | En İyi Çözüm için Gereken Süre | Elde Edilen Ortalama Değer (20 Çalışma) A | (A-O) / O (%) |
|----------|-------------------|--|---------------|--------------------------------|---|---------------|
| Eil51    | 428.87            | 428.87                                       | 0             | 37                             | 428.87                                    | 0             |
| Berlin52 | 7544.37           | 7544.37                                      | 0             | 1                              | 7544.37                                   | 0             |
| St70     | 677.11            | 677.11                                       | 0             | 22                             | 677.11                                    | 0             |
| Pr76     | 108159            | 108159                                       | 0             | 11                             | 108159                                    | 0             |
| Kroa100  | 21285.4           | 21285.4                                      | 0             | 10                             | 21285.4                                   | 0             |
| Eil101   | 640.21            | 640.21                                       | 0             | 1741                           | 643.05                                    | 0.44          |
| Tsp225   | 3859              | 3876.05                                      | 0.44          | 5153                           | 3905.32                                   | 1.2           |
| A280     | 2586.77           | 2600.34                                      | 0.53          | 13465                          | 2627.45                                   | 1.57          |

[8]

#### 4.KAYNAKÇA

- [1] Karaboğa D, Baştürk B., On the Performance of Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm, Applied Soft Computing, 2008, 687-697. Sayfa 1.
- [2] Karaboğa D., An Idea On Honey Bee Swarm For Numerical Optimization, Technical Report-TR06, 2005, Sayfa 2.
- [3] Grüter C., Farina M., The Honeybee Waggle Dance: Can We Follow The Steps?, Trends in Ecology and Evolution, 2009, Vol:24-No:5.
- [4] T.D. Seeley, Visscher P.K., Assessing the Benefits of Cooperation in Honeybee Foraging: Search Costs, Forage Quality and Competitive Ability, 1988, 22:229-237.
- [5] Sato T., Masafumi H., Bee System: Finding Solution by a Concentrated Search, IEEE , 1997, 3954-3959
- [6] Quan H., Shi X., On the Analysis of Performance of the Improved Artificial-Bee-Colony Algorithm, IEEE Computer Society, 2008, 654-658.
- [7] Lučić P., Teodorović D., Transportation Modelling: An Artificial Life Approach, 14. IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligent ICTAI'02, 1082-3409/02.
- [8] Teodorović D., Lučić P., Marković G., Dell' Orco M., Bee Colony Optimization: Principles and Applications, 8th Seminar On Neural Network Applications in Electrical Engineering IEEE NEUREL 2006, 2006, 151-156.
- [9] Baykoç Ö.F., İşleyen S.K., Simetrik Gezgin Satıcı Problemi İçin Etkin Bir Tekrarlı Yerel Arama Algoritması, Teknoloji, 2007, c.10,S-2,99-106.
- [10] Chong C. S., Low M. Y. H., Sivakumar A. I. , Gay K. L., A Bee Colony Optimization Algorithm for Job Shop Scheduling, Winter Simulation Conference, 2006, S.1954.