



T.C

SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM BİLİMLERİ FAKÜLTESİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

BSM 310 – YAPAY ZEKA

Grup üyeleri:

G171210109 Fırat Cem Arslan
B161210077 Havva Selin Çakmak
B161210047 Dilara Koca
B171210393 Arif Seyda Özçelik
G171210107 Erdem Ahmet Çelik

Sakarya
2020

Sürü Zekası Algoritması (Swarm Intelligence Algorithm – SI)

Sürü Zekası, yapay zekanın alt birimidir. Sürü zekası Gerardo Beni ve Jing Wang tarafından 1989 yılında hücreli robot sistemlerini geliştirirken tanımlanan ve gelişmekte olan bir alandır.

Son yıllarda ise biyologlar ile bilgisayar uzmanları “Sürü Zekası” adı altında bu sürülerin davranışlarının nasıl modellenebileceği ve aralarındaki iletişim mantığı üzerine yaklaşımların, optimizasyon problemleri, robotbilim ve askeri uygulamalarda da başarılı olması yani çok yönlülüğü ve esnekliği nedeniyle bu konu üzerindeki çalışmaları yoğunlaştırmıştır.

Tanım yapmak gerekirse:

- “ *Dumb parts, properly connected into a swarm, yield smart results.* “ (Bir sürüye uygun şekilde bağlanan aptal parçalar, akıllı sonuçlar verir.) Kevin Kelly tarafından söylenmiştir.
- “*The emergent collective intelligence of groups of simple agents*” (Basit ajan gruplarının ortaya çıkan kolektif zekası) Eric Bonabeau tarafından söylenmiştir.
- Sürü zekası merkezi olmayan, kendi kendine organize olan sistemlerin doğal veya yapay olarak toplu davranışdır. SI sistemleri tipik olarak, birbirleriyle ve çevreleriyle yerel olarak etkileşime giren basit etmenlerden veya gruplardan oluşur. Bu çalışmalarda, çoğu zaman **doğa modellenir**. Her bir koloni üyesi basit kurallarla yönetilmesi ve merkezi bir karar mekanizması bulunmamasına rağmen, koloni üyelerinin kolektif davranışı akıllı davranışı oluşturur.

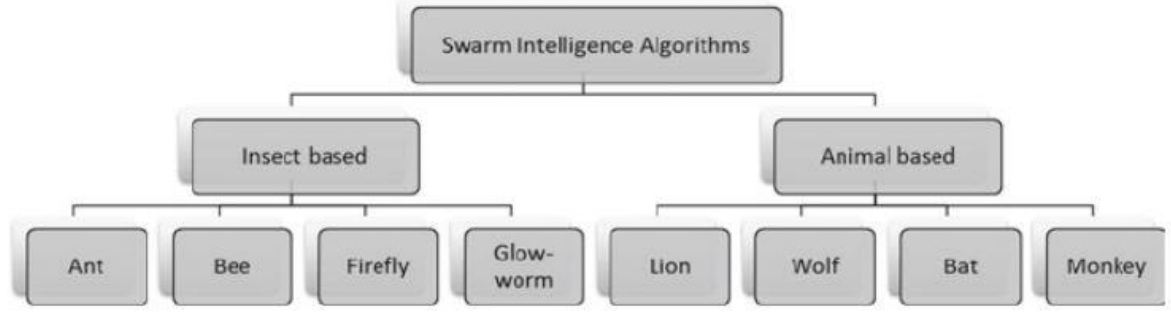
SI, sosyal böceklerin toplanması, işbirlikçi ulaşım, sosyal böceklerin yuva inşası ve toplu sıralama ve kümelenmeyi içerir. SI'nın gerekli özellikleri olarak kabul edilen iki temel kavram, öz-örgütlenme ve iş bölümüdür. Kendi kendini örgütlenme, bir sistemin ajanlarını veya bileşenlerini herhangi bir harici yardım almadan uygun bir forma dönüştürebilme kabiliyeti olarak tanımlanır. Bonabeau ve diğ. [1] ayrıca kendi kendini örgütlemenin olumlu geribildirim, olumsuz geribildirim, dalgalanmalar ve çoklu etkileşimlerin dört temel özelliğine dayandığını belirtmiştir. Pozitif ve negatif geri beslemeler sırasıyla amplifikasyon ve stabilizasyon için faydalıdır. Bu arada dalgalanmalar rastgelelik için faydalıdır. Sürüler, arama alanları içinde kendi aralarında bilgi paylaştığında çoklu etkileşimler meydana gelir. SI'nın ikinci özelliği, çeşitli basit ve uygulanabilir görevlerin bireyler tarafından eşzamanlı olarak yürütülmesi olarak tanımlanan iş bölümüdür. Bu bölüm sürünün bireylerin birlikte çalışmasını gerektiren karmaşık problemlerle başa çıkmasına izin verir.

Sürü Zekası Algoritmasının Kategorileri ve Kategorilerin Çeşitleri

Böcek tabanlı ve hayvan tabanlı olmak üzere 2' ye ayrılıyor.

Aşağıda görüldüğü üzere böcek bazlı da karınca ve arı kolonileri fazlaca kullanılmaktadır.

Hayvan tabanlı da ise aslan ve kurt sürüleri örnek oluşturmaktadır.



Bizim asıl anlatmamız gereken konunun yapay arı kolonileri olduğundan diğer sürü algoritmalarını anlatılmadan geçilecektir.

Arıların Yiyecek Arama Davranışları

kolektif zekayı sağlayan minimal yiyecek arama modelinde temel 3 bileşen vardır: Yiyecek kaynakları, görevli işçi arılar ve görevsiz işçi arılardır. Minimal Model iki modda ele alınır. Bir yiyecek kaynağına yönelme ve kaynağı bırakma.

Bileşenler şu şekilde ifade edilebilir:

- 1- Yiyecek Kaynakları: Arıların nektar, polen veya bal elde etmek için gittikleri yiyecek kaynağının değeri, türü, yuvaya yakınlığı, nektar konsantrasyonu veya nektarın elde edilmesinin kolaylığı gibi birçok faktöre bağlıdır.
- 2- Görevli İşçi Arılar: İşçi arılar, daha önceden keşfedilen kaynakların kovana getirilmesinden sorumludur. İşçi arılar ziyaret ettikleri kaynağın kalitesi ve yeriyle ilgili bilgiyi diğer arılara iletirler.
- 3- Görevsiz İşçi Arılar: Görevi belirsiz iki çeşit işçi arı bulunmaktadır: içsel bir duyguya veya bir dış faktöre bağlı olarak rastgele kaynak arayışında olan kaşif arılar ve kovanda izleyen ve görevli arılardan paylaşılan bilgiyi kullanarak yeni bir kaynağı yönelen gözcü arılar.

Yiyecek kaynağının kalitesi ve yeriyle ilgili bilgi paylaşımı dans alanında olmaktadır. Bir arı dans ederken diğer arı da ona antenleri ile dokunur ve kaynakla ilgili bilgi alırlar. Kovandan uzaklık, çiçek nektarının kıvamı, besinin durumu, kalitedeki göreceli farklılıklar, hava şartları ve günün hangi vaktinin olduğu dansı etkileyen diğer faktörlerdir.

Bileşik gözleri ile arılar, kendi rotaları ile güneş arasındaki açıyı hesaplayabilmektedirler. Arılar uzaklığa göre enerji tüketimini ve enerji tüketimlerini ayarlamaktadırlar.

Kaynağın kovana olan yakınlığına göre dairesel, kuyruk ve titreme dansı mevcuttur. Buradaki titreme dansı, nektar miktarı ve getirme yeteneği arasındaki dengeyi sağlamaktadır. Daire dansı, 50-100 metre uzaklıktaki kaynağın yön ve uzaklık bilgisi verilmeden sağlanan dans biçimidir. 100 metreden 10 kilometreye kadar geniş bir alan içerisinde 8 rakamına benzeyen ve yineleme sayısına göre uzaklık bilgisi sunan kuyruk dansı ile güneş ve yiyecek arasındaki açının 45° olduğunu anlamaktadırlar

Yiyecek arayıcıların davranışlarının daha iyi anlaşılabilmesi için aşağıdaki şekil' de verilen modelin incelenmesi faydalı olacaktır. A ve B isminde iki keşfedilmiş kaynak olduğu varsayılıyorsa bu durumdaki bir arı için iki olası seçenek söz konusudur.

Bu arı kaşif arı olabilir (Aşağıdaki şekilde S ile gösterilmektedir).

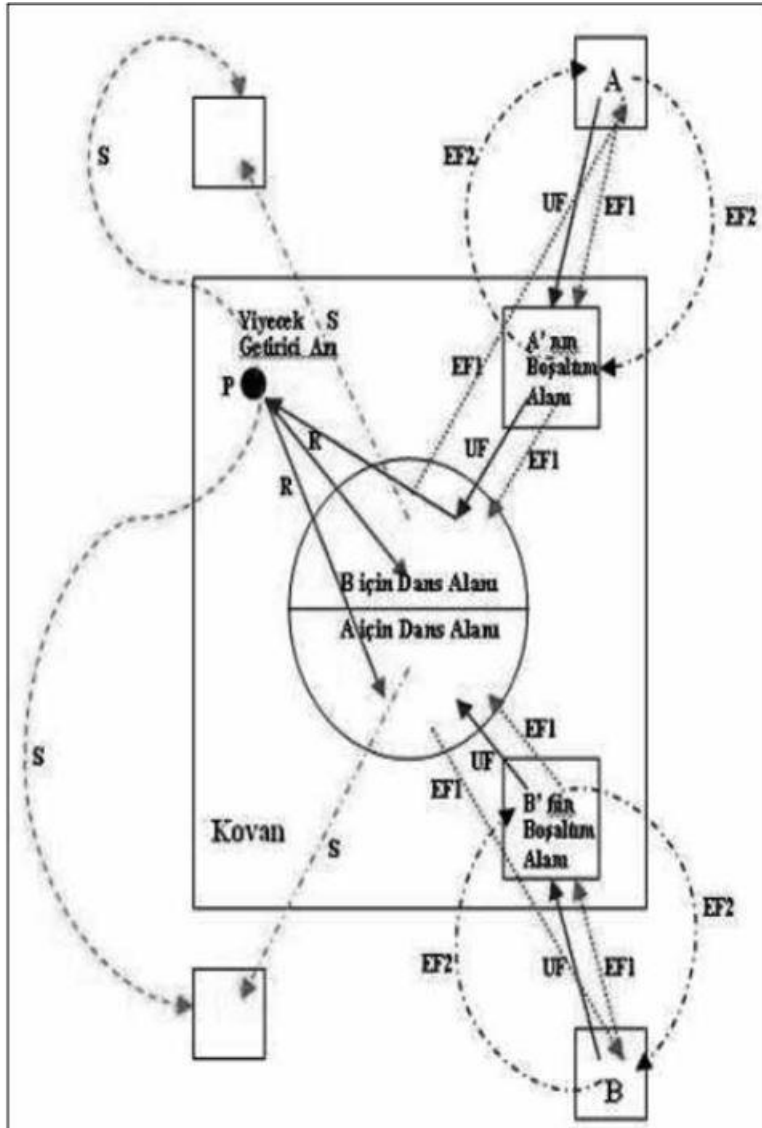
Bu arı bir gözcü arı olabilir (Aşağıdaki şekilde R ile gösterilmektedir).

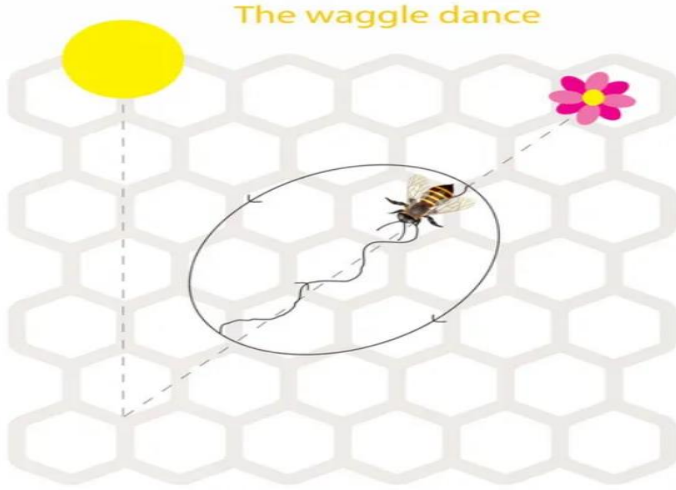
Bu arı bir işçi arı olabilir. Nektarı aktardıktan sonra üç seçenek ortaya çıkar:

Gittiği kaynağa bırakarak bağımsız izleyici olabilir (Aşağıdaki şekilde UF ile gösterilmektedir).

Gittiği kaynağa dönmeden önce dans ile diğer arıları kaynağa yönlendirebilir (Aşağıdaki şekilde EF1 ile gösterilmektedir).

Diğer arıları yönlendirmeden kaynağa gidebilir (Aşağıdaki şekilde EF2 ile gösterilmektedir).





Arıların Dansları ile Alakalı Genel Bilgiler

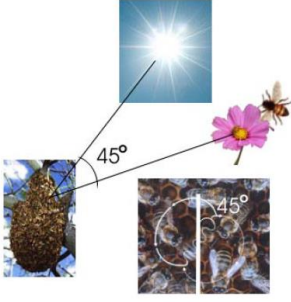
Titreşim Dansı: Daha uzaktaki kaynaklara dair bilgi vermeyi amaçlayan bu dansa titreşim dansı (waggle dance) denir. Kovan içinde düşey olarak asılı petekler üzerinde yerini alan “bilgili” arı, önce vücudunun arka kısmını sağa sola sallayarak (köpeklerin çok heyecanlandıklarında yaptıkları gibi) düz bir çizgi üzerinde hızla koşar. Ardından sağa ya da sola keskin bir dönüş yapıp, vücudunu sallamayı bırakarak yarım çember şeklinde bir eğriyi takip ederek dansına başladığı noktaya döner. Başlangıç noktasına ulaştığında aynı

düz çizgiyi (ve aynı doğrultuda) takip ederek sallantı dansını tekrarlar; ve bu defa ilk seferkinin aksi yöne dönerek diğer yarım çemberi de çizer ve başlangıç noktasına döner. “Bilgili” arı bu dansı defalarca tekrarlayarak etrafındaki kız kardeşlerinin de onun bilgisini edinmesini sağlar. Dansın bilgi taşıyan kısmı sallantılı geçen düz çizgidir. Burada iki çeşit bilgi aktarılır: yön ve uzaklık. Başta dediğimiz üzere, kovadaki petekler yerçekimi esas alınarak düşey doğrultuda konumlandırılmıştır. Arılar, bu yerçekimsel doğrultuyu güneşi temsil etmek için kullanırlar (bu da arı dilini temsili bir dil yapmaktadır). Eğer bir tarlacı arı, yerçekimine tam ters yönde (yani yukarı doğru) dans ederse; bunun anlamı kaynağa gitmek için güneşe doğru (tabi ki güneşin kendisine değil de o anda gökteki konumuna dayalı olarak kuzeye, güneye, doğuya vb.) uçmak gerektiğidir. Dolayısıyla dansın yukarı yönden ne yönde ne kadar saptığına göre uçulacak doğrultu da belirlenmiş olur. Arıların yaptığı, dans eden tarlacı arının düşeye göre ne kadar döndüğüne bakarak, Güneş'ten o kadar dönmektir. Bu açı her zaman %100 isabetle olmaz; ancak yine de çoğu zaman oldukça isabetlidir. Sonuçta arılar kör cahil ve pasif bir şekilde uçmazlar; kendi duyularını da kullanarak hedefe daha verimli ve aktif şekilde ulaşırlar. Uzaklık bilgisi ise dansın doğrusal kısmının (sallantının gerçekleştiği kısmın) ne kadar sürdüğü ile ilişkilidir. Kabaca 1 saniyelik sallantı, 1000 metre uzaklıktaki bir kaynağa işaret eder.

Çember Dansı: Çok yakında olan ve pek de tarif gerektirmeyen kaynakları anlatmak için

kullanılan çember dansıdır (round dance). Kovandan 50 – 100 metre uzakta bulunan bir kaynak keşfeden tarlacı arı saat yönünde ve aksi yönde hızlı hareketlerle çemberler çizerek diğer arılara çok yakında bir kaynak olduğunu işaret eder. Bu iletişim biçiminde uzaklık hakkında bilgi verilmesine karşın yön ve konum açık değildir. Arılar bu durumu biraz da olsa kolaylaştırmak için gelişmiş koku alma duyularından da yararlanırlar. Çember dansı yapan arının üzerine sinmiş olan çiçek kokusunu dikkatle inceleyen diğer arılar, dışarı çıktıklarında bu kokuyu esas alarak yönlerini daha da çabuk bulabilirler.





Kuyruk Dansı: 100 metreden 10 kilometreye kadar olan geniş bir alan içerisinde bulunan kaynaklarla ilgili bilgi aktarımında kullanılır. Bu dans 8 rakamına benzeyen figürlerin yapıldığı dans çeşididir. Dansı izleyen arıların bir titreşim oluşturması ile dansa son verilir. Dansın her 15 saniyede tekrarlanma sayısı, nektar kaynağının uzaklığı hakkında bilgi vermektedir. Daha az tekrarlanma sayısı daha uzak bölgeleri ifade etmektedir.

Yapay Arı Koloni Algoritması (Artificial Bee Colony – ABC)

Yapay Arı Kolonisi Algoritması (Artificial Bee Colony - ABC), 2005 yılında Derviş Karaboğa (Erciyes Üniversitesi) tarafından önerilen bal arısı sürüsünün akıllı beslenme davranışına dayanan bir optimizasyon algoritmasıdır. Yani arı sürülerinin kendilerine özgü zeki davranışlarını örnek alarak sayısal problemleri optimize etmek için kullanılmaktadır.

Genellikle nümerik problemleri çözmek için kullanılan bu sürü algoritması, arıların polen toplama davranışlarından esinlenilerek oluşturulmuştur.

Bu modelde 3 temel parça vardır;

- Bunlar besin kaynağı
- Çalışan arı
- Çalışmayan arı

Bir problemi Yapay Arı Kolonisi (Artificial Bee Colony, ABC) ile çözmek için, problem önce objektif bir fonksiyonu çözecek en iyi parametre vektörü arama problemine çevrilir ve daha sonra arılar bu çözüm için rastgele bir aramaya başlar. Kendini tekrarlayan işlemlerle çalışan arılar zamanla kötü çözümleri bırakır ve daha iyi çözümlere yönelir.

ABC algoritmasının çalışması şu şekilde özetlenebilir:

Başlangıç Fazı

Repeat

Görevli Arılar Fazı

Gözcü Arılar Fazı

İzci Arılar Fazı

Until (Maksimum Döngü sayısına ulaşıncaya ve ya maksimum CPU kullanımına ulaşıncaya kadar)

1-Başlangıç Fazı

Popülasyonun tüm vektörleri, izci arılar ve onların kontrol parametreleri burada başlatılır. Tüm vektörler, yani besin kaynakları, bir problemin çözümleri olduğu için n sayıda değişkene sahiptir. Amaç en optimize olmuş olanı bulmaktır.

2-Görevli Arılar Fazı

Bu fazda görevli arılar yeni besin kaynağı arayışına çıkar. Bunu yaparken komşu besin kaynaklarını karşılaştırır ve bu bilgiyi Gözcü arılara iletir.

3-Gözcü Arılar Fazı

Görevleri olmayan arılar kendi içerisinde gözcü ve izci olmak üzere ikiye ayrılırlar. Gözcü arıların görevi, görevli arıların işaretlerini incelemektir. Bu işaretlere göre olasılıksal olarak en iyi besin kaynağını seçerler. Böylece en çok gözcü arının seçtiği besin kaynağı, en iyisi olmuş olur ve pozitif geribildirim üretirler.

4-İzci Arılar Fazı

Görevli bir arının çözümü belirli bir tekrardan sonra gelişmeye kapalı hale gelebilir. ABC algoritmasının kullanıcısı bunun için bir "limit" belirler. Bu limite ulaşan görevli arılar uğraştıkları çözümü bırakır ve İzci arıya dönüşürler. İzci arılar, rastgele bir çözüm bulur ve bunun üzerinde çalışmaya başlarlar. İzci arıların bu hareketi, negatif geribildirim kullanarak daha iyi bir çözüm üretmeye yarar.

Görevli arılar ile toplam yiyecek kaynağı sayısı birbirine eşittir

İşçi arıların ve gözcü arıların sayısı da eşittir.

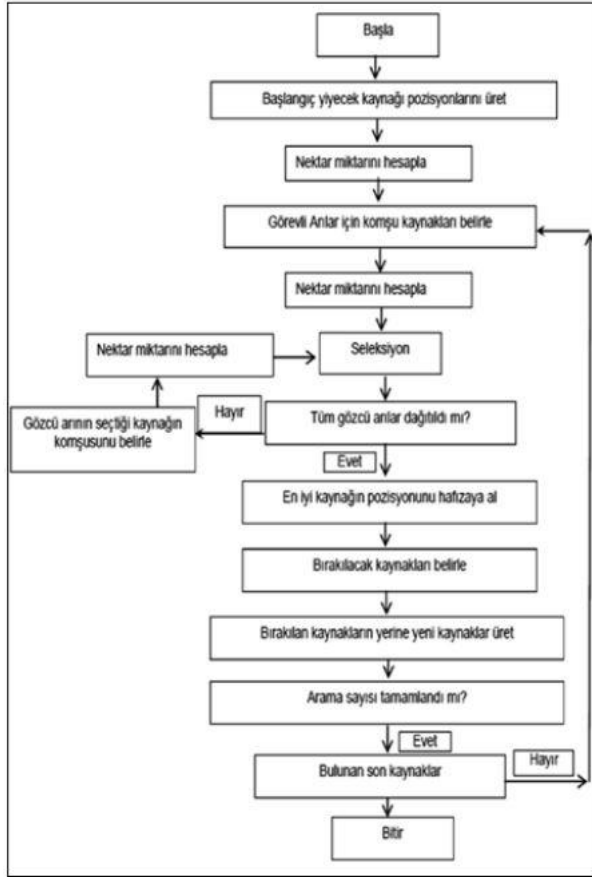
Nektarı tükenmiş kaynağın görevli arısı modelde kaşif arı olarak görevini sürdürmektedir. Yiyecek kaynaklarının yerleri optimizasyona ait olasılık sonuçlarını ve kaynakların nektar miktarları ise sonuçların kalitesine karşılık gelmektedir.

Bu kabullerden yola çıkıldığında ABC optimizasyon algoritması en fazla nektara sahip kaynağın yerini bulmaya çalışarak uzaydaki sonuçlardan problemin minimumu ya da maksimumunu veren sonucun en uygun değerini bulmaya çalışmaktadır.

ABC temel adımları;

1. Yiyecek kaynağı alanlarının üretilmesi
2. Repeat
3. İşçi arıların yiyecek kaynaklarına gönderilmesi,
4. Olasılık değerlerinin görevli arılardan gelen bilgi paylaşımına göre hesaplanması,
5. Gözcü arıların olasılık değerlerine göre yiyecek kaynağı alanları seçmeleri,
6. Kaynağı bırakma kriteri: Limit ve kaşif arı üretimi sayısı,
7. Until Maksimum çevrim.

Yapay Arı Koloni Algoritmasının Akış Diyagramı



1. Başlangıç Yiyecek Kaynağı Bölgelerinin Üretilmesi

Arama uzayını yiyecek kaynaklarını içeren kovan çevresi olarak düşünürsek algoritma arama uzayındaki çözümlere karşılık gelen rastgele yiyecek kaynağı yerleri üretmek çalışmaya başlamaktadır. Rastgele yer üretme süreci her bir parametrelerinin alt ve üst sınırları arasında rastgele değer üretmek gerçekleşir (Eşitlik-1).

$$x_{ij} = x_{\min j} + rand(0,1) * (x_{\max j} - x_{\min j}) \quad (1)$$

Burada $i=1 \dots SN$, $J=1 \dots D$ ve SN yiyecek kaynağı sayısı ve D is optimize edilecek parametre sayısıdır. $X_{\min j}$ parametrelerin alt sınırıdır.

2. İşçi Arıların Yiyecek Kaynağı Bölgelerine Gönderilmesi

Daha öncede belirtildiği gibi her bir kaynağın bir görevli arısı vardır. Dolayısıyla yiyecek kaynakların sayısı görevli arıların sayısına eşittir. İşçi arı çalıştığı yiyecek kaynağı komşuluğunda yeni bir yiyecek kaynağı belirler ve bunun kalitesini değerlendirir. Yeni kaynak daha iyi ise bu yeni kaynağı hafızasına alır. Yeni kaynağın mevcut kaynak komşuluğunda belirlenmesinin benzetimi Eşitlik-2 tanımlanmaktadır.

$$v_{ij} = x_{ij} + \phi_{ij} (x_{ij} - x_{kj}) \quad (2)$$

x_i ile gösterilen her bir kaynak için bu kaynağın yani çözümünün tek bir parametresi (rastgele seçilen parametresi, j) değiştirilerek x_i komşuluğunda v_i kaynağı bulunur. Eşitlik 2 de $j, [1, D]$ aralığında rastgele üretilen bir tamsayıdır. Rastgele seçilen j parametresi değiştirilirken, yine rastgele seçilen x_k komşu çözümünün ($k \in \{1, 2, SN\}$) j . parametresi ile mevcut kaynağın j parametresinin farkları alınıp $[-1, 1]$ arasında rastgele değer alan sayı ile ağırlandırıldıktan sonra mevcut kaynağın j parametresine eklenmektedir.

Eşitlik-2’den de görüldüğü gibi $x_{i,j}$ ve $x_{k,j}$ arasındaki fark azaldıkça yani çözümler birbirine benzedikçe $x_{i,j}$ parametresindeki değişim miktarı da azalacaktır. Böylece bölgesel optimal çözüme yaklaştıkça değişim miktarı da adaptif olarak azalacaktır.

Bu işlem sonucunda üretilen $v_{i,j}$ ’nin daha önceden belli olan parametre sınırları asması durumunda j . parametreye ait olan alt veya üst sınır değerlerine ötelenmektedir (Eşitlik-3).

$$v_{ij} = \begin{cases} x_j^{\min}, & v_{ij} < x_j^{\min} \\ v_{ij}, & x_j^{\min} \leq v_{ij} \leq x_j^{\max} \\ x_j^{\max}, & v_{ij} > x_j^{\max} \end{cases} \quad (3)$$

Sınırlar dâhilinde üretilen v_i parametre vektörü yeni bir kaynağa temsil etmekte ve bunun kalitesi hesaplanarak bir uygunluk değeri atanmaktadır (Eşitlik-4).

$$fitness_i = \begin{cases} 1/(1 + f_i) & f_i \geq 0 \\ 1/abs(f_i) & f_i < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Burada f_i ve v_i kaynağının yani çözümünün maliyet değeridir. x_i ve v_i arasında nektar miktarlarına yani uygunluk değerlerine göre bir açgözlü (greddy) semce işlemi uygulanır. Yeni Bulunan v_i çözümü daha iyi ise görevli arı hafızasından eski kaynağın yerini silerek v_i kaynağının yerini hafızaya alır. Aksi takdirde görevli arı x_i kaynağına gitmeye devam eder ve x_i çözümü geliştirilemediği için x_i kaynağı ile ilgili geliştirememeye sayacı (failure) bir artar, geliştirdiği durumda ise sayaç sıfırlanır.

3. Gözcü Arıların Seleksiyonda Kullanacakları Olasılık Değerlerinin Hesaplanması (Dans Benzetimi)

Tüm görevli arılar bir çevrimde araştırmalarını tamamladıktan sonra kovana donup buldukları kaynakların nektar miktarları ile ilgili gözcü arılara bilgi aktarırlar. Bir gözcü arı dans aracılığıyla paylaşılan bilgiden faydalanılarak yiyecek kaynaklarının nektar miktarları ile orantılı bir olasılıkla bir bölge(kaynak) seçer. (Eşitlik-5).

$$p_i = \frac{uygunluk_i}{\sum_{i=1}^{SN} uygunluk_i} \quad (5)$$

4.Gözcü Arıların Yiyecek Kaynağı Bölgesi Seçmeleri

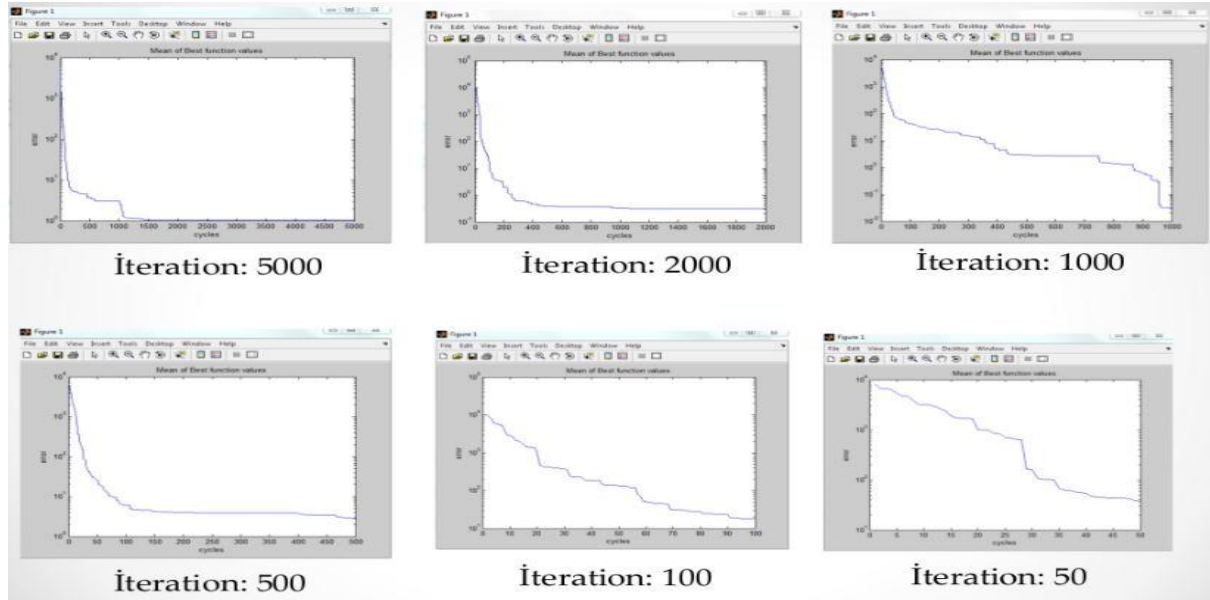
Algoritma da olasılık değerleri hesaplandıktan sonra be değerler kullanılarak rulet tekerleğine göre secim işleminde her bir kaynak için $[0.1]$ aralığında rastgele sayı üretilen ve p_i değeri bu üretilen sayıdan büyükse görevli arılar gibi gözcü arı da Eşitlik-2'yi kullanarak bu kaynak bölgesinde yeni bir çözüm üretir. Yeni çözüm değerlendirilir ve kalitesi hesaplanır. Sonra yeni çözümle eski çözümün uygunluklarının karşılaştırıldığı en iyi olanın seçildiği açgözlü seleksiyon işlemine tabi tutulur. Yeni çözüm daha iyi ise eski çözüm yerine bu çözüm alınır ve çözüm geliştirememeye sayacı (failure) sıfırlanır. Eski çözümün uygunluğu daha iyi ise bu çözüm muhafaza edilir ve geliştirememeye sayacı (failure) bir artırılır. Bu süreç,tüm gözcü arılar yiyecek kaynağı bölgelerine dağılana kadar devam eder.

5. Kaynağı Bırakma Kriteri: Limit ve Kaşif Arı Üretimi

Bir çevrim sonunda tüm görevli ve gözcü arılar arama süreçlerini tamamladıktan sonra çözüm geliştirememeye sayaçları (failure) kontrol edilir. Bir arının bir kayaktan faydalanıp faydalanmadığı, yani gidip geldiği kaynağın nektarının tükenip tükenmediği çözüm geliştirememeye sayaçları aracılığıyla bilinir. Bir kaynak için çözüm geliştirememeye sayacı belli bir eşik değerinin üzerindeyse, artık bu kaynağın görevli arısının tükenmiş olan o çözümü bırakıp kendisi için başka bir çözüm araması gerekir. Bu da biten kaynakla ilişkili olan görevli arının kâşif arı olması anlamına gelmektedir. Kâşif arı haline geldikten sonra, bu arı için rastgele çözüm arama sureci başlar (Eşitlik-1). Kaynağın terk ettiğinin belirlenmesi için kullanılan eşik değeri ABC algoritmasının önemli bir kontrol parametresidir ve “limit” olarak adlandırılmaktadır. Temel ABC algoritmasında her çevrimde sadece kâşif arının çıkmasına izin verilir.

Adım 6: En iyi çözümü hafızada tut.

Adım 7: Sonlandırma koşullarını kontrol et. Eğer koşullar sağlanmıyorsa Adım 2'den Adım 6'ya kadar tekrar et



İterasyon sayısı arttıkça zamana göre hata oranı azalır.

Yapay Arı Koloni Algoritması nerede kullanılır?

- Mühendislik dizaynlarının optimizasyonu
- multivariate data clustering (Büyük miktarda veriyi, kendi içinde benzer, fakat birbirleri arasında olabildiğince en farklı gruplara ayıran bir yöntem)
- Yapay Sinir Ağları
- Topolojik Problemlerin çözümü
- İnsansız hava araçları
- Tıp alanında

Yapay Arı Koloni Algoritmasının Diğer Algoritmalara Göre Avantajları

- ABC'nin diğer algoritmalara göre avantajlarını sıralayacak olursak;
- Oldukça esnek ve basittir.
- Gerçek yiyecek arayıcı arıların davranışlarına oldukça yakın şekilde benzetim eder.
- Sürü zekasına dayalı bir algoritmadır.
- Nümerik problemler için geliştirilmiştir ama ayrık problemler içinde kullanılabilir.
- Oldukça az kontrol parametresine sahiptir.
- Kaşif arılar tarafından gerçekleştirilen küresel ve görevli ile gözcü arılar tarafından gerçekleştirilen bölgesel araştırma kabiliyetine sahiptir ve iki araştırma da birlikte yürütülmektedir.