



T.C

SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM BİLİMLERİ FAKÜLTESİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

BSM 310 – YAPAY ZEKA

Grup üyeleri:

G171210067 İlhan ORDUKAYA

G171210097 Muhammet Tarık ÇEPİ

G171210061 Anıl ARSLAN

Sakarya

2020

GRAVITATIONAL SEARCH ALGORITHM

Geride kalan yıllarda çeşitli sezgisel arama algoritmaları geliştirildi. Bunların birçoğu doğadaki sürü davranışlarından etkilendi. Bu arama algoritması da yerçekim kuralı ve kütle etkileşimini temel almıştır. Bu fikir Esmat Rashedi , Hossein Mezmabadi – pour ve Saeid Saryazdi adlı İranlı bilim insanları tarafından 2008 yılında geliştirilmiştir.

1.Giriş

Bildiğimiz üzere çok boyutlu uzaya sahip (derin ağaç) optimizasyon problemlerine klasik optimizasyon algoritmaları uygun çözümü sunmuyorlar çünkü arama uzayı eksponansiyel bir biçimde artıyor. Bu nedenle kesin sonuç veren algoritmaları kullanmak mantıklı ve pratik değil.

Buna mukabil araştırmacılar algoritmaları geliştirirken doğal olgu (fenomen)lerden esinlendiler. Nitekim birçok araştırmada bu biçimde geliştirilmiş algoritmaların karmaşık hesaplamalı problemler için uygun olduğunu göstermiş oldu. Bu problemlere desen tanıma , görüntü işleme , filtre modelleme (filter modeling) örnek verilebilir. Algoritmalara da genetik algoritma , Karınca koloni algoritması gibi algoritmalar örnek verilebilir. Bu algoritmalar farklı problemlere çözüm üretiyor fakat en iyi sonucu elde etmek için belirli bir algoritma yok. Bazı algoritmalar bazı problemler için daha iyi sonuç vermesine rağmen yeni sezgisel algoritmalar geliştirmek hala mümkündür.

Sunacağımız algoritma Newton'un evrensel kütle çekim yasası;

“Her bir noktasal kütle diğer noktasal kütleyi , ikisini birleştiren bir çizgi doğrultusundaki bir kuvvet ile çeker. Bu kuvvet bu iki kütle çarpımıyla doğru orantılı , aralarındaki mesafenin karesi ile ters orantılıdır” İlkesine dayanıyor

2.Sezgisel Algoritmalara Bakış

Sezgisel(Heuristic) kelimesi Yunancadır ve bilmek, bulmak, keşfetmek, bir araştırmaya rehberlik etme anlamlarına gelir.Sezgisel algoritmalar fiziksel ve biyolojik prosesleri taklit ederler. Bunlardan bazıları Genetik algoritma, Karınca Kolonisi Algoritması, Yapay Bağışıklık sistemidir.

Bu algoritmaların tamamı stokastik(rastlantısal)dır. Buna rağmen Formato Yerçekimsel Kinematik temel alan Merkez Optimizasyon Gücü (CFO) adında deterministik bir sezgisel arama algoritması geliştirmiştir.

Sezgisel algoritmaların çoğu birden çok başlangıç noktalı arama yaparlar. Mesela Sürü tabanlı algoritmalar temsilciler(agent) grubu kullanır.

Popülasyon tabanlı sezgisel algoritmalarda iki ortak görüş vardır: keşif(exploration) ve işletme(exploitation). Keşif arama uzayını geliştirmeye, işletme ise iyi bir çözümde en optimum değeri bulmaya denir.

Farklı bir bakış açısı ile bakarsak, popülasyon tabanlı arama algoritmalarının üyeleri her iterasyonda keşif ve işletmeyi gerçekleyebilmek için 3 adım atmalı:Kendini uyarlama(self-adaptation), İşbirliği(Cooperation) ve rekabet. Kendini uyarlamada her üye(temsilci) kendi

performansını yükseltir. İşbirliği adımıında üyeler iş birliği yaparak birbirleri ile bilgi paylaşımı yapar ve son olarak rekabet adımıında üyeler yaşamak için rekabet eder. Bu konsept algoritmayı global optimuma götürmeyi amaçlar.

3.Yer Çekimi Kanunu

Çekim kütlelerin birbirine doğru hızlanma eğilimidir. Bu doğanın 4 temel etkileşiminden biridir(Diğerleri; elektromanyetik güç , zayıf nükleer güç , ve yüksek nükleer güç) Evrendeki her partikül bir diğer partikülü etkiliyor. Çekim her yerde. Yerçekimi kaçınılmazdır. Bu da onu diğer doğal güçlerden ayırır.

Newton'un yerçekimi güç davranışına belli uzaklıkta hareket olarak adlandırılmış. Yani yerçekimi birbirinden ayrı partiküller arasında aracısız ve gecikmesiz çalışır. Newtonun yerçekimi kanununda her partikül diğer partikülü yerçekimsel güç ile etkiler.

$$F = G \frac{M_1 M_2}{R^2},$$

burada F yerçekimsel güç , G yer çekimsel sabit , M1 ve M2 partikül ağırlıklar ve R aralıklardaki uzaklık Newtonun 2. Yasası der ki eğer bir güç F bir partiküle

$$a = \frac{F}{M}.$$

uygulanırsa onun ivmesi a sadece güce ve onun kütlesine bağlıdır.

İlk iki yasada görüleceği üzere evrendeki her partikül arasında bir yerçekimsel güç vardır. Bu yüksek ağırlık ve yakın partiküller arasında yüksektir. İki partikül arası mesafeyi arttırmak yerçekim gücünü düşürür.

Buna ek olarak yerçekim sabiti evrenin yaşına bağlı olarak değişir.

$$G(t) = G(t_0) \times \left(\frac{t_0}{t} \right)^\beta, \quad \beta < 1,$$

Burada G(t) sabitin bir zamandaki değeri , G(t0) t0 zamandaki ilk kozmik kuantum aralığındaki değer. Fizikte 3 türlü kütle vardır;

1)Aktif Yer Çekimsel kütle = Ma , belirli bir nesne nedeniyle oluşan yerçekimsel alanın gücünün ölçüsüdür. Küçük aktif yerçekimsel kütlesi olan bir yerçekimsel alan ,daha aktif yerçekimsel kütlesi olan bir nesneden daha zayıftır.

PASİF YER ÇEKİMSSEL KÜTLE: Mp bir objenin yer çekimsel alan içerisinde daha küçük pasif yer çekimsel kütlesi olan bir nesne, daha büyük pasif yer çekimsel kütleyle sahip bir nesneye göre daha düşük bir gücü tecrübe eder.

EYLEMSİZLİK KÜTLESİ: Mi bir objenin güce maruz kaldıktan sonra hareket durumu değişimine karşı dayanıklılığını ölçer yüksek eylemsizlik kütlesine sahip bir obje, daha düşük eylemsizlik kütlesine sahip olan bir objeye göre durumunu daha yavaş değiştir.

Üsteki bilgileri dikkate alıp Newton yasalarını tekrardan yazalım yer çekimsel güç, Fij, kütle i' ye etki eder, kütle j' nin aktif yer çekimsel kütlesi ve kütle i' nin pasif yer çekimsel kütlesi

arpımı ile doğru orantılı, uzaklıklarının karesiyle ters orantılıdır. A_i ise F_{ij} ile doğru, ktle i 'nin eylemsizlik ktlesi ile ters orantılıdır. Formülü tekrarından yazarsak:

$$F_{ij} = G \frac{M_{aj} \times M_{pi}}{R^2},$$

$$a_i = \frac{F_{ij}}{M_{ii}},$$

burada M_{aj} ve M_{pi} partikülünün aktif yer çekimsel ktlesini ve partikül j 'nin pasif yer çekimsel ktlesini ve M_{ij} 'de partikül i 'nin eylemsizlik ktlesini ifade eder.

Eylemsizlik ktlesi, aktif-pasif yer çekimsel ktleleri birbirinden konsept olarak ayrı olsalar dahi bunlar arasında bir fark olduğunu net bir şekilde gösteren bir deney olmadı. Genel görelilik teorisi eylemsizlik ktlesi ve pasif yer çekimsel ktlesinin eşik olduğu varsayımına dayanır. Bu zayıf eşitlik ilke prensibi olarak bilinir. Standart genel görelilik eylemsizlik ktlesi ile aktif yer çekimsel ktlesinin eşit olduğunu varsayar. Buna da güçlü eşitlik ilke prensibi denir.

4.Yerçekimsel Arama Algoritması

Burada Yerçekim kanununu temel alan algoritmamızın sunumunu yapacağız. GSA popülasyonundaki çözümlere temsilci(agent) denir. Bu algortmada temsilciler birer nesne olarak düşünülmüştür ve onların performansı ktlelerine bağlı olarak ölçülür. Bütün bu objeler birbirlerine yerçekim gücü ile etki ederler ve bu da bütün objelerin ağır ktleli objelere doğru toplu(global) hareket etmelerine neden olur.

Bundan dolayı ktleler yerçekimsel güç kullanarak birbirleri ile direkt iletişim şeklini kullanarak işbirliği yaparlar. Ağır ktleler -ki onlar iyi çözümlere yol açarlar- hafiflere göre daha yavaş hareket ederler. Bu algoritmanın işletme(exploitation) adımını garanti eder.

GSA her ktle(temsilci) 4 belirli özelliğe sahiptir: konum ,eylemsizlik ktlesi, aktif yerçekimsel ktle ve pasif yer çekimsel ktle. Ktlenin konumu problemin çözümüne karşılık gelir ve yerçekimsel ve eylemsizlik ktleleri uygunluk fonksiyonu(fitness function) kullanılarak belirlenir.

Başka bir şekilde ifade etmek gerekirse, her ktle bir çözümü sunar ve algoritma yerçekimsel ve eylemsizlik ktlelerinin uygun biçimde ayarlanması ile yönlendirilmiş olur. Belli bir süre sonra ktlelerin en ağır ktle tarafından etkileneceğini bekleriz. Bu ktle arama uzayındaki optimum çözümü sunacaktır.

GSA ktlelerin izole sistemi olarak düşünülebilir. Bu ktlelerin Newton'un yerçekim ve hareket kanunlarına itaat eden küçük bir dünyaya benziyor. Daha kesin bir ifadeyle ktleler şu kurallara itaat etmeli:

Yerçekimi kanunu:Her bir noktasal ktle diğer noktasal ktleyi, ikisini birleştiren bir çizgi doğrultusundaki bir kuvvet ile çeker. Bu kuvvet bu iki ktlenin çarpımıyla doğru orantılı, aralarındaki mesafe ile ters orantılıdır, R Burada R^2 yerine R aldık çünkü deney sonuçlarında R daha iyi sonuç verdi.

Hareket kanunu: Bir kütlenin mevcut hızı, onun önceki hızı ile hız değişim inin toplamına eşittir. Bir kütlenin hız değişimi veya ivmesi ise sisteme uygulanan kuvvetin eylemsizlik kütlesine bölümüne eşittir.

Şimdi, N tane temsilcisi(kütle) olan bir sistem düşünelim. İ.yinci temsilcinin konumunu şöyle ifade ederiz:

$$X_i = (x_i^1, \dots, x_i^d, \dots, x_i^n) \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, N,$$

Burada x_i^d i yinci temsilcinin d yinci boyuttaki konumu ifade eder.

Spesifik bir t zamanında, kütle j den kütle i ye uygulanan kuvveti şu şekilde ifade ederiz:

$$F_{ij}^d(t) = G(t) \frac{M_{pi}(t) \times M_{aj}(t)}{R_{ij}(t) + \varepsilon} (x_j^d(t) - x_i^d(t)),$$

E bir küçük sabit, ve $R_{ij}(t)$ i ve j temsilcileri arasındaki Öklid uzaklığıdır.

$$R_{ij}(t) = \|X_i(t), X_j(t)\|_2.$$

Algoritmamıza stokastik(rastlantısal) bir karakteristik verebilmek için, temsilci i ye bir d boyutunun uyguladığı kuvvet, diğer temsilcilere uygulanan kuvvetin d yinci bileşenlerin rastsal bir değerle çarpımının toplamıdır.:

$$F_i^d(t) = \sum_{j=1, j \neq i}^N rand_j F_{ij}^d(t),$$

Burada $rand_j$ 0-1 aralığında bir rastgele bir değerdir.

Bu nedenle hareket yasasına göre temsilci i'nin bir t zamanında ki ve d'yinci yöndeki ivmesi şu şekilde ifade edilebilir:

$$a_i^d(t) = \frac{F_i^d(t)}{M_{ii}(t)},$$

Ayrıca bir temsilcinin bir sonraki hızı, mevcut hızı ve mevcut ivmesinin toplamı olarak kabul edilir. Bu nedenle temsilcinin pozisyonu ve hızı şu şekilde hesaplanabilir:

$$v_i^d(t+1) = rand_i \times v_i^d(t) + a_i^d(t),$$

$$x_i^d(t+1) = x_i^d(t) + v_i^d(t+1),$$

Burada rastgele bir sayı ile çarparak rastsal bir karakteristik kazandırıyoruz.

Yerçekimsel sabit G, başlangıçta tanımlıdır ve zamanla arama doğruluğunun kontrolü için azalır. Diğer bir deyişle G, G0 başlangıç değeri ile t zamanının fonksiyonudur:

$$G(t) = G(G_0, t).$$

Yerçekimsel ve eylemsizlik kütleleri uygunluk fonksiyonu ile hesaplanır. Yüksek ağırlık daha verimli temsilci demek. Bu demek oluyor ki daha iyi temsilciler yüksek çekim gücüne sahip ve daha yavaş yürüyorlar. Yerçekimsel ve eylemsizlik kütlelerinin eşit olduğunu varsayarsak, kütlelerin değeri uygunluk haritası kullanılarak bulunur. Yerçekimsel ve eylemsizlik kütlelerini şu eşitlikleri kullanarak buluruz:

$$M_{ai} = M_{pi} = M_{ii} = M_i, \quad i = 1, 2, \dots, N,$$

$$m_i(t) = \frac{fit_i(t) - worst(t)}{best(t) - worst(t)},$$

$$M_i(t) = \frac{m_i(t)}{\sum_{j=1}^N m_j(t)},$$

Burada fit(t) temsilci i inin t zamanındaki uygunluk değerini ve worst(t) ve best(t) şu şekilde tanımlanmış(minimizasyon problemi için):

$$best(t) = \min_{j \in \{1, \dots, N\}} fit_j(t),$$

$$worst(t) = \max_{j \in \{1, \dots, N\}} fit_j(t).$$

Maksimizasyon problemi için bu eşitlikler şöyle olurdu:

Keşif ve işletme arasında iyi bir uzlaşma sağlamak için iyi bir yol zamanla temsilci sayısını azaltmaktır. Bu nedenle sadece yüksek kütleli temsilcilerin bir kısmının kuvvetlerini diğerlerine uygulanmasına izin veriyoruz. Buna rağmen bu işi yaparken dikkatli olmalıyız çünkü bu keşif gücünü azaltıp işletme gücünü artırabilir. Lokal optimumda tıkanmaması için algoritmanın keşfi başlangıçta kullanması gerekir. İlerleyen iterasyonlarda keşif yerini işletmeye bırakmalı. GSA'nın performansını keşif ve işletmeleri kontrol ederek yükseltmek için sadece Kbest temsilcileri diğerlerini etkileyecek. Kbest K0 başlangıç değerine sahip zamanla azalan zamana bağlı bir fonksiyondur. Bu şekilde başlangıçta tüm temsilciler kuvvet uygularlar ve zaman geçtikçe Kbest lineer bir biçimde azalacak ve en sonunda sadece bir temsilci diğerlerine güç uygulayacak. Bu nedenle 9 numaralı formül şu şekilde değiştirilebilir:

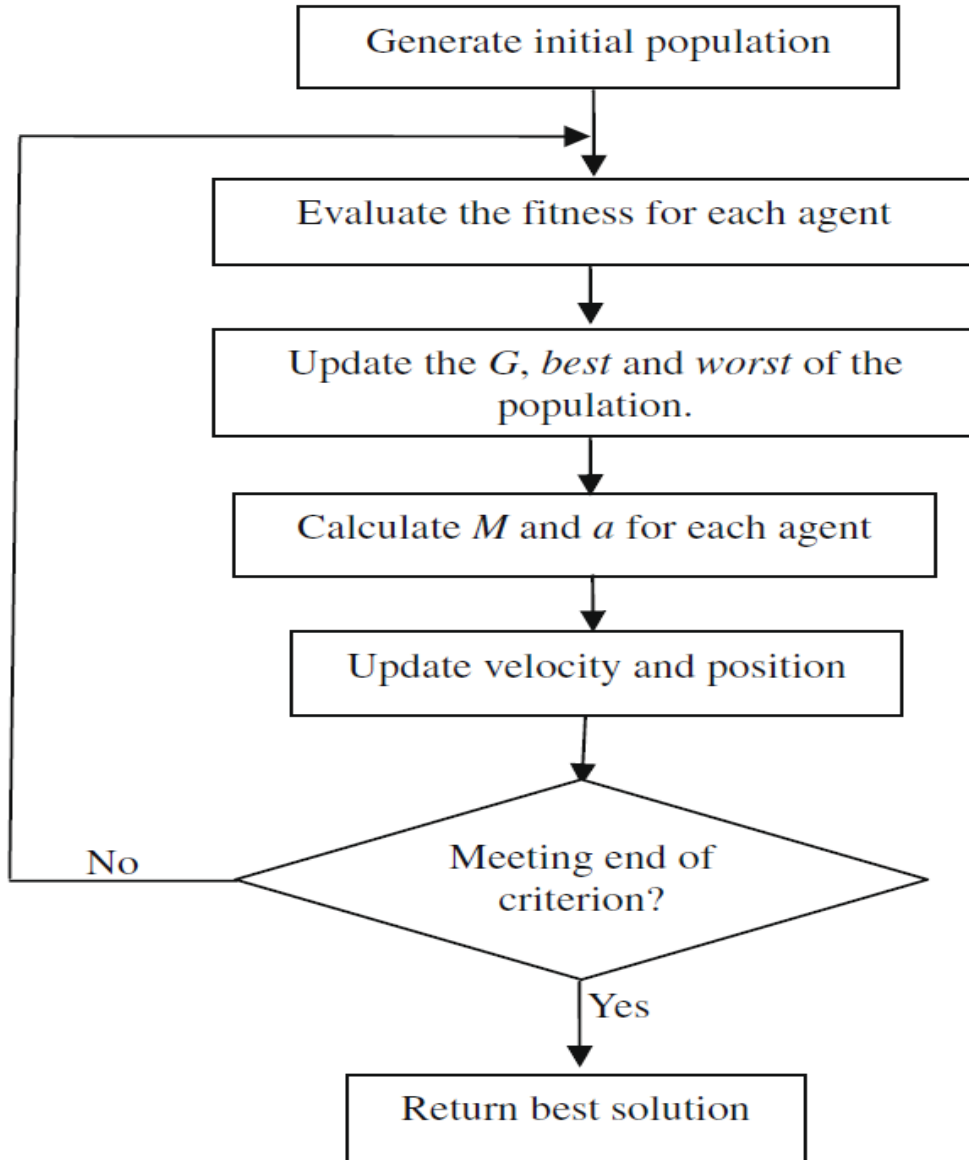
$$F_i^d(t) = \sum_{j \in Kbest, j \neq i} rand_j F_{ij}^d(t),$$

Burada Kbest ilk en iyi uygunluk değerine ve en yüksek ağırlıklı K temsilcilerini ifade eder.

Algoritmanın adımlarını şu şekilde sıralayabiliriz.

- (a) Arama alanını tanımla
- (b) Rastgele başlangıç değerleri ata
- (c) Temsilcilerin uygunluk değerlendirmesi
- (d) $G(t)$, $best(t)$, $worst(t)$ ve $M_i(t)$ değerlerinin 1,...,N e kadar güncellenmesi
- (e) Değişik yönlerdeki toplam gücün hesaplanması
- (f) İvme ve hızın hesaplanması
- (g) Temsilcinin konumunun güncellenmesi
- (h) Kriter erişilene dek c den g ye kadar bu adımları tekrarla
- (i) Bitir.

Aşağıda algoritmanın çalışma prensibi .



Her temsilci bir diğ erinin performansını gözlemleyebildiğ i için yerçekimsel güç bir bilgi-transfer aracıdır.

- Komş u temsilciler bir temsilciyi etkileyeceğ i için o temsilci çevresindeki boş luğ u görebilir.
- Ağ ır bir kütlenin çekim yarıçapına büyük bir etkisi var ve bu nedenle yüksek performanslı temsilcilerin yüksek yerçekimsel kütlesi vardır. Sonuç olarak temsilciler en iyi temsilciye yönelme eğ ilimindedir.
- Eylemsizlik kütlesi hareket karşı tıdır ve kütle hareketini yavaş latır. Bundan dolayı ağır eylemsizlik kütlesine sahip temsilciler yavaş hareket ederler ve bundan dolayı arama uzayları daha lokaldir. Bu uyarlanabilir öğ renme oranı olarak düşün ülebilir.
- Yerçekimsel sabit aramanın doğruluğ unu ayarlar, zamanla değ eri düş er.
- GSA hafızasız bir algoritmadır. Buna rağmen hafızalı algoritmalar kadar verimli çalış ır.
- Biz burada yerçekimsel ve eylemsizlik kütlelerini eş it aldık. Buna rağmen bazı uygulamalar için değ erleri farklı alınabilir. Yüksek eylemsizlik kütlesi temsilcilerin daha yavaş hareket etmesini sağ lar ve bundan ötürü arama hassas olur. Yüksek yerçekimsel kütle temsilcilerde yüksek çekime neden olur ve bundan ötürü arama hızlı olur.

KAYNAKÇA

<http://matlabtools.com/wp-content/uploads/p717.pdf>

GSA: A Gravitational Search Algorithm