



METASEZGİSEL YÖNTEMLER

Endüstriyel Çizelgeleme Dersi

Metasezgisel Yöntemler

- Meta sezgisel yöntemlere örnek olarak
Tavlama Benzetimi
Yasaklı Arama
Genetik Algoritmalar
Karınca Kolonisi Optimizasyonu
Kuş Sürüsü Optimizasyonu vb.
verilebilir.

Çizelgeleme Problemlerinin Çözümünde Metasezgisel Yöntemler

- Sezgisel yöntemler belli bir problem için geliştirilmiş yöntemlerdir.

Örnek: F2//Cmax problemi (2 makinalı akış atölyesi çizelgeleme probleminde Enbüyük Tamamlanma Zamanını enküçükleme) için Johnson Algoritması

- Meta-sezgiseller genel amaçlı algoritmalarlardır. Herhangi bi probleme uyarlanarak kullanılabilir.

Tavlama Benzetimi

Tavlama benzetimi (Simulated Annealing-SA) algoritması, katıların ısıtılması ve sonra kristalleşmeye kadar yavaş yavaş soğutulması ve daha gürbüz bir malzeme elde etme esasına dayanır.

Kirkpatrick ve diğ. tarafından 1983 yılında önerilmiştir.

Tavlama benzetimi yüksek bir sıcaklık değeriyle başlar ve belirlenen bir fonksiyona göre her bir iterasyonda azaltılır.

Sıcaklık parametresi, elde edilen en iyi çözümden daha kötü bir çözümün kabul edilme olasılığını belirlemede kullanılır.

Her bir hesaplama adımında mevcut çözümün komşuları arasından çok sayıda çözüm üretilir.

Yeni çözümler belirlenen ölçütlere göre kabul ya da reddedilir.

Algoritma durma ölçütüne bağlı olarak, örneğin, istenen iterasyona ulaşıldığında ya da sıcaklık minimum değerine ulaştığında ya da istenen çözüme ulaşıldığında sonlandırılır.

Kaynak:

Sarıççek İ., 2018, Özdeş olmayan paralel makina çizelgeleme problemlerinin çözümü için bir karar destek sistemi, *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 24(1), 108-116

SA algoritması sözde kodu

Begin

Başlangıç sıcaklığını (β_1) ve soğutma oranını (α) belirle.

İterasyon sayısını (N) belirle. İterasyon sayısı için sayaç $k \leftarrow 1$.

Sezgisel ya da rasgele bir başlangıç çözüm (S_1) üret.

Eniyi çözüm $Seniyi \leftarrow S_1$

Repeat

S_k ' ya komşu bir çözüm S_c üret ve çözümün

amaç fonksiyonu değerini $G(S_c)$ hesapla.

Eğer $G(Seniyi) < G(S_c) < G(S_k)$ ise $S_{k+1} \leftarrow S_c$

Eğer $G(S_c) < G(Seniyi)$ ise $Seniyi = S_{k+1} \leftarrow S_c$

Eğer $G(S_c) \geq G(S_k)$ ise (0,1) arasında

düzgün dağılan bir U_k rassal sayısı üret

Eğer $U_k \leq P(S_k, S_c)$ ise $S_{k+1} \leftarrow S_c$

$P_{kabul} = \exp[(G(S_k) - G(S_c)) / \beta_k]$;

Aksi halde $S_{k+1} \leftarrow S_k$

Sıcaklığı düşür $\beta_{k+1} \leftarrow \beta_k \cdot \alpha$

İterasyon sayısını bir arttır: $k \leftarrow k+1$

Until $k > N$

$Seniyi$ SA ile bulunan eniyi çözümdür.

End

Kaynak:

Sarıçiçek İ., 2018, Özdeş olmayan paralel makina çizelgeleme problemlerinin çözümü için bir karar destek sistemi,

Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 24(1), 108-116, 2018

Tavlama Benzetimi

- Amaç fonksiyonunda Δ ($f(\text{yeni}) - f(\text{eski})$) kadar kötüleşmeye neden olan hareketin kabul edilmesi olasılığını veren fonksiyona Kabul Fonksiyonu denilmektedir.

T: Sıcaklığa karşılık gelen bir kontrol parametresi olmak üzere

$$P(\text{kabul}) = e^{-\frac{\Delta}{T}}$$

formülü ile hesaplanır.

Tavlama Benzetimi

- Tavlama benzetimine genellikle yüksek bir sıcaklık ile başlanır ve sıcaklık yavaş yavaş düşürülür
- Sıcaklık değeri azaldıkça kabul olasılığı azalacak ve amaç fonksiyonunda kötüleşmeye yol açan hareketler reddedilecektir.

Tavlama Benzetimi

- Böylece

Aramanın başlangıcında amaç fonksiyonunun kötüleşmesine neden olan çözümlerde kabul edilirken

Aramanın sonlarına doğru sadece amaç fonksiyonunda iyileşme sağlayan çözümler kabul edilecektir.

- Kabul edilen kötü çözümler ise çözüm uzayının çeşitli bölgelerinde arama yapılmasını sağlayacak ve algoritmanın yerel en küçüklere takılması engellenmeye çalışılacaktır.

Tavlama Benzetimi

► Parametreler

Başlangıç sıcaklığı(T_0)

Soğutma oranı

Durdurma kriteri

Tavlama Benzetimi

► Başlangıç Sıcaklığı

Sıcaklık kötü çözümlerin kabul edilme olasılığını kontrol etmek için kullanılır.

Başlangıçtaki kötü çözümlerin kabul edilme olasılığının 1'e yakın olabilmesi için başlangıç sıcaklık değeri yeterince büyük olmalıdır.

Çok yüksek başlangıç sıcaklığı, çok uzun hesaplama zamanına veya kötü bir performansa neden olabilir.

Tavlama Benzetimi

► Soğutma fonksiyonu

Soğutma fonksiyonu bir önceki iterasyon sıcaklığına bağlı olarak mevcut iterasyondaki sıcaklığı belirler

Soğutma işlemi iyi kalitede çözümler elde edebilmek için yavaş yavaş yapılmalıdır

Algoritmanın sonlarına doğru sıcaklık, kötü çözümleri kabul etme olasılığı sıfıra yaklaşacak şekilde azaltılmalıdır.

Tavlama Benzetimi

Durdurma Kriteri

- Belirlenen maksimum iterasyon sayısına ulaşılması
- Belirlenen minimum sıcaklığa ulaşılması
- İstenen kriterleri sağlayan çözüme ulaşılması olabilir.

Gezgin Satıcı Probleminin Tavlama Benzetimi ile Çözülmesi

	a	b	c	d	e
a	-	1	3	4	5
b	5	-	3	5	4
c	6	7	-	6	7
d	8	9	10	-	8
e	2	4	8	9	-

Başlangıç çözüm olarak
a-c-b-d-e-a sıralaması alınır

$$Z_0 = 3 + 7 + 5 + 8 + 2 = 25$$

$$\text{Sıcaklık } T = 50, T_{k+1} = T_k * 0.90$$

1. İterasyon

- $T = 50$
- (1-5) aralığında rastgele iki sayı belirliyoruz.
- Seçilen sayılar (2-3) olsun.
- Değişim yapılacak olan sıralamamız: a-c-b-d-e-a
- Yeni sıralamamız; a-b-c-d-e-a $Z_1 = 1 + 3 + 6 + 8 + 2 = 20$ $\Delta z = 25 - 20 = 5$ iyileşme var
 Z_1 değerimiz = 20

2. İterasyon

- $T = 45$
- Rastgele seçilen sayılar (3-4)
- Değişim yapılacak olan sıralamamız: a-b-c-d-e-a
- Yeni sıralamamız a-b-d-c-e-a $Z_2 = 1 + 5 + 10 + 7 + 2 = 25$
- Bir önceki Z değerimizden büyük olduğu için kabul olasılığı yapılır.

- Kabul olasılığı ile kıyaslamak için 0-1 arasında rastgele bir sayı belirleriz.

➤ Sayı 0,842 olsun.

- $\Delta z = 20 - 25 = -5$ $e^{\Delta z/T} = e^{-5/45} = 0.894$ Kabul olasılığı değeri rassal sayıdan büyük olduğu için ($0.894 > 0.842$) yeni Z değeri 25 olarak kabul edilir.

İterasyon 3

- $T = 40,5$
- Rassal sayılar (3-5) olarak seçilsin
- Eski sıralamamız a-b-d-c-e-a $Z_2 = 25$
- Yeni sıralamamız a-b-e-c-d-a $Z_3 = 1 + 4 + 8 + 6 + 8 = 27$ $\Delta z = 25 - 27 = -2$
- Z değerimizde iyileşme olmadığı için kabul olasılığı yapılır. Rassal sayı 0.743 olsun
- $e^{\Delta z/T} = e^{\Delta z/T} = e^{-2/40.5} = 0.951$ K.O > R.S olduğundan yeni Z değerimiz 27 olarak kabul edilir

İterasyon 4

- $T=36.45$
- rassal Sayımız (4-5)
- Eski sıralamamız: a-b-e-c-d-a $Z_3=27$
- Yeni sıralamamız: a-b-e-d-c-a $Z_4=1+4+9+10+6=30$ $\Delta z=27-30=-3$
- Rassal sayı=0.742
- Kabul olasılığı= $e^{\Delta z/T} = e^{-3/36.45} = 0.921$ K.O>R.S
- Yeni Z değerimiz=30'dur.

İterasyon 5

- $T=32.805$
- Rassal olarak (2-3) değişimi seçilir
- Eski Sıralamamız: a-b-e-d-c-a $Z_4=30$
- Yeni Sıralamamız: a-e-b-d-c-a $Z_5=5+4+5+10+6=30$

İterasyon 6

- $T=29,52$
- Eski Sıralamamız:a-e-b-d-e-a $Z_5=30$
- Yeni sıralamamız:a-e-c-d-b-a $Z_6=5+8+6+9+5=33$

Rassal Sayı:0.952

- $K.O = e^{\Delta z/T} = e^{-3/29.52} = 0.903$ $K.O < R.S$ yeni z değeri reddedilir.
- Sonuç:Yapılan 6 iterasyona göre en iyi sıralamayı veren amaç fonksiyonu 1. iterasyonda $Z_1 = 20$ değerini veren
- a-b-c-d-e-a sıralamasıdır.

YASAKLI ARAMA ALGORİTMASI

- Yasaklı Arama Algoritması, Glover tarafından geliştirilmiş bir ileri-sezgisel algoritmadır.
- Temel yaklaşım, daha önce araştırılmış bir çözümün tekrar araştırılması ile oluşacak döngüyü engellemek için tekrarın yasaklanmasıdır. Yasaklanan hareketler tabu listesinde tutulur. Tabu listesinin uzunluğu ve aday çözüm sayısı başlangıçta belirlenmesi gereken parametrelerdir.
- Aday çözüm sayısı bir çözümden türetilerek araştırılacak komşu çözüm sayısını ifade etmektedir. Her iterasyonda aday çözümler içerisinde eniyi amaç fonksiyonu değerine sahip hareket bir sonraki çözümü oluşturmak amacıyla seçilir.

Kaynak:

Sarıççek İ., 2018, Özdeş olmayan paralel makina çizelgeleme problemlerinin çözümü için bir karar destek sistemi, *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 24(1), 108-116

Begin

İterasyon sayısını (N) ve komşu çözüm sayısını (C) belirle

İterasyon sayısı için sayaç $k \leftarrow 1$

Sezgisel ya da rasgele bir başlangıç çözüm (S1) üret. Eniyi çözüm Seniyi $\leftarrow S1$

Repeat

Komşu çözüm sayısı için sayaç $n \leftarrow 1$

Repeat

Sk' ya komşu bir çözüm Sn üret ve çözümün amaç fonksiyonu değerini $G(Sn)$ hesapla

$n \leftarrow n+1$

Until ($n > C$)

Komşu çözümlerden enküçük amaç fonksiyonu değerine sahip olanı seç $G(Sc) \leftarrow \text{Enk } G(Sn)$

Eğer Sk'dan Sc' ye geçiş tabu listesinde yasaklanmadıysa $Sk+1 \leftarrow Sc$

Tabu listesinin başına seçilen çözüme ilişkin hareketin tersini gir

Diğer tabu hareketlerini bir pozisyon ileri kaydır

Tabu listesinin uzunluğuna göre sonuncu hareketi sil

Eğer $G(Sc) < G(\text{Seniyi})$ ise $\text{Seniyi} \leftarrow Sc$

İterasyon sayısını bir artır: $k \leftarrow k+1$

Until ($k > N$)

Seniyi TS ile bulunan eniyi çözümdür.

End

Kaynak:

Sarıççek İ., 2018, Özdeş olmayan paralel makina çizelgeleme problemlerinin çözümü için bir karar destek sistemi, *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 24(1), 108-116, 2018

Örnek Problem

- Örnek problemimizde $1 \mid \sum w_j T_j$ çizelgeleme problemi ele alınsın. Probleme dair veriler Çizelgedeki gibi olsun:

<i>İşler</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
p_j	10	10	13	4
d_j	4	2	1	12
w_j	14	12	1	12

- Komşuluk yapısının, ardışık iki işin yer değiştirdiği; tabu süresinin 2 olup, tabu listesinde yer değiştiren (j,k) is çiftlerine yer verildiği; durdurma kriterinin ise 4 ardıştırma ile sınırlı olduğu bir TS uygulaması ele alınsın. Bu bilgiler dahilinde TS şu şekilde gerçekleşecektir:

Örnek Problem

➤ $S_I = 2, 1, 4, 3$

$$F(S_I) = \sum w_j T_j = 12*8 + 14*16 + 12*12 + 1*36 = 500 = F(S_{eniye})$$


işler	pj	dj	cj	Tj	wj	$\sum w_j T_j$
2	10	2	10	8	12	96
1	10	4	20	16	14	224
4	4	12	24	12	12	144
3	13	1	37	36	1	36
						500

$$F(1, 2, 4, 3) = 480$$

$$F(2, \underline{4}, \underline{1}, 3) = 436 = F(S_{eniye})$$

$$F(2, 1, 3, 4) = 652$$

Tabu listesi: $\{(1,4)\}$



➤ $S_2 = 2, 4, 1, 3$

$$F(S_2) = 436$$

$$F(\underline{4}, \underline{2}, 1, 3) = 460$$

$$F(2, 1, 4, 3) (= 500) \text{ tabu!}$$

$$F(2, 4, 3, 1) = 608$$

$$\text{Tabu listesi: } \{(2,4), (1,4)\}$$

➤ $S_3 = 4, 2, 1, 3$


$$F(S_3) = 460$$

$$F(2, 4, 1, 3) (= 436) \text{ tabu!}$$

$$F(4, \underline{1}, \underline{2}, 3) = 440$$

$$F(4, 2, 3, 1) = 632$$

$$\text{Tabu listesi: } \{(2,1), (2,4)\}$$



➤ $S_4 = 4, 1, 2, 3$ $F(S_4) = 440$

$F(\underline{1}, \underline{4}, 2, 3) = 408 = F(S_{eniye})$

$F(4, 2, 1, 3) (= 460)$ tabu!

$F(4, 1, 3, 2) = 586$

Tabu listesi: $\{(4,1),(2,1)\}$

$F(S_{eniye}) = \mathbf{408}$