

ÇİFT TARAFLI MONTAJ HATTI Dengeleme Problemi İÇİN KARINCA KOLONİSİ OPTİMİZASYONU YAKLAŞIMI

Türkay Dereli, Adil Baykasoğlu, İbrahim Sabuncu

Gaziantep Üniversitesi, Endüstri Mühendisliđi Bölümü, 27310, Gaziantep

Özet: Çift taraflı montaj hattı dengeleme (çift-MHD) problemi, tipik olarak kamyon ve otobüs gibi büyük boyutlu ürünleri üreten fabrikalarda bulunur. Tek taraflı montaj hatları için birçok algoritma ve sezgisel yöntem için önerilmiştir. Fakat çift taraflı montaj hatlarına yönelik çalışmalar çok azdır. Bunun nedeni, çift taraflı montaj hatları dengeleme probleminin, tek taraflı olana göre çok daha zor olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim tek taraflı MHD probleminde önemli olan hangi işin hangi istasyonda işleneceğidir. Çift-MHD probleminde ise hem hangi işin hangi istasyonda işleneceği hem de hangi sırayla işleneceği belirlenmelidir. Bu durumda problem çok daha kompleks ve çözülmesi zor bir hale gelmektedir. Bu çalışmada yeni bir karınca kolonisi optimizasyonu (KKO) sezgisel yaklaşımı ile çift taraflı montaj hatları dengeleme problemlerinin çözülmesine çalışılmıştır. Bu makale, çift taraflı MHD problemine KKO yaklaşımının nasıl uygulanacağını gösteren ilk girişimdir. KKO yaklaşımının çift taraflı MHD problemine uygunluğunu göstermek amacıyla, örnek uygulamalar gösterilmiş ve bilgisayarlı uygulama testleri yapılmıştır. Test problemlerinin çözümünden elde edilen sonuçlar KKO yaklaşımının çift taraflı MHD probleminin çözümü için alternatif bir yöntem olarak kullanılabilirliğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *Karınca Kolonisi Optimizasyonu, Çift Taraflı Montaj Hattı Dengeleme Problemi*

AN ANT COLONY BASED OPTIMIZATION ALGORITHM FOR SOLVING TWO-SIDED ASSEMBLY LINE BALANCING PROBLEMS

Abstract: A two-sided assembly line balancing problem is typically found in plants, which are producing large sized high volume products, for example buses and trucks. A large number of algorithms and heuristics have been proposed to balance one-sided assembly lines. However, little attention has been paid to balancing the two-sided lines. In this study, a new Ant Colony Optimisation (ACO) based heuristic model for solving two-sided assembly line-balancing problems (ALBP) is developed. The paper makes one of the first attempts to show how the ACO can be applied to two-sided ALBP. In the paper, example applications are presented and computational experiments are performed to present suitability of the ACO to solve the two-sided ALBP problems. Promising results are obtained from the solution several test problems.

Keywords: *Two-Side Assembly Line Balancing, Ant Colony Optimisation, Meta-Heuristics*

1. Giriş

Montaj hatları dengelemesi, montaj hattındaki kısıtları uyararak, bir veya daha fazla amacı eniyileyecek şekilde, çeşitli işlerin istasyonlara atanması problemidir. Montaj hatları çift ve tek taraflı hatlar olarak iki sınıfa ayrılabilir. Tek taraflı montaj hattı, montaj hattının sadece bir tarafının kullanıldığı, hat dengeleme probleminin temel ve basit formudur ve bilindiği kadarıyla en yaygın incelenen tipidir. Çift taraflı montaj hattında ise, hattın her iki (sağ ve sol) tarafı da paralel olarak kullanılır. Bu tip montaj hatları, otobüs ve kamyon gibi büyük boyutlu ürünlerin üretildiği fabrikalarda kullanılır. Bu çalışmada çift taraflı montaj hattı dikkate alınmıştır.

Bartholdi (1993), çift-MHD problemini basit bir atama kuralı önererek çözmeye çalışmıştır. Bartholdi (1993)'den sonra, Y.K. Kim, Y. Kim ve Y. J. Kim (2000), çift-MHD problemini çözmek için bir genetik algoritma geliştirmişlerdir. T. O. Lee, Y. Kim ve Y. K. Kim (2001), çift-MHD problemi için bir atama prosedürü üretmişlerdir.

1.1. Çift Taraflı Hat Dengeleme Problemi

Bir çift taraflı montaj hattında, farklı montaj işleri aynı ürün parçasına, paralel olarak hattın çift tarafından, yapılır. Şekil 1'de bir çift taraflı montaj hattı gösterilmiştir. Bir çift doğrudan yüz yüze bakan iş istasyonlarına, örneğin 1 ve 2, arkadaş istasyonlar denir. Bunlardan birine diğersinin eşi denilir.

Çift taraflı montaj hatlarının, tek taraflı olanlardan ana farkı, işlerin işlenme yönü kısıtı olmasıdır. Bazı montaj işlemleri çift taraftan birini tercih eder, bazıları ise her iki tarafta da yapılabilmektedir. Bu durumda işler üç şekilde sınıflandırılır: Sağ(R), Sol(L) ve Her iki (E) tip görevler.

Bu çalışmada çift-MHD problemi şu şekilde tanımlanmıştır. Amaç çevrim süreleri ve öncelik kısıtları dikkate alınarak, tüm işlerin minimum sayıdaki iş istasyonuna atanmasıdır ek olarak iş ilişkisinin (bir birini takip eden işlerin aynı istasyonda yapılması) maksimize edilmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 1. Çift taraflı montaj hattı

2. Çift-MHD Problemi için KKO Yaklaşımı

KKO yaklaşımı, çift-MHD problemine aşağıda açıklandığı şekilde uygulanmıştır:

BAŞLA

Tekrarla

1. Başlangıç değerlerini belirle. İterasyona başla.

Tekrarla

2. Yeni karınca oluştur. Başlangıç değerlerini belirle.

Tekrarla

3. Aday işler listesi A'yı belirle: Tüm işleri kontrol et. Eğer bir iş atanmamışsa ve işin önceli atanmışsa o zaman işi A listesine ekle.

3.1. Eğer A listesi boş ise, adım 4.2'ye git (yeni istasyon aç).

4. Aday işler listesi B'yi belirle: A listesindeki tüm işleri çevrim süresi durumuna göre kontrol et. Eğer iş mevcut istasyon çiftinden (sağ ve sol istasyon) en az birine çevrim süresi kısıtını sağlayarak atanabiliyorsa bu işi liste B'ye ekle.

4.1. Eğer liste B boş ise adım 4.2.'ye git (yeni istasyon aç) aksi halde adım 5'e git.

4.2. Yeni istasyon çifti aç ve adım 3'e git.

5. B aday listesindeki tüm işlerin seçilebilme olasılıklarını, global feromon miktarına, iş ilişkisine ve işlerin konumsal ağırlık değerlerine göre belirle.

6. B listesindeki bir işi, seçilebilme olasılıklarına göre rassal olarak seç.

7. Seçilen işi uygun istasyona ata. Eğer işin tercih edilen montaj yönü sağ(sol) ise işi sağ(sol) istasyona ata. Eğer tercih edilen montaj yönü yoksa (her ikisi yönde uygunsa) adım 7.1'e (istasyon seçimine) git ve işi seçilen istasyona ata.

7.1. Seçilen işi en erken bitirebilecek istasyonu seç. Eğer bitirme süreleri eşit ise rassal olarak bir istasyon seç.

8. Feromon bırak. Değişkenleri güncelle. Sıra numarasını arttır.

Kadar (Tüm işler istasyonlara atanıncaya kadar)

9. Global feromon miktarını güncelle.

10. Mevcut karıncanın çözümü için amaç fonksiyonu değerini hesapla. Eğer global optimumdan daha iyiyse en iyi çözümü mevcut çözüm ile global optimumu da mevcut karıncanın amaç fonksiyonu değeri ile güncelle.

Kadar (Karınca sayısı karınca kolonisi büyüklüğüne ulaşıncaya veya optimum sonuç bulununcaya kadar)

11. Kötü sonuç bulan karıncaları belirle. Bu karıncalar tarafından bırakılan feromonu buharlaştır.

Kadar (İterasyon sayısı iterasyon limitine ulaşıncaya veya optimum sonuç bulununcaya kadar)

BİTİR

3. Bilgisayar Uygulaması

Çift-MHD problemi için geliştirilen KKO algoritmasının etkinliğini test etmek için, 6 test problemi çeşitli çevrim süreleri için çözülmüştür. Toplam 34 adet test yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 1'de önerilen algoritmanın sonuçları Y. K. Kim, Y. Kim ve Y. J. Kim

(2000)'in genetik algoritması (GA) ve T. O. Lee, Y. Kim ve Y. K. Kim (2001)'in grup atama prosedürü ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma bulunan istasyon sayıları ile yapılmıştır. Y. K. Kim, Y. Kim ve Y. J. Kim (2000)'in ve T. O. Lee, Y. Kim ve Y. K. Kim (2001)'in sonuç tablolarında ortalama sonuçlar verilmiştir. Bu nedenle karşılaştırmalarda bu ortalama sonuçları kullanılmıştır. Eğer ortalama sonuç tam sayı değilse, ortalama sonucu tabana yuvarlanmıştır. (Örneğin: 17.7→17; 12.1→12).

Sonuçlardan anlaşılacağı gibi, karınca algoritması 34 testten 25'inde diğer algoritmalar kadar iyi sonuç bulmuş, 6 test problemi için ise diğer algoritmalarından daha iyi sonuçlar elde etmiştir, ve sadece 3 test için diğer algoritmalar kadar iyi sonuç bulunamamıştır. Çözümler genellikle küçük CPU sürelerinde bulunmuştur.

4. Sonuç

Bu çalışmada çift taraflı montaj hattı dengeleme problemi için karınca kolonisi optimizasyonu yaklaşımı kullanılarak yeni bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Önerilen algoritma literatürde bulunan 6 test problemiyle test edilmiştir ve Y. K. Kim, Y. Kim ve Y. J. Kim (2000)'in genetik algoritması (GA) ve T. O. Lee, Y. Kim ve Y. K. Kim (2001)'in grup atama prosedürü ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları, önerilen algoritmanın çift taraflı montaj hattı probleminin çözümü için alternatif çözüm yöntemlerinden biri olabileceğini göstermiştir.

Tablo 1. Bilgisayar Uygulama Sonuç Tablosu

| Problem | Çevrim Süresi | GA | Grup Atama | KKO | CPU Süresi (Saniye) | Problem | Çevrim Süresi | GA | Grup Atama | KKO | CPU Süresi (Saniye) | |
|---------|---------------|----|------------|-----|---------------------|---------|---------------|------|------------|-----|---------------------|--------|
| P9 | 3 | 6 | - | 6 | 0 | P148 | 204 | - | 27 | 26 | 4,39 | |
| | 4 | 5 | - | 5 | 0 | | 255 | - | 21 | 21 | 15,64 | |
| | 5 | 4 | - | 4 | 0 | | 306 | - | 18 | 18 | 50,91 | |
| | 6 | 3 | - | 3 | 0 | | 357 | - | 15 | 15 | 3,78 | |
| P12 | 5 | 6 | - | 6 | 0 | | 408 | - | 14 | 14 | 2,19 | |
| | 6 | 5 | - | 5 | 0 | | 459 | - | 13 | 12 | 180,76 | |
| | 7 | 4 | - | 4 | 0,01 | | 510 | - | 11 | 11 | 15,05 | |
| P20 | 20 | 8 | - | 8 | 0 | | P205 | 1133 | - | 23 | 24 | 451,14 |
| | 25 | 6 | - | 6 | 0,16 | | | 1322 | - | 20 | 22 | 449,27 |
| | 30 | 5 | - | 5 | 0 | | | 1510 | - | 20 | 18 | 288,2 |
| | 35 | 5 | - | 5 | 0 | 1699 | | - | 16 | 18 | 448,28 | |
| | 40 | 4 | - | 4 | 0,01 | 1888 | | - | 16 | 15 | 177,84 | |
| P65 | 326 | - | 17 | 17 | 0,44 | 2077 | | - | 14 | 14 | 7,06 | |
| | 381 | - | 15 | 15 | 0,2 | 2266 | | - | 13 | 12 | 131,3 | |
| | 435 | - | 13 | 13 | 0,09 | 2454 | | - | 12 | 12 | 6,99 | |
| | 490 | - | 12 | 12 | 0,14 | 2643 | | - | 12 | 11 | 68,54 | |
| | 544 | - | 10 | 10 | 2,48 | 2832 | | - | 10 | 10 | 303,63 | |

Kaynaklar

Bartholdi, J. J., Balancing two-sided assembly lines: a case study. International Journal of Production Research, 31, 2447–2461, 1993.

Baykasoğlu, A., Özbakır, L. ve Telcioğlu, M. B., Multiple-rule based genetic algorithm for simple assembly line balancing problems. 5th International Conference on Managing Innovations in Manufacturing (MIM), Milwaukee, Wisconsin, USA, 2002.

Dorigo, M., Caro, G. D. ve Gambardella, L. M., Ant algorithms for discrete optimization. Artificial Life, 5, 137–172, 1999.

Kim, Y. K., Kim, Y. ve Kim, Y. J., Two-sided assembly line balancing: a genetic algorithm approach. Production Planning & Control, 11(1), 44-53, 2000.

Lee, T. O., Kim, Y. ve Kim, Y. K., Two-sided line balancing to maximize work relatedness and slackness. Computer & Industrial Engineering, 40, 273-292, 2001.