



uas12
Üretim Araştırmaları Sempozyumu

XII. ÜRETİM ARAřTIRMALARI SEMPOZYUMU

EDİTÖRLER

İbrahim GÜRLER, Ozan ÇAKIR

YAYINA HAZIRLAYANLAR

Mümin ÖZCAN, R. Altuğ TURAN

27 – 29 EYLÜL 2012

GEDİZ ÜNİVERSİTESİ SEYREK YERLEşKESİ

... BİLDİRİLER ...

A.Ayça Supçiller, O.Polat, Ö.Mutlu

MONTAJ HATTI İŞÇİ ATAMA VE Dengeleme Probleminin Çözümü İçin Hibrit Bir Yaklaşım

Aliye Ayça SUPÇİLLER
Pamukkale Üniversitesi

OlcaY POLAT
Pamukkale Üniversitesi

Özcan MUTLU
Pamukkale Üniversitesi

ÖZET

Montaj hattı işçi atama ve dengeleme problemi (MHİADP), operasyon sürelerinin işçi yeteneklerine göre farklılık gösterdiği montaj hatlarında ortaya çıkmaktadır. Çalışmada bu problemin çözülmesi amacıyla hibrit bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşım üç farklı arama yöntemi (değiştirilmiş ikili arama, genetik algoritma ve tekrarlı yerel arama) dağınık ve etkin bir arama yapabilmek için birlikte kullanılmıştır. Yaklaşım tasarlanırken kodlama, çözümleme, genetik operatörler, başlangıç çözümleri ve yerel arama operatörleri gibi alt modüller MHİADP'in özel yapısına uygun olarak geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşım test problemleri üzerinde denenmiş ve sonuçları verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: *Montaj Hattı Dengeleme, Metasezgiseller, İşçi Atama*

A HYBRID APPROACH FOR THE ASSEMBLY LINE WORKER ASSIGNMENT AND BALANCING PROBLEM

ABSTRACT

The assembly line worker assignment and balancing problem (ALWABP) arises in assembly lines when task times differ depending on operator skills. A hybrid approach is developed to solve the problem. In proposed approach, three search approaches are adopted in order to obtain search diversity and efficiency: modified bisection search, genetic algorithm and iterated local search. When designing the approach, all the parameters such as coding, encoding, genetic operators, construction heuristics and local search operators are adapted specifically to the ALWABP. The proposed approach is used to solve benchmark problem instances and the results are given.

Keywords: *Assembly Line Balancing, Metaheuristics, Worker Assignment*

A.Ayça Supçiller, O.Polat, Ö.Mutlu

1. GİRİŞ

Montaj hatları, üretim sistemlerinin verimliğinde önemli rol oynamaktadır ve bu nedenle hattın tasarım ve dengeleme konusuna duyulan ilgi her geçen gün artmaktadır. Literatürde yapılan çalışmalarda, genellikle görev sürelerinin operatörlerden bağımsız olduğu ve değişmediği varsayılmıştır. Fakat uygulamada, bir görevin süresi, atandığı operatöre bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle, hat dengelemesi yapılırken operatör-görev ilişkisi göz önünde bulundurulmalı ve iş istasyonlarına görevler ve operatörler eş zamanlı olarak atanmalıdır. Montaj hattı işçi atama ve dengeleme problemi (MHİADP) işlemlerin yapılış sürelerinin işlemi yapan operatörün yetilerine bağlı olarak değiştiği montaj hatlarında söz konusu olmaktadır. MHİADP, işlemlerin iş istasyonlarına ve operatörlerin iş istasyonlarına işlemler arasındaki öncelik ilişkileri korunarak belirlenen performans ölçütünü eniyileyecek şekilde atanmasını kapsamaktadır (Miralles vd. 2008). Basit montaj hattı dengeleme problemlerinde olduğu gibi MHİADP 'de de tip 1 ve tip 2 olmak üzere temel iki problem türü söz konusudur. Tip 1, işlem ve operatörlerin iş istasyonlarına, belirlenen çevrim süresi altında iş istasyonu sayısının en küçüklenmesi amacı ile atanmasını kapsamaktadır. Tip 2, işlem ve operatörlerin belli sayıda iş istasyonuna, çevrim süresinin en küçüklenmesi amacıyla atanmasını kapsamaktadır (Moreira vd. 2012).

MHİADP ilk olarak Miralles vd. (2008) tarafından ortaya konulmuştur. Yazarlar, engelli çalışanların montaj hatlarına çevrim süresi en küçüklenerek atanması amacıyla bir tam sayılı programlama modeli önermişlerdir. MHİADP, NP-zor problem olarak tanımlanmış olmasından dolayı problemin çözümünde genellikle metasezgisel yaklaşımlardan faydalanılmıştır. Chaves vd. (2009) kümeli arama ve tekrarlı yerel arama yaklaşımını, Polat (2008) iki seviyeli genetik algoritma yaklaşımını, Moreira ve Costa (2009) tabulu arama yaklaşımını, Blum ve Miralles (2011) tekrarlı işin araması yaklaşımını ve Moreira vd. (2012) hibrit genetik algoritma yaklaşımını problemin çözülmesi amacıyla önermişlerdir.

Bu çalışmanın 2. bölümünde, MHİADP tip 2 'nin çözülmesi için önerilen hibrit yaklaşım tanımlanmıştır. Önerilen yaklaşımla ilgili deneysel çalışmaların sonuçlarına üçüncü bölümde yer verilmiştir. Son bölümde çalışma sonuçları ve gelecek çalışma önerileri verilmiştir.

2. ÖNERİLEN METODOLOJİ

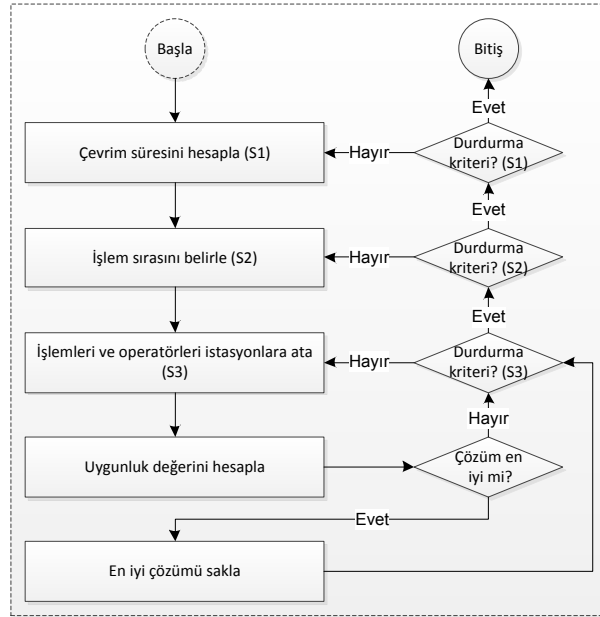
MHİADP'lerin doğası ve kesin çözüm yöntemlerinin çözüm büyüklüğü kısıtlarından dolayı, problemin çözümü için yaklaşık yöntemler ile çözüm aranmaktadır (Miralles vd. 2008). Bu nedenle, bu çalışmada problemin kısa sürede etkin olarak çözülmesi için hibrit metasezgisel çözüm yaklaşımı önerilmiştir.

Önerilen hibrit yaklaşımda üç farklı arama yapısı kullanılmıştır. Birinci yapı (S1), değiştirilmiş ikili arama yöntemiyle çevrim süresini arar, ikinci yapı genetik algoritma yöntemi ile işlem sıralamasını belirler ve üçüncü yapı tekrarlı yerel arama yöntemi ile işlem, operatör ve iş istasyonu atamasını gerçekleştirir. Şekil 1, MHİADP tip 2 probleminin çözülmesi amacıyla geliştirilen yaklaşıma ait çözüm algoritma göstermektedir.

2.1.S1 Yapısı

Önerilen metodolojide S1 yapısı uygun çözüm uzayındaki en düşük çevrim süresini bulmaya çalışmaktadır. Çevrim süresinin en hızlı ve etkin bir şekilde bulunması amacıyla ikili arama yöntemi değiştirilerek kullanılmıştır. İkili arama yöntemi, probleme ilişkin belirlenen alt sınır ve üst sınır değerlerinin toplamının yarısının alınması ile oluşan geçici değer ile çözüme ulaşmayı amaçlamaktadır. Geçici değer uygun sonuç vermesi durumunda, geçici değer üst sınır olarak belirlenir ve aramaya alt-üst sınır değerleri arasındaki fark bir birimin altında kalıncaya kadar devam edilir. Geçici değer uygun çözüm vermemesi durumunda ise geçici değer alt sınır olarak belirlenir ve aramaya daha önce tanımlandığı gibi devam edilir. Bu çalışmada kullanılan değiştirilmiş ikili arama yönteminde ise ikili arama yönteminde olduğu gibi üst ve alt sınır değerleri belirlenir, ancak arama ilk olarak tanımlanan beklenen çevrim süresi değeri ile başlatılır. Aramaya alt ve üst sınır değerleri arasındaki fark 0.2 birim kalıncaya kadar devam edilir.

A.Ayça Supçiller, O.Polat, Ö.Mutlu



Şekil 1. MHIADP için çözüm algoritması

2.2.S2 Yapısı

Önerilen metodolojide S2 yapısı işlemler arasındaki öncüllük ilişkilerine en uygun işlem sıralamasını bulunması amacıyla çalışmaktadır. Bu amaçla, Goldberg (1989) tarafından geliştirilen genetik algoritma (GA) yaklaşımı kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında geliştirilen GA yaklaşımında, kromozom yapısı olarak, işlem sırası temelli bir kodlama tercih edilmiştir. Başlangıç toplumunda yer alan kromozomlar, işlemler arasındaki öncüllük ilişkileri daima korunarak rastsal olarak oluşturulmuştur. Oluşturulan kromozomların uygunluk değerlerinin belirlenmesi için S3 yapısında yer alan tekrarlı yerel arama yönteminden faydalanılmıştır.

Çaprazlama genetik operatörü olarak öncelik ilişkilerini koruyan, Polat (2008) tarafından geliştirilen değiştirilmiş tek noktalı soldan çaprazlama yöntemi kullanılmıştır. Mutasyon operatörü olarak öncelik ilişkilerini koruyan Chan vd. (1998) tarafından geliştirilmiş karışık alt liste mutasyonu kullanılmıştır.

Çalışmada elitist strateji izlenmiş, en iyi iki kromozom sonraki nesillere aynen aktarılmıştır. Eşleme havuzunun oluşturulması için Goldberg (1989) tarafından geliştirilmiş standart sapma kadar azaltma - σ -truncation yöntemi kullanılmış ve eşleme çiftlerinin belirlenmesi için *rulet tekeri* yöntemi kullanılmıştır. Gelecek nesillerin %90'ı bu yöntemle oluşturulmuş, kalan %10'luk nesil, başlangıç çözümünde olduğu gibi rastsal olarak oluşturulmuştur. S2 yapısında yer alan GA için üç temel durdurma kriterlerinden yararlanılmıştır. Bu kriterlerden birincisi, S1 durdurma kriterinin sağlanması, ikincisi belirlenen tekrar sayısına ulaşılması, üçüncüsü ise tanımlanan CPU zaman sınırına ulaşılmasıdır.

2.3.S3 Yapısı

Önerilen metodolojide S3 yapısında tekrarlı yerel arama (TYA) yöntemi, işlemlerin ve operatörlerin iş istasyonlarına en uygun bir şekilde atanması amacıyla kullanılmaktadır. TYA, belirlenmiş bir başlangıç çözümü üzerinden değişken yerel arama yöntemleri kullanarak etkin ve hızlı bir çözüme ulaşmayı hedeflemektedir.

Başlangıç çözümünün oluşturulmasında, S1 yapısından gelen çevrim süresi ve S2 yapısından gelen işlem sıralamasına göre en çok işlemi yapan uygun (atandığı tüm işlemleri yapabilecek yetiye sahip) operatörün ilgili istasyona atanması temelli bir algoritma kullanılmıştır. Bulunan başlangıç çözümü TYA yöntemi ile bir durdurma kriterine ulaşıncaya kadar geliştirilmektedir. Önerilen TYA yönteminde, üç adet yerel arama yöntemi (k_1 : ikili yer değiştirme, k_2 : ters çevirme, k_3 : yerine koyma) operatör ataması amacıyla sırası ile kullanılmıştır.

Kromozomların uygunluk değerleri, bir işlem-operatör-istasyon atama matrisi yardımıyla bulunmaktadır. S1 yapısında elde edilen çevrim süresi, S2 yapısından gelen işlem sıralaması ve TYA'daki operatör ataması kullanılmasıyla oluşturulan bu matriste; işlemler ve operatörler istasyonlara çevrim süresi

A.Ayça Supçiller, O.Polat, Ö.Mutlu

gözetilerek atanmaktadır. Ancak son istasyona işlemlerin atanmasında çevrim süresi kısıdı gözetilmemektedir. Bu atama yöntemi yardımıyla son istasyon süresi, çevrim süresini aşmayan işlem-operatör-istasyon matrisinin bulunması amaçlanmaktadır. Bu amaçla oluşturulan uygunluk fonksiyonu; son istasyon süresinin, çevrim süresini aşma miktarının (FS) cezalandırılması ile elde edilmiştir. S3 yapısında yer alan TYA için üç temel durdurma kriterinden yararlanılmıştır. Bu kriterlerden birincisi son istasyon süresi çevrim süresini aşmayan bir atamanın bulunması, ikincisi işlem sayısı kadar gelişmenin olmadığı tekrar yapılması, üçüncüsü ise tanımlanan CPU zaman sınırına ulaşılmasıdır. TYA yaklaşımı ile elde edilen en iyi çözüm, S2 yapısından gelen işlem sıralamasının bulunduğu kromozoma ait uygunluk değerini temsil etmektedir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Geliştirilen hibrit yaklaşım, Visual C# 4.0 yazılımı ile Intel Core 2 Duo 2.0 GHz işlemciye ve 2 GB RAM 'e sahip bir bilgisayarda modellenmiştir. Geliştirilen yaklaşım, Chavez vd. (2007) tarafından geliştirilen MHİADP karşılaştırma problemleriyle test edilmiştir. Kullanılan test problemleri Roszieg ve Heskia, olmak üzere iki farklı problem ailesine sahiptir. Her bir aile 8 farklı örnek grubuna ve her grup 10 farklı örnek test problemine sahiptir.

Geliştirilen yaklaşımın test parametrelerinin belirlenmesi amacıyla deneysel çalışmalar yapılmış ve farklı parametre düzeyleri test edilmiş ve en uygun parametre düzeyleri belirlenmiştir.

Tablo 1, hibrit yaklaşımın MHİADP karşılaştırma problemleri için 10 tekrar ile elde ettiği sonuçları göstermektedir. Sonuçlar göstermiştir ki; Roszieg ve Heskia aileleri için Blum ve Miralles (2011) tarafından CPLEX yardımıyla bulunan kesin çözümlere, geliştirilen yaklaşım ile 2 saniyem altındaki sürelerle ulaşılmıştır. Daima uygun çözüm uzayında arama yapmaya izin veren kromozom yapısı ve probleme özel olarak geliştirilen değiştirilmiş ikili arama, genetik algoritma ve yerel arama operatörleri, geliştirilen yaklaşımın çözüm hızını ve kalitesini iyileştirmektedir. Genel itibari ile yaklaşım, küçük boyutlu Roszieg ve Heskia ailelerindeki 16 problem grubunun tamamında bilinen kesin çözümlere kabul edilebilir süreler içerisinde ulaşmıştır.

Ayrıca yaklaşım, farklı rastsal sayı çekirdekleri ile gerçekleştirilen tekrarlarla kesin çözümü elde etmeyi sürdürmüştür. Bu sonuçlar göstermektedir ki, geliştirilen yaklaşım rastsallıktan bağımsız etkin, hızlı ve gürbüz bir yaklaşımdır.

Tablo 1. MHİADP Karşılaştırma Problemleri Sonuçları

Roszieg						Heskia					
Gr.	N	H	En.	Ort	t(s)	Gr.	N	H	En.	Ort	t(s)
1	25	4	20,1	20,1	0,3	9	28	4	102,3	102,3	1,7
2	25	4	31,5	31,5	0,3	10	28	4	122,6	122,6	0,9
3	25	4	28,1	28,1	0,3	11	28	4	172,5	172,5	1,7
4	25	4	28,0	28,0	0,2	12	28	4	171,2	171,3	1,4
5	25	6	9,7	9,7	0,5	13	28	7	34,9	34,9	0,9
6	25	6	11,0	11,0	0,5	14	28	7	42,6	42,6	1,1
7	25	6	16,0	16,0	0,5	15	28	7	75,2	75,2	0,9
8	25	6	15,1	15,1	0,5	16	28	7	67,2	67,2	1,4

Gr.: Grup numarası; N: işlem sayısı; H: operatör sayısı; En.: 10 tekrar ile elde edilen grup içi en düşük sonuçların ortalaması; Ort: 10 tekrar ile elde edilen grup içi ortalama sonuçların ortalaması; t(s): grup içi en düşük sonuçların bulunmasının CPU süresi ortalaması

4. SONUÇ

Bu çalışmada, montaj hattı işçi atama ve dengeleme problemlerinin çözümü için üç yapıli hibrit bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yaklaşım problemin çevrim süresini hesaplayıcı yapı, işlem sıralamasını belirleyici yapı ve işlem-operatör-istasyon atamasını yapan yapı yardımıyla probleme çözüm aramaktadır. Geliştirilen yaklaşım, literatürdeki 16 test problemi grubu için en iyi çözümleri oldukça düşük hesaplama süreleri ile yakalamıştır.

Gelecek çalışmalarda, önerilen yaklaşımın, daha büyük boyutlu Wee-mag ve Tonge ailelerini de içerecek şekilde tüm problem grupları için en iyi çözümleri bulması amacıyla geliştirilmesi önerilmektedir. Böylece literatürdeki diğer çalışmalarla etkin bir karşılaştırma yapılabilecektir.

A.Ayça Supçiller, O.Polat, Ö.Mutlu

KAYNAKLAR

- Blum, C. ve C. Miralles (2011). "On solving the assembly line worker assignment and balancing problem via beam search." *Computers and Operations Research* 38: 328–339.
- Chaves, A.A., C. Miralles, L.A.N. Lorena. (2007). Clustering search approach for the assembly line worker assignment and balancing problem. *Proceedings of the 37th International Conference on Computers and Industrial Engineering*, Alexandria, Mısır.
- Chaves, A.A., L.A.N. Lorena, C. Miralles. (2009). "Hybrid metaheuristic for the assembly line worker assignment and balancing problem." *Lecture Notes in Computer Science* 5818: 1-14.
- Chan, C. C. K., P. C. L. Hui, K.W. Yeung, F.S.F. Ng (1998). "Handling the assembly line balancing problem in the clothing industry using a genetic algorithm." *International Journal Of Clothing Science And Technology* 10(1): 21-37.
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*. Reading, Massachusetts, Addison-Wesley.
- Miralles, C., J. P. Garcia-Sabater, C. Andres, M. Cardos. (2008). "Branch and bound procedures for solving the assembly line worker assignment and balancing problem: Application to sheltered work centers for disabled." *Discrete Applied Mathematics* 156: 352-367.
- Moreira, M. C. O. ve A. M. Costa (2009). A minimalist yet efficient tabu search for balancing assembly lines with disabled workers. *Anais do XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Porto Seguro, Brazil.
- Moreira, M. C. O., M. Ritt, A.M. Costa, A.A. Chaves. (2012). "Simple heuristics for the assembly line worker assignment and balancing problem." *Journal of Heuristics* DOI 10.1007/s10732-012-9195-5.
- Polat, O. (2008). Montaj hattı işçi atama ve dengeleme problemlerinin genetik algoritmalarla çözülmesi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği A.B.D. Başkanlığı, Yüksek Lisans Tezi (155 Sayfa)