

9. ULUSAL ÜRETİM ARAŞTIRMALARI SEMPOZYUMU

15-17 Ekim 2009

ÜAS 2009

BİLDİRİLER KİTABI

Editörler:

Prof.Dr. Nihat YÜZÜGÜLLÜ
Yrd.Doç.Dr. Servet HASGÜL

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

MONTAJ HATTI İŞÇİ ATAMA VE DENGELEME PROBLEMİNİN GENETİK ALGORİTMALAR İLE ÇÖZÜMÜ

Özcan MUTLU, Olcay POLAT

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü,
Kınıklı, 20020 Denizli

e-posta: mutlu@pau.edu.tr, opolat@pau.edu.tr

ÖZET

Çoğu montaj hattı dengeleme probleminde işlem sürelerinin kesin olarak bilindiği ve değişmediği varsayılır. Fakat uygulama işlem süreleri işi yapan işçiye bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle, hat dengelemesi yapılırken aynı zamanda işçilerin de hangi istasyonlara atanacağını belirlemek gerekmektedir.

Bu çalışmada, montaj hattı dengeleme problemi ve işçi atama problemi eş zamanlı olarak ele alınmıştır. Problemden, istasyon sayısının bilindiği ve istasyonlarda çalışacak işçilerin tüm görevleri yapabileceği fakat işlem sürelerinin birbirinden farklı olduğu varsayılmış ve çevrim süresini enküçükleyecek şekilde görevlerin ve işçilerin iş istasyonlarına atanması amaçlanmıştır. Problemin çözümü için iki aşamalı bir genetik algoritma yöntemi kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler: Montaj hattı dengeleme, İşçi atama, Genetik algoritma

1. GİRİŞ

Montaj işleminin yapılabilmesi için gerekli işler, bu işlerin aldıkları süreler ve aralarındaki öncelik ilişkileri verildiğinde, işlerin bir performans ölçütünü eniyileyecek şekilde sıralı iş istasyonlarına atanması, montaj hattı dengeleme problemi olarak tanımlanmaktadır (Ağpak vd 2002).

Montaj hatları, üretim sistemlerinin verimliliğinde 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 gösterebilir. Bu nedenle, hat dengelemesi yapılırken operatör-görev ilişkisi göz önünde bulundurulmalı ve iş istasyonlarına görevler ve operatörler eş zamanlı olarak atanmalıdır. Bu problem, montaj hattı işçi atama ve dengeleme (MHİAD) problemi olarak isimlendirilmektedir.

Bu çalışmada, MHİAD problemi için bir matematiksel model geliştirilmiş bu modelin çözümü için iki aşamalı genetik algoritma kullanılmıştır.

2. MONTAJ HATTI İŞÇİ ATAMA VE DENGELEME PROBLEMİ

MHİAD problemi genel olarak şu şekilde tanımlanabilir: n görev, s adet iş istasyonuna atanacaktır. İş istasyonlarında çalışmak üzere h işçi bulunmaktadır ($s \leq h$). İşçiler tüm görevleri yapabilmekte fakat görev süreleri farklılık göstermektedir. Problemin

amacı, çevrim süresini enküçükleyecek şekilde işçi ve görev atamasını belirlemektedir. MHIAD problemi yeni konu olup, bu konuda literatürde çok fazla bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Bu konuda yayımlanan bir çalışma Miralles vd. (2008) tarafından yapılmıştır.

Bu çalışmada çevrim süresini ve hat denge kaybını enküçükleyen bir problem ele alınacaktır. Problemin karar modeli aşağıdaki gibidir.

- N : görev kümesi
 H : işçi kümesi
 S : iş istasyonu kümesi
 p_{hi} : h işçisinin i görevini tamamlama süresi
 D_j : j görevinden önceki görevler kümesi
 C : çevrim süresi
 A : denge kaybı
 x_{shi} : 1 eğer i görevi h işçisi tarafından s istasyonunda yapılırsa; 0 diğer durumlarda.
 y_{sh} : 1 eğer h işçisi s istasyonuna atanır ise; 0 diğer durumda

$$\min(\alpha C + \beta A) \quad (1)$$

$$\frac{\sum_{s \in S} (C - \sum_{h \in H} \sum_{i \in N} p_{hi} x_{shi})^2}{|S|} \leq A \quad (2)$$

$$\sum_{h \in H} \sum_{s \in S} x_{shi} = 1 \quad \forall i \in N \quad (3)$$

$$\sum_{s \in S} y_{sh} \leq 1 \quad \forall h \in H \quad (4)$$

$$\sum_{h \in H} y_{sh} \leq 1 \quad \forall s \in S \quad (5)$$

$$\sum_{h \in H} \sum_{s \in S} s x_{shi} \leq \sum_{h \in H} \sum_{s \in S} s x_{shj} \quad \forall i, j | i \in D_j \quad (6)$$

$$\sum_{i \in N} p_{hi} x_{shi} \leq C \quad \forall h \in H \quad \forall s \in S \quad (7)$$

$$\sum_{i \in N} x_{shi} \leq M y_{sh} \quad \forall h \in H \quad \forall s \in S \quad (8)$$

Modelde 1 amaç fonksiyonu çevrim süresini ve denge kaybını enküçüklemeye çalışmaktadır. 2 nolu kısıt istasyonlar arasında denge kayıplarının mümkün olduğunca eşit olmasını sağlar. 3 nolu kısıt her bir görevin bir işçiye ve bir iş istasyonuna atanmasını sağlar. 4 nolu kısıt bir işçinin en fazla bir iş istasyonuna atanmasını sağlar. 5 nolu kısıt bir iş istasyonuna en fazla bir işçi atanmasını sağlar. 6 nolu kısıt öncelik ilişkilerini temin eder. 7 nolu kısıt istasyon sürelerinin çevrim süresinden küçük olmasını sağlar. 8 nolu kısıt bir görev bir istasyonuna ve bir işçiye atanmış ise karşı gelen y_{sh} değerinin 1 olmasını sağlar.

3. MHIADP İÇİN TASARLANAN GENETİK ALGORİTMA

Yukarıda matematiksel modeli verilen problemi çözmek için içiçe iki aşamalı bir genetik algoritma (GA) tasarlanmıştır. Birinci aşamada yer alan genetik algoritma (GA1), öncelik ilişkilerini dikkate alarak görevlerin atama sırasını belirlemekte, ikinci aşamada yer

alan genetik algoritma (GA2) ise istasyonlara işçi atamasını gerçekleştirmektedir. Tasarlanan genetik algoritmanın akış şeması Ek 1’de verilmektedir.

3.1. GA2 Algoritması

GA1 algoritmasıyla, öncelik ilişkileri dikkate alınarak görevlerin iş istasyonlarına atanma sıraları tespit edilmektedir. Bu nedenle GA1 algoritmasında, kromozom yapısı olarak, görev temelli bir kodlama tercih edilmiştir. Bu kromozomda, genler görevlerin atama sıralamasını temsil etmektedir. Kromozomun uzunluğu montaj hattındaki görev sayısına eşittir. Şekil 1’de örnek bir kromozom yapısı yer almaktadır.

Sıra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Görev	1	4	8	2	3	5	7	6	11	10	9	12	13

Şekil 1. Görev temelli kromozom gösterimi

GA1 ile problemin çözümü araştırılırken, teorik olarak en küçük çevrim zamanından başlanılmaktadır. Eğer bu çevrim süresi için bir çözüm bulunamaz ise çevrim süresi arttırılarak yeniden arama yapılmaktadır. Çevrim süresi için en küçük teorik değer minimum görev süreleri dikkate alınarak belirlenmektedir. GA1’in ikinci adımında görevlerin iş istasyonlarına atanma sıraları belirlenmektedir. Bu sıralama yapılırken öncelik ilişkileri korunacak şekilde görevler rassal olarak belirlenmektedir. Belirlenen sıralamanın uygunluk değeri GA2 algoritması ile bulunmaktadır. Toplumdaki bireyler elitizm, çaprazlama ve mutasyon işlemleri yapılarak uygunluk değerleri iyileştirmeye çalışılmaktadır. Durdurma kriterine ulaşıldığında çevrim süresi geçmeyecek şekilde bir atama bulunamamış ise bu durumda çevrim süresi bir birim arttırılmaktadır (bkz. Ek 1.) GA1 algoritması, herhangi bir istasyonun toplam süresinin, çevrim zamanını aşmayacak şekilde bir atama buluncaya kadar devam etmektedir.

GA1’de yeni nesil oluşturulurken, seçim havuzundan çaprazlamaya girecek bireylerin belirlenmesi için rulet tekeri ve turnuva seçimi yöntemleri kullanılmıştır. Çaprazlama yöntemi olarak tek noktalı sağdan ve tek noktalı soldan çaprazlama olmak üzere iki farklı çaprazlama yöntemi kullanılmıştır (Tusujimura vd. 1995). Her iki çaprazlama yöntemi ile elde edilen çocuklarda öncelik ilişkilerini sağlamaktadır. Böylece öncelik ilişkileri açısından bireylerin uygunluğu nesilden nesile sürekli olarak korunmaktadır.

Mutasyon operatörü olarak, karışık alt liste mutasyonu (Scramble Sublist Mutation SSM) (Chan vd. 1998) ve karışık mutasyon (Scramble Mutation, SM) (Sabuncuoğlu vd. 2000) kullanılmıştır.

3.2. GA2 Algoritması

GA2 algoritmasıyla, GA1 algoritmasında belirlenen görev atama sıralaması dikkate alınarak işçi ataması gerçekleştirilmektedir. Daha sonra, işçi ataması sonucunda, GA1 ile elde edilen birey için en iyi uygunluk değeri hesaplanmaktadır. GA2 algoritmasında kromozom yapısı olarak istasyon temelli bir kodlama tercih edilmiştir. Bu kodlamada genler, iş istasyonlarını, genlere atanan değerler ise işçileri temsil etmektedir. Şekil 2’de örnek bir işçi atama kromozom yapısı yer almaktadır.

İş İstasyonu	1	2	3	4
İşçi no	1	3	4	2

Şekil 2. İş istasyonu temelli kromozom gösterimi

İşçi ataması yapılırken, her iş istasyonuna bir işçi atanacak şekilde işçiler arasından rassal olarak seçilmektedir. Bu nedenle, her bir kromozom işçilere ait bir permutasyona karşı gelmektedir.

İstasyonlara işçi ataması yapıldıktan sonra görevlerin atanmasına geçilmektedir. Bunun için, ilk önce birinci istasyona atanan işçinin görev süreleri dikkate alınarak, çevrim süresini aşmayacak şekilde görevler birinci iş istasyonuna atanır. Birinci istasyonda kalan süre, bir sonraki işin atanması için yeterli değil ise ikinci istasyona geçilir ve ikinci istasyona atanan işçinin görev süreleri dikkate alınarak atama işlemine devam edilir. Bu işlemlere son istasyona kadar tekrar edilir. Sonuncu istasyona, çevrim süresi dikkate alınmadan, geriye kalan görevlerin tümü atanır. Bu durumda, son istasyonun toplam süresi, çevrim süresini aşabilir ki bu arzu edilen bir sonuç değildir.

İşçi ve görev ataması yapıldıktan sonra artık bu atama için uygunluk değeri hesaplanabilir. Daha önce belirtildiği gibi bu çalışmada çevrim süresi ve hat denge kayıplarının minimizasyonu amaçlanmaktadır. Bu nedenle uygunluk fonksiyonu (UF) olarak aşağıdaki fonksiyon kullanılmıştır.

$$UF = (P_1)(FS) + P_2 \left(\sum_{s \in S} (C - \sum_{h \in H} \sum_{i \in N} P_{hi} x_{shi})^2 / |S| \right)$$

Burada FS , son istasyonun toplam sürenin çevrim zamanını geçen miktarıdır ve $P_1 \geq P_2$ olmak üzere sırasıyla, çevrim süresi ve hat dengesizliği için ceza katsayılarıdır. Uygunluk fonksiyonunda, ilk terim, çevrim süresini aşan çözümleri cezalandırmaktadır, böylece çevrim zamanının aşılması engellenilmektedir. İkinci terim ise hat dengesizliğini enküçüklemeyi sağlamaktadır.

GA2 algoritmasında Çaprazlama operatörü olarak permutasyon kodlaması için uygun olan kısmi eşleştirilmiş çaprazlama (partially matched crossover, PMX) (Goldberg vd. 1985) ve sıra çaprazlama (order crossover, OX) (Davis 1991) olarak isimlendirilen iki çaprazlama yöntemi kullanılmıştır. Her iki operatör de, bir işçinin birden fazla istasyona atanması engel olduğu için tercih edilmiştir. Mutasyon operatörü olarak ikili yer değiştirme (SWAP) ve yerine koyma metotları kullanılmıştır.

4. UYGULAMA

MHIADP için geliştirilen GA, Matlab R2007a programlama dili kullanılarak kodlanmıştır. Modelin uygulaması için 45 görevden oluşan Killbridge test problemi ele alınmış ve MHIADP problemine uygun hale getirilmiştir. Tablo 1'de Killbridge 45 test probleminin farklı iş istasyonları için bulunan en iyi çözümleri ve MHIAD problemi için geliştirilen GA sonucunda bulunan çözümler verilmektedir.

Tablo 1'den görüldüğü gibi, geliştirilen GA, farklı istasyon sayısı için MHIAD problemi için de her defasında eniyi çözümü bulmaktadır. Bu çalışmada, ayrıca GA için eniyi parametre seti araştırılmıştır. Bu amaçla algoritmada kullanılan parametreler için L32 Taguchi deney tasarımı kullanılmıştır. Deneyin çıktısı olarak eniyi çözüme ulaşma süresi alınmıştır. İstatistiksel analizler sonucunda bazı parametrelerin eniyi değeri Tablo 2'deki gibi bulunmuştur.

Tablo 1. MHİAD problemi için en iyi çözümler

İstasyon Sayısı	Eniyi Çözüm	MHİADP için bulunan eniyi çözüm
3	184	184
4	138	138
5	111	111
6	92	92
7	79	79
8	69	69
9	62	62
10	56	56

Tablo 2. Eniyi parametreler

Parametre	GA1	GA2
Toplum büyüklüğü (görev veya işçi istasyon sayısının katı olarak)	5 katı	5 katı
İterasyon Sayısı	500	50
Seçim Yöntemi	Turnuva	Turnuva
Elit Oranı	0.02	0.02
Çaprazlama Oranı	0.7	0.7
Çaprazlama Taktiği	Tek sağ	PMX
Mutasyon Oranı	0.1	0.05
Mutasyon Taktiği	SSM	Swap

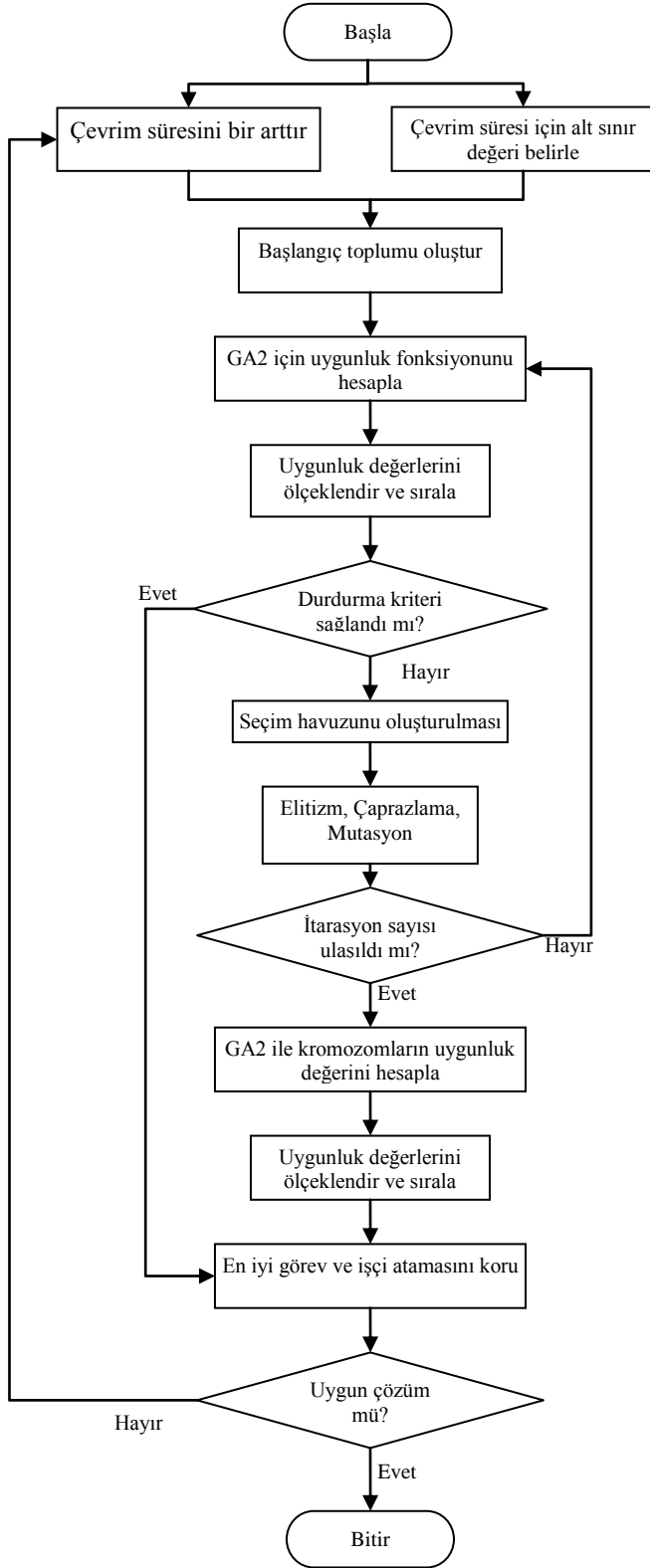
5. SONUÇ

Bir işin görev süresi, atandığı istasyonda çalışan işçiye bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Klasik hat dengeleme problemlerinde bu gerçek çoğu zaman ihmal edilmektedir. Bu çalışmada, işçi atamasını ve hat dengelemesini aynı anda gerçekleştiren bir yöntem önerilmektedir.

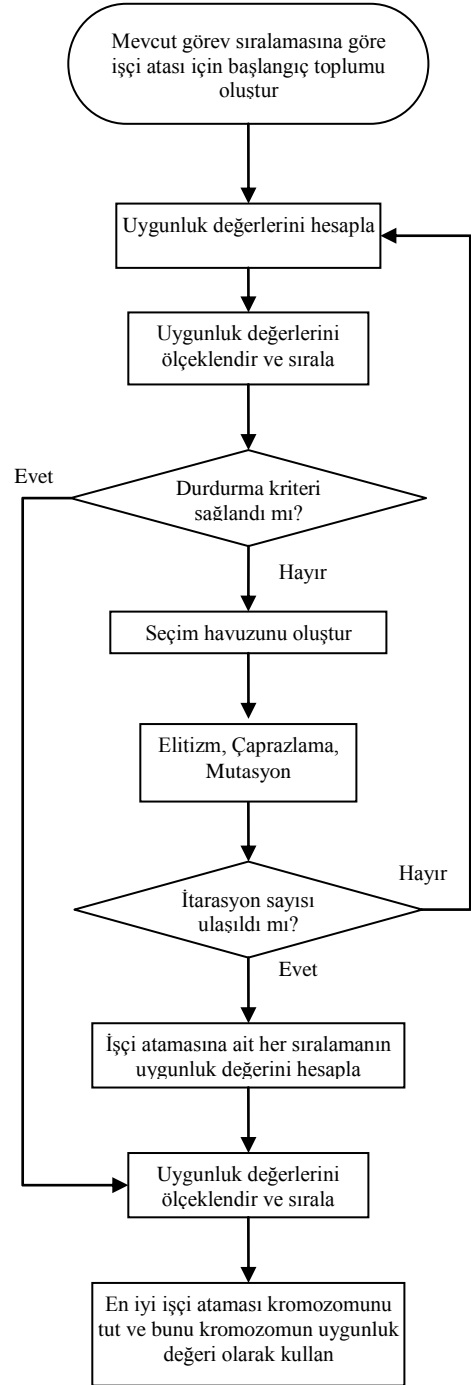
KAYNAKLAR

- Ağpak, K. ve Gökçen, H. (2002) “Basit U Tipi Montaj Hattı Dengeleme Problemine Bulanık Programlama Yaklaşımı”, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 4:29-40
- Chan, C. C. K., Hui, P. C. L., Yeung, K.W., Ng, F. S. F. (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.
- Davis, L. (1991) Handbook of Algorithms, Van Nostrand Reinhold, New York, USA
- Goldberg, D. Linge, R. (1985) “Alleles, loci and the travelling salesman problem”, In Proceedings of the Second International Conference on Genetic Algorithms, Mahwah, NJ.
- Miralles, C., García-Sabater, J. P., Andrés, C., Cardós, M. (2008) “Branch And Bound Procedures For Solving The Assembly Line Worker Assignment And Balancing Problem: Application To Sheltered Work Centres For Disabled”, Discrete Applied Mathematics, 156:352 – 367
- Tsujimura, Y., Gen, M. And Kubota, E. (1995) “Solving Fuzzy Assembly-Line Balancing Problem with Genetic Algorithms”, Computers And Industrial Engineering, 29:543-550

EK 1. MHİADP için tasarlanan GA akış şeması



GA1 Algoritması



GA2 Algoritması