

TEK MODELLİ VE KARIŞIK MODELLİ MONTAJ HATTI DENGELEMEDE KUTU İÇİ MALZEME MİKTARININ OPTİMİZASYONU

Â. Yurdun Tülin GÜNDÜZ İlkay H. Kurtuluş Merve Galip
ORBAK CENGİZ ULUSOY AKGÖZ KİRİŞ İRİCE

*Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Endüstri Mühendisliği Bölümü, Görükle, 16059 Bursa
orbak@uludag.edu.tr tg@uludag.edu.tr*

ÖZET

Günümüzde yatırım maliyeti yüksek olan sistemlerde düşük kapasite kullanımı ve verimsiz çalışmanın maliyeti oldukça yüksektir. Bu nedenle montaj hatlarının zaman, yer, konum vb. kısıtlar altında verimli ve düzenli bir şekilde çalışabilmesi için montaj hatlarının tasarımındaki ana amaçlardan biri, her istasyona eşit miktarda iş dağıtımını yapılabilmesidir. Bu çalışmada, otomotiv yan sanayiinde üretim yapan bir firmanın tek modellenli ve karışık modellenli iki montaj hattının dengeleme problemi ele alınmıştır. Tek modellenli montaj hattında öncelik diyagramları oluşturulmuş ve Hoffman yöntemine göre hat dengeleme problemi incelenmiştir. Karışık modellenli montaj hattında ise sıralanmış pozisyon ağırlıkları yöntemi kullanılarak hat dengelemesi yapılmıştır. C# programlama dili ile algoritma yazılmış ve kutu içi malzeme miktarları optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonunda ulaşılan hat etkinliği değerleri verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Hat dengeleme, pozisyon ağırlığı, Hoffman sezgisel algoritması

1. GİRİŞ

Günümüzün rekabetçi ortamında işletmelerin kalite ve verimliliklerini arttırmaları zorunlu hale gelmiştir. Üretim yapan işletmelerin kalite ve verimliliği arttırabilmeleri üretimde yapılacak iyileştirmelerle mümkündür. Söz konusu iyileştirmelerin kapsamı oldukça geniş olmakla birlikte, verimliliği amaçlayan çalışmaların bir bölümü üretim hatlarının çalışma sistemlerine yöneliktir. Bu çalışmalardan biri de “Montaj Hattı Dengeleme” dir. Montaj hattı dengeleme, ilk olarak Bryton’ un tezinde ortaya koyduğu (1954) bir fikir olarak karşımıza çıkmaktadır. Yayınlanmış ilk bilimsel çalışma ise Salveson’ a aittir (1955) (Ağpak ve Gökçen, 2005).

Montaj hattı dengeleme problemi oldukça geniş bir literatüre sahiptir ve Salveson’ un çalışmasından sonra bu konuda pek çok çalışma yapılmıştır. Hat dengeleme amacı ile kullanılan pek çok optimal ve sezgisel yöntem karşımıza çıkmaktadır. Montaj hatlarının en az karmaşık olanları tek ürünli montaj hatlarıdır. Bu tür hatlarla ilgili olarak Baybars (1986) ve Amen (2000)’in çalışmalarına bakılabilir. Karışık ürünli montaj hatları daha kompleks bir yapıya sahip olup ürünün birçok çeşidinin üretildiği hatlardır. Montaj yapılacak modeller arasındaki farklılıklar nedeniyle dengeleme problemi daha karmaşık hale gelmektedir. Karışık ürünli montaj hattı dengelemeyle ilgili ilk çalışma ise Thomopoulos (1967; 1970) tarafından yapılmıştır. Daha sonra aynı konuda yapılan pek çok çalışmada farklı dengeleme yöntemleri kullanılmıştır: Gökçen ve Erel (1995), Karabatı ve Sayın (2003). Montaj hattı dengeleme, ortaya çıktığı günden bugüne, pek çok araştırmacı tarafından incelenmiş ve dengelemeye yönelik farklı teknikler geliştirilmiştir. Bu bildiride, otomotiv yan sanayi için yapılan çalışma kapsamında tek modellenli montaj hatları için geliştirilmiş Hoffman sezgisel yöntemi ve karışık modellenli montaj hatları için geliştirilmiş sıralanmış pozisyon ağırlıkları yöntemi kullanılarak belirlenen iki montaj hattında dengeleme çalışmaları yapılarak ve sonuçlar yorumlanmıştır.

2. Tek ve Karışık Modelli Montaj Hattı Algoritması

Ele alınan tek modellenli hatta, bir otomobile ait kablo ağı üretilmektedir. İşlemler dört istasyonda yapılmakta ve istasyon süreleri dalgalı olmakla beraber bir istasyonun toplam işlem zamanı, belirlenen çevrim süresini aşmaktadır. Böylece bazı noktalarda gecikmeler olurken, bazı noktalarda da ara stoklar oluşmaktadır. Yürütülen projedeki amaç, işlemlerin önceliklerini bozmadan, işlemleri istasyonlara eşit miktarlarda özgülemek ve ara stokları ortadan kaldırarak, birebir akışa geçmektir. Bunun için öncelik ilişkilerine önem veren Hoffman yöntemi seçilmiş ve kullanılmıştır.

Karışık modellenli hatta bir otomobilin farklı modellerine ait kablo ağı üretilmektedir. Bu modellerde işlemler modelden modele değişmekte veya aynı işlemlerin işlem süreleri farklılık gösterebilmektedir. Bazı işlemler birbirinden ayrılamamakta, aynı grupta yapılması gerekmektedir. Sekiz istasyona sahip hatta ise, üretimin daha kolay işleyebilmesi için bazı istasyonların aynı bölgede yer alması gerekmektedir. Bunun için bölgeleme ve gruplama kısıtı olan bir algoritma seçilmiştir. İşlemlerin pozisyon ağırlığı kullanılarak atama yapılması istenen algoritma, C# programında yazılmıştır. Atamalar tamamlandıktan sonra daha iyi bir atama olup olmadığını araştırmak, işlemleri kendi arasında yer değiştirerek değerlendirmek amacıyla pürüzsüzleştirme algoritması kullanılmıştır (Yağmahan, 1994). İstasyona atanan işlem süreleri ve istasyon süresi arasındaki farkın minimizasyonunu isteyen Thomopoulosun amaç fonksiyonunda

$$\phi' = \sum_{k=1}^K \cdot \sum_{m=1}^M |\tau'_{mk} - \tau_m^{-1}|$$

kullanıldığı bir algoritmadır (Thomopoulos N.T. 1967).

2.1. Tek Modelli Montaj Hattı Algoritması

Tek modellenli hatlar dengelemesi daha kolay anlaşılır ve kolay sonuca ulaşılabilir hatlardır. Fazla kısıtları yoktur. Sonuca ulaşabilmek için işlem öncelikleri ve süreleri bilinmesi yeterlidir. Genelde en çok kullanılan ve iyi sonuç veren algoritma Hoffman tarafından geliştirilmiştir. Bu algoritma bilgisayar programında çalıştırılabileceği gibi, burada olduğu gibi [52x52] matrisin kullanıldığı az işlem sayısına sahip hatlarda elle de sonuca ulaşılabilir. Hoffman'ın adımlarını belirlediği yol Tablo 1'de verilmiştir (Oytun, 1997).

Tablo 1. Hoffman sezgisel algoritmasını adımları

Adım 1	Öncelik ilişkileri matrisinde sütundaki tüm değerler toplanarak bir "kod numaraları satırı" oluşturulur.
Adım 2	Kod numaraları satırında soldan sağa doğru ilk dize seçilir.
Adım 3	İlk "0" in bulunduğu noktaya karşı gelen iş ögesi seçilir.
Adım 4	Seçilen iş ögesinin işlem süresi kalan istasyon süresinden çıkarılır.
Adım 5	Sonuç ≥ 0 ise Adım 6'ya, sonuç ≤ 0 ise Adım 7'ye gidilir.
Adım 6	İş ögesine karşılık gelinen satır ve sütun matristen çıkarılır ve elde edilen yeni matriste yeni kod numarası satırı oluşturulur.
Adım 7	5. Adımda bulunan sonuç < 0 ise o iş istasyona özgülenmez, değilse o iş, o istasyona özgülenir. Tüm iş ögeleri gözden geçirilinceye kadar devam edilir.
Adım 8	Kalan istasyon süresi 0'a eşitse Adım 9'a, değilse Adım 10'a gidilir.
Adım 9	İlgili istasyonun işlem ögeleri tamamlanmıştır. Bir sonraki istasyon işlemleri için Adım 2'ye dönülür.
Adım 10	Kod numarası dizisi içinde "0" değerine sahip olan öge veya ögelerde, kalan istasyon süresinden küçük veya eşit işlem süresine sahip öge yoksa yeni istasyon atamaları için Adım 1'e gidilir. Varsa önceki istasyona özgüleme yapmayı sürdürmek amacıyla Adım 1'e dönülür.

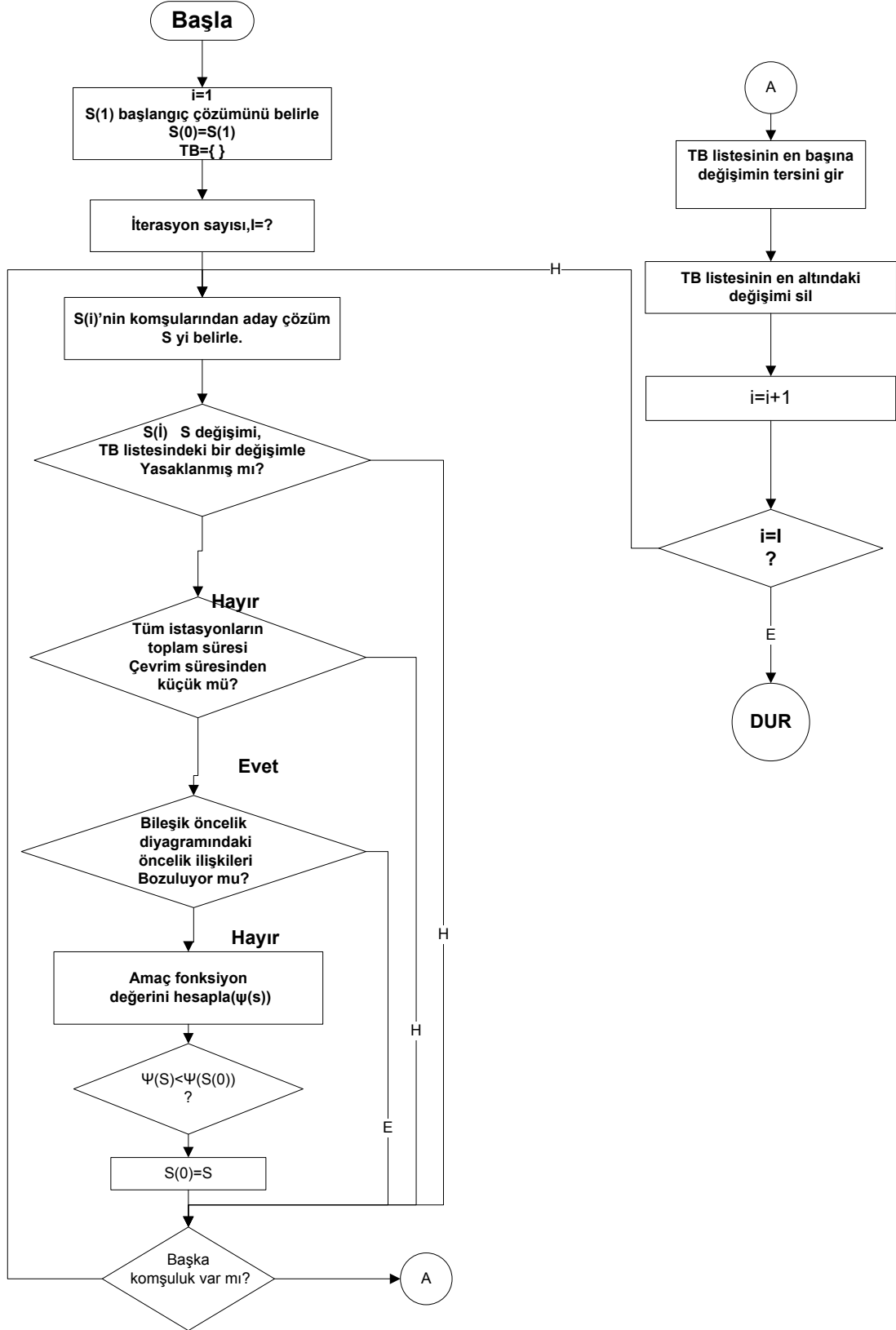
2.2.Karışık Modelli Montaj Hattı Algoritması

Karışık modelli hatlarda modeller birden fazla olduğu için daha çok tanımlama ve daha çok kısıt mevcuttur. Her işlem her modelde olmadığı için veya bazen her istasyonda eşit işlemler yapılmadığı için istasyonlar arası bölgeler oluşmaktadır. Hangi işlemin hangi bölgede yapılacağı dengeleme öncesi tanımlanmaktadır. Ayrıca bazı işlemlerin modellere özgü birlikte yapılma şartları olabilir. Bunlar da grupta adı altında tanımlanmaktadır. Dengeleme algoritmasında atama yapılırken bu hususlar dikkate alınmaktadır. Tek modelli hatlara göre daha çok kısıt ve tanımlama mevcuttur. Algoritma mutlaka bilgisayar programında çalıştırılmalıdır. Adımları Tablo 2’de görülebilir.

Tablo 2. Karışık modelli montaj hattı algoritması

Adım 1	Başlangıç değerleri belirlenir. M =Model sayısı, $m=1, \dots, M$ c =çevrim süresi J =işlem sayısı, $j=1, \dots, J$ k =istasyon sayısı, $k=1, \dots, K$ d_m =planlama periyodunda m modelinin talebi D =planlama periyodunda gerekli olan birimlerin toplam sayısı ($\sum d_m$) t_{jm} = m modelinin bir birimi için j işleminin işlem süresi t_j =her birim başına j işleminin ortalama işlem süresi ($t_j = \sum d_m t_{jm} / D$) X_j =işleminin atanma durumu τ_k = k istasyonun toplam süresi S_k = k istasyonuna atanmış işlemler kümesi Y_k = k istasyonunda çevrim süresinden arta kalan süre W_j =işçi sayısı b_j = j işleminin bölge tanımı YB_j = j işleminin yakın bölge tanımı G_j = j işleminin grup tanımı ve $PA_j = t_j + \sum_{i \in B_j} t_i$
Adım 2	Tüm j işlemleri için $t_j > c$ ise $W_j = \lceil t_j / c \rceil$ ve $t_j = t_j / W_j$ yapılır. Aksi halde $W_j = 1$ 'dir.
Adım 3	PA_j 'lar büyükten küçüğe sıralanır.
Adım 4	$k=1; X_j=0; j=1, \dots, J; t_k=0; S_k=\{\}$ ve $Y_k=c$.
Adım 5	Sıradaki PA_j 'sı en büyük olan j işlemi seçilir.
Adım 6	Daha önce bu istasyona işlem atanmış ise Adım 7'ye gidilir, aksi halde Adım 14'e gidilir.
Adım 7	Eğer j işlemi atanmış ise Adım 8'e gidilir, aksi halde Adım 13'e gidilir.
Adım 8	Eğer $Y_k > t_j$ ise Adım 9'a gidilir, aksi halde Adım 13'e gidilir.
Adım 9	Eğer j işleminin tüm öncelikleri atanmış ise Adım 10'a gidilir, aksi halde Adım 13'e gidilir.
Adım 10	j işlemini k istasyonuna ata. $\tau_k = \tau_k + t_j; S_k = S_k + j; Y_k = c - t_k$ ve $b_k = b_j$ hesaplamaları yapılır.
Adım 11	Eğer bu istasyon için tanımlanmış bir grup tanımı yoksa Adım 12'e gidilir.
Adım 12	j işlemi en düşük pozisyon ağırlığına sahip işlem ise Adım 13'e gidilir, aksi halde Adım 5'e geri dönülür.
Adım 13	Tüm işlemler atanmış işlem durdurulur. Aksi halde k . İstasyon kapatılır, yeni bir istasyon açılır. $k=k+1$ yapılır ve Adım 5'e geri dönülür.
Adım 14	Eğer j işlemi atanmış ise Adım 15'e gidilir, aksi halde Adım 12'ye geri dönülür.
Adım 15	Eğer $Y_k > t_j$ ise Adım 16'ya gidilir, aksi halde Adım 12'ye geri dönülür.
Adım 16	Eğer $b_j = b_k$ veya $YB_j = b_k$ ise Adım 17'ye gidilir, aksi halde Adım 17'ye geri dönülür.
Adım 17	j işleminin tüm öncelikleri atanmış ise Adım 11'e dönülür, aksi halde Adım 12'ye geri dönülür.
Adım 18	$G_k = G_j$ yapılır. İlk işlem ($i=1$) göz önüne alınır ve Adım 11'e geri gidilir. Aksi halde Adım 12'ye geri dönülür.
Adım 19	Eğer $G_i = G_k$ ise Adım 20'ye gidilir. Aksi halde Adım 21'e gidilir.
Adım 20	Eğer $Y_k > t_j$ ise Adım 21'e gidilir. Aksi halde Adım 22'ye gidilir.
Adım 21	j işlemini k . İstasyona ata. $\tau_k = \tau_k + t_j; S_k = S_k + j; Y_k = c - t_k$ ve $b_k = b_j$ hesaplamaları yapılır.
Adım 22	Bir sonraki işlem denir. ($i=i+1$)
Adım 23	Tüm işlemler denemiş ise $i=j$ yapılır ve Adım 13'e geri dönülür. Aksi halde Adım 19'a geri dönülür.

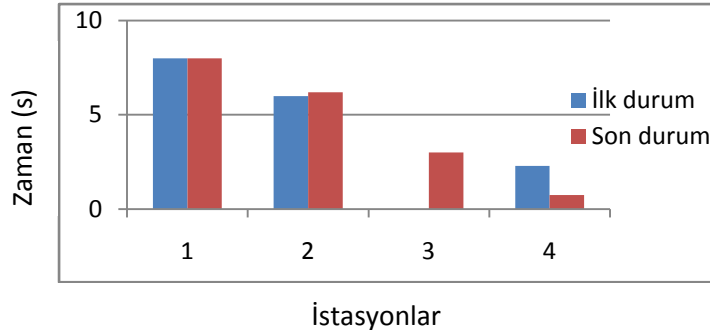
Algoritma tamamlandıktan sonra, daha iyi bir atama olup olmadığını araştırmak ve bununla ilgili işlemlerin kendi arasında yerlerini değiştirebilmek amacıyla akışı Şekil 1'de verilen pürüzsüzleştirme algoritması kullanılmıştır.



Şekil 1. Pürüzsüzleştirme algoritması

3. SONUÇ

Hat dengeleme problemlerinde amaç, hattın denge kaybını azaltmaktır. Hoffman yöntemi uygulanırken, işlemler arasındaki öncelikleri dikkate alınarak öncelik diyagramı çizilmiş, ardından (0,1) öncelik matrisi oluşturularak algoritmada belirlendiği gibi atamalar yapılmıştır. Tek modelli hattın işlemleri 52 tane olduğundan problemin çözümünde [52x52]'lik matris kullanılmıştır. Atamalar sonucunda çevrim süresinden kalan atıl zaman değerlendirilmiştir. İlk durum ve son durum arasındaki fark Şekil 2'de gözlenmektedir. Şekildeki 3 numaralı grafiğin mevcut durumda boş gözükmesinin sebebi Hoffman yöntemi uygulanmadan o istasyondaki işlemlerin toplam sürelerinin belirlenen çevrim süresini aşmasıdır. Dolayısıyla atıl zaman olmamakta, yalnız daha kötü sonuçlar doğuran, istasyon süresini aşma durumu yaşanmaktadır.



Şekil 2. Atamalar sonucunda çevrim süresinden kalan atıl zaman değerlendirmesi

Sonuçlar incelendiğinde atamalar sonrası çevrim sürelerinin bir ve dördüncü istasyonlarda azaldığı iki numaralı istasyonda ise ilk haline yakın düzeyde kaldığı görülmektedir.

KAYNAKÇA

1. Ağpak, K., Gökçen, H., 2005. "Assembly line balancing: Two resource constrained cases", International Journal of Production Economics, 96, 129-140.
2. Amen, M., 2000. "Heuristic methods for cost-oriented assembly line balancing: A survey", International Journal of Production Economics, 68, 1-14.
3. Baybars, İ., 1986. "A survey of Exact Algorithms for The Simple Assembly Line Balancing Problem", Management Science, 32(8), 909-932.
4. Bryton, B., 1954. "Balancing of a continuous production line", M.S. Thesis, Northwestern University, Evanston, IL.
5. Gökçen, H., Erel, E., 1995. "Karışık Ürünlü Montaj Hattı Dengeleme Problemleri İçin Bir Sezgisel Yöntem", Verimlilik Dergisi, 2, 131-140
6. Karabatı S., Sayın S., 2003. "Assembly line balancing in a mixed-model sequencing environment with synchronous transfers", European Journal of Operational Research 149 (2), 417-429.
7. Oytun K., 1997. "Karışık Modelli Montaj Sistemlerinin Çizelgelenmesi ve Dengelemesi" Uludağ Üniversitesi, Bursa, syf.81
8. Salveson, M.E., 1955. "The assembly line balancing problem", Journal of Industrial Engineering 6(3), 18-25.
9. Thomopoulos, N.T., 1967. "Line balancing-sequencing for mixed-model assembly", Management Science 14, 59-75.
10. Thomopoulos, N.T., 1970. "Mixed model line balancing with smoothed station assignments", Management Science 16, 593-603.
11. Yağmahan, B., 1994. "Karışık Modelli Montaj Hattı Dengeleme" Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.