

BASİT U TİPİ MONTAJ HATTI Dengeleme Problemi İçin Yeni Bir Optimal Çözüm Yöntemi: En Kısa Yol Modeli

Emel Kızılkaya Aydoğan, Cevriye Gencer, Hadi Gökçen, Kürşad Ağpak
Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06570, Ankara

Özet: Bu çalışmada, basit U tipi montaj hattı dengeleme (MHD) problemiyle ilgili bir en kısa yol modeli geliştirilmiştir. Model, Gutjahr ve Nemhauser (1964) tarafından geleneksel tek model montaj hattı dengeleme problemi için geliştirilen en kısa yol modeline dayanmaktadır. Model, U tipi montaj hattı dengeleme araştırmaları için yeni bir yaklaşım olup farklı perspektifler sağlamaktadır. Ayrıca, basit U tipi hat dengeleme probleminin çözümü için etkili sezgisel prosedürlerin geliştirilmesinde bir çatı olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Montaj Hattı Dengeleme, U Tipi Hatlar, En Kısa Yol

A NEW OPTIMAL SOLUTION METHOD FOR SIMPLE U-TYPE ASSEMBLY LINE BALANCING PROBLEM: SHORTEST ROUTE FORMULATION

Abstract: In this paper, a shortest route formulation of simple U-type assembly line balancing (SULB) problem is presented. The model is based on the shortest route model developed by Gutjahr and Nemhauser [1964] for the traditional single model assembly line balancing problem. The model is a new approach and provides a different perspective for interested U-type assembly line balancing researchers. Furthermore, model can also be used as a framework to develop effective heuristic procedures to solve the simple U-type line-balancing problem.

Keywords: Assembly Line Balancing, U-Type Lines, Shortest Route

1. Giriş

Son zamanlarda tam zamanında üretim prensiplerinin kullanılmasından dolayı geleneksel düz hat konfigürasyonunun yerine bir çok üretim hatlarında U tipi yerleşimler kullanılmaktadır. Miltenburg ve Wijngaard (1994) geleneksel MHD probleminden türetilmiş, düz hatların yerine U tipi hatlar olarak tasarlanan yeni bir problem sunmuşlardır. Bir çok yazar tarafından, operatörlerin montaj hattının farklı bölümlerinde yerleşmiş görevleri yapmada çok fonksiyonlu olmasından ve de U tipi hat düzeninin görevlerin iş istasyonlarına atanmasında birçok olanak sağlamasından dolayı U tipi montaj hattının montaj üretim sistemleri için çekici bir alternatif olduğu düşünülmektedir. U tipi hat yerleşimi için ihtiyaç duyulan iş istasyonlarının sayısı geleneksel düz hat için ihtiyaç duyulan iş istasyonlarının sayısından asla fazla olamamaktadır. Bunun nedeni, geleneksel MHD probleminde, verilen çevrim zamanı için (her bir istasyonda harcanan maksimum zaman, veya birbirini izleyen iki çıktı arasındaki varış zamanı), mümkün atılabilir görevler setinin iş istasyonuna öncülleri atanmış görevlerden oluşmasıdır. Oysa U tipi hat dengeleme probleminde, atılabilir görevler seti öncülleri ve ardılları atanmış görevlerden hesaplanmaktadır.

2. En Kısa Yol Modeli

Geleneksel tek model montaj hattı dengeleme probleminin ilk olarak en kısa yol formülasyonu Klein (1963) tarafından yapılmıştır. Metot, görevlerin mümkün tüm sıralamalarının setini oluşturduğundan, büyük ölçekli problemler için elverişli değildir. Gutjahr ve Nemhauser (1964) yönlendirilmiş (directed) şebekede en kısa yolu bulan bir algoritma geliştirmişlerdir. Model, Klein (1963)'in modelinden bütün uygun durumları üretmemesi nedeniyle oldukça üstündür.

Bu çalışmada U tipi hat dengeleme problemleri için yeni bir model önerilmiştir. Önerilen model Gutjahr ve Nemhauser'ın (1964) geleneksel MHD problemleri için geliştirdikleri algoritmalarını temel almaktadır. Önerilen model ile ilgili varsayımlar:

- 1) Görev performans zamanları bilinen sabitlerdir;
- 2) Görevlerin öncelik ilişkileri bilinmemektedir;
- 3) Paralel iş istasyonlarına izin verilmemektedir;
- 4) İş istasyonları arasında süreç içi stoğa (work-in process inventory buffer) izin verilmemektedir.

Miltenburg ve Wijngaard'ın (1994) tanımlaması, Gutjahr ve Nemhauser (1964)'in geleneksel hat dengeleme problemi tanımlamalarını içermektedir ve aşağıda verilmiştir:

H = Verilen görevlerin seti, $\{i \mid i=1,2,3,\dots,N\}$,

P = Öncelik sınırlamalarının seti, $\{(x,y) \mid \text{görev } x, \text{ görev } y' \text{ den önce tamamlanmalıdır}\}$,

T = Görev zamanlarının seti, $\{t_i \mid i=1,2,3,\dots,N\}$,

C = Çevrim zamanı,

K = İş istasyonlarının sayısı.

H'in alt kümelerinin toplamını bulan, (S_1, S_2, \dots, S_N) , $S_k = \{i \mid \text{görev } i, k \text{ istasyonunda yapılır}\}$ aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır:

$$\bigcup_{k=1}^K S_k = H \quad (1)$$

$$S_k \cap S_j = \emptyset \quad (2)$$

$$\sum_{i \in S_k} t_i \leq C, \quad k=1,2,\dots,N \quad (3)$$

Her bir görev y için:

$$\begin{array}{ll} \text{Eğer } (x,y) \in P, x \in S_k, y \in S_j \text{ ise } k \leq j, & \text{tüm } x \text{ için} \quad \text{Veya} \\ \text{Eğer } (y,z) \in P, y \in S_j, z \in S_i \text{ ise } i \leq j & \text{tüm } z \text{ için} \end{array} \quad (4)$$

$$\left[KC - \sum_{k=1}^K \sum_{i \in S_k} t_i \right] \text{ minimize edilir.} \quad (5)$$

Eş. (1) tüm görevlerin bir iş istasyonuna atanmasını sağlar. Eş. (2)'nin sonucu olarak, her görev sadece bir kez atanır. Eş. (3) her iş istasyonunun iş içeriğinin çevrim zamanını aşmamasını; Eş. (4) U hattında öncelik sınırlamalarının ihlal edilmemesini sağlar. Sonuç olarak amaç fonksiyonu, iş istasyonlarının sayısını minimize eder (Baybars-1986).

Şebeke modelinde, oklar iş istasyonlarını; ok uzunlukları ise iş istasyonlarının boş zamanlarını ifade etmektedir. Bu nedenle optimizasyon prosedürü şebekede en kısa yolu veya okların minimum sayısını bulmaktır. Düğüm oluşumu, ok yapısı ve en kısa yolun bulunması aşağıda anlatılmaktadır.

Burada kullanılan düğüm oluşum prosesi, Gutjahr ve Nemhauser (1964) tarafından geleneksel tek modelli MHD problemi için geliştirilen düğüm oluşum prosesine benzerdir. İki proses arasındaki temel fark geleneksel ve U tipi hat dengeleme problemlerinin yapısından kaynaklanmaktadır.

Geleneksel hat dengeleme probleminde, görevler atanabilir görevler setinden (öncülleri atanmış görevlerden) bir iş istasyonu için seçilir. U tipi hatta, atanabilir görevlerin seti, öncülleri atanmış görev setleri ile ardılları atanmış görev setlerinin birleştirilmesinden oluşur. Görevler bir iş istasyonu için bu setten seçilir (Miltenburg-Wijngaard 1994). Seçilen sette aşağıdaki özellikler sağlanmış olmalıdır:

- 1) Durum elemanları iki kez üretilmiş olmamalıdır.
- 2) Üretilen tüm setler durumlardır.
- 3) Her durum üretilmelidir.

Yukarıda tanımlanan özellikleri taşıyan düğüm oluşum prosesi aşağıdaki gibi tanımlanabilir;

- a. Boş set ilk durum üretimi olarak göz önünde tutulur.
- b. Atanmaları mümkün olan görevler -öncelik diyagramının sol tarafına göre öncülleri olmayan görevler ve öncelik diyagramının sağ tarafına göre ardılları olmayan görevler- aşama 1'de yerleştirilir ve işaretlenmiş görevler incelenir.
- c. İşaretlenmiş görevlerle ilgili görev kombinasyonunun tüm setleri üretilir. Her bir set bir durum olarak tanımlanır.
- d. İşaretlenmemiş hemen takipçiler, F(S), -diyagramın sol tarafına göre- ve bir durumun öncülleri -diyagramın sağ tarafına göre- bir sonraki aşamanın durumlarını oluşturmak için mevcut aşamada üretilmiştir.
- e. s aşamasının herhangi bir durumu S için, işaretlenmemiş hemen takipçiler ve öncüller sırasıyla F(S) ve P(S) olarak adlandırılan iki liste halinde yerleştirilir.

- f. Her bir alt küme $R \subset F(S)$ ve $B \subset P(S)$ için, $R \cup S$ ve $B \cup S$ aşama $s+1$ için durumlardır.
- g. Aşama s 'nin her bir durumları için, işaretlenmemiş hemen takipçiler ve öncüller belirlenir ve aşama $s+1$ için işaretlenmiş görevler olarak yerleştirilir.
- h. Tüm görevler işaretlendiği zaman veya $F(S)$ ve $P(S)$ mevcut aşama için boşaldıysa, düğüm üretim prosesi tamamlanır. Bu düğüm üretim işlemi ile, tüm mümkün uygulanabilir (feasible) durumlar üretilebilir.
- i. Şebekedeki son düğüm tüm görevlerden oluşur.

Her durum, yukarıda tanımlanmış olan proseste oluşturulur ve yönlendirilmiş şebekede düğümlere karşılık gelir. Burada,

G_i , = i düğümünde görevlerin seti, $i = 1, \dots, r$,

r = Düğümlerin toplam sayısı,

G_0 = 0,

G_r = Öncelik diyagramındaki tüm görevlerin seti,

$$T(G_i) = \sum_{j \in G_i} t_j,$$

$T(G_i)$ = G_i 'deki görev zamanlarının toplamı .

0 düğümünden r düğümüne en kısa yol, 0 düğümünden r düğümüne okların sayısının en az olduğu problemin optimal çözümünü verir. Şebekede 0 düğümünden r düğümüne yollar ise aşağıdaki gibi oluşturulabilir:

Adım 1: Başlangıç düğümünden (düğüm 0) başlanır. Tüm oklar bu düğümünden birleştirilir.

Adım 2: Eğer $T(G_i) \leq C$ ise, 0 düğümünden i düğümüne ok vardır. Bu düğümler ilk düğümler olarak kabul edilir.

Adım 3: İlk düğümler arasındaki i düğümü için $G_i \subset G_j$ ve $T(G_j) - T(G_i) \leq C$ ise j düğümüne bir ok bağlanır. Bu düğümler 2. düğümler olarak kabul edilir.

Adım 4: Şebeke yapısı r düğümüne kadar tekrarlanır.

Adım 5: Şebekedeki i düğümünden j düğümüne her yönlendirilmiş ok (ij), $[C - T(G_j) - T(G_i)]$ 'nin bir uzaklığı olarak ayrılır. Bu uzunluk her bir iş istasyonunun boş zamanını verir.

Adım 6: Hiçbir ok 0 düğümüne girmez ve hiçbir ok r düğümünden ayrılmaz.

Adım 7: 0 düğümünden r düğümüne en kısa yol ok uzunlukları (veya iş istasyonunun boş zamanı) incelenilerek bulunur. Şebekedeki her bir ok montaj hattındaki iş istasyonuna karşılık gelir. 0 düğümünden r düğümüne en kısa yol $(0, i, j, k, r)$ ise, iş istasyonu görevleri $[(G_r - G_k), (G_k - G_j), (G_j - G_i), (G_i - G_0)]$ olarak belirlenebilir. Her bir set iş istasyonu görevlerini verir.

3. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, tek modellenmiş basit U tipi montaj hatlarının dengelenmesine yönelik literatürde olmayan yeni bir model geliştirilmiştir. Model, geleneksel MHD problemleri için Gutjahr ve Nemhauser (1964) tarafından geliştirilen en kısa yol metodunun, U tipi hatlarını dengeleyecek şekilde düzenlenmesiyle oluşturulmuştur. Dengeleme yapılırken karşıya geçişli istasyonların oluşturulmasına öncelik verilerek, istasyon atamalarının yapılması metodun katkısını ifade etmektedir. Bir diğer katkı ise, geleneksel MHD problemleri için geliştirilen En Kısa Yol çözüm tekniğinin U tipi problemleri de çözebilecek şekilde düzenlenmesi ve literatüre kazandırılmasıdır. Model üzerinde daha sonra geliştirilebilecek düğüm budama ya da dal eliminasyonu ile daha büyük ölçekli problemler için kolay çözüm bulunabileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

Baybars, İ., A survey of exact algorithms for the simple assembly line balancing problem, *Management Science*; 32, 909-932, (1986).

Gutjahr, A. L., and Nemhauser, G. L. An algorithm for the line balancing problem. *Management Science*; 11(2), 308-315, (1964).

Klein, M., On assembly line balancing. *Operations Research* ; 11, 274-281, (1963).

Miltenburg, J., and Wijngaard, J., The U-line balancing problem. *Management Science* ; 40(10), 1378-1388, (1994).