

## HAZIRLIK SÜRELERİNİN AZALTILMASI İÇİN BİR HAT Dengeleme Modeli

R.G. Özdemir, Z. Ayağ, D. Çakır

*İstanbul Kültür Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul*

**Özet:** Bu çalışmada, sıra bağımlı hazırlık(pozisyonlandırma) sürelerinin azaltılmasına yönelik bir hat dengeleme modeli önerilmektedir. Önerilen sezgisel hat dengeleme modeli, iş elemanlarının aralarındaki gerçekleşme sıralarına bağlı olan hazırlık sürelerini göz önüne alarak iş elemanlarının atanma sıralarını belirlemektedir. Bu belirlenen sıraya göre iş elemanları, istasyonlara öncelik ilişkilerine uyularak ve önceden belirlenmiş olan çevrim süresini aşmayacak şekilde atanmaktadır. Literatürdeki hat dengeleme yöntemlerini birbirinden ayıran yön elde etikleri atanma sıralarıdır. Farklı atanma sıraları, hat verimliliği ve toplam hat süresi gibi farklı hat dengeleme sonuçları vermektedir. Bu çalışmada önerilen hat dengeleme modeli, literatürde mevcut olan sıralama kurallarını sıra bağımlı hazırlık sürelerini hesaba katacak şekilde geliştirilerek kullanılan sezgisel bir sıralama algoritmasıdır. Geliştirilen model iki farklı şekilde test edilmektedir. İlk teste, önerilen modelin literatürden seçilmiş diyer yöntemlerle karşılaştırılması yapılmaktadır. Karşılaştırmada kullanılan veriler, bu çalışma içinde geliştirilmiş bir veri üreticinden yararlanarak üretilmektedir. İkinci testte ise, modelin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla bir televizyon montaj hattına ait gerçek üretim verileri kullanılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Montaj Hatları, Hat Dengeleme, İş Sıralama, Sıra Bağımlı Hazırlık Süreleri*

### A LINE BALANCING METHOD FOR SET UP TIME REDUCTION

**Abstract:** The traditional assembly line balancing (ALB) problem is to assign a set of tasks to stations, minimizing the number of stations required while observing task precedence relationships and a cycle time requirement as well as balancing workload across workstations so that no workstation has an excessively high or low workload. In this study, it is proposed a line balancing model to decline the set up(repositioning) time. The proposed heuristic line balancing model determines sequence of work element to be assigned by taking account repositioning time depending on completion sequence between work elements. According to this sequence, work elements are assigned to the stations after their predecessor without exceeding cycle time computed before. The difference between current assembly line balancing methods in literature is the obtained sequence in which work elements are assigned to workstations. Different assigning priority generates various line balancing results including line efficiency and lead time. The proposed algorithm is tested with two ways. First one is to compare the proposed model with selected line balancing methods from literature using data generated in this study. Second is to display that the model can be successfully implemented to real data obtained from a TV assembly line.

**Keywords:** *Assembly Lines, Line Balancing, Task Sequencing, Repositioning Time*

#### 1. Giriş

Montaj hattı bir takım iş istasyonlarının bir malzeme taşıma sistemiyle birleştirilmesinden meydana gelen bir sistemdir. Sistemin amacı bir ürüne ait bileşenlerin montajını gerçekleştirip bitmiş ürünü elde etmektir. Montaj süreci iş elemanlarının veya yapılması gereken görevlerin sıralanmasından oluşur. Bir iş elemanının montajı önceden belirlenmiş ilgili istasyonda öncelik ilişkisine bakılarak yapılmalıdır. Montaj hattı dengelemedeki en önemli nokta görevleri istasyonlara doğru şekilde atamaktır. Çünkü iş elemanlarının işlem süreleri çoğunlukla eşit değildir. İşlem sürelerindeki bu farklılıklar istasyonlarda zaman fazlalıklarına yol açmaktadır. Hat dengelemenin temel amacı istasyonlardaki zaman fazlalıklarını azaltmak için montaj hattındaki toplam iş yükünü istasyonlara eşit olarak dağıtmaktır. Literatürde bir çok hat dengeleme modeli vardır. Largest Candidate Rule, Kilbridge and Wester Metod, Ranked Positional Weights Metod ve COMSOAL bunlardan bir kaçıdır.

#### 2. Modelin Algoritması

Adım 1: İş elemanları arasındaki pozisyonlandırma (hazırlık) süreleri matrisi, öncelik ilişkileri diyagramı matrisi ve işlem süreleri matrisi girilir.

Adım 2: İş elemanlarının derecelendirilmiş ağırlıklı pozisyon değerleri hesaplanır (RPW).

RPW(i) = i. iş elemanı işlem süresi

+ i. iş elemanından sonra gelen tüm işlerin işlem süresi toplamı.

Adım 3: Öncül iş elemanı olmayan en yüksek RPW değerine sahip iş elemanı ilk istasyona atanacak iş elemanı olarak seçilir.

Adım 4: Öncelik ilişkileri güncellenir ve öncül elemanı olmayan iş elemanları atanacak işler kümesini oluşturur.

Adım 5: En son seçilen iş elemanı ile en küçük pozisyonlandırma süresine sahip olan eleman bir sonra atanacak iş elemanı olarak seçilir.

Adım 6: Toplam istasyon süresi ile istenen çevrim süresi karşılaştırılır.

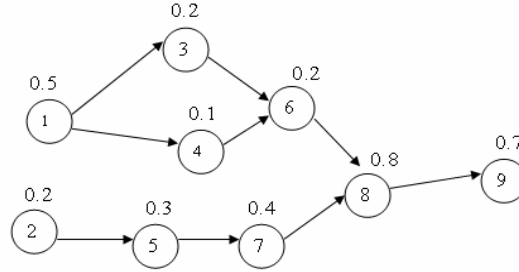
Eğer Toplam istasyon süresi  $\leq$  İstenen çevrim süresi ise iş elemanı istasyona atanır.

Aksi halde, seçilen iş elemanı bir sonraki istasyona atanır.

Adım 7: Adım 4 – adım 6 bütün iş elemanları istasyonlara atanana kadar devam eder.

İş elemanı seçimi sırasında düğüm oluşursa (aynı hazırlık süresine sahip iki iş elemanı varsa) en yüksek RPW değerine sahip olan iş elemanı seçilir.

## 2.1. Algoritmanın Örnek Problem Üzerinde Uygulaması



Şekil 1. Öncelik ilişkileri diyagramı

Tablo 1. Pozisyonlandırma süreleri

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	RPW
1	-	0,3	0,1	0,1	0,3	-	0,4	-	-	2,5
2	0,3	-	0,4	0,4	0,1	0,5	-	-	-	2,4
3	-	0,4	-	0,05	0,4	0,1	0,5	-	-	1,9
4	-	0,4	0,05	-	0,4	0,1	0,5	-	-	1,8
5	0,3	-	0,4	0,4	-	0,5	0,1	-	-	2,2
6	-	0,5	-	-	0,5	-	0,1	0,1	-	1,7
7	0,4	-	0,5	0,5	-	0,1	-	0,1	-	1,9
8	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	1,5
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7

$T_c = 1.5$  (çevrim süresi), **WE** : iş elemanı, **RT** : pozisyonlandırma süresi

Toplam işlem süresi = RT + İşlem süresi.

Çevrim süresi, iş elemanları arasındaki öncelik ilişkileri, hazırlık süreleri ve işlem süreleri belirlendikten sonra algoritmanın ilk adımında ilk iş elemanı birinci istasyona aşağıdaki Tablo 2.'de gösterildiği gibi atanmaktadır.

Tablo 2. İlk iş elemanının seçimi

WE(Atanan)	WE(Atanacak)	Süre	RT	RPW	İstasyon süresi (1)
-	<b>1</b>	0,5	-	<b>2,5</b>	-
-	2	0,2	-	2,4	-

$RPW_1 > RPW_2$  olduğundan dolayı iş elemanı 1(WE<sub>1</sub>) 1. istasyonun ilk iş elemanı olarak atanır. Bir sonraki istasyona atılacak iş elemanının seçimi Tablo 3.'de özetlenmektedir.

Tablo 3. Bir sonraki iş elemanının seçimi

WE(Atanan)	WE(Atanacak)	Süre	RT	RPW	İstasyon süresi (1)
1	2	0,2	0,3		0,5
	<b>3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>1,9</b>	
	4	0,1	0,1	1,8	

WE<sub>1</sub> den sonra istasyona WE<sub>3</sub> atanırsa iş elemanı 3'ün pozisyonlandırma süresi 0,2 olarak gerçekleşir ve  $RT_{1-3} = 0,1$  şeklinde gösterilir.  $RT_{1-3} = RT_{1-4}$  olduğundan RPW değerlerine göre bir sonraki iş elemanı seçilir.  $RPW_3 = 1,9 > RPW_4$  olduğundan istasyona WE<sub>3</sub> atanır. Bu şekilde bütün iş elemanları istasyonlara atandıktan sonra oluşan durum Tablo 4' de verilmektedir.

Tablo 4. İstasyonlara atanan iş elemanları

İstasyon i	WE(k)	Süre(dak)	RT(dak)	İstasyon süresi
1	1	0,5	-	0,5
	3	0,2	0,1	0,8
	4	0,1	0,05	0,95
	6	0,2	0,1	<b>1,25</b>
2	2	0,2	-	0,2
	5	0,3	0,1	0,6
	7	0,4	0,1	<b>1,1</b>
3	8	0,8	-	<b>0,8</b>
4		0,7	-	<b>0,7</b>

$T_c^* =$  Gerçekleşen çevrim süresi=1,25 / Hattın toplam süresi= 3,85 / Hat etkinliği = %77

### 3. Sonuç ve Öneriler

Hazırlık (pozisyonlandırma) sürelerinin dikkate alınması ile elde edilen hat dengeleme sonuçları hattın toplam üretim süresinde diğer hat dengeleme yöntemlerine göre dikkate değer azalmalar olduğunu göstermektedir. Önerilen hat dengeleme yöntemi aynı zamanda gerçek endüstriyel problemlere uygulanabilir bulunmuştur.

### Kaynaklar

**F. Van Assche, W.S. Herroelen.** *An optimal procedure for the single-model deterministic assembly line balancing problem.* European Journal of Operational Research, Vol. *problem.* European Journal of Operational Research, Vol.

**I. Baybars.** *An EfSicient Heuristic Method for the Simple Assembly Line Balancing Problem.* Int. Journal of Production Research, vol. 24, No. 1, 1986.

**Andresen, M., Kahler, S., And Lund, T.,** *Design for Assembly,* IFS (Publication) Ltd.,U.K., and Springer- Verlag, Berlin,1983

**Boothroyd, G., P.Dewhurst, And W. Knight,** *Product Design for Manufacture and Assembly,* Marcel Dekker, Inc., New York, 1994