

POZİSYON AĞIRLIĞI METODU İLE TEK MODEL U-TİPİ MONTAJ HATTI DENGELEME

DOI NO:10.5578/jeas.7701

SELMAN AKSOY* MEHMET SELAMİ YILDIZ** SUAT ALTINOVA***

ÖZ

Montaj hatları, art arda dizilmiş iş istasyonlarının birbirlerine malzeme taşıma sistemi ile bağlanması olarak tanımlanabilir. Montaj hatlarını kullanan işletmelerde meydana gelen en büyük problem atıl zamanların yok edilmesidir. Bu bağlamda ortaya çıkan maliyetlerin minimize edilmesi hatta sıfıra indirilmesi, bununla birlikte üretim kalitesinin artırılması için montaj hattı dengeleme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada, güvenlik ve emniyet ekipmanları üreten bir firmada, tek model U tipi montaj hattı dengeleme problemi için sezgisel metotlardan pozisyon ağırlığı metodu kullanılmıştır. Dengeleme çalışması sonucunda hattın istasyon sayısı aynı kalırken, çevrim zamanında iyileşme görülmüştür. Yeni oluşan çevrim zamanı ile hattın etkinliği yeniden hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda hattın etkinliğinde artış görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Montaj Hattı, Pozisyon Ağırlığı Metodu, Montaj Hattı Dengeleme, U-Tipi Hatlar

Jel Sınıflandırması: C44, C61, D85, E23, M11

USE OF RANKED POSITION WEIGHTED METHOD FOR SINGLE MODEL U-TYPE ASSEMBLY LINE BALANCING

83

ABSTRACT

Assembly lines can be defined, as workstations lined up in a row connected with material handling systems. The major problem occurs in enterprises that use assembly lines, is minimizing the idle time. In this sense, in order to minimize the cost or even reduce it to zero, besides to improve the quality of the production, assembly line balancing methods have been developed. In this study, position weight method is used as an intuitive method for single model U type assembly line balancing problem in a company that manufactures safety and security equipments. As a result of balancing work, the number of the stations has remained the same while the cycle time has improved. Efficiency of the line has been calculated again with newly formed cycle time. The calculation results indicate an increase in efficiency level of the line.

KeyWords: Assembly line, Ranked Position Weighted Method, Assembly Line Balancing, U-Type Assembly Line

Jel Classification: C44, C61, D85, E23

* Öğr. Gör. Düzce Üniversitesi Gümüşova Meslek Yüksekokulu İş Sağlığı ve Güvenliği Programı,
e-mail:selmanaksoy@duzce.edu.tr.

** Doç. Dr. Düzce Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Bölümü, e-mail: selamiyildiz@duzce.edu.tr

*** Düzce Üniversitesi İşletme Doktora Öğrencisi ,e-mail: altinovasuat@gmail.com

GİRİŞ

Montaj, tasarım ve imalat işlemlerinin sonucunda parçaların bir araya getirilmesi ile nihai ürünü oluşturma işlemi olarak tanımlanabilir. Başka bir tanımda montaj, bir ürün oluşturmak amacıyla çeşitli parçaların toplanma ve birleştirilme sürecidir. Montajda kullanılan parçalar, malzeme veya yarı ürün olabilir (Scholl, 1999). Üretimde kullanılan malzemelerin, akış hattı boyunca işgücü ve makinalardan yararlanılarak iletildiği ve parça üzerindeki işlemlerin; aralarındaki -öncüllük-ardıllık ilişkileri ve çevrim zamanı gibi - kısıtlar dikkate alınarak birleştirilmesiyle oluşturdukları istasyonların, yine bir hat boyunca sıralanmalarıyla oluşan sisteme, 'montaj hattı' denilmektedir (Altuntaş, İşlier, 2010).

Montaj hatları geçmişte olduğu gibi günümüzde de üretimin en önemli parçalarından biridir. Hızla gelişen teknoloji ve artan talep ihtiyaçlarını karşılama noktasında istenilen kalitede ürünlerin üretilmesi bakımından montaj hatları akış tipi üretim sistemleri içerisinde oldukça kullanılan bir metod haline gelmiştir. 1900'ü yıllarda Henry Ford tarafından otomotiv sanayinde, ürün akışını sağlamak amacıyla ilk defa kullanılan montaj hatları günümüzde otomotiv, beyaz eşya, elektronik, makina imalatı gibi birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Genel olarak üretim süreçlerinin son aşamaları olan montaj hatlarının performansı, üretim süreçlerinin genel performansı üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Üretim yapan işletmelerde kullanılan montaj hatları, aynı zamanda malzeme akışını da montaj hattının ihtiyacına göre ayarladığından, işletmelerin performanslarını artırıcı etkiye sahip olduğu söylenebilir. İşte bu aşamada, montaj hatlarının tasarlanmasında ve talep değişikliklerine göre üretim hızının tekrar ayarlanmasında ortaya çıkan en önemli problem montaj hattı dengeleme problemidir (Bryton,1954).

Bu çalışmanın amacı, tek model u tipi montaj hattı kullanan bir işletmede, pozisyon ağırlığı metodu kullanılarak, hat dengeleme çalışması yapmaktır.

1. LİTERATÜR TARAMASI

Montaj hattı dengeleme problemi ilk defa Salveson (1955) tarafından formüle edilmiştir (Salveson, 1955). Literatürde montaj hattı dengeleme ile ilgili birçok teknik bulunmaktadır. Bu çalışmanın temelini dayanan sezgisel metod ise ilk defa 1965 yılınca Moodie ve Young tarafından, öncelik sıralamaları, de-

tirme- transfer teknikleri kullanılarak geliştirilmiştir (Alp vd., 2001). Pozisyon ağırlığı metodu ise ilk defa Helgeson, Birnie tarafından (Halgeson, Birnie, 1961) kullanılmıştır. Bu çalışmanın temelini oluşturan pozisyon ağırlığı metodu ile montaj hattı dengeleme problemi konusunda yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Kao vd. (2011) yılında yapmış oldukları çalışmada pozisyon ağırlığı metodu temelini dayanan ve Ağpak ve Gökçen, (2005) tarafından önerilen, kaynak kısıtlı montaj hattı dengeleme problemi çalışması yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada bu modelin büyük ölçekli sorunları çözmeye yetersiz olduğunu ancak basit ve etkili bir sezgisel metod olduğunu vurgulamışlardır.

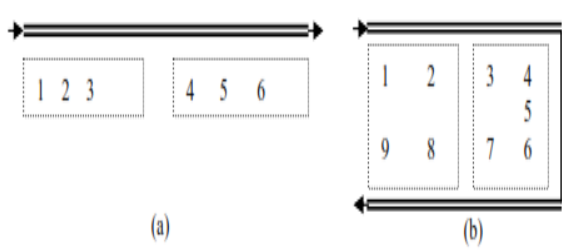
Manoria vd. (2012) yılındaki çalışmalarında Pozisyon ağırlığı metodu temelini dayanan bir uzman sistem yaklaşımı geliştirmişlerdir. Sezgisel bir yaklaşım olan pozisyon ağırlığı metodunun montaj hattı dengeleme problemleri için iyi sonuçlar üretebildiğini, buna ek olarak geliştirilen bir uzman algoritmanın, mevcut çözümleri arttırdığını göstermişlerdir.

Mishra ve Manoria, (2012) yılında yapmış oldukları çalışmada, Pozisyon ağırlığı metodunu bir bilgisayar yazılımı programı kullanarak uygulanmıştır. Problemin çözümü için kodlar C++'da yazılmıştır. Dengeleme sonucunda optimum sonucun elde edilmesi için belirlenen insan gücünün hedeflenen değerlere gerilediğini bulmuşlardır.

Ghutukad ve Sawant, (2013) yaptıkları çalışmada pozisyon ağırlığı yöntemini manuel olarak uygulamışlar. Daha az veri ile sonuca ulaşmada pozisyon ağırlığı metodunun faydalı bir metod olduğunu vurgulamışlardır. Yine bu metod sayesinde montaj hatlarındaki darboğazların azaltılabileceğini belirtmişlerdir.

2. GELENEKSEL HATLAR VE U-TİPİ MONTAJ HATLARI

Geleneksel hat dengeleme probleminde üretim hattı "düz" olarak organize edilmiştir. Toyota'nın tam zamanında üretim prensiplerinin uygulanabilmesi için üretim hattını "U" tipinde organize etmesiyle bu hat tasarımı ortaya çıkmıştır. U tipi hatların geleneksel hatlardan farkı, U tipi montaj hatlarında yerleşimin U şeklinde olması ve hatların giriş ve çıkışının aynı pozisyonda olmasıdır. Şekil 1'de istasyon sayısı 2 olan bir düz hat (a) ve istasyon sayısı 2 olan bir U tipi hat (b) verilmektedir (Ağpak vd., 2002).



Şekil 1. a) Düz hat, b) U-tipi hat (Kaynak: Ağpak vd., 2002).

3. MONTAJ HATTI DENGELEME PROBLEMİ

Montaj hattı dengeleme problemi ile ilgili yapılan ilk çalışmalar yirminci yüzyılın ortalarına dayanmaktadır. O zamanlardan beri montaj hattı dengeleme konusu araştırmacıların geniş çerçevede ilgi odağı haline gelmiştir. Bu konudaki bilgilerin artmasıyla, birçok çalışma daha yeniden gözden geçirilmiş ve literatüre kazandırılmıştır (Guo vd., 2008). Montaj hattı dengeleme problemi; montaj işlemlerinin yapılabilmesi için gerekli görevlerin aldıkları süreler ve aralarındaki öncelik ilişkileri dikkate alınarak bir veya birden fazla verimlilik ölçütünü en iyileyecek şekilde görevlerin sıralı istasyonlara atanmasıdır (Gökçen, 1994). Montaj hattı dengeleme konusu; üretim hızının artırılması, sağlıklı bir planlamanın yapılması ve işletmelerin ekonomik sorunlarına çözüm getirmeye yönelik olmasından dolayı endüstri dünyasında oldukça büyük önem taşımaktadır. Montaj hattı dengelemenin temel amacı istasyonlardaki zaman fazlalıklarını azaltmak için hat üzerindeki toplam iş yükünü istasyonlara eşit olarak dağıtmaktır. Bu amaçla iş elemanları, birbirleri ile öncelik ilişkilerine ve istasyon boş sürelerine göre iş istasyonlarına atanır. Bu problem literatürde montaj hattı dengeleme problemi olarak adlandırılır (Alp vd., 2001). Montaj hattı tam dengelendiği durumlarda üretim akışı gecikmesiz olur ve iş istasyonları eşit miktarda iş yaparlar.

Montaj hattı dengeleme yöntemleri bir kaç farklı şekilde sınıflandırılabilir. Sınıflandırma yapılırken dikkate alınan ölçüt çok önemlidir. Hat üzerinde üretilen model sayısı ve iş öğelerinin işlem sürelerinin deterministik veya stokastik olmalarına göre çok genel olarak farklı kategorilere ayrılır. Deterministik işlem sürelerinin söz konusu olduğu durumda, iş öğeleri sürelerinin belirli ve her birim ürün için aynı olduğu kabul edilir. Stokastik işlem sürelerinin söz konusu olduğu durumda ise iş öğesi işlem sürelerinin belirli olmadığı, her birim ürünün işlem görmesi sırasında farklılık gösterdiği düşünülür (Erel, Sarin, 1998).

Çözüm yöntemlerine göre ise montaj hattı dengeleme problemi; optimal çözümünü bulan

analitik yöntemler ve en iyiye yakın çözümler veren sezgisel yöntemler (Acar vd., 1991) olmak üzere iki başlık altında incelenir. Doğrusal tamsayılı programlama, 0-1 tamsayılı programlama ve dinamik programlama yaklaşımları analitik yöntemlere örnektir. Bu yöntemler amaç fonksiyonu ve kısıtlardan meydana gelmektedir. Fakat bu yöntemlerde işlem sayılarının artması çözümü karmaşıklaştırmakta ve çözüme ulaşmayı zor hale getirmektedir (Tanyaş, Başkak, 2003). Montaj hattı dengeleme problemlerinin karmaşık oluşu, çözüm uzaylarının büyük oluşu ve çözüm zamanının problemin büyüklüğü ile üstsel olarak artması, bu tür problemlerin çözümünde sezgisel tekniklerin diğer tekniklere göre daha fazla kullanılmasına neden olmuştur. Uygulamada sezgisel tekniklerin kullanımı daha fazladır (Orbak vd., 2009).

Sezgisel keşfetmek demektir. Bu yöntemin temelinde, Matematiksel kanıtlardan çok geçmiş deneyimler ve mantık vardır. Sezgisel metotlardan en çok bilinenler, pozisyon ağırlığı metodu, Kilbridge – Wester Yöntemi, Moodie – Young Yöntemi, Hoffman Sezgisel metodu, büyükten küçüğe sıralanmış puanlara göre atama metodu, sırala ve ata yöntemi. Bu metotların birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları vardır. Fakat bu metotlar arasında en popüler olanı pozisyon ağırlığı metodudur (Manoria vd., 2012).

4. POZİSYON AĞIRLIĞI METODU

Sezgisel metotlar arasından önemli bir yere sahip olan Pozisyon Ağırlığı Metodu (RPW), montaj hattı dengeleme problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan metotlardan biridir. Bu metoda göre her görevin bir pozisyon ağırlığı vardır ve her bir operasyonun pozisyon ağırlığı, kendisinden sonraki tüm işlemlerin zamanlarının art arda toplanmasıyla hesaplanır. Başka bir ifade ile en yüksek pozisyon ağırlığına sahip görev seçilir ve ilk atama işlemine geçilir (Fathi vd., 2011). Bu çalışmada kullanılan yöntem; Helgeson ve Birnie (1961) tarafından geliştirilmiş ve adımları aşağıda açıklanan pozisyon ağırlıkları metodudur (Ghutukad, Sawant, 2013):

Adım 1:

Öncelik diyagramını çiz.

Adım 2:

Her bir görev için pozisyon ağırlığını belirle. (Bir görevin pozisyon ağırlığı, o görevin süresi ile o görevin ardılı olan görevlerin sürelerinin toplamıdır). Bu o ağ üzerindeki ilk operasyondan son operasyona kadar en uzun yol üzerindeki toplam zamandır.

Adım 3:

Görevleri pozisyon ağırlığına göre büyükten küçüğe doğru sırala.

Adım 4:

Görevler istasyonlara atanırken, Pozisyon ağırlığı en yüksek olanı seç. Atama yapılırken buna öncelik ver, daha sonra, bir sonraki görevi seç. Çevrim zamanını aşmayacak seviyeye ulaşınca kadar bu işleme devam et. Bu işlemi yaparken ayrıca öncelik kısıtlarına dikkat et.

Adım 5:

Tüm operasyonlar istasyonlara atanıncaya kadar 4. adımı tekrar et.

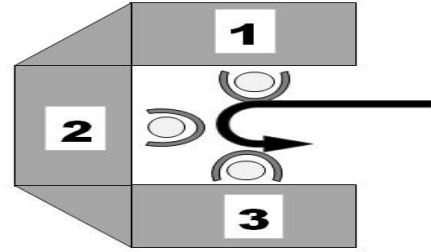
5. UYGULAMA

5.1 Uygulama Yapılan Firmanın Tanıtılması

Çalışmanın yapıldığı firma 1999'da kurulmuştur. Toplamda 33600 metrekarelik bir alanda faaliyet gösteren firma, 17 bin 500 metrekarelik kapalı alana sahiptir. 350 çalışanı bulunan firmada, çalışanların 83'ü beyaz yakalılardan, 267'si ise mavi yakalılardan oluşmaktadır. Firmanın teknik biriminde ise 10 mühendis bulunmaktadır. Firmada, konut ve endüstriyel binalar için mekanik ve elektromekanik güvenlik ve emniyet ekipmanlarıyla, giriş çıkış kontrol sistemleri üretilmektedir. Ayrıca hidrolik gövde üretimi, endüstriyel sac şekillendirme ve inşaat sektörlerine de imalat yapmaktadır. Dünyanın 95 ülkesine ihracat yapan firma, Türkiye'nin Pazar ikincisi birçok Avrupa ülkesinde Pazar lideri markaların üretim üssü ve yurtdışındaki şirketlerin destek ve tedarik merkezi konumundadır. Firma üretim ve denetim metodlarının iyileştirilmesi için yalın altı sigma, değer mühendisliği, yeni ürün geliştirme operasyonel mükemmellik, yalın üretim, toplam kalite yönetimi, 5S gibi uygulamalara

sahiptir. Firma sürekli gelişim çerçevesinde çalışan personeline yukarıda belirtilen uygulamalar çerçevesinde sürekli eğitimler vermektedir.

Uygulamanın yapıldığı montaj hattında tek parça akışı esas alınmıştır. Montaj hattında kullanılan ekipmanlar: Havalı tornavida motorları, manuel el pres, segman takma penseleri ve ürünün fonksiyon kontrolünü yapan ışıklı kontrol ekipmanıdır. Paketleme dahil tüm işlemler operatörlerin el montajı ile yapılmaktadır. Ergonomi standartları göz önüne alınarak kurulmuş U-şeklinde yapılmış montaj masaları üzerinde montaj yapılmaktadır. Hatta 3 istasyon bulunmaktadır. Üretim yapılan hat Şekil 2' de gösterilmiştir. Montaj malzemeleri 1. istasyona gelmekte ve 3. istasyonun sonunda nihai ürün olarak çıkmaktadır.



Şekil 2. Üretim Hattı

5.2 Mevcut Durum

Firmada uygulama çalışmasının yapıldığı hat şekli U tipidir. Manuel montaj ile üretimin yapıldığı hatta 3 istasyon bulunmakta ve 3 operatör çalışmaktadır. Montaj hattı dengeleme problemi için Helgeson-Birnie (1961) tarafından geliştirilen pozisyon ağırlığı metodu kullanılmıştır. Hattın mevcut durumu ve operasyon süreleri ile ilgili bilgiler Tablo 1' de, montaj elemanları, görev süreleri ve komşu öncül görevler Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 1: Hattın Mevcut Durumu

Gerçekleşen Üretim	180 adet/gün
Mevcut durum için çevrim zamanı	176,6 sn
Hat Etkinliği	%49,83
Hedeflenen Üretim	220 adet/gün
Hedeflenen durum için çevrim zamanı	144,5sn
Ana istasyon sayısı	3
Hatta çalışan kişi sayısı	3
Net Çalışma Süresi	Çalışma Süresi - Yemek ve molalar
Net Çalışma Süresi	10 saat - (Yemek 45 dak. + Molalar 2x10 dak. +Temizlik 5 dk)
Net Çalışma Süresi	10x60-70 = 530dk = 31800 sn.
Bu hat için günlük talep	180adet

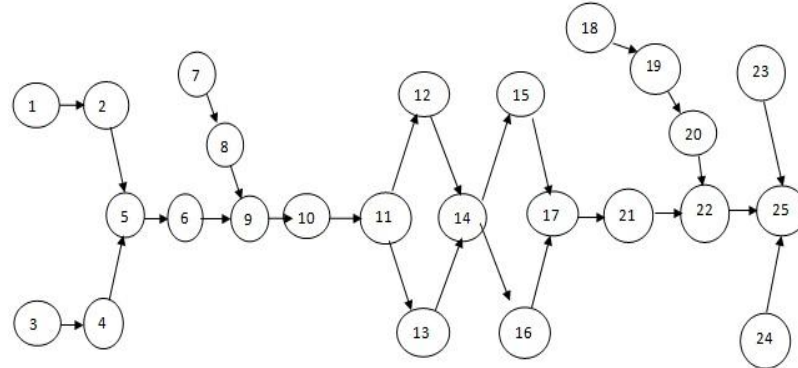
Tablo 2: Montaj Elemanları, Görev Süreleri Ve Komşu Öncül Görevleri

Görev	Görev süresi (sn)	Komşu Öncül Görevler	Görev Tanımı
1	19	-	Gövde parçasının gözle kontrolü, bloğu gövdeye takma ve vidalama
2	12	1	Gövde parçasına iç yağlama
3	12	-	B parçasına yay takma+2ad. bilye takma +yağlama
4	14	3	Kola pim parçasını takma sürgü yağlama ve takma + çalışma kontrolü
5	20	2-4	Yay ve 4 bilye takma yuvaya koyma pul ile vidalama ve kontrol.
6	20	5	Yağlama+vidalama kontrol+yağlama+üst parça koyma+yağlama
7	14	-	Sac parça takma yağlama üst fişe vidalama
8	22	7	Yayın yağlanması ve segman takma
9	13	6-8	Üst kapak takma anahtar ile kontrol 2.istasyona verme
10	15	9	Üst yerleştirme vidasını takma gövdeyi bloğa koyma
11	30	10	Kapak vidası takma anahtar ve kol takma kolu gövdeye vidalama
12	12	11	Kontroller
13	26	11	Üst yerleştirme vidasını sökme ve rotasyon yerleştirme vidasının takılması + Üst Sürgü söküp takma
14	13	12-13	Alt sürgü alma anahtarı 1 tur çevirme
15	13	14	Bir önceki işlemde çıkan parçanın vidasını sökerek kapı kolunu soldan sağa alma
16	15	14	Sağ kol ve anahtar kontrolü
17	9	15-16	Üst yerleştirme vidasını sökme ve rotasyon yerleştirme vidasının takılması (tersine geri çevirme)
18	21	-	Sürücü gövdeye pim çakma
19	16	18	Sürücü gövdeye kapı kolu göbeği montajı
20	12	19	Kol vidasını sökme ve test OK' yi yapıştırma. 3.istasyona verme
21	18	17	Bloğa barel montajı
22	19	20-21	Gövdeye kol takma vidalama silme
23	21	-	Kutuya etiket yapıştırma ve açma
24	21	-	Klavuz katlama kutuya koyma vida seti ve kilit koyma +koliye koyma
25	8	22-23-24	Vida Paketi 1

87

6. BULGULAR

Pozisyon ağırlığı metodunun uygulama adımları aşağıdaki gibidir.



Şekil 3: 25 görevli bir problem için öncelik diyagramı

Adım 1: Hattın öncelik diyagramı Şekil 3'teki gibi oluşturulur.

Adım2: Her bir görev için belirlenen pozisyon ağırlığı Tablo 3'de gösterilmiştir.

Adım3: Tüm görevler için oluşturulan pozisyon ağırlıklarının büyükten küçüğe doğru sıralanmış hali Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 3: Görevlerin pozisyon ağırlıkları

GÖREV	POZİSYON AĞIRLIĞI
1	262
2	243
3	257
4	245
5	231
6	211
7	227
8	213
9	191
10	178
11	163
12	107
13	121
14	95
15	67
16	69
17	54
18	76
19	55
20	39
21	45
22	27
23	29
24	29
25	8

Tablo 4: Pozisyon ağırlıklarının azalan sıraya göre sıralanması

SIRA	GÖREV	GÖREV SÜRESİ	POZİSYON AĞIRLIĞI
1	1	19	262
2	3	12	257
3	4	14	245
4	2	12	243
5	5	20	231
6	7	14	227
7	8	22	213
8	6	20	211
9	9	13	191
10	10	15	178
11	11	30	163
12	13	26	121

13	12	12	107
14	14	13	95
15	18	21	76
16	16	15	69
17	15	13	67
18	19	16	55
19	17	9	54
20	21	18	45
21	20	12	39
22	23	21	29
23	24	21	29
24	22	19	27
25	25	8	8

Adım 4 ve 5: Görevler istasyonlara çevrim zamanını aşmayacak şekilde Tablo 5'teki gibi atanmıştır. Bu atama sonucunda en yüksek çevrim zamanı 146 sn bulunmuştur.

Tablo 5: Görevlerin istasyonlara atanması ve istasyonları çevrim zamanları

1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon
1-3-4-2-5-7-8-6-9	10-11-13-12-14-18-16-15	19-17-21-20-23-24-22-25
Toplam zaman: 146sn	Toplam zaman: 145sn	Toplam zaman: 124sn

Görevlerin istasyonlara atanmasından sonra mevcut durumdaki hattın çevrim zamanı 176.6sn iken, dengeleme çalışması sonunda çevrim zamanı 146 olarak hesaplanmıştır. Mevcut durum ile yeni durumun karşılaştırılması için hattın etkinliği hesaplanmıştır. Hat Etkinliği, görev süreleri toplamının, ürünün hat boyunca harcadığı zamana oranıdır. Buna göre mevcut durumda hat etkinliği %49,83 iken, dengeleme sonucunda hattın etkinliği %60,28 olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Etkinlik: } \left(1 - \frac{[(146 \times 3) - 264]}{146 \times 3} \right) \times 100 = \%60,28$$

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada tek model montaj hattı dengeleme probleminin çözümü için sezgisel bir metod olan ve Helgeson-Birnie tarafından ortaya konulan pozisyon ağırlığı metodu kullanılmıştır. Amaç çevrim zamanını azaltıp hattın etkinliğini arttırmaktır. Bu amaç ile yapılan dengeleme çalışmasında hattın etkinliğinin %49,83'den, %60,28'e çıktığı gözlemlenmiştir. Başlangıçta 3 olan istasyon sayısı dengeleme

çalışmasının ardından yine 3 olarak hesaplanmıştır. Çevrim zamanı ise 176 sn iken dengeleme işlemi sonunda 146 sn olarak tespit edilmiştir. Pozisyon ağırlığı metodu diğer birçok montaj hattı dengeleme metoduna göre daha kolay uygulanabilir bir metottur. Sezgisel metotlar içerisinde başka metotlarla da dengeleme çalışması yapılırsa daha uygun sonuçlar bulunabilir.

KAYNAKÇA

- ACAR, Nesime, ESTAS, Semra (1991). Kesikli Seri Üretim Sistemlerinde Planlama ve Kontrol Çalışmaları, MPM Yayınları, Ankara, 309.
- AĞPAK, Kürşat, GÖKÇEN Hadi, SARAY, Nergiz, ÖZEL, Suna (2002). "Stokastik Görev Zamanlı Tek Modelli U Tipi Montaj Hattı Dengeleme Problemleri İçin Bir Sezgisel", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17, 4, ss. 115-124.
- ALP Arda, ÇERÇİOĞLU, Hakan, TOKAYLI M. Aydın, DENGİZ, Bema (2001). "Stokastik Montaj Hattı Dengeleme: Bir Tavlama Benzetimi Algoritması", Endüstri Mühendisliği Dergisi, MMO, 2, 3-4,ss. 32-51.
- ALTUNTAŞ Serkan, İŞLİER, A. Atilla (2010). "Birliktelik Kısıtları Altında Montaj Hattı Dengeleme Problemi İçin Bir Çözüm Yaklaşımı Önerisi ve Bir İşletmede Uygulama", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16, 1, 29-44.
- BRYTON, Benjamin (1954). "Balancing of a Continuous Production Line", M.S. Thesis, Northwestern University, Evanston,IL.
- EREL, Erdal, SARİN, Subhash C.(1998). "A Survey of the Assembly Line Balancing Procedures", Production Planning and Control, 9, 5, pp. 414-434.
- FATHİ, Masood, ALVAREZ, Maria, Jesus, RODRÍGUEZ, Victoria (2011). "A New Heuristic Approach To Solving U-Shape Assembly Line Balancing Problems Type-1", World Academy of Science, Engineering and Technology, 5, pp. 269-277.
- GHUTUKADE, Santosh, T., SAWANT, Suresh, M. (2013). "Use Of Ranked Position Weighted Method For Assembly Line Balancing", Ghutukade et al, International Journal of Advanced Engineering Research and Studies, pp. 01-03.
- GÖKÇEN, Hadi (1994). "Karışık Modelli Deterministik Montaj Hattı Dengeleme Problemleri İçin Yeni Modeller", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- GUO, Z. X., WONG, Wai, Keung, LEUNG, S. Y. S., FAN, J. T., and CHAN, S. F., (2008) "A Genetic-Algorithm-Based Optimization Model For Solving The Flexible Assembly Line Balancing Problem With Work Sharing And Work Station Revisiting", Ieee Transactions On Systems, Man, And Cybernetics-Part C: Applications And Reviews, 38, 2, pp. 218-228.
- HALGESON, W.B., BIRNIE, D.P., (1961) " Assembly Line Balancing Using The Ranked Positional Weight Technique", Journal of Industrial Engineering, 12, pp. 394-398.
- KAO, Hsiu, Hsueh, YEH, Din, Horng, WANG, Yi, Hsien (2011). "Resource Constrained Assembly Line Balancing Problem Solved With Ranked Positional Weight Rule", Review of Economics& Finance, 5, pp. 71-80.
- MANORIA, Ashish, MISHRA, Sandip, Kumar, MAHESHWAR, Sachin (2012). "Expert System Based On Rpw Technique To Evaluating Multi Product Assembly Line Balancing Solution", International Journal of Computer Applications, 40, 4, pp. 27-32.
- MISHRA, Sandip, Kumar, MANORIA, Ashish, (2012). "Assembly Line Balancing By Rpw Method In Language C++", International Journal of Mechanical and Production Engineering, 2, pp. 70-80.
- ORBAK, A. Yurdun, ÖZALP, B.Türker, KORKMAZ, Pınar, YARKIN, Nilay, AKTAŞ Nagihan, DİNÇER, Aylin (2009). "Karışık Modelli Bir Montaj Hattında Hat Dengeleme Çalışmaları ", Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 29. Ulusal Kongresi, Ankara.
- SALVESON, Malvin, E. (1955). "The Assembly Line Balancing Problem", Journal Of Industrial Engineering, 6, 3, pp. 18-25.
- SCHOLL, Armin (1999). "Balancing and Sequencing of Assembly Line", Physica-Verlag, Heidelberg, New-york.
- TANYAŞ, Mehmet, BASKAK, Murat (2003). Üretim Planlama ve Kontrol, İrfan Yayıncılık.