



TEKSTİL VE MÜHENDİS
(Journal of Textiles and Engineer)

<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>



Etek Üretimi Yapan Bir Konfeksiyon İşletmesinde Montaj Hattı Dengeleme Çalışması

Assembly Line Balancing in a Ready to Wear Company Producing Skirt

Selin Hanife ERYÜRÜK¹, Fatma KALAOĞLU¹, Murat BASKAK²

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online): 29 Aralık 2014 (29 December 2014)

Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):

Selin Hanife ERYÜRÜK, Fatma KALAOĞLU, Murat BAKSAK (2014): Etek Üretimi Yapan Bir Konfeksiyon İşletmesinde Montaj Hattı Dengeleme Çalışması, Tekstil ve Mühendis, 21: 96, 20-26.

For online version of the article: <http://dx.doi.org/10.7216/130075992014219603>



Research Article / Araştırma Makalesi

ETEK ÜRETİMİ YAPAN BİR KONFEKSİYON İŞLETMESİNDE MONTAJ HATTI Dengeleme Çalışması

Selin Hanife ERYÜRÜK^{1*}
Fatma KALAOĞLU¹
Murat BASKAK²

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye
²İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 07.11.2014

Kabul Tarihi / Accepted: 02.12.2014

ÖZET: Montaj hatları, insanoğlunun giderek artan gereksinimlerini karşılamak üzere geliştirilmiş üretim düzenlemeleridir. Montaj hatlarının geliştirilmesinin amacı; talebi yüksek ürünlerin, en kısa sürede, en verimli bir şekilde, ucuz ve istenen kalitede üretilmesidir. Montaj hattı dengeleme problemi zor sayılabilecek bir optimizasyon problemi olup, günümüzde hâlen büyük ölçekli montaj hattı dengeleme problemlerinin çözümü için sezgisel yöntemlere gereksinim duyulmaktadır. Bu çalışmada, Helgeson ve Birnie tarafından geliştirilen “Konum Ağırlıklı Montaj Hattı Dengeleme Yöntemi” kullanılarak, etek üretimi yapan bir konfeksiyon işletmesinde montaj hattı dengelemesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Montaj hattı dengeleme problemi, konfeksiyon işletmesi, sezgisel yöntem, hat etkinliği.

ASSEMBLY LINE BALANCING IN A READY TO WEAR COMPANY PRODUCING SKIRT

ABSTRACT: Assembly lines are production systems developed to meet the requirements of mankind. The main aim is to produce high demand products within the shortest time limits, in the most productive and cheap way with high quality. Assembly line balancing problem can be considered as a difficult optimization problem and today still some heuristic methods are needed to solve large scale assembly line balancing problems. In this study, heuristic assembly line balancing technique known as the “Ranked Positional Weight Technique”, developed by Helgeson and Birnie was applied to balance assembly line balancing in a skirt production company.

Keywords: Assembly line balancing problem, clothing plant, heuristic method, line efficiency.

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: eryluruk@itu.edu.tr

DOI: 10.7216/130075992014219603, www.tekstilvemuhendis.org.tr

1. GİRİŞ

Üretim, insan gereksinimlerinin doğa tarafından tam olarak karşılanamaması sonucu ortaya çıkan ve insana dayalı bir etkinliktir. Ekonomistler üretimi “yarar yaratmak” şeklinde tanımlarlar. Mühendisler ise, fiziksel bir varlık üzerinde, onun değerini arttıracak bir değişiklik yapmayı veya hammadde veya yarı ürünleri kullanılabilir bir ürüne dönüştürmeyi üretim sayarlar. Üretimin temel amacı, bir mal veya hizmet oluşturmaktır. Bunun gerçekleşmesi için, üretim etmenleri (işgücü, sermaye, doğal kaynaklar, girişimci) adı verilen öğelerin, belirli koşullar ve yöntemlerle biraraya getirilmesi gerekir. Son yıllarda kaydedilen teknolojik gelişmeler ve küresel ticaretin yoğunlaşması sonucu ortaya çıkan sıkı fiyat ve kalite rekabeti, üretim yöntemlerinde yeni kavram ve işlevlerin doğmasına yol açmıştır. Günümüzde bir yandan sürekli olarak yükselen yaşam düzeyinin, diğer yandan hızla artan dünya nüfusunun etkisi ile geçmişe oranla çok daha karmaşık ürünlerin büyük miktarda üretilmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır [1]. Bu zorunluluk nedeniyle modern üretim yöntemleri ve montaj hatları 1900’lü yılların başından itibaren geliştirilmeye başlanmıştır.

Montaj hatları, bir ürünün birçok parça ve bileşenlerinin biraraya getirildiği ve bunların üzerinde birtakım işlemlerin yapıldığı yerlerdir. Bir montaj hattının temel özelliği, iş parçalarının bir istasyondan diğerine hareket etmesidir. İş istasyonlarında bulunan işçiler, kendilerine ait bir veya birkaç işlemi yaparak, hatta giren yarı ürünlerin hattın sonundan ürün olarak çıkmasını sağlarlar. 20. yüzyılın ortalarında ortaya atılan “montaj hattı dengeleme” düşüncesi, talep miktarı çok yüksek olan ürünlerin en kısa sürede, verimli bir şekilde, ucuz ve istenen kalitede üretilmesi çabasının bir sonucu olarak doğmuştur [2].

Montaj hattı dengeleme problemi, ilk kez 1954 yılında Bryton tarafından, yüksek lisans tez çalışmasında ele alınmıştır [3]. Bryton, yaptığı çalışmada, iş istasyonu sayısının sabit, iş istasyonu sürelerinin tüm istasyonlar için eşit olduğunu ve iş öğelerinin bu istasyonlar arasında hareket ettiklerini kabul etmiştir. Montaj hattı dengeleme konusunda yayımlanan ilk makale, Salveson tarafından 1955 yılında yapılan çalışmadır [4]. Bu çalışmada problemin çözümü için, 0-1 tamsayı programlama modeli geliştirilmiştir.

Kilbridge ve Wester, geliştirdikleri basit yöntemde, ilk aşamada bir atama tablosu oluşturmuş, daha sonra öncelik ilişkileri ve çevrim süresini dikkate alarak, istasyonlara gerekli iş öğesi kaydırmalarını yapmışlardır [5]. Kim vd. [6] tarafından yapılan bir çalışmada, genetik algoritma kullanılarak montaj hattı dengeleme problemi çeşitli amaçlar için çözülmeye çalışmıştır. Hee ve Kusiak [7] tarafından yapılan çalışmada, modüler ürünler için montaj hattı tasarımına bir model sunulmuştur. Kim vd. [8] tarafından yapılan diğer bir çalışmada, montaj hattı dengeleme problemi için, iş yükünün iş istasyonları arasında dengelenmesi problemi üzerinde durulmuştur. Sörensen ve Janssens [9] tarafından yapılan çalışmada, serî hâlinde n adet makina ile çalışılmıştır. Ardarda gelen iki makina, sonlu kapasiteye sahip bir tampon ile birbirinden ayrılmıştır. Böyle bir üretim sisteminde, tampon bölgelerin tahsis edilmesi, sistemin kullanılabilirliği üzerinde büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada, tampon bölge tahsis edilmesinin, toplam kurulum ve kullanma maliyetinin enküçüklenmesini içeren doğrusal olmayan bir optimizasyon problemi şeklinde nasıl ifade edileceği incelenmiştir.

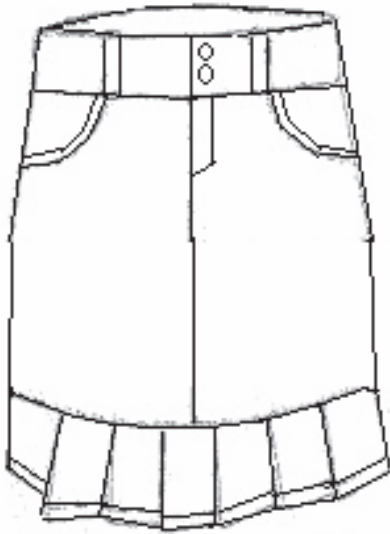
Helgeson ve Birnie, elle yapılan uygulama yöntemlerinden biri olan konum ağırlıklı dengeleme tekniğini geliştirmişlerdir [11]. Her iş öğesine, kendisinden sonra gelen iş öğelerinin toplam süresinin büyüklüğüne göre bir ağırlık verilir. Bu ağırlığa konum ağırlığı denir. Burada amaç, konum ağırlığı büyük olan iş öğesine, atamada öncelik vermektir. Eryürük vd. [12] tarafından pantolon üretimi yapan bir konfeksiyon işletmesinde iki farklı model için dikim bölümü montaj hattı dengelemesi yapılmıştır. Konum ağırlıklı dengeleme tekniği ve istatistiksel hat dengeleme yöntemi kullanılarak montaj hattı dengelemesi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bu bağlamda yapılan bu yeni çalışmada, İstanbul’da yerleşik, ünlü markalar için üretim yapan bir hazır giyim işletmesinde etek modeli ele alınarak, çok modelli montaj hattı dengeleme probleminin çözümü hedeflenmiştir. Üretimin insan gücünden faydalanarak emek yoğun bir şekilde gerçekleştirilmesi, montaj hattı dengeleme problemlerinin karmaşık olması ve zaman kısıtının fazlalığı gibi nedenlerden dolayı hazır giyim sektöründe daha çok sezgisel montaj hattı dengeleme yöntemleri tercih edilmektedir. Çalışmada, montaj hattı dengeleme probleminin çözümü için

kolay anlaşılır ve kolay uygulanabilir bir yöntem olan “Konum Ağırlıklı Dengeleme Tekniği” (Helgeson ve Birnie tarafından geliştirilen) kullanılmıştır. Bu çalışmada ilk olarak kullanılan metot detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Daha sonra etek modeline ilişkin operasyonlar, kullanılan makineler, öncelik ilişkileri ve standart süreler gibi veriler belirlenmiştir. Konum ağırlıkları hesaplandıktan sonra, konum ağırlıkları azalan şekilde sıralanmış ve en büyük konum ağırlığına sahip iş ögesinden başlayarak iş ögelerinin istasyonlara atanması gerçekleştirilmiştir. En son bölümde sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, bir konfeksiyon fabrikasında üretilen etek model üretimi ele alınarak, bu modellerin üretimi sırasında hattın nasıl düzenlenmesinin daha uygun olacağı bulunmaya çalışılmıştır (Şekil 1). Montaj hattı dengeleme yöntemi olarak konum ağırlıklı bant dengeleme yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 1. Etek modeli

Konum ağırlıklı montaj hattı dengeleme yönteminde şu adımlar izlenir [12]:

- I. Her iş ögesi için konum ağırlıkları belirlenir (Bir iş ögesinin konum ağırlığı; o işlemi yapmak için gerekli süre ve seri olarak ondan sonra gelen işleri yapmak için gerekli sürelerin toplamıdır).
- II. İş ögeleri, azalan konum ağırlıklarına göre sıralanır.

- III. İş ögeleri iş istasyonlarına atanır (Bu atama işlemi sırasında en yüksek konum ağırlıklı iş ögelerine öncelik verilir).
 - a. En büyük konum ağırlıklı iş ögesi ilk istasyona atanır.
 - b. İş istasyonunun kullanılmamış süresi; çevrim süresinden, atanmış sürelerin toplamı çıkarılarak bulunur.
 - c. Kalan iş ögeleri içinden en büyük konum ağırlıklısı seçilir ve aşağıdaki kontrollerden sonra iş ögesi, istasyona atanmaya çalışılır:
 - i. Ayrılmış işler listesi kontrol edilir. Eğer öncülü olmayan iş ögeleri atanmışsa öncelik koşulu bozulmayacaktır. Bu durumda adım c-2'ye, aksi durumda adım-d'ye gidilir.
 - ii. İş ögelerinin süresi, istasyonun kullanılmamış süresi ile karşılaştırılır. Eğer işlem süresi, atanmamış süreden küçükse, iş ögesi istasyona atanır ve kullanılmamış istasyon süresi yeniden hesaplanıp adım-c'ye dönlür. Eğer işlem süresi, kullanılmamış süreden büyük ise adım-d'ye geçilir.
 - d. Seçme, kontrol etme ve olanaklı ise istasyona atama, aşağıdaki iki koşuldan biri sağlanıncaya dek sürdürülür:
 - i. Tüm iş ögelerinin atanması bitmiştir.
 - ii. Hem öncelik koşullarını, hem de atanmamış süre koşullarını sağlayan iş ögesi kalmamıştır.
 - e. Atanmamış en yüksek konum ağırlıklı iş ögesi bir sonraki istasyona atanıp, ilk dört adım (a, b, c ve d) aynen uygulanır.
 - f. İş ögelerini istasyonlara atama işlemi; atanmamış iş ögesi kalmayıncaya dek sürdürülür.

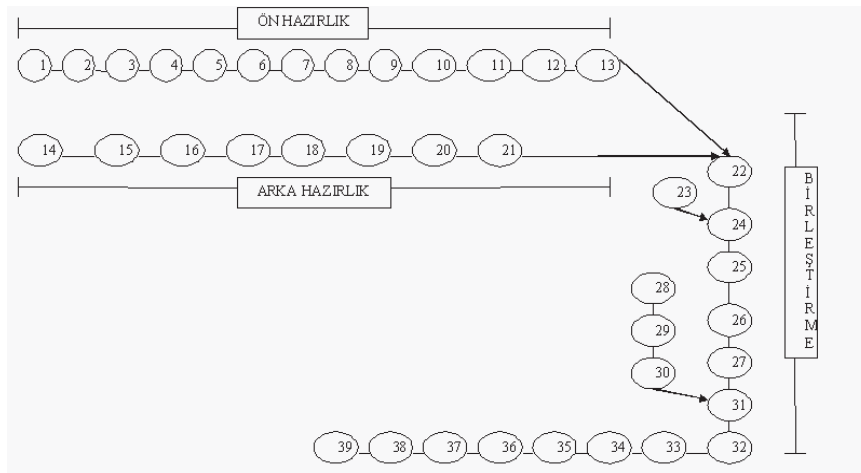
3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Bu bölümde, bir konfeksiyon fabrikasında üretilen, Şekil 1'de görülen etek modeli için montaj hattı dengeleme sonuçları verilmiştir.

Etek modeli otuzdokuz iş ögesine sahiptir (Tablo 1). İş ögeleri arasındaki öncelik ilişkileri belirlendikten sonra etek modelinin teknolojik öncelik diyagramı çıkartılmıştır. Şekil 4'te etek modelinin teknolojik öncelik diyagramı görülmektedir.

Tablo 1. Etek modeline ilişkin veriler

NO	OPERASYON ADI	MAKİNA	ÖNCELİK İLİŞKİSİ	STANDART SÜRE
	ÖN HAZIRLIK			
1	Astara cep karşılığı takma	Karyoka	-	14,4
2	Cep astarı iç dikiş	3 İplik Overlok	1	8,7
3	Cep astarı gaze	Düz Dikiş Makinası	2	14,8
4	Ön cep takma	Düz Dikiş Makinası	3	10,5
5	Cep pervazı çırma	Düz Dikiş Makinası	4	13,0
6	Cep karşılığı tutturma	Düz Dikiş Makinası	6	25,1
7	Ön cep çift iğne	Çift iğne	5	15,4
8	Ön overlok	3 İplik Overlok	7	11,4
9	Sol patlet takma	Düz Dikiş Makinası	8	21,8
10	Pat üstü çizim ve fermuar takma	Çift iğne	9	23,1
11	Ön bağlama	Çift iğne	10	7,6
12	Ön bağlama	Düz Dikiş Makinası	11	19,4
13	Patlete biye çekme	Düz Dikiş Makinası	12	3,0
	ARKA HAZIRLIK			
14	Fileto takma	Fileto	-	18,6
15	Fileto kesme	Elle	14	41,3
16	Fileto alt çırma	Düz Dikiş Makinası	15	38,9
17	Fileto üst çırma	Düz Dikiş Makinası	16	34,2
18	Arka cep torba tulumu	Düz Dikiş Makinası	17	63,0
19	Fileto cebi kapama	Düz Dikiş Makinası	18	26,7
20	Arka conta	Çift iğne	19	21,4
21	Arka orta	Çift iğne	20	10,1
	BİRLEŞTİRME			
22	Yan çatma	5 İplik Overlok	13_21	10,6
23	Pile hazırlama	Düz Dikiş Makinası	-	44,6
24	Pileyi bedene çatma	5 İplik Overlok	22_23	26,5
25	Pile üstü çırma	Düz Dikiş Makinası	24	31,1
26	Köprü takma	Düz Dikiş Makinası	25	27,5
27	Yıkama talimatı takma	Düz Dikiş Makinası	26	17,7
28	Dış kemer ütüsü ve tela yapıştırma	Ütü	-	19,6
29	İç kemer ütüsü ve tela yapıştırma	Ütü	28	21,6
30	Kemer hazırlama	Düz Dikiş Makinası	29	26,2
31	Kemer takma	Düz Dikiş Makinası	27_30	49,4
32	Marka etiketi dikme ve uç yapma	Düz Dikiş Makinası	31	31,8
33	Kemer kapatma	Çift iğne	32	81,0
34	Etek ucu overlok	3 İplik Overlok	33	23,3
35	Etek ucu kıvrma	Düz Dikiş Makinası	34	23,2
36	Marka etiketi punteriz	Punteriz	35	8,1
37	Köprü punteriz	Punteriz	36	29,2
38	Arka cep punteriz	Punteriz	37	10,4
39	Patlet punteriz	Punteriz	38	8,5



Şekil 2:Etek modeli teknolojik öncelik diyagramı

Etek modeli teknolojik öncelik diyagramının çıkartılmasının ardından çevrim süresi hesaplanır. Etek modeli için çevrim süresi;

$$C = T / \text{ÜS} = (540 \text{ dakika} * 60 \text{ sn.}) / 500 (\text{adet/gün}) = 64,8 \text{ sn.}$$

$$C = 65 \text{ sn. alalım.}$$

Gerekli en az istasyon sayısını (n_{enaz}) hesaplanır.

$$n_{\text{enaz}} = \text{Enb} (n_{\text{enk}}; n_{\text{olası}})$$

$$n_{\text{enk}} = [\sum t_i / C]^+ = [934,9 / 65]^+ = 15$$

$$n_{\text{olası}} = t_i > (C/2 = 65/2 = 32,5) \text{ olan iş ögesi sayısı} = 7$$

(15, 16, 17, 18, 23, 31, 33)

$$n_{\text{enaz}} = \text{Enb} (7; 15) = 15$$

Çevrim süresi ve istasyon sayıları hesaplandıktan sonra konum ağırlıkları bulunur. Tablo 2’de her iş ögesinin bulunduğu satırda, o iş ögesinin numarasının yazıldığı gözlerin uzantısı olan sütunlar için, sütunda belirtilen iş ögesinin, satırda belirtilen iş ögesinden hemen sonra yapılması gerekmektedir. Ayrıca “+” bulunan gözler ise sütundaki iş ögesinin, satırdaki iş ögesinden hemen sonra yapılamayacağını ama öncelik ilişkileri nedeniyle, satırdaki iş ögesi bitirilmeden, sütundaki iş ögesinin başlayamayacağını göstermektedir. Tablo 2’de etek modeli konum ağırlıkları görülmektedir.

Tablo 2. Etek modeli konum ağırlıkları

İŞ ÖGESİ	STD SÜRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	KONUM AĞIRLIĞI									
1	14,4	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+									+		+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	566,5								
2	8,7		2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+									+		+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	552,1								
3	14,8			3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+									+		+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	543,4								
4	10,5				4	+	+	+	+	+	+	+	+	+									+		+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	528,6								
5	13,0					5	+	+	+	+	+	+	+	+									+		+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	518,1								
6	15,4						6	+	+	+	+	+	+	+									+		+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	505,1								
7	25,1							7	+	+	+	+	+	+									+		+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	489,7							
8	11,4								8	+	+	+	+	+									+		+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	464,7							
9	21,8									9	+	+	+	+									+		+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	453,2							
10	23,1										10	+	+	+									+		+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	431,4							
11	7,6											11	+	+									+		+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	408,3							
12	19,4												12	+									+		+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	400,7							
13	3,0																							13	+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	381,3							
14	18,6														14	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	632,6						
15	41,3															15	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	614,0						
16	38,9																16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	572,7						
17	34,2																	17	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	533,8						
18	63,0																		18	+	+	+	+	+	+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	499,5						
19	26,7																			19	+	+	+	+	+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	436,5						
20	21,4																				20	+	+	+	+	+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	409,8						
21	10,1																					21	+	+	+	+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	388,4						
22	10,6																									22	+	+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	378,3				
23	44,6																									23	+	+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	412,2				
24	26,5																										24	+	+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	367,7				
25	31,1																											25	+	+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	341,1				
26	27,5																											26	+	+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	310,1				
27	17,7																													27	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	282,6					
28	19,6																														28	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	332,3					
29	21,6																														29	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	312,7					
30	26,2																															30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	291,1					
31	49,4																															31	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	264,9					
32	31,8																																32	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	215,5					
33	81,0																																	33	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	183,7				
34	23,3																																		34	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	102,7				
35	23,2																																			35	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	79,4				
36	8,1																																				36	+	+	+	+	+	+	+	+	+	56,2				
37	29,2																																					37	+	+	+	+	+	+	+	+	+	48,1			
38	10,4																																						38	+	+	+	+	+	+	+	+	+	18,9		
39	8,5																																								39	+	+	+	+	+	+	+	+	+	8,5

Konum ağırlıkları hesaplandıktan sonra, konum ağırlıkları azalan şekilde sıralanmıştır. Tablo 3'te etek modeline ilişkin azalan konum ağırlıkları verilmektedir.

Tablo 3. Etek modeli için iş öğelerinin konum ağırlıklarına göre sıralaması

ÖĞE NO	ÖĞE SÜRESİ	KONUM AĞIRLIĞI	İŞLEM	MAKİNA
ÖN HAZIRLIK				
1	14,4	566,5	Astara cep karşılığı takma	Karyoka
2	8,7	552,1	Cep astarı iç dikiş	3 İplik Overlok
3	14,8	543,4	Cep astarı gaze	Düz Dikiş Makinası
4	10,5	528,6	Ön cep takma	Düz Dikiş Makinası
5	13,0	518,1	Cep pervazı çuma	Düz Dikiş Makinası
6	15,4	505,1	Cep karşılığı tutturma	Düz Dikiş Makinası
7	25,1	489,7	Ön cep çift iğne	Çift iğne
8	11,4	464,7	Ön overlok	3 İplik Overlok
9	21,8	453,2	Sol patlet takma	Düz Dikiş Makinası
10	23,1	431,4	Pat üstü çizim ve fermuar takma	Çift iğne
11	7,6	408,3	Ön bağlama	Çift iğne
12	19,4	400,7	Ön bağlama	Düz Dikiş Makinası
13	3,0	381,3	Patlete biye çekme	Düz Dikiş Makinası
ARKA HAZIRLIK				
14	18,6	632,6	Fileto takma	Fileto
15	41,3	614,0	Fileto kesme	Elle
16	38,9	572,7	Fileto alt çuma	Düz Dikiş Makinası
17	34,2	533,8	Fileto üst çuma	Düz Dikiş Makinası
18	63,0	499,5	Arka cep torba tulumu	Düz Dikiş Makinası
19	26,7	436,5	Fileto cebi kapama	Düz Dikiş Makinası
20	21,4	409,8	Arka conta	Çift iğne
21	10,1	388,4	Arka orta	Çift iğne
BİRLEŞTİRME				
23	44,6	412,2	Pile hazırlama	Düz Dikiş Makinası
22	10,6	378,3	Yan çatma	5 İplik Overlok
24	26,5	367,7	Pileyi bedene çatma	5 İplik Overlok
25	31,1	341,1	Pile üstü çuma	Düz Dikiş Makinası
28	19,6	332,3	Dış kemer üstü ve tela yapıştırma	Ütü
29	21,6	312,7	İç kemer üstü ve tela yapıştırma	Ütü
26	27,5	310,1	Köprü takma	Düz Dikiş Makinası
30	26,2	291,1	Kemer hazırlama	Düz Dikiş Makinası
27	17,7	282,6	Yıkama talimatı takma	Düz Dikiş Makinası
31	49,4	264,9	Kemer takma	Düz Dikiş Makinası
32	31,8	215,5	Marka etiketi dikme ve uç yapma	Düz Dikiş Makinası
33	81,0	183,7	Kemer kapatma	Çift iğne
34	23,3	102,7	Etek ucu overlok	3 İplik Overlok
35	23,2	79,4	Etek ucu kavuma	Düz Dikiş Makinası
36	8,1	56,2	Marka etiketi punteriz	Punteriz
37	29,2	48,1	Köprü punteriz	Punteriz
38	10,4	18,9	Arka cep punteriz	Punteriz
39	8,5	8,5	Patlet punteriz	Punteriz

Etek modeli için denge kaybı ise şöyle hesaplanmıştır:

$$D(\%) = (n * C - \sum t_i) / (n * C) = (18 * 65 - 932,7) / (18 * 65) = \%20$$

Etek modeli için kurulan hattın kuramsal ve gerçek etkinlik değerleri ise şu şekilde hesaplanmıştır:

$$KE (\%) = \left[\sum_{i=1}^N t_i / (n_{enaz} * C) \right] * 100 = [932,7 / (15 * 65)] * 100 = \%95,6$$

$$HE (\%) = \left[\sum_{i=1}^N t_i / (n * C) \right] * 100 = [932,7 / (18 * 65)] * 100 = \%80$$

Tablo 4'te konum ağırlıklı dengeleme sonuçları verilmektedir.

Tablo 4. Etek modeli konum ağırlıklı dengeleme sonuçları

İSTASYON NUMARASI	İŞ ÖĞESİ NO	KONUM AĞIRLIĞI	ÖNCÜL ÖĞE/ÖĞELER	İŞLEM SÜRESİ	BİRİKİMLİ İŞLEM SÜRESİ (X)	ATANMAYAN SÜRE (C-X)
ÖN HAZIRLIK						
1	1	566,5	-	14,4	14,4	50,6
	2	552,1	1	8,7	23,1	41,9
	3	543,4	2	14,8	37,9	27,1
	4	528,6	3	10,5	48,4	16,6
2	5	518,1	4	13,0	13,0	52,0
	6	505,1	5	15,4	28,4	36,6
	7	489,7	6	25,1	53,4	11,6
3	8	464,7	7	11,4	11,4	53,6
	9	453,2	8	21,8	33,2	31,8
	10	431,4	9	23,1	56,3	8,7
4	11	408,3	10	7,6	7,6	57,4
	12	400,7	11	19,4	27,0	38,0
	13	381,3	12	3,0	30,0	35,0
ARKA HAZIRLIK						
5	14	632,6	-	18,6	18,6	46,4
	15	614,0	14	41,3	59,9	5,1
6	16	572,7	15	38,9	38,9	26,1
7	17	533,8	16	34,2	34,2	30,8
8	18	499,5	17	63,0	63,0	2,0
9	19	436,5	18	26,7	26,7	38,3
	20	409,8	19	21,4	48,1	16,9
	21	388,4	20	10,1	58,2	6,8
BİRLEŞTİRME						
10	23	412,2	-	44,6	44,6	20,4
	22	378,3	13_21	10,6	55,2	9,8
11	24	367,7	22_23	26,5	26,5	38,5
	25	341,1	24	31,1	57,6	7,4
12	28	332,3	-	19,6	19,6	45,4
	29	312,7	-	21,6	41,2	23,8
13	26	310,1	25	27,5	27,5	37,5
	30	291,1	28_29	26,2	53,7	11,3
14_15	27	282,6	26	17,7	17,7	112,3
	31	264,9	27_30	49,4	67,1	62,9
	32	215,5	31	31,8	98,9	31,1
16_17	33	183,7	32	81,0	81,0	49,0
	34	102,7	33	23,3	104,3	25,7
	35	79,4	34	23,2	127,5	2,5
18	36	56,2	35	8,1	8,1	56,9
	37	48,1	36	29,2	37,3	27,7
	38	18,9	37	10,4	47,7	17,3
	39	8,5	38	8,5	56,2	8,8

4. SONUÇLAR

Ürün çeşitliliğinin artması ve kullanım sürelerinin azalması nedeniyle, montaj hatlarında geleneksel kitle üretiminin yerini çok modelli hatlar almaya başlamıştır. Bu çalışmada, çok modelli bir konfeksiyon işletmesinde dikim bölümü montaj hattı dengelemesi yapılmıştır. Amaç, sabit bir çevrim süresi için, optimum işgücü ve makine kullanarak en yüksek hat etkinliğini elde etmektir. Tablo 5'te montaj hattı dengeleme sonuçları görülmektedir.

Tablo 5. Konum ağırlıklı montaj hattı dengeleme sonuçları

MODEL	DENGE KAYBI	KURUMSAL ETKİNLİK	HAT ETKİNLİĞİ
Etek	%20,00	%95,60	%80,00

Etek modeli için denge kaybı %20 olmuştur. Kurumsal etkinlik değerleri teorik olarak hesaplanan gerekli en az iş istasyonu sayısına göre bulunan değerler olup, bu değerlere en yakın sonuçların elde edilmesi yeğlenmektedir. Konfeksiyon üretiminde hat etkinliğinin %80'in altına düşmesi, istenilen bir durum değildir. Montaj hattı dengelemesi yapılan etek modeli, az sayıda iş ögesine sahip olması, öncelik ilişkilerinin fazla olması, kullanılan makine çeşitliliğinin fazla olması sebebiyle, hat dengeleme sırasında istasyonlara iş ögelerinin dağıtımında daha az esnekliğe sahip bir modeldir. Bu nedenle denge kaybı yüksek olmuştur. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde etkin bir dengelemenin yapıldığı görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Kobu, B., (1979), *Üretim Yönetimi*, İşletme İktisadi Enstitüsü Yayınları, İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi.
2. İşleyen, S.K. ve Baykoç, Ö. F., (15-18 Haziran 2004), *Tek Modelli Stokastik U Tipi Montaj Hattının Deterministik Dengeleme Teknikleri Kullanılarak Dengelenmesi Ve Benzetimi: Arçelik A.Ş.'de Bir Uygulama*, Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği, XXIV Ulusal Kongresi, Gaziantep-Adana.
3. Bryton, B., (1954), *Balancing of a Continuous Production Line*, M.S. Thesis, Northwestern University, Evanston, ILL.
4. Salveson, M.E., (1955), *The Assembly Line Balancing Problem*, Journal of Industrial Engineering, 6, 3,18-25.
5. Kilbridge, M.D. and Wester, L., (1961), *A Heuristic Method for Assembly Line Balancing*, Journal of Industrial Engineering, 12, 4, 292-298.-
6. Yeo, K. K., Yong, J. K. and Yeongho, K., 1996, *Genetic Algorithms for Assembly Line Balancing with Various Objectives*, Computers&Industrial Engineering, 30 (3), 397-409.

7. Hee, D.W. and Kusiak, A., (1998), *Designing an Assembly Line for Modular Products*, Computers&Industrial Engineering, 34 (1), 37-52.
8. Kim, Y. J., Kim, Y. K. and Cho, Y., (1998), *A Heuristic-Based Genetic Algorithm for Workload Smoothing in Assembly Lines*, Computers Operations Research, 25 (2), 99-111.
9. Sörensen, K. and Janssens, G. K., (2004), *A Petri Net Model of a Continuous Flow Transfer Line with Unreliable Machines*, European Journal of Operational Research, 152 (1), 248-262.
10. Helgeson, W.P. and Birnie, D.P., (1961), *Assembly Line Balancing Using the Ranked Positional Weight Technique*, Journal of Industrial Engineering, 12, 6, 384-398.
11. Tanyaş, M. ve Baskak, M., (2006), *Üretim Planlama ve Kontrol*, İrfan Yayıncılık, İstanbul.
12. Eryuruk, S.H., Kalaoglu,F., Baskak, M., (2008), *Assembly Line Balancing in a Clothing Company*, Fibres & Textiles in Eastern Europe, January / March, Vol. 16, No. 1 (66), 93-98.
13. Eryürük, S.H., (2005), *Bir Konfeksiyon İşletmesinde Montaj Hattı Dengeleme*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.