

# KONFEKSİYON ÜRETİMİNDE İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLE MONTAJ HATTI Dengeleme

## ASSEMBLY LINE BALANCING BY USING STATISTICAL METHOD IN CLOTHING PRODUCTION

*Selin Hanife ERYÜRÜK*  
*İstanbul Teknik Üniversitesi*  
*Tekstil Mühendisliği Bölümü*  
*e-mail: eryuruk@itu.edu.tr*

*Fatma KALAOĞLU*  
*İstanbul Teknik Üniversitesi*  
*Tekstil Mühendisliği Bölümü*

*Murat BASKAK*  
*İstanbul Teknik Üniversitesi*  
*Endüstri Mühendisliği Bölümü*

### ÖZET

Bu çalışmada, bir konfeksiyon işletmesinde beş farklı model kullanılarak, çok modellenmiş hat dengeleme probleminin çözümü için sezgisel bir yöntem olan ve El-Sayed ve Boucher tarafından geliştirilen “Probabilistik (Olasılıklı) Hat Dengeleme Yöntemi” kullanılmıştır. Montaj hattı dengeleme problemi ile ilgili tanımlar ve çözüm yöntemleri hakkında bilgi verilmiş ve literatür araştırması sunulmuştur. Vaka çalışmasının amacı, sabit bir çevrim süresi için, optimum işgücü ve makina sayısı kullanarak en yüksek hat etkinliğine ulaşmaktır. Sonuçlar incelendiğinde istatistiksel yöntemin iş ögelerinin, iş istasyonlarına hassas bir şekilde atanmasına olanak sağladığı ve güvenilir sonuçlar verdiği görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Montaj hattı dengeleme problemi, Çok modellenmiş montaj hattı, Konfeksiyon işletmesi, Sezgisel yöntem, Hat etkinliği.

### ABSTRACT

In this study a heuristic assembly line balancing technique known as “Probabilistic Line Balancing Technique” developed by El-Sayed and Boucher is applied to solve multi-model assembly line balancing problem in a clothing company for two different models. Information about definitions and solution methods related to the assembly line balancing problems is given and a literature research is introduced. The aim of the case study is to reach maximum line efficiency by using optimum machine and worker amount for a constant cycle time. When results investigated, it is seen that probabilistic method gives the opportunity to assign items to work stations more accurately and it gives reliable results.

**Key Words:** Assembly line balancing problem, Multi-Model assembly line, Clothing company, Heuristic method, Line efficiency.

Received: 07.11.2009

Accepted: 16.03.2010

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda kaydedilen teknolojik gelişmeler ve küresel ticaretin yoğunlaşması sonucu ortaya çıkan sıkı fiyat ve kalite rekabeti, üretim yöntemlerinde yeni kavram ve fonksiyonların 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. Bu nedenle,

günümüzde, üretimin gerçekleştirilmesi sırasında üretim hatları kullanılarak, işbölümü ve uzmanlaşmadan yararlanılmaya başlanmıştır. 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.

Ürün oluşumu sırasında yapılması gereken işlerin, montaj istasyonlarına, kayıp süreleri en aza indirecek şekilde

atanması olayına, bir başka tanımla iş ögelerinin iş duraklarına özgülenmesine ise **montaj hattı dengeleme** veya kısaca **hat dengeleme** denir. Hat dengelemede birincil kısıtların başında çevrim süresi gelir. Bir adet ürünün, üretimi sırasında, herhangi bir istasyonda işlem görebileceği en büyük süre değeridir. Öncelik ilişkileri diğer bir birincil kısıttır. İstasyonlara iş ögelerinin atanması sırasında, daha önceden bitirilmiş olması gereken iş ögeleri mutlaka dikkate alınmalıdır. Montaj hatları, üretilen ürünlerin veya model-

lerin sayısına ve üretilme şekline bağlı olarak sınıflandırılırlar. Tek ürünlü/modelli hatlarda tek bir ürünün/modelin üretimi sözkonusudur. Birden fazla ürünün/modelin ayrı partiler şeklinde üretilmesi çok ürünlü/modelli montaj hattı, birden fazla ürünün/modelin aynı anda üretilmesi ise karışık ürünlü/modelli montaj hattı olarak adlandırılır (1). Bant dengelemede iki ana amaç olabilmektedir: Verilen bir çevrim süresi için iş istasyonu sayısının enküçüklenmesi veya verilen sayıdaki iş istasyonu için çevrim süresinin enküçüklenmesi (2,3).

Montaj hattı dengeleme yöntemleri çözüm yaklaşımına göre üçe ayrılır: Sezgisel yöntemler, analitik yöntemler ve benzetim teknikleri. Sezgisel yöntemler, belirli bir yordamın izlenmesi ve/veya belirli varsayımların yapılması ile montaj hattı dengelenmesi konusunda yaklaşık çözüm veren yöntemlerdir (4). Sezgisel yöntemlerin çoğu, çevrim süresini sabit kabul ederek, istasyon sayısını enküçüklemeye çalışır. Probabilistik Hat Dengeleme El-Sayed ve Boucher tarafından geliştirilen sezgisel bir yöntemdir (5). Analitik yöntemler, "Optimizasyon Yöntemleri" veya "Matematiksel Programlama Yöntemleri" olarak da adlandırılırlar. "Doğrusal tamsayı programlama yöntemi", E.H. Bowman (6) tarafından ilk geliştirilen analitik yöntem olup, daha sonra Talbot ve Patterson (7) tarafından 0-1 tamsayı programlama yöntemi geliştirilmiştir. Benzetim tekniği herhangi bir sistemin işleyişini anlamak veya bu sistemin işleyişi ile ilgili değişik stratejileri değerlendirmek için sistemin bilgisayar modelinin kurulması ve bu model ile deneyler yapılmasına denir (1).

Bu çalışmada, bir konfeksiyon işletmesinde çok modellenli montaj hattı dengeleme probleminin çözümü amaçlanmıştır. Çalışmada, montaj hattı dengeleme probleminin çözümü için "Probabilistik (Olasılıklı) Hat Dengeleme Yöntemi" kullanılmış ve beş model için en yüksek hat etkinliği elde edilmeye çalışılmıştır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Tek modellenli montaj hattı dengeleme problemi, deterministik ve deterministik olmayan şeklinde ikiye ayrılır. Tek modellenli deterministik montaj hattı dengeleme problemi, ilk kez 1954 yılında Bryton tarafından, yüksek lisans tez çalışmasında ele alınmıştır. 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 (8). Montaj hattı dengelenmesi konusunda yayımlanan ilk makale, Salveson tarafından 1955 yılında yapılan çalışmadır (9). 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 (10). Helgeson ve Birnie, elle yapılan uygulama yöntemlerinden biri olan konum ağırlıklı dengeleme tekniğini geliştirmişlerdir (11).

Karışık modellenli montaj hatları, bugün endüstride en çok rastlanan üretim tipidir. Bu konudaki ilk çalışma 1961 yılında Kilbridge ve Wester tarafından yapılmıştır (10). Yapılan çalışmada, modellerin sıralanması problemi ele alınmıştır. Baskak tarafından yapılan çalışmada, çok modellenli montaj hattı dengeleme problemi ile ilgili yeni bir yöntem geliştirilmiştir (12). Geliştirilen yöntemin uygulaması bir konfeksiyon fabrikasında yapılmıştır. Yeni yöntemde her model, kendi teknolojik öncelik diyagramına göre dengelenmekte ve modeller arası geçiş için ayrılan hazırlık süresi içinde, iş istasyonları arasında iş öğesi değişimine olanak tanınmaktadır.

Vural ve Çoruh tarafından yapılan çalışmada, Hazır Giyim Sektörü'nün değişen piyasa koşullarına çabuk uyum sağlayabilmesi için hücreli imalat sistemini uygulamak isteyen işletmeler için bir model hazırlanmıştır (13). Bunun için, kadın ceket ve pantolonu

üreten bir işletmede incelemeler yapılmış, makina hücrelerini belirlemek için Benzerlik Katsayısı Yöntemi'ne karar verilerek makina çiftleri arasındaki benzerlikler saptanmış ve hücreler oluşturulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre; klasik kadın ceket ve pantolonu 26 parçadan oluşmuş ve üretimde 14 tür makina kullanılmıştır. Hücre tasarımı makina grupları ve parça ailelerini oluşturmak için kullanılan benzerlik katsayısı yöntemine göre toplam beş üretim hücresi oluşturulmuştur.

Yücel ve Güner, konfeksiyon üretiminde giysi dikim süresine etki eden etmenleri analiz etmişlerdir. Kullanılan veriler giysi üretim hatlarında dikilen giysilerin iş ağışlarında yer alan değişik operasyonlar ve bu operasyonlara ilişkin temel zamanlardır ve birim sürelerin belirlenmesinde REFA tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır (14). Araştırmada birim zamana etki eden etmenlerden oniki tanesi incelenmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda bu etmenlere bağlı olarak birim dikim süresi denklemi oluşturulmuştur. Günümüzde zorlaşan rekabet koşulları, işletmeleri daha kaliteli ürünü daha kısa zamanda ve daha düşük maliyetle üretmeye yöneltmektedir. Bunun yolu da verimli üretimden geçmektedir. Kanat ve Güner tarafından hazırlanan makalede, tekstil ve hazır giyim işletmelerinde uygulanmakta olan verimlilik ölçüm yöntemleri üzerinde durulmuştur (15).

Eryürük vd. tarafından çok modellenli bir konfeksiyon işletmesinde iki farklı model için dikim bölümü montaj hattı dengelemesi yapılmıştır (16). Çalışmada Helgeson ve Birnie tarafından geliştirilen konum ağırlıklı hat dengeleme yöntemi ile El-Sayed ve Boucher tarafından geliştirilen probabilistik hat dengeleme tekniği kullanılmıştır. Yapılan çalışmanın amacı kullanılan yöntemlerin montaj hattı dengeleme probleminin çözümünde verdikleri sonuçların karşılaştırılmasıdır. Sonuç olarak, konum ağırlıklı dengeleme yöntemi, uygulama kolaylığı ve hat etkinliği açı-

sından probabilistik hat dengeleme yöntemine göre daha etkin sonuçlar vermektedir. Ancak probabilistik yöntemde iş öğeleri iş istasyonlarına daha hassas bir şekilde atanmakta ancak daha fazla istasyon açmak gerektiğinden, hat etkinliği konum ağırlıklı yöntemle göre daha düşük olmaktadır.

Bu çalışmada, daha önce Eryürük vd. (16) tarafından yapılan çalışmadan farklı olarak, montaj hattı dengeleme problemi daha geniş kapsamlı inceelenerek beş farklı model için montaj hattı dengeleme problemi üzerinde durulmuştur. Çözüm yöntemi olarak El-Sayed ve Boucher tarafından geliştirilen "Probabilistik Hat Dengeleme Yöntemi" kullanılmış ve en yüksek hat etkinliği konusunda elde edilen sonuçlar üzerinde çalışılarak kullanılan yöntemin etkinliği ve denge kaybına neden olan etmenler daha geniş kapsamlı olarak değerlendirilmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu bölümde, bir konfeksiyon fabrikasında üretilen beş farklı model üretimi (4 farklı model pantolon, bir model etek) ele alınarak, bu modellerin

üretimi sırasında hattın nasıl düzenlenmesinin daha uygun olacağı bulunmaya çalışılmıştır (Şekil 1-5).

#### 3.2. Yöntem

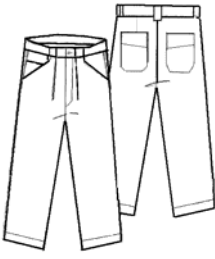
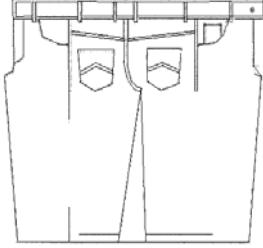
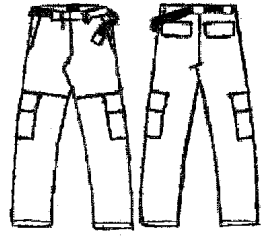
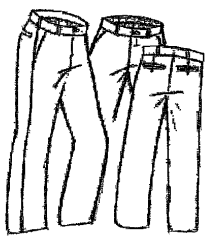
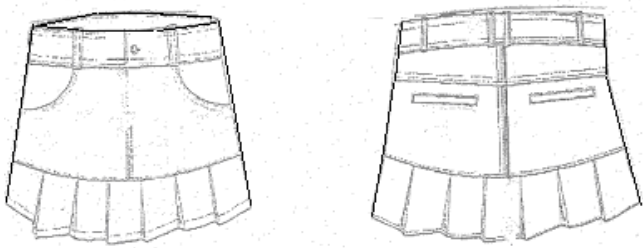
Uygulamada rastlanan pek çok olayda işlem süreleri ya belli bir dağılıma uyar ya da tümüyle bağımsız olarak değişimler gösterir. Bu tür hat dengelemeye, literatürde **Probabilistik Hat Dengeleme** denir (3). Bu çalışmada "Probabilistik Hat Dengeleme" tekniği kullanılarak hat dengelemesi yapılmıştır. Konfeksiyon montaj hattı, çok modellenmiş montaj hattı olup, aynı ürünün değişik modelleri üretilir. Uygulamada hat belirli bir modelin üretilmesi için hazırlanır, o partinin üretimi bittikten sonra da ikinci modelin üretimi için hazırlık yapılır. Her model için hat dengeleme problemi birbirinden bağımsız olarak çözümlenir. Uygulamanın ilk aşamasında her model için dikiş işlemlerini, kullanılan makineleri ve iş öğesi sıralarını gösteren operasyon tabloları hazırlanmıştır. Her modeldeki her bir iş öğesi için geçen süre, üretim sırasında yapılan zaman etüdü çalışması ile belirlenerek bu süreye işçinin temposu ve gecikme payları toplamı eklenmiş ve standart süreye ulaşılmıştır (17, 18).

İşlem sürelerinin deterministik olmadığı (değişken olduğu) dengeleme uygulamalarında iki tip yaklaşım vardır:

1. i. iş öğesi süresi ( $t_i$ );  $\mu$  ortalamalı ve  $\sigma$  standart sapmalı bir normal dağılıma uymaktadır (Probabilistik durum).
2. İş öğesi sürelerinin istatistiksel dağılımı bilinmemekte, yalnızca  $\mu$  ortalama ve  $\sigma$  standart sapma değerleri bilinmektedir (Stokastik durum)

Burada salt normal dağılım durumu incelenecektir. Bu durumda, P (Öncül öğeler) ve F (Artçıl öğeler) matrisleri oluşturularak işleme başlanır. P matrisi herhangi bir iş öğesi dikkate alındığında, bu iş öğesinden önce yapılması gereken iş öğelerini, F matrisi ise dikkate alınan iş öğesinden sonra yapılması gereken iş öğelerini ifade eder. P ve F matrisleri belirlendikten sonra aşağıdaki adımlar uygulanır:

1. P matrisinin yalnızca sıfırlar içeren satırı alınır. Eğer birden çok satırda bu durum söz konusu ise, en büyük süreye sahip iş öğesi seçilir (Her satır bir iş öğesine karşılık gelmektedir). Bu iş öğesi, eğer süre uygunsa iş istasyonuna atanır.

		
Şekil 1. Yandan şeritli pantolon	Şekil 2. Beş cep pantolon modeli	Şekil 3. Komando cep pantolon
		
Şekil 4. Fileto cep pantolon	Şekil 5. Etek modeli	

2. Eğer seçilen iş ögesi atanmışsa, bu satırla aynı satır numarasına sahip olan F matrisi satırına gidilir ve bu satırdaki numaralar alınır. P matrisine geri dönülür, bu numaralı satırların P matrisindeki öncül öğeleri arasından en son atanmış olan iş ögesinin yerine 0 (sıfır) değerleri yazılır. Adım-1'deki işlem yeni durum için yinelenir. Eğer atanmamışsa ya yeni bir istasyon açmak ya da yeni bir iş ögesi seçmek üzere adım-1'e geri dönülür.

3. (Enb  $t_i \leq T \leq C$ ) kısıtına bağlı kalarak, 1 ve 2 no.'lu adımlar, P matrisindeki tüm satırlar kullanılına dek sürdürülür (Enb  $t_i$ : İstasyondaki en büyük iş süresi, T: İş İstasyonu Süresi, C: Çevrim Süresi).

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde, bir konfeksiyon fabrikasında üretilen beş farklı model içinden, yandan şeritli pantolon istatistiksel hat dengeleme sonuçları, yöntemin uygulamasını görmek açısından verilecektir. Diğer modellere ait sonuçlar tablo hâlinde verilerek değerlendirilecektir.

##### 4.1. Yandan Şeritli Pantolon İstatistiksel Hat Dengeleme Sonuçları

Yandan şeritli pantolon elli dört adet işlem aşaması içermektedir. İşlemler, kullanılan makinalar, standart süre, standart sapma ve işlemler arasındaki öncelik matrisleri Tablo 1'de verilmiştir. İlk aşama olarak çevrim süresi hesaplanır.

$$C = T / \text{ÜS}$$

T = 1 günde çalışılan toplam süre  
ÜS = 1 günde üretilecek toplam adet

$$C = T / \text{ÜS} = (9 * 60 * 60) \text{ sn/gün} / 450 \text{ adet/gün} = 72 \text{ sn/adet}$$

**Çevrim süresi = 75 sn** kabul edelim. (Bulunan 72 sn, 75 sn. olarak yuvarlatılmıştır.)

Bundan sonra kuramsal olarak en az istasyon sayısı hesaplanır. Aşağıda

anlatıldığı üzere ilk önce toplam işlem süresi çevrim süresine bölünerek  $n_{\text{enk}}$  (en küçük istasyon sayısı) bulunur. Daha sonra çevrim süresinin yarısından daha büyük işlem süresine sahip iş öğelerinin sayısı bulunur ve bu değer  $n_{\text{olası}}$  (olası istasyon sayısı) olarak kabul edilir.  $n_{\text{enk}}$  ve  $n_{\text{olası}}$  değerlerinden en büyüğü (Enb) alınarak  $n_{\text{enaz}}$  (en az istasyon sayısı) bulunmuş olur.

Daha sonra  $n_{\text{olası}}$  (olası istasyon adedi) hesaplanır. Burada hesaplama çevrim süresinin yarısından büyük işlem süresine sahip iş öğelerinin sayılarının bulunmasıdır.  $n_{\text{enk}}$  ve  $n_{\text{olası}}$  değerlerinden en büyüğü alınarak (Enb)  $n_{\text{enaz}}$  (en az istasyon adedi) bulunmuş olur.

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

$$n_{\text{enk}} = \lceil \sum t_i / C \rceil = \lceil [1959,8 / 75] \rceil = 27$$

$n_{\text{olası}} = t_i > (C/2 = 75/2 = 37,5)$  olan iş ögesi sayısı = 20  
(9,13,14,18,19,24,27,28,29,30,31,34,36,37,39,43,46,47,50,54)

$$n_{\text{enaz}} = \text{Enb} (27; 20) = 27$$

Güvenilirlik derecesi %80 ve çevrim süresi (C=75 sn/adet) olmak üzere, işlem sürelerinin normal dağılıma uyduğunu kabul ederek ve normal dağılım tablosu kullanılarak montaj hattı dengelenmiştir. P ve F matrisleri oluşturulduktan sonra şu adımlar izlenir:

1. P matrisinde yalnızca sıfırları içeren satır olan birinci satır ile işleme başlanır.
2. Birinci işlem, birinci istasyona atanır ( $t_1=10,2$ ,  $T_1=10,2$ ).
3. F matrisinin birinci satırından 2 değerli alınır.
4. P matrisinin 2. satırına gidilir. Bu satırlarda I değeri vardır, yani 2 yapılmadan önce, 1 no'lu işlemin yapılmış olması gerekir. Bu koşul yukarıda sağlanmıştı.
5. Şimdi, 2. işlem alınır.
6. Aşağıda verilen Z formülü kullanılarak 3. işlemin atanıp atanmayacağı kontrol edilir ( $t_2=10,2$ ,  $T_1=20,4$ ,  $Z_{\%20} = -0,84$ )

$$Z = (T - C) / \sigma_{\text{istasyon}}$$

T: İstasyona atanan işlemlerin toplam süresi  
C: Çevrim süresi

$\sigma_{\text{istasyon}}$ : Standart sapma

İki bağımsız rassal değişken, sırasıyla  $\mu_1$  ve  $\mu_2$  ortalamalı,  $\sigma_1^2$  ve  $\sigma_2^2$  varyanslı dağılıma uyuyorlar ise, bunların toplamı da  $(\mu_1 + \mu_2)$  ortalamalı ve  $(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)$  varyanslı normal dağılıma uyar. Bu önermeden yararlanarak, eğer bir istasyona atamak için mevcut iki iş ögesi varsa, birinci iş ögesi atandığında istasyon süresinin, çevrim süresini aşmama olasılığı hesaplanır ve bu, istasyona ikinci iş ögesi atandığında istasyon süresinin çevrim süresini aşmama olasılığıyla karşılaştırılır. Hesaplanan Z değerini kullanarak, normal dağılım tablosundan  $P(T \leq C)$  değeri okunur. Eğer bu olasılık, önceden verilmiş olan olasılıktan küçük ise bu işlem istasyona atanır ve ikinci bir işlem için  $P(T \leq C)$  değeri hesaplanır. Bu olasılık, (I: Güvenilirlik Derecesi) değerini aşana kadar, istasyona işlemlerin atanması sürdürülür (Burada, yüksek süreli işlemlere, olabildiğince öncelik verilir). Tüm işlemler istasyonlara atanana dek bu hesaplamalar sürdürülür. Burada güvenilirlik derecesi %80 (= %50 + %30) kabul edilmiştir ve normal dağılım tablosundan %30 (= 0,3000)'a denk gelen değer araştırılır. O da 0,84'tür. Ancak burada  $(1 - \%80) = \%20$  güvensizliğe karşı gelen değer arandığından ( $Z_{\%20} = -0,84$ ) olur.

$$\sigma_{\text{ist}} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{(1,3)^2 + (1,1)^2} = 1,7$$

$$Z = (20,4 - 75) / 1,7 = -32,12 < -0,84$$

$$P(T > C) \approx 0 < 0,2 \text{ (Atama yapılabilir)}$$

7. Çevrim süresi hâlâ doldurulamadığı için diğer bir işlemi atayıp atayamayacağımızı araştırmalıyız. Bu nedenle, P matrisinde 2 no'lu satır kullanılmadığından, F matrisinde 2. no'lu satıra gidilir. Buradan 3 değeri alınıp P matrisine dönülür.

8. 3, 4, 5 ve 6 no'lu işlemler 1 no'lu istasyona atanırlar ( $t_3=3,5$ ,  $t_4=16,7$ ,  $t_5=16$ ,  $t_6=12,3$ ,  $T_1=68,9$ ).

**Tablo 1.** Yandan şeritli pantolon modeli için iş öğelerinin standart süre, standart sapma ve öncelik matrisleri

NO	İŞLEM	MAKİNA	STD SÜRE	STD SAPMA	P MATRİSİ	F MATRİSİ
1	On cep astarına pervaz dikme	Reçme	10,2	1,3	0 0 0	2 0 0
2	On cep astarına karşılık dikme	Reçme	10,2	1,1	1 0 0	3 5 0
3	Üst saat cebi 3 iplik	3 İplik Overlok	3,5	1,8	2 0 0	4 0 0
4	Üst saat cebi gaze+tuturma	Düz dikiş makinası	16,7	2,1	3 0 0	6 0 0
5	On cep içi etiket takma	Düz dikiş makinası	16,0	1,5	2 0 0	6 0 0
6	On cep karşılık astar tulumu	3 İplik Overlok	12,3	0,8	4 5 0	7 0 0
7	On cep çevirme+gaze	Düz dikiş makinası	31,9	4,8	6 0 0	9 0 0
8	On beden 3 iplik	3 İplik Overlok	18,2	5,5	0 0 0	9 0 0
9	On cep monte	Düz dikiş makinası	47,6	12,0	7 8 0	10 0 0
10	On cep ağzı gaze	Düz dikiş makinası	35,5	2,0	9 0 0	11 0 0
11	On cep ağzı yan tuturma	Düz dikiş makinası	33,2	6,4	10 0 0	13 0 0
12	Açık patlet biyesi	Düz dikiş makinası	3,3	1,3	0 0 0	13 0 0
13	On açık patlet takma	Düz dikiş makinası	45,0	10,4	11 12 0	14 0 0
14	On bağlama+fermuar takma	Düz dikiş makinası	46,1	11,1	13 0 0	17 0 0
15	Kapalı patlet tulumu	3 İplik Overlok	1,8	0,3	0 0 0	16 0 0
16	Kapalı patlet biyesi	Düz dikiş makinası	3,9	0,5	15 0 0	17 0 0
17	On patlet üstü dikiş+kapalı patlet takma	Düz dikiş makinası	32,9	13,3	14 16 0	18 0 0
18	On yan şerit takma	5 İplik Overlok	51,8	4,8	17 0 0	19 0 0
19	On yan şerit üst çınması	Düz dikiş makinası	74,6	15,7	18 0 0	34 0 0
20	Arka sason dikme	Düz dikiş makinası	27,9	5,5	0 0 0	27 0 0
21	Arka kapak astar cırtı takma	Düz dikiş makinası	35,5	15,5	0 0 0	22 0 0
22	Arka kapak astar tulum dikme	Düz dikiş makinası	25,3	3,1	21 0 0	23 0 0
23	Arka kapak çizim+tulum çevirme	Elle	18,7	1,7	22 0 0	24 0 0
24	Çift iğne kapak baskısı	Çift iğne	47,4	9,4	23 0 0	27 0 0
25	Arka fileto pervazı dikme	Reçme	10,0	1,4	0 0 0	26 0 0
26	Arka fileto hazırlık	3 İplik Overlok	4,0	0,4	25 0 0	27 0 0
27	Arka fileto monte	Düz dikiş makinası	67,5	9,1	20 24 26	28 0 0
28	Arka fileto açma	Makasla	60,4	12,8	27 0 0	29 0 0
29	Arka fileto alt çıma +cırtı takma	Düz dikiş makinası	152,8	3,5	28 0 0	30 0 0
30	Arka fileto üst çıma	Düz dikiş makinası	67,0	4,2	29 0 0	31 0 0
31	Arka astar tulumu	Düz dikiş makinası	74,9	6,6	30 0 0	32 0 0
32	Arka cep emniyet dikışı	Düz dikiş makinası	31,4	5,6	31 0 0	33 0 0
33	Arka cep üstü işleme	Düz dikiş makinası	24,3	3,6	32 0 0	34 0 0
34	Eşleme+çizim	Elle	49,2	3,0	19 33 0	35 0 0
35	Yan çatma	5 İplik Overlok	33,6	1,2	34 0 0	36 0 0
36	Bacak arası + arka çatma	5 İplik Overlok	40,1	0,5	35 0 0	37 0 0
37	Yan baskı çıma	Düz dikiş makinası	63,8	8,9	36 0 0	38 0 0
38	Arka gaze	Düz dikiş makinası	30,2	1,9	37 0 0	40 0 0
39	Arka orta köprü hazırlık	Düz dikiş makinası	86,8	3,4	0 0 0	40 0 0
40	Bedene köprü takma	Düz dikiş makinası	32,1	5,8	38 39 0	43 0 0
41	Kemer hazırlık	Pres	4,2	0,4	0 0 0	42 0 0
42	Kemer çatma çıma	Düz dikiş makinası	24,0	3,2	41 0 0	43 0 0
43	Bedene kemer takma	Düz dikiş makinası	61,8	17,8	40 42 0	44 0 0
44	Kemer astarına ilk yapma	İlk Makinası	18,6	3,1	43 0 0	45 0 0
45	Kemer içi arka orta etiket takma	Düz dikiş makinası	18,1	4,1	44 0 0	46 0 0
46	Kemer astar içine kordon takma	Düz dikiş makinası	39,4	2,1	45 0 0	47 0 0
47	Kordon kapama	Düz dikiş makinası	59,0	3,1	46 0 0	48 0 0
48	Uç tulumu	Düz dikiş makinası	22,5	3,6	47 0 0	49 0 0
49	Uç keeme	Elle	27,9	4,8	48 0 0	50 0 0
50	Üst kemer çıma	Düz dikiş makinası	53,4	1,5	49 0 0	51 0 0
51	Kemer kapatma	Düz dikiş makinası	33,4	5,9	50 0 0	52 0 0
52	Paça kıvrma	Düz dikiş makinası	25,4	7,2	51 0 0	53 0 0
53	Arka orta köprü takma	Düz dikiş makinası	21,2	3,5	52 0 0	54 0 0
54	Punteriz	Punteriz	73,2	1,9	53 0 0	0 0 0

**Tablo 2.** Yandan şeritli pantolon probabilistik hat dengeleme sonuçları

İstasyon No (n)	İş Öğesi (i) No	t <sub>i</sub>	T <sub>n</sub>	Boş Süre
1	1	10,2		
	2	10,2		
	3	3,5		
	4	16,7		
2	5	16,0		
	6	12,3	68,9	6,1
	7	31,9		
	8	18,2		
3	9	47,6	47,6	27,4
	10	35,5		
	11	33,2	68,7	6,3
	12	3,3		
4	13	45,0		
	14	46,1		
	15	1,8		
5_6	16	3,9	59,1	15,9
	17	32,9	124	26
	18	51,8	51,8	23,2
7	19	74,6		
	20	27,9		
	21	10,0		
8_9	22	4,0	116,5	33,5
	23	18,7		
	24	47,4	66,1	8,9
10	25	35,5		
	26	25,3	60,8	14,2
	27	18,7		
11	28	47,4	66,1	8,9
	29	67,5		
	30	60,4	127,9	22,1
12_13	31	152,8		
	32	67,0	219,8	5,2
	33	74,9		
14_15_16	34	74,9		
	35	31,4		
	36	24,3	130,6	19,4
17_18	37	49,2		
	38	86,8		
	39	4,2	140,2	9,8
19_20	40	33,6		
	41	4,2		
	42	33,6		
21	43	40,1	73,7	1,3
	44	33,6		
	45	40,1		
22	46	63,8	63,8	11,2
	47	38		
	48	30,2		
23	49	32,1	62,3	12,7
	50	42		
	51	43		
24_25	52	61,8		
	53	18,6		
	54	18,1	122,5	27,5
26_27	55	39,4		
	56	47		
	57	59,0		
28_29	58	22,5	120,9	29,1
	59	27,9		
	60	53,4		
30	61	33,4	114,7	35,3
	62	25,4		
	63	21,2	46,6	28,4
31	64	73,2	73,2	1,8

$$\sigma_{ist} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2 + \sigma_5^2 + \sigma_6^2}$$

$$= \sqrt{(1,3)^2 + (1,1)^2 + (1,8)^2 + (2,1)^2 + (1,5)^2 + (0,8)^2}$$

$$= 3,66$$

$$Z = (68,9 - 75) / 3,66 = -1,66 < -0,84$$

9. P matrisinin 7 no'lu satırına gidilir. 7 no'lu istasyonun süresi 1 no'lu istasyonun çevrim süresini aştığından, 7 no'lu işlem 2 no'lu istasyona atanır (t<sub>7</sub>=31,9, T<sub>2</sub>=31,9). İstasyonun çevrim süresini doldurmak için 8 ve 9 no'lu işlemlerin bu istasyona atanıp atanamayacağına bakılır. 8 no'lu işlem istasyona atanır ancak, 8 no'lu işlemin süresi, istasyonun çevrim süresini aştığından atanamaz. Bu nedenle P matrisi 000 olan 12, 15 ve 16 no'lu hazırlık işlemleri de bu

istasyona atanır (t<sub>7</sub>=31,9, t<sub>8</sub>=18,2, t<sub>12</sub>=3,3, t<sub>15</sub>=1,8, t<sub>16</sub>=3,9, T<sub>2</sub>=59,1).

$$\sigma_{ist} = \sqrt{\sigma_7^2 + \sigma_8^2 + \sigma_{12}^2 + \sigma_{15}^2 + \sigma_{16}^2}$$

$$= \sqrt{(4,8)^2 + (5,5)^2 + (1,3)^2 + (0,3)^2 + (0,5)^2}$$

$$= 7,44$$

$$Z = (59,1 - 75) / 7,44 = -2,14 < -0,84$$

10. 3 no'lu istasyona, 9 no'lu işlem atanır (t<sub>9</sub>=47,6, T<sub>3</sub>=47,6).

$$Z = (47,6 - 75) / 12 = -2,28 < -0,84$$

11. 10 ve 11 no'lu işlemler, 4 no'lu istasyona atanır (t<sub>10</sub>=35,5, t<sub>11</sub>=33,2, T<sub>4</sub>=68,7).

$$\sigma_{ist} = \sqrt{\sigma_{10}^2 + \sigma_{11}^2} = \sqrt{(2,0)^2 + (6,4)^2} = 6,7$$

$$Z = (68,7 - 75) / 6,7 = -0,94 < -0,84$$

12. 13,14 ve 17 no'lu işlemler 5 ve 6 no'lu istasyonlara atanırlar (t<sub>13</sub>=45, t<sub>14</sub>=46,1, t<sub>17</sub>=32,9, T<sub>5-6</sub>=124,1).

$$\sigma_{ist} = \sqrt{\sigma_{13}^2 + \sigma_{14}^2 + \sigma_{17}^2} = \sqrt{(10,4)^2 + (11,1)^2 + (13,3)^2} = 20,20$$

$$Z = (124 - 150) / 20,20 = -1,28 < -0,84$$

13. 8 no'lu işlem, 7 no'lu istasyona atanır (t<sub>8</sub>=51,8, T<sub>3</sub>=51,8).

$$Z = (51,8 - 75) / 4,8 = -4,83 < -0,84$$

14. 19, 20, 25 ve 26 no'lu işlemler 8 ve 9 no'lu istasyonlara atanır (t<sub>19</sub>=74,6, t<sub>20</sub>=27,9, t<sub>25</sub>=10,0, t<sub>26</sub>=4,0, T<sub>8-9</sub>=116,5).

$$\sigma_{ist} = \sqrt{\sigma_7^2 + \sigma_8^2 + \sigma_{12}^2 + \sigma_{15}^2}$$

$$= \sqrt{(15,7)^2 + (5,5)^2 + (1,4)^2 + (0,4)^2} = 16,69$$

$$Z = (116,5 - 150) / 16,69 = -2,01 < -0,84$$

15. 21 ve 22 no'lu işlemler 10 no'lu istasyona atanır ( $t_{21}=35,5$ ,  $t_{22}=25,3$ ,  $T_{10}=60,8$ ).

$$\sigma_{ist} = \sqrt{\sigma_{21}^2 + \sigma_{22}^2} = \sqrt{(15,5)^2 + (3,1)^2} = 15,8$$

$$Z = (60,8 - 75) / 15,8 = -0,89 < -0,84$$

16. 23 ve 24 no'lu işlemler, 11 no'lu istasyona atanır ( $t_{23}=18,7$ ,  $t_{11}=47,4$ ,  $T_{11}=66,0$ ).

$$\sigma_{ist} = \sqrt{\sigma_{23}^2 + \sigma_{24}^2} = \sqrt{(1,7)^2 + (9,4)^2} = 9,55$$

$$Z = (66,0 - 75) / 9,55 = -0,94 < -0,84$$

17. 27 ve 28 no'lu işlemler, 12 ve 13 no'lu istasyonlara atanır ( $t_{27}=67,5$ ,  $t_{28}=60,4$ ,  $T_{12-13}=127,9$ ).

$$\sigma_{ist} = \sqrt{\sigma_{27}^2 + \sigma_{28}^2} = \sqrt{(9,1)^2 + (12,8)^2} = 15,7$$

$$Z = (127,9 - 150) / 5,46 = -1,40 < -0,84$$

18. 29 ve 30 no'lu işlemler, 14, 15 ve 16 no'lu istasyonlara atanır ( $t_{29}=152,8$ ,  $t_{30}=67,0$ ,  $T_{14-15-16}=219,8$ ).

$$\sigma_{ist} = \sqrt{\sigma_{29}^2 + \sigma_{30}^2} = \sqrt{(3,5)^2 + (4,2)^2} = 5,46$$

$$Z = (219,8 - 225) / 5,46 = -0,95 < -0,84$$

19. Yukarıda anlatıldığı şekilde 31, 32 ve 33 no'lu işlemler 17 ve 18 no'lu istasyonlara atanır ( $t_{31}=74,9$ ,  $t_{32}=31,4$ ,  $t_{33}=24,3$ ,  $T_{17-18}=130,6$ ). 34, 39 ve 41 no'lu işlemler, 19 ve 20 no'lu istasyonlara atanır ( $t_{34}=49,2$ ,  $t_{41}=86,8$ ,  $t_{39}=4,2$ ,  $T_{19-20}=140,2$ ). 35 ve 36 no'lu işlemler 21 no'lu istasyona atanırlar ( $t_{35}=33,6$ ,  $t_{36}=40,1$ ,  $T_{21}=73,7$ ). 37 no'lu işlem, 22 no'lu istasyona atanır ( $t_{37}=63,8$ ,  $T_{22}=63,8$ ). 38 ve 40 no'lu işlemler, 23 no'lu istasyona atanır ( $t_{38}=30,2$ ,  $t_{40}=32,1$ ,  $T_{23}=62,3$ ). 42, 43, 44 ve 45 no'lu işlemler, 24 ve 25 no'lu istasyonlara atanır ( $t_{42}=24$ ,  $t_{43}=61,8$ ,  $t_{44}=18,6$ ,  $t_{45}=18,1$ ,  $T_{24-25}=122,5$ ). 46, 47 ve 48 no'lu işlemler, 26 ve 27 no'lu istasyonlara atanır ( $t_{46}=39,4$ ,  $t_{47}=59,0$ ,  $t_{48}=22,5$ ,  $T_{26-27}=120,9$ ). 49,50 ve 51 no'lu işlemler, 28 ve 29 no'lu istasyonlara atanır ( $t_{49}=27,9$ ,  $t_{50}=53,4$ ,  $t_{51}=33,4$ ,  $T_{28-29}=114,7$ ). 52 ve 53 no'lu işlemler, 30 no'lu istasyona atanır

Dengeleme sonuçları Tablo 2'de görülmektedir. Denge kaybı, hat etkinliği ve kuramsal etkinlik ise şöyle hesaplanır:

$$\text{Denge Kaybı (\%)} = (n \cdot C - \sum_{i=1}^N t_i) / (n \cdot C) = (31 \cdot 75 - 1959,8) / (31 \cdot 75) = \% 15,7$$

$$\text{Hat Etkinliği (HE) (\%)} = [\sum_{i=1}^N t_i / (n \cdot C)] \cdot 100 = [1959,8 / (31 \cdot 75)] \cdot 100 = \% 84,3$$

Dengeleme yapılmadan önce hesaplanan  $n_{enaz}$  değeri kullanılarak kuramsal etkinlik değeri hesaplanır:

$$\text{Kuramsal Etkinlik (KE) (\%)} = [\sum_{i=1}^N t_i / (n_{enaz} \cdot C)] \cdot 100 = [1959,8 / (27 \cdot 75)] \cdot 100 = \% 96,78$$

( $t_{52}=25,4$ ,  $t_{53}=21,2$ ,  $T_{30}=46,6$ ). 54 no'lu işlem, 31 no'lu istasyona atanır ( $t_{54}=73,2$ ,  $T_{31}=73,2$ ).

#### 4.2. Modellere ait hat dengeleme sonuçları

Beş farklı model için Probabilistik hat dengeleme yöntemi kullanılarak elde edilen dengeleme sonuçları Tablo 3'de görülmektedir.

**Komando cep pantolon modeli** için dengeleme sonuçları incelendiğinde dengeleme sonucunda 44 iş istasyonuna ulaşıldığı görülmektedir. Bu modelde istasyon çevrim süresinin yarısından büyük işlem süresine sahip iş ögesi sayısı 33 olup, toplam iş ögeleri standart sürelerinin çevrim süresine bölünmesi sonucu elde edilen istasyon sayısı 37'dir. Denge kaybının (%16,8) iş ögelerinin istasyonlara atanması sırasında, iş ögesi standart süresinin büyük olmasından kaynaklanan tek bir istasyona tek bir işlem atanması, elle yapılan işlemlerin olması, işlem aralarında çift iğne makinası kullanılmasının gerekliliği, ön-

celik ilişkileri gibi nedenlerden kaynaklandığı görülmektedir.

**Fileto cep pantolon modeli** montaj dengeleme sonuçları incelendiğinde dengeleme sonucunda 35 iş istasyonuna ulaşıldığı görülmektedir. Bu modelde istasyon çevrim süresinin yarısından büyük işlem süresine sahip iş ögesi sayısı 28 olup, toplam iş ögeleri standart sürelerinin çevrim süresine bölünmesi sonucu elde edilen istasyon sayısı da yine 28'dir. Denge kaybının (%21,7) iş ögelerinin istasyonlara atanması sırasında iş ögesi standart sürelerinin çevrim süresinin yarısından büyük olmasından ve iki farklı makina kullanımı gerektiren iş istasyonu oluşturma gerekliliğinden kaynaklandığı görülmektedir.

**Yandan şeritli pantolon modeli** montaj dengeleme sonuçları incelendiğinde dengeleme sonucunda 31 iş istasyonuna ulaşıldığı görülmektedir. Bu modelde çevrim süresinin yarısından büyük işlem süresine sahip iş ögesi sayısı 20 olup, iş ögelerinin standart süreleri toplamının çevrim süresine

Tablo 3. Montaj hattı dengeleme sonuçları

Model	İşlem Adedi	Çevrim Süresi (saniye)	Teorik İş İstasyonu Sayısı ( $n_{enaz}$ )	İş İstasyonu Sayısı (n)	Kuramsal Hat Etkinliği (%)	Hat Etkinliği (%)	Denge Kaybı (%)
Komando cep pantolon	52	75	37	44	% 98,9	%83,2	%16,8
Fileto cep pantolon	40	65	28	35	% 97,9	% 78,3	% 21,7
Yandan Şeritli Pantolon	54	75	27	31	% 96,78	%84,3	% 15,7
Beş cep pantolon	37	65	27	29	%89,32	%83,2	%16,8
Etek	39	65	15	20	% 95,6	% 72	% 28

bölünmesi sonucu elde edilen istasyon sayısı 27'dir. Yüksek denge kaybının (%15,7) iş öğelerinin istasyonlara atanması sırasında iş öğesi standart süresinin büyük olmasından dolayı tek bir işlem atanmasından kaynaklandığı görülmektedir. İki makina kullanımı ile iki kat çevrim süresine sahip bir istasyonda, üç ya da dört işlemin yapılarak, küçük ve büyük zamanlı işlemlerin birleştirilmesi ile zaman kazancı sağlanmaya çalışılsa da, kullanılmayan (âtil) süreler büyük önem arz etmekte ve denge kaybına neden olmaktadır.

**Beş cep pantolon modeli** montaj dengeleme sonuçları incelendiğinde dengeleme sonucunda 29 iş istasyonuna ulaşıldığı görülmektedir. Bu değer kuramsal iş istasyonu sayısından salt iki fazla olmakla birlikte %16,8'lik bir denge kaybı oluşmuştur. Bunun nedeni ise toplam iş öğesi sayısı 37 iken, modelde çevrim süresinin yarısından büyük işlem süresine sahip iş öğesi sayısının 27 olmasıdır.

**Etek modeli** montaj dengeleme sonuçları incelendiğinde, dengeleme sonucunda 39 iş istasyonuna ulaşıldığı görülmektedir. Bu modelde istasyon çevrim süresinin yarısından büyük

işlem süresine sahip iş öğesi sayısı ve toplam iş öğeleri standart sürelerinin çevrim süresine bölünmesi sonucu elde edilen istasyon sayısı 15'dir. Denge kaybı %28 olup, bunun aynı istasyonda farklı iki makina kullanımı gereksinimi, özel makina ve el işi gerektiren işlemlerin olması ve de öncelik ilişkilerinden kaynaklanmaktadır.

## 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Günümüzde çok modelli ve karışık modelli montaj hatları endüstride en çok rastlanan üretim tipidir. 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 beş farklı model için dikim bölümü montaj hattı dengelemesi yapılmıştır. Çevrim süresi ve üretim oranı önceden belirlidir. Amaç, sabit bir çevrim süresi için, optimum işgücü ve makina kullanarak en yüksek hat etkinliğini elde etmektir.

Probabilistik hat dengeleme yönteminde, işlem sürelerinin deterministik olmadığı (değişken olduğu) ve iş öğesi sürelerinin  $\mu$  ortalamalı ve  $\sigma$  standart sapmalı bir normal dağılıma uydukları

(probabilistik durum) kabul edildiğinden, iş öğelerinin iş istasyonlarına hassas bir şekilde atanmasına olanak sağlamak ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Hat dengelemesi sırasında en çok zaman kaybına neden olan etmenler incelendiğinde, iş öğesi standart süresinin büyük olmasından kaynaklanan tek bir istasyona tek bir işlem atanması, elle yapılan işlemlerin olması, işlem aralarında özel işlem gerektiren makina kullanılmasının gerekliliği ve öncelik ilişkileri gibi nedenlerden kaynaklandığı görülmektedir.

Dengeleme sonuçları uygulama açısından incelendiğinde, iş öğeleri iş istasyonlarına atanırken iş öğeleri istatistiksel yöntem atama koşullarına uymakta ancak bazı istasyonlarda birden fazla iş öğesi ve makina tipi kullanılmaktadır. Örneğin, 1 numaralı istasyona 3 değişik makinede 6 farklı iş yüklenmiş durumdadır. Pratikte farklı iş sorun yaratmayacak ancak 3 farklı makinede çalışma verimlilik açısından sorun yaratacaktır, bu durum uygulanabilir değildir. Atama yapılırken bu durum uygulanabilirlik açısından gözönünde tutularak atama gerçekleştirilmelidir.

## KAYNAKLAR / REFERENCES

1. Acar N. ve Eştas S., 1991, "Kesikli Seri Üretim Sistemlerinde Planlama ve Kontrol Çalışmaları", Milli Prodüktivite Yayınları: 309, Üçüncü Baskı, MPM Endüstri Şubesi, Ankara.
2. McMullen, P.R. and Frazier, G.V., 1997, "A Heuristic for Solving Mixed-Model Line Balancing Problems with Stochastic Task Durations and Parallel Stations", *ELSEVIER Int. J. Production Economics*, 51, pp:177-190.
3. Baybars, İ., 1986, "A Survey of Exact Algorithms for The Simple Assembly Line Balancing Problem", *Management Science*, 32, 8, pp: 909-932.
4. G. Suresh, V.V. Vinod and S. Sahu, 1996, "A genetic algorithm for assembly line balancing", *Production Planning and Control*, 7, 1, pp: 38-46.
5. El-Sayed, E.A. and Boucher, T.O., 1985, "Analysis and Control of Production Systems", Prentice Hall Inc., New Jersey.
6. Bowman, E.H., 1960, "Assembly Line Balancing by Linear Programming", *Operations Research*, 8, 3, pp: 385-389.
7. Talbot, F.B. and Patterson, J.H., 1984, "An Integer Programming with Network Cuts for Solving the Assembly Line Balancing Problem", *Management Science*, 30, 4, pp: 85-99.
8. Bryton, B., 1954, "Balancing of a Continuous Production Line", M.S. Thesis, Northwestern University, Evanston, ILL.
9. Salvendy, M.E., 1955, "The Assembly Line Balancing Problem", *Journal of Industrial Engineering*, 6, 3, pp:18-25.
10. Kilbridge, M.D. and Wester, L., 1961, "A Heuristic Method for Assembly Line Balancing", *Journal of Industrial Engineering*, 12, 4, pp: 292-298.
11. Helgeson, W.P. and Bimie, D.P., 1961, "Assembly Line Balancing Using the Ranked Positional Weight Technique", *Journal of Industrial Engineering*, 12, 6, pp: 384-398.
12. Baskak, M., 1998, "Çok Modelli/ Ürünü Montaj Hatlarının Dengelenmesi için Yeni Bir Model ve Çözüm Yöntemi", Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
13. Vural, T. ve Çoruh, E., 2008, "Hücreli İmalat Sistem Yaklaşımı ve Hazır Giyim Sektörüne Yönelik Bir Model Önerisi", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4, pp: 297-305.
14. Yücel, Ö., Güner, M., 2008, "Giysi Dikim Süresine Etki Eden Faktörlerin Analizi", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 1, pp: 41-48.
15. Kanat, S., Güner, M., 2007, "Tekstil ve Konfeksiyon İşletmelerinde Verimlilik Ölçümü", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4, pp: 279-283.
16. 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), pp: 93-98.
17. Kobu, B., 1979, "Üretim Yönetimi", İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme İktisadi Enstitüsü Yayınları.
18. Tanyaş, M., 1995, "Endüstri Mühendisliğine Giriş", Cilt 1, Bölüm 3: İş Etüdü ve Ergonomi, pp: 47-98, İrfan Yayınları.

Bu araştırma, Bilim Kurulumuz tarafından incelendikten sonra, oylama ile saptanan iki hakemin görüşüne sunulmuştur. Her iki hakem yaptıkları incelemeler sonucunda araştırmanın bilimselliği ve sunumu olarak "Hakem Onaylı Araştırma" vasfıyla yayımlanabileceğine karar vermişlerdir.