

## HAZIRLIK ZAMANI KAYNAKLI ÜRETİM KAYIPLARINI ENAZLAYAN ÇOK AMAÇLI BİR ÇİZELGELEME ALGORİTMASI

Müjgan SAĞIR\*, Tuğba SARAÇ

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bademlik, Eskişehir  
msagir@ogu.edu.tr, tsarac@ogu.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışmada; sipariş üzerine üretim yapan, ürün çeşitliliği fazla, sipariş adetleri küçük ve üretimin akış tipi olduğu bir üretim sürecinin çizelgelenmesi problemi ele alınmıştır. Söz konusu süreçte ürünler, birden fazla işlem noktasına sahip bir üretim hattında işlem görmektedirler. Ürünlerin tümü için işlem sıraları aynıdır ancak hazırlık zamanları sıralamaya bağlı olarak değişmektedir. Bu özellikleri taşıyan üretim hatlarının çizelgelerini hazırlamak üzere bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma, hazırlık süresi kaynaklı üretim maliyetlerini ve teslimi geciken ürün sayısını en küçükmek amaçlarına sahip olup sezgiseldir. Ürünleri, müşteri terminleri izin verdiği sürece hazırlık zamanları en küçük olacak şekilde sıralar. Bu aşamada göz önünde bulundurulması gereken bir diğer nokta da hazırlık zamanı kaynaklı maliyetlerdir. Eğer ürünlerin üretim parti büyüklükleri, hazırlık zamanlarından doğan maliyetleri karşılayacak üretim miktarının altında kalırsa, ilgili ürünün üretiminden zarar edileceği açıktır. Bu amaçla öncelikle tüm ürünler için başabaş noktaları hesaplanarak, ekonomik üretim miktarları belirlenmekte ve üretim çizelgesi hazırlanırken hiçbir partinin bu miktarın altında kalmaması hedeflenmektedir. Ayrıca algoritma müşteri terminlerinin ve siparişlerinin sık sık güncellenmesinin gerekebileceği durumları göz önünde bulunduracak esnekliğe de sahiptir. Algoritma MS Excel VBA ile kodlanmış ve bir firma için uygulaması yapılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Hazırlık süresi, üretim hattı.

### A MULTIOBJECTIVE SCHEDULING ALGORITHM TO MINIMIZE PRODUCTION LOSS BASED ON SETUP TIMES

#### ABSTRACT

A processing sequence is simply the order in which the jobs are processed through the machines. We address a job sequencing problem with setup times that arises in real-world production planning contexts. One of the serious problems for suppliers is the modification of production plans and sequences which may occur frequently due to the customer needs. When the planners are faced with such cases, usually there is not enough time for preparing a new efficient plan because of the due dates. In the production system under consideration, there is no systematic approach for sequencing jobs and this situation causes considerable set-up costs. The jobs have the same order on the machines. A heuristic algorithm to minimize the tardiness rate and the production loss caused by setup times is developed. The algorithm is coded in Microsoft Excel VBA environment.

**Key words:** Set up times, production line.

---

\* İletişim yazarı

## 1. GİRİŞ VE PROBLEM

Artan rekabet koşulları, firmaları, müşteri isteklerini eksiksiz yerine getirmeye zorlamaktadır. Müşterinin talep ettiği hizmet veya ürünü, istenen kalite düzeyinde, düşük maliyetle ve talep edilen zamanda teslim etmek olarak özetlenebilecek bu istekleri eksiksiz karşılamak zordur.

Üretim sistemlerinde, kısa dönem planlama faaliyetlerinin etkin olarak yapılmasını güçleştiren olumsuz ortamlar oluşabilmektedir. Talepteki nicelik ve nitelik yönlü değişime bağlı olarak üretim sırasının değişebilmesi buna bir örnektir. Özellikle sipariş tipi üretim yapan ve yardımcı sanayi konumundaki firmalarda; ürün çeşitliliği ve sık sık güncellenen talepler, özellikle hazırlık sürelerinin farklı üretim sıralamalarına göre değiştiği ve bu nedenle sıralamanın çok önemli olduğu durumlarda üretim çizelgelerini, hazırlık sürelerini azaltacak şekilde yapmayı güçleştirmektedir.

Ele alınan problem, akış tipi olarak tanımlanmıştır. Bunun sebebi ürünlerin çizelgelenecek hattaki makinalara aynı sırada uğramaları ve hatlardaki makinaların da bu üretim sırasına uygun olarak yerleştirilmiş olmasıdır (1982).

Yakın tarihli akış tipi, hazırlık zamanı temelli çizelgeleme çalışmaları incelenirse, Pearn vd. (2005) nin çalışmasında, seri ve parti tipi üretim sistemlerinin her ikisi de ele alınmış ve üç ayrı çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir.

Kurz ve Askin (2003) hazırlık zamanının üretim sırasına bağlı olarak değiştiği bir üretim sistemiyle ilgilenmişlerdir. Üç ayrı sezgisel yaklaşım üzerinde durulmuştur. İlki, her aşamada iş istasyonlarındaki iş yüklerini dengeleyen ve toplam akış zamanını en küçükleyen bir sezgisel algoritmadır. İkinci sezgisel algoritma olarak,  $m$  makina, iki aşamalı atölye çizelgeleme için kullanılan Johnson Algoritması bu probleme uyarlanmıştır. Üçüncü bir sezgisel algoritma ise karşılaştırma amacıyla kullanılmıştır. Sezgisel algoritmalar test problemleri kullanılarak karşılaştırılmış ve hangi koşullarda hangi yöntemin üstün olduğu tartışılmıştır.

Ouenniche ve Boctor (2001) çok ürünlu ve ekonomik üretim miktarı temeline dayanan bir atölye çizelgeleme problemi için “iki grup sezgiseli (TG-two group)” isimli yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Amaç, toplam hazırlık süresi, yarı mamul ve nihai ürün stok maliyetlerini en küçükleyecek şekilde parti büyüklüklerini belirlemek ve üretimi çizelgelemektir. Yöntemin probleme nasıl uyarlanacağı açıklanmış, önerilen yöntemin literatürde yer alan diğer benzer problemlerle karşılaştırılarak üstün olduğu görülmüştür.

Sidney vd. (2000) iki makina ve akış tipi üretimin olduğu beklemesiz bir sistemde, en son işin sistemden ayrılma zamanını en küçükleme problemini ele almışlardır. İlk makinada işlemi tamamlanan bir iş, hiç beklemeden ikinci makinaya geçmektedir. Çözüm için sezgisel bir yaklaşım geliştirilmiştir.

Genoulaz (2000) paralel makinaların ve işler arasında öncüllük ardıllık ilişkilerinin olduğu akış tipi bir üretim sisteminde işlerin çizelgenmesi problemi ile ilgilenmişlerdir. Amaç en büyük gecikmeyi en küçükleme. Bu amaçla altı ayrı sezgisel algoritma geliştirilmiş ve 120 işin olduğu bir üretim sisteminde algoritmalar test edilmiştir.

Danneberg (1999) işlerin gruplandığı ve akış tipi üretimin olduğu bir sistemde, çizelgeleme problemi için farklı sezgisel yaklaşımlar önermiştir. Aynı grupta yer alan işler birlikte işlem görebilmektedir. Fakat bir grupta yer alabilecek iş sayısı sınırlıdır. İş grubuna bağlı olarak değişen hazırlık zamanları söz konusudur. Sistemden en son ayrılan işin ayrılma zamanı ve işlerin tamamlanma zamanlarının ağırlıklı toplamı amaç fonksiyonunda göz önünde bulundurulmaktadır.

Bir başka çalışmada Gupta (1997) süreç içerisinde beklemelerin olmadığı iki aşamalı bir sistemde çizelgeleme problemi ile ilgilenmiş ve iki model üzerinde çalışmıştır. İlki, iki makina ve akış tipi üretim sistemi, diğeri ise montaj ile ilgilidir. Her iki model için de son işin sistemi terk ettiği zamanın en küçüklenmesi hedeflenmiştir. Çalışmada ayrıca iki aşamalı beklemesiz modellerin karmaşıklık sınıfını belirlemek de amaçlanmıştır. Genellikle montaj problemlerinin NP-zor problemler olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada

Gupta vd., iki makinalı akış tipi probleminin Gilmore-Gomory Gezgini Satıcı Problemine dönüşebileceğini ve polinom zamanlı bir algoritma ile çözülebileceğini göstermişlerdir.

Hazırlık süresinin üretim sırasına bağlı olarak değiştiği sistemlerde, uygun bir çizelgeleme algoritması geliştirilebilirse büyük getiriler elde edilebilir (Missbauer, 1997). Bu tarz bir planlama yaklaşımında, sipariş sevketme işlemi süreç içerisindeki işi uygun bir seviyede tutacak şekilde gerçekleştirilir. Missbauer çalışmasında, sıralamaya bağlı hazırlık zamanlarının olduğu durumda, toplam hazırlık zamanının (verilen parti büyüklükleri için) atölyedeki işin seviyesine bağlı olduğunu belirterek, iş ve toplam hazırlık zamanı arasındaki fonksiyonel ilişkiyi araştırmıştır. Hazırlık zamanı tasarrufu sağlayan sıralama kuralı fonksiyonunu gösterebilmek amacıyla bir kuyruk modeli geliştirilmiş, modelin sonuçları benzetim sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, her birisinde farklı özelliklerde bir üretim ortamıyla karşılaşabilmektedir. Her çalışmanın kendi özel yapısından kaynaklı, biri diğerinde olmayan varsayımları, gereklilikleri olabilmektedir. İncelenen makaleler; akış tipi üretim ortamında, hazırlık zamanlarının, çeşitli performans göstergelerinin esas alındığı çalışmalardan alınan örneklerdir. Bu çalışmada, literatürdekilerden farklı olarak; sipariş üzerine üretim yapan, ürün çeşitliliği fazla, sipariş adetleri küçük ve üretimin akış tipi olduğu bir üretim sürecinin çizelgelenmesi problemi ele alınmıştır. Ele alınan süreçte, akış tipi üretim sistemleriyle ilgili olan bazı çalışmalarda gözlenen; işler arasındaki öncüllük ardıllık ilişkisi veya bir grupta bulunabilecek ürün sayısındaki sınır söz konusu değildir. Ürünler, birden fazla işlem noktasına sahip bir üretim hattında işlem görmektedirler. Her işlem noktasında bir makina vardır ve bu makineler üretime başlamadan önce hazırlık zamanı gerektirmektedir. Ürünlerin tümü için işlem sıraları aynıdır, ancak işlem noktalarındaki makinelerin hazırlık zamanları ürün sıralamasına göre değişmektedir. Bu özellikleri taşıyan üretim hatlarının çizelgelerini hazırlamak üzere bir algoritma geliştirilmiş, hazırlık sürelerini ve geciken

ürün sayısını en küçükmek amaçlanmıştır. Ürünler müşteri terminleri izin verdiği sürece hazırlık zamanları en küçük olacak şekilde sıralanır.

Bu aşamada göz önünde bulundurulması gereken bir diğer nokta da hazırlık zamanı kaynaklı maliyetlerdir. Makinaların hazırlık zamanları süresince oluşan maliyetler ancak belli bir miktarın üzerinde üretim yapıldığında elde edilecek karlarla karşılanabilecektir. Ürün çeşitliliğinin fazla ve sipariş miktarlarının küçük olduğu işletmelerde, zarar edilmemesi için, sürekli olarak, çizelgelenen ürünlerin üretim miktarlarının hazırlık zamanı kaynaklı maliyetleri karşılayabilecek düzeyde olup olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu amaçla öncelikle tüm ürünler için başabaş noktaları hesaplanarak ekonomik üretim miktarları belirlenmeli ve üretim çizelgesi hazırlanırken mümkün olduğunca hiçbir partinin bu miktarın altında kalmaması sağlanmalıdır. Ayrıca özellikle yan sanayi olarak çalışan firmalarda müşteri terminlerinin ve sipariş miktarlarının sık sık güncellenmesi ve bu güncellemelerin mevcut çizelgelere yansıtılması da bir gerekliliktir. Önerilen algoritma müşteri terminlerinin ve siparişlerinin sık sık güncellenmesi gereken durumları göz önünde bulunduracak esnekliğe de sahiptir.

Bu çalışmada; hazırlık süreleri nedeni ile oluşan üretim kayıplarını ve iş gecikmelerini azaltmak amacıyla, geliştirilen sezgisel algoritma MS Excel VBA ile kodlanmıştır. Yaklaşım bir firmada uygulanmıştır.

İzleyen bölümde, geliştirilen algoritmaya yer verilmiştir. Üçüncü bölümde gerçekleştirilen uygulama anlatılmış, gerçek veriler kullanılarak elde edilen ile mevcut sıralama karşılaştırılmış ve algoritmanın performansı irdelenmiştir. Son bölümde ise sonuç ve öneriler tartışılmıştır.

## 2. GELİŞTİRİLEN ALGORİTMA

Bu bölümde geliştirilen algoritma tanıtılmıştır.

### 2.1 Başabaş Noktaları ve Geçiş Matrisleri

Ele alınan üretim hattında, bir üründen diğerinin üretimine geçiş için hazırlık süreleri sözkonusudur. Ürün geçişleri için gereken hazırlık sürelerinin matris biçiminde gösterimi tasarlanarak, *süre temelli geçiş*

matrisi olarak adlandırılmıştır. Geçiş matrisinde yer alan hazırlık süreleri şu şekilde hesaplanmaktadır. Ele alınan hatta üretim, birden fazla işlemde oluşmaktadır. Bir üründen diğerine geçildiğinde bu işlemlerden bazıları için ilgili makinelerde hazırlık süresi gerekebilmektedir. Bu durumda bir üründen diğerine geçiş için gerekli süre, üretim hattında yer alan makinelerin hazırlıkları paralel olarak yapıldığından, bu makinelerin hazırlık sürelerinin toplamına değil en büyüğüne eşit olmaktadır. Bu şekilde belirlenen hazırlık süresi artık ilgili makinadan bağımsız olup, hattın hazırlık süresini temsil etmektedir. Bu mantık çerçevesinde oluşturulan süre temelli geçiş matrisi daha sonra bu süre içinde oluşacak maliyetlerin kaç ürün üretilmesi durumunda karşılanabileceğini gösteren miktar temelli geçiş matrisine dönüştürülmüştür. Miktar temelli geçiş matrisleri için (2) numaralı formül kullanılmış, Tablo 2’de örnek bir matris verilmiş, (i,j)=(9,1) için karşı gelen ekonomik geçiş miktarı değerinin nasıl elde edildiği örnek olarak açıklanmıştır. Miktar temelli geçiş matrisinde, hazırlık süresini karşılayacak en küçük üretim miktarları yer almaktadır. Bu matrisler, müşteri teslim tarihlerini geciktirmeyecek alternatif üretim planlarından, en az üretim kaybına yol açacak olanının kolayca belirlenebilmesini sağlamaktadır.

Bir üründen diğerine geçiş sırasında, hazırlık zamanı (eğer varsa) süresince yapılan işlemler; işçilik, enerji gibi işletme kaynaklarının kullanımını gerektirdiğinden belirli bir maliyetin oluşmasına yol açmaktadır. Bir ürünün üretiminin işletmeye kazanç sağlayabilmesi ancak üretim maliyetinin üzerinde bir getiri oluşturabilmesine bağlıdır. Bir başka deyişle, hazırlık zamanı kaynaklı ekonomik kayıpların önlenmesi için, en az başabaş noktası kadar üretim yapılması gereklidir.

Ekonomik üretim miktarı olarak tanımlanabilecek başabaş noktası, Q, aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

*Geçiş Maliyeti:* Hazırlık süresi nedeniyle oluşan maliyet olmak üzere,

$$\text{Toplam Maliyet (Q)} = \text{Toplam Gelir (Q)}$$

$$\text{Birim Maliyet} * Q + \text{Geçiş Maliyeti} = \text{Satış Fiyatı} * Q$$

$$\text{Birim Maliyet} * Q + \text{Geçiş Maliyeti} = (\text{Birim Maliyet} + \text{Birim Kar}) * Q \quad (1)$$

$$Q = \frac{\text{Geçiş Maliyeti}}{\text{Birim Kar}}$$

olarak elde edilir.

$Q_{ij}$ , üretim hattında, i.üründen, j.ürüne geçildiğinde j.üründen üretilmesi gereken ekonomik miktar olmak üzere, (1) numaralı genel formülün özel hali olan (2) numaralı formül yardımı ile aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$Q_{ij} = \frac{i.\text{üründen } j.\text{ürüne geçiş süresi} \times \text{birim zaman duruş maliyeti}}{j.\text{ürünün birim karı}} \quad (2)$$

Geçiş süresi verisine, geçiş matrisleri aracılığı ile kolayca erişmek mümkündür. İlgili hattın duruş maliyeti ise direk işçilik maliyeti ve genel imalat giderlerinin, belirlenen oranda dağıtılması ile hesaplanabilmektedir. Ele alınan üretim sisteminde ürünlerin, sipariş miktarlarının küçük ve müşteri sipariş verme ve termin tarihlerinin yakın olduğu varsayılmıştır. Bu nedenle çizelgelenmek üzere bekleyen işlerin termin tarihlerinin de birbirine yakın olması beklenmektedir. Sonuç olarak, ekonomik üretimi sağlamak üzere yapılacak sıralama değişikliklerinin herhangi bir işin, termin tarihinden çok önce üretimine yol açmayacağı varsayılmış ve bu nedenle ekonomik miktar hesabına ve toplam maliyete elde tutma maliyetleri dahil edilmemiştir.

## 2.2 Üretim Çizelgeleme Algoritması

Algoritma, üretimi, müşteri teslim tarihlerinde gecikmeye yol açmayacak ve geçiş miktarlarını en küçükleyerek üretim kayıplarını en aza indirecek şekilde sıralamaktadır. Gecikme oluşması durumunda, bu gecikmeyi önleyebilecek ve mümkün olan en küçük geçiş miktarına sahip seçeneklerin olup olmadığını araştırmaktadır. Gecikmenin kaçınılmaz olması durumunda ise tüm ürünlerde oluşacak toplam gecikmenin enazlanmasını sağlamaktadır. Hazırlanan algorithmada ön atama yapmak ya da ilk çalıştırmadan sonra belirlenen üretim çizelge tarihlerini korumak mümkündür. Önerilen algoritmanın adımları ana hatlarıyla aşağıdaki gibidir.

- En erken teslim tarihli çizelgelenmemiş ürünü seç; r
- Var olan sıralamada üretime başlama tarihleri r'nin üretimine başlanabilecek en geç tarihten önce

olan ürünler arasında geçiş için ekonomik üretim büyüklüğü en küçük olanı seç;  $p$

- $r$ 'yi  $p$ 'den sonra gelecek şekilde sırala.
- Bu sıralama teslim tarihlerini sağlıyorsa, bir sonraki ürüne geç.
- Bu sıralama teslim tarihlerini sağlamıyorsa son eklenen ürünü çizelgeden çıkar.
- Üretime başlama tarihleri  $r$ 'nin üretimine başlanabilecek en geç tarihten önce olan ürünler arasındaki her konum için ekonomik üretim büyüklüğü daha önce denenmiş değerden daha büyük olmak kaydıyla, geçiş için üretim büyüklüğü en küçük olanı seç;  $p$ .
- $r$ 'yi  $p$ 'den sonra gelecek şekilde sırala ve toplam gecikmeyi hesapla.
- Eğer toplam gecikme sıfır ise, diğer ürüne geç.
- Toplam gecikmenin sıfır olduğu bir konum yoksa en küçük olduğu konumu belirle ve  $r$ 'yi o konuma yerleştir.
- Bir sonraki ürüne geç. Ürünlerin hepsi sıralanmışsa dur.

Aşağıda, algoritmada kullanılan parametre ve karar değişkenleri tanımlanarak, adımları verilmiştir.

### Parametreler ve Karar Değişkenleri:

- $I$  : ürün indis kümesi  
 $I = \{i \mid i = 1, 2, \dots, m\}$
- $SI$  : çizelgelenmiş ürün indis kümesi  
 $SI = \{l \mid l = 1, 2, \dots, n\} \quad n \leq m$
- $USI$  : çizelgelenmemiş ürün indis kümesi  
 $USI = \{z \mid z = 1, 2, \dots, s\} \quad s \leq m$   
 $SI \cup USI = I, \quad SI \cap USI = \emptyset$
- $setup_{ij}$  :  $i$ . üründen  $j$ . ürüne geçildiğinde gereken hazırlık süresi (dk)
- $Q_{ij}$  :  $i$ . üründen  $j$ . ürüne geçildiğinde  $j$ . ürünün ekonomik üretim miktarı (adet)
- $t_i$  :  $i$ . ürünün birim üretim süresi (dk)
- $d_i$  :  $i$ . ürüne olan talep
- $pdate$  : çizelgelenmenin başlayabileceği tarih
- $ldate_i$  :  $i$ . ürünün üretime başlayabileceği en geç tarih
- $fdate_i$  :  $i$ . ürünün üretiminin tamamlanması gereken tarih

$sdate_i$  :  $i$ . ürünün üretiminin başlayacağı tarih

$O_i$  :  $i$ . ürünün üretim sırası

$slack_i$  :  $i$ . ürünün üretiminin geciktirilebileceği süre (bolluk) (gün)

$r$  : çizelgelenmek üzere seçilmiş ürünün indisi

$p$  :  $r$ . ürünün üretim sırası  $O_r$  iken  $(O_r - 1)$ . sıraya sahip ürünün indisi

$p_t$  :  $t$ . tekrarda  $r$ . ürünün üretim sırası  $O_r$  iken  $(O_r - 1)$ . sıraya sahip ürünün indisi

$p_{min}$  : en az gecikmeyi sağlayan  $r$ . ürünün üretim sırası belirlendiğinde, bir üstünde yer alan ürünün indisi

$t_{max}$  :  $r$ . ürünün yerleştirilebileceği en büyük konum (aralık) sayısı

$$enb_{\{i \mid sdate_i < ldate_r, i \in SI\}} \{O_i\}$$

{Bir ürünün üretim sırasını belirlerken, mevcut çizelgede hangi iki ürünün arasına yerleştirilebileceği araştırılır. Enbüyük konum sayısı, ürünün yerleştirilebileceği seçenek konumların toplam sayısıdır}

$t$  : tekrar sayısı ( $t \leq t_{max}$ )

$A$  :  $r$ . ürünün üretim sırası araştırılırken, en küçük ekonomik miktara ( $enk Q_{ir}$ ) göre çizelge yerini belirlemede kullanılan bir parametre

{En küçük ekonomik miktara ( $enk Q_{ir}$ ) göre belirlenen çizelge yeri, gecikmeye yol açıyorsa, gecikme oluşturmayacak ve mümkün olan en küçük geçiş miktarına sahip seçenek araştırılır. Bu amaçla gecikmeye yol açan  $Q_{ir}$  değeri  $A$ 'ya atanır ve izleyen seçenek  $enk Q_{ir}$  kuralına göre aranır}.

$Sslack_i$  :  $t$ . tekrarda negatif bollukların toplamı

$Sslack_{min}$  : en küçük mutlak negatif bolluk toplamı

### Algoritmanın Adımları:

#### Adım 1: Veri okuma ve gerekli ön bilgilerin hesaplanarak türetilmesi

1.1. Ürünlere ait talep, teslim tarihi, ilgili hatta üretimin tamamlanması gereken tarih, üretim süreleri, hazırlık süreleri ve  $Q_{ij}$  miktarlarını oku,

1.2. Eğer varsa önceden çizelgelenmiş ürünlere ait bilgileri ( $sdate_r, O_i$ ) oku, çizelgelenen ürünleri  $USI$ , önceden çizelgelenmiş ürünleri ise  $SI$  kümesine ata.

1.3. Çizelgelenmemiş ürünler için, ilgili hatta ürünlerin üretimine başlanabilecek en geç tarihleri ( $ldate_i$ ) hesapla,

$$ldate_i = fdate_i - (t_i * d_i + enb \{setup_{p_i}\}) \quad i \in USI, j \in I$$

(Bu aşamada  $i$ . ürüne hangi üründen geçileceği henüz belli olmadığından ve algoritmanın dinamik yapısı nedeniyle mevcut sıralama da her an değişebileceğinden  $ldate_i$  hesabında olabilir en büyük hazırlık zamanı,  $enb$  ( $setup_{p_i}$ ), kullanılmıştır)

Başlangıç atamaları yap,

$$A = 0, t = 0,$$

Adım 2'ye git.

**Adım 2:** Çizelgelenmiş ürün kümesi boş

( $SI = \emptyset$ ) ise,  $enk_i \{ldate_i\}$  değerini ve indisini sakla,

$r = \arg \underset{i \in USI}{enk} \{ldate_i\}$  {üretim öncelikli alınması gereken ürün belirlenir }

$r$ . ürünü çizelgele,

$$O_r = 1, SI = \{r\}, USI = USI / \{r\}$$

{ $r$ . ürün çizelgenecek ürün listesinden çıkarılır }

**Adım 3: Çizelgeleme**

3.1. Çizelgenecek ürünü seç,

$$r = \arg \underset{i \in USI}{enk} \{ldate_i\}$$

3.2. Çizelge yerini seç,

{Üretim sırası araştırılan  $r$ . ürüne, çizelgelenmiş

$$p = \arg \underset{\{i | sdate_i < ldate_r, Q_{ir} > A, i \in SI\}}{enk} \{Q_{ir}\}$$

hangi  $i$ . üründen geçmenin en doğru karar olacağı araştırılır.  $r$ . ürünün  $i$ . üründen sonraya yerleştirilmesine ancak en geç tamamlanma zamanı gecikmeyecekse izin verilir. }

3.3. Sırasını ve çizelge tarihini hesapla,

$$O_r = O_p + 1$$

$$sdate_r = sdate_p + t_p * d_p + setup_{p_r}$$

$$SI = SI \cup \{r\}, USI = USI / \{r\}$$

3.4. Kendisinden sonra çizelgelenmiş olan ürünlerin sıra ve çizelge tarihlerini güncelle

Eğer  $O_i \geq O_r$  ise,

$$O_i = O_i + 1$$

$$sdate_i = sdate_i + t_r * d_r + setup_{p_r}$$

**Adım 4: Geciken ürün kontrolü**

4.1. Çizelgelenmiş ürünler için bollukları hesapla,

$$slack_i = ldate_i - sdate_i, \quad \forall i \in SI$$

4.2. Gecikmiş ürün yoksa ( $slack_i \geq 0, \forall i$ ) Adım 6'ya git.

**Adım 5: Gecikme durumu**

{İzleyen en küçük geçiş miktarına bakarak diğer çizelge seçeneklerinin araştırılması, eğer gecikme kaçınılmazsa toplam gecikmenin enazlanması }

5.1. İncelenecek en fazla aralık sayısını ( $t_{max}$ ) belirle,

$$t_{max} = \underset{\{i | sdate_i < ldate_r, i \in SI\}}{enb} \{O_i\}$$

5.2.  $t > t_{max}$  ise Adım 5.4'e git.

5.3.  $t = t + 1$

$$A = Q_{p_r}$$

$$Sslack_t = \sum_{i \in SI, slack_i < 0} slack_i$$

$$p_t = p$$

{Bir önceki çizelgeleme işlemini geri al }

$$USI = USI \cup \{r\}, SI = SI / \{r\}$$

Eğer  $O_i \geq O_r$  ise

$$O_i = O_i - 1$$

$$sdate_i = sdate_i - t_r * d_r - setup_{p_r}$$

Adım 3'e git

5.4.  $r$ . ürünü, en küçük toplam gecikmeyi sağlayacak şekilde çizelgele.

$r$ . ürünün sırasını ve çizelge tarihini belirle

$$Sslack_{min} = \text{enk}_{\{t\}} \{ |Sslack_t| \}$$

$$p = p_{min}$$

$$O_r = O_p + 1$$

$$sdate_r = sdate_p + t_p * d_p + setup_{pr}$$

$$SI = SI \cup \{r\}, USI = USI / \{r\}$$

Kendisinden sonra çizelgelenmiş ürünlerin sıra ve çizelge tarihlerini güncelle.

Eğer  $O_i \geq O_r$  ise,

$$O_i = O_i + 1$$

$$sdate_i = sdate_i + t_r * d_r + setup_{pr}$$

**Adım 6:** Çizelgelenmemiş ürün varsa ( $USI \neq \emptyset$ )  
 $A = 0$ , Adım 3'e git

**Adım 7:** Dur.

### 3. UYGULAMA

Uygulamanın yapıldığı firma, beyaz eşya sektöründe faaliyet göstermekte olan bir yardımcı sanayidir. Hizmet verdiği ana sanayilerin siparişlerine göre üretim yapmaktadır. Üretim akış tipidir. Ürünlerin alt parçaları, farklı hatlarda işlem gördükten sonra bir montaj hattında birleştirilmektedir.

Ana sanayi firmalarının üretim planlarındaki her değişim ve sürekli eklenen yeni siparişler, firmanın, üretim çizelgelerini sık sık güncellemesini gerektirmektedir.

Firmada biri montaj hattı olmak üzere toplam on üretim hattı bulunmaktadır. Hatlarda bir üründen diğerine geçişte hazırlık zamanı, parçaların birbirine ne kadar benzediğine bağlı olarak değişmekte, eğer

parçaların ana özellikleri tamamen aynıysa gerekmemektedir.

Montaj hattı dışındaki hatlar için, o hatta işlem gören bir ürünün teslim tarihi, o ürünün montaj hattına girmesi gereken tarihtir. Montaj hattı içinse bu tarih, müşteriye teslimatın yapılacağı, gerçek teslim tarihidir. Tüm hatların, işlem gören ürünleri bu alt termin tarihlerine göre üretmesi, ürünlerin müşteriye teslimini geciktirmeyecek şekilde montaj hattında üretime hazır hale getirilmeleri anlamına gelir. Bu nedenle önerilen algoritma ile montaj hattı dışındaki hatlar için termin tarihi olarak montaj hattındaki çizelge tarihi, montaj hattı içinse gerçek müşteri terminleri kullanılarak tüm hatların ayrı ayrı çizelgelenmesi mümkündür. Çalışmanın izleyen kısmında ele alınan işletmedeki üretim hatlarından bir tanesi seçilerek, oluşturulan süre ve miktar temelli matrislerle birlikte algoritmanın işleyişi, bu hat üzerinde gösterilmiştir.

### 3.1 Ürün Karmasının ve Uygulamanın Yapılacağı Hattın Seçimi

Uygulamanın yapıldığı firmada yaklaşık 200 adet ana ürün üretilmektedir. Her birisinin çeşitli özelliklerindeki küçük değişiklikler aynı ana ürün grubuna giren yeni ürünler (modeller) ortaya çıkarmıştır. Ürün yelpazesindeki bu genişlik, çalışmanın boyutlarını oldukça büyütülmektedir. Bu nedenle, tüm ürünler yerine, bütünü temsil eden bir ürün karmasının seçilmesine karar verilmiştir. Seçimin doğruluğu, çalışmaların sonucunu önemli ölçüde etkileyeceğinden bu aşamada titiz davranılmış ve aşağıdaki yol izlenmiştir:

- Son dört yıla ait aylık üretim raporlarının incelenmesi
- Model bazında toplam üretim miktarlarının hesaplanması
- Ana modellerin üretimdeki paylarının belirlenmesi
- Toplam üretimin %79'unu oluşturan 13 ana modelin seçilmesi.

Benzer şekilde uygulamanın yapılacağı bir üretim hattı seçilmiştir. Bir ürün için her hatta üretiminin tamamlanması gereken tarih belirlenir. Bu tarihler,

ürünün müşteri tarafından tesliminin istendiği tarihe ürünün yetiştirilmesi için, ilgili hatta işleminin bitmesi gereken tarihtir. Bu nedenle bir hat için, kendi içinde bağımsız bir çizelgeleme yapmak mümkündür. Her hat ilgili tamamlanma tarihlerine uygun şekilde çizelgelendiğinde, üretimde bu alt çizelgelere uygun şekilde gerçekleşirse, tüm teslim tarihleri sağlanacaktır. Bu açıklamalar doğrultusunda, çizelgelemedeki problemlerin en fazla darboğaza ve üretim kayıplarına sebep olduğu bir hat örnek olarak seçilmiştir. İşletme politikası gereği, gerçek hat isimleri ve ürün kodları kullanılmamaktadır.

### 3.2 Örnek Problem İçin Başbaşa Noktaları ve Geçiş Matrisleri

Firmadaki tüm üretim hatları için öncelikle zaman temelli geçiş matrisleri oluşturulmuştur. Bu matrisler oluşturulurken aşağıdaki adımlar izlenmiştir;

- İlgilenilen hatta gerçekleştirilen operasyonları belirlemek (geliştirilen algoritmada bir hattaki işlemler olarak tanımlanan faaliyetlerdir),

- Her ikili ürün kombinasyonu için operasyonlar bazında ayar sürelerini belirlemek,
- En uzun operasyon ayar süresini, geçiş süresi olarak almak.

Tablo 1’de, seçilen üretim hattı için zaman temelli geçiş matrisi görülmektedir. Bu hatta üretim yaparken gerçekleştirilen operasyonlar OP10, 20, 30, 40, 50, 90 ve 100’dür. Geçiş süresi hesabını bir örnek üzerinde göstermek gerekirse, dokuz numaralı parçanın üretiminden bir numaralı parçanın üretimine geçiş için OP10, 30, 90 ve 100’de hazırlık süresine gereksinim yoktur. OP20, 40 ve 50 için ise sırasıyla 120, 15 ve 50 dakikalık hazırlık süreleri gerekmektedir. Herhangi bir operasyonun hazırlık aşamasında olması, ara stoklar sayesinde tüm hattın durmasına yol açmadığından geçiş süresi olarak tüm operasyonlardaki hazırlık sürelerinin toplamı değil, en büyük olanı alınmıştır. Örneğimizde geçiş süresi 120dk. olarak belirlenmiştir. Tablo 1’deki diğer değerler de ilgili hücreye karşı gelen  $i \rightarrow j$  geçişi için benzer şekilde hesaplanmıştır.

Tüm hatlar için ekonomik üretim miktarları ( $Q_{ij}$ )

**Tablo 1.** Seçilen Hat İçin Zaman Temelli Geçiş Matrisi (dk.)

i \ j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	120	120	120	0	120	0	120	120	-	-	-	-
2	120	0	0	0	120	0	120	0	0	-	-	-	-
3	120	0	0	0	120	0	120	0	0	-	-	-	-
4	120	0	0	0	120	0	120	0	0	-	-	-	-
5	0	120	120	120	0	120	0	120	120	-	-	-	-
6	120	0	0	0	120	0	120	0	0	-	-	-	-
7	0	120	120	120	0	120	0	120	120	-	-	-	-
8	120	0	0	0	120	0	120	0	0	-	-	-	-
9	120	0	0	0	120	0	120	0	0	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	90
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	90
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	90
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90	90	90	0

  

OP	10	20	30	40	50	90	100
	-	120	-	15	50	-	-



**Tablo 2.** İlgili Hat İçin Ekonomik Üretim Miktarı ( $Q_{ij}$ ) Temelli Geçiş Matrisi (adet)

i / j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	4013	4092	3803	0	3597	0	3762	3671	-	-	-	-
2	3322	0	0	0	2940	0	3458	0	0	-	-	-	-
3	3322	0	0	0	2940	0	3458	0	0	-	-	-	-
4	3322	0	0	0	2940	0	3458	0	0	-	-	-	-
5	0	4013	4092	3803	0	3597	0	3762	3671	-	-	-	-
6	3322	0	0	0	2940	0	3458	0	0	-	-	-	-
7	0	4013	4092	3803	0	3597	0	3762	3671	-	-	-	-
8	3322	0	0	0	2940	0	3458	0	0	-	-	-	-
9	3322	0	0	0	2940	0	3458	0	0	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	631
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	631
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	631
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	557	641	672	0

temelli matrisler (2) numaralı formül kullanılarak oluşturulmuştur. Seçilen hat için  $Q_{ij}$  matrisi Tablo 2'de verilmiştir. Örnek olarak Tablo 1'de  $i=9, j=1$  geçişi için hazırlık süresi 120 dk olarak bulunmuştur.  $j$ 'nci ürünün birim karı 0,03 YTL, hattın saatlik duruş maliyeti 49,83 YTL olarak verildiğinde, (2) nolu formüle göre  $Q_{19} = 3322$  olarak bulunmaktadır.

### 3.3 Seçilen Üretim Hattı İçin Problemin Çözümü

Algoritmanın çalışma şekli, örnek bir sipariş grubu üzerinde gösterilerek önerilen ve mevcut sistemde uygulanan çizelgeler karşılaştırılmıştır. Buna göre, Tablo 3'de bir grup ürün için sipariş miktarları, müşteri teslim tarihleri ve işletmenin bu siparişleri hangi sırayla üretmeyi planladığı görülmektedir. İşletme, ilgili hatta hangi ürünün üretimine ne zaman başlanması gerektiğini planlamamakta yalnızca müşteri teslim tarihini kullanarak hangi sırada üretim yapılacağına karar vermektedir. Bu karar, hatta çalışan personelin tecrübe ve öngörüsüne dayanmakta, herhangi bir sistematik yaklaşım kullanılmamaktadır. Bu nedenle mevcut sistemde ekonomik üretim miktarlarına uygun üretim yapılıp yapılmadığı bilinmemektedir. Yanı sıra, her hat müşteri siparişlerini temel alarak kendi sıralamasını yaptığından, üretimin son aşaması olan

montaj hattında da yarı mamül gecikmeleri yaşanabilmektedir.

Önerilen yaklaşımda montaj hattı müşteri teslim tarihini, diğer hatlar ise montaj hattı planını teslim

**Tablo 3.** Mevcut Üretim Sırası

Üretim Sırası	Model No	Teslim Tarihi	Talep	$Q_{ij}$
1	2	04.08.2005	920	0
2	2	05.08.2005	160	0
3	2	18.08.2005	590	0
4	2	04.08.2005	1600	0
5	1	05.08.2005	1700	3322 <sup>(1)</sup>
6	1	05.08.2005	500	0
7	5	05.08.2005	1800	0
8	3	09.08.2005	160	4092 <sup>(2)</sup>
9	1	11.08.2005	2500	3322 <sup>(3)</sup>
10	1	15.08.2005	400	0
11	1	06.08.2005	150	0

<sup>(1)</sup>  $3322 < 4000$  olduğundan seçilen üretim hattında ekonomik miktara ulaşılmaktadır.

<sup>(2)</sup>  $4092 > 160$  olduğundan seçilen üretim hattında ekonomik miktara ulaşılmamaktadır.

<sup>(3)</sup>  $3322 > 3050$  olduğundan seçilen üretim hattında ekonomik miktara ulaşılmamaktadır.

**Tablo 4.** Mevcut Üretim Sırasına Göre Ekonomik Üretim Miktarının ( $Q_{ij}$ ) Altında Üretim Yapmanın Getireceği Maliyet

Model Geçişi	5-3	3-1
<sup>(1)</sup> Talep	160	3050*
$Q_{ij}$	4092	3322
Eksik Üretim Adedi	3932	272
<sup>(2)</sup> Birim Kar (YTL)	0,02	0,02
<sup>(3)</sup> Geçiş Süresi (sa.)	2	2
<sup>(4)</sup> Hat Duruş Maliyeti (YTL/sa)	36,2	36,2
** Eksik Üretim Maliyeti (YTL) $((3)*(4))-((1)*(2))$	69,2	11,4
Toplam Eksik Üretim Maliyeti (YTL)	<b>80,6</b>	

\* Tablo 3'te 9, 10 ve 11. sırada yer alan 1. ürünün talep miktarlarının toplamı  
( 2500 + 400 + 150 = 3050 )

\*\* Eksik üretim maliyeti = Geçiş süresince hattın durmasının maliyeti – Talep edilen ürünlerin üretilmesi ile elde edilecek kar formülasyonu kullanılarak hesaplanmıştır.

tarihi olarak dikkate alacağından montaj hattındaki diğer hatlardan gelecek yarı mamulleri bekleme sıkıntısı büyük ölçüde ortadan kalkacaktır. Tablo 3 incelenecek olursa, mevcut üretim sırasına göre, seçilen üretim hattında 4.sırada 2 numaralı modelin, 5.sırada ise 1 numaralı modelin üretilmesi planlanmıştır. Bu ürün geçişinin ekonomik olabilmesi için, 5.sırada üretilen 1 numaralı modelin en az 3322 birim üretilmesi gerekmektedir. Mevcut üretim sırasına göre, 1 numaralı modelden toplam 2200 (1700+500) adet ve ardından 1'den 5'e geçerken bu hatta herhangi bir ayar gerektirmeyen ( $Q_{ij}=0$ ) 5 numaralı modelden de 1800 adet üretilmektedir. Bu nedenle mevcut sıralamada bu ürün geçişinde ekonomik üretim miktarı koşulu ( $3322 < 4000$ ) sağlanmaktadır.

7. sırada üretilen 5 numaralı modelden 3 numaralı modele geçerken en az 4092 adet üretilmesi gerekmekte olup üretilen adet 160 olarak planlanmıştır. Bu nedenle, ekonomik üretim miktarı koşulu ( $4092 < 160$ ) bu ürün geçişi için sağlanmamaktadır.

Son olarak, 3 numaralı modelden 1 numaralı modele geçişte de en az 3322 adet üretilmesi gerekirken 3050 (2500+400+150) adet üretim planlanmıştır. Benzer şekilde ekonomik üretim miktarı koşulu sağlanmamaktadır.

Mevcut sistemde ekonomik üretim miktarları hesaplanmamıştır ve üretim planlama çalışmalarında dikkate alınmamaktadır. Yukarıdaki geçişlerden doğacak kayıplar bu nedenle fark edilmemektedir. Örnek olarak incelenen 11 siparişin sıralanmasında bile iki kez ekonomik üretim miktarı sınırının altında kalınması, işletmenin bu konuda önemli derecede üretim kayıplarına yol açan bir yaklaşım kullandığı düşüncesini ortaya çıkarmaktadır.

Yukarıda belirtilen düşüncenin doğruluğunu sınamak için, üretim kayıpları maliyetlerle ilişkilendirilmiştir. Tablo 4'te mevcut üretim sırası için ekonomik üretim miktarlarının altında üretim yapmanın maliyeti 80,60 YTL olarak verilmiştir.

Tablo 3'te verilen aynı ürünler, karşı gelen talep miktarları ve teslim tarihleri kullanılarak, önerilen algoritma ile elde edilen yeni çizelge ve ürün geçişlerinde gereken ekonomik üretim miktarları Tablo 5'de verilmektedir. Tablo 5'e göre sadece 5. sırada üretimi planlanan 2. üründen, 6. sırada üretimi planlanan 1. ürüne geçişte ekonomik üretim miktarı sıfırdan büyük bir değer almaktadır. Öte yandan bu hatta 1. üründen 5. ürüne ve 5. üründen de 1. ürüne geçiş için gereken ekonomik üretim miktarı '0' dir. Bu nedenle araya giren 5. ürün dikkate alınmaksızın üretilen toplam

**Tablo 5.** Önerilen Çizelge

Üretim Sırası	Ürün No	Talep Miktarı	(i. ürünün k.hatta tamamlanma tarihi)	(i. ürünün k.hatta üretime en geç başlayabileceği tarih)	(i. ürünün çizelgelendiği tarih)	i. ürünün k. hatta üretiminin geciktirilebileceği gün sayısı, bolluk-	i.den j.ye geçildiğinde k. hatta j.için ekonomik üretim miktarı
(i)	(d <sub>i</sub> )		fdate <sub>i</sub>	ldate <sub>i</sub>	sdate <sub>i</sub>	b <sub>i</sub>	Q <sub>ij</sub>
1	2	920	04.08.2005 0:00	03.08.2005 18:56	02.08.2005 00:00	1	0
2	2	1600	04.08.2005 0:00	03.08. 16:40	02.08.2005 03:04	1	0
3	3	160	09.08.2005 0:00	08.08.2005 21:28	02.08.2005 08:24	6	0
4	2	590	18.08.2005 0:00	17.08.2005 20:02	02.08.2005 08:56	15	0
5	2	160	05.08.2005 0:00	04.08.2005 21:28	02.08.2005 10:54	2	0
6	1	1700	05.08.2005 0:00	04.08.2005 16:20	02.08.2005 13:26	2	3322 <sup>(1)</sup>
7	1	500	05.08.2005 0:00	04.08.2005 20:20	02.08.2005 19:06	2	0
8	5	1800	05.08.2005 0:00	04.08.2005 16:00	02.08.2005 20:46	2	0
9	1	400	15.08.2005 0:00	14.08.2005 20:40	03.08.2005 02:46	11	0
10	1	2500	11.08.2005 0:00	10.08.2005 13:40	03.08.2005 04:06	7	0
11	1	150	06.08.2005 0:00	05.08.2005 21:30	03.08.2005 12:26	2	11

(1)  $3322 < 5250$  olduğundan seçilen üretim hattında ekonomik miktara ulaşılmaktadır.

1. ürün adedi 5250 ( $1700+500+400+2500+150$ ) olmaktadır ve koşul sağlanmaktadır ( $5250 > 3322$ ).

Görüldüğü gibi, eksik üretim maliyeti sıfır olup herhangi bir ürünün teslim tarihinde de gecikme oluşmamaktadır.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sipariş tipi üretim yapan ve yardımcı sanayi konumunda bulunan işletmeler için, müşteri taleplerinin sık değişmesi, öte yandan ürün yelpazesinin genişliği nedenleriyle etkin bir çizelgeleme yapabilmek zordur. Sık sık bir üründen diğerinin üretimine geçilmesi

gerekmekte bu da hazırlık süreleri nedeni ile üretim kayıplarına yol açmaktadır. Her hazırlık süresini tolere edebilecek bir üretim miktarı sözkonusudur. Fakat talep buna yeterli büyüklükte değilse, bu durum işletme için kayıp olacaktır. Bu nedenle üretimde izlenecek sıra önem kazanmaktadır. Çünkü üretimin teslim tarihlerini aksatmayacak şekilde uygun çizelgelenmesiyle hazırlık zamanının yarattığı üretim kayıpları giderilebilir veya enküçüklenebilir. İşletmelerin, çoğu zaman, müşteri teslim tarihlerini geciktirmemek kaygısı ile seçenek üretim çizelgelerini değerlendirecek ve daha etkin planlama yapacak zamanı olmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada önerilen algoritmanın

üretimi çizelgelerken hem müşteri terminlerini hem de hazırlık zamanı kaynaklı maliyetleri göz önünde bulundurması önemlidir.

Geliştirilen algoritmanın bir diğer katkısı da dinamikliği dikkate alabilmesidir. Talep edilen ürünün cinsinde ve/veya sipariş büyüklüğünde değişiklik olduğunda mevcut çizelge, ekonomik sipariş büyüklükleri ve teslim tarihlerini dikkate alarak kolayca güncellenebilmektedir.

Çalışmada kullanılan veriler, birçok işletmenin bilgi sisteminde tutulmaktadır veya tutulabilir özelliindedir. Fakat önemli olan, veriyi işleyerek bilgiye dönüştürmektir. Hazırlık sürelerinin ve ekonomik üretim miktarlarının matrislerle ifade edilmesi ile bu çalışmada, hatlarda çalışan operatörlerin bile kolaylıkla anlayıp kullanabileceği bir bilgi havuzu elde edilmiştir. Geliştirilen üretim çizelgeleme algoritması, işletmede, bir hattın çizelgesini oluşturmak için örneklenmiştir. Aynı algoritma, termin tarihlerinin düzenlenmesi ile, tüm hatların üretim çizelgelenmesi için kullanılabilir özelliktedir.

### KAYNAKÇA

1. Danneberg, D., Tautenhahn, T., Werner, F., (1999), "A comparison of heuristic algorithms for flow shop scheduling problems with setup times and limited batch size", Mathematical and Computer Modelling, 29 (9), 101-126.
2. French, S., (1982), "Squencing and Scheduling: An Introduction to the Mathematics of the Job-Shop", John Wiley&Sons, England.
3. Genoulaz, V.B., (2000), "Hybrid Flow Shop Scheduling With Precedence Constraints and Time Lags to Minimize Maximum Lateness", International Journal of Production Economics, 64 (1-3), 101-111.
4. Gupta, J.N.D., Strusevich, V.A., Zwaneveld, C.M., (1997), "Two-stage no-wait Scheduling Models With Setup and Removal Times Separated", Computers & Operations Research, 24 (11), 1025-1031.
5. Kurz M.E., Askin R.G., (2003), "Comparing Scheduling Rules for Flexible Flow Lines", International Journal of Production Economics, 85 (3), 371-388.
6. Missbauer H., (1997), "Order Release and Sequence-dependent Setup Times", International Journal of Production Economics, 49 (2), 131-143.
7. Ouenniche J., Boctor F.F., (2001), "The Two-group Heuristic to Solve the Multi-product, Economic Lot Sizing and Scheduling Problem in Flow Shops", European Journal of Operational Research, 129 (3), 539-554.
8. Pearn W.L., Chung S.H., Chen A.Y., Yang M.H., (2005), "A case Study on the Multistage IC Final Testing Scheduling Problem With Reentry", International Journal of Production Economics, 88 (3), 257-267.
9. Sidney J.B., Potts C.N., Sriskandarajah C., (2000), "A Heuristic for Scheduling Two-machine No-wait Flow Shops with Anticipatory Setups", Operations Research Letters, 26 (4), 165-173.



**bülten**

Ekim 2007  
Sayı 12 (346)

Endüstri İşletme Mühendisliği Meslek Dalı Ana Komisyonu Bülteni

VI. ENDÜSTRİ - İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ KURULTAYI

14-18 Eylül 2007  
OSGEMER-TEKELİM  
ANKARA

**EİM BÜLTENİ ÇIKTI**

[www.mmo.org.tr/eim/eimbulten.pdf](http://www.mmo.org.tr/eim/eimbulten.pdf)