

**DOKUMA TEZGAHLARINDA ÇİZELGELEME YAKLAŞIMININ  
İŞ SÜREÇLERİ MODELLEME NOTASYONU (BUSINESS  
PROCESS MODELING NOTATION - BPMN) İLE GÖSTERİMİ**

**Pamukkale Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

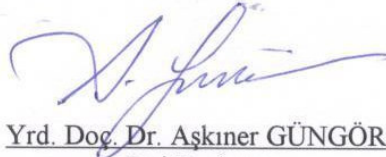
**Mustafa ÇÖREKÇİOĞLU**


**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Aşkner GÜNGÖR**


**Haziran 2006  
DENİZLİ**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU

Mustafa ÇÖREKCİOĞLU tarafından Yrd. Doç. Dr. Aşkİner GÜNGÖR yönetiminde hazırlanan “**Dokuma Tezgahlarında Çizelgeleme Yaklaşımının İş Süreçleri Modelleme Notasyonu (Business Process Modeling Notation - BPMN) ile Gösterimi**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

  
Yrd. Doç. Dr. Aşkİner GÜNGÖR  
Juri Başkanı

  
Yrd. Doç. Dr. Özcan MUTLU  
Juri Üyesi

  
Yrd. Doç. Dr. Güngör DURUR  
Juri Üyesi

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
...../...../..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Mehmet Ali SARIGÖL**  
Müdür

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmaların yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.

İmza :  
Öğrenci Adı Soyadı : Mustafa ÇÖREKCİOĞLU

## TEŞEKKÜR

Çalışmanın tamamlanmasında yardımlarını benden esirgemeyen Tez Danışmanım Yrd. Doç. Dr. Aşkİner GÜNGÖR'e teşekkürü bir borç bilirim. Bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesinde, dokuma sürecinin ve hazırlık işlemlerinin pratikteki uygulaması ve siparişlerin tezgahlara yüklenmesi esnasında izlenen akış konularında yardımcı olan Kutsalteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş.'ye ve Küçüker Tekstil San. ve Tic. A.Ş.'ye çok teşekkür ederim.

Her zaman bana güvenmiş ve destek olmuş olan annem Şerife ÇÖREKCİOĞLU ve babam Nihat ÇÖREKCİOĞLU'na; çalışmalarım sırasında gösterdiği sabır ve anlayış, verdiği moral ve manevi destek için eşim Burcu ÇÖREKCİOĞLU'na, manevi destekleri için Egecom®'daki tüm çalışma arkadaşlarıma ve burada adını saymadığım ancak üzerimde emeği bulunan herkese gönülden teşekkür ederim.

**ÖZET****DOKUMA TEZGAHLARINDA ÇİZELGELEME YAKLAŞIMININ İŞ SÜREÇLERİ MODELLEME NOTASYONU (BUSINESS PROCESS MODELING NOTATION - BPMN) İLE GÖSTERİMİ**

Çörekcioğlu, Mustafa  
Yüksek Lisans Tezi, Endüstri Mühendisliği ABD  
Tez Yöneticisi: Yrd. Doç. Dr. Aşkner GÜNGÖR

Haziran 2006, 112 Sayfa

Bu tez kapsamında, tekstil ürünlerinin üretiminde darboğaz olarak algılanan dokuma sürecinde karşılaşılan önemli problemlerden birisi olan dokuma tezgahlarında çizelgeleme problemi incelenmektedir.

Önerilen model, dokuma bölümünde birden fazla farklı yeteneklerde dokuma tezgahının bulunduğu, dokunması gereken ürünlerin farklı özellikler barındırdığı durumlarda kullanılabilir. Model, tek levent kullanımı ile normal yapılı kumaşların üretimini gerçekleştiren dokuma süreçleri için önerilmektedir. Modelde, dokunacak işlerin bölünmesine ve dolayısıyla bir işin aynı anda birden fazla dokuma tezgahında dokunmasına olanak sağlanmaktadır. Aynı zamanda model, makinelerin yeteneklerini ve kullanılabilirliklerini dikkate almaktadır. Bunun yanı sıra, modelde levent değişimi, desen değişimi ve dokuma tezgahlarının bakımları dikkate alınmıştır.

Önerilen model, dokuma tezgahlarının verimliliğini artırmak ve geciken işlerin sayısını azaltmak amacıyla güden sezgisel bir yaklaşımdır. Model, bir dizi İş Süreçleri Modelleme Notasyonu (Business Process Modeling Notation - BPMN) diyagramı aracılığı ile açıklanmıştır. BPMN diyagramları, kullanıcıların süreci daha iyi anlamalarına; bu da, modelin uygulama şansının artırılmasına yardımcı olur. Ayrıca, modelin yazılımının geliştirilmesinde temel teşkil eder.

Bu tez, ayrıca, çizelgeleme, dokuma ve BPM üzerine kapsamlı bir ön bilgi sunmaktadır. Modelin olgunlaştırılması için tekstil üretim işletmelerinin dokuma bölümünde çalışan yetkililerle birlikte çalışılmış böylece modelin pratik kullanıma yönelik olmasına çaba harcanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çizelgeleme, dokuma, tekstil, BPMN.

Yrd. Doç. Dr. Aşkner GÜNGÖR  
Yrd. Doç. Dr. Özcan MUTLU  
Yrd. Doç. Dr. Güngör DURUR

**ABSTRACT****REPRESENTING LOOM SCHEDULING APPROACH USING BUSINESS  
PROCESS MODELING NOTATION (BPMN)**

Çörekciöğlu, Mustafa  
M. Sc. Thesis in Industrial Engineering  
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Aşkiner GÜNGÖR

June 2006, 112 Pages

This thesis examines loom scheduling problem which is one of the most important problems encountered in the weaving process which is considered to be a bottleneck in textile production.

The proposed model may be used for planning when there are more than one loom machine in the weaving department and different attributes for tasks to be assigned onto these looms. Proposed model considers the production of fabric using single beam. The model allows job splitting, thus, allocation of job onto multiple looms. It also considers the looms' capability and availability when assigning jobs. In addition, model takes into account the time requirements for beam change, pattern change and maintenance that may occur on looms.

The proposed model is a heuristic approach that aims to increase loom productivity and to minimize the number of tardy jobs. The model is expressed through a series of Business Process Modeling Notation (BPMN) diagrams. The BPMN diagrams help users to understand process better which may lead the higher applicability of the model. It also makes it easier to develop the software of the proposed model if desired.

The thesis also provides a comprehensive background on scheduling, weaving and Business Process Modeling (BPM). During the maturity phase of the model, the proposed approach has been verified through a series of discussions with the people from the weaving departments of textile companies. This enhances the practical use of the proposed model.

**Keywords:** Scheduling, weaving, textile, BPMN.

Asst. Prof. Dr. Aşkiner GÜNGÖR  
Asst. Prof. Dr. Özcan MUTLU  
Asst. Prof. Dr. Güngör DURUR

## İÇİNDEKİLER

Yüksek Lisans Tezi Onay Formu .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Bilimsel Etik Sayfası .....	iii
Teşekkür .....	iii
Özet .....	iv
Abstract .....	v
İçinçekiler .....	vi
Şekiller Dizini .....	viii
Tablolar Dizini .....	ix
Simge ve Kısaltmalar Dizini .....	x
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Genel Bakış .....	1
1.2. Amaç .....	4
1.3. Çalışmanın Organizasyonu .....	5
<b>2. PLANLAMA VE KONTROL .....</b>	<b>7</b>
2.1. Üretim Planlama ve Kontrol .....	7
2.2. Üretim Çizelgeleme .....	12
2.2.1. Çizelgelemenin amacı .....	13
2.2.2. Çizelgeleme yöntemleri .....	14
2.2.3. Çizelgelemenin sınıflandırılması .....	15
2.2.3.1. İşlerin geliş şekli .....	15
2.2.3.2. Tezgah sayısı .....	15
2.2.3.3. Üretim tipi .....	16
2.2.3.3.1. Atölye tipi üretim sistemleri .....	16
2.2.3.3.2. Akış tipi üretim sistemleri .....	16
2.2.3.4. Başarım ölçütü .....	17
2.2.4. Çizelgeleme problemlerinde öncelik kuralları .....	19
2.2.4.1. İşlem öncelik kuralları .....	19
2.2.4.2. Kaynak öncelik kuralları .....	24
2.2.5. Çizelgeleme tipleri .....	24
2.2.5.1. Statik çizelgeleme tipleri .....	24
2.2.5.1.1. Bir makine ve $N$ iş problemi ( $1/N$ ) .....	25
2.2.5.1.2. İki makine ve $N$ iş problemi ( $2/N$ ) .....	29
2.2.5.1.3. Üç makine ve $N$ iş problemi ( $3/N$ ) .....	30
2.2.5.1.4. $M$ makine ve $N$ iş problemi ( $M/N$ ) .....	32
2.2.5.2. Dinamik çizelgeleme tipleri .....	33
<b>3. DOKUMA TEKNİĞİ .....</b>	<b>34</b>
3.1. Dokumanın Tarihi .....	34
3.2. Dokuma .....	35
3.2.1. Dokuma hazırlık süreci .....	35
3.2.1.1. Bobin aktarma .....	36
3.2.1.2. Büküm .....	36
3.2.1.3. Çözümlü çözme .....	36
3.2.1.4. Haşılama .....	37
3.2.1.5. Taharlama .....	37
3.2.2. Dokuma süreci .....	38
3.3. Dokuma Tezgahları .....	40

4. İŞ SÜREÇLERİ MODELLEME NOTASYONU (BPMN).....	42
4.1. BPMN' e Genel Bakış.....	42
4.2. BPMN'in Temel Amacı .....	44
4.3. İş Süreçleri Modelleme Notasyonu .....	45
4.3.1. Bağlantıları modellemek.....	46
4.3.1.1. Akışlar.....	46
4.3.1.2. Mesaj akışları .....	47
4.3.1.3. İlişkiler .....	47
4.3.2. Olayları modellemek .....	48
4.3.2.1. Tetikleyici olaylar.....	49
4.3.3. Süreçler, alt-süreçler ve faaliyetler.....	53
4.3.3.1. Süreç hiyerarşisi .....	53
4.3.3.2. Süreç akışlarının modellenmesi.....	54
4.3.4. Geçitler.....	54
4.3.4.1. Dışsal geçitler (XOR) .....	54
4.3.4.2. İçsel geçitler (VEYA) .....	56
4.3.4.3. Karmaşık geçitler.....	57
4.3.4.4. Paralel geçitler (VE) .....	58
4.3.5. Havuzlar ve kulvarlar .....	59
5. DOKUMA TEZGAHLARINDA ÇİZELGELEME.....	62
5.1. Problem Tanımlama .....	62
5.2. Algoritmadaki Notasyonlar .....	65
5.3. Algoritmanın Adımları .....	69
5.3.1. Ana akış diyagramı.....	70
5.3.2. Süreç diyagramları.....	70
5.3.3. Alt – süreç diyagramları .....	79
5.4. Örnek Problem.....	83
6. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR.....	93
6.1. Sonuç .....	93
6.2. Gelecek Çalışmalar .....	95
Kaynaklar .....	96
Ekler.....	99
Özgeçmiş.....	102



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Çizelgelemenin üretim planlama ve kontrol sistemi içindeki yeri .....	10
Şekil 2.2 Bir imalat sistemindeki bilgi akışı .....	11
Şekil 2.3 $J(t)$ grafiği 1 .....	27
Şekil 2.4 $J(t)$ grafiği 2 .....	28
Şekil 3.1 Dokuma tekniği şeması .....	35
Şekil 3.2 Dokuma sürecinin üç temel hareketi.....	39
Şekil 4.1 Akış çizgisi .....	46
Şekil 4.2 Varsayılan akış çizgisi.....	46
Şekil 4.3 Mesaj akış çizgisi.....	47
Şekil 4.4 İlişki çizgisi .....	47
Şekil 4.5 Veri nesnesi .....	47
Şekil 4.6 Başlangıç olayı .....	48
Şekil 4.7 Ara olay .....	48
Şekil 4.8 Bitiş olayı .....	49
Şekil 4.9 Mesaj tipleri.....	50
Şekil 4.10 Zamanlayıcılar .....	50
Şekil 4.11 Kurallar.....	51
Şekil 4.12 Bağlantılar .....	51
Şekil 4.13 Çoklular .....	52
Şekil 4.14 Hatalar .....	52
Şekil 4.15 Kompansasyonlar.....	52
Şekil 4.16 İptaller .....	53
Şekil 4.17 Sonlandırıcı.....	53
Şekil 4.18 Dışsal geçit 1 .....	55
Şekil 4.19 Dışsal geçit 2 .....	55
Şekil 4.20 İçsel geçit 1 .....	56
Şekil 4.21 İçsel geçit 2.....	57
Şekil 4.22 Karmaşık geçit 1 .....	57
Şekil 4.23 Karmaşık geçit 2 .....	58
Şekil 4.24 Paralel geçit 1 .....	59
Şekil 4.25 Paralel geçit 2 .....	59
Şekil 4.26 Havuz ve kulvar .....	60
Şekil 5.1 $LL$ Tezgah Listesi'ni Güncelle süreci.....	71
Şekil 5.2 $JL$ İş Listesi'ni Güncelle süreci .....	72
Şekil 5.3 $AL^j$ Listesi'ndeki Tezgahların Kullanılabilirlik Değerlerini Hesapla süreci ..	73
Şekil 5.4 İşin Sıradaki Tezgaha Atanabileceği $u_{ij}$ Miktarını Hesapla süreci .....	74
Şekil 5.5 Bilgi Güncelleme süreci .....	74
Şekil 5.6 $SLL_j$ Listesi'ni Oluştur süreci .....	75
Şekil 5.7 $SLL_j$ Listesi'ndeki Tezgahların Kullanılabilirlik Değerlerini Hesapla süreci	76
Şekil 5.8 $ULL_j$ Tezgah Listesi'ni Oluştur süreci.....	77
Şekil 5.9 $ULL_j$ Listesi'ndeki Tezgahların Her Birisi İçin $dt_{ij}$ Değerini Hesapla süreci	78
Şekil 5.10 $pm_{ij}$ Hesaplama1 Sürecini Başlat alt-süreci .....	80
Şekil 5.11 $cwl_i$ Değerini Güncelle alt-süreci.....	81
Şekil 5.12 $pm_{ij}$ Hesaplama2 Sürecini Başlat alt-süreci .....	82

**TABLULAR DİZİNİ**

<b>Tablo 2.1</b> Johnson yöntemi örneği.....	29
<b>Tablo 2.2</b> Revize johnson yöntemi örneği 1.....	31
<b>Tablo 2.3</b> Revize johnson yöntemi örneği 2.....	32
<b>Tablo 4.1</b> BMPN standartlarını destekleyen ürünler.....	44
<b>Tablo 4.2</b> BMPN standartlarını desteklemeyi planlayan ürünler .....	44
<b>Tablo 5.1</b> Algoritmadaki notasyonlar .....	66
<b>Tablo 5.2</b> Örnek problemdeki tezgahlara ait bilgiler .....	83
<b>Tablo 5.3</b> Örnek problemdeki tezgahlara ait bakım bilgileri.....	83
<b>Tablo 5.4</b> Örnek problemdeki işlere ait bilgiler.....	84

## SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

Tez çalışması kapsamında en sık kullanılan simgeler aşağıda sunulmuştur. Tez içerisinde kullanılan diğer simgeler ilgili bölüm içerisinde açıklamaları ile verilmiştir.

$C_{ij}$	$i$ . tezgahta yapılan $j$ . işin tamamlanma zamanı
$C_j$	$j$ . işin teslim zamanı
$Ct_j$	$j$ işinin tamamlanma zamanı
$e_i$	$i$ . tezgahın verimliliği.
$\dot{I}$	Makine indisi; $i = 1, \dots, M$
$J$	İş indisi; $j = 1, \dots, N$
$K$	Makine grubu veya tipi sayısı
$k_i$	Makine tipini gösteren indis; $i = 1, \dots, K$
$M$	Dokuma salonundaki makine sayısı
$m_j$	$j$ işinin işlem sayısı
$N$	Çizelgeleme döneminde çizelgelenecek iş sayısı
$pt_{ij}$	$j$ . işin $i$ . tezgahta yapılabilmesi için gereken süre (saat cinsinden)
$pt_j$	$j$ . işin yapılabilmesi için gereken süre (saat cinsinden)
$t$	Çizelgenin yapıldığı zaman
$v_i$	$i$ . tezgahın atkı atma hızı
$v_{ij}$	$i$ . tezgahın $j$ . iş için atkı atma hızı
$W_j$	$j$ . işin önem derecesi ile doğru orantılı olan bir katsayı
$\pi_{j,k}$	$j$ işinin $k$ işlemindeki önceliği

## 1. GİRİŞ

Günümüzde rekabet, yerel olmaktan çıkmış ve uluslar arası düzeye erişmiştir. Bu koşullar altında rekabet gücünü korumak ve geliştirmek isteyen işletmelerin vizyon ve stratejilerini gözden geçirmeleri ve değişimlere hızlı ve uygun tepki verebilmeleri amacıyla, tüm fonksiyonlarını, süreçlerini ve kaynaklarını entegre bir şekilde planlamaları ve kontrol etmeleri gerekmektedir.

Günümüzde, Çin'in tekstil sektörüne hızlı girişi birçok tekstil ülkesinde olduğu gibi ülkemizdeki üreticileri de endişelendirmektedir. Tekstil işletmelerinin verimlilik ve esneklik olgularını, eskisinden daha çok önemsemeleri, müşteri isteklerine hızlı cevap verebilme yönünde çaba göstermeleri gerekmektedir. Esnek üretim sistemlerine sahip olmak isteyen işletmelerin ise öncelikli olarak, ürünlerin istenen kalite ve maliyette, istenen sürede, doğru zamanlarda ve istenen miktarlarda oluşumunu sağlayarak üretimde darboğaz oluşumunu önleyecek çizelgeleme çalışmalarını sağlıklı bir şekilde yapabilmeleri gerekmektedir.

Dokuma sürecinin etkin ve sağlıklı bir şekilde planlanması, desen, miktar ve teslim tarihleri açısından büyük değişkenlik gösteren taleplerin istenen zamanda karşılanabilmesi başarısını ortaya çıkarır. Esnek üretim sistemlerinin kullanılmasıyla birlikte rekabet avantajı elde eden işletmelerdeki planlama ve çizelgeleme faaliyetleri ise daha karmaşık ve zor bir hal almaktadır. Çünkü, birden fazla kumaş siparişini birden fazla tezgah üzerinde, siparişlerin teslim tarihlerinin karşılanması ve aynı zamanda maksimum tezgah kullanımının sağlanması kısıtları altında çizelgelemek oldukça karmaşık bir faaliyet olmaktadır.

### 1.1. Genel Bakış

Tekstil sektöründe ipliğin kumaşa dönüşüm evrelerine bakacak olursak, en çok darboğaz oluşturan sürecin, üretim esnekliği daha çok kullanılan tezgahın tipine ve konfigürasyonuna bağlı olarak değişen, dokuma süreci olduğunu görürüz. Bunun sebebi

ise dokuma sürecinin üretim hızının, hazırlık ve bitim işlemlerine göre çok daha yavaş olmasıdır (Chen ve Harlock 1999).

Dokuma fabrikalarında, tezgahlara yapılan sipariş yüklemeleri, direkt olarak maliyetlere etki edecek derecede önemli bir konudur. Bu sebeple tezgah yüklemeleri gerçekleştirilirken, yüklemesi yapılacak işin ve kullanılabilir durumda olan tezgah niteliklerinin dikkate alınması gerekmektedir. Gerçekleştirilen çizelgeleme sonucunda ise bir tezgahta birden fazla sipariş olabileceği gibi, bir sipariş de bir veya daha fazla tezgaha yüklenebilmektedir.

Tezgahların çizelgelemesinde işgücünün kullanımı da önemlidir. Elde edilmek istenen çıktının artırılması ile birlikte gereksinim duyulacak olan işgücü, ya kiralanabilir ya da mevcut olan işgücüne fazla mesai yaptırılabilir. Her iki yol için de maliyet faktörleri modele eklenerek benzetim modeli çalıştırılabilir ve sonuç olarak elde edilmek istenen çıktının artırılmasında hangi yöntemin kullanılacağına mantıklı bir şekilde karar verilebilir (Khan vd 1999). Ayrıca, işgücünün model üzerindeki etkisi dikkate alınmak istenmiyorsa, işgücünün sürekli olarak hazır olduğu da varsayılabilir.

Toplam  $n$  adet işi, toplam  $m$  adet paralel tezgah üzerinde minimum maliyet ile çizelgeleme, literatürde paralel makine çizelgeleme problemi olarak adlandırılmaktadır. Paralel makinalarda çizelgeleme problemlerinde amaç siparişlerin maksimum tamamlanma zamanlarını en küçükleme olup literatürde  $P//C_{max}$  şeklinde gösterilmektedir. Paralel makinalarda çizelgeleme problemleri NP-Zor sınıfında problemler olmaktadır (Dell'Amico ve Martello 2005).

Paralel makine çizelgeleme problemlerinde bir işin bölünerek aynı anda birden fazla tezgah üzerinde üretilmesi ise, literatürde bölünmüş işler ile paralel makinalarda çizelgeleme problemi olarak adlandırılmaktadır. Paralel makinalarda çizelgeleme problemlerinde karşılaşılan makine ortamı üç farklı şekilde olabilir (Xing ve Zhang 2000):

1. Özdeş Paralel Makinalar: Tüm işlerin her bir tezgahtaki işlem sürelerinin eşit olduğu makine ortamı. (Her bir  $M_i$  için  $pt_{ij} = pt_j$  olmaktadır.)
2. Düzenli Paralel Makinalar: İşlem sürelerinin, sadece makinanın hızına göre değiştiği makine ortamı. (Her bir  $M_i$ 'nin  $v_i$  hızı için  $pt_{ij} = pt_j / v_i$  olmaktadır.)

3. İlişkili Olmayan Paralel Makinalar: İşlem sürelerinin, ilgili işe bağımlı olarak belirlenen makinanın hızına göre değiştiği makine ortamı. (Her bir  $M_i$ 'nin iş bağımlı olan  $v_{ij}$  hızı için  $pt_{ij} = pt_j / v_{ij}$  olmaktadır.)

Bu çalışma kapsamında ele alınan problemde tezgahlara yüklenen herhangi bir işin aynı anda birden fazla tezgahta üretilebilmesine izin verilmesinden dolayı, gerçekleştirilen çalışma, bölünmüş işler ile paralel makinalarda çizelgeleme konu başlığı altında bulunmaktadır. Ayrıca, problem kapsamında değerlendirilen makine ortamında ise ilişkili olmayan paralel makinalar söz konusu olmaktadır.

Üretim ortamlarında, makine hazırlık zamanlarının azaltılması amacıyla benzer özelliklere sahip olan işler genellikle gruplanmakta ve mümkünse beraber işlem görmektedirler. Hazırlık süreçlerinin para, zaman ya da her iki açıdan birden maliyetli olduğu durumlarda, benzer nitelikteki işlerin gruplandırılması yoluyla tek bir hazırlık sürecine katlanması işletmeler açısından büyük avantaj sağlamaktadır. Gruplandırılan işlemlerin tek bir hazırlık sürecine tabi tutulması neticesinde (Wilson vd 2004);

- Hazırlık süreçlerinin sayısı azalmakta,
- İşlerin tamamlanma zamanı kısalmakta,
- Süreç için envanter seviyesi azalmakta,
- Makinaların boş kalma oranı azalmaktadır.

Genelde dokuma salonlarında farklı özelliklere sahip tezgahlar bulunmaktadır. Dokuma salonuna gelen her işin farklı dokuma özellikleri olabilir ve salondaki tezgahlar da birden fazla farklı özellikte işle meşgul olabilir. Bu durumda çizelgeleme yaparken hangi dokuma tezgah(lar)ının gelen iş için en uygun olduğunun belirlenmesi gerekir. Sonuçta, bir iş bir veya birden fazla tezgaha paylaştırılabilir. Ancak, burada da belli kısıtların ele alınması gerekir.

Literatürde dokuma tezgahlarında çizelgeleme problemiyle ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Serafini (1996), tekstil endüstrisinde farklı tipte kumaşların üretiminde ortaya çıkan bir çizelgeleme problemini çalışmıştır (Xing ve Zhang 2000). Bu problemde, işler isteğe bağlı olarak parçalara ayrılabilen ve bağımsız olarak makinalarda işlenebilmektedir. Serafini tarafından incelenen bu problemin amacı ise maksimum gecikmeyi ve maksimum ağırlıklı gecikmeyi minimuma indirmektir.

Chen ve Harlock (1999), geliştirdikleri sezgisel yaklaşımın benzetimini WITNESS programında yaparak önerdikleri modelin uygulamaya yönelik olduğunu savunmuşlardır. Önerdikleri yöntem, bu tez çalışmasının da temelini oluşturmaktadır. Benzer bir çalışma da Khan vd (1999) tarafından yapılmıştır. Yazarlar, TEXSIM adlı bir simülasyon yazılımı geliştirmişlerdir. Bu yazılım hiçbir programlamaya ihtiyaç duymadan karmaşık dokuma planlama problemlerinin olasılıklı davranışlarını modelleyerek çözüm üretme avantajını sunmaktadır. Modelin yüzlerce tezgah ve iş için çalışabildiği raporlanmıştır.

## 1.2. Amaç

Gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında literatürden farklı olarak, mevcutta üretimde olmayan desenlerden alınan siparişlerin çizelgelemesi daha belirgin bir şekilde, algoritmik adımlar ile ifade edilmiştir. Ayrıca, çalışmada daha fazla mesleki detaya inilmiş ve verilerin elde edilmesinde Denizli’de bulunan tekstil işletmelerinden faydalanılmıştır.

Gerçekleştirilen tez çalışması kapsamında literatürden farklı olarak;

- Üretim ortamındaki hazırlık zamanlarının azaltılması amacıyla benzer özelliklere sahip olan işler gruplanmakta ve beraber işlem görmektedir. Örneğin, desenleri aynı olan siparişlerin ataması aynı tezgah üzerine yapılmaya çalışılmaktadır.
- Tezgahların siparişler için kullanılabilirlik değerleri bulunurken ve tezgahların atamaları yapılırken tezgah bakım zamanları ayrı ayrı dikkate alınmaktadır.
- Siparişlerin tezgahlara atanmasında siparişlerin gereksinim duydukları tezgah yetenekleri dikkate alınmaktadır.
- Tezgah hazırlık zamanlarının bulunmasında, tüm tezgahlar için ortalama bir değer verilmemektedir. Her bir tezgahın, her iki tür hazırlık tipi için de gereksinim duyduğu süreler dikkate alınmaktadır.
- Tezgah hazırlık zamanları, siparişin bölünme sayısına bölünerek tezgahlara dağıtılmamaktadır. Siparişte bulunan bölümlerin yani leventlerin her birisi için,

bu leventlerin atanacağı ilgili tezgahın hazırlık zamanının tamamına katlanması sağlanmaktadır.

- Tezgahlara yapılan atamalar esnasında her bir siparişin bölünebileceği en küçük miktarlar dikkate alınmaktadır. Böylelikle 1000 metrelik bir siparişin bölünebileceği en küçük miktar 100 metre olurken 4000 metrelik bir siparişin bölünebileceği en küçük miktar 200 metre olarak belirlenebilmekte ve tezgahlara yapılan atamalarda bu değerler dikkate alınmaktadır.
- Tezgahlar üzerindeki desen ile aynı desende olmayan siparişlerin atanması esnasında, planlama ufkunda olup da henüz atanması yapılmamış olan siparişlerin deseni ile aynı deseni üreten tezgahlar dikkate alınmakta ve bu tezgahlara sıradaki sipariş için atama yapılmamaktadır. Böylelikle tezgahların aynı desene üretime devam etmeleri sağlanmakta ve hazırlık zamanları azaltılabilmektedir.
- Çalışmanın geliştirilmesi sürecinde Denizli'de bulunan dokuma işletmelerinden elde edilen güncel uygulaması olan bilgilere önem verilmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı uzun modelleme çalışmalarına ihtiyaç doğurmayacak, basit, anlaşılabilir ve uygulanabilir bir dokuma çizelgeleme modeli ortaya koymaktır. Amaç, mümkün olduğunca gerçekçi bir model oluşturmaktır. Gerçekleştirilen bu çalışma, tezgah teknolojisi işletmeden işletmeye çok az farklılık gösterdiği için, çoğu tekstil işletmesi için kullanılabilir düzeydedir.

### **1.3. Çalışmanın Organizasyonu**

Bu tez çalışması, Giriş, Planlama ve Kontrol, Dokuma Tekniği, İş Süreçleri Modelleme Notasyonu, Dokuma Tezgahlarında Çizelgeleme ve Sonuç ve Gelecek Çalışmalar olmak üzere altı bölümden oluşmaktadır.

Giriş bölümünde teze genel bir bakış sunulmuş ve tezin amacına yer verilmiştir. Tezin amacı içerisinde, tezin benzer çalışmalardan farklı olan yönlerinden bahsedilmiştir.

Planlama ve Kontrol bölümünde öncelikle üretim planlama ve kontrolden ve sonrasında ise üretim çizelgelemeden bahsedilmiştir. Bu çalışma kapsamında önerilen



dokuma tezgahlarındaki iş yükleme modelinin bir çizelgeleme algoritması olmasından dolayı, çizelgeleme süreci bu bölüm altında detaylandırılmıştır. Üretim çizelgeleme kapsamında çizelgelemenin amacı, sınıflandırması, çizelgelemede kullanılan öncelik kuralları ve çizelgeleme tiplerine yer verilmiştir.

Dokuma Tekniği bölümü ile dokuma sürecinin işleyişinden bahsedilmiş ve algoritma içerisinde kullanılan bazı tekstil kavramlarının tanımlamalarına yer verilmiştir. Bu bölüm içerisinde dokuma süreçleri ile ilgili olarak gerçekleştirilen literatür taraması ile birlikte Denizli’de bulunan tekstil işletmeleri ile de görüşülerek, dokuma sürecinin ve dokuma hazırlık süreçlerinin pratikteki uygulamalarına da yer verilmiştir.

İş Süreçleri Modelleme Notasyonu bölümünde, önerilen sezgisel yaklaşımın daha iyi analiz edilebilmesi ve görsel olarak daha iyi ifade edilebilmesi amacıyla kullanılan BPMN notasyonundan bahsedilmiştir. İş süreçleri modelleme notasyonlarından birisi olan BPMN ile ilgili literatür taraması yapılarak oluşturulan bu bölümde öncelikle bu notasyonun kullanım amaçlarından bahsedilmiş ve sonrasında ise BPMN notasyonundaki, bağlantıların, olayların, süreçlerin ve geçitlerin modellenmesi, şekilleri ile birlikte sunulmuştur.

Dokuma Tezgahlarında Çizelgeleme bölümünde, dokuma süreci için önerilen sezgisel yaklaşımdan detaylı olarak bahsedilmiştir. Bölüm içerisinde, önerilen sezgisel yaklaşım BPMN notasyonları ile oluşturulmuş olup her bir süreç ve alt süreç grafiklerine yer verilmiştir. Ayrıca, bölümün sonunda algoritmanın daha iyi anlaşılmasını sağlamak amacıyla bir örnek sunulmuştur.

Sonuç ve Gelecek Çalışmalar bölümünde, önerilen sezgisel modelin faydalarından, modelin BPMN notasyonu ile oluşturulmuş olmasından dolayı elde edilen avantajlardan ve bu çalışmanın devamında yapılabilecek çalışmalardan bahsedilmiştir.

## 2. PLANLAMA VE KONTROL

Önerilen modelinin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla çizelgeleme konusunda literatür taraması yapılarak oluşturulan bu bölümde, öncelikle üretim planlama ve kontrolden ve sonrasında ise üretim çizelgelemeden bahsedilecektir. Üretim çizelgeleme kapsamında çizelgelemenin amacı, sınıflandırması, çizelgelemede kullanılan öncelik kuralları ve çizelgeleme tiplerine yer verilecektir.

### 2.1. Üretim Planlama ve Kontrol

Genel anlamda, üretim planlama, belirli miktar ve kalitedeki ürünlere olan talebi veya siparişleri karşılamak için işletme kaynaklarını en uygun şekilde kullanan ve işletme amaçlarına olumlu yönde katkıda bulunan faaliyetler kümesidir. Üretim planlama, üretim için donanım gereğini saptamak ve ürünlerin istenen kalite ve maliyette, istenen sürede, doğru zamanlarda ve istenen miktarlarda oluşumunu sağlayacak çizelgeleme çalışmalarını kapsar. Diğer bir ifadeyle gelecekteki faaliyetlerin (veya miktarların) düzeylerini veya limitlerini belirleyen ve gerekli zamanlarda önlem alan fonksiyona üretim planlama ve kontrol denir. Üretim planlama faaliyetlerinde ayrıntılara inilmediği için kesinlik bulunmaz ve dolayısıyla üretim planları üzerinde gerektiği zaman değişiklikler yapılabilir. Üretim planlamanın ayrıntıları olan hangi mamulün, ne zaman ve hangi iş istasyonlarında işlem görerek imal edileceği kısmı üretim planlarında değil, üretim programlarında belirlenir (Kobu 1981, Türköz 2001).

Üretim Planlama ve Kontrol, planlama ve kontrol olmak üzere iki ana faaliyetten oluşmaktadır. Temel amacı, belirli bir mamulün üretimini istenilen miktarda ve nitelikte gerçekleştirmek olan üretim planlama, ne zaman, ne miktarda, nerede ve hangi olanaklar ile üretimin yapılacağı ile ilgilenirken; üretim kontrol, planlanan üretime uygunluğu denetler ve aksaklıkları gidermeye çalışır (Kobu 1981).

Üretim planlamanın aşamaları aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Kobu 1981, Türköz 2001):

- Üretim planının kapsayacağı planlama ufku belirlenir,

- Ekonomik stok düzeyleri hesaplanır,
- Talep tahminleri yapılır,
- Plan dönemi başındaki ve sonundaki stok düzeyleri belirlenir,
- Başlangıç ve bitiş stok miktarları arasındaki fark bulunur,
- Planlama dönemi içinde üretilmesi gereken stok miktarları bulunur,
- Üretilmesi gereken stok miktarlarının zaman bazında dağıtımı yapılır.

Modern bilgisayarların artan gücü ve işletmelerdeki farklı fonksiyonların koordine edilmesi ihtiyacı ile birlikte üretim planlama ve kontrol faaliyetleri de hızlı bir şekilde gelişmekte ve yaygınlaşmaktadır. Bir imalat işletmesinde üretim planlamasının kaçınılmaz bir şekilde yer almasını gerektiren yedi nedenden bahsedilebilir (Türköz 2001, Güner ve Çalışkan 2004):

- Üretim sistemlerinin faaliyet yoğunluğu ve karmaşıklığı,
- Süreçler arasındaki iletişim zorluğu,
- İşletmeler arasındaki bağımlılık ve ilişkilerin gelişmesi,
- Tüketici kitlesinin genişlemesi ve neticesindeki müşteri beklentilerinin hızlı bir şekilde yükselmesi,
- Tedarik ve dağıtım faaliyetlerinin geniş bir alana yayılması,
- Hizmet, kalite ve fiyat rekabetinin yoğunlaşması,
- İşletmenin ekonomik düzeyde çalışmasını sağlamak amacı ile malzeme, makine zaman ve insan gücü kayıplarının minimum düzeye indirilmesi zorunluluğu.

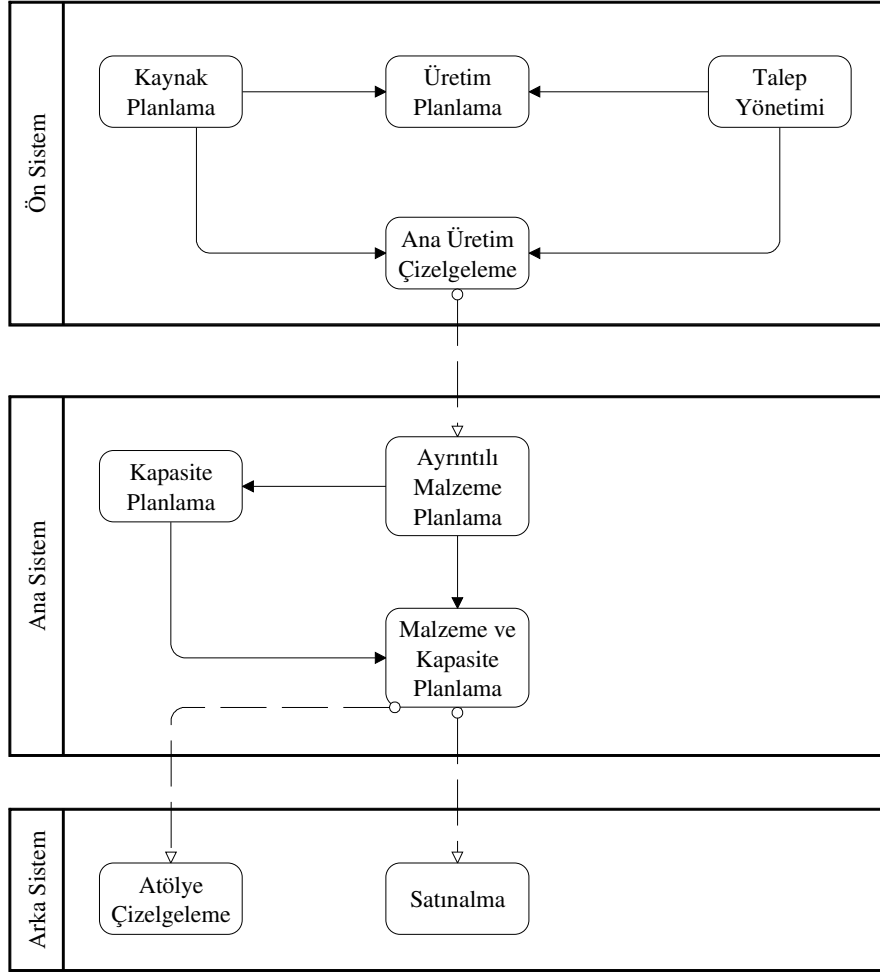
Vollmann vd (1992), üretim planlama ve kontrol sistemini üç bölüme ayırmışlardır. Bunlar; ön sistem, ana sistem ve arka sistem olarak adlandırılmaktadır. Üretim planlama ve kontrolün ilk bölümü olan ön sistem, tüm yönetimi içeren faaliyetler kümesidir. Şirketin üretim planlama ve kontrol amaçlarını içeren bu bölüm, talep yönetimi, üretim planlama ve ana üretim çizelgelemeyi içermektedir. Ana üretim çizelgeleme, ileriye doğru planlama yapmak için kullanılan son ürünler için üretim çizelgesidir. Ana üretim çizelgeleme ile birlikte bir işletme ne üreteceğini, ne kadar üreteceğini ve ne zaman üreteceğini belirlemektedir (Güner ve Çalışkan 2004). Ana üretim çizelgesinin girdileri aşağıda verilmektedir:

- Satış tahminleri,
- Müşteri siparişleri,

- Acentelerden gelen talepler,
- Nihai mamul stoğu,
- Üretilen yada bitmek üzere olan mamuller.

Üretim planlama ve kontrol sisteminin ikinci bölümü olan ana sistem, ayrıntılı malzeme ihtiyaç planlamasını ve kapasite planlamasını tamamlayan sistemler kümesidir. Malzeme ve kapasite planı, üretim planlama ve kontrol sisteminin üçüncü bölümü olan arka sistem için veri oluşturmaktadır. Arka sistem, satınalma sistemi ve çizelgeleme sistemini kapsamaktadır. Satınalma sistemi, bileşen parçaların, alt montaj parçaların ve son ürünlerin malzeme planlarına göre üretimini desteklemek için gerekli hammadde siparişini vermektedir. Çizelgeleme sistemi ise her iş merkezindeki siparişleri önceliklerine göre zaman boyutunda sıralamaktadır. Çizelgeleme, ana üretim çizelgesi ile belirlenen üretim hedeflerine ulaşabilmek için belirlenen kısıtlar altında çeşitli iş merkezlerinde, hangi işin ne zaman yapılacağına karar vermek için, imalat öncesi yapılan bir çizelge olarak nitelendirilmektedir. Şekil 2.1’de Vollmann vd (1992) tarafından oluşturulan üretim planlama ve kontrol sisteminin bölümleri ve çizelgelemenin bu sistem içindeki yeri gösterilmektedir (Güner ve Çalışkan 2004).

Bir imalat sisteminde, ana üretim çizelgeleme modeli, malzeme ve kapasite planlama modelinin ve dolayısıyla çizelgelemenin girdilerini sağlar ve eldeki kaynakların planlama sürecinde en uygun kullanımını sağlayacak temel üretim politikalarını tespit eder. Çizelgeleme Modeli ise ana planın belirlediği politikalar çerçevesinde, yapılacak işlerin sırasını ve bu işlere ayrılacak optimum kaynak miktarını belirler. Şekil 2.2’de, Pinedo ve Chao (1999) tarafından oluşturulan ana üretim çizelgelemeden, atölye yönetimine kadar olan süreci kapsayacak şekilde bir imalat sistemindeki bilgi akışı gösterilmektedir (Acar 2000).



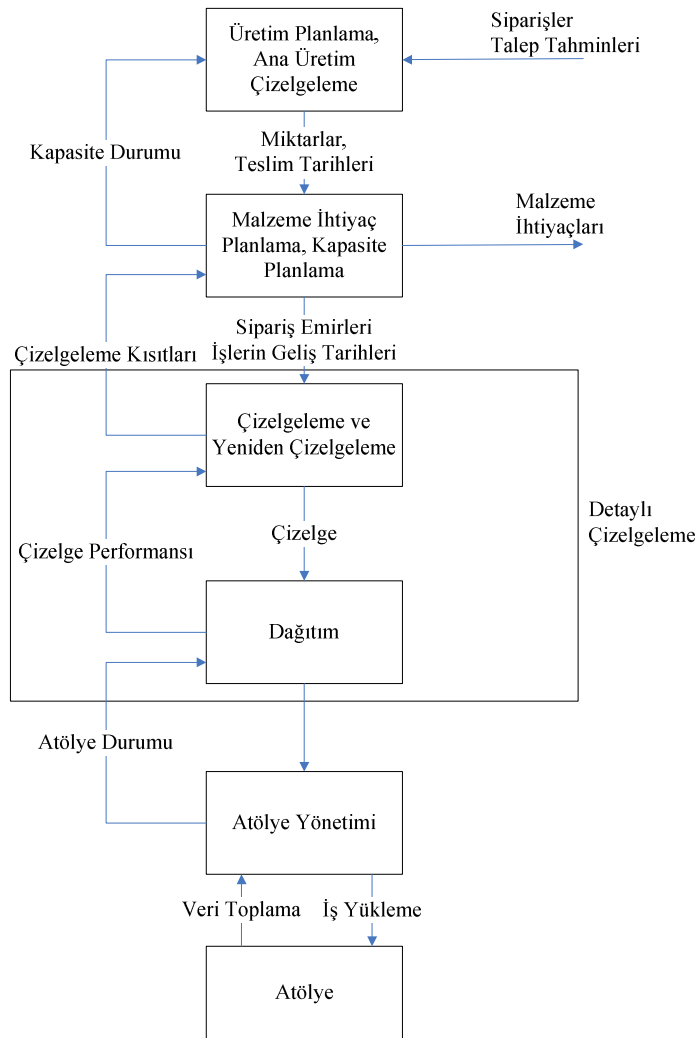
**Şekil 2.1** Çizelgelemenin üretim planlama ve kontrol sistemi içindeki yeri (Güner ve Çalışkan 2004)

Üretim planlama faaliyetleri; üretim ve stok seviyelerinin belirlenmesi, işlerin çizelgelenmesi, hammaddenin gerektiği anda temin edilmesi, gerekli donanımın tedarik edilmesi, üretim alanının artırılması, tesisin etkin bir şekilde yerleşiminin sağlanması gibi farklı zaman boyutlarındaki konular ile ilgilenmektedir. Bu sebeple Gürdoğan (1981) ve Sipper ve Bulfin (1997), üretim planlamanın, farklı organizasyonel düzeylerde ve değişik zaman aralıklarını içerecek şekilde; uzun vadeli planlar, orta vadeli planlar ve kısa vadeli planlar olmak üzere üç grupta değerlendirilebileceğini savunmuştur (Türköz 1981):

1. *Uzun Vadeli Planlar*, firmanın üst yönetimi tarafından oluşturulan, planlama ufku bir yıldan daha uzun süreli planlardır. Stratejik planlar da denilen bu

yüksek düzeyli planlar genellikle üretim hatları, fabrikalar, pazarlarla ilgili olmaktadır.

2. *Orta Vadeli Planlar*, bir aşağı düzeydeki operasyondan sorumlu yöneticiler tarafından oluşturulan, planlama ufku bir ay ile bir yıl arasında olan planlardır. Taktik planlar da denilen bu planlar ürünlerin ayrıntılı planları yerine toplu üretim miktarlarını içermektedir.
3. *Kısa Vadeli Planlar (Çizelgeler)*, fabrika düzeyinde oluşturulan, planlama ufku bir gün ile bir hafta ya da bir ay olan planlardır. Operasyonel planlama da denilen bu planlar ayrıntılı olarak ürünlerin üretim miktarlarını ve üretilecekleri zamanları içermektedir.



**Şekil 2.2** Bir imalat sistemindeki bilgi akışı (Pinedo ve Chao 1999)

## 2.2. Üretim Çizelgeleme

Çizelgeleme, çoğu imalat ve hizmet endüstrisinde önemli rol oynayan, satınalma ve üretim, taşıma ve dağıtım, bilgi işleme ve iletişim alanlarında kullanılan bir karar verme sürecidir. Çizelgeleme fonksiyonu, üretim planının karşılanabilmesi, siparişlerin söz verilen teslimat tarihlerine yetişebilmesi için matematiksel teknikleri yada sezgisel metotları kullanarak, kısıtlı şirket kaynaklarının (kaynak kısıtları, malzeme teminindeki aksamalar, düzenli bakımlar, arızalar vs.) en uygun faaliyetlere tahsisini belli bir hedef kritere göre (geç kalan iş sayısını minimumda tutmak, hazırlık sayısını minimumda tutmak gibi) gerçekleştirmektedir. Zaman düzleminde yapılması gereken görevler için bir veya daha fazla amacı iyileştirecek şekilde kaynakların tahsis edilmesi ile ilgilenen çizelgeleme problemi, firmanın amaç ve hedeflerine en iyi şekilde ulaşması için güçlü bir araç olmaktadır (Geyik ve Cedimoğlu 2001).

Farklı bir biçimde ifade etmek gerekirse; üretim planlama hangi üründen, ne zaman, ne kadar üretilmesi gerektiğini, yani ne yapılacağını belirlerken, belirlenen bu yapılacakların mevcut sistemin iş yüküne, kaynaklarınızın kapasitesine ve stok durumuna göre nasıl yapılacağını, hangi operasyonun hangi kaynağa atanacağını, operasyonların hangi sırada gerçekleştireceğini ise çizelgeleme belirlemektedir.

Operasyonların ayrıntılı günlük planlanması anlamına gelen çizelgeleme aşağıdaki sorunlarla ilgilenmektedir:

- Hangi iş merkezi hangi işi yapacak?
- Bir iş ne zaman başlayacak ve bitecek?
- Belirlenen iş hangi ekipmanla, kim tarafından yapılacak?
- İşlerin sıralaması nasıl olacak?

Üretim çizelgeleme, belli bir veya birden çok başarı ölçütünü iyileştirmek üzere yapılmakta ancak, çoğu zaman ölçütlerin kendi içlerinde çelişmesi sebebi ile tüm ölçütlerin aynı anda iyileştirilmesi mümkün olmayabilmektedir. Zaten bütün başarı ölçütleri her zaman aynı önemde olmamaktadır. Dikkate alınan başarı ölçütlerinin göreceli önem değerleri, belli sistem durumlarına göre değişmektedir (Geyik ve Cedimoğlu 2001).

Üretim çizelgeleme sürecinde sistem kaynakları sınırlı ya da sınırsız olarak değerlendirilebilmektedir. Sistem kaynaklarının sınırlı olarak değerlendirilmesi “*sonlu / sınırlı kapasite çizelgeleme*” olarak adlandırılmaktadır. Bir başka deyişle *sonlu kapasite çizelgeleme*, kaynakların gerçek kapasiteleri üzerine kurulmuş iş sıralamasını içeren bir üretim planıdır. Sonlu kapasite çizelgelemenin bazı kullanım amaçları aşağıda verilmektedir:

- İşlere öncelik vermek ve sonradan ortaya çıkan durumlara göre işleri tekrarlamak,
- Müşterilere daha sağlıklı termin vermek,
- Kapasite planlama aracı gibi çalışarak yeni siparişler için kaynakların yeterli olup olmadığını belirlemek.

Üretim sistemlerinin çok karmaşık ve alternatifli olması sebebiyle *sonlu kapasite çizelgeleme* ile optimum çözüme ulaşmak mümkün olmayabilmektedir. *Sonlu kapasite çizelgeleme* uygulamasında; arıza, sipariş değişiklikleri gibi sıkça gerçekleşen durumlarla karşılaşıldığında ilk çizelge uygunluğunu kaybedeceği için çizelge tekrar düzenlenmektedir.

Çizelgeleme, çözümü zor olan optimizasyon problemlerinden biridir. Son otuz yılda bu problemlerin çözümü için çok sayıda araştırma yapılmış olup, öncelik kurallı ve dalsınır tekniğine dayanan çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu tip problemler, NP-zor türü problemler kapsamında olduğundan bilgisayarların hızlarının artması ile daha etkin çizelgeleme yöntemleri geliştirilmeye çalışılmaktadır (Baskak ve Erol 2004).

Üretim çizelgeleme sürecinin verimli sonuçlar üretmesi için işletme kapasitesi, kaynakların yeterliliği, siparişlerin ve kaynakların gereksinimleri ve gerçekleştirilen faaliyetlerin ölçülebilmesi için kullanılması gereken standartların oluşturulması konularına büyük önem göstermek gerekmektedir.

### **2.2.1. Çizelgelemenin amacı**

Çizelgeleme problemlerinin çözümüne olan yaklaşımların değişkenliği, sistem verimliliğini artırıcı çeşitli çizelgeleme amaçlarının olması gerektiğini ortaya koymaktadır. Çizelgelemenin temel amaçları aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Çelikçapa 1999, Alpay ve Yüzügüllü 2004):



- İşlerin, teslim tarihlerinde sapmaya neden olunmadan tamamlanması: Cheng ve Jiang (1998), işlerin gecikmesinin çoğunlukla gecikme cezaları ve müşteri iyi niyeti kaybı ile karşılanırken, işlerin erken tamamlanmasının ise bitmiş ürün stoğunun artması ile sonuçlanarak stok tutma maliyetini artıracığını belirtmiştir (Alpay ve Yüzügüllü 2004),
- Müşterilere daha hızlı cevap verilmesi,
- Akış sürelerinin (bir işin üretim sistemi içerisinde harcadığı süre) en küçüklenmesi,
- Üretim olanaklarının en etkin şekilde kullanılması,
- Fazla mesai çalışmalarının en küçüklenmesi.

Yukarıda belirtilen bu temel amaçlar birbiriyle çelişebilmektedir. Örnek olarak, teslimat tarihlerini karşılayabilmek için kapasite artırımı yapılabilir ancak bu durumda ise kaynak kullanım yüzdeleri azalacaktır. Üretim sistemi göz önüne alınarak belirlenen performans kriterlerine göre oluşturulan iyi bir çizelgeleme sistemi ile pek çok şirket, ara stok ve envanter seviyelerinde düşüşleri, verimlilikte ve teslimat performanslarında artışı başarabilmektedir.

### 2.2.2. Çizelgeleme yöntemleri

Çizelgeleme yapılırken, ileriye ve geriye doğru çizelgeleme olarak iki farklı yöntemden bahsedilebilir. İleriye doğru çizelgeleme yönteminde, üretim başlangıç tarihi bilinmekte ve üretim başlangıç tarihine, süreçlerin daha önceden belirlenmiş olan standart zamanları eklenerek diğer süreçlerin başlama ve tamamlanma tarihleri ve nihai ürünün teslim tarihi belirlenmektedir. İleriye doğru çizelgeleme yöntemi, çoğunlukla siparişlerin mümkün olan en kısa sürede tamamlanması gerektiği üretim ortamlarında uygulanmaktadır. Geriye doğru çizelgeleme yönteminde ise nihai ürünün teslim tarihi bilinmekte ve buna göre süreçlerin standart zamanları çıkarılarak diğer süreçlerin başlama ve tamamlanma tarihleri ve üretime başlama tarihi belirlenmektedir.

İleriye doğru çizelgeleme yönteminin uygulanması ile siparişin tamamlanma tarihi, siparişin teslim tarihini geçebileceği gibi geriye doğru çizelgeleme yönteminin uygulanması ile de, siparişin başlangıç tarihi, o anki tarihin öncesinde çıkabilmektedir. Bu tür durumlarda siparişlerde gecikme yaşanmaması için çizelgede değişiklik yapılması gerekmektedir. Bu iki yöntemden farklı olarak her iki yöntemin bir karışımı

da kullanılabilir. İleriye ve geriye doğru bu iki çizelgeleme yönteminin karışımı ile ise, bir işlem temel alınmakta ve bu işlemde geriye ve ileriye doğru gidilerek çizelgeleme yapılmaktadır.

### 2.2.3. Çizelgelemenin sınıflandırılması

Belli bir başarıml ölçütünü en iyileyecek iş akışını (makinalara gelen işlerin işleme sırası) belirleyen çizelgeleme problemi, dört faktöre bağlı olarak farklı sınıflara ayrılabilir (Acar 2000).

#### 2.2.3.1. İşlerin geliş şekli

İşlerin geliş şekline göre çizelgeleme problemleri *statik* ve *dinamik çizelgeleme* olarak iki farklı şekilde değerlendirilmektedir. *Statik çizelgeleme* problemlerinde, belirli bir dönem için iş listesinin tamamı bilinmektedir ve işler boş olan bir iş merkezine hemen işlenmek üzere düzenli olarak gelmektedir. *Statik çizelgeleme* problemlerinde, genellikle iş listesinde değişiklik meydana gelmez.

Eğer iş listesi sürekli olarak ve rastgele bir şekilde değişiyorsa ve işler düzensiz aralıklar ile iş merkezine gelmekte ise, bu durumda problem *dinamik çizelgeleme* olarak nitelendirilmektedir. *Dinamik çizelgeleme* problemlerinde herhangi bir zamanda gelebilecek olan işin özellikleri sıralamanın sürekli değişmesini gerektirebilmektedir.

#### 2.2.3.2. Tezgah sayısı

İş merkezinde yer alan tezgah sayısına göre çizelgeleme problemleri, *tek tezgahlı* veya *çok tezgahlı* olmak üzere iki farklı şekilde değerlendirilmektedir. İş merkezine gelen işler tek bir işleme ihtiyaç duyuyor ise burada *tek tezgahlı çizelgeleme* probleminden bahsedilmekte ve işlerin hangi sırada yapılacağına belirlenmesine çalışılmaktadır. Ayrıca çok tezgahlı bir iş merkezinde darboğaz oluşturan tek tezgah üzerinden de çizelgeleme gerçekleştirilebilmektedir. Tezgah sayısının artması ile doğru orantılı olarak çizelgeleme problemlerinin çözümü de zorlaşmaktadır.

### 2.2.3.3. Üretim tipi

Çizelgeleme faaliyetleri, üretim sistemlerinin farklı tiplerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Genel olarak, *atölye tipi üretim sistemi* ve *akış tipi üretim sistemi* olmak üzere iki tip üretim sistemine göre çizelgeleme faaliyetleri farklılaşmaktadır.

#### 2.2.3.3.1. Atölye tipi üretim sistemleri

*Atölye tipi üretim sistemlerinde* iş merkezleri arasındaki malzeme akışı standart olmamakta yani malzemeler herhangi bir sırayı izleyebilmektedir. *Atölye tipi üretim sistemlerinde* ürün çeşitliliği çok fazla olmaktadır. Bu sistemlerde tezgahlar, genel amaçlı olup tezgahların kullanım oranları yüksektir. Ayrıca, malzemeler süreçler arasından yavaş yavaş geçmekte ve bundan dolayı üretim içi stok miktarı fazla olmaktadır. Üretim içi stok miktarının yüksek olması ise stokların kontrolünü oldukça zorlaştırmaktadır.

*Atölye tipi üretim sistemlerinde*, tezgahlar genel amaçlı olduğu için üretim sürecindeki malzeme değişikliklerinde sürekli olarak hazırlık zamanlarına katlanılmaktadır. Dolayısıyla, tezgah hazırlama maliyetleri yüksek olmakta ve genel amaçlı ve yüksek yetenekli tezgahları kullanacak olan yetenekli iş gücü gereksinimi de personel giderlerini artırmaktadır.

*Atölye tipi üretim sistemlerinde* çok fazla ürün çeşitliliği bulunduğu için, genelde siparişe göre üretim yapan işletmelerde uygulanmaktadır. *Atölye tipi üretim sistemlerinde* genel amaç, genellikle tüm işlerin tamamlanma süresini en küçükleme. İş listesinin sürekli ve rastgele değiştiği, siparişe göre üretim yapan atölyelerde işlerin tamamlanma sürelerini en küçükleyerek çözüme ulaşmak için farklı teknikler kullanmak gerekmektedir. Bu tekniklerden biri de öncelik kurallarına göre sıralama yapmaktır.

#### 2.2.3.3.2. Akış tipi üretim sistemleri

*Akış tipi üretim sistemlerinde*, ürün çeşitliliği çok az olmaktadır. İş merkezindeki tezgahlar malzeme akışına göre sıralanarak, oldukça düzgün ve hızlı bir malzeme akışı bulunmaktadır. *Akış tipi üretim sistemlerindeki* hızlı ve düzgün iş akışı ile üretim içi stok miktarları azaltmakta, dolayısıyla çizelgeleme faaliyetlerinin uygulanması kolaylaşmaktadır.

Üretim sistemlerine bakıldığında, tamamen *akış tipi üretim sistemi* yada tamamen *atölye tipi üretim sistemi* ile karşılaşılmamaktadır. Genelde üretim sistemlerinde, *akış tipi üretim sistemi* ve *atölye tipi üretim sisteminin* bir karışımı görülmektedir.

#### 2.2.3.4. Başarım ölçütü

Çizelgenin performansını ölçmek için, aynı çizelgeleme probleminde çizelgelemenin bazı şartları değiştirilerek veya farklı öncelik kuralları kullanarak birkaç kez yapılması gerekmektedir. Çizelge performansını değerlendirmek için kullanılan başarım ölçütü, çizelgeleme problemlerinde önemli rol oynamaktadır. Bu başarım ölçütlerinden en önemlileri ve en çok kullanılanları aşağıda verilmektedir (Saad vd 1997, Acar 2000, Baskak ve Erol 2004):

- Ürünlerin, üretim ve bekleme zamanlarını içeren akış zamanı,
- Geciken işlerin, toplam işlere oranı,
- Kuyrukta bekleyen işlere göre belirlenen hammadde, yarımamul ve mamul stok seviyeleri,
- İşlerin tezgahlarda bekleme süreleri,
- İşlerin maksimum gecikme süreleri,
- İşlerin maksimum tamamlanma zamanları,
- Geciken iş sayısı,
- Ortalama iş hacmi,
- Siparişlerin gecikme süreleri,
- Tezgah hazırlama zamanı kayıpları,
- Tezgah ve işgücü kullanım oranları,
- Bu ölçütlerin ortalama ve standart sapmaları gibi istatistiksel ölçümleri.

Çizelgeleme problemlerindeki başarım ölçütlerinin bu kadar farklılaşmasına rağmen, bu problemlerdeki asıl önemli olan, tüm işlerin işlenme süresini ifade eden yayılma süresini en küçükmektir. Örneğin,  $M$ ; kullanılan tezgâh sayısını ve  $N$ ; planlama ufkundaki iş sayısını gösterebilir. Bu takdirde, yayılma süresi formülü (2.1)'deki gibi hesaplanmaktadır (Baskak ve Erol 2004):

$$Enb \{ C_{ij} | (i = 1, 2, \dots, M), (j = 1, 2, \dots, N) \} \quad (2.1)$$

Çizelgeleme problemlerindeki çözümler, genellikle birden fazla başarıml ölçütünün en iyilenmesi yolu ile elde edilmektedir. Ancak tek bir ölçüt ile ilişkili olarak elde edilen ve en iyi sonucu veren bir çözüm, birden fazla başarıml ölçütünün dikkate alınması ile daha önce elde edilmiş olan aynı en iyi çözümü vermeyebilmektedir. Bunun sebebi ise çizelgeleme sürecinde birden fazla başarıml ölçütü ile çalışıldığında başarıml ölçütleri arasında ödünleşimler meydana gelmektedir. Yani bir başarıml ölçütünün değerini en iyilerken, diğer başarıml ölçütünün değeri azalabilmektedir (Eren ve Güner 2002).

Çizelgeleme literatüründe, tek başarıml ölçütlü çalışmalar ile kıyaslandığında çok daha az olan çok başarıml ölçütlü çizelgeleme çalışmaları son dönemlerde gittikçe artmıştır. Bu tür problemlerin çözümü tek başarıml ölçütlü problemler kadar kolay olmamaktadır. Çünkü birbirleri ile çelişen amaçlar aynı anda en iyilendiğinden tek bir çizelgeyi oluşturmak oldukça zordur.

Çok başarıml ölçütlü çizelgeleme problemleri içerisinde iki ölçütün bulunduğu problemler; ikincil ölçütlü ve iki ölçütlü problemler olmak üzere iki kısımda incelenmektedir (Eren ve Güner 2002, Güner ve Altıparmak 2003):

1. *İkincil ölçütlü çizelgeleme problemleri:* İkincil ölçütlü çizelgeleme problemlerinde, başarıml ölçütleri birincil ve ikincil ölçüt olarak ayrılmakta ve öncelikle birincil başarıml ölçütü, ikincil ölçüt yok sayılarak eniyilenmekte, sonrasında ise ikincil başarıml ölçütü, birincil ölçütün performansını azaltmamak şartıyla eniyilenmektedir. Graham vd (1979),  $C1$ , birincil ölçütü,  $C2$  ise ikincil ölçütü göstermek üzere ikincil ölçütlü problemlerin,  $n/1/C2:C1$  şeklinde gösterilebileceğini belirtmiştir (Eren ve Güner 2002). Örneğin, Güner vd (1998) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, en küçük geciken iş kısıtı altında, en büyük erken tamamlanma zamanının en küçüklendiği ikincil ölçütlü bir problemin çözüm yolları aranmıştır. Bu çalışma sonucunda geliştirilen dal-sınır algoritmasının, iş sayısının 30'dan fazla olduğu durumlarda hesaplama zamanı açısından etkin olmadığı ve çizelgeleme probleminin büyüklüğüne bağlı olarak üstel artış gösterdiği belirlenmiştir. Bundan dolayı çizelgeleme problemi için tavlama benzetimine dayalı bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir (Güner ve Altıparmak 2003).

2. *İki ölçütlü çizelgeleme problemleri*: İki ölçütlü çizelgeleme problemlerinde iki farklı ölçüt aynı anda eniyilenmektedir. Graham vd (1979), iki ölçütlü çizelgeleme problemlerinin  $n/1/C2,C1$  şeklinde gösterilebileceğini belirtmiştir. Evans (1984), iki farklı ölçütün aynı anda eniyilenmesi sonucunda etkin çözümler için bir set elde edildiğini ve etkin çözümün ise, hiçbir ölçütün etkinliğinin azalmaksızın arttırılmadığı bir çözüm olduğunu belirtmiştir (Eren ve Güner 2002).

#### 2.2.4. Çizelgeleme problemlerinde öncelik kuralları

Çizelgeleme problemlerine olan çözüm yaklaşımları, işlerin ve kaynakların belirli bir veya birden fazla başarıml ölçütünü optimize edecek şekilde önceliklendirildiği bir takım kuralları temel almaktadır. Bu çalışmada, çizelgeleme problemlerinde kullanılan öncelik kuralları; gerçekleştirilecek olan işlere öncelik değeri atayan *işlem öncelik kuralları* ve işlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan üretim araçlarına öncelik değeri atayan *kaynak öncelik kuralları* olmak üzere iki kısım altında değerlendirilecektir.

##### 2.2.4.1. İşlem öncelik kuralları

İşlem öncelik kuralları, bir iş merkezinde işlenecek olan işlerin özelliklerine göre belli bir işin tamamlanmasının arkasından, üretimin ilgili iş merkezindeki hangi iş ile devam edeceğini belirleyen kurallardır. İşlem öncelik kuralları, mantıksal kurallar olmaktadır. Öncelik kurallarının kullanılması ile oluşturulan çizelgeler, tam güvenilir olmadığı gibi, farklı yöntemlerin kullanılması ile elde edilebilecek en iyi sonuca çok uzak çözümler de sunabilmektedir (Baskak ve Erol 2004).

Çizelgeleme problemlerinde en çok kullanılan işlem öncelik kuralları aşağıda belirtilmektedir (Saad vd 1997, Pinedo ve Chao 1999, Acar 2000, Baskak ve Erol 2004, Ulutaş 2004):

- a) *İlk gelen işi önce yap (First Come First Serve – FCFS)*: Bu kural literatürde *ilk gelen ilk çıkar (First In First Out – FIFO)* olarak da bilinmektedir (Saad vd 1997, Pinedo ve Chao 1999). Bu kuralın temel mantığına göre, iş merkezine gelen işler geliş sıralarına göre üretim ortamına alınacaklar ve işleneceklerdir.
- b) *Son gelen işi önce yap (Last Come First Serve - LCFS)*: Bu kural, iş merkezine gelen işlerin üretim ortamına alınmaları için geliş sıralarının tersine doğru bir

sıralama yapmayı önermektedir. İş merkezine en son sırada gelen iş, ilk sırada, sondan bir önce gelen iş ikinci sırada üretim ortamına alınmakta ve sıralama bu şekilde devam etmektedir.

- c) *En kısa işlem süreli işi önce yap (Shortest Processing Time - SPT)*: Bu kural, iş merkezine gelen işlerin, işlem sürelerinin kısalığı ile doğru orantılı bir ilişki kurarak sıralama yapmayı önermektedir. İş merkezine gelen işler arasından en kısa işlem süresine sahip olan işlerin önceliklendirildiği bu kural ile üretim sisteminin çıktısı en çoklanmakta ve geciken işlerin oranı azalmaktadır (Saad vd 1997). Literatürdeki çizelgeleme çalışmalarına bakıldığında, en etkin çözümün, en kısa işlem süreli işin önce yapılması ile elde edildiği görülmektedir. Kullanılan başarımlı ölçütünden bağımsız olarak, en kısa işlem süreli işin önce yapıldığı işlem öncelik kuralının, çoğu işlem öncelik kuralından daha iyi bir kural olduğu söylenebilir. Örneğin, dokuz tezgahın bulunduğu bir iş merkezinde, 8700 iş üzerinde yapılan bir çalışma sonucunda, en kısa işlem süreli işin önce yapıldığı (SPT), ilk gelen işin önce yapıldığı (FCFS) ve bekleyen işler arasından rastgele bir işin önce yapıldığı (RANDOM) üç farklı işlem öncelik kuralı uygulanarak çizelgeleme gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara göre, en kısa işlem süreli işin önce yapıldığı işlem öncelik kuralının, en düşük akış zamanı varyansını verdiği görülmüştür (Acar 2000).
- d) *En uzun işlem süreli işi önce yap (Longest Processing Time - LPT)*: Bu kurala göre, iş merkezine gelen işler, işlem sürelerinin uzunlukları ile doğru ilişkili olarak sıralanacaklardır. İş merkezine gelen işler arasından en fazla işlem süresine sahip olan iş, ilk olarak işlem görecektir. En uzun işlem süreli işi önce yap öncelik kuralının formülü (2.2)'de verilmektedir:

$$\pi_{j,k} = \sum_{i=1}^m p_{ij} \quad (2.2)$$

- e) *Ağırlıklı en kısa işlem süreli işi önce yap (Weighted Shortest Processing Time – WSPT)*: Çizelgeleme problemlerinde her bir iş aynı önem derecesine sahip olmayabilir. Bu öncelik kuralında, işlerin önceliklerinin bulunmasında, işlem süreleri, ilgili işlerin önem dereceleri ile birlikte dikkate alınmaktadır. Ağırlıklı

en kısa işlem süreli işi önce yap öncelik kuralının formülü (2.3)'de verilmektedir:

$$pt_1/W_1 < pt_2/W_2 < \dots < pt_N/W_N \quad (2.3)$$

- f) *Sonraki işlemlerin süresi en fazla olan işi önce yap*: Bu kural, üretim ortamında bulunan işlerin, geriye kalan işlem sürelerinin uzunluğu ile doğru orantılı bir şekilde sıralanmalarını önermektedir. Kurala göre, geriye kalan işlemlerinin toplam süresi en fazla olan iş ilk olarak yapılmaktadır. Sonraki işlemlerin süresi en fazla olan işi önce yap öncelik kuralının formülü (2.4)'de verilmektedir:

$$\pi_{j,k} = \sum_{i=k}^m pt_{ij} \quad (2.4)$$

- g) *Sonraki işlemlerin sayısı en fazla olan işi önce yap (Largest Number of Successors - LNS)*: Bu kural, üretim ortamında bulunan işlerin geriye kalan işlem sayılarının fazlalığı ile doğru ilişkili olarak sıralanmalarını önermektedir. Kurala göre, geriye kalan işlemlerinin sayısı en fazla olan iş ilk olarak yapılmaktadır.
- h) *Teslim tarihi en önce olan işi önce yap (Earliest Due Date First - EDD)*: İşlem görmek için sırada olan işlerin gecikmelerini en küçükleme amacıyla olan bu kurala göre sisteme gelen işler arasından en erken teslim tarihine sahip olan iş ilk olarak yapılmaktadır (Pinedo ve Chao 1999). Teslim tarihi en önce olan işi önce yap öncelik kuralının kullanımı ile işlerin söz verilen tarihlerde teslim edilme performansları artmaktadır (Saad vd 1997).
- i) *Maliyeti en fazla olan işi önce yap*: Bu kural, iş merkezine gelen işlerin, maliyetlerinin fazlalığı ile doğru orantılı bir şekilde sıralanmaları gerektiğini önermektedir. Maliyeti fazla olan işler öncelikli olarak iş merkezinden çıkacağı için genel olarak maliyetlerde azalma olacaktır.
- j) *Rastgele sıralama (Service In Random Order - SIRO)*: İş merkezine gelen ve işlem görmeyi bekleyen işler arasından bir tanesi rastgele bir şekilde



seçilmektedir. Her hangi bir amaç en iyilenmeye çalışılmamaktadır (Pinedo ve Chao 1999).

- k) *Bolluk zamanı en az olan işi önce yap (Minimum Slack First – MS ~ Least Slack First - LSF)*: Bu kurala göre sıralama, işlerin sistemdeki bolluk zamanlarının azlığı ile doğru orantılı bir şekilde yapılmaktadır. İşlerin bolluk zamanlarının dinamik olarak takip edilmesi ile geciken işlerin yüzde oranları azalmaktadır (Saad vd 1997, Pinedo ve Chao 1999). Bolluk zamanı en az olan işi önce yap öncelik kuralının formülü (2.5)'de verilmektedir:

$$\pi_{j,k} = C_j - [t + \sum_{i=k}^m pt_{ij}] \quad (2.5)$$

- l) *Kalan bolluk zamanı / kalan işlemler oranı en az olan işi önce yap*: Bu kurala göre, kalan bolluk zamanının kalan işlemleri sayısına oranı en az olan iş ilk olarak yapılacaktır. Bu kural ortalama gecikmenin minimize edilmesi açısından oldukça etkindir (Acar 2000). Kalan bolluk zamanı / kalan işlemler oranı en az olan işi önce yap öncelik kuralının formülü (2.6)'da verilmektedir:

$$\pi_{j,k} = (C_j - [t + \sum_{i=k}^m pt_{ij}]) / (m_j - k + 1) \quad (2.6)$$

- m) *En kısa hazırlık zamanı olan işi önce yap (Shortest Setup Time First - SST)*: Bu kural, üretime girmeyi bekleyen işlerin, hazırlık zamanlarının kısalığı ile doğru orantılı bir şekilde sıralanmalarını önermektedir. En kısa hazırlık zamanına sahip olan işlere öncelik verilmesiyle ortalama gecikme zamanı azaltılabilecektir.
- n) *En az esnek olan işi önce yap (Least Flexible Job First - LFJ)*: Bu kural, paralel olarak özdeş olmayan birçok makinanın bulunduğu üretim ortamlarında kullanılmaktadır. Kurala göre, üretime girmeyi bekleyen işler arasında işlem görebileceği diğer tezgah ya da iş merkezi sayısı en az olan, yani en az işlem alternatifi olan işlere öncelik verilmektedir (Pinedo ve Chao 1999).
- o) *En az kritik orana sahip olan işi önce yap*: Bu kuraldaki kritik oran,  $i$  işinin teslim tarihine kadar kalan zamanın, ilgili işin bitmesi için gerekli üretim

zamanına oranlanması ile bulunmaktadır. Kurala göre, üretime girmeyi bekleyen işler, sahip oldukları kritik oranların azlığı ile doğru orantılı bir şekilde sıralanmaktadır.

- p) *Kritik yol üzerindeki işleri önce yap (Critical Path - CP)*: Bu kurala göre işler öncelik kısıtlarına göre sıralanmakta ve kritik yol üzerindeki işler öncelikli olarak işlenmektedir (Pinedo ve Chao 1999). Kritik yol, herhangi bir gecikmenin tüm projeyi geciktireceği işlerden oluşan yoldur. Bundan dolayı, kritik yol üzerinde bulunan işlere öncelik verilmesi ile proje boyutunda gecikmeler en küçüklenmeye çalışılmaktadır.
- q) *Bir sonraki işlemde en kısa kuyruğa sahip olan işi önce yap (Shortest Queue at the Next Operation - SQNO)*: Bu kurala göre, iş merkezine girmeyi bekleyen işler arasından rotası üzerindeki bir sonraki tezgah ya da iş merkezinde en kısa kuyruk uzunluğuna sahip olan iş önce yapılmaktadır (Pinedo ve Chao 1999). Böylelikle, üretim ortamındaki ara stok miktarlarında azalmalar sağlanmaktadır.
- r) *Bir sonraki makinanın iş yükü en az olan işi önce yap: q maddesinde belirtilmiş olan bir sonraki işlemde en kısa kuyruğa sahip olan işin önce yapılması* işlem öncelik kuralı ile benzer niteliktedir. Bu kurala göre, iş merkezine girmeyi bekleyen işler, bir sonraki işlem görecekleri tezgahın ya da iş merkezinin iş yükünün azlığı ile doğru ilişkili olarak sıralanmaktadır. İşlem görmeyi bekleyen işlerin rotalarında bulunan bir sonraki tezgahın ya da iş merkezlerinin iş yüklerinin hesaplanması, üretim süreci içerisinde sürekli olarak değişen aşağıdaki verilerin toplamı ile bulunmaktadır (Ulutaş 2004):
- $j$  makinası ya da iş merkezi önünde bekleyen malzemelerin işlem süreleri,
  - $j$  makinası ya da iş merkezinde işlem görmekte olan malzemelerin üretimlerinin tamamlanması için geriye kalan işlem süreleri,
  - Halihazırda farklı bir tezgahta ya da iş merkezinde işlemine devam eden veya taşıma araçları üzerinde bulunan ve aynı zamanda üretim rotasındaki bir sonraki durağı  $j$  tezgahı ya da iş merkezi olan işlerin,  $j$  tezgahı ya da iş merkezindeki işlem süreleri.
- s) *Birleşik kurallar*: Yukarıda verilen birçok kuralı birleştirmek suretiyle farklı kurallara ulaşmak da mümkün olmaktadır. Örneğin, *en kısa işlem süreli işi önce*

yap kuralı ile sonraki işlemlerin süresi en fazla olan işi önce yap kuralı birleştirilerek (2.7)'deki gibi formülize edilebilmektedir:

$$\pi_{j,k} = \sum_{i=1}^m p_{ij} + \sum_{i=k}^m p_{ij} \quad (2.7)$$

#### 2.2.4.2. Kaynak öncelik kuralları

Çizelgeleme problemlerinde, işlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan üretim araçlarına öncelik değeri atayan kaynak öncelik kuralları da, işlem öncelik kuralları kadar önemli olmaktadır. Kaynak öncelikleri ile ilgili kurallar aşağıda verilmektedir:

- a) *En az hazırlık süresi kuralı* : Bu öncelik kuralında en az hazırlık süresine sahip olan kaynak seçilmektedir.
- b) *En erken bitiş zamanı kuralı* : Bu öncelik kuralında işi en erken bitirecek olan kaynak seçilmektedir. En kısa işlem süresi olan işin seçildiği işlem öncelik kuralıyla aynı mantık içerisinde olan bu kaynak öncelik kuralı ile işlerin tamamlanma zamanları azaltılmaya çalışılmaktadır.
- c) *En erken başlama zamanı kuralı* : Bu öncelik kuralında işi en erken başlatabilecek olan kaynak seçilmektedir. Bu kaynak seçim kuralı ile üretim kaynaklarının boş kalma süreleri azaltılabilmekte fakat işlerin akış zamanları uzayabilmektedir.

#### 2.2.5. Çizelgeleme tipleri

Çizelgeleme Tipleri, Statik Çizelgeleme Tipleri ve Dinamik Çizelgeleme Tipleri olmak üzere iki farklı şekilde gruplandırılmaktadır.

##### 2.2.5.1. Statik çizelgeleme tipleri

Statik Çizelgeleme problemlerinde, belli bir dönemdeki iş listesi bilinmekte ve işler iş merkezine düzenli bir şekilde gelmektedir. Statik çizelgeleme problemlerinde, iş merkezleri seri olarak bağlanmakta ve bütün işler aynı sırayı takip etmektedir. Bu çizelgeleme tipi iş merkezindeki tezgah sayısı üçü geçtiği takdirde zorlaşmaktadır (Acar

2000). Statik çizelgeleme problemleri, iş ve tezgah sayılarına göre farklı olarak değerlendirilmektedir.

### 2.2.5.1.1. Bir makine ve $N$ iş problemi ( $1/N$ )

$N$  adet işin tek bir tezgahta en uygun sırada işlenmesi, çizelgeleme problemleri kapsamında en basit olan problem olmaktadır. Fakat çizelgeleme problemlerinin mantığının anlaşılması ve farklı teknik ve performans ölçütleriyle çözüm araması yapılabilmesi açısından bu çizelgeleme tipinin anlaşılması oldukça önemli olmaktadır. Bir makine ve  $N$  iş çizelgeleme problemlerinde, sadece bir makine olduğu için işler hangi sırayla yapılırsa yapılsın bütün işlerin tamamlanması için gerekli olan toplam üretim süresi değişmeyecektir. Ancak, kullanılacak olan bir takım öncelik kuralları ile işlere ait ortalama akış ve bekleme süreleri değiştirilebilmektedir. İşlere ait ortalama akış ve bekleme zamanlarının azaltılması için çizelgeleme yapılırken, işlem zamanı en kısa olan işin en önce, en uzun olan işin ise en sonra yapıldığı, en kısa işlem zamanı kuralı uygulanmaktadır (Acar 2000). Çizelgeleme problemleri içerisindeki en basit çizelgeleme problemi olan bir makine ve  $N$  iş çizelgelemede dahi  $N!$  adet farklı çözüm oluşturmak mümkün olmaktadır.

Bir makine ve  $N$  iş çizelgeleme problemleri üzerinde çalışılırken aşağıdaki varsayımları dikkate almak gerekmektedir:

- Tezgahlara ait hazırlık süreleri iş sırasından bağımsız olmakta ve işlem sürelerinin içinde yer alabilmektedir.
- Bir tezgah sürekli olarak kullanıma hazır olmakta ve işleri beklerken boş kalmamaktadır.
- Süreç, bir işin başlaması ile başlamakta ve de ilgili iş tamamlanana kadar herhangi bir kesintiye uğramamaktadır.

Bir makine ve  $N$  iş çizelgeleme problemleri başta olmak üzere diğer çizelgeleme problemlerinde de, oluşturulan çizelge çözümlerinin sonucu niteliğinde olan bir takım değişkenler kullanılmaktadır. Sistemin yönlendirilmesi için karar vermede yardımcı olan; tamamlanma zamanı, akış zamanı, geç kalma zamanı, gecikme durumu, ortalama akış zamanı, ortalama gecikme durumu, maksimum akış süresi, maksimum iş gecikmesi, minimum iş gecikmesi, maksimum gecikme durumu, geciken iş sayısı,

ortalama iş sayısı ve ortalama ağırlıklı akış zamanı gibi değişkenler aşağıda verilmektedir:

*Akış Zamanı* ( $F_j$ ) :  $j$  işinin üretim sistemi içerisinde bulunduğu toplam süredir.

*Geç Kalma Zamanı* ( $L_j$ ) :  $j$  işinin tamamlanma zamanı ile teslim zamanı arasındaki farktır.  $L_j$ , (2.8)'deki gibi ifade edilmektedir.

$$L_j = Ct_j - C_j \quad (2.8)$$

*Gecikme Durumu* ( $T_j$ ) :  $j$  işinin gecikmesi artı değer aldığı anda gecikmeye eşit, eksi ise sifıra eşit olmaktadır.  $T_j$ , (2.9)'daki gibi ifade edilmektedir.

$$T_j = \max[0, L_j] \quad (2.9)$$

*Ortalama Akış Zamanı* ( $\bar{F}$ ) : Bir işin sistemde harcadığı ortalama süre olup (2.10)'daki gibi ifade edilmektedir.

$$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n F_j \quad (2.10)$$

*Ortalama Gecikme Durumu* ( $\bar{T}$ ): Ortalama geç bitirme değeridir. Ortalama gecikmeleri minimize etmek için en kısa teslim zamanı kuralı uygulanmaktadır.  $\bar{T}$ , (2.11)'deki gibi ifade edilmektedir.

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n T_j \quad (2.11)$$

*Maksimum Akış Süresi* ( $F_{maks}$ ) : Tüm işler arasındaki maksimum akış süresi değeridir.  $F_{maks}$ , (2.12)'deki gibi ifade edilmektedir.

$$F_{maks} = \max \{F_j\} \quad 1 \leq j \leq n \quad (2.12)$$

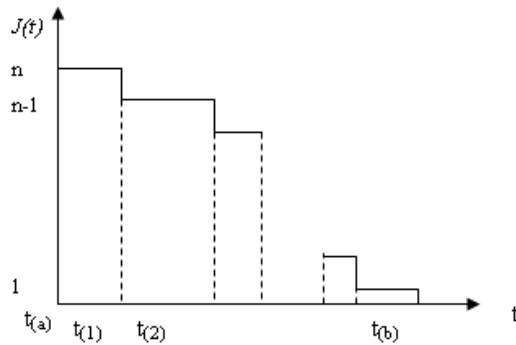
*Maksimum İş Gecikmesi ( $L_{maks}$ )* : Tüm işler arasındaki maksimum gecikme süresidir. Maksimum iş gecikmesini minimize etmek için en kısa teslim tarihi kuralı uygulanmaktadır.  $L_{maks}$ , (2.13)'teki gibi ifade edilmektedir.

$$L_{maks} = \max \{L_j\} \quad 1 \leq j \leq n \quad (2.13)$$

*Ortalama İş Sayısı ( $\bar{J}$ )* : Belirli zaman aralığındaki sistemde bulunan ortalama iş sayısıdır. Sistemde bulunan ortalama iş sayısını azaltmak ile birlikte sistem içerisindeki stok miktarları ve aynı zamanda toplam iş akış süresi de azalacaktır.  $J(t)$  sistemde bulunan  $t$  anındaki iş sayısını göstermek üzere  $[a, b]$  gibi bir zaman aralığındaki ortalama iş sayısı (2.14)'teki gibi bulunmaktadır:

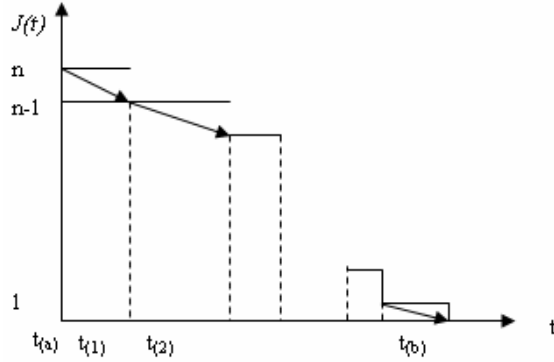
$$\bar{J} = \frac{1}{b-a} \int_a^b J(t) dt \quad (2.14)$$

Yukarıdaki formülde görüldüğü üzere  $\bar{J}$ ,  $J(t)$  fonksiyonunun  $[a, b]$  zaman aralığındaki zaman ortalaması olmaktadır.  $[a, b]$  zaman aralığı dikkate alındığında  $a$  başlangıç anında  $n$  tane uygun iş vardır ve  $J(a) = n$  olmaktadır. Başlangıç zamanı olan  $a$ 'dan itibaren ilk iş tamamlanana kadar  $J(t)$  değerinde bir değişme olmayacaktır. İlk iş tamamlandıktan sonra  $J(t)$  değeri bir iş azalacak ve  $n-1$ 'e düşecektir.  $[a, b]$  zaman aralığında tamamlanma zamanı olan  $b$ 'yi eldeki işlerin tamamlanacağı zaman olarak değerlendirirsek sürekli olarak azalan  $J(t)$  sonunda Şekil 2.3'de gösterildiği gibi sıfıra ulaşacaktır.



**Şekil 2.3**  $J(t)$  grafiği 1

Şekil 2.3 incelendiğinde sistemdeki akış süresinin grafiğın altında kalan alan ile doğru orantılı bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Bundan dolayı,  $J(t)$  grafiğinin altında kalan alanın azaltılması ile sistemin ortalama akış süresinin azaltılması da mümkün olmaktadır.  $J(t)$  grafiğinin altında kalan alanın azaltılması için olması gereken iş sıralaması ise  $J(t)$  grafiğinde  $(t_a, n)$  noktasından  $(t_b, 0)$  noktasına  $n$  tane ve eğimi  $1/pt_j$  olan doğrular çizerek belirlenebilmektedir.  $J(t)$  grafiğinin altında kalan alanın azaltılması, çizilen bu doğrulardan eğimi en dik olan işin en sola alınması ile sağlanabilecektir. Şekil 2.4’de gösterilen  $J(t)$  grafiği, en kısa işlem süresi olan işi önce yap işlem öncelik kuralı ile işlerin ortalama akış zamanının azaltılabileceğini göstermektedir.



Şekil 2.4  $J(t)$  grafiği 2

*Ortalama Ağırlıklı Akış Zamanı ( $\bar{F}_w$ ):* Bir işin, önem derecesinin de göz önüne alınarak sistemde harcadığı ortalama süredir. Çizelgeleme problemlerinde dikkate alınması gereken önemli bir konu da her işin önemi eşit olmayabilmektedir. Bu durumda, her işin akış süresi  $F_j$ , ilgili işin önem derecesi  $W_j$  ile çarpılarak elde edilen ağırlıklı akış süresi minimize edilmeye çalışılmaktadır.  $\bar{F}_w$ , (2.15)'deki gibi ifade edilmektedir.

$$\bar{F}_w = \frac{\sum_{j=1}^n W_j F_j}{N} \quad (2.15)$$

### 2.2.5.1.2. İki makine ve N iş problemi (2/N)

İki makine ve  $N$  iş probleminde,  $N$  adet iş, iki makinalı seri iş akışı olan bir üretim ortamında, öncelik sırasını takip ederek işlenmektedir. İki makine ve  $N$  iş çizelgeleme problemlerinde amaç, bütün işlerin tamamlanması için gerekli olan zamanı en aza indirmektir (Acar 2000).

İki makine ve  $N$  iş çizelgeleme problemlerinde *Johnson Yöntemi* kullanılarak en iyi çözüme ulaşılabilmektedir. *Johnson Yöntemi* ile elde edilen çözüm aşağıda verilen ölçütleri etkileyecektir:

- Bütün işlerin tamamlanma zamanları,
- Makinaların boş kalma zamanları,
- İşlerin ortalama bekleme zamanları.

Johnson Yöntemi'ni uygulama adımları aşağıda verilmektedir (Acar 2000):

- Her bir işin birinci ve ikinci makinadaki en küçük işlem zamanı bulunur ( $[\text{Min}(pt_{1j}, pt_{2j})]$ ).
- En düşük işlem zamanı birinci makinada olan işler, birinci makinadaki işlem sürelerine göre küçükten büyüğe sıralanır.
- En düşük işlem zamanı ikinci makinada olan işler, ikinci makinadaki işlem sürelerine göre büyükten küçüğe sıralanır.
- Oluşturulan bu sıralar bozulmadan önce, birinci makinaya göre bulunan sıradaki işler ve arkasından da ikinci makinaya göre bulunan sıradaki işler birleştirilir.

*Johnson Yöntemi*'nin uygulama adımları aşağıda bir örnek üzerinde açıklanmaktadır. Tablo 2.1'de işlerin her bir makinadaki işlem süreleri verilmektedir.

**Tablo 2.1** Johnson yöntemi örneği

İşler	İşlem Süreleri	
	Birinci Makine	İkinci Makine
1	5	2
2	2	5
3	8	5
4	3	8
5	10	3



- a) 2 ve 4 numaralı işlerin birinci makinadaki zamanları ikinci makinadaki zamanlarından küçüktür. Bu işler şu şekilde sıralanır:  $pt_{12}, pt_{14}$ .
- b) 1, 3 ve 5 numaralı işlerin ikinci makinadaki zamanları, birinci makinadaki zamanlarından küçüktür. Bu işlerde şu şekilde sıralanır:  $pt_{23}, pt_{25}, pt_{21}$ .
- c) Bu işleri kısa zamanda bitirecek iş sırası, oluşturulan bu iki sırayı bozmadan birleştirmek suretiyle bulunur: 2, 4, 3 ,5, 1.

*Johnson Yöntemi*, seri iş akışı olmayan iki makine ve  $N$  iş çizelgeleme problemleri için de kullanılabilir. Bunun için önce bütün işler dört gruba ayrılmaktadır (Acar 2000):

- (A) : Sadece makine 1’de işlenecek işler kümesi,
- (B) : Sadece makine 2’de işlenecek işler kümesi,
- (AB) : Önce makine 1, daha sonra makine 2’de işlenecek olan işler kümesi,
- (BA) : Önce makine 2, daha sonra makine 1’de işlenecek olan işler kümesi.

Daha sonra ise oluşturulmuş olan bu dört gruba aşağıda belirtildiği şekilde *Johnson Yöntemi* uygulanır;

- 1) (AB) kümesindeki işler *Johnson Yöntemi*’ne göre sıralanır,
- 2) (BA) kümesindeki işler *Johnson Yöntemi*’ne göre sıralanır,
- 3) (A) ve (B) kümesindeki işler rastgele sıralanır.

Oluşturulan bu sıralamalar aşağıdaki şekilde makinelere dağıtılır:

Makine 1 : Önce (AB) kümesindeki işler, sonra (A) kümesindeki işler, daha sonra (BA) kümesindeki işler yapılır.

Makina 2 : Önce (BA) kümesindeki işler, sonra (B) kümesindeki işler, daha sonra (AB) kümesindeki işler yapılır.

### 2.2.5.1.3. Üç makine ve $N$ iş problemi (3/N)

Üç makina ve  $N$  iş çizelgeleme problemlerine ilişkin en iyi çözümü bulmak oldukça zor ve vakit alıcı olmaktadır. Fakat, üç makine  $N$  iş çizelgeleme probleminde belirli şartların sağlanması halinde *Revize Johnson Yöntemi* kullanılabilir ve en iyi ya da en iyiye yakın çözümler elde edilebilir (Acar 2000).

*Revize Jonhson Yöntemi*'nin uygulanabilmesi için bahsi geçen şartlar aşağıda verilmektedir. Bu şartlardan birinin sağlanması gerekmektedir:

1. Birinci makinedeki işlem zamanlarının ( $pt_{1j}$ ) en küçüğü, ikinci makinedeki işlem zamanlarının ( $pt_{2j}$ ) en büyüğünden büyük eşit olmalıdır ( $\text{Min}(pt_{1j}) \geq \text{Maks}(pt_{2j})$ )
2. Üçüncü makinedeki işlem zamanlarının ( $pt_{3j}$ ) en küçüğü, ikinci makinedeki işlem zamanlarının ( $pt_{2j}$ ) en büyüğünden büyük eşit olmalıdır ( $\text{Min}(pt_{3j}) \geq \text{Maks}(pt_{2j})$ ).

*Revize Johnson Yöntemi*'nin uygulanması için gerekli olan yukarıda verilen şartlara bakıldığında, ikinci makinenin tamamen birinci veya üçüncü makinenin kontrolü altında olması gerektiği görülmektedir (Acar 2000). Bu şartlar sağlandıktan sonra *Revize Johnson Yöntemi* uygulanabilmektedir.

*Revize Johnson Yöntemi*'nin uygulama adımları aşağıda verilmektedir:

- a) İki adet hayali makine tanımlanır.
- b) Birinci hayali makinedeki işlerin işlem süreleri, bir ve iki numaralı makinelerdeki işlem sürelerinin toplamı olarak bulunur.
- c) İkinci hayali makinedeki işlerin işlem süreleri, ikinci ve üçüncü makinelerdeki işlem sürelerinin toplamı olarak bulunur.
- d) Üretim ortamında iki adet makine bulunuyormuş gibi işlem yapılarak, *Johnson Yöntemi* uygulanır.

*Revize Johnson Yöntemi*'nin uygulama adımları aşağıda bir örnek üzerinde açıklanmaktadır. Tablo 2.2'de işlerin her bir makinadaki işlem süreleri verilmektedir:

**Tablo 2.2** Revize johnson yöntemi örneği 1

İşlem Süreleri			
İşler	Makine 1	Makine 2	Makine 3
1	4	1	3
2	5	2	8
3	3	3	4
4	6	2	7

Tablo 2.2’de verilen işlem süreleri incelendiği zaman;

$\text{Min}(pt_{1j}) = 3 \geq \text{Maks}(pt_{2j}) = 3$  olduğu yani *Revize Johnson Yöntemi*’nin uygulanabileceği görülmektedir. *Revize Johnson Yöntemi*’ni uygulamak için oluşturulan hayali iki makine ve her bir hayali makine için işlem zamanları Tablo 2.3’de bulunmuştur (Makine1<sup>1</sup>, Makine2<sup>1</sup>):

**Tablo 2.3** Revize Johnson yöntemi örneği 2

İşler	Makine1 <sup>1</sup> ( $pt_{1j} + pt_{2j}$ )	Makine2 <sup>1</sup> ( $pt_{2j} + pt_{3j}$ )
1	5	4
2	7	10
3	6	7
4	8	9

Oluşturulmuş olan hayali iki makine ve hesaplanan işlem zamanlarının ardından *Johnson Yöntemi* uygulandığında:

- 2, 3 ve 4 numaralı işlerin birinci makinadaki işlem zamanları, ikinci makinadaki işlem zamanlarından küçüktür. Bu işler şu şekilde sıralanır:  $pt_{13}, pt_{12}, pt_{14}$ .
- 1 numaralı işin ikinci makinadaki işlem zamanı, birinci makinadaki işlem zamanından küçüktür.
- Bu işleri kısa zamanda bitirecek iş sırası ise, oluşturulan bu iki sırayı bozmadan birleştirmek suretiyle bulunur: 3, 2, 4, 1.

#### 2.2.5.1.4. *M* makine ve *N* iş problemi (*M/N*)

Üçten fazla makinanın bulunduğu ve seri iş akışının olduğu statik çizelgeleme problemlerinde, işlerin en kısa zamanda tamamlanmasını sağlayacak çözümün bulunmasına yönelik %100 güvenilir çözümler bulunmamaktadır. *M* makine ve *N* iş çizelgeleme problemlerinde ( $N!$ ) x *M* adet mümkün çözümün olması ve bu mümkün çözümlerden sadece birinin istenilen başarımlı ölçütünü en iyilemesi özellikle hesaplama açısından büyük zorluklar getirmektedir (Acar 2000).

*M* makine ve *N* iş çizelgeleme problemlerinin çözümü için bazı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Örneğin dal - sınır (branch and bound) yöntemi, özellikle basit problemlerin çözümünde iyi sonuçlar vermektedir. Ayrıca *M* makine ve *N* iş

izelgeleme problemlerinin çözümü için tam sayı programlaması modelleri de geliştirilmiştir. Ancak bu tam sayı programlama modellerinin çözümü hesaplama açısından çok zor olmaktadır (Acar 2000).

### 2.2.5.2. Dinamik izelgeleme tipleri

Bir takım matematiksel kuralların kullanımı ile statik çizelgeleme problemleri çözülebilmektedir. Ancak, iş listelerinin sürekli ve rastgele değiştii dinamik çizelgeleme problemleri, aynı yaklaşımlarla özülenmemektedir.

Dinamik izelgeleme problemlerinde de statik çizelgeleme problemlerinde olduğu gibi çözüme ulaşmak için öncelik kurallarının kullanılmasına dayanan teknikler kullanılmaktadır. Fakat, dinamik çizelgeleme problemlerinde kullanılan öncelik kurallarının statik çizelgeleme problemlerinde kullanılan öncelik kurallarından farkı, işlerin süreç esnasında değişmeyen özelliklerini (işlem süresi veya teslim tarihi gibi) değil, işlerin süreç esnasında değişen özelliklerini (kalan işlem zamanı, kalan işlem adedi veya bolluk zamanı gibi) esas almasıdır. Dinamik izelgeleme problemlerinde en çok kullanılan öncelik kuralları aşağıda verilmektedir;

- a) Sonraki işlemlerin süresi en fazla olan işi önce yap,
- b) Sonraki işlemlerin sayısı en fazla olan işi önce yap,
- c) Bolluk zamanı en az olan işi önce yap,
- d) Kalan bolluk zamanı / kalan işlemler değeri en az olan işi önce yap,
- e) Bir sonraki işlemde en kısa kuyruğa sahip olan işi önce yap,
- f) Bir sonraki makinenin iş yükü en az olan işi önce yap.

izelgeleme problemlerinde üretim ortamının her durumu için en uygun kuralın belirlenmesi mümkün olmayabilir. izelgeleme problemlerinde en uygun kuralın seçilmesi, üretim ortamındaki makinelerin hepsinin çalışmasına, durmasına yada makinelerin kapasitelerine göre değişebilmektedir. Üretim sürecindeki bu değişkenlik sebebi ile etkin bir şekilde çizelgeleme yapabilmek ve üretim sistemini dengeleyebilmek için dinamik çizelgeleme uygulanmaktadır. Dinamik izelgelemeyi uygularken, çizelgeleme çalışması yapılacak üretim ortamının özelliklerine uygun olarak kural seçilmesine ve kural seçiminin, mümkün olduğunca kısa zamanda gerçekleştirilmesine dikkat edilmesi gerekmektedir.

### 3. DOKUMA TEKNIĞİ

Bu bölüm, önerilen sezgisel yaklaşımın temel aldığı dokuma sürecinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır. Dokuma süreci üzerine literatür taraması gerçekleştirilmiş olup aynı zamanda Denizli’de bulunan tekstil işletmelerinde gerçekleştirilen analiz sonuçlarına da yer verilmiştir. Bu bölüm kapsamında, öncelikle dokuma ve dokuma hazırlık süreçleri olan bobin aktarma, büküm, atkı aktarma, çözgü çözme, haşılama ve taharlama süreçlerinden bahsedilecektir. Sonrasında ise dokuma süreci detaylandırılacaktır.

#### 3.1. Dokumanın Tarihi

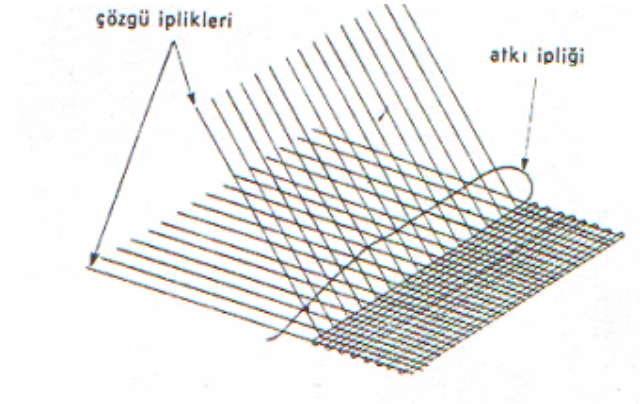
Dokumanın tarihine bakıldığında, ilk dokuma tezgahının, Çin, Hindistan, Mezopotamya ve Mısır uygarlıklarının ilk devirlerinde kullanıldığı görülmektedir. Bazı tarihçilere göre dokuma tekniği Mezopotamya’da M.Ö. 5000 yıllarında biliniyordu ve Avrupa ve Asya’nın çeşitli bölgelerine de buradan yayılmıştır. Avrupa’nın dokumacılık ile tanışması ortaçağda, İtalya, Fransa ve İngiltere’de sağlanan önemli gelişmeler ile olmuştur. Rönesans’ı takip eden yıllarda dokumacılık önce İtalya’da gelişmiş daha sonra İtalyan dokumacıların Fransa’ya yerleşmesiyle, Paris ve Lyon dokuma merkezleri haline gelmiştir. İlk tekstil fabrikasının ise 1520’de İngiltere’de kurulduğu ileri sürülmektedir. 1735’te John Kay’in hareketli mekiği (uçan mekik) bulmasıyla dokumacılık daha hızlı gelişmeye başlamıştır. İlk otomatik dokuma tezgahı patenti 1787’de Dr. Cartwright tarafından alınmıştır. Otomatik dokuma tezgahları ile birlikte de modern dokumacılık başlamıştır. 1804 yılında René Jacquard tarafından jakar mekanizması icat edilmiş ve böylelikle Avrupa, dokumacılık alanında teknik bir düzeye erişmiştir (Önder vd 2001).

Dokumacılık alanında 1890 yılından bu yana olan gelişmeler daha çok dokuma makinalarının verimliliklerinin ve dayanıklılıklarının artırılması yönünde olmuştur. 1894 yılında İngiltere’de otomatik olarak bobin değiştirme mekanizması icat edilmiş ve daha sonraları ise atkı ipliğinin dokuma tezgahında oluşturulmuş olan ağızlıktan geçirilmesi konusunda araştırmalar yapılmıştır.

### 3.2. Dokuma

Kumaş, eğirme veya başka yollarla iplik haline getirilebilen her cins hammaddeden üretilmiş olan, dokunan, örülen veya daha farklı olarak sadece lifleri birbirlerine, değişik metotlarla tutturarak, bir bütün meydana getirme yoluyla elde edilen her cins yapı, dokuma kumaş, triko, döşemelik, halı, keçe v.b. dir. Dokuma, atkı ve çözgü olarak adlandırılan iki iplik sisteminin belirli bir düzen içinde bağlantı kurması işlemidir. Dokumacılık ise çeşitli iplik ya da lif türlerinin belirli desenlerde birleştirilmesi yoluyla, kumaş ya da bez elde edilmesine yönelik yapılan işlemlerin tümüdür (Çörekcioğlu 2002).

Dokuma süreci, çözgü ve atkı ipliklerinin hazırlanmalarını ve sonrasında ise bu iki farklı ipliğin dokuma tezgahlarında kumaş haline getirilmeleri işlemlerini kapsamaktadır (Başer 1998). Şekil 3.1’de dokuma tekniği şeması görülmektedir.



Şekil 3.1 Dokuma tekniği şeması (Çörekcioğlu 2002)

#### 3.2.1. Dokuma hazırlık süreci

Dokuma süreci için bir takım ön hazırlık işlemlerine gerek duyulmaktadır. Bu hazırlık işlemlerin tümü birden *dokuma hazırlık süreçleri* olarak adlandırılmaktadır. *Dokuma hazırlık süreçleri* aşağıda verilmektedir (Önder vd 2001):

- 1) Bobin Aktarma,
- 2) Büküm,
- 3) Çözgü çözme,

- 4) Haşılama,
- 5) Taharlama (lamellerden, gücü çerçevelerinden ve taraktan geçirme).

### **3.2.1.1. Bobin aktarma**

İplikler, genellikle üretildikleri işletmelerden 100 - 150 gram ağırlığında kops olarak adlandırılan malzemelere sarılı bir şekilde gelmektedir. Üretimden çıktığı haliyle gelen iplikler üzerinde, kalın ekleme yerleri, ince ve kalın yerler, pıtrak, koza ve kabuk parçaları gibi yabancı maddeler, uçuntular, gerilim farklılıkları gibi hatalar bulunmaktadır. İpliklerin üretilmeleri esnasında oluşan bu hatalar, dokuma sürecinden önce ipliklerden uzaklaştırılmaz ise dokuma sürecinde verimlilik kaybına neden olmakta ve dokunan kumaşa hatalı yüzeyler, düzgünsüzlükler ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, iplik bölümlerinden gelen koplar, bobin aktarma sürecinden geçirilmekte ve hatalar giderilerek genellikle 2 - 3 kg ağırlığında büyük bobin haline getirilmektedir. Bobin aktarma süreciyle, mukavemet açısından düzgün bir iplik elde edilebilmektedir (Önder vd 2001).

### **3.2.1.2. Büküm**

Büküm süreci ile iki veya daha fazla katlı olan iplikler oluşturulmaktadır. Ayrıca, büküm süreci ile daha fazla katlı iplik elde ederek kumaşa istenen efekt özellikleri de kazandırılabilir (Önder vd 2001).

### **3.2.1.3. Çözü çözüme**

Çözü ipliği, kumaşlarda atkı iplikleri ile birlikte bağlantıyı oluşturan, kumaşın boyuna olan ipliklerdir. Dokuma leventlerine sarılı olarak bulunan çözü iplikleri, dokuma süreci esnasında atkı ipliklerine göre daha fazla ve sürekli olarak gerilim altında olacakları için gerilime dayanıklı ipliklerdir (Önder vd 2001).

Bobin Aktarma süreci ile hazırlanan iplik bobinleri, dokunacak kumaşın renk ve desenine göre, çalgık arabasına yerleştirilmektedir. İplikler, tezgahın eni kadar bir yüzey meydana getirecek şekilde, birbirlerine paralel olarak dizilmekte ve levent adı verilen büyük makaralara sarılmaktadır (Çörekcioğlu 2002).

Çözü çözüme iki biçimde yapılabilmektedir :

- 1) Direkt bobinden levende çözü çözüme sistemi (Seri Çözü),
- 2) Bölümler halinde çözü çözüme sistemi (Konik Çözü).

Çözü ipliklerinin, çağlık arabasına yerleştirilmiş iplik bobinlerinden direkt olarak levende alınması, daha çok basit yapılu kumaşlarda kullanılan bir sistemdir. Daha yaygın olan ve her tip kumaş için uygun olan sistem ise çağlık arabasındaki iplik bobinlerinin bölümler halinde çözülenerek önce bir tambura sarılması daha sonra da bütün bölümlerin birlikte levende alınması şeklinde gerçekleşen bölümler halinde çözü çözüme sistemidir. Kumaş eninin fazla olduğu ya da çözü ipliği sıklığının yüksek olduğu kumaşlar ile desenli kumaşların çözülerinin hazırlanmasında bölümler halinde çözü çözüme sistemi uygulanmaktadır. Bölümler halinde çözü çözüme sistemi ile çalışan makineler, bölümlü çözü makinesi veya konik çözü makinesi olarak nitelendirilmektedir (Başer 1998, Önder vd 2001).

#### **3.2.1.4. Haşılama**

Çözü iplikleri, dokuma süreci esnasında, lamel, gücü çerçevesi ve tarak dişlerinden geçmekte ve ağızlığın açılıp kapanması sırasında sürekli değişken gerilime ve sürtünmeye maruz kalmaktadır. Bundan dolayı da çözü iplikleri aşınmakta ve mukavemetlerini kaybetmektedir. Haşılama sürecinin amacı ise çözü ipliklerinin, mukavemetlerini artırmaktır. Haşılama süreci ile çözü ipliklerine tutkal, kola veya haşıl denilen bir madde uygulanmaktadır. Haşılama süreci ile pamuklu dokumalarda çözü ipliğine direnç ve esneklik verildiği gibi, iplik üzerindeki lif havlarının ipliğe yapıştırılması da sağlanmaktadır. Lif havlarının ipliğe yapıştırılması ile ise dokuma süreci esnasında sürtünmeden meydana gelebilecek çözü ipliği kopmaları önlenebilmektedir (Başer 1998, Önder vd 2001).

#### **3.2.1.5. Taharlama**

Taharlama süreci, kumaş üzerindeki istenilen örgüyü elde edebilmek için çözü ipliklerinin belirli bir düzende gücü çerçevelerinden geçirilme sürecidir. Çözü ipliklerinin gücü çerçevelerinden geçişinde uygulanan bu düzene ise *tahar* adı verilmektedir (Başer 1998).



Çözü iplikleri, gücü çerçevelerinden geçirilmeden önce *lamel* adı verilen metal palakalardan geçirilmektedir. Çözü ipliklerinin lamellerden geçirilmesi sayesinde çözü kopuşu meydana geldiğinde, çözü ipliğinin gerilimi ile havada duran lamel düşmekte ve dokuma tezgahı otomatik olarak durmaktadır. Tezgahın durması ile birlikte operatör de kopan çözü ipliğini düğümleyerek tezgahı tekrar çalıştırabilmektedir. Taharlama süreciyle, örgüde aynı harekete sahip çözü iplikleri aynı çerçeveye ait gücü tellerinden geçirilmekte ve böylelikle çözü iplikleri, bir destek düzeni ile tek bir grup halinde kaldırılıp, indirilebilmektedir. Dokuma süreci esnasında çerçeveler, belli çözü iplik gruplarını kaldırmakta veya indirmekte ve böylelikle atkı iplikleri bir grup çözü ipliklerinin altından geçerken, diğer bir grubun da üstünden geçmektedir. Çözü levendinden gelen çözü ipliklerinin her birisi gücü telinin gözünden tek tek geçmek zorundadır (Önder vd 2001).

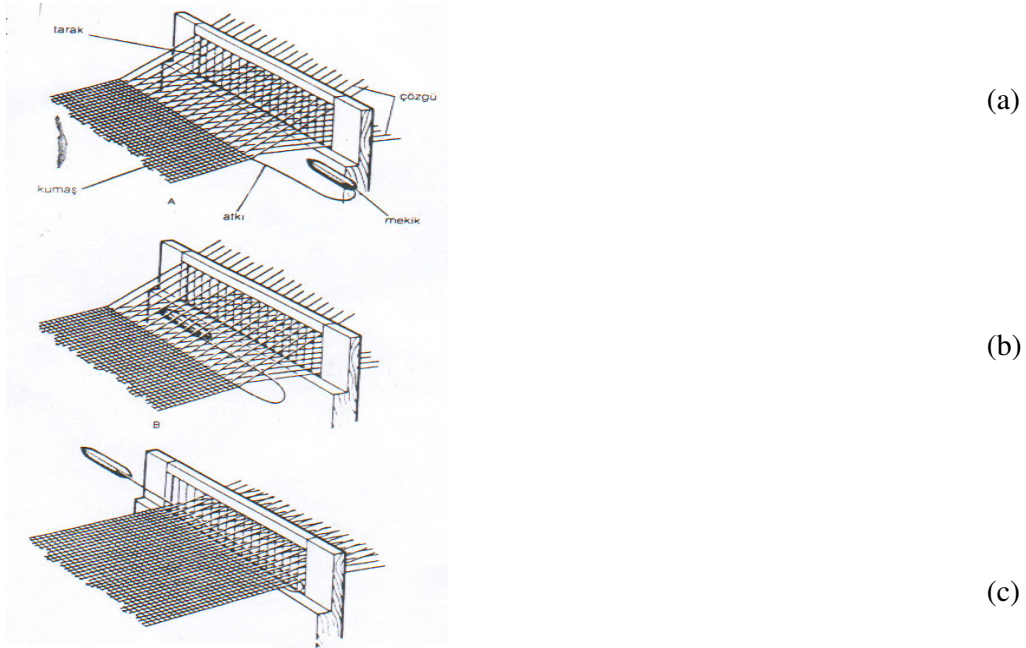
Taharlama süreci tamamlanmış olan çözü levendi, gücü çerçeveleri ve tarakla birlikte taşınarak dokuma tezgahına yerleştirilmektedir. Normal olarak her bir çözü levendine tahar işlemi uygulanmakta ve daha sonrasında leventler dokuma tezgahına takılmaktadır. Bu işlemin ismi *takım bağlama*'dır. Ancak, devamlı olarak yani seri halinde çalışan tezgahlarda, tahar işlemi sadece ilk levent üzerinde yapılmakta ve yeni takılacak çözü levendinin üstündeki iplik uçları, tezgah üzerinde biten çözü levendinin iplik uçlarına bağlanmakta ve böylelikle tezgah hazırlık zamanı büyük bir oranda kısalmaktadır. Bu işlem de, elle yapılabildiği gibi, çok daha hızlı olarak özel düğümleme makineleriyle de yapılabilmektedir (Çörekcioğlu 2002). Bu işleme ise *düğüm atma* denilmektedir.

Dokuma tezgahında üretilen kumaşın özellikleri ile tezgaha yeni girecek olan kumaşın özellikleri uygunsa *takım bağlama* işlemi yapılmaksızın dokuma tezgahı üzerinde her iki kumaşın da uç noktalarının birbirine bağlanması suretiyle gerçekleştirilen *düğüm atma* işlemi çok büyük oranda zaman kazandırdığı için tezgahlara iş yüklemeleri yapılırken dikkate alınması gereken bir nokta olmaktadır.

### 3.2.2. Dokuma süreci

Dokuma sürecinde atkı ve çözü ipliklerinin bağlantı yaparak dokuma yüzeyini oluşturması için üç temel işlem gerekmektedir. Şekil 3.2'de görülen bu temel işlemler aşağıda açıklanmaktadır (Başer 1998, Çörekcioğlu 2002);

- a) *Ağızlık açma* : Dokuma sürecinde ilk olarak gerçekleşen temel hareket *ağızlık açma* işlemidir. Atkı ipliği, çözgü ipliklerinin arasından atılmadan önce, çözgü iplikleri, kumaşın bittiği yerden başlayarak ikiye ayrılmaktadır. Bu işleme *ağızlık açma*, tülbentlerin arasındaki boşluğa da *ağızlık* adı verilmektedir. Şekil 3.2 (a)'da *ağızlık açma* işlemi görülmektedir.
- b) *Atkı atma* : Dokuma sürecinde ikinci olarak gerçekleşen temel hareket *atkı atma* işlemidir. *Atkı atma* işlemi, atkı ipliğinin ağızlığın arasından atılarak çözgü iplikleri arasına bırakılması şeklinde gerçekleşmektedir. Şekil 3.2 (b)'de *atkı atma* işlemi görülmektedir. Dokuma tezgahlarının atkı atma hızları, üretim açısından önemli olmaktadır. Dakikada atılan atkı sayısı anlamına gelen devir bilgisi yükseldikçe, dokuma tezgahının birim zamandaki üretim miktarı da artmaktadır.
- c) *Tefe vurma* : Dokuma sürecinde son olarak gerçekleşen temel hareket *tefe vurma* işlemidir. *Tefe vurma* işleminde tarak, ağızlığın dibine doğru hareketlenerek çözgü iplikleri arasına atılmış olan atkı ipliğini bir önceki atkı ipliğinden belirli bir uzaklığa yerleştirecek biçimde sıkıştırarak kumaşa dahil etmektedir. Şekil 3.2 (c)'de *tefe vurma* işlemi görülmektedir.



Şekil 3.2 Dokuma sürecinin üç temel hareketi (Çörekcioğlu 2002)

*Ağızlık açma, atkı atma ve tefe vurma* işlemleriyle dokuma sürecinin bir çevrimi tamamlanmış olmakta ve bu çevrimler birbirini izleyerek dokuma süreci devam etmektedir (Çörekcioğlu 2002).

Ayrıca, dokuma sürecinin sürekliliği için yukarıda anlatılan 3 temel hareketten sonra *tamamlayıcı hareketler* olarak adlandırılan *çözü salma* ve *kumaş sarma* hareketleri gerçekleştirilmektedir. *Çözü salma* hareketi, kumaş dokundukça, çözü ipliğinin kumaşı sürekli olarak ve belirli bir hızla beslemesi işlemidir. *Kumaş sarma* hareketi ise kumaş dokundukça, kumaşın çözününün beslenen uzunluğuna eşdeğer bir miktarının kumaş silindirine sarılması işlemidir. Çözü iplikleri kumaşa dahil olurken aralarından atkı ipliği geçtiği için kıvrım almaktadır, bu sebeple *çözü salma* hareketi, *kumaş sarma* hareketinden biraz daha hızlı olarak gerçekleştirilmektedir (Başer 1998). *Kumaş sarma* hareketinin sabit bir hızla gerçekleştirilmesi ve dokuma hızına bağlı olarak *çözü salma* hareketinin de düzenli olması dokunan kumaşın düzgünlüğü açısından önemli olmaktadır (Önder vd 2001).

### 3.3. Dokuma Tezgahları

Kumaşın oluşturulmasında kullanılan dokuma tezgahlarında bulunan temel parçalar aşağıda belirtilmektedir (Başer 1998, Önder vd 2001);

- a) *Çözü salma tertibatı*: Çözü ipliklerinin kumaşa belirli bir gerilim ile verilmesini sağlamaktadır.
- b) *Lamel* : Dokuma hazırlık süreçlerinden biri olan taharlama sürecinde her bir çözü ipliğine bir tane olacak şekilde asılan metal plakalardır.
- c) *Çözü köprüsü* : *Çözü köprüsü*, çözü ipliklerinin yönünü dokuma sürecine uygun olarak yönlendirmektedir. *Çözü köprüsü*, sabit veya hareketli olabilmektedir. *Çözü köprüsünün* hareketli olmasının amacı çözü ipliği kopuşlarını azaltmak ve atkı ipliğinin yerleştirilmesi sırasında gerekli çözü gerilimini ayarlamaktır. *Çözü köprüsü*, ağızlık açılınca daha fazla çekilen çözü ipliklerindeki fazlalık miktarını, ağızlık kapandığı zaman geri alarak çözü gerilimini sabit tutmaktadır.
- d) *Gücü ve çerçeveler* : Dokuma sürecinde, çözü ipliklerinin geçirildiği tellere *gücü* ve bu *gücü* tellerini taşıyan desteklere ise *çerçeve* adı verilmektedir.

- e) *Tefe ve tarak* : Atkı ipliğini, kumaşa *tarak* aracılığıyla dahil eden aparata *tefe* adı verilmektedir. *Tarak* ise çözgü ipliklerini birbirinden ayırmak, çözgü ipliklerinin birbirine olan aralığını saptamak ve atılan atkıyı kumaşa dahil etmek için kullanılmaktadır. *Tarak* tellerindeki bükülmeler ve *tarak dişleri* üzerindeki kirler, kalite kontrol sürecinde ortaya çıkan ve *tarak izleri* denilen hatalara neden olmaktadır.
- f) *Cıbarlar* : *Cıbarlar*, dokuma süreci esnasında kumaş enini tarak enine yakın tutan parçalardır.
- g) *Kumaş köprüsü* : *Kumaş köprüsü*, üretilen kumaşı, *kumaş regülatörüne* doğru sevk eden parçalardır.
- h) *Kumaş çekme silindiri* ve *kumaş regülatörü*: Üretilen kumaşı sabit bir hızla çekme ve sarma işlemlerini gerçekleştirmektedirler.

## 4. İŞ SÜREÇLERİ MODELLEME NOTASYONU (BPMN)

Bu bölümde, önerilen sezgisel yaklaşım kapsamındaki süreçlerin daha iyi yönetilebilmesi ve yaklaşımın ilgili herkes tarafından kolaylıkla anlaşılabilir bir şekilde ifade edilebilmesi için iş süreçleri modelleme notasyonu konusunda literatür taraması yapılmıştır. Bölüm içerisinde, öncelikle iş süreçleri modelleme notasyonu ve bu notasyonun kullanım amaçlarından bahsedilecektir. Sonrasında ise BPMN notasyonundaki, bağlantıların, olayların, süreçlerin ve geçitlerin modellenmesine şekilleri ile birlikte yer verilecektir.

### 4.1. BPMN' e Genel Bakış

Günümüzün artan rekabet ortamı işletmelerin, paydaşları olarak nitelendirilen bölümleri, ortakları, müşterileri ve tedarikçileri ile olan bilgi ve iletişim etkileşimlerinin daha hızlı ve etkili bir biçimde gerçekleşmesini zorunlu kılmaktadır. Bundan dolayı da işletmelerin iş süreçlerini geliştirerek paydaşları ile daha yakın ilişkilere girmeleri gerekmektedir (Anonymous 2004).

Pazardaki değişime hızlı bir şekilde uyum sağlamak isteyen işletmelerin paydaşları ile olan faaliyetlerini daha iyi anlamaları ve yönetmeleri gerekmektedir. Bu kapsamda da standartlaştırılmış bir süreç modelleme tekniği kullanımı ile işletmeler, içsel ve dışsal iş süreçlerini anlaşılabilir bir şekilde modelleyebilme avantajına kavuşmaktadırlar (Anonymous 2004).

Bahsi geçen standartlaştırılmış süreç modelleme tekniklerinden bir tanesi de *BPMI* (*Business Process Management Initiative*) tarafından geliştirilen *BPMN* – (*Business Process Modeling Notation*) olmaktadır (Anonymous 2004). İş Süreçleri Modelleme Notasyonu anlamına gelen BPMN, iş ve web servis süreçlerini modellemek için BPMI tarafından önerilerek, 03.05.2004 tarihinde yayınlanan yeni bir standarttır (Owen and Raj 2004).

İş Süreçleri Yönetimi Girişimi olarak bilinen BPMI (Business Process Management Initiative), sektör ve büyüklük ayırt etmeden tüm işletmelerin iş süreçlerini geliştirebilmelerini ve yönetebilmelerini sağlamak için kurulan kar amacı olmayan bir kurumdur. Girişimin temel amacı, endüstride iş süreç yönetiminin yapılabilmesi ve desteklenmesi için açık, tamamlanmış ve telif hakkı olmayan XML temelli standartlar geliştirmektir. BPMI, mevcut olan standartları da kabul etmekte ve OMG, WfMC ve OASIS gibi tamamlayıcı standartlarla birlikte çalışmaktadır (Anonymous 2003, Nemiah and Lee 2005).

OMG™, birlikte çalışabilen kurumsal uygulamalar için bilişim endüstrisi spesifikasyonları üretmek ve desteklemek için açık üyelik sistemi ile çalışan ve kar amacı gütmeyen bir konsorsiyumdur. Üyeleri içerisinde bilgisayar endüstrisindeki büyük firmaların hemen hemen hepsi ve yüzlerce küçük firma bulunmaktadır. OMG™ spesifikasyonları aşağıdaki gibi gruplamak mümkündür (Anonymous 2006b):

- Common Object Request Broker Architecture® (CORBA®).
- Common Warehouse Metamodel™ (CWM™),
- Meta - Object Facility (MOF),
- Model Driven Architecture™ (MDA™),
- Unified Modeling Language™ (UML™),

Business Process Management Initiative (BPMI.org) ve Object Management Group™ (OMG™), iş süreçlerinin yönetimi konusundaki faaliyetlerini, gittikçe gelişen ve çok önemli bir yere sahip olan bu alana önderlik etmek ve bu alanda bir takım standartlar sağlamak için 2005 Haziran ayında birleşmişlerdir. Faaliyetlerini birleştirilmiş olan bu gruplar, *Business Modeling & Integration (BMI) Domain Task Force (DTF)* ismi ile anılan bir grup altında bu alandaki faaliyetlerini sürdürmektedirler (Anonymous 2006a).

BPMI.org ve OMG™ kurumlarının iş süreçleri faaliyetlerini birleştirmeleri ile 03.05.2004 tarihinde yayınlanan “BPMN v1.0” spesifikasyonundan sonra 06.02.2006 tarihinde OMG™ tarafından onaylanan dtc/06-02-01 numaralı “BPMN Final Adopted Specification” çıkartılmıştır. Bu spesifikasyon şu anda sonuçlandırma aşamasında olup, spesifikasyonun 2006 yılı içinde son hali yayınlanması planlanmaktadır (Business Process Management Initiative and Object Management Group 2006).

BPMN standartları, son uyumlandırma çalışmaları içerisinde olmasına rağmen bir çok ürün tarafından desteklenmektedir (Tablo 4.1).

**Tablo 4.1** BPMN standartlarını destekleyen ürünler

aXway Process Manager™	ITPearls Process Modeler for Visio
Casewise Corporate Modeler™	Lombardi Software's TeamWorks®
Fuego's Fuego 5™	Mega Suite™
IDS-Scheer's Aris™	Microsoft Visio 2003™
iGrafx™	Popkin's System Architect™
ILOG JViews™	Proforma's ProVision™
Intalio's n <sup>3</sup> Designer™	SeeBeyond's Integrated Composite Application Network (ICAN) Suite™

Bazı firmalar ise BPMN standartlarını takip eden yıllar içerisinde desteklemeyi planlamaktadırlar (Tablo 4.2).

**Tablo 4.2** BPMN standartlarını desteklemeyi planlayan ürünler

Hyland's OnBase™	Lanner's Witness™
IBM's WBI Modeler™	Staffware's Process Suite™

#### 4.2. BPMN'in Temel Amacı

BPMN'in temel amacı, süreçlerin ilk taslaklarını hazırlayan iş analistleri ve hazırlanan süreçleri gerçekleştirecek olan teknolojiyi uygulamaktan sorumlu olan teknik geliştiriciler tarafından kolaylıkla anlaşılabilir bir notasyon oluşturmaktır (Owen and Raj 2004).

BPMN'in ikinci amacı ise, iş süreçleri çalıştırmaları (Business Process Execution) için tasarlanan XML dilinin (BPEL4WS (Business Process Execution Language For Web Services), BPML (Business Process Modeling Language) gibi) görsel olarak ortak bir notasyonla ifade edilmesini sağlamaktır. BPMN, BPML ve BEA, Microsoft, IBM ve diğerleri tarafından geliştirilen BPEL4WS (Business Process Execution Language For Web Services) gibi diğer iş çalışma dillerini de desteklemektedir (Owen and Raj 2004).

### 4.3. İş Süreçleri Modelleme Notasyonu

BPMN, iş süreç diyagramlarının (Business Process Diagram (BPD)) oluşturulması suretiyle iş süreçlerinin modellenmesinde kullanılmaktadır. BPMN, iş süreçlerinin modellenmesine iki önemli konuda katkı sağlamaktadır. Birincisi, BPMN'in kullanılmasının ve anlaşılmasının kolay olmasıdır. BPMN, iş süreçlerini modellemek için hızlı ve kolay bir şekilde kullanılabilen ve teknik bilgiye sahip olmayan (genellikle yönetim tarafından) kullanıcılar tarafından kolaylıkla anlaşılabilir. İkinci olarak ise BPMN, çok karmaşık iş süreçlerinin modellenmesini kolaylaştırmakta ve iş çalışma dillerini (Business Execution Language) çok uygun bir şekilde tasarlayabilmektedir (Owen and Raj 2004).

BPMN, daha önceleri kullanılan iş süreç diyagram tiplerinden farklı olarak, iş çalışma dilleri ve web servisleri ile birlikte oluşturulmuştur. Ayrıca, mesaj bazlı olayları ve organizasyonlar arasındaki mesajlaşmaları göstermek için, özel notasyonlar ilave edilmiştir (Owen and Raj 2004).

İş süreç akışları, sürecin başlaması için meydana gelen olayın, süreç içerisinde gerçekleşen olayların ve süreci bitiren olayın modellenmesi ile oluşturulmaktadır. Kararlar ve akışların dallanması *geçitler* vasıtası ile modellenmektedir. Geçit sembolü, akış diyagramlarındaki karar sembolüne benzemektedir. Ayrıca, akış içindeki süreçler de alt süreçlere ayrılabilir. Alt süreçlere ayrılan süreçlerin sembolü üzerinde '+' işareti bulunmaktadır. Eğer ki süreç, daha alt süreçlere ayrılmıyorsa yani en alt seviyede ise bu süreç, bir faaliyet olarak da nitelendirilmektedir (Owen and Raj 2004).

BPMN diyagramlarında kullanılan olaylar ve süreçler, bu olay ve süreçleri gerçekleştiren aktörleri gösteren ve havuz olarak adlandırılan sembollerin içerisine



yerleştirilebilmektedir. Böylelikle havuz sembolleri sayesinde, kimin ne yaptığı takip edilebilmektedir. Havuzlar da şeritlere ayrılabilir. Genellikle havuzlar organizasyonları, şeritler ise organizasyon içindeki bölümleri ifade etmektedir (Kullanım alanına göre, fonksiyonlar, uygulamalar, sistemler de ifade edilebilmektedir.) (Owen and Raj 2004).

BPMN, iş süreçlerini modellemede Object Management Group™ (OMG™) tarafından geliştirilen UML (Unified Modeling Language)'e göre daha çok avantaja sahiptir. Öncelikle, iş analistlerine daha fazla yardımcı olan süreç akışını modelleme tekniğini sunmaktadır. İkinci olarak ise BPMN, iş çalıştırma dillerinin tasarlanmasında UML'de olmayan güvenilir bir matematik altyapısına sahip olmaktadır. BPMN, UML ile gerçekleştirilen sistem tasarımlarının ön ucuna güçlü bir iş modellemesi yaklaşımı getirmektedir (Owen and Raj 2004).

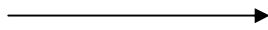
#### 4.3.1. Bağlantıları modellemek

BPMN notasyonu içerisinde üç farklı bağlantı bulunmaktadır:

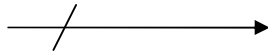
- Akışlar,
- Mesaj akışları ve
- İlişkiler.

##### 4.3.1.1. Akışlar

Akışlar, süreç içerisinde meydana gelen faaliyetlerin sırasını göstermek için kullanılmaktadır. Şekil 4.1'de akış çizgisi gösterilmektedir. Her bir akışın sadece bir adet kaynağı ve bir adet hedefi bulunmaktadır. Geçitlerden sonra çıkan akış çizgileri arasından bir tanesi varsayılan akış çizgisi olarak belirlenebilmektedir. Akış çizgisinin varsayılan olarak belirlenmesi için arka tarafına eğik bir işaret koyulmaktadır. Şekil 4.2'de varsayılan akış çizgisi gösterilmektedir.



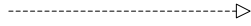
Şekil 4.1 Akış çizgisi



Şekil 4.2 Varsayılan akış çizgisi

#### 4.3.1.2. Mesaj akışları

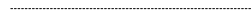
Mesaj akışları, mesaj göndermek ve mesaj almak için hazırlanmış olan iki bileşen arasındaki mesaj akışını göstermek için kullanılmaktadır. Burada bahsi geçen bileşenler, BPMN diyagramında bulunan havuzlar olmaktadır. Mesaj akışları, aynı havuz içerisindeki iki nesnenin bağlanması için kullanılamazlar. Şekil 4.3’de mesaj akışı gösterilmektedir.



**Şekil 4.3** Mesaj akış çizgisi

#### 4.3.1.3. İlişkiler

İlişkiler, süreç içerisindeki bileşenlerin, bilgi ve veri nesnelere ile olan ilişkilerini göstermek için kullanılan çizgilerdir. Şekil 4.4’de ilişki çizgisi gösterilmektedir. Bilgi nesnelere, BPMN diyagramının anlaşılabilirliğinin artırılması amacıyla, diyagramda bulunan bileşenlerden gerekli görülenlere eklenen açıklamalardır.



**Şekil 4.4** İlişki çizgisi

Veri nesnelere ise, sürecin akışına ya da mesaj akışına direk olarak herhangi bir etkisi olmayan, sadece sürecin ne yaptığı hakkında daha fazla bilgi sunan nesnelere. Veri nesnelere, sürecin gerçekleşmesi esnasında dokümanların, verilerin ve diğer nesnelere nasıl kullanılacağını ve güncelleneceğini göstermektedir. Şekil 4.5’de veri nesnesi gösterilmektedir.

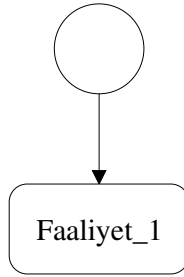


**Şekil 4.5** Veri nesnesi

### 4.3.2. Olayları modellemek

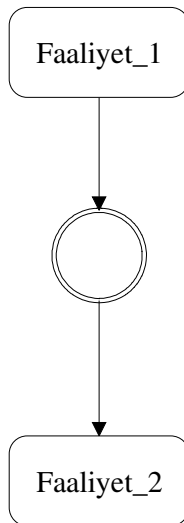
İş süreçlerinin modellenmesi esnasında, iş içerisinde meydana gelen olaylar ve bu olayların süreç akışını nasıl etkilediği gösterilebilmektedir. Burada bahsi geçen olay, süreç akışını başlatabilmekte, süreç akışı esnasında meydana gelebilmekte ya da süreç akışını bitirebilmektedir. BPMN, bu üç olay tipi için farklı semboller ile gösterim sağlamaktadır (Owen and Raj 2004).

1.*Başlangıç Olayı*: Süreç akışını başlatmaktadır. Şekil 4.6'da başlangıç olayı gösterilmektedir.



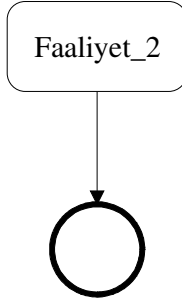
**Şekil 4.6** Başlangıç olayı

2.*Ara Olay*: Süreç akışı esnasında meydana gelmektedir. Şekil 4.7'de ara olay gösterilmektedir.



**Şekil 4.7** Ara olay

3.*Bitiş Olayı*: Süreç akışını bitirmektedir. Şekil 4.8’de bitiş olayı gösterilmektedir.



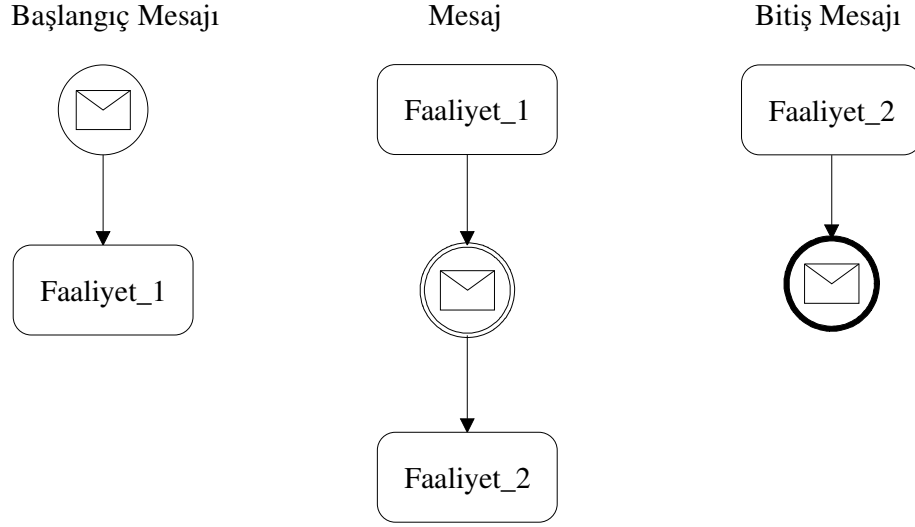
**Şekil 4.8** Bitiş olayı

#### 4.3.2.1. Tetikleyici olaylar

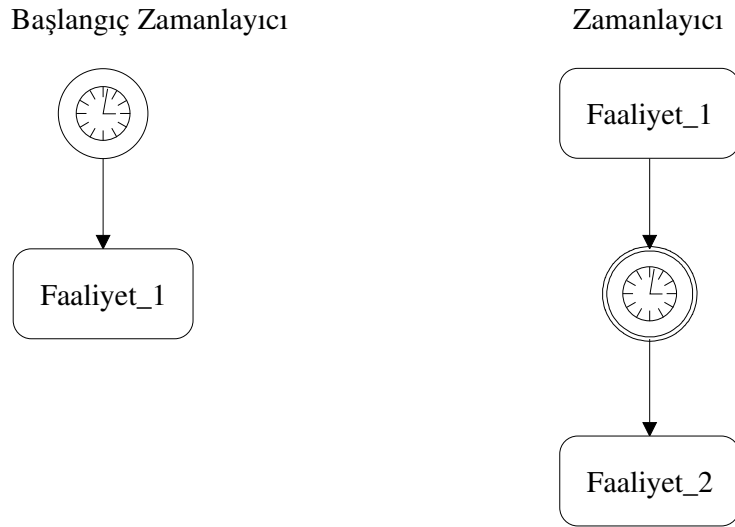
B2B web servisleri gibi karmaşık olan süreç akışlarının modellenmesi esnasında, daha karmaşık olan iş olaylarının kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar mesajlar, zamanlayıcılar, kurallar ve hata koşulları olabilir. BPMN, olayların tetikleyici tiplerinin belirtilmesine imkan tanımakta ve bu tetikleyici tipleri farklı semboller ile gösterebilmektedir (Owen and Raj 2004, Business Process Management Initiative and Object Management Group 2006).

*Mesajlar*: Başlangıç Mesajı, sürecin başlamasını tetiklemektedir. Mesaj, ara olay durumundaki süreci devam ettirmektedir. Bitiş Mesajı ise süreç bitiminde oluşan mesajı göstermektedir. Bu üç mesaj tipi Şekil 4.9’da gösterilmektedir.

*Zamanlayıcılar*: Başlangıç Zamanlayıcı, belirli bir zaman veya döngü (örneğin her Pazartesi sabahı saat 10:00) ile sürecin başlamasını tetiklemektedir. Zamanlayıcı, ara olay durumundaki süreci devam ettirmektedir. Bir zamanlayıcı, bitiş olayı olarak kullanılmamaktadır. Şekil 4.10’da zamanlayıcılar gösterilmektedir.

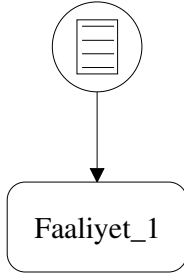
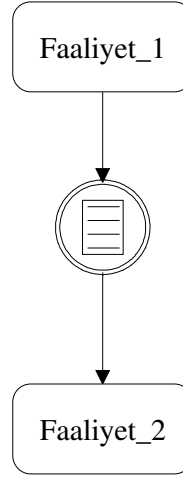


**Şekil 4.9** Mesaj tipleri



**Şekil 4.10** Zamanlayıcılar

*Kurallar:* Başlangıç Kuralı, kural koşulu gerçekleştiği zaman sürecin başlamasını tetiklemektedir. Kural, kural koşulu gerçekleştiği zaman ara olay durumundaki süreci devam ettirmektedir. Bir kural, bitiş olayı olarak kullanılmamaktadır. Şekil 4.11’de kurallar gösterilmektedir.

**Başlangıç Kuralı****Kural****Şekil 4.11 Kurallar**

*Bağlantılar:* Bağlantı, Başlangıç Bağlantısı, Bağlantı ve Bitiş Bağlantısı olarak üç farklı sembol ile gösterilmektedir. Bağlantı bir süreç akış diyagramının bitiş olayı ile diğer bir süreç akış diyagramının başlangıç olayını birleştirmektedir. Şekil 4.12’de bağlantılar gösterilmektedir.

**Başlangıç Bağlantısı****Bağlantı****Bitiş Bağlantısı****Şekil 4.12 Bağlantılar**

*Çoklular:* Başlangıç Çoklusu, sürecin başlaması için bir çok yol olduğunu göstermektedir. Sürecin başlaması için sadece bir tanesinin gerçekleşmesi yeterli olmaktadır. Çoklu, ara olay durumundaki sürecin devam etmesi için bir çok yol olduğunu göstermektedir. Bitiş Çoklusu, sürecin bitimi ile birlikte bir çok çıktı üretildiğini göstermektedir (birden fazla mesajın gönderilmesi gibi). Şekil 4.13’de çoklular gösterilmektedir.

Başlangıç Çoklusu



Çoklu

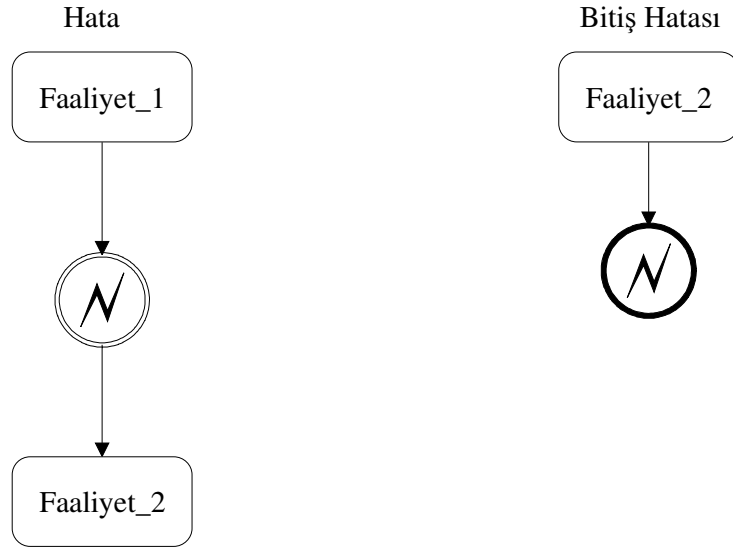


Bitiş Çoklusu



Şekil 4.13 Çoklular

*Hatalar:* Hatalar, iki farklı sembolle gösterilmektedir. Hata sembolleri, hataları vermek ve hataları yakalamak için kullanılmaktadır. Hataların yakalanması için kullanılacak sembolün, faaliyetlerin sınırlarına eklenilmesi gerekmektedir. Bir hata, başlangıç olayı olarak kullanılmamaktadır. Şekil 4.14’de hatalar gösterilmektedir.



Şekil 4.14 Hatalar

*Kompansasyonlar:* Kompansasyon, sürecin geri dönmesi esnasında ara olayı tetiklemektedir. Örneğin, seyahat planı yaptınız ve gittiğiniz yerde kalmak için bir otele bir yer ayırttınız. Eğer ki seyahat iptal olursa, buna karşılık olarak otele ayırtılan yerin de iptal olması gerekmektedir. Bir kompansasyon, başlangıç olayı olarak kullanılmamaktadır. Şekil 4.15’de kompansasyonlar gösterilmektedir.

Kompansasyon



Bitiş Kompansasyonu



Şekil 4.15 Kompansasyonlar

*İptaller:* İptal olayı, kullanıcının süreci iptal etmeye karar verdiği anlamına gelmektedir. Süreç, manuel olarak bitirilmektedir. Bir iptal, başlangıç olayı olarak kullanılmamaktadır. Şekil 4.16’da iptaller gösterilmektedir.

İptal



Bitiş İptali



**Şekil 4.16** İptaller

*Sonlandırıcı:* Sonlandırıcı, süreç içerisindeki tüm aktivitelerin biran önce sonlandırılacağı anlamına gelmektedir. Bir sonlandırıcı, başlangıç ya da ara olay olarak kullanılmamaktadır. Şekil 4.17’de sonlandırıcı gösterilmektedir.

Sonlandırıcı



**Şekil 4.17** Sonlandırıcı

### 4.3.3. Süreçler, alt-süreçler ve faaliyetler

İş süreçlerinin modellenmesinde süreç, alt-süreç ve faaliyet olmak üzere üç tip süreç kullanılmaktadır. Her üç tip sürecin de aynı sembolle gösterilmesine rağmen farklı isimler ile ifade edilmesinin sebebi ise aralarındaki hiyerarşik ilişkiden kaynaklanmaktadır (Owen and Raj 2004).

#### 4.3.3.1. Süreç hiyerarşisi

Süreç, BPMN İş Süreç Diyagramı’nda en üst seviyede bulunmaktadır. Süreçlerin iç detaylarında “çocuk diyagram” olarak nitelendirilen iş süreç diyagramları ve / veya faaliyetler bulunmaktadır. Sürecin altında bulunan çocuk diyagramındaki bir sürecin de iç detayında iş süreç diyagramı bulunabilmektedir. Süreçleri bu şekilde ayrıştırarak detaylandırmak (çocuk diyagramlarının eklenmesi) konusunda bir sınırlama bulunmamaktadır. Çocuk diyagramına sahip olan süreçlerin üzerinde “+” işareti görünmektedir. Çocuk diyagramı üzerinde bulunan ve iç detayında da çocuk



diyagramına sahip olan süreçler, alt-süreç olarak nitelendirilmektedir. En alt seviyede bulunan daha fazla ayrıştırılmayan süreçler ise, faaliyet olarak adlandırılmaktadır (Owen and Raj 2004).

#### **4.3.3.2. Süreç akışlarının modellenmesi**

Süreçlerin meydana gelme sıralarını göstermek için süreçler, akış çizgileri ile birbirlerine bağlanmaktadır. Akış çizgileri, bir organizasyon veya bölüm içindeki süreçlerin sırasını göstermek için kullanılmaktadır. Havuzların veya kulvarların içine eklenen olaylar, süreçler ve geçitler akış çizgisi ile birbirlerine bağlanmaktadır (Business Process Management Initiative and Object Management Group 2006).

Ayrıca, organizasyonlar veya bölümler arasındaki (farklı bir ifade ile havuzlar arasındaki) süreç akışının modellenmesi için BPMN tarafından ikinci bir akış olan mesaj akışı sunulmaktadır. Geleneksel iş süreç diyagramlarında olmayan mesaj akışlarının, BPMN İş Süreç Diyagramları'nda kullanılması ile insan, fonksiyon veya makina gibi aktörlerin birbirlerine gönderdikleri mesajlar modellenmektedir (Owen and Raj 2004, Business Process Management Initiative and Object Management Group 2006).

#### **4.3.4. Geçitler**

Geçitler, akışların kontrol edilmesi gerektiği durumlarda kullanılmaktadır. Geçitler, süreç içerisindeki akışların birleşme ve ayrılma noktalarında nasıl davrandığını kontrol eden bileşenleri modellemektedir. Geçitler, dört farklı şekilde değerlendirilmektedir (Business Process Management Initiative and Object Management Group 2006):

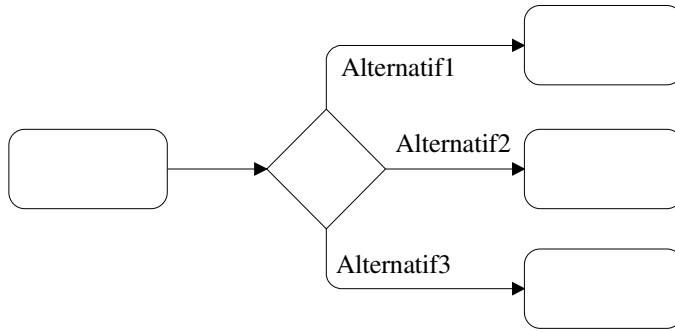
- Dışsal (Exclusive) Kararlar / Birleşmeler (XOR),
- İçsel (Inclusive) Kararlar / Birleşmeler (OR),
- Karışık Kararlar / Birleşmeler,
- Paralel Çatallar / Kavuşturmalar (Join) (AND).

##### **4.3.4.1. Dışsal geçitler (XOR)**

Dışsal geçitler (kararlar), akış çizgisinin iki ya da daha fazla yola ayrıldığı süreçlerde kullanılmaktadır. Kararlar, bir faaliyet olarak değerlendirilmemektedir. Karar, faaliyetler arasındaki akışları kontrol eden bir geçit tipi olmaktadır. Kararlar,

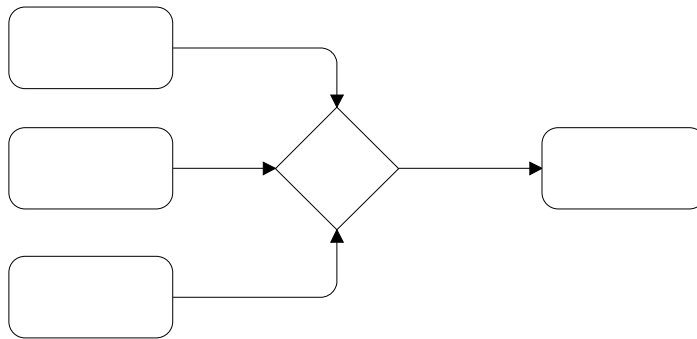
süreç içerisindeki ilgili noktalarda sorulan sorular olarak görülebilir. Bu soruların ise belirlenmiş ve her biri alternatif bir kapı ile sonuçlanan cevapları bulunmaktadır (Business Process Management Initiative and Object Management Group 2006).

Dışsal geçitlerden iki ya da daha çok akış çıkabilmektedir fakat sadece bir akış izlenebilmektedir. Veri, süreç akışı ile XOR karar geçitine gelmekte ve geçitte bulunan kapılardan her birinin şartına bağlı olarak sadece bir tanesine gidebilmektedir (Business Process Management Initiative and Object Management Group 2006). Şekil 4.18’de dışsal geçit gösterilmektedir.



**Şekil 4.18** Dışsal geçit 1

Dışsal geçitler, alternatif akışların birleştirilmesi amacıyla da kullanılabilir. Dışsal geçite alternatif akışlardan herhangi bir tanesinin ulaşması neticesinde sürecin devam etmesi için diğer alternatif akışlar beklenilmemektedir (Owen and Raj 2004). Şekil 4.19’da alternatif akışların birleştirilmesi amacıyla kullanılan bir dışsal geçit gösterilmektedir.

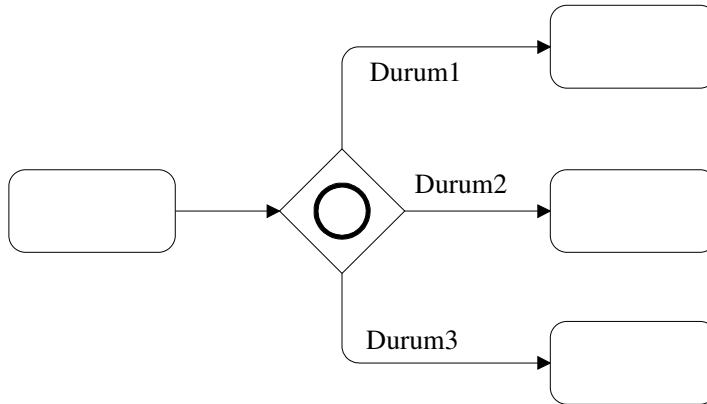


**Şekil 4.19** Dışsal geçit 2

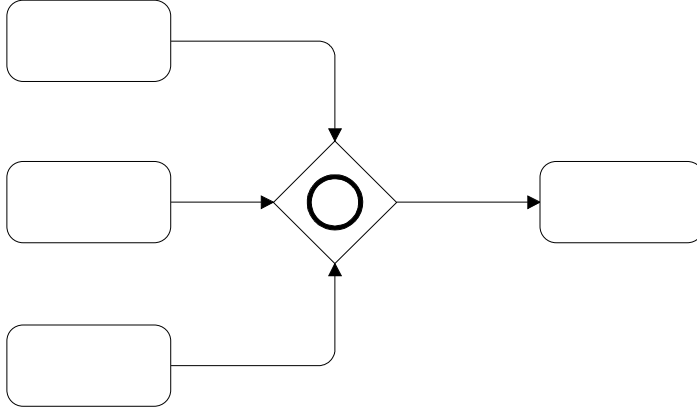
#### 4.3.4.2. İçsel geçitler (VEYA)

İçsel geçitler, geçitten çıkan akışların sağladığı koşullu ifadelerin temel alındığı, alternatiflerin dallandığı durumlarda kullanılmaktadır. İçsel geçitlerde bir koşulun gerçekleşmesi ile diğer koşullar iptal olmamakta, koşulu gerçekleştiren tüm akışlar devam etmektedir. Her bir yolun bağımsız olarak ele alınmasından dolayı en az bir akıştan tüm akışların dikkate alınmasına kadar olan tüm kombinasyonlar gerçekleşebilmektedir (Business Process Management Initiative and Object Management Group 2006). Şekil 4.20’de içsel geçit gösterilmektedir.

İçsel geçitler, akışların birleştirilmesi için de kullanılabilir. İçsel geçitler, birleştirme amacıyla kullanılmaları durumlarında, akışın devam etmesi için bir önceki süreç tarafından üretilen tüm akışların içsel geçite ulaşması beklenmektedir. İçsel geçitler, kendilerine girdisi olan ve bir önceki süreç tarafından üretilen akışların ulaşmasını beklemektedir. Örneğin, bir süreçten sonra üç adet akışın çıkartıldığı bir içsel geçit olsun ve bu akışların da bir içsel geçit ile birleştirildiğini varsayalım. İçsel geçitten çıkartılan üç akıştan, iki tanesinin belirlenmiş olan koşulu sağladığı için üretildiğini varsayalım. Bu durumda üç tane akışın birleştirildiği içsel geçitin süreci devam ettirmesi için bir önceki süreçten üretilen 2 akışın gelmesi yeterli olacak, üretilmemiş olan diğer akış beklenmeyecektir (Business Process Management Initiative and Object Management Group 2006). Şekil 4.21’de alternatif akışların birleştirilmesi amacıyla kullanılan bir içsel geçit gösterilmektedir.



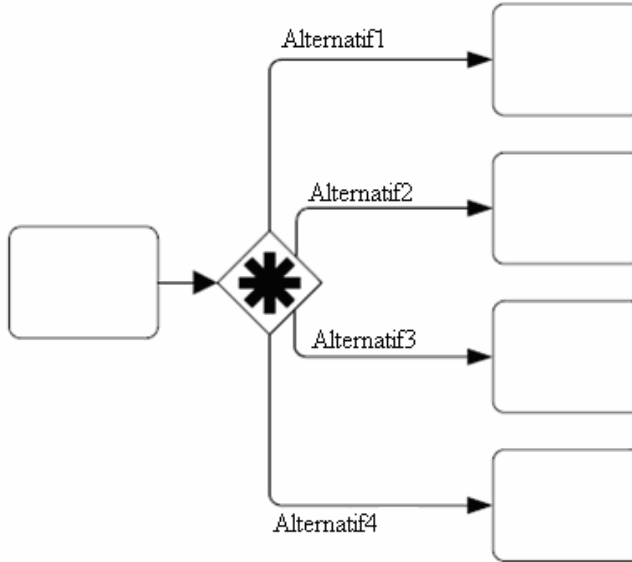
Şekil 4.20 İçsel geçit 1



Şekil 4.21 İçsel geçit 2

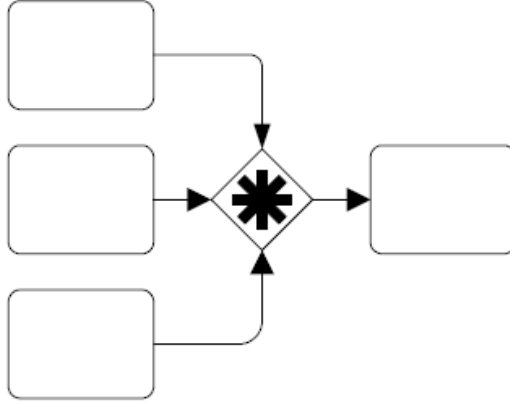
#### 4.3.4.3. Karmaşık geçitler

Modelleyiciler, karmaşık geçitleri kullanarak, geçitlerin birleştirme ve / veya ayırıştırma davranışlarını belirleyen karmaşık *ifadeler* oluşturabilmektedirler. Karmaşık geçitler, karar noktası olarak kullanıldığında, oluşturulmuş olan *ifade*, sürecin devam etmesi için hangi akışın seçileceğini belirlemektedir. Geçersiz olmaması için model, en az bir tane akışın seçili olacağı şekilde tasarlanmalıdır (Business Process Management Initiative and Object Management Group 2006). Şekil 4.22’de karmaşık geçit gösterilmektedir.



Şekil 4.22 Karmaşık geçit 1

Karmaşık geçitler, birleştirme amacıyla da kullanılabilirler. Birleştirme amacıyla kullanılma durumlarında, modelleyiciler tarafından oluşturulan *ifadeler*, karmaşık geçite girdisi olan akışlardan hangisi ya da hangilerinin sürecin devam etmesi için gerekli olduğunu belirlemektedir (Business Process Management Initiative and Object Management Group 2006). Şekil 4.23’de alternatif akışların birleştirilmesi amacıyla kullanılan bir karmaşık geçit gösterilmektedir.

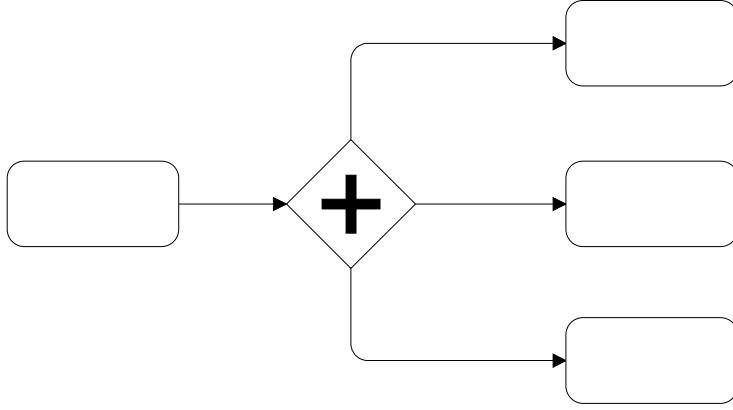


Şekil 4.23 Karmaşık geçit 2

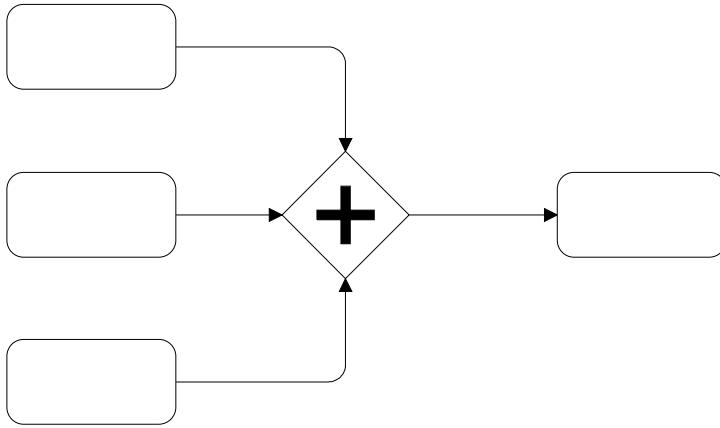
#### 4.3.4.4. Paralel geçitler (VE)

Paralel geçitler, paralel akışların senkronize edilmesini ve oluşturabilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda VE geçit olarak da nitelendirilen paralel geçitlerden çıkan tüm akışlar işlem görmektedir (Owen and Raj 2004, Business Process Management Initiative and Object Management Group 2006). Şekil 4.24’te paralel geçit gösterilmektedir.

Paralel Geçitler, akışların birleştirilmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Paralel geçitten çıkan akışın işlem görebilmesi ve sürecin devam etmesi için tüm girdi akışlarının geçite ulaşması gerekmektedir (Owen and Raj 2004, Business Process Management Initiative and Object Management Group 2006). Şekil 4.25’de akışların birleştirilmesi amacıyla kullanılan bir paralel geçit gösterilmektedir.



Şekil 4.24 Paralel geçit 1



Şekil 4.25 Paralel geçit 2

#### 4.3.5. Havuzlar ve kulvarlar

Havuzların içine süreçleri yerleştirerek kimin ne yaptığı, olayları yerleştirerek olayların nerede gerçekleştiği, geçitleri yerleştirerek ise kararların nerede verildiği ve kimin verdiği belirlenmektedir. Kulvarlar, süreç içerisindeki faaliyetleri organize etmektedir. Genellikle, havuzlar organizasyonları, kulvarlar ise organizasyon içerisindeki bölümleri göstermektedir (Owen and Raj 2004, Business Process Management Initiative and Object Management Group 2006). Şekil 4.26'da havuz ve kulvar gösterilmektedir.

Havuz	Kulvar1	
	Kulvar2	

**Şekil 4.26** Havuz ve kulvar

İş süreç diyagramının açık bir şekilde anlaşılabilmesi için havuzlar, tüm diyagramın uzunluğu boyunca uzatılabilmektedir. Ayrıca, havuzlar sadece yatay olarak değil dikey olarak da yerleştirilebilmektedir. Havuzlar arasında sadece mesaj akışı, bir havuz içindeki kulvarlar arasında ise normal akış gerçekleşmektedir. Bir iş süreç diyagramında en az bir tane havuz ve kulvar olması gerekmektedir. Havuz içerisinde bir tane kulvar var ise, bu kulvar havuzun ismi ile isimlendirilmekte ve sadece havuz ismi gösterilmektedir (Business Process Management Initiative and Object Management Group 2006).

İş süreçlerinin modellenmesi esnasında, modellenen sistemin kontrolü dışında gerçekleşen süreçler ile karşılaşmaktadır. Örneğin, bir bankadan kredi desteği istenildiğinde, kredi desteğinin alınması için bankanın içinde gerçekleşen süreçlerin detayları bilinmemekte ve kontrol de edilememektedir. Bu durumda ilgilenilen durum kredi desteğinin onaylanıp onaylanmamasıdır. Banka ismi altında farklı bir havuzda gösterilecek olan bu durum “Siyah Kutu” olarak nitelendirilmekte ve havuzun içerişi boş bırakılmaktadır. Bu havuz üzerinde sadece mesaj giriş ve çıkışları gösterilmektedir. Buna karşılık olarak süreçlerin detaylarını bildiğimiz havuzlar ise “Beyaz Kutu” olarak nitelendirilmektedir (Owen and Raj 2004).

Bu tez çalışmasında önerilen sezgisel yaklaşımın modellenmesinde, yaklaşımın iş analistleri, sistem analistleri, yazılım geliştiriciler gibi ilgili herkes tarafından kolaylıkla anlaşılabilmesi için BPMN notasyonu kullanılmıştır. Oluşturulan model kapsamında kullanılan BPMN sembollerinin açıklamaları bu bölüm altında verilmiştir.

Önerilen sezgisel yaklaşımın BPMN ile modellenmesi esnasında BPMN’in sunduğu, bağlantı modellerinden; akış çizgileri ve mesaj akış çizgileri, olay

modellerinden; başlangıç olayları ve bitiş olayları, tetikleyici olay modellerinden; mesaj olayları, zamanlayıcı olaylar ve kural olayları, geçitlerden; paralel geçitler ve dışsal geçitler kullanılmıştır.



## 5. DOKUMA TEZGAHLARINDA ÇİZELGELEME

Bu bölümde öncelikle, tek levent kullanılarak üretilen kumaşların dokuma süreci için önerilen sezgisel yaklaşım tanımlanacak ve geliştirilen algorithmada kullanılan notasyonlardan bahsedilecektir. Sonrasında ise BPMN ile geliştirilmiş olan modele yer verilecektir. Ayrıca, bölümün sonunda algoritmanın daha iyi anlaşılmasını sağlamak amacıyla bir örnek sunulacaktır.

Genel olarak, işletmeler iki farklı problemle karşı karşıya kalmaktadırlar. Birincisi, müşteriyi tatmin edecek bir teslim zamanının belirlenmesi, ikincisi ise, siparişlerin istenen teslim zamanlarında teslim edilebilmesi için nasıl bölüneceğine ve çizelgeleneceğine karar verilmesidir (Serafini 1996).

Dokuma salonuna girecek olan işlerin çizelgelenmesi konusunda gerçekleştirilen bu çalışmada da tezgahların kullanılabilirlik oranlarının artırılması ve işlerin gecikmelerinin azaltılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda ise öncelikle üretim ortamındaki hazırlık zamanlarının azaltılması amacıyla benzer özelliklere sahip olan işlerin gruplandırılmak sureti ile beraber işlem görmeleri sağlanacaktır. Örneğin, yeni siparişlerin tezgahlara atanmaları gerçekleştirilirken planlama ufkundaki ürünler ile aynı ürünü üreten tezgahlara öncelik verilecektir.

### 5.1. Problem Tanımlama

Üretim ortamında bulunan tüm tezgahların yeteneklerinin birbirinden farklı olduğu durumlarda sipariş atamalarının yapılması için dikkat edilmesi gereken nokta, ilgili işi üretebilecek yetenekteki tezgahların tespit edilmesi olmaktadır. Üretim ortamında aynı yeteneğe sahip farklı tezgah tiplerinin bulunduğu durumlarda ise tezgah atamaları yapılırken, tezgahların hızı, üretim maliyeti gibi diğer faktörler hesaba katılmaktadır. Örneğin, dört farklı atkı ipliği ile çalışabilen armürlü Toyota marka bir tezgah ile dört farklı atkı ipliği ile çalışabilen armürlü Wamatex marka bir tezgah aynı üretim yeteneğine sahiptir. Bu tezgahların üretim hızlarına bakacak olursak, Toyota tezgah 1000 devir / dakika (dakikada atılan atkı sayısı) ile çalışırken, Wamatex tezgah 440

devir / dakika ile çalışmaktadır. Her iki tezgahın da üretim yeteneği aynı olmasına rağmen Toyota markalı tezgah daha yüksek devir ile çalıştığı için ilgili siparişi daha kısa zamanda tamamlayabilecektir.

Üretilmesi için düşük yetenekli tezgahların yeterli olduğu kumaşlar, yüksek yetenekli tezgahlarda da üretilmektedir. Armürlü ağızlık açma sistemine sahip olan tezgahlarda üretilen her kumaş, eksantrikli ağızlık açma sistemine sahip olan tezgahlarda üretilmemektedir. Yani armürlü ağızlık açma sistemine sahip olan tezgahlar, eksantrikli ağızlık açma sistemine sahip olan tezgahlara göre daha yetenekli olmaktadır. Benzer şekilde atkı raporunda üç farklı atkı rengi bulunan kumaşlar, en fazla iki farklı atkı ipliği ile çalışabilen dokuma tezgahlarında üretilmemektedir. Örneğin, en fazla iki farklı atkı ipliği ile çalışabilen eksantrikli tezgahda dokunabilen bir kumaş, dört farklı atkı ipliği ile çalışabilen eksantrikli ve armürlü tezgahlarda dokunabilmektedir. Fakat, yüksek yetenekli tezgahlarda (örneğin en fazla sekiz farklı atkı ipliği ile çalışabilen armürlü tezgahda) dokunabilen her kumaş, daha az yetenekli tezgahlarda (örneğin, en fazla dört farklı atkı ipliği ile çalışabilen armürlü tezgahda) dokunamamaktadır.

Siparişlerin tezgahlara ataması gerçekleştirilirken, öncelikli olarak dikkate alınması gerekli husus, ataması yapılacak olan sipariş deseninin o an için mevcut tezgahlarda üretilmekte olup olmadığıdır. Bunun sebebi ise, tezgahların hazırlık süreleri, tezgah üzerinde bulunan ve tezgaha girilecek olan siparişin niteliğine göre değişmektedir. Tezgahlarda, yeni sipariş öncesi iki farklı hazırlık türü bulunmaktadır:

### 1. Takım Değişirme

Bu hazırlık sürecinde, tezgah üzerinde bulunan iş ile tezgaha yeni girilecek olan işin nitelikleri arasında bir bağlantı yoktur. Yeni girilecek olan iş, taharlanma sürecinden geçirilecektir ki bu süreç otomatik tahar makinalarında ortalama 3 - 6 saat civarında ve elle yapıldığında 1 - 2 gün sürebilmektedir. Otomatik tahar makinası kullanıldığında, teller öncelikle lamellerden, daha sonrasında çerçevelerdeki gücü tellerinden ve son olarak ise taraktan otomatik olarak makine tarafından geçirilmektedir. Elle işlem yapıldığında ise, yine aynı şekilde teller öncelikle lamellerden, sonrasında gücü tellerinden son olarak ise taraktan geçirilmektedir.

## 2. Düğüm Yapma

Bu hazırlık sürecinde tezgah üzerinde bulunan iş ile tezgaha yeni girilecek olan işin nitelikleri birbiri ile uyuşmaktadır. Yeni işin telleri, halihazırda çerçeve ve taraklardan geçirilmiş olan işin telleri ile düğüm yapılmakta ve böylelikle yeni işin lamel, çerçeve ve taraklardan geçirilmesi sağlanmaktadır. Bu hazırlık sürecinin gerçekleştirilmesinde otomatik düğüm makinaları kullanılmakta ve süreç yaklaşık olarak 30 dakikada tamamlanmaktadır. Bahsi geçen nitelikler ile kastedilen ise aşağıda belirtilmektedir:

- a) *Tarak numarası* : Bu nitelik aynı zamanda çözgü sıklığını da ifade edebilmektedir. Örneğin, 250 numara tarak ile tarağın 10 cm uzunluğunda 250 adet telin bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu da bir cm uzunluğunda 25 tel yapar ve çözgü sıklığının 25 tel / cm olduğunu gösterir. Çözgü sıklığının değişmesi tarağın da değişmesi anlamına geleceği için tezgaha yeni girecek olan işin çözgü sıklığı farklı ise takım değiştirilmesi gerekmektedir.
- b) *Çerçeve adedi* : Bu nitelik kumaşın örgüsünü belirlemektedir. Çerçeve adedi farklı olan bir işin tezgaha alınması, hazırlık sürecinin takım yapılarak değiştirilmesi anlamına gelmektedir.
- c) *Tarak en uzunluğu* : Bu nitelik taharlama sürecinde kullanılan tarağın en uzunluğunu ifade etmektedir. Tezgaha yeni alınacak olan işin tel sayısının, tezgah üzerindeki işe göre daha fazla olması durumunda, kullanılan tarak uzunluğunun daha uzun olması gerekmektedir ve eğer ki halihazırdaki tarak kısaysa bu durumda makine üzerinde taraklama işlemi gerçekleştirilecektir.

Eğer ki planlama ufkundaki siparişin deseni o an için mevcut tezgahlarda üretilmekte ise ilgili tezgahın gelecek planlama ufkundaki uygunluğu kontrol edilecek ve belirlenen tezgahın gelecek planlama ufkundaki uygunluğu tespit edilirse, hazırlık zamanının azaltılması için yeni gelen sipariş, belirlenen tezgahlara atanacaktır. Planlama ufkundaki siparişlerin tezgahlara ataması gerçekleştirilirken ikinci olarak, kumaşların yapısına ve tasarımına göre tezgah yetenekleri dikkate alınacaktır ve siparişte kullanılacak olan çerçeve sayısı, farklı atkı sayısı, tezgah tipi gibi sorulara cevap aranacaktır (Chen ve Harlock 1999).

Oluşturulacak dokuma çizelgeleme modeli ile, her biri  $G_k$  adet tezgah bulunduran  $K$  adet tezgah grubuna planlama ufkundaki işlerin atanmış olması ile iki hedefin karşılanması beklenmektedir (Chen ve Harlock 1999):

1. Teslim tarihlerini karşılamak,
2. Tezgah kullanım oranını artırmak amacıyla, hazırlık zamanlarını en küçükleme.

Yukarıda bulunan hedeflerin karşılanması, aşağıda belirtilen kısıtlar altında gerçekleştirilecektir:

1. *Tezgah grup kısıtı* : İşlerin atanmasında; ya sipariş için uygun üretim yeteneğine sahip olan tezgahlar ya da daha yüksek üretim yeteneğine sahip olan tezgahlar kullanılabilir.
2. *Levent kapasite kısıtı* : Her bir levent üzerinde bulunacak olan en az çözgü ipliği uzunluğu, siparişin girişi esnasında belirlenen en az  $L_j$  uzunluğu kadar olabilmektedir.

## 5.2. Algoritmadaki Notasyonlar

Algoritma içerisinde kullanılan notasyonlar Tablo 5.1’de verilmektedir:

**Tablo 5.1** Algoritmadaki notasyonlar

$M$	: Dokuma salonundaki makine sayısı.
$N$	: Çizelgeleme döneminde çizelgelenecek iş sayısı.
$K$	: Makine grubu veya tipi sayısı.
$k_i$	: Makine tipini gösteren indis; $i = 1, \dots, K$ .
$i$	: Makine indisi; $i = 1, \dots, M$ .
$j$	: İş indisi; $j = 1, \dots, N$ .
$G_k$	: $k$ . grupta bulunan makineler; $\sum_{k=1}^K  G_k  = M$ .
$JL$	: Planlama ufkunun başlangıcında elde edilen iş listesi.
$LL$	: Tüm Tezgahların Listesi.
$SLL_j$	: Planlama ufkundaki işlerin deseni ile aynı desene sahip iş bulundurmeyen tezgahların listesi.
$ULL_j$	: $j$ . işin gereksindiği yeteneğe sahip olan tezgah listesi.
$bcd_i$	: $i$ . makine için levent değişim süresi (Aynı desenin üretime devam etmesi sonucu karşılaşılan ve saat cinsinden ifade edilen hazırlık tipidir).
$pcd_i$	: $i$ . makine için desen değişim süresi (Farklı bir desenin üretime devam etmesi sonucu karşılaşılan ve saat cinsinden ifade edilen hazırlık tipidir).
$p_j$	: $j$ . işin desen numarası (Bir işte sadece bir ürün bulunabilmekte ve bir ürüne ait sadece bir desen olabilmektedir).
$q_j$	: $j$ . işin toplam miktarı (uzunluk birimi cinsinden).
$L_j$	: $j$ . işin parçalanabileceği en küçük birimin uzunluğu.
$rlt_j$	: $j$ . işin dokunabilmesi için gerekli olan tezgah yeteneği (tipi).
$wf_j$	: $j$ . işin atkı sıklığı.
$C_j$	: $j$ . işin teslim zamanı.
$d_j$	: $j$ . işin dokunabilmesi için sahip olunan süre. Diğer bir ifade ile $d_j$ , işin çizelgelendiği zaman ile teslim edileceği zaman arasındaki saat cinsinden süreyi ifade etmektedir. $d_j = (C_j) - (\text{Çizelgeleme Zamanı}) \quad (1)$
$O^{EDD}$	: Çizelgelenecek işlerin $\min d_j$ kuralına göre sıralanmasıyla elde edilen iş listesi.

(Devamı arkada)

$pl_i$	: $i$ . tezgaha atanmış olan iş (desen olarak değerlendirilmektedir) listesi. Atanmış olan iş listesinde bulunan ilk iş, tezgahda üretilmekte olan iş olmaktadır.
$p_i$	: $i$ . tezgaha atanmış olan iş listesindeki son işin desenini göstermektedir. (Bir tezgahda aynı anda sadece bir adet desen üretilmektedir).
$AL^j$	: $j$ . işdeki desen ile atanmış olan iş listesindeki ( $pl_i$ ) son işinin ( $p_i$ ) deseni aynı olan (desen numaralarının aynı olması durumu) tezgahlar listesi.
$v_i$	: $i$ . tezgahın atkı atma hızı (Tezgahlara ait olan fiili değerler dikkate alınmaktadır).
$e_i$	: $i$ . tezgahın verimliliği.
$pm_{ij}$	: $i$ . tezgaha ait periyodik bakımların $j$ . işin çizelgeleme zamanı içerisindeki toplam süresidir.
$pmt_i$	: $i$ . tezgahın ilk periyodik bakım zamanıdır.
$pmh_i$	: $i$ . tezgahın ilk periyodik bakım saatidir.
$pmd_i$	: $i$ . tezgahın bakım süresidir.
$pmp_i$	: $i$ . tezgahın bakım periyodudur.
$pml_i$	: $i$ . tezgaha ait periyodik bakım listesi.
$kl_{ij}$	: $i$ . tezgahın $j$ . iş için kullanılabilirliği; (2) aynı desende üretime devam edilmesi durumunda, (3) ise farklı bir desen ile üretime devam edilmesi durumunda kullanılacaktır.
	$kl_{ij} = \max \left[ 0, \frac{[d_j - cwl_i - bcd_i - pm_{ij}]}{\frac{1}{60} \left[ \frac{100 \times wf_j}{v_i \times e_i} \right]} \right]; \quad i \in G_k \quad (2)$ <p><math>kl_{ij} &lt; L_j</math> ise <math>kl_{ij}</math>, 0 olarak değerlendirilecektir.</p>
	$kl_{ij} = \max \left[ 0, \frac{[d_j - cwl_i - pcd_i - pm_{ij}]}{\frac{1}{60} \left[ \frac{100 \times wf_j}{v_i \times e_i} \right]} \right]; \quad i \in G_k \quad (3)$ <p><math>kl_{ij} &lt; L_j</math> ise <math>kl_{ij}</math>, 0 olarak değerlendirilecektir.</p>
$cwl_i$	: $i$ . tezgahın mevcut iş yükü (saat cinsinden).

(Devamı arkada)

$qr_j$	: $j$ . işe ait ve henüz bir tezgaha atanmamış miktar. İşin ilk ataması yapılmamış ise $qr_j = q_j$ olmaktadır.
$u_{ij}$	: $j$ . işin $i$ . tezgaha atanacak olan miktarı.
	$qr_j - kl_{ij} < L_j \text{ ise } u_{ij} = qr_j \text{ olarak belirle,}$ $qr_j - kl_{ij} > L_j \text{ ise } u_{ij} = kl_{ij} \text{ olarak belirle.}$ <span style="float: right;">(4)</span>
$pt_{ij}$	: $j$ . işin $i$ . tezgahta yapılabilmesi için gereken süre (saat cinsinden)
	$pt_{ij} = \left[ \frac{1}{60} \left[ \frac{100 \times wf_j \times u_{ij}}{v_i \times e_i} \right] + bcd_i \right]$ <span style="float: right;">(5)</span> <p>Tezgahlara ait <math>cwl_i</math> değerlerinin güncellenmesi esnasında kullanılmaktadır. Aynı desenin üretime devam ettiği durumlarda dikkate alınacak olan <math>bcd_i</math> süresini içermektedir.</p>
	$pt_{ij} = \left[ \frac{1}{60} \left[ \frac{100 \times wf_j \times u_{ij}}{v_i \times e_i} \right] + pcd_i \right]$ <span style="float: right;">(6)</span> <p>Tezgahlara ait <math>cwl_i</math> değerlerinin güncellenmesi esnasında kullanılmaktadır. Farklı desenin üretime devam ettiği durumlarda dikkate alınacak olan <math>pcd_i</math> süresini içermektedir.</p>
	$pt_{ij} = \left[ \frac{1}{60} \left[ \frac{100 \times wf_j \times qr_j}{v_i \times e_i} \right] + bcd_i \right]$ <span style="float: right;">(7)</span> <p>Tezgahların, işin kalan kısmının tamamını teslim edebileceği zamanı hesaplamak için kullanılmaktadır. Aynı desenin üretime devam ettiği durumlarda dikkate alınacak olan <math>bcd_i</math> süresini içermektedir.</p>
	$pt_{ij} = \left[ \frac{1}{60} \left[ \frac{100 \times wf_j \times qr_j}{v_i \times e_i} \right] + pcd_i \right]$ <span style="float: right;">(8)</span> <p>Tezgahların, işin kalan kısmının tamamını teslim edebileceği zamanı hesaplamak için kullanılmaktadır. Farklı desenin üretime devam ettiği durumlarda dikkate alınacak olan <math>pcd_i</math> süresini içermektedir.</p>
$AJL_i$	: $i$ . tezgaha atanmış olan işleri ve işlerin miktarlarını gösteren listedir. $AJL_i = \{(j, qr_j), (j, qr_j), (j, qr_j), \dots\}$
$Q_{ij}$	: Her bir levent üzerindeki iş miktarıdır.

### 5.3. Algoritmanın Adımları

Tezgahlara iş ataması yapılırken, işlerin daha kısa zamanda üretilmesi için işler uygun olacak şekilde ( $x$  adet) bölünerek farklı tezgahlar üzerinde üretilmektedir. Bölünen işin her bir bölümü farklı bir tezgah üzerinde işlem göreceği için çözgü iplikleri farklı leventler üzerinde bulunacaktır. İş bölünmeleri sonucunda, bölünme sayısı kadar leventin hazırlanması (düğüm yapma ya da takım değişimi) için harcanılacak zamanın çok olması ve her bir levent için çözgü ipliği israfı ile karşılaşılması sebepleri ile ilgili işin mümkün olan en az bölünmeye uğraması istenmektedir. İş bölünmelerinin mümkün olduğu kadar küçük tutulması ile aynı tezgahtan çıkacak olan miktar da artırılabilir.

Tamamlanma zamanı kısa olan işler için, iş bölünmesi sayısının mümkün olan en az sayıda tutulması ile kullanılabilir olan tezgah sayısı da az olacağı için ilgili işin tamamlanma zamanı uzamaktadır. Tamamlanma zamanı kısa olan işlerde her bir levent üzerindeki çözgü iplik miktarının ( $Q_{ij}$ ) azaltılması yoluyla iş daha fazla bölüme ayrılmakta ve dolayısıyla mümkün olduğu kadar daha fazla tezgah kullanılmaya çalışılarak işin tamamlanma zamanı kısaltılmaktadır. İşlerin bölünmelerinde dikkate alınması gereken önemli nokta ise fazla bölüme ayrılan işlerde kullanılacak olan levent sayıları da fazla olacağı için, dokuma üretim kaybının ve çözgü ipliği israfının da yüksek olacaktır.

Bu çalışma kapsamında incelenen problem için bazı varsayımlar yapılmıştır ve bu varsayımlar aşağıda verilmektedir:

- Her bir iş farklı tezgahlar üzerinde işlenebilmek üzere bölünebilmekte ve farklı tezgahlar üzerinde aynı anda üretim yapılabilir.
- Düğüm yapma ve takım değişimi, gerekli olduğu anda yani işçilik beklenilmeksizin yapılabilir. Düğüm işlemini ve takım değişimini yapabilecek yetenekte yeterli işgücü sürekli olarak hazır bulunmaktadır.
- $j = 1, 2, \dots, n$  şeklinde indekslenmiş  $n$  adet iş ve her birinin hızı ( $v_i$ ) birbirinden bağımsız olarak  $i = 1, 2, \dots, m$  şeklinde indekslenen  $m$  adet tezgah bulunmaktadır.



- Bir tezgaha iş yüklemeyen önce tezgahın durumu ya boştur yani yeni bir iş için hazır olarak beklemektedir ya da tezgah üzerinde, tamamlanması için  $cwl_i$  saat kadar zaman gereken bir iş bölümü bulunmaktadır.

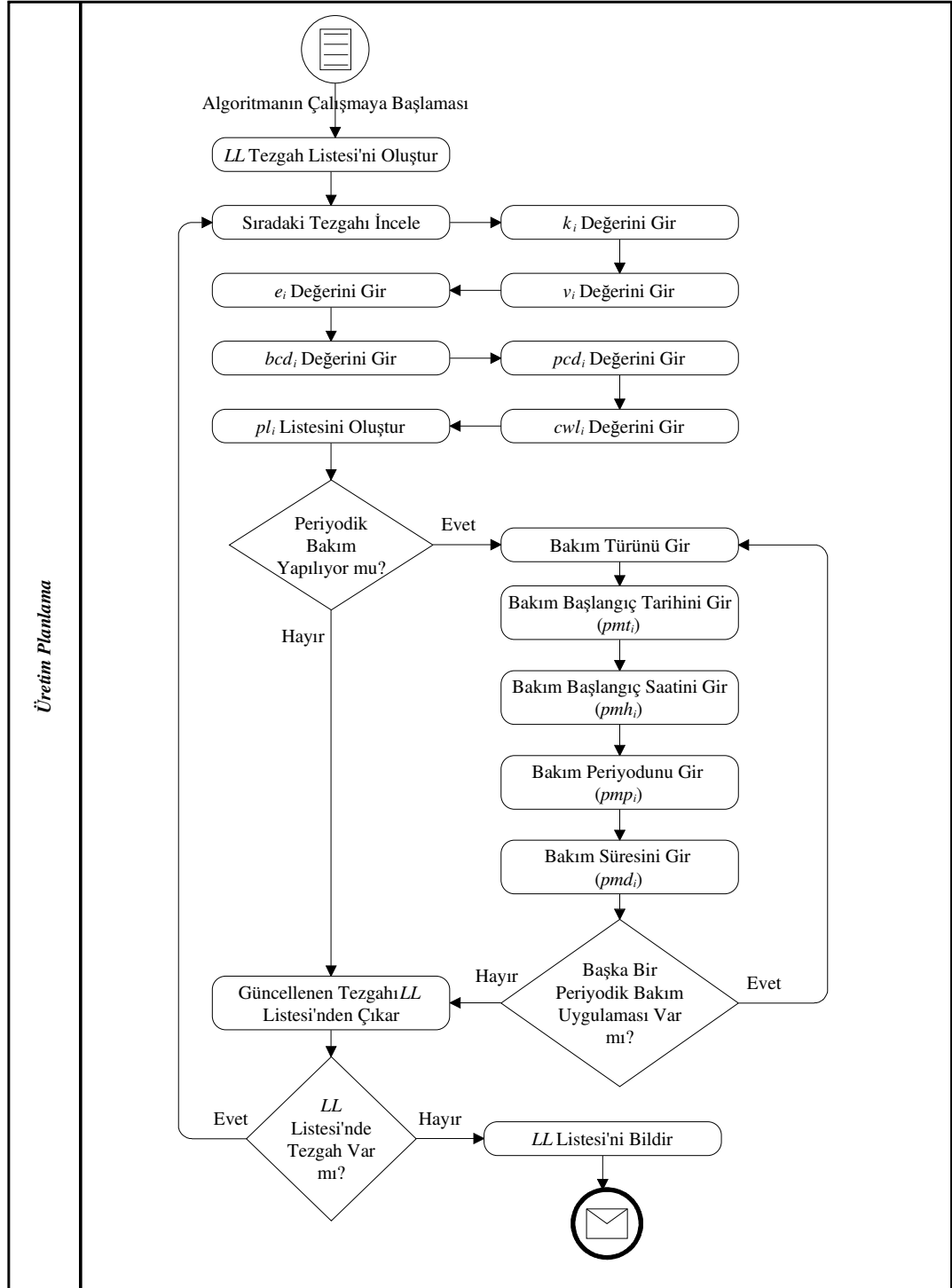
İşlerin tezgahlara ataması yapılırken öncelikle işler, en erken teslim zamanı kuralına göre listelenmektedir. En erken teslim zamanı kuralının kullanılmasıyla önerilen sezgisel yöntem maksimum sayıda iş kabul etmektedir. Ayrıca tezgahların, iş yüklerinin durumuna göre sıralanmasından ve kullanılabilirliği daha fazla olan tezgahların kullanılmasından dolayı sipariş bölünmeleri minimize edilmekte ve dolayısıyla tezgah kullanım oranları maksimize edilmektedir. BPMN notasyonu ile oluşturulmuş olan doküman tezgahlarındaki çizelgeleme modeli aşağıda verilmektedir.

### 5.3.1. Ana akış diyagramı

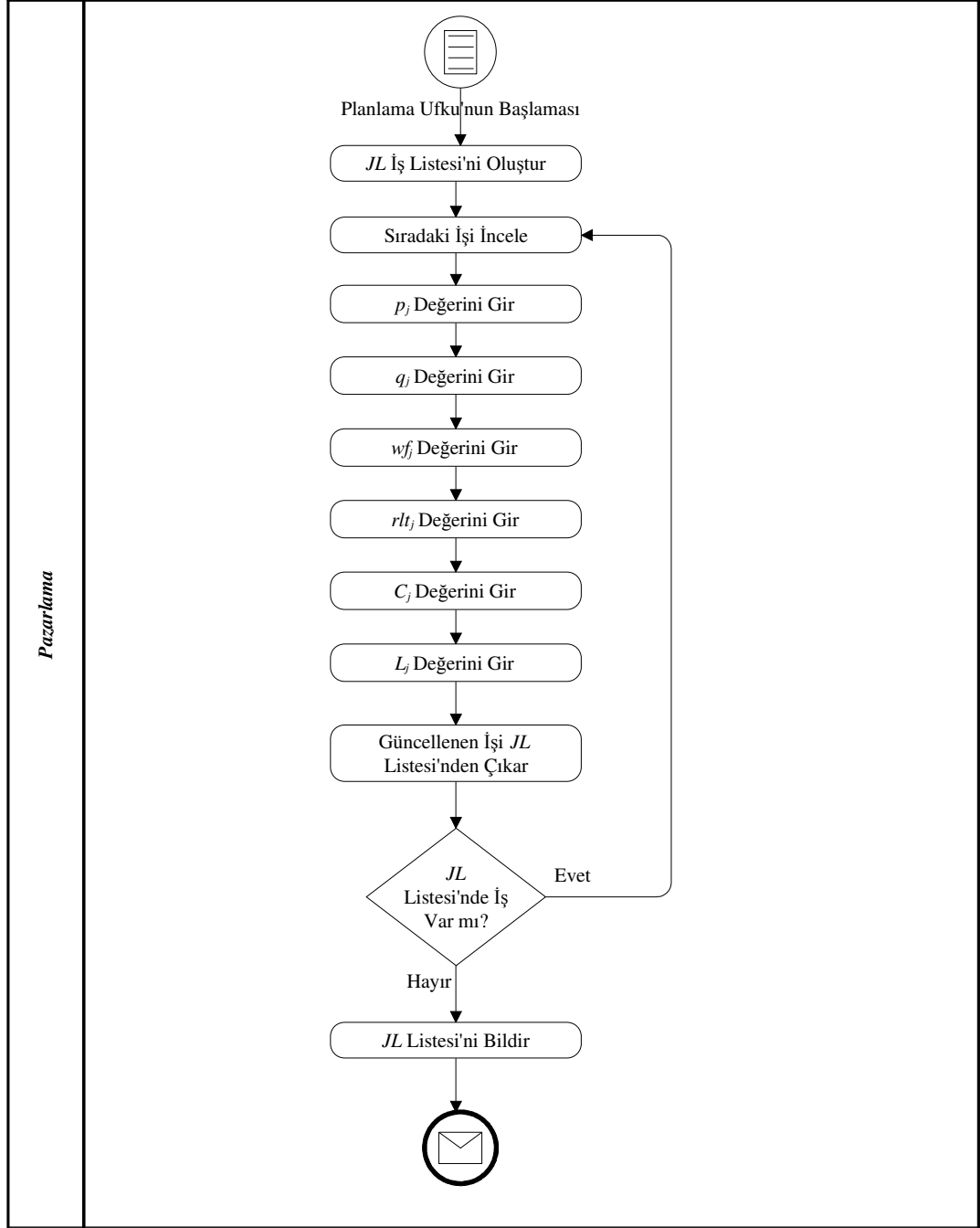
Oluşturulmuş olan algoritmanın ana akış diyagramı Ek 1’de gösterilmektedir.

### 5.3.2. Süreç diyagramları

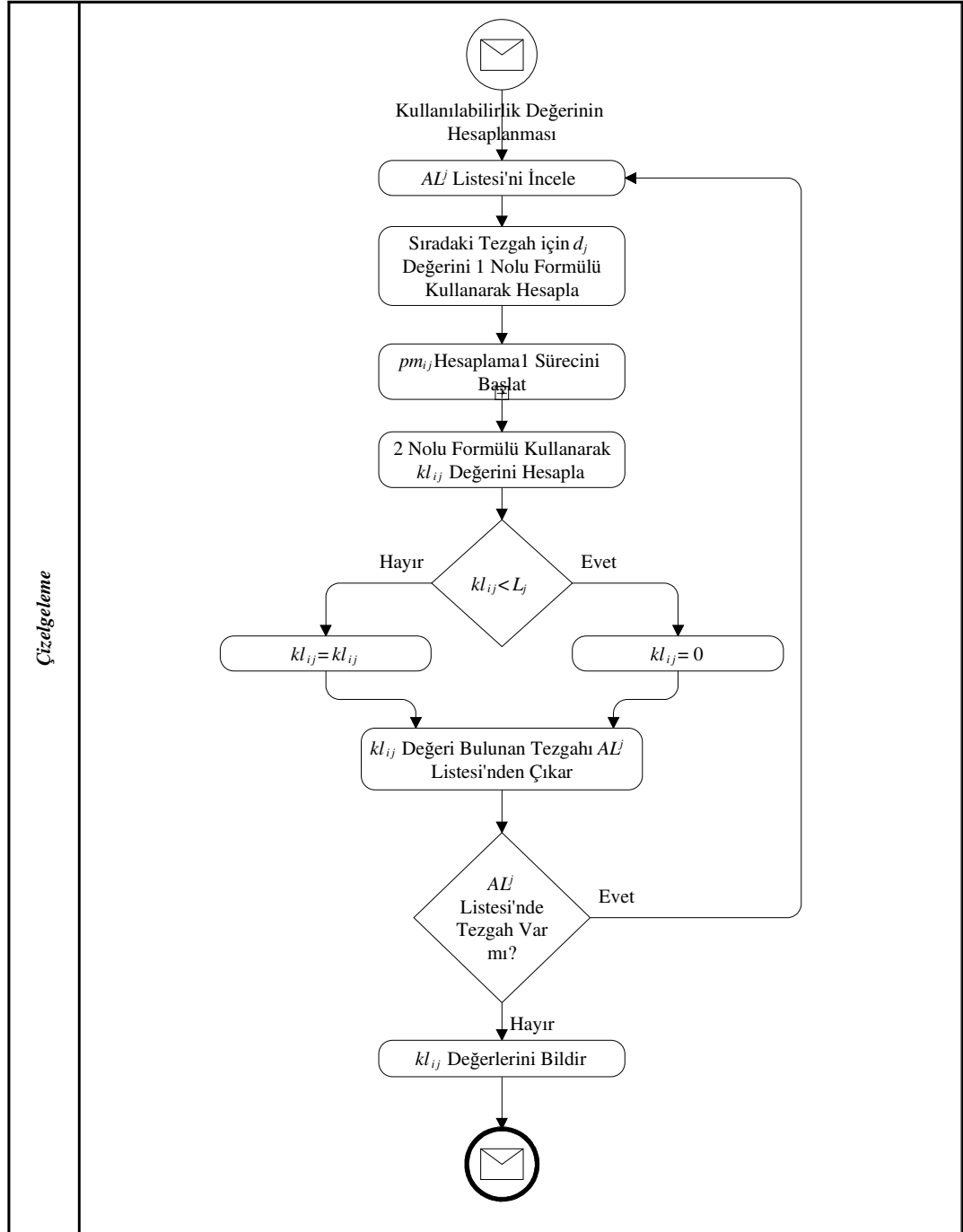
Dördüncü bölümde bahsedildiği üzere süreçler, BPMN İş Süreç Diyagramı’nda en üst seviyede bulunmaktadır. Süreçlerin iç detaylarında “çocuk diyagram” olarak nitelendirilen iş süreç diyagramları ve / veya faaliyetler bulunmaktadır. Önerilen modelin ana akış diyagramında *LL Tezgah Listesi’ni Güncelle* (Şekil 5.1), *JL İş Listesi’ni Güncelle* (Şekil 5.2), *AL<sup>j</sup> Listesi’ndeki Tezgahların Kullanılabilirlik Değerlerini ( $kl_{ij}$ ) Hesapla* (Şekil 5.3), *İşin Sıradaki Tezgaha Atanabileceği  $u_{ij}$  Miktarını Hesapla* (Şekil 5.4), *Bilgi Güncelleme* (Şekil 5.5), *SLL<sub>j</sub> Listesi’ni Oluştur* (Şekil 5.6), *SLL<sub>j</sub> Listesi’ndeki Tezgahların Kullanılabilirlik Değerlerini ( $kl_{ij}$ ) Hesapla* (Şekil 5.7), *ULL<sub>j</sub> Tezgah Listesi’ni Oluştur* (Şekil 5.8) ve *ULL<sub>j</sub> Listesi’ndeki Tezgahların Her Birisi İçin  $dt_{ij}$  Değerini Hesapla* (Şekil 5.9) olmak üzere toplam dokuz adet süreç diyagramı bulunmaktadır.



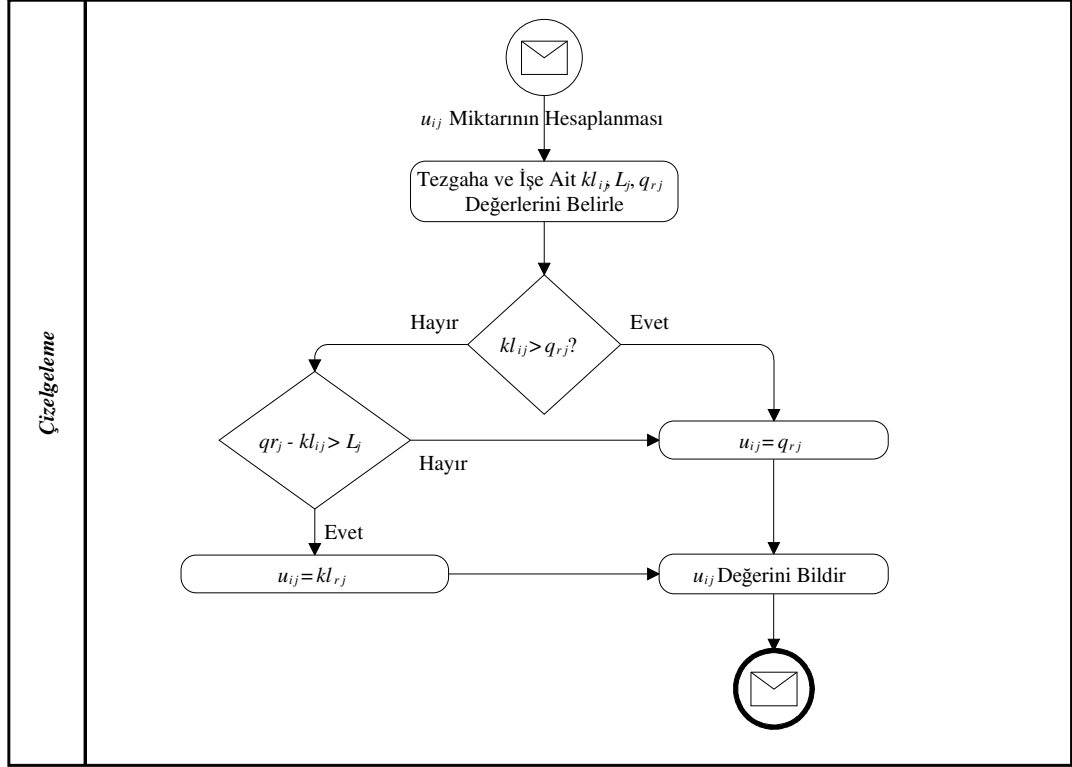
Şekil 5.1 LL Tezgah Listesi'ni Güncelle süreci



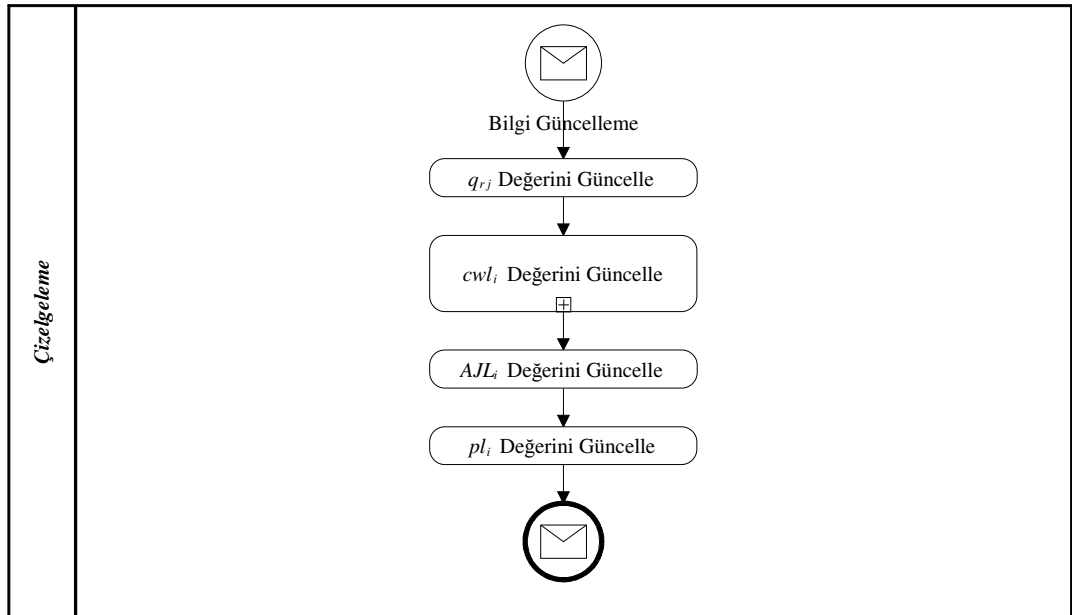
Şekil 5.2 JL İş Listesi'ni Güncelle süreci



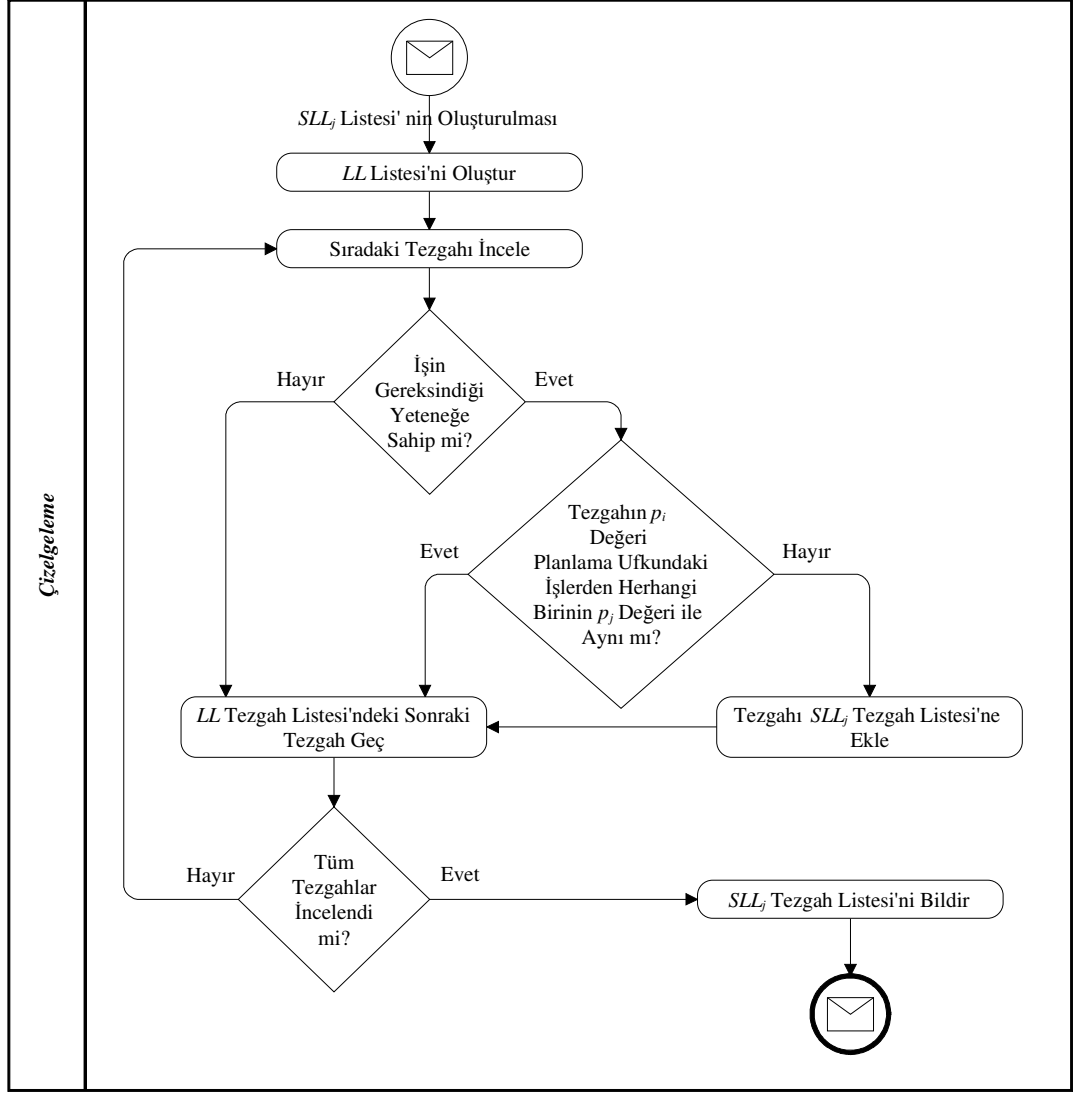
Şekil 5.3  $AL^j$  Listesi'ndeki Tezgahların Kullanılabilirlik Değerlerini Hesapla süreci



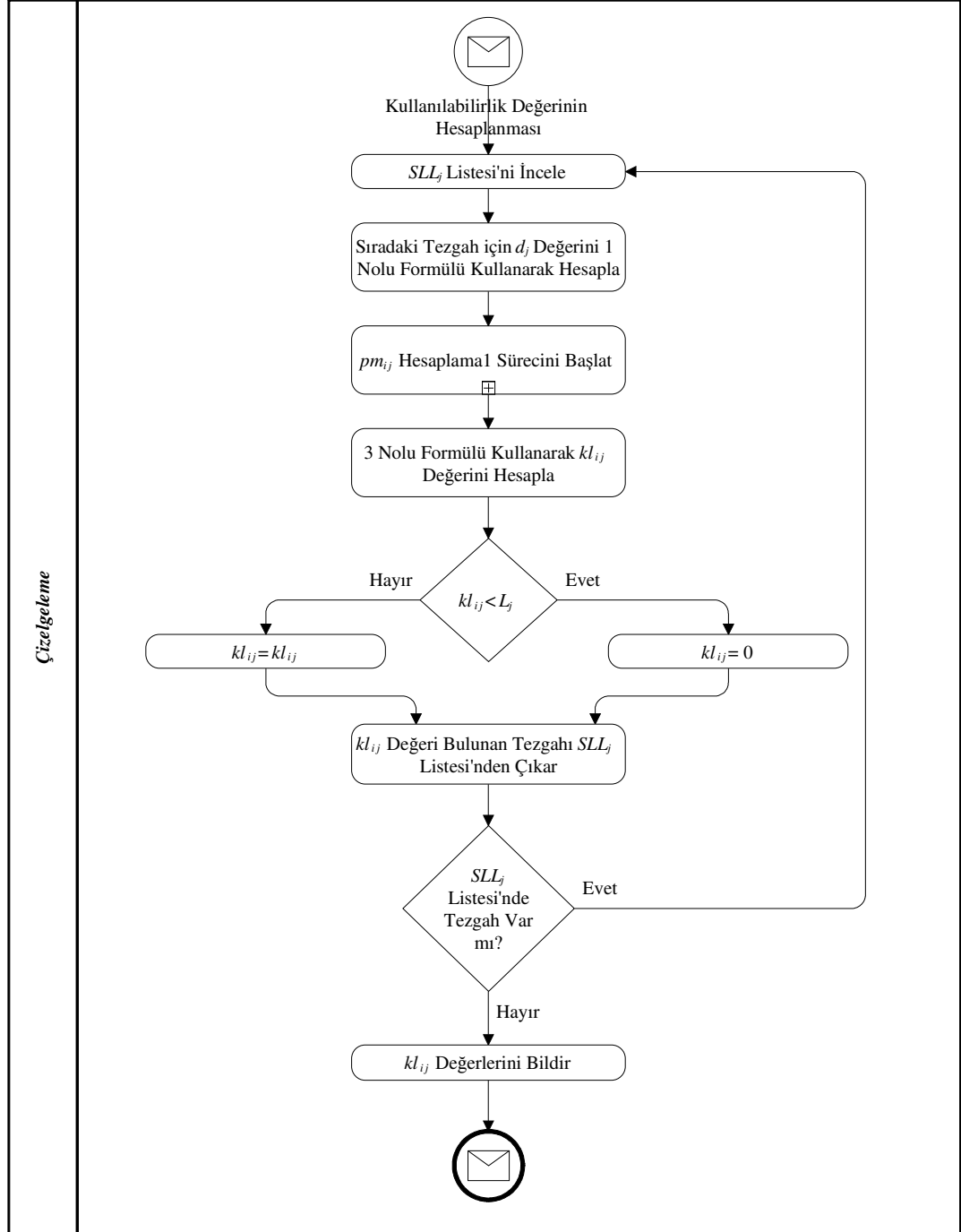
Şekil 5.4 İşin Sıradaki Tezgaha Atanabileceği  $u_{ij}$  Miktarını Hesapla süreci



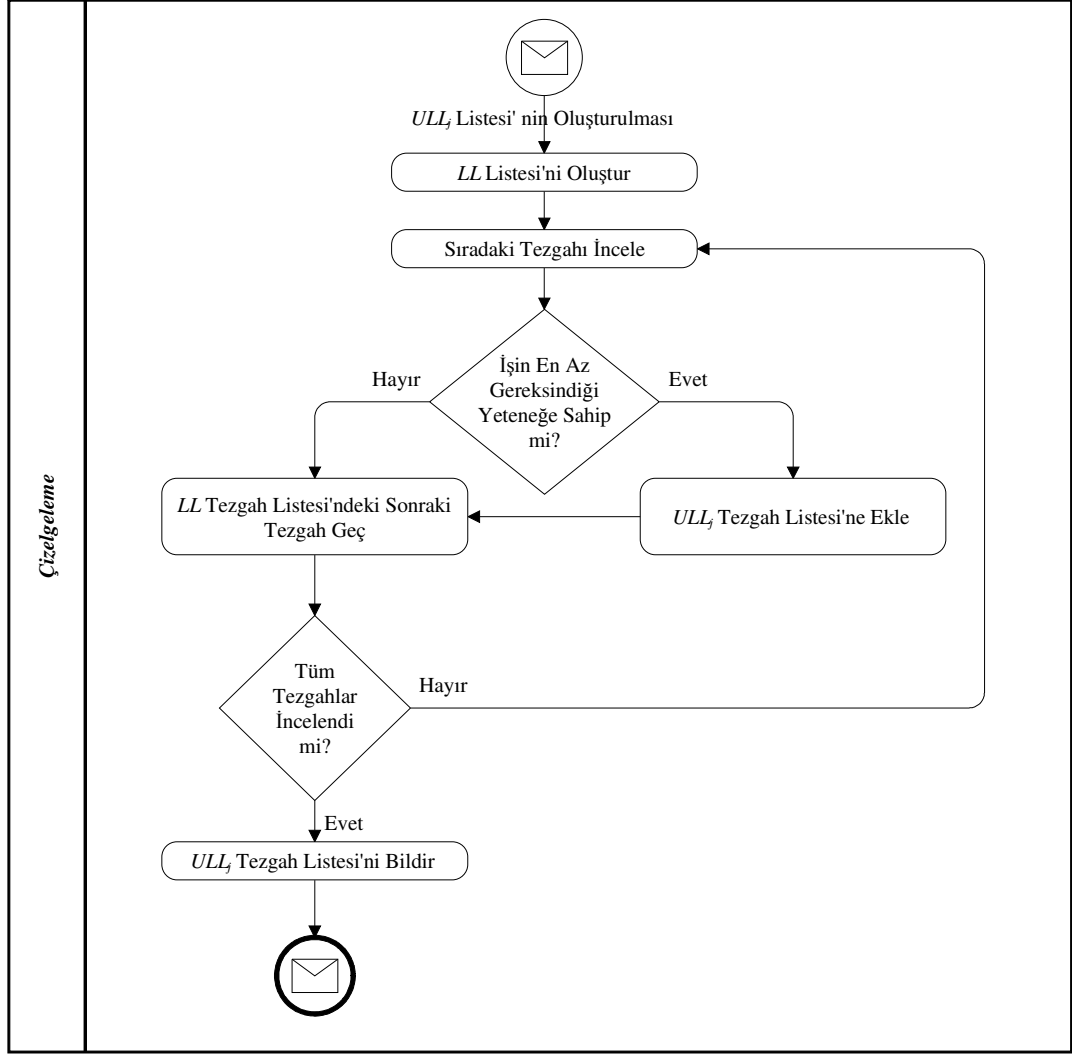
Şekil 5.5 Bilgi Güncelleme süreci



Şekil 5.6 SLL<sub>j</sub> Listesi'ni Oluştur süreci

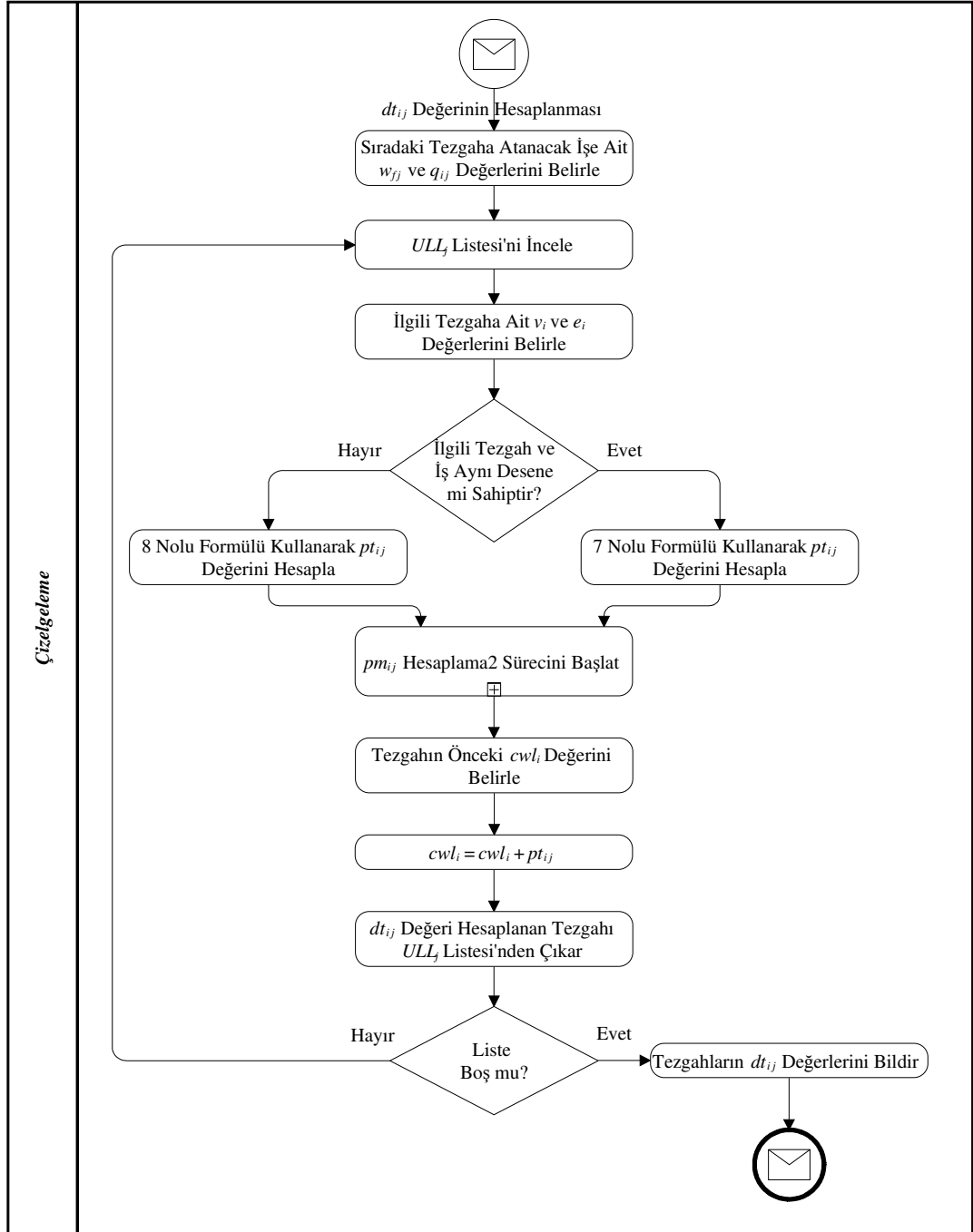


Şekil 5.7 SLL<sub>j</sub> Listesi'ndeki Tezgahların Kullanılabilirlik Değerlerini Hesapla süreci



Şekil 5.8 ULL<sub>j</sub> Tezgah Listesi'ni Oluştur süreci

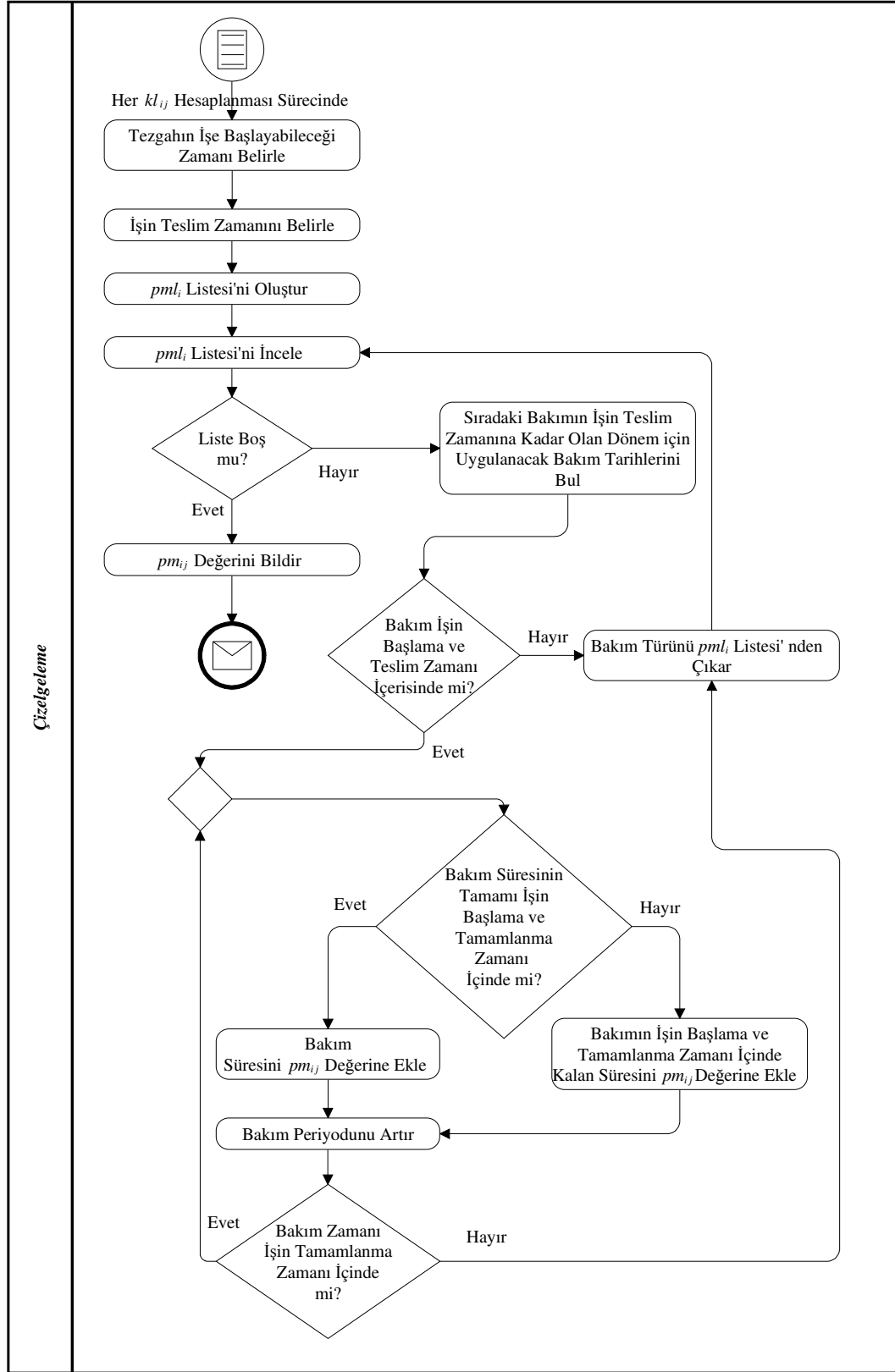




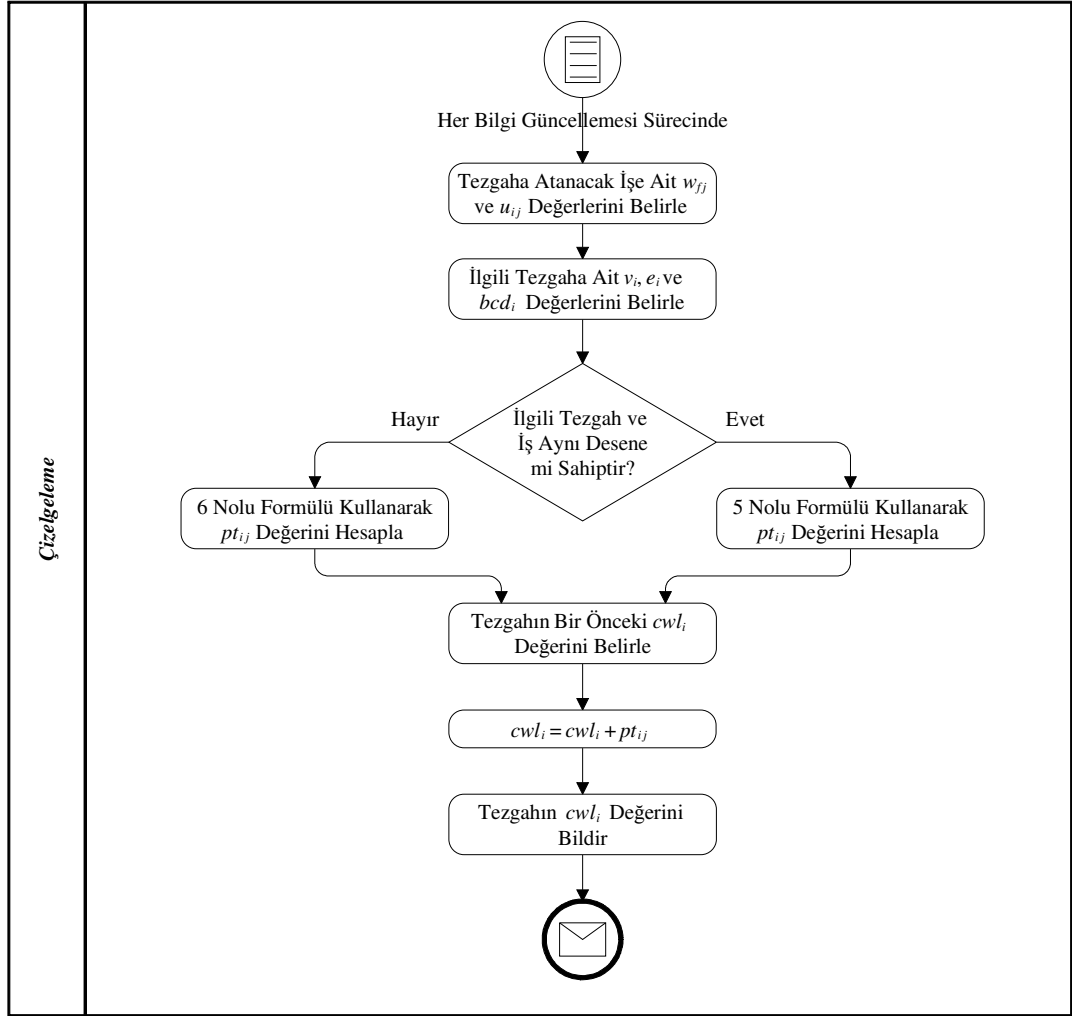
Şekil 5.9 ULL<sub>j</sub>Listesi'ndeki Tezgahların Her Birisi İçin dt<sub>ij</sub> Değerini Hesapla süreci

### 5.3.3. Alt – süreç diyagramları

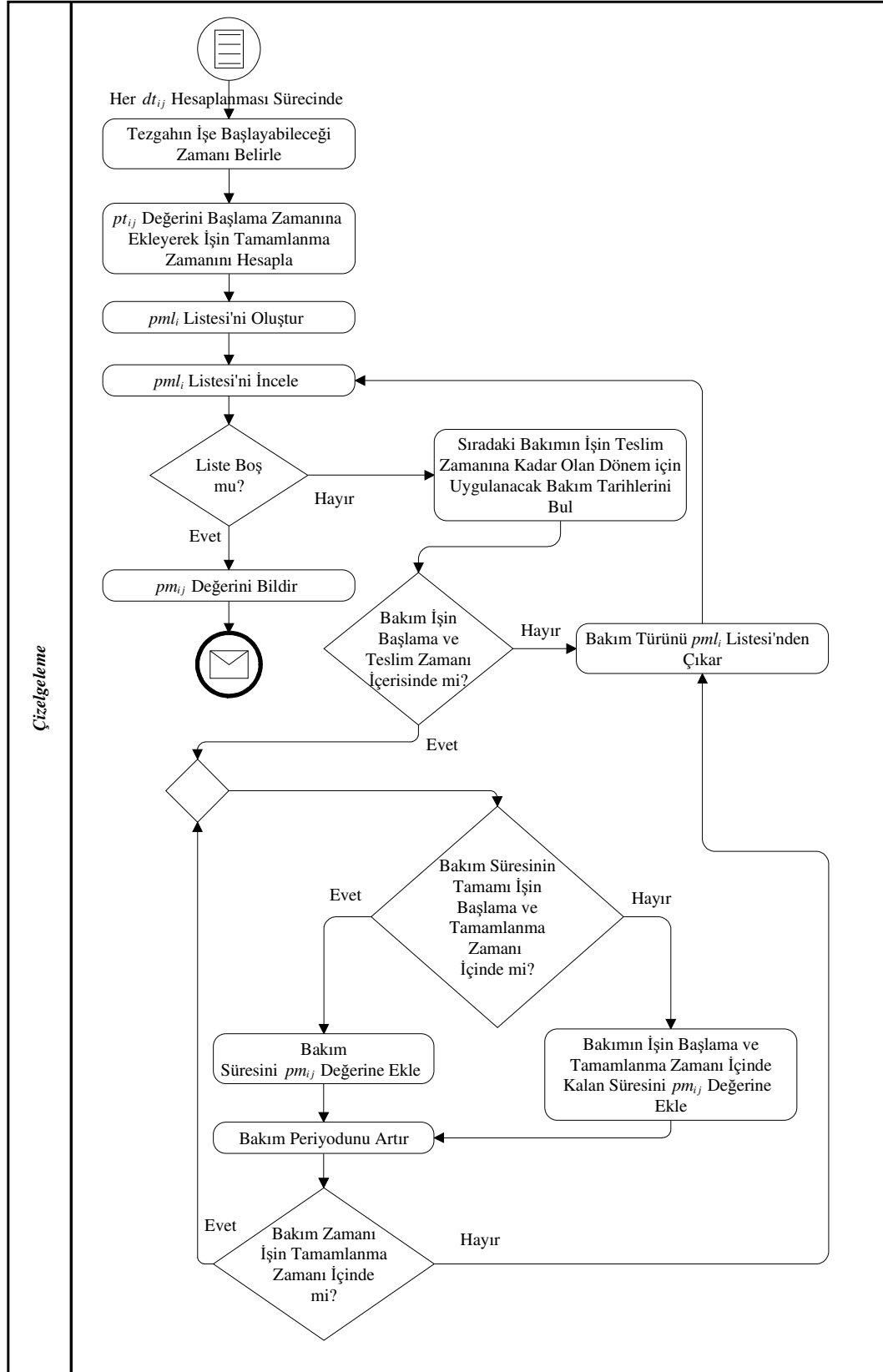
Dördüncü Bölüm’de bahsedildiği gibi sürecin altında bulunan çocuk diyagramındaki bir sürecin de iç detayında iş süreç diyagramı bulunabilmektedir. Çocuk diyagramı üzerinde bulunan ve iç detayında da çocuk diyagramına sahip olan süreçler, alt-süreç olarak nitelendirilmektedir. Önerilen model içerisinde *pm<sub>ij</sub> Hesaplama1 Sürecini Başlat* (Şekil 5.10), *cwl<sub>i</sub> Değerini Güncelle* (Şekil 5.11) ve *pm<sub>ij</sub> Hesaplama2 Sürecini Başlat* (Şekil 5.12) olmak üzere toplam üç adet alt-süreç bulunmaktadır.



Şekil 5.10  $pm_{ij}$  Hesaplama1 Sürecini Başlat alt-süreci



Şekil 5.11  $cwl_i$  Değerini Güncelle alt-süreci



Şekil 5.12  $pm_{ij}$  Hesaplama2 Sürecini Başlat alt-süreci

#### 5.4. Örnek Problem

Önerilen çizelgeleme modelinin işleyişini göstermek için bir örnek problem oluşturulmuştur. Örnek problem kapsamında işletmenin dokuma salonunda dört adet dokuma tezgahı ve planlama ufkunun başlangıcında üç adet işin olduğu varsayılmıştır. Çizelgeleme modeli, 20.06.2006 tarihinde saat 12:00'de çalıştırılmaktadır. Çizelgeleme modelinin işleyişi aşağıda sunulmuştur:

##### 1. *LL Tezgah Listesi'ni Güncelle*

*LL Tezgah Listesi'ni Güncelle* alt diyagrama sahip olan bir süreçtir. Bu alt diyagramdaki öncelikli faaliyet ise *LL Listesi'nin* oluşturulmasıdır ki bu liste dokuma salonundaki tüm tezgahları ifade etmektedir. *LL Tezgah Listesi'ni Güncelle* sürecindeki sonraki faaliyetlerde ise tezgahlara ait olan bilgilerin belirlenmesi faaliyetleri bulunmaktadır. Örnek problemdeki tezgahlara ait bilgilerin Tablo 5.2'deki gibi olduğu varsayılmıştır.

**Tablo 5.2** Örnek problemdeki tezgahlara ait bilgiler

Tezgahlar	$k_i$	$v_i$	$e_i$	$bcd_i$	$pcd_i$	$cwl_i$	$pl_i$
T1	2	360	0,80	2	16	20	a
T2	1	360	0,85	2	16	10	b
T3	2	300	0,80	2	18	40	b
T4	2	280	0,75	2	18	20	c

*LL Tezgah Listesi'ni Güncelle* sürecindeki faaliyetler içerisinde tezgahlara uygulanan bakım bilgileri de dikkate alınmakta olup tezgah bakım bilgilerinin Tablo 5.3'deki gibi olduğu varsayılmıştır.

**Tablo 5.3** Örnek problemdeki tezgahlara ait bakım bilgileri

Tezgahlar	Bakım Türü	$pmt_i$	$pmh_i$	$pmp_i$ (saat)	$pmd_i$ (saat)
T1	Yağ Değişimi	10.06.2006	14:00	168	3
T2	Yağ Değişimi	11.06.2006	14:00	168	3
T3	Yağ Değişimi	09.06.2006	14:00	168	4
T4	Yağ Değişimi	12.06.2006	14:00	168	4

## 2. *JL İş Listesi'ni Güncelle*

*JL İş Listesi'ni Güncelle* alt diyagrama sahip olan bir süreçtir. Bu alt diyagramdaki öncelikli faaliyet ise *JL Listesi'nin* oluşturulmasıdır ki bu liste planlama ufku başlangıcındaki tüm işleri ifade etmektedir. *JL İş Listesi'ni Güncelle* sürecindeki sonraki faaliyetlerde ise işlere ait olan bilgiler belirlenmektedir. Örnek problemdeki işlere ait olan bilgilerin Tablo 5.4'deki gibi olduğu varsayılmıştır.

**Tablo 5.4** Örnek problemdeki işlere ait bilgiler

İşler	$p_i$	$q_i$	$wf_j$	$rlt_j$	$C_i$	$L_i$
İ1	d	1200	26	1	30.06.2006 – 12:00	250
İ2	b	1500	25	1	28.06.2006 – 12:00	250
İ3	a	750	26	2	27.06.2006 – 12:00	250

## 3. $O^{EDD}$ Listesi'ni Oluştur

$O^{EDD}$  Listesi'ni Oluştur faaliyeti, çizelgelenecek işlerin en kısa teslim zamanına göre sıralanmasıyla elde edilen liste olup, örnek problemde  $O^{EDD} = \{İ3, İ2, İ1\}$  olmaktadır.

## 4. $O^{EDD}$ Listesi'ni İncele

$O^{EDD}$  Listesi'ni İncele süreci içerisinde, oluşturulmuş olan listenin gözden geçirilmesi gerekmektedir.  $O^{EDD}$  Listesi'nin boş olması planlama ufkunda tezgahlara atanacak olan herhangi bir işin kalmadığı anlamına gelmekte ve algoritma sonlandırılmaktadır.  $O^{EDD}$  Listesi'nin dolu olması ile ise bir sonraki adıma geçilmektedir.

## 5. Sıradaki İş için $AL^j$ Listesi'ni Oluştur

Sıradaki İş için  $AL^j$  Listesi'ni Oluştur faaliyeti,  $O^{EDD}$  Listesi'nin sıradaki işinin deseni ile  $pl_i$  Listesi'nin son işinin ( $p_i$ ) deseni aynı olan (desen numaralarının aynı olması durumu) tezgahları belirlemektedir. Örnek problemde sıradaki iş İ3 olmakta ve İ3 için oluşturulan  $AL^{İ3} = \{T1\}$  olmaktadır.

## 6. $AL^j$ Listesi'ni İncele

$AL^j$  Listesi'ni İncele süreci içerisinde, oluşturulmuş olan listenin gözden geçirilmesi gerekmekte ve listenin boş veya dolu olmasına göre iki farklı yol izlenmektedir.

Örnekte elde etmiş olduğumuz  $AL^{I3}$  Listesi dolu olduğu için  $AL^j$  Listesi'ndeki Tezgahların Kullanılabilirlik Değerlerini ( $kl_{ij}$ ) Hesapla sürecine geçilmektedir.  $AL^{I3}$  Listesi'nin boş olması durumunda ise  $CLL_j$  Tezgah Listesi'ni Oluştur sürecine geçilecekti.

#### 7. $AL^j$ Listesi'ndeki Tezgahların Kullanılabilirlik Değerlerini ( $kl_{ij}$ ) Hesapla

$AL^j$  Listesi'ndeki Tezgahların Kullanılabilirlik Değerlerini ( $kl_{ij}$ ) Hesapla, alt diyagrama sahip olan bir süreçtir. Bu alt diyagramdaki öncelikli faaliyet ise  $AL^j$  Listesi'nin incelenmesinden sonra, Sıradaki Tezgah için  $d_j$  Değerini 1 Nolu Formülü Kullanarak Hesapla faaliyetidir.

#### 8. Sıradaki Tezgah için $d_j$ Değerini 1 Nolu Formülü Kullanarak Hesapla

I3 işinin dokunabilmesi için sahip olunan süre anlamına gelen  $d_{I3}$  (1) nolu formülde verildiği gibi aşağıda hesaplanmaktadır:

$$\begin{aligned} d_{I3} &= (C_{I3}) - (\text{Çizelgeleme Zamanı}) \\ &= (27.06.2006\ 12:00) - (20.06.2006\ 12:00) \\ &= 168\ \text{Saat} \end{aligned}$$

#### 9. $pm_{ij}$ Hesaplama1 Sürecini Başlat

$pm_{ij}$  Hesaplama1 Sürecini Başlat, alt diyagrama sahip olan bir alt süreçtir. Bu alt süreç 2 nolu formül kullanılarak hesaplanan her  $kl_{ij}$  hesaplama sürecinde çalıştırılmaktadır. Bu alt süreç içerisindeki öncelikli faaliyet, Tezgahın İşe Başlayabileceği Zamanı Belirle faaliyetidir.

#### 10. Tezgahın İşe Başlayabileceği Zamanı Belirle

Tezgahın İşe Başlayabileceği Zamanı Belirle faaliyeti, I3 işinin T1 tezgahında üretime alınabileceği en erken zamanı belirlemektedir. Bu en erken zaman ise çizelgeleme zamanına, T1 tezgahının  $cwl_{T1}$  değerinin eklenmesi ile bulunmaktadır. T1 tezgahının I3 işine başlayabileceği zaman, çizelgeleme zamanı olan 20.06.2006 12:00 ile  $cwl_{T1}$  değerinin (20 saat) toplanması sonucu elde edilen 21.06.2006 08:00 olmaktadır.



### 11. *İşin Teslim Zamanını Belirle*

*İşin Teslim Zamanını Belirle* faaliyeti ile İ3 işinin teslim zamanını ifade eden  $C_{13}$  değeri dikkate alınmakta olup,  $C_{13} = 27.06.2006$  12:00 olmaktadır.

### 12. *pml<sub>i</sub>Listesi'ni Oluştur*

*pml<sub>i</sub>Listesi'ni Oluştur* faaliyeti, T1 tezgahına uygulanan tüm bakımları listelemektedir. Örnek problemde T1 tezgahına sadece yağ değişimi bakımı uygulanmaktadır.

### 13. *pml<sub>i</sub>Listesi'ni İncele*

*pml<sub>i</sub>Listesi'ni İncele* faaliyeti ile tezgahın bakım listesinin boş olup olmadığına bakılmakta ve bakım listesi boş ise *pm<sub>ij</sub> Değerini Bildir* faaliyetine geçilmektedir. Bakım listesi boş değil ise *Sıradaki Bakımın İşin Teslim Zamanına Kadar Olan Dönem için Uygulanacak Bakım Tarihlerini Bul* faaliyetine geçilmektedir.

### 14. *Sıradaki Bakımın İşin Teslim Zamanına Kadar Olan Dönem için Uygulanacak Bakım Tarihlerini Bul*

Örnek problemde, T1 tezgahına ait bakım listesi boş değildir ve sıradaki faaliyete geçilmektedir. İlgili bakımın, işin teslim zamanına kadar olan dönem için uygulandığı tarihleri bulmak için, bakım başlangıç tarihine işin teslim zamanına kadarki dönem için bakım periyotları eklenmektedir. T1 tezgahında uygulanan bakım başlangıç zamanı 10.06.2006 – 14:00 olmaktadır ve işin teslim zamanı olan 27.06.2006 12:00 tarihine kadar bakım periyotları eklenerek T1 tezgahının bakım tarihleri aşağıdaki gibi bulunmaktadır:

Bakım Başlangıcı 10.06.2006 – 14:00	Bakım Periyodu	168 saat
Sonraki Bakım 17.06.2006 – 14:00		
Sonraki Bakım 24.06.2006 – 14:00		
Sonraki Bakım 01.07.2006 – 14:00		

İşin teslim zamanı 27.06.2006 olduğu için, tezgahın bu iş için kullanılabilirlik değerinin hesaplanmasında bu tarihten sonraki bakım tarihlerinin dikkate alınmasına gerek yoktur.

15. *Bakım İşin Başlama ve Teslim Zamanı İçerisinde mi?*

Bakım tarihleri bulunduktan sonra *Bakım İşin Başlama ve Teslim Zamanı İçerisinde mi?* sorusunun sorulduğu karar noktasına gelinmektedir. Bu karar noktasına verilen cevabın *Hayır* olması durumunda *Bakım Türünü pml<sub>i</sub> Listesi'nden Çıkar* faaliyetine, *Evet* olması durumunda ise *Bakım Süresinin Tamamı İşin Başlama ve Tamamlanma Zamanı İçinde mi?* sorusunun sorulduğu karar noktasına gelinmektedir. Örnek problemde T1 tezgahına ait yağ değişimi bakımı 24.06.2006 tarihinde gerçekleştirileceği için *Bakım Süresinin Tamamı İşin Başlama ve Tamamlanma Zamanı İçinde mi?* karar noktasına gelmekte ve yağ değişimi bakımının tamamı işin başlama ve tamamlanma zamanı içerisinde olduğu için *Bakım Süresini pm<sub>ij</sub> Değerine Ekle* faaliyetine geçilmektedir.

16. *Bakım Süresini pm<sub>ij</sub> Değerine Ekle*

*Bakım Süresini pm<sub>ij</sub> Değerine Ekle* faaliyeti ile  $pm_{T1i3}$  değerine üç saat eklenmektedir.

17. *Bakım Periyodunu Artır*

*Bakım Periyodunu Artır* faaliyeti ile 24.06.2006 tarihine 168 saat eklenmekte ve 01.07.2006 tarihi bulunmaktadır. Sonrasında *Bakım Zamanı İşin Tamamlanma Zamanı İçinde mi?* sorusunun sorulduğu karar noktasına gelinmekte ve işin teslim zamanı olan 27.06.2006 tarihi geçildiği için *Hayır* yolu takip edilerek *Bakım Türünü pml<sub>i</sub> Listesi'nden Çıkar* faaliyeti uygulanmaktadır. T1 tezgahına ait bakım listesinde başka bir bakım türü bulunmadığı için  $pm_{T1i3} = 3$  saat olarak belirlenerek *pm<sub>ij</sub> Hesaplama1 Sürecini Başlat* alt süreci tamamlanmaktadır.

18. *2 Nolu Formülü Kullanarak kl<sub>ij</sub> Değerini Hesapla*

*2 Nolu Formülü Kullanarak kl<sub>ij</sub> Değerini Hesapla* faaliyeti ile, aşağıda da belirtilmiş olan (2) nolu formülü kullanılarak  $kl_{T1i3}$  değeri hesaplanmaktadır.

$$kl_{T1i3} = \max \left[ 0, \frac{[d_{i3} - cwl_{T1} - bcd_{T1} - pm_{T1i3}]}{\frac{1}{60} \left[ \frac{100 \times wf_{i3}}{v_{T1} \times e_{T1}} \right]} \right]; \quad i \in G_k$$

$$kl_{T1B} = 950,4 \text{ metre}$$

$$19. kl_{ij} < L_j$$

$kl_{ij}$  değeri hesaplandıktan sonra,  $kl_{ij} < L_j$  karar noktasına gelinmektedir. Eğer ki bu koşul doğru ise  $kl_{T1B} = 0$ , koşul doğru değil ise de  $kl_{T1B} = kl_{T1B}$  ataması yapılmaktadır.

$$950,4 < 250 \text{ koşulu doğru olduğu için } kl_{T1B} = 950,4 \text{ metre olmaktadır.}$$

#### 20. $kl_{ij}$ Değeri Bulunan Tezgahı $AL^j$ Listesi'nden Çıkar

T1 tezgahı  $AL^{13}$  Listesi'nden çıkartılmakta ve  $AL^j$  Listesi'nde Tezgah Var mı? karar noktasına gelinmektedir.  $AL^{13}$  Listesi'nde tezgah bulunmadığı için,  $kl_{ij}$  Değerlerini Bildir faaliyet uygulanmakta ve  $AL^j$  Listesi'ndeki Tezgahların Kullanılabilirlik Değerlerini ( $kl_{ij}$ ) Hesapla alt süreci tamamlanmaktadır.

#### 21. $AL^j$ Listesi'ndeki Tezgahları Yeteneklerine Göre Grupla

$AL^{13}$  Listesi'nde sadece bir tezgah bulunmakta ve  $k_{T1} = 2$  olmaktadır. Bu faaliyet sonucunda sadece bir adet grup ortaya çıkmaktadır. Bu faaliyetten sonra gelen Her Bir Grup İçerisindeki Tezgahları Kullanılabilirlik Değerlerine Göre Sırala faaliyeti içerisinde,  $AL^{13}$  Listesi'nde bulunan her bir grup içerisindeki tezgahlar kullanılabilirlik değeri en yüksekten başlanmak üzere sıralanmaktadır.  $AL^{13}$  Listesi'nde bir adet grup ve bu grup içerisinde de bir adet tezgah bulunmaktadır.

#### 22. Gruplar İçindeki Tezgahları İlgili İşin Gereksindiği Yetenekten Başlayarak Listele

$AL^j$  Listesi'nde bulunan tüm gruplar, yeteneklerine göre sıralanmaktadır. Bu sıralamada  $j$  işinin gereksinim duyduğu yetenekteki tezgahlar önce yer almakta ve daha sonrasında ise en yetenekli tezgahtan işin gerçekleştirilemeyeceği yetenekteki tezgaha (işin gerçekleştirilemeyeceği tezgah hariç) kadar olan tezgahlar sıralanmaktadır. Şu anda tek grup ve bu grup içerisinde de tek tezgah olduğu için  $AL^{13} = \{T1\}$  olacaktır.

#### 23. $AL^j$ Listesi'ni İncele

$AL^j$  Listesi'ni İncele süreci içerisinde, oluşturulmuş olan liste gözden geçirilmektedir.  $AL^j$  Listesi'nin boş olması durumunda  $SLL_j$  Listesi'ni Oluştur alt

sürecine geçilmektedir. Örnek problemde yer alan  $AL^{13}$  Listesi boş olmadığı için *İşin Sıradaki Tezgaha Atanabileceği  $u_{ij}$  Miktarını Hesapla* alt sürecine geçilmektedir.

#### 24. *İşin Sıradaki Tezgaha Atanabileceği $u_{ij}$ Miktarını Hesapla*

*İşin Sıradaki Tezgaha Atanabileceği  $u_{ij}$  Miktarını Hesapla*, alt diyagrama sahip olan bir alt süreçtir. Bu alt süreç içerisindeki öncelikli faaliyet ise *Tezgaha ve İşe Ait  $kl_{ij}$ ,  $L_j$ ,  $q_{rj}$  Değerlerini Belirle* faaliyeti olmaktadır.

#### 25. *Tezgaha ve İşe Ait $kl_{ij}$ , $L_j$ , $q_{rj}$ Değerlerini Belirle*

Bu faaliyet içerisinde aşağıdaki değerler belirlenmektedir:

$$kl_{T113} = 950,4 \text{ metre}$$

$$L_{13} = 250 \text{ metre}$$

$$q_{r13} = 750 \text{ metre}$$

#### 26. $kl_{ij} > q_{rj}$

Tezgaha ve işe ait olan değerler belirlendikten sonra  $kl_{ij} > q_{rj}$  karar noktasına gelinmektedir. Bu karar noktasında eğer ki tezgahın kullanılabilirlik değerinin, işin geri kalan miktarından daha büyük olduğu yönünde bir karar çıkarsa *Evet* yolu izlenerek  $u_{ij} = q_{rj}$  atamasının yapıldığı faaliyete geçilmektedir.

Örnek problemde;

$$kl_{T113} = 950,4 \text{ metre} > q_{r13} = 750 \text{ metre}$$

olarak değerlendirilmekte ve karar noktasından *Evet* yolu izlenilerek devam edilerek  $u_{T113} = 750$  metre olmaktadır.

Bu karar noktasında eğer ki tezgahın kullanılabilirlik değerinin, işin geri kalan miktarından küçük olduğu yönünde bir karar çıkarsa idi *Hayır* yolu izlenerek devam edilecek ve  $q_{rj} - kl_{ij} > L_j$  büyüklüğünün sorgulandığı karar noktasına gelinecekti. Bu karar noktasında ise işin geri kalan kısmı ile tezgahın kullanılabilirlik değeri arasındaki farkın, işin bölünebileceği en küçük parça uzunluğundan büyük olup olmaması durumu belirlenmeye çalışılmaktadır. Karar noktasından *Hayır* yolu izlenilerek devam edilirse  $u_{ij} = q_{rj}$ , *Evet* yolu izlenilerek devam edilirse de  $u_{ij} = kl_{ij}$  atamaları yapılmaktadır.

### 27. $u_{ij}$ Değerini Bildir

$u_{ij}$  Değerini Bildir faaliyeti ile İşin Sıradaki Tezgaha Atanabileceği  $u_{ij}$  Miktarını Hesapla alt süreci tamamlanmaktadır.

### 28. İşe Ait $u_{ij}$ Miktarını Tezgaha Ata

İşe Ait  $u_{ij}$  Miktarını Tezgaha Ata faaliyeti ile İ3 işine ait olan 750 metre T1 tezgahında üretilmek üzere kaydedilmektedir.

### 29. Tezgahı $AL^j$ Listesi'nden Çıkar

Tezgahı  $AL^j$  Listesi'nden Çıkar faaliyeti ile T1 tezgahının İ3 işi için kullanılabilirliğinin kalmamasından dolayı  $AL^{i3}$  Listesi'nden çıkartılması gerçekleştirilmektedir.

### 30. Bilgi Güncelleme Süreci

Bilgi Güncelleme Süreci, alt diyagrama sahip olan bir alt süreçtir. Gerçekleştirilen atamaların arkasından iş ve tezgah bilgilerinin güncellenmesini sağlamaktadır.

### 31. $q_{rj}$ Değerini Güncelle

$q_{rj}$  Değerini Güncelle faaliyeti ile işin geri kalan kısmı olan  $q_{r,i3}$  değeri güncellenmektedir. İşin tamamı T1 tezgahına atandığı için bu faaliyet sonunda  $q_{r,i3} = 0$  şeklinde güncellenecektir.

### 32. $cwl_i$ Değerini Güncelle

$cwl_i$  Değerini Güncelle, alt diyagrama sahip olan bir alt süreçtir.  $cwl_i$  Değerini Güncelle faaliyeti, her Bilgi Güncelleme Süreci içerisinde gerçekleştirilmektedir. Bu faaliyet içerisindeki öncelikli faaliyet, Tezgaha Atanacak İşe Ait  $w_{fj}$  ve  $u_{ij}$  Değerlerini Belirle faaliyeti olmaktadır. Örnek problemdeki bu değerler aşağıda belirtilmektedir:

$$w_{f,i3} = 26 \text{ tel / cm}$$

$$u_{T1,i3} = 750 \text{ metre}$$

33. *İlgili Tezgaha Ait  $v_i$ ,  $e_i$  ve  $bcd_i$  Değerlerini Belirle*

*İlgili Tezgaha Ait  $v_i$ ,  $e_i$  ve  $bcd_i$  Değerlerini Belirle* faaliyeti kapsamında aşağıdaki değerler belirlenmektedir:

$$v_{T1} = 360 \text{ devir / dakika}$$

$$e_{T1} = 0,8$$

$$bcd_{T1} = 2 \text{ saat}$$

34. *İlgili Tezgah ve İş Aynı Desene mi Sahiptir?*

İlgili işe ve tezgaha ait değerler belirlendikten sonra *İlgili Tezgah ve İş Aynı Desene mi Sahiptir?* sorusunun sorulduğu karar noktasına gelinmektedir. İlgili tezgah ve iş aynı desene sahipse (5) nolu, değilse (6) nolu formül kullanılarak  $pt_{T1i3}$  değeri hesaplanmaktadır. Örnek problemde, karar noktasından *Evet* yolu izlenerek *5 Nolu Formülü Kullanarak  $pt_{ij}$  Değerini Hesapla* faaliyetine geçilmektedir.

35. *5 Nolu Formülü Kullanarak  $pt_{ij}$  Değerini Hesapla*

*5 Nolu Formülü Kullanarak  $pt_{ij}$  Değerini Hesapla* faaliyeti kapsamında (5) nolu formül aşağıdaki gibi kullanılarak  $pt_{T1i3}$  değeri hesaplanmaktadır:

$$pt_{ij} = \left[ \frac{1}{60} \left[ \frac{100 \times wf_j \times xu_{ij}}{v_i \times e_i} \right] + bcd_i \right]$$

$$pt_{T1i3} = 114,8472 \text{ saat}$$

36. *Tezgahın Bir Önceki  $cwl_i$  Değerini Belirle*

*Tezgahın Bir Önceki  $cwl_i$  Değerini Belirle* faaliyeti ile T1 tezgahına ait olan  $cwl_{T1}$  değerinin 20 saat olduğu belirlenmektedir.

$$37. cwl_i = cwl_i + pt_{ij}$$

$cwl_i = cwl_i + pt_{ij}$  faaliyeti ile *i*. tezgaha atama yapıldıktan sonra ilgili tezgaha ait olan iş yükünün güncellenmesi gerçekleştirilmektedir.  $cwl_{T1}$  değeri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$cwl_{T1} = cwl_{T1} + pt_{T1i3}$$

$$cwl_{T1} = 20 \text{ saat} + 114,8472 \text{ saat}$$

$$cwl_{T1} = 134,8472 \text{ saat}$$

### 38. Tezgahın $cwl_i$ Değerini Bildir

*Tezgahın  $cwl_i$  Değerini Bildir* faaliyeti ile  *$cwl_i$  Değerini Güncelle* alt süreci tamamlanmaktadır.

### 39. $AJL_i$ Değerini Güncelle

*$AJL_i$  Değerini Güncelle* faaliyeti ile, *i*. tezgaha atanmış olan işleri ve işlerin miktarlarını gösteren  $AJL_{T1}$  Listesi aşağıdaki gibi güncellenmektedir.

$$AJL_{T1} = \{(13, 750)\}$$

### 40. $pl_i$ Değerini Güncelle

*$pl_i$  Değerini Güncelle* faaliyeti ile  $pl_{T1}$  değeri aşağıdaki şekilde güncellenmekte ve *Bilgi Güncelleme Süreci* alt süreci tamamlanmaktadır:

$$pl_{T1} = (a)$$

### 41. $q_{rj} = 0$ ?

*Bilgi Güncelleme Süreci* tamamlandıktan sonra  $q_{rj} = 0$  ? sorusunun sorulduğu karar noktasına gelinmektedir.  $q_{r13} = 0$  değilse,  *$SLL_j$  Listesi'ni İncele* faaliyetine geri dönülmektedir.  $q_{r13} = 0$  olduğu için *İşi  $O^{EDD}$  Listesi'nden Çıkar* faaliyetine gelinmektedir.

### 42. *İşi $O^{EDD}$ Listesi'nden Çıkar*

*İşi  $O^{EDD}$  Listesi'nden Çıkar* faaliyeti ile 13 işi  *$O^{EDD}$  Listesi'nden çıkartılmaktadır.* İlgili iş  *$O^{EDD}$  Listesi'nden çıkartıldıktan sonra,  $O^{EDD}$  Listesi'ni İncele* faaliyetine geri dönülmekte ve akış  *$O^{EDD}$  Listesi'nde* atanacak iş kalmayana kadar devam edecektir.  *$O^{EDD}$  Listesi'nde* iş kalmadığı takdirde  *$AJL_i$  Listesi'ni Raporla* faaliyeti ile akış tamamlanmaktadır.

## 6. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR

### 6.1. Sonuç

Üretim çizelgeleme, üretim planlama ve kontrol sistemlerinin üretim ortamına yansıyan yüzü olmaktadır. Üretim çizelgeleme faaliyetlerinin sağlıklı ve etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi ile siparişlere daha hızlı cevap verilebilme, potansiyel siparişler için daha gerçekçi teslim tarihleri belirlenebilme, fazla mesai ve fason çalışmalarının üretim kapasitesi üzerindeki etkisi gerçek uygulamaya geçmeden test edilebilme ve gerçekçi iş sıralamalarına, parti büyüklüklerinde azalmalara ve daha kısa üretim zamanlarına ulaşılabilmektedir.

Ülkemizin lokomotif sektörü olan tekstilin en çok darboğaz oluşturan dokuma sürecinde gerçekleştirilecek çizelgeleme faaliyetleri sonucunda, işletmelerin, rakiplerine karşı büyük bir rekabet avantajı elde edebilecekleri aşikardır.

Bu çalışmada, tek levent kullanılarak üretilen kumaşların dokuma tezgahlarına yüklenmesi için bir çizelgeleme modeli önerilmiştir. Modelin temel amacı, dokuma sürecindeki çizelgeleme problemine anlaşılabilir ve uygulanabilir bir çözüm sunmaktır. Gerçek anlamda sahaya uygun bir model oluşturulması için Denizli’de bulunan dokuma işletmeleri ile görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Önerilen modelde, üretim ortamındaki hazırlık zamanlarının azaltılması amacıyla benzer özelliklere sahip olan işler gruplanarak beraber işlem görmekte ve siparişlerin tezgahlara atanması, siparişlerin gereksinim duydukları tezgah yeteneklerine göre yapılmaktadır. Tezgahların siparişler için kullanılabilirlik değerleri bulunurken ve tezgahların atamaları yapılırken tezgah bakım zamanları dikkate alınmaktadır. Her bir tezgah için, tezgaha uygulanacak olan hazırlık tipine göre farklı hazırlık süreleri kullanılabilir. Tezgah hazırlık zamanları, siparişin bölünme sayısına bölünerek tezgahlara dağıtılmamakta, siparişte bulunan bölümlerin yani leventlerin her birisi için, bu leventlerin atanacağı ilgili tezgahın hazırlık zamanının tamamına katlanması sağlanmaktadır. Tezgahlara yapılan atamalar esnasında her bir siparişin bölünebileceği en küçük miktarlar belirlenmekte ve siparişlerin atanması esnasında bu değerler dikkate alınmaktadır. Tezgahlar üzerindeki



desen ile aynı desende olmayan siparişlerin atanması esnasında, planlama ufkunda olup da henüz ataması yapılmamış olan siparişlerin deseni ile aynı deseni üreten tezgahlar dikkate alınmakta ve bu tezgahlara sıradaki sipariş için atama yapılmamaktadır. Önerilen modelin, dokuma işletmelerinde uygulanması ile aşağıdaki faydalar elde edilecektir:

- Sipariş gecikmelerinin azalması,
- Tezgah hazırlık süreçlerinin sayı ve süre olarak azalması,
- Sipariş bölünmelerinin azaltılması ve dolayısıyla tezgahların kullanım oranının artırılması,
- Yeni sipariş teslim zamanlarının daha gerçekçi olarak ayarlanması,
- Çizelgeleme süreci içerisinde bakım zamanlarının da hesaba katılması,
- Çizelgeleme süreci için harcanan zamanın azalması.

Bu çalışma ile bir bilgisayar programının *tasarım ve kodlama süreci*'nden önce gerçekleştirilmesi gereken ve yazılım geliştirme sürecinde en önemli yere sahip olan *analiz süreci* gerçekleştirilmiş olup zaman kısıtlaması sebebi ile kodlama sürecine girilmemiştir. Gerçekleştirilen *analiz süreci* sonunda ortaya çıkartılan modelin BPMN diyagramları ile oluşturulması ve yönetilmesi sayesinde, *tasarım ve kodlama süreci* için girdi olan analiz dokümantasyonu çok güçlü hale getirilmiştir.

BPMN notasyonları kullanılarak oluşturulan çizelgeleme modelinde, işletmeler çizelgeleme süreçlerindeki akışı nasıl takip edeceklerini ve karar verme noktalarındaki alternatif akışları daha net olarak görebileceklerdir. İşletmeler için süreçler ve süreçler arasındaki ilişkilerin anlaşılması daha da kolaylaşmaktadır. İşletmeler, BPMN'in kullanılması ile çizelgeleme faaliyetlerini daha iyi tanıyabilecek ve daha hızlı olarak uyum sağlayabileceklerdir.

Çizelgeleme modelinin oluşturulmasında kullanılan BPMN notasyonu ile birlikte önerilen modelin ihtiyaçları doğru ve anlaşılır bir şekilde tanımlanabilmiş ve iş süreçleri grafiksel notasyonlar ile ifade edilebilmiştir. İş süreçleri arasındaki iletişimi standart bir şekilde tanımlama olanağı sunan BPMN notasyonunun kullanılması, olgunlaşma düzeyine kadar sürekli olarak güncellenen modelde meydana gelen iyileştirmelerin doğru bir şekilde yönetilmesini sağlamıştır.

## 6.2. Gelecek Çalışmalar

Bu çalışmada önerilen modelin geliştirilmesinde, dokuma ve tezgah hazırlık süreçlerini gerçekleştirecek işgücünün sürekli olarak hazır bulunduğu varsayılmıştır. Fakat tekstil sektörü, daha çok emek yoğun olan bir sektör olduğu için işgücü yetersizliği veya eksikliği sebebiyle çizelgelenmiş olan işler gecikebilmektedir. Bu çalışma ile önerilen model içerisinde, işler için gerekli olan işgücü kısıtının da dikkate alınması ile çizelgeleme modeli geliştirilebilir.

Dokuma işletmelerinin çizelgeleme faaliyetlerine katkı sağlayacak olan çizelgeleme modelinin oluşturulduğu bu çalışmanın devamında bu modelin bir bilgisayar programına dönüştürülmesi süreci gelmektedir.

Yazılım geliştirme süreçleri kapsamında öncelikle *analiz süreci* sonrasında *tasarım ve kodlama*, *test* ve *uygulama* süreçleri gelmektedir. Bu çalışma kapsamında oluşturulmuş olan BPMN diyagramları, *analiz süreci*'nden sonra gelen *tasarım ve kodlama süreci*'ne girdi olacaktır. İş süreçlerinin ve iş süreçlerinin birbirleri ile olan ilişkilerinin doğru ve net olarak tanımlanmasını sağlayan BPMN diyagramları sayesinde *tasarım ve kodlama süreci* çok daha sağlam ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilecektir.

Önerilen modelin bir bilgisayar programına dönüştürülmesi için gerçekleştirilecek olan *tasarım ve kodlama süreci* kapsamında öncelikle kullanıcı arayüzleri oluşturularak uzman görüşleri alınmalı ve arayüzler üzerinde gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Arayüzlerin tamamlanmasından sonra veritabanı tasarımı son haline getirilmeli ve *kodlama süreci* gerçekleştirilmelidir. *Kodlama süreci* tamamlandığında, oluşturulan bilgisayar programı test sürecine alınmalı ve son olarak da sahada uygulanarak gerekli doğrulama çalışmaları yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

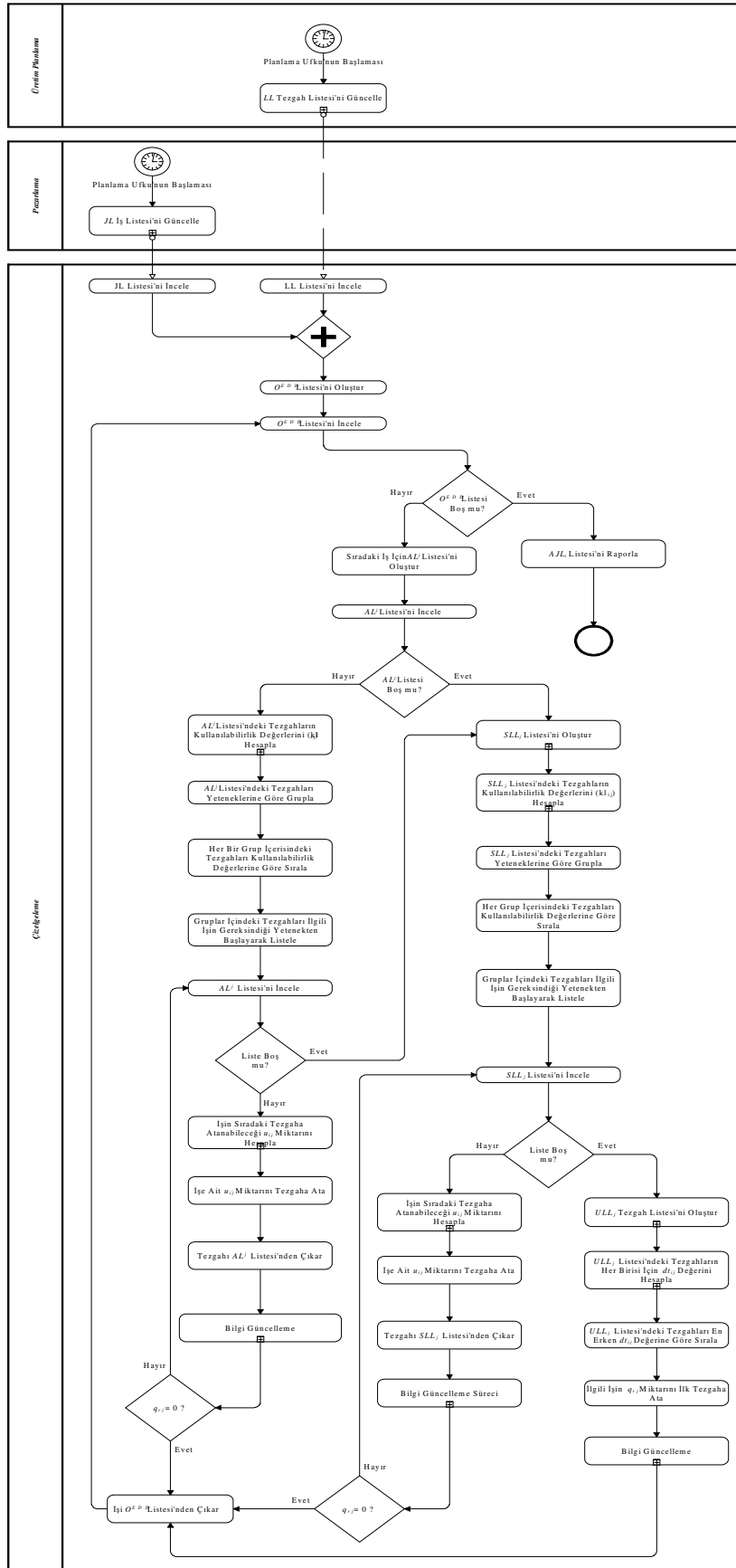
- Acar, N. (2000) Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, *Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları*, Ankara, 214s.
- Alpay, Ş. ve Yüzügüllü, N. (2004) Kaçırılan Teslim Zamanı Performansı İçin Bir Benzetim Çalışması”, *Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi*, Gaziantep - Adana.
- Anonymous (2003), The CoverPages, <http://xml.coverpages.org/ni2003-08-29-a.html>, (18.12.2005).
- Anonymous, (2004), CWG ChangeWare Group. <http://www.changeware.net/doc/aris-bpmn.pdf> (03.12.2005).
- Anonymous, (2006a), Business Process Management Initiative, <http://www.bpmi.org>, (08.12.2005).
- Anonymous, (2006b), Object Management Group, <http://www.omg.org/>, (01.12.2005).
- Baskak, V. ve Erol, V. (2004) Sipariş Tipi Atölyelerde İş Sıralama Problemi İçin Bir Genetik Algoritma Uygulaması”, *Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi*, Gaziantep - Adana.
- Başer, G., (1998) Dokuma Tekniği ve Sanatı. Temel Dokuma Tekniği ve Kumaş Yapıları, 1, *Tekstil Mühendisleri Odası Yayınları*, İzmir, 251s.
- Business Process Management Initiative, and Object Management Group, (2006) “Business Process Modeling Notation (BPMN) Specification”, *BPMI.org, and OMG™, dtc/06-02-01*.
- Chen, G., and Harlock, S. C. (1999) A Computer Simulation Based Scheduler for Woven Fabric Production. *Textile Research Journal*, 69: (6) 431-439.
- Cheng, T. C. E., and Jiang, J. (1998) Job shop scheduling for missed due dates performance. *Computers and Industrial Engineering*, 34: (2) 297-307.
- Çelikçapa, F. O. (1999) Üretim Planlaması, *Alfa Basım Yayın*, İstanbul, 216s.
- Çörekcioglu, M., (2002) Uzaktan Öğrenimde bir Ders / Seminer Sunumu, Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 51s.
- Dell’Amico, M., and Martello, S. (2005) A note on exact algorithms for the identical parallel machine scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 160: 576-578.
- Eren, T., ve Güner, E. (2002) Tek Ve Paralel Makinalı Problemlerde Çok Ölçütlü Çizelgeleme Problemleri İçin Bir Literatür Taraması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17: (4) 37-69.

- Evans, G. W. (1984) An Overview of Techniques For Solving Multi-Objective Mathematical Programs. *Management Science*, 30: (11) 1268-1283.
- Geyik, F. ve Cedimoğlu, İ. H. (2001) Atölye Tipi Çizelgeleme İçin Uzman Sistem Tekniği İle Basit Öncelik Kurallarının Karşılaştırılması. *Politeknik*, 4: (1) 53-61.
- Graham, R. L., Lawler, E. L., and Rinnooy Kan, A. H. G., (1979) Optimization and Approximation in Deterministic Sequencing and Scheduling. *Annals of Discrete Mathematics*, 5: 287-326.
- Güner, E., Erol, S., ve Tani, K., (1998) One machine scheduling to minimize the maximum earliness with minimum number tardy jobs. *International Journal of Production Economics*, 55: 213-219.
- Güner, E., ve Altıparmak, F. (2003) İki Ölçütlü Tek Makinalı Çizelgeleme Problemi İçin Sezgisel Bir Yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18: (3) 27-42.
- Güner, E. ve Çalışkan, C. (2004) Üretim Kaynakları Planlama Sisteminde Ana Üretim Çizelgesinin Dondurulması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19: (2) 161-167.
- Gürdoğan, N. (1981) Üretim Planlamasında Doğrusal Programlama ve Demir Çelik Endüstrisinde bir Uygulama. *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları*, (473) 18.
- İş Etüdü ve İşletme Organizasyonu Bölümü, (Bilinmiyor) Üretim Planlama Eğitim Notları, *Milli Prodüktivite Merkezi*, Ankara, 233s.
- Kobu, B. (1981) Üretim Yönetimi, *Fatih Yayınevi*, İstanbul.
- Nemiah, J., and Lee, P., (2005), Object Management Group, <http://www.omg.org/news/releases/pr2005/06-29-05.htm>, (01.12.2005).
- Owen, M., and Raj, J., (2004), BPMN and Business Process Management, Business Process Trends, <http://www.bptrends.com/publicationfiles/03%2D04%20WP%20BPMN%20and%20BPM%20Owen%2DRaj%2Epdf>, (03.12.2005).
- Önder, U., Eryaşar, F., T., Aşar, Z., ve Şan, İ., (2001) "Tekstil ve Hazır Giyim Sektör Araştırması", *T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Sanayi Araştırma ve Geliştirme Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- Pinedo, M., and Chao, X. (1999) Operations Scheduling with Applications In Manufacturing And Services, *McGraw-Hill International Editions*, Singapore.
- Rotab Khan, M.R., Harlock, S. C., and Leaf, G. A. V. (1999) Computer simulation of production systems for woven fabric manufacture. *Computers & Industrial Engineering*, 37: 745-756.

- Saad, A., Kawamura, K., and Biswas, G. (1997) Performance Evaluation of Contract Net-Based Heterarchical Scheduling for Flexible Manufacturing Systems. *International Journal of Automation and Soft Computing*, 3: 229-248.
- Serafini, P. (1996) Scheduling jobs on several machines with the job splitting property. *Operational Research*, 44: (4) 617-628.
- Sipper, D., and Bulfin, R. (1997) Production: Planning, Control, and Integration, *McGraw-Hill Companies*, USA, 640s.
- Türköz, N. F. (2001) Doğrusal Programlama Metodu İle Üretim Planlaması (Isparta Mensucat A.Ş.'nde Uygulama), Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Isparta, 33s.
- Ulutaş, D. (2004) Esnek İmalat Sistemlerinin Dinamik Çizelgelemesi İçin Bir Yaklaşım”, *Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi*, Gaziantep - Adana.
- Vollmann, T., Berry, W., and Whybark, D. (1992) Manufacturing Planning and Control Systems, Homewood, IL: Irwin, 5-6.
- Wilson, A., D., King, R., E., and Hodgson, T., J. (2004) Scheduling non-similar groups on a flow line: multiple group setups. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 20: 505-515.
- Xing, W., and Zhang, J. (2000) Parallel machine scheduling with splitting jobs. *Discrete Applied Mathematics*, 103: 259-269.

**EKLER**

**Ek-1 – Dokuma Tezgahlarında Çizelgeleme Yaklaşımının BPMN Notasyonu ile Oluşturulmuş Olan Akış Diyagramı**





## ÖZGEÇMİŞ

Mustafa ÇÖREKCİOĞLU, 10 Ağustos 1980 tarihinde Denizli’de doğmuştur.

Eylül 1992 – Haziran 1998 tarihleri arasında Nazilli Anadolu Lisesi’nde hazırlık, ortaokul ve lise eğitime devam etmiştir. Ekim 1999’da, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği’nde Lisans eğitime başlamış ve Temmuz 2002’de Lisans eğitimini tamamlamıştır.

Ağustos 2002’den bu yana Egecom® Ltd. Şti. bünyesinde sistem analizi ve proje yönetimi üzerine çeşitli görevleri üstlenmiştir. Şu anda halen Egecom® Ltd. Şti.’nde Ar-Ge Uzmanı olarak görevini sürdüren Mustafa ÇÖREKCİOĞLU’nun Tedarik zincirinde Kalite Odaklı Bilgi Yönetimi Yaklaşımı, ERP Yazılımı Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci’ nin Kullanımı, Tekstil’de Kalite Kontrol, Dokuma Planlamada Etkin Çözüm - GMS Kumaş Çağlık Planlama, Havsız Kumaş Üretiminde Bir Dokuma Çizelgeleme Modeli ve Havlu Üretiminde İhtiyaç Duyulan İplik Miktarının Daha Etkin Planlanması konularında yayınlanmış makalesi, bildirileri ve yayınları bulunmaktadır.