

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LOJİSTİK YÖNETİMİNDE SÜREÇLERİN
STOKASTİK ŞEBEKELER YARDIMIYLA ANALİZİ VE
ENDÜSTRİYEL BİR UYGULAMA**

Endüstri Yük. Müh. S.Kerem AYTULUN

**FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi : 27 Aralık 2006

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Ali Fuat GÜNERİ (YTÜ)

Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Haluk ERKUT (İTÜ)

: Prof.Dr. Mesut ÖZGÜRLER (YTÜ)

: Prof.Dr. Cengiz KAHRAMAN (İTÜ)

: Yrd.Doç.Dr. Bahadır GÜLSÜN (YTÜ)

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 BPR ve Lojistik Yönetimi	2
1.2 Lojistiğin Tanımı	2
1.3 Lojistiğin Önemi	3
1.3.1 Lojistik ve Taşıma Sistemi	5
1.3.2 Taşıma Tipleri	8
1.4 Lojistik Yönetimi	11
1.4.1 Lojistik Sistemdeki Akışlar ve Yapılar	11
1.4.2 Lojistik Faaliyet Sahaları	12
1.5 Tezin Amacı	17
2. İŞ SÜREÇLERİ	19
2.1 İş Süreçlerinin Yeniden Yapılandırılması	19
2.2 İş Süreçlerinin Modellenmesi	22
2.3 İş Süreçlerin Yeniden Yapılandırılmasına İlişkin Metodolojiler	23
2.4 Bir Sürecin Özellikleri	29
2.4.1 Son Ürün veya Çıktı (Sürecin Ürünü)	31
2.4.2 Performans Hedefleri	33
2.4.3 Müşteriler, Siparişler ve Tetikleyiciler	35
2.4.4 Kaynaklar	35
2.4.5 Görevler ve Alt Süreçler	36
2.4.6 Sınıflandırma	36
3. İŞ SÜREÇLERİNİN MODELLENMESİ	38
3.1 İş Süreçleri Modelleme Teknikleri	38
3.2 İş Süreçlerinin Modellenmesinde Amaçlar	44
3.3 Modelleme Yöntemlerinin Özellikleri	45
3.4 İş Süreçleri Modelleme Yöntemlerine Genel Bir Bakış	49
3.4.1 IDEF Yöntemi	49
3.4.2 Nesneye Dayalı Yöntemler	53
3.4.3 Rol Faaliyet Diyagramları	55
3.4.4 Rol Etkileşim Diyagramları	56

3.4.5	Petri Net'ler	57
3.4.6	İş akışı (workflow) Modelleme Tekniği	63
3.4.7	Akış Şemaları	68
3.4.7.1	Akış Şemalarının Çözümlemesi	70
4.	SÜREÇLERİN PROJELENDİRİLMESİ VEYA PROJE SÜREÇLERİ	73
4.1	Süreç Modelleri ile Proje Şebekelerinin Karşılaştırılması.....	75
4.2	Proje Yönetimi.....	76
4.3	Süreçlerde Zaman ve Çizelgeleme	77
4.3.1	Proje Çizelgeleme Teknikleri	78
4.3.1.1	Matematik Analizler	78
4.3.1.2	Ok Diyagramları	79
4.3.1.3	Modele Zamanın İlave Edilmesi.....	84
4.3.1.4	PERT Tekniği	87
4.3.1.5	Olasılık Bilgisinin Kullanılması	90
4.3.1.6	PERT Şebekelerinin Çözümlemesinde Farklı Yaklaşımlar.....	92
4.3.2	GERT Şebekeleri	94
4.3.2.1	GERT Şebekelerin Yapısı	94
4.3.2.2	GERT Şebekelerinin Analitik Olarak Çözümlemesi.....	97
4.4	İş Süreci Modelleme Yöntemlerinin Bir Örnek Üzerinde Gösterilmesi	101
4.4.1	Koşullu MGF'nin Elde Edilmesi	110
4.4.2	IDEF0, IDEF3 ve GERT Yöntemlerinin Örnek Durumdan Elde Edilen Sonuçlar Işığında Karşılaştırılması	114
4.4.2.1	Ölçebilirlik	114
4.4.2.2	Ölçeklenirlik	115
4.4.2.3	Formal Yapı	115
4.4.2.4	Kullanım Kolaylığı	115
4.4.2.5	Yasalaştırma	116
5.	ENDÜSTRİYEL BİR UYGULAMA.....	122
5.1	Firmanın İncelenen İş Süreci	123
5.1.1	Gelen Siparişin, Firma Yetersizliğinden Dolayı Reddedilmesi.....	133
5.1.2	Gelen Siparişi Dış Kaynak Kullanımı İle Karşılması,	134
5.1.3	Üretiminin Hatalı Ürün İle Sonuçlanması Durumu.....	137
5.1.4	Ürünün İstanbul Dışına Gönderme Durumu	139
5.1.4.1	“1” ve “7” düğümleri arasındaki geçiş işlevinin hesaplanması	139
5.1.4.2	“7” ve “14” düğümleri arasındaki geçiş işlevinin hesaplanması	140
5.1.4.3	“14” ve “IV” düğümleri arasındaki geçiş işlevinin hesaplanması.....	140
5.1.5	Ürünün İstanbul İçine Gönderme Durumu,	142
5.1.5.1	“14” ve “V” düğümleri arasındaki sürece ilişkin geçiş işlevinin hesaplanması ..	142
5.2	Firmanın Taşıma Maliyetlerinin Tespiti İçin GERT Şebekesinin Kullanılması .	143
5.3	Uygulama Sonuçları	145
5.3.1	Uygulama Alanı ve Kullanım Kolaylığı.....	146
5.3.2	Ölçeklenebilir Yapı.....	146
5.3.3	Ölçebilirlik.....	147
5.3.4	Formal Yapı	148
5.3.5	Yasalaştırma	148
5.3.6	GERT Sonuçlarının PERT-yol ve Simülasyon ile Karşılaştırılması	148
5.3.6.1	Siparişin Reddedilmesi	149

5.3.6.2	Gelen Siparişin Dış Kaynak Kullanımı ile Karşılanması	150
5.3.6.3	Üretimin Hatalı Ürün ile Sonuçlanması	153
5.3.6.4	Ürünün İstanbul Dışına Gönderilme Durumu	158
5.3.6.5	Ürünün İstanbul İçine Gönderilme Durumu	161
5.3.6.6	İncelenen Süreçlere İlişkin Simülasyon Sonuçları	165
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	170
	KAYNAKLAR.....	174
	İNTERNET KAYNAKLARI	180
	ÖZGEÇMİŞ.....	181

SİMGE LİSTESİ

$E[T]$	PERT-yol şebekesinde sürece ilişkin ortalama beklenen süre
$E[T_i]$	PERT-yol şebekesinde ortalama süreç süresi
$f_a(t)$	Lojistik çevrim zamanında “a” olayının olasılık yoğunluk işlevi
$f_b(t)$	Lojistik çevrim zamanında “b” olayının olasılık yoğunluk işlevi
$f_c(t)$	Lojistik çevrim zamanında “c” olayının olasılık yoğunluk işlevi
$M_{ij}(s)$	Geçiş işlevinin temsil ettiği dağılımın momenti
H	Topolojik eşitlik tanımı
I	Petri Net’lerde girdi işlevi
i	PERT-yol şebekesinde yol numarası
O	Petri Net’lerde çıktı işlevi
P	Petri-Net’lerde yerler seti
p_a	Lojistik çevrim zamanında “a” olayının olasılığı
p_b	Lojistik çevrim zamanında “b” olayının olasılığı
p_c	Lojistik çevrim zamanında “c” olayının olasılığı
$p_{ij}(s)$	Geçiş işlevi ile temsil edilen faaliyetin olma olasılığı
P_i	PERT-yol şebekesinde sürecin i yolunu izleme olasılığı
T	Petri Net’lerde geçişler seti
T	PERT-yol şebekesinde süreç süresinin rasgele değişkeni
T_E	En erken olay oluş zamanı
T_L	Müsaade edilen en geç olay oluş zamanı
T_i	PERT-yol şebekesinde i nci yolun rasgele değişkeni
t	PERT çözümlerinde zaman
V	PERT çözümlerinde varyans
$V[T]$	PERT-yol şebekesinde süreç süresine ilişkin varyans
$V[T_i]$	PERT-yol şebekesinde süreç süresinin varyansı
$W_{ij}(s)$	i ’den j ’ye Geçiş İşlevi
μ	Ortalama değer
σ	Standart sapma
σ^2	Varyans

KISALTMA LİSTESİ

1PL	1 nci Parti Lojistik (1st Party Logistics)
2PL	2 nci Parti Lojistik (2nd Party Logistics)
3PL	3 ncü Parti Lojistik (3rd Party Logistics)
4PL	4 ncü Parti Lojistik (4th Party Logistics)
5PL	5 nci Parti Lojistik (5th Party Logistics)
CPM	Kritik Yol Metodu (Critical Path Method)
BPA	İş Süreçlerinin Analizi (Business Processes Analysis)
BPMd	İş Süreçlerinin Modellenmesi (Business Processes Modeling)
BPM	İş Süreçlerinin Yönetilmesi (Business Processes Management)
BPR	İş Süreçlerinin Yeniden Yapılandırılması (Business Processes Reengineering)
CPI	Sürekli Süreç Geliştirme (Continuous Process Improvement)
ES	En Erken Başlama Zamanı (Earliest Start)
EF	En Erken Bitiş Zamanı (Earliest Finish)
FF	Serbest Bolluk (Free Float)
LS	En Geç Başlama Zamanı (Latest Start)
LF	En Geç Bitiş Zamanı (Latest Finish)
GERT	Grafik Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (Graphical Evaluation and Review Technique)
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla
IDEF	İşlev Modeli İçin Entegre Tanımlama (Integrated Definition for Function Modelling)
ICAM	Entegre Bilgisayar Destekli İmalat (Integrated Computer-Aided Manufacturing)
ICOM	Girdi, Kontrol Çıktı ve Mekanizmalar (Input, Control, Output and Mechanisms)
İaYS	İş Akışı Yönetim Sistemi
MGF	Moment Üretici İşlev (Moment Generating Function)
NAFTA	Kuzey Amerika Serbest Ticaret Antlaşması (The North American Free Trade Agreement)
OSTN	Nesne Durum Geçiş Tanımlama (Object State Transition Definition)
OO	Nesneye Yönelik (Object Oriented)
OT	Organizasyonel Değişim (Organisational Transformation)
PERT	Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (Project Evaluation and Review Technique)
PFD	Süreç Akış Tanımlama (Process Flow Description)
PRLC	Süreç Yeniden Yapılanma Ömür Çevrimi (Process Reengineering Life Cycle)
RAD	Rol Faaliyet Diyagramları (Role Activity Diagrams)
RID	Rol Etkileşim Diyagramları (Role Interaction Diagram)
TF	Toplam Bolluk (Total Float)
TQM	Toplam Kalite Yönetimi (Total Quality Management)
UML	Birleştirilmiş Modelleme Dili (Unified Modelling Language)
UOB	Davranış Birimi (Unit of Behavior)
WfMS	İş Akışı Yönetim Sistemi (Workflow Management System)

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Lojistik sistemi de içine alan entegre tedarik zinciri (Bowersox vd., 2002).....	3
Şekil 1.2 A.B.D.GSMH'nın %'si olarak Lojistik Harcamaları.....	4
Şekil 1.3 Avrupa Birliği ülkelerinde satış fiyatlarının %'si olarak Lojistik Maliyetler (Koutsoutos, 2002)	5
Şekil 1.4 Taşıma, envanter ve yönetim maliyetlerinin yıllara göre karşılaştırılması	5
Şekil 1.5 Taşıma tiplerine göre oluşan parça başı taşıma maliyetleri	7
Şekil 1.6 Çeşitli taşıma tiplerine göre ortalama geçiş zamanları (Ghiani, 2004)	7
Şekil 1.7 Maliyet ve gönderi miktarı arasındaki takas durumu (Sheffi, 2000)	8
Şekil 1.8 Taşıma şebekesi, kaynaklar ve altyapı (Wandel ve Ruijgrok, 1995)	12
Şekil 1.9 Ana lojistik işlevi (Nilsson ve Waidringer, 2003).....	13
Şekil 1.10 1PL'den 5PL'ye Lojistik aşamaları.....	14
Şekil 1.11 Dış kaynak kullanımı	15
Şekil 1.12 Sipariş çevrim zamanının olasılık yoğunluk işlevi (Ghiani, 2004).....	16
Şekil 2.1 Bir tedarik zinciri çatısı (Giaglis vd., 1999).....	21
Şekil 2.2 AS-IS ve TO-BE modellerinin kullanımı.....	23
Şekil 2.3 BPR Çalışmaları için farklı açılardan sınıflama (Childe, 1994)	24
Şekil 2.4 Davenport (1993) BPR çatısı	26
Şekil 2.5 İş Süreçleri Değişim Modeli (Kettinger vd., 1997).....	26
Şekil 2.6 Kettinger'ın BPR Çatısı (Giaglis, 1999)	27
Şekil 2.7 Birleştirilmiş BPR Metodolojisi (Stoica vd., 2003)	28
Şekil 2.8 BPR Takım Yapısı	28
Şekil 2.9 Bir sürecin temel özellikleri (Ljungberg, 2002).....	29
Şekil 2.10 Bir sürecin ele alınması	31
Şekil 2.11 İş süreci ve ürün arasındaki ilişki (Reijers, Hajo A, 2002)	33
Şekil 2.12 Performans piramidi	34
Şekil 3.1 Kueng vd. (1996)'e göre BPMd yöntemleri.....	39
Şekil 3.2 BPMd' de amaçlar ve perspektif özellikleri.....	44
Şekil 3.3 Genel IDEF0 faaliyeti	49
Şekil 3.4 IDEF0 Modelleme Tekniği ile Modelleme	50
Şekil 3.5 Malzeme Siparişi Sürecinin IDEF3 süreç merkezli şeması (Mayer vd., 1995)	52
Şekil 3.6 IDEF3 Nesne Şeması örneği (Geçiş Şeması)	53
Şekil 3.7 Bir RAD örneği	56
Şekil 3.8 Bir RID örneği.....	56
Şekil 3.9 Bir Petri Net örneği (Peterson, 1977).....	58
Şekil 3.10 Bir işaretli Petri net (Peterson, 1977)	58
Şekil 3.11 t_2 düğümünün ateşlenmesiyle oluşan durum (Peterson, 1977).....	59
Şekil 3.12 Üç durum ve bir olay ile ilgili örnek model	60
Şekil 3.13 Örnek durumun Petri Net gösterimi	60
Şekil 3.14 Bir Petri net grafiği.....	62
Şekil 3.15 İşaretli Petri net örneği	63
Şekil 3.16 Bir iş akışı örneği (Aguilar, 2004).....	64
Şekil 3.17 İş akışı kavramı (Petkov vd., 2005).....	65
Şekil 3.18 Basit bir akış şeması elemanı	68
Şekil 3.19 Çeşitli akış şeması gösterimleri ve ilişkileri.....	69
Şekil 3.20 Hem bağımlı hem de bağımsız değişken içeren bir akış şeması	69
Şekil 3.21 Dağıtıcı ve toplayıcı akış şemaları	69
Şekil 3.22 Örnek akış şeması (Whitehouse, 1973).....	70

Şekil 3.23 Açık akış şemalarında, şemanın kapatılması (Whitehouse, 1973).....	71
Şekil 4.1 Bir fincan kahve yapımı süreci (McKay ve Radnor, 1998)	73
Şekil 4.2 Yeniden yapılandırılmış kahve yapımı süreci (McKay ve Radnor, 1998).....	74
Şekil 4.3 Beş faaliyetli bir projenin ok diyagramı.....	80
Şekil 4.4 Yeniden çizilen ok diyagramı.....	80
Şekil 4.5 Yapay faaliyet kullanımı	81
Şekil 4.6 Arabanın kaldırılması faaliyeti.....	81
Şekil 4.7 Diğer işlemlerin ilave edilmesi	82
Şekil 4.8 Diğer işlemlerin ifade edilmesi	82
Şekil 4.9 Bir arabaya yağ değişim hizmetinin verilmesi	83
Şekil 4.10 Proje faaliyet diyagramı için bir örnek.....	84
Şekil 4.11 PERT beta dağılımı	88
Şekil 4.12 Örnek PERT şebekesi (Whitehouse, 1973).....	88
Şekil 4.13 Çizelgelemenin sağlanmasına ilişkin hesaplama	90
Şekil 4.14 Bolluk olasılığına ilişkin hesaplama.....	91
Şekil 4.15 (a) Basit PERT Şebekesi, (b) PERT-durum şebekesi, (c) PERT-yol şebekesi	92
Şekil 4.16 PERT şebekesinden PERT-yol şebekesine geçiş	93
Şekil 4.17 İki uzay aracının buluşmasına ilişkin stokastik şebeke örneği.....	95
Şekil 4.18 Elmaghraby tarafından verilen örneğin GERT şeması.....	96
Şekil 4.19 Yönlü GERT dalı	98
Şekil 4.20 GERT elemanı.....	99
Şekil 4.21 Üç oyunculu oyun örneğine ait GERT şeması	100
Şekil 4.22 Üç oyunculu oyuna ait GERT şemasının indirgenmesi	101
Şekil 4.23 Örnek senaryonun IDEF0 modeli.....	103
Şekil 4.24 Örnek senaryonun IDEF3 modeli.....	104
Şekil 4.25 Örnek senaryonun OSTN modeli	104
Şekil 4.26 Örnek Senaryonun GERT modeli	105
Şekil 4.27 Tamir faaliyetinin kaç kez gerçekleştiğini veren dönüşüm.....	107
Şekil 4.28 J düğümünün tekrar sayısının bulunmasına ilişkin GERT şebekesi	108
Şekil 4.29 Geçiş sayısının hesaplanmasına ilişkin GERT şebekesi	110
Şekil 5.1 Uygulama adımlarının GERT şebekesi.....	123
Şekil 5.2 Firma, sipariş kabul ve üretim kontrol süreçlerine ilişkin GERT şebekesi.....	126
Şekil 5.3 Firmanın biten ürünü müşteriye gönderme süreci.....	130
Şekil 5.4 Firma siparişinin reddedilmesi süreci.....	133
Şekil 5.5 Firmanın dış kaynak kullanımına karar verme süreci	135
Şekil 5.6 Üretimin hatalı olması durumu	137
Şekil 5.7 “1” ve “7” nci düğümler arasındaki iş süreci	139
Şekil 5.8 Şekil 5.7’da verilen şebekenin indirgenmiş hali	140
Şekil 5.9 “7” ve “14” no’lu faaliyetler arasındaki şebeke parçası.....	140
Şekil 5.10 $W_{7,14}(s)$ ile temsil edilen indirgenmiş şebeke	140
Şekil 5.11 “14” ve “IV” no’lu düğümler arasındaki şebeke parçası	141
Şekil 5.12 $W_{14,IV}(s)$ sürecinin indirgenmiş şebekesi.....	141
Şekil 5.13 “1” ve “IV” düğümleri arasında kalan indirgenmiş şebeke	141
Şekil 5.14 “14” ve “V” düğümleri arasına kalan sürecin şebeke bölümü.....	142
Şekil 5.15 “1” ve “V” düğümlerinin arasındaki sürecin indirgenmiş şebekesi.....	143
Şekil 5.16 Firmanın muayene maliyetlerini tespitine yönelik geliştirilen GERT şebekesi....	144
Şekil 5.17 Bozuk ürün ile sonuçlanan sürecin maliyet analizine yönelik GERT şebekesi	145
Şekil 5.18 “1” ve “I” düğümleri arasındaki PERT-yol şebekesine ait durum listesi.....	149
Şekil 5.19 “1” ve “II” düğümleri arasındaki PERT-yol şebekesi.....	151
Şekil 5.20 “1” ve “9” düğümleri arasındaki PERT-yol şebekesi	154
Şekil 5.21 “9” ve “III” düğümleri arasındaki süreçle ilişkin PERT-yol şebekesi	156

Şekil 5.22 “9” ve “IV” düğümleri arasında kalan PERT-yol şebekesi.....	158
Şekil 5.23 “9” ve “14” düğümleri arasında kalan PERT-yol şebekesi.....	161
Şekil 5.24 ”14” ve “V” no’lu düğümler arasında kalan sürecin PERT-yol şebekesi	163

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1 Çeşitli taşıma tiplerine göre sabit ve değişken maliyet tanımları.....	6
Çizelge 1.2 Yıllara göre Türkiye demiryolu uzunlukları ve tren-km değerleri.....	8
Çizelge 1.3 Yıllara göre Türkiye karayolları uzunlukları ve taşınan yük-km değerleri.....	9
Çizelge 1.4 Yıllara göre Türkiye havayolu ile taşınan yük-km değerleri	10
Çizelge 1.5 Yıllara göre Türkiye'deki boru hatları ve uzunlukları	10
Çizelge 1.6 Çeşitli karakteristiklere göre taşıma tiplerinin değerlendirilmesi	11
Çizelge 1.7 3PL kullanıcılarının coğrafik hizmet dağılımları (Langley vd., 2003)	15
Çizelge 2.1 BPR Yöntembilimleri.....	25
Çizelge 2.2 Literatürdeki Süreç Tanımları	32
Çizelge 3.1 Modelleme yönteminin amacı, perspektifi ve özelliği arasındaki ilişkiler	47
Çizelge 4.1 Kahve yapımı faaliyetleri	73
Çizelge 4.2 Süreç modelleri ile proje şebekelerinin karşılaştırılması	75
Çizelge 4.3 Kritik yol hesaplamaları sonucunda ortaya çıkan değerler (* kritik yol).....	86
Çizelge 4.4 Faaliyetlere ilişkin beklenen değer ve varyanslar	89
Çizelge 4.5 Şekil 4.12'da verilen şebekenin çözümlenmesi	89
Çizelge 4.6 PERT Hesaplamaları	89
Çizelge 4.7 Şekil 4.16'deki şebekenin geçiş verileri.....	93
Çizelge 4.8 Şekil 4.16'de verilen şebekenin yol verileri.....	93
Çizelge 4.9 GERT şebekelerinde düğüm tipleri.....	94
Çizelge 4.10 Şekil 4.18'deki GERT şebekesinin faaliyet tanımları	97
Çizelge 4.11 Düğüm pozisyonlarına göre “p” ve “t” değerlerinin hesaplanması	99
Çizelge 4.12 W işlevine bağlı olarak düzenlenmiş düğüm pozisyonları.....	99
Çizelge 4.13 Oyuncuların birbirlerini yenme olasılıkları.....	100
Çizelge 4.14 Ayar istasyonu örneğine ilişkin faaliyet detayları.....	103
Çizelge 4.15 Örnek senaryo faaliyetlerine ilişkin tekrarlar $E(say)$ sayıları	109
Çizelge 4.16 Düğümlere ilişkin tekrarlar $E(say)$ sayıları.....	111
Çizelge 4.17 Süreç Modelleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	118
Çizelge 4.18 Farklı modelleme perspektifleri açısından model bileşenleri.....	121
Çizelge 4.19 Farklı modelleme perspektifleri açısından model bileşenlerinin puanlanması ..	121
Çizelge 5.1 Siparişin alınması faaliyetine ilişkin zaman ölçümü.....	124
Çizelge 5.2 İncelenen iş sürecine ait faaliyet detayları	127
Çizelge 5.3 İş süreçleri faaliyetlerine ilişkin MGF ve geçiş işlevleri.....	131
Çizelge 5.4 1 nci nesne düğümünden III nesne düğümüne giden altı yol	138
Çizelge 5.5 Firma faaliyetlerinin maliyet odaklı değerleri.....	144
Çizelge 5.6 Uygulama sonucu elde edilen sonuçlar	147
Çizelge 5.7 “1” ve “I” düğümleri arasındaki şebekenin durum listesi	149
Çizelge 5.8 Şekil 5.18'de verilen şebekeye ilişkin geçiş değişkenlerinin özellikleri.....	149
Çizelge 5.9 π_1 yolunun ortalama süresi, varyansı ve olasılığı.....	150
Çizelge 5.10 “1” ve “II” düğümleri arasında kalan şebekenin süreç durumları.....	150
Çizelge 5.11 Şekil 5.19'de verilen şebekenin geçiş değişkenleri.....	151
Çizelge 5.12 Şekil 5.19'de verilen şebekeye ait yollar.....	152
Çizelge 5.13 Şekil 5.19'de verilen şebekeye ait yolların normalize edilmiş olasılıkları.....	153
Çizelge 5.14 “1” ve “9” düğümleri arasında kalan şebekenin süreç durumları	154
Çizelge 5.15 “1” ve “9” düğümleri arasındaki şebekenin geçiş değişkenleri	155
Çizelge 5.16 Şekil 5.20'da verilen şebekeye ait yollar.....	155
Çizelge 5.17 Şekil 5.20'da verilen şebekeye ait yolların normalize edilmiş olasılıkları.....	155
Çizelge 5.18 “9” ve “III” düğümleri arasındaki süreç ilişkin süreç durumları.....	156

Çizelge 5.19 “9” ve “III” düğümleri arasındaki şebekenin geçiş değişkenleri	157
Çizelge 5.20 Şekil 5.21’de verilen şebekeye ait yollar.....	157
Çizelge 5.21 Şekil 5.21’de verilen şebeke yollarına ait normalize edilmiş olasılık değerleri	157
Çizelge 5.22 ”9” ve “IV” no’lu düğümler arasında kalan şebekenin durumları	159
Çizelge 5.23 Şekil 5.22’de verilen şebekeye ait geçiş değişkenleri	160
Çizelge 5.24 Şekil 5.22’de verilen şebekeye ait yollar.....	160
Çizelge 5.25 Şekil 5.22’de verilen şebeke yollarına ait normalize edilmiş olasılık değerleri	160
Çizelge 5.26 ”9” ve “14” no’lu düğümler arasında kalan şebekenin durumları.....	161
Çizelge 5.27 Şekil 5.23’de verilen şebekeye ait geçiş değişkenleri	162
Çizelge 5.28 Şekil 5.23’de verilen şebekeye ait yollar.....	162
Çizelge 5.29 Şekil 5.23’de verilen şebeke yollarına ait normalize edilmiş olasılıklar.....	162
Çizelge 5.30 ”14” ve “V” no’lu düğümler arasında kalan şebekenin durumları.....	163
Çizelge 5.31 Şekil 5.24’de verilen şebekeye ait geçiş değişkenleri	164
Çizelge 5.32 Şekil 5.24’de verilen şebekeye ait yollar.....	164
Çizelge 5.33 Şekil 5.24’de verilen şebeke yollarına ait normalize edilmiş olasılıklar.....	164
Çizelge 5.34 “1” ve “V” düğümleri arasında kalan sürecin ortalama süre ve varyansı	164
Çizelge 5.35 Şekil 5.19’da verilen şebekenin simülasyon sonuçları.....	165
Çizelge 5.36 Şekil 5.20’de verilen şebekenin simülasyon sonuçları.....	166
Çizelge 5.37 Şekil 5.21’de verilen şebekeye ilişkin simülasyon sonuçları	166
Çizelge 5.38 Şekil 5.22’de verilen şebekeye ilişkin simülasyon sonuçları	167
Çizelge 5.39 Şekil 5.23’de verilen şebekeye ilişkin simülasyon sonuçları	167
Çizelge 5.40 Şekil 5.24’de verilen şebekeye ilişkin simülasyon sonuçları	168
Çizelge 5.41 “1” ve “V” no’lu düğümler arasındaki süreç parçasına ilişkin sonuçlar.....	168
Çizelge 5.42 GERT ve PERT-yol yoluyla elde edilen sonuçlar.....	169
Çizelge 5.43 GERT ve Monte Carlo simülasyonu yoluyla elde edilen sonuçlar	169

ÖNSÖZ

Günümüz iş dünyasının ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, akademisyenler ve firma çalışanları, sürekli olarak firma işlemlerini daha etkili bir hale getirmenin arayışı içerisinde. Bu amaçla en başta ele alınan konulardan birisi ise iş süreçleridir.

Bir firmanın iş süreçleri incelendiğinde özellikle lojistik yönetimine ilişkin süreçler ön plana çıkmakta ve dolayısıyla bu alandaki yeniden yapılanma çalışmalarının firma performansı üzerindeki olumlu etkileri çok daha büyük olmaktadır.

İş süreçlerinin bu kadar ön plana çıkarılması, bu süreçlerin yeniden yapılandırılması çalışmalarının kapsamını genişletmiş ve sonuçta literatürde çok miktarda çalışma oluşturulmuştur. İş süreçlerinin daha somut ve kesin sonuçlar verecek şekilde ele alınması, sadece süreç faaliyetleri arasındaki ilişkilerin geliştirilmesi ile değil yeniden tasarlanan bu süreçlerin bir önceki süreç yapısı ile karşılaştırılması ve elde edilen sonuçların değerlendirilerek süreçlerin sürekli olarak geliştirilmesi ile mümkün olabilmektedir.

Mevcut veya yeniden tasarlanan iş süreçlerinin analizinde, halihazırdaki uygulamalara katkı sağlayacağı düşünülen bu çalışmada GERT'in (Graphical Evaluation and Review Technique) analitik hesaplama yeteneğinden faydalanılarak iş süreçlerinin zamana dayalı analizlerinin yapılabileceği gösterilmiş olup, iş süreçlerinin farklı açılardan da ele alınabileceği yönünde bir katkı sağlandığı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın tamamlanmasında gerekli çalışma imkanı sağlayan Hava Kuvvetleri Komutanlığı ve Hava Harp Okulu Dekanlığı Planlama, Değerlendirme ve Geliştirme Şube Müdürlüğüne ayrıca bilgi ve tecrübesiyle bu çalışmaya yön veren Yrd.Doç.Dr.Ali Fuat GÜNERİ'ye ve çalışmalarım sırasındaki manevi desteklerinden dolayı oğlum Berk AYTULUN'a ve eşim Nisa AYTULUN'a teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2006

S.Kerem AYTULUN

ÖZET

İşletmeler, giderek karmaşılaşan üretim faaliyetlerinin yönetiminde özellikle lojistik kavramının ele alınmasındaki yeni yaklaşımlar neticesinde yeni arayışlar içerisine girmişlerdir. Bu anlamda öncelikle ele alınan konu firmaların iç ve dış iş süreçleri olmuştur. İş süreçlerinin ele alınmasında ise bu süreçlerin modellenmesi ve analizi ön plana çıkmaktadır. Bunun sebebi firmaların yeni yönetsel yaklaşımlar çerçevesinde süreç odaklı çalışmaları ve bu süreçlerin yakalanması, modellenmesi ve analiz edilmesindeki ihtiyaçlardır.

Bu çalışmada öncelikle lojistik sistem hakkında kısa bilgiler verilmiş, daha sonra lojistik araştırmalar ile paralellik arz eden BPR çalışmaları konusunda halihazırdaki metodolojilere değinilmiş, BPR çalışmalarında odak noktası haline gelen iş süreçlerinin özellikleri ve elemanları hakkında açıklamalarda bulunularak süreç yapısının bir şebeke yapısı ile benzerlikleri ortaya koyulmuştur.

İş süreçlerinin modellenmesinde yaygın bir biçimde kullanılan süreç modelleme yöntemlerinin genel özelliklerine değinilmiş ve bu modelleme yöntemlerinin, bu tezin amacına hizmet etme yeterlilikleri incelenmiştir. Daha sonra mevcut iş süreçleri modelleme teknikleri karşılaştırılarak önerilen analiz yöntemlerinin söz konusu süreç modelleme yöntemleri arasındaki yeri tam olarak belirlenmiştir.

Proje çizelgeleme tekniklerinin, süreç iyileştirme çalışmalarındaki kullanılabilirliğinin incelendiği süreçlerin projelendirilmesi kapsamında mevcut proje çizelgeleme teknikleri hakkında genel bilgiler verildikten sonra GERT'in süreç analizlerinde kullanımı konusuna değinilmiş böylece süreç modelleme ve analizinde stokastik açılım sağlanmıştır. İş süreçlerinin modellenmesinde literatürde ortaya konulan ve tasarlanmış olan modelden beklentileri ifade eden model özelliklerinin GERT'in kullanıldığı modellerdeki durumu ele alınarak bu özelliklerin modelde olup olmadığına yönelik incelemelerde bulunulmuştur.

Son olarak orta ölçekli bir firmanın iş süreçleri ele alınarak söz konusu süreçlerin GERT ile modellenmesi ve çözümlenmesine ilişkin endüstriyel bir uygulama yapılmış ve önerilen yöntemin pratikte uygulanabilirliği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar PERT-yol ve Monte Carlo simülasyon ile doğrulanarak yöntemin etkinliği gösterilmiştir.

Yapılan çalışma neticesinde proje çizelgeleme tekniklerinden olan GERT'in süreç analizlerinde kullanılabilir olmasının iki önemli yönü olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlardan birincisi stokastik yapıları işleyebilen ve analiz edebilen GERT'in yeni bir kullanım alanı bulmasıdır. Bu sonuç daha önce bulunan bir modelleme yönteminin yeni kullanım alanlarında uygulama şansı bulması açısından önemlidir. Süreç analizlerinde stokastik durumun ön plana çıkartılarak analitik hesaplamalar ile daha gerçekçi analizlerin yapılabilir olması ise, süreç yönetiminde etkinliği artıracak yeni yöntemlerin, sadece süreç faaliyetleri arasındaki ilişkilerin geliştirilmesi değil aynı zamanda mevcut veya tasarlanan süreçlerin firma hedeflerine ne derecede destek olduğunun keşfedilmesinde de kullanılabileceğinin gösterilmesi açısından da önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: İş süreçlerinin modellenmesi ve analizi, GERT, stokastik şebekeler.

ABSTRACT

With management of more complex production activities, firms need new approaches specially in result of logistics

Firstly, meaning and importance of the logistics for any company is emphasized. Business Process Reengineering methodologies parallel with logistics researches are also mentioned. In addition to this, specifications and elements of the business processes are explained so, similarities between network form and business processes models are introduced.

After that, business process modeling techniques' general characteristics are mentioned and their sufficiency are tested to compare with this study's objective. Later, all modeling techniques are compared and the importance of the proposed analysis techniques among those previously mentioned methods is determined.

In the process projection section, after a general explanation is made about the current project scheduling technique, the usage of GERT in process analyzing is mentioned so, stochastic state is provided. Expectations from the general modeling techniques are tested on the GERT models.

An industrial practice is made to test the applicability of GERT in process modeling and analyzing. Then the results from GERT is verified with PERT-path and Monte Carlo simulation package.

Finally, two important aspects are found in the applicability of GERT as a modeling technique. Methods that have the ability to perform stochastic structure like GERT, find a new application area. This is important because it is improved to be used and a new structure and method can also be found. Also by bringing forward the stochastic structure in process analysis and using analytical calculations, realistic analysis can be made so, process management becomes more efficient with new methods that can handle processes not only as improvement of interrelation between activities but also capable of an analytical analysis AS-IS and TO-BE models of the process. In this way it is shown how processes and companies goals coincide.

Keywords: Business processes modelling and analysis, GERT, stochastic networks.

1. GİRİŞ

Dünya, 1700’lü yılların sonundan başlayarak 1900’lerin sonuna kadar, sanayi devrimi olarak adlandırılan bir sürece şahit olmuştur. Bu süreçte ülkeler, tarıma ve zanaata dayalı bir ekonomiden, sanayinin ve makine üretiminin ön plana çıktığı bir ekonomiye geçiş yapmışlardır. Yine bu süreç içerisinde yaşanan başlıca teknolojik gelişmeler arasında yeni temel maddelerin ve özellikle demir ve çeliğin yoğun bir şekilde kullanımı, yakıt ve mekanik güç üretiminde yeni enerji kaynaklarından istifade edilmesi, insan gücüne bağımlılığı azaltan yeni makine tiplerinin tasarlanması, yeni üretim tiplerine uygun olarak işletme organizasyonlarındaki değişimler ve iş bölümünün devreye sokulması, ulaşım ve iletişim araçlarındaki gelişmeler, üniversite ve sanayi işbirliğinin kurulması ve bilimsel gelişmelerin sanayide uygulanmaya başlanması sayılabilir. Sayılan bu gelişmeler paralelinde, hemen her türlü pazar ortamında rekabet şartları kızışmış, firmalar bu zorlu rekabet ortamında başarılı olabilmek için bazı önemli yönetim stratejileri ve bu stratejilere uygun araçlar geliştirmek durumunda kalmışlardır.

İş süreçlerinin yönetilmesi kavramı üzerinde hem bilim adamları hem de uygulayıcılar arasında mutabık kalınmış bir tanım bulunmasa da yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkan, tasarım, analiz, modelleme, uygulama ve kontrol bulguları iş süreçlerinin yönetilmesi faaliyetlerinin ilgi alanları konusunda bize bir fikir vermektedir. Leymann ve Altenhuber (2002) iş süreçlerinin yönetilmesinde temel olarak 2 aşama tanımlamışlardır; inşa aşaması ve koşturma aşaması. İnşa aşaması sürecin yaratılmasına, koşturma aşaması ise sürecin uygulanmasına odaklanmıştır. Buradan yola çıkarak iş süreçlerinin yönetilmesi faaliyetlerini sürecin tasarımı ve sürecin kontrolü şeklinde yorumlamak mümkün olmaktadır. İş süreçlerinin tasarlanması stratejik seviyede ele alınması gereken bir aşamadır (Reijers, 2002). Bu aşamada iş süreçlerinin yeniden yapılandırılması, süreçleri uygulayacak organizasyonun nasıl olacağı, süreçlerin; finansman, tedarik, lojistik, pazarlama, kalite faaliyetlerine ilişkin amaçların ne olacağı konularında karar verilmesi gerekmektedir. Bu aşamada alınan kararlar genellikle uzun süreli planlama konularına dahil olan yer seçimi, ürün tipi ve pazar belirleme gibi kararlar vardır. Stratejik seviyede ele alınmasına rağmen BPM içerisinde yer almayan diğer kararlar da olabilir.

İş süreçlerinin bir diğer temel aşaması olan kontrol aşamasında ise alınan kararlar çoğunlukla gerçek zamanlı, işlemsel ve taktik seviyedir. Bu aşamadaki faaliyetlere örnek olarak, üretim planlama, kapasite planlama, bütçeleme, iş programlama vb. verilebilir.

İş süreçlerinin tasarımı ile kontrolü arasında temel bazı benzerlikler ve farklılıklar bulunmaktadır. Her iki alanda karar verebilmek için, iş süreçlerinin statik durumunun çok iyi anlaşılması gerekmektedir. Örneğin bir toplu planlama yaparken elimizde bulunan kaynak tipleri ve miktarları sabit, gelen siparişlerin sayısı ise dinamik bir yapı sergiler.

1.1 BPR ve Lojistik Yönetimi

Firmaların iş süreçlerinin tanımlanmasında temel prensiplerden biri de iş faaliyetleri ile iş amaçlarının örtüşmesidir. Lojistik faaliyetler önemli ölçüde imalatçı, tedarikçi ve tüketici arasında gerçekleşen iş süreçlerinin büyük bir bölümünü kontrolü altına almaktadır. Lojistik faaliyetler firmanın diğer iş süreçleri için bütünü tamamlayıcı özelliklere sahiptir. Dolayısıyla firmanın önemli iş faaliyetlerinin başında bulunan lojistik, bu haliyle BPR çalışmalarında da ön planda yerini almaktadır. BPR çalışmalarını lojistik olmadan düşünmek bu nedenle çok zordur (McGinnis, 1999).

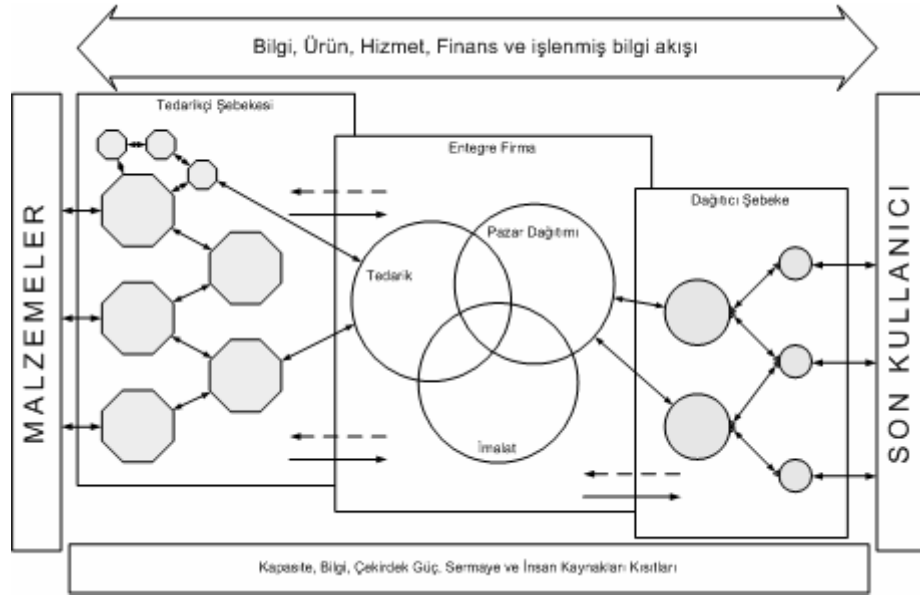
İş süreçlerinin yeniden yapılandırılması, iş hedeflerine daha iyi hizmet edebilmek amacıyla iş süreçlerinin yeniden ele alınması faaliyetlerini kapsadığından bu kapsamda kalan lojistik faaliyetlerine ilişkin iyi bir yeniden yapılandırılma isteniyorsa, bu faaliyetlerin hesaplanabilir modeller ile ifade edilmesi gerekmektedir (McGinnis, 1999). Bu tez de lojistik yönetiminde önemli maliyet unsurlarından olan taşıma sistemlerinin güçlü hesaplanabilirlik yönüne sahip olan modelleme yöntemleri ile ifade edilmesi hedeflenmiştir.

1.2 Lojistiğin Tanımı

Lojistik genel olarak, malzeme ve insanların organizasyonu, hareketleri ile malzeme depolanması ile ilgilenir. Lojistik kavramı ilk kez askeri bir terim olarak savaş alanında askerlerin desteklenmesi ve barındırılması anlamında kullanılmıştır. Zaman içerisinde terim mal ve hizmet üretimini kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Lojistik faaliyetlerinin ilgi sahası, doğru ürünün, doğru yerde ve zamanda müşteriye ulaştırılmasıdır. Lojistik yönetiminin temel özelliği, içerdiği bütün faaliyetlere bütünsel ve entegre bir şekilde yaklaşmasıdır. Dolayısıyla tedarik, envanter yönetimi, taşıma yönetimi, depolama yönetimi ve dağıtım faaliyetlerinin çok önemli bileşenler olduğu düşünülürken aynı zamanda bu bileşenler arasındaki entegrasyonun da önemi vurgulanır.

Bir lojistik sistemi, birbirlerine taşıma faaliyetleri ile bağlanmış tesislerden meydana gelir. Tesislerde, malzemelerin üretimi, depolanması, tasniflenmesi, satılması veya tüketilmesi gerçekleşir. Genel olarak, imalat ve montaj merkezleri, dağıtım merkezleri, aktarma noktaları, taşıma terminalleri, perakende dükkanları, çöp ve atık sahaları ile bunların arıtılmasını

sağlayan merkezler, tesisleri oluşturmaktadır. Taşıma hizmetleri ise, lojistik zincirin en önemli halkası olup, tesisler arasında araç ve ekipmanlar kullanarak malzemelerin akışını sağlamaktadır.



Şekil 1.1 Lojistik sistemi de içine alan entegre tedarik zinciri (Bowersox vd., 2002)

Lojistik sistemler, günümüzde karmaşık yapılı tedarik zinciri içerisinde düşünülmektedir. Lojistikten farklı olarak tedarik zinciri hammaddenin, son ürün haline dönüştürülerek, son kullanıcıya dağıtılması faaliyetleri olarak tanımlanmaktadır. Bu durum Şekil 1.1'de gösterilmiştir. Şekil 1.1'den de anlaşılacağı gibi, tedarik zinciri malzemenin temininden ürünün son kullanıcıya gidişine kadar geçen süreç içerisinde birçok firmayı kendi içinde barındırır. Bu sebeple entegrasyon çok önemlidir. Zira her firmanın ve yürüttüğü faaliyetlerin yani iş süreçlerinin önemli kısıtları bulunabilir, bu bazen, para, bazen iş gücü bazen de zaman olarak karşımıza çıkmaktadır. Firmalar, bu entegrasyonu sağlamak için beş önemli akışı çok iyi kontrol etmek zorundadır. Bunlar; bilgi, ürün, hizmet, finans ve işlenmiş bilgi olarak sayılabilir. Lojistik ise bu zincir içerisinde önemli bir kanal görevi görür. Tedarik zinciri içerisindeki her firma lojistik konusuna gereken önemi vermek zorundadır.

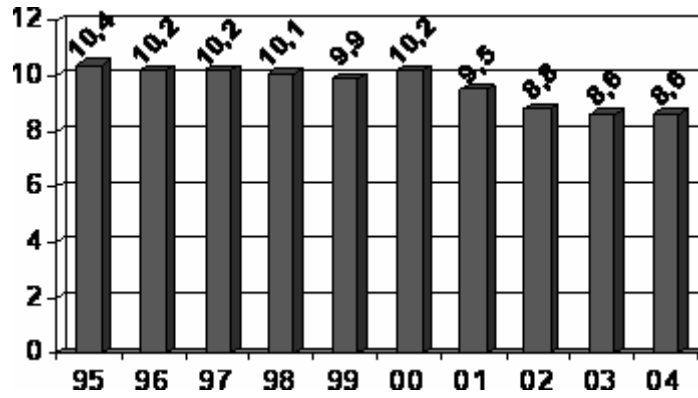
1.3 Lojistiğin Önemi

Artan kapasiteler beraberinde çok şiddetli rekabet şartlarını da beraberinde getirmektedir. Bunun yanında, ürün modellerindeki hızlı değişim, müşteri taleplerini de çoğaltmakta, tasarımdan dağıtımına kadar bütün faaliyetlerin hatasız, daha az miktarlarda, daha kısa sürede, daha az maliyetle ve daha doğru yapılmasını gerektirmektedir.

Lojistik faaliyetlerin miktarında ve hızındaki artışa rağmen lojistik harcamaları Amerika Birleşik Devletleri gibi bir ülkede geçmiş bir kaç yıldır GSMH'nin %10 dolaylarındadır (Ghiani vd., 2004).

Lojistik sistemlerde üretilen değer miktarının artırılmasına yönelik çalışmalar hem çalışanlar hem de akademisyenlerin ilgisini gün geçtikçe daha da çok çekmektedir. Bu dikkat yoğunlaşması sonucunda ortaya çıkan çok fazla miktarda yazı, yazılım, karar destek araçları ve tasarım algoritmaları göstermektedir ki, lojistik, modern toplumlar için çok önemli faaliyetler arasında yerini almıştır.

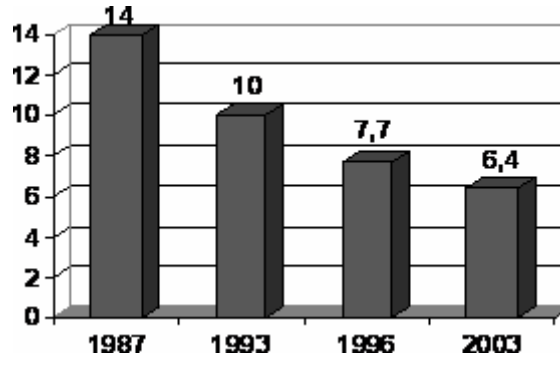
Şekil 1.2'de A.B.D'de yıllara göre GSMH'nin yüzdesi olarak Lojistik Harcamaları verilmiştir. Buradan da anlaşılacağı gibi artan lojistik faaliyetlere rağmen 2000 yılından günümüze doğru da lojistik harcamalarda bir azalma görülmektedir.



Şekil 1.2 A.B.D.GSMH'nin %'si olarak Lojistik Harcamaları

Örneğin 1993 yılında A.B.D'de 862 milyar \$ ile GSMH'nin %10'unu oluşturan lojistik harcamalar, bu haliyle sosyal güvenlik, sağlık hizmetleri ve savunma giderlerinin toplamından daha yüksek bir değerdir. Aynı durum Kuzey Amerika Serbest Ticaret Antlaşmasını (NAFTA) imzalayan ülkeler ile Avrupa Birliği ülkeleri için de geçerlidir. Avrupa Birliği ülkelerinde gerçekleşen lojistik maliyetlerin sektörlere göre dağılımı Şekil 1.3'de verilmiştir. Burada görülmektedir ki Avrupa Birliğinde yıllara göre düşüş daha keskindir.

Toplam lojistik maliyetlerin en büyük payını taşıma maliyetleri oluşturmaktadır. Taşıma maliyetlerinin toplam lojistik maliyetler içerisindeki payı %50 civarında olmaktadır. 2002 yılında yayımlanan 13 ncü Lojistik Durumu Raporundan elde edilen veriler ışığında toplam lojistik maliyetleri oluşturan taşıma, envanter ve yönetim maliyetlerinin yıllara göre karşılaştırılması yapılmıştır.



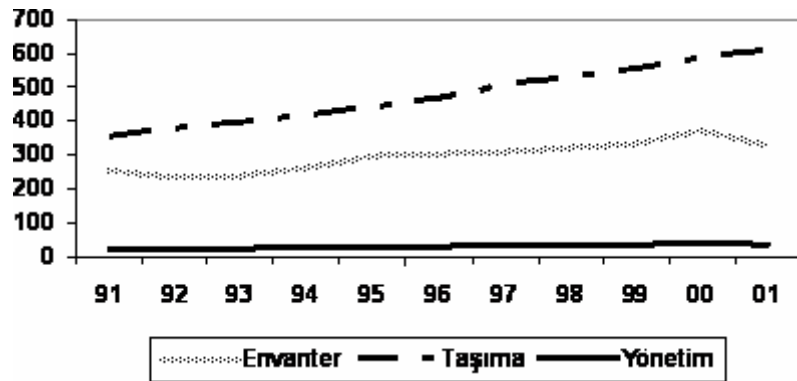
Şekil 1.3 Avrupa Birliği ülkelerinde satış fiyatlarının %'si olarak Lojistik Maliyetler (Koutsoutos, 2002)

Burada şunu açıklamak gerekir ki dünya çapında lojistik sektörünü başlıca ele alan ve bu sektör hakkında önemli verileri toplayan ülkelerin başında A.B.D gelmektedir. Bu sebeple yapılan incelemelerde özellikle bu ülkeye ait verilerin ele alınması hedeflenmiştir. Daha sonra da değinileceği gibi, Türkiye şartlarında lojistik sektörünün gelişimi konusunda ipuçları sağlayacak yatırımlar özellikle taşıma sektörü ile ilişkilendirilecektir.

Şekil 1.4'de 13 ncü Lojistik Durumu Raporundaki veriler yardımıyla lojistik maliyetler incelendiğinde taşıma maliyetlerinin toplam lojistik maliyetleri üzerindeki etkisi görülmektedir. Ayrıca, envanter ve yönetim maliyetlerinin yıllara göre önemli bir değişim göstermez iken, taşıma maliyetleri her yıl düzenli bir artış göstermektedir.

1.3.1 Lojistik ve Taşıma Sistemi

Bir firmanın lojistik faaliyetleri içerisinde taşımalar, çeşitli şekillerde yapılabilmektedir. Temel olarak deniz, tren, kamyon, uçak ve boru hattı olmak üzere beş ayrı taşıma tipi mevcuttur. Taşıma hizmetleri verilirken söz konusu tiplerden sadece biri seçilebileceği gibi, birden fazla tipi içinde barındıran kombinasyonlar da kullanılabilir.



Şekil 1.4 Taşıma, envanter ve yönetim maliyetlerinin yıllara göre karşılaştırılması

Taşıma tipi seçildiğinde iki önemli parametre karşımıza çıkmaktadır. Bunlar; fiyat (maliyet) ile geçiş zamanıdır. Taşıma maliyeti, terminal ve araçlarla ilgili bütün harcamaları içine

almaktadır. Maliyet, seçilen taşıma tipine göre farklı bileşenlerden oluşur. Bu bileşenler, sabit ve değişken maliyetler olarak Çizelge 1.1’de verilmiştir.

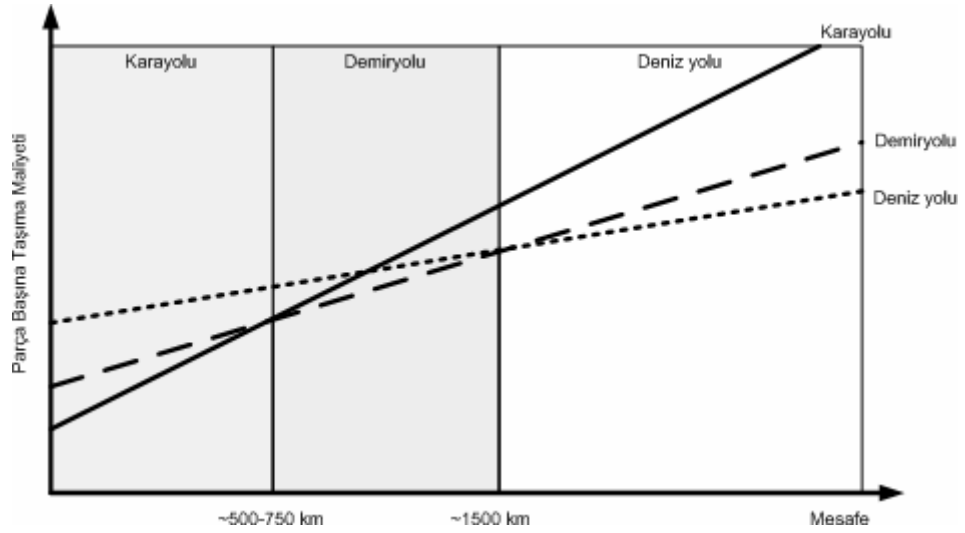
Farklı mesafelere göre farklı taşıma tipleri maliyet açısından avantajlı duruma gelebilmektedir. Şayet taşıma maliyetlerini doğrusal olarak kabul edersek, Çizelge 1.1’de verilen sabit ve değişken maliyet tanımlarına göre farklı taşıma tipleri için toplam maliyet fonksiyonlarını aynı grafik üzerinde gösterebilme şansı elde edilir. Bu durum Şekil 1.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1 Çeşitli taşıma tiplerine göre sabit ve değişken maliyet tanımları

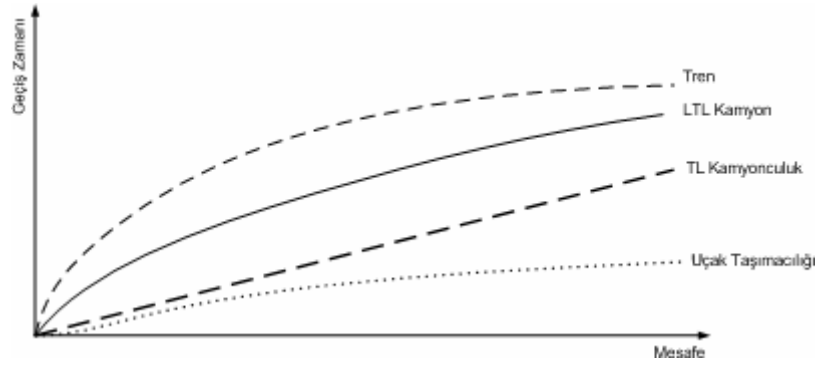
Taşıma Tipi	Sabit Maliyetler	Değişken Maliyetler	Maliyet Özelliği (Gianni, 2004)
Tren	Arazi, Konstrüksiyon, Lokomotif ve vagonlar, Kamyonlar	Bakım İşçilik Yakıt	• Yüksek Sabit Maliyet • Düşük Değişken Maliyet
Karayolu	Arazi, Konstrüksiyon, Kamyonlar	Bakım İşçilik Yakıt	• Düşük Sabit Maliyet • Orta Değişken Maliyet
Boru hattı	Arazi, Konstrüksiyon	Bakım Enerji	• Çok Yüksek Sabit Maliyet • Çok Düşük Değişken Maliyet
Hava	Arazi, Alan ve Terminal, Konstrüksiyon, Uçaklar	Bakım İşçilik Yakıt	• Düşük Sabit Maliyet • Yüksek Değişken Maliyet
Deniz	Terminal alanı ve limanlar, Kargo taşıma ekipmanı, Gemiler	Bakım İşçilik Yakıt	• Düşük Sabit Maliyetler • Orta Değişken Maliyetler

Rodrigue vd. (2006)’ne göre yaklaşık 500-750 km mesafeye kadar karayolu taşımacılığı, 750-1500 km arasında demiryolu taşımacılığı ve daha uzun mesafeler için denizyolu taşımacılığı en düşük parça başı birim taşıma maliyetini vermektedir. Ancak bu durum, coğrafik özelliklere, ürün tipine ve miktarına, altyapı tesislerine, rekabet ve düzenlemelere göre değişim gösterebilir.

Geçiş zamanı ise, başlangıç noktasından bitiş noktasına kadar taşıma için gereken zamanı ifade eder (Pearson ve Semeijn, 1999). Genellikle hava ve yol durumundan etkilenen rasgele bir değişkendir. Şekil 1.6’da çeşitli taşıma tipleri için geçiş zamanları verilmiştir.



Şekil 1.5 Taşıma tiplerine göre oluşan parça başı taşıma maliyetleri

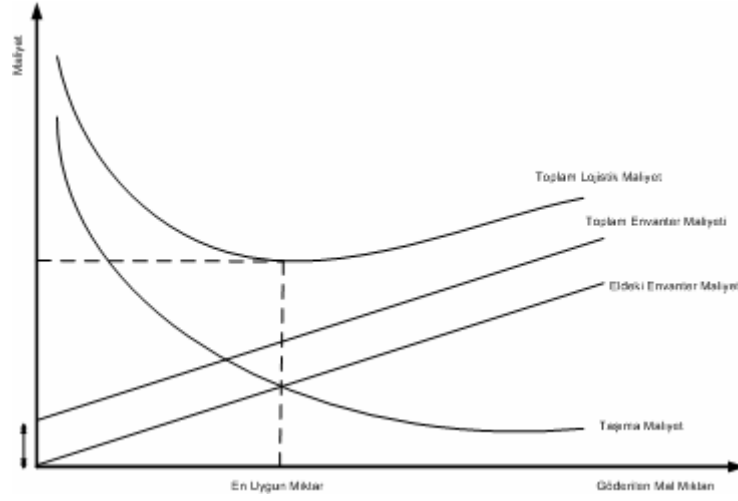


Şekil 1.6 Çeşitli taşıma tiplerine göre ortalama geçiş zamanları (Ghiani, 2004)

Taşıma tiplerine göre gerçekleşen standart sapmalara bakıldığında bu tiplerin kendi aralarında güvenilirlikleri de belirlenmiş olabilmektedir. Buna göre, en yüksekten en düşüğe güvenilirlik açısından taşıma tipleri sıralandığında; boru hattı, hava, kamyon, tren ve deniz taşımacılığı sırası elde edilmektedir (Ghiani, 2004).

Lojistik maliyetler ile taşınan yük miktarı arasında temel takas durumu söz konusudur. Yani gönderi miktarı arttıkça düşen taşıma maliyetleri yanında, büyük miktarlarda gönderinin sağlanması için elde bulundurulmuş yüksek envanter sebebiyle artan envanter maliyetlerinin kesişim noktasında en düşük toplam lojistik maliyeti veren en uygun gönderi miktarı verilebilir.

Ancak yukarıda bahsedilen maliyetlerin tespiti, coğrafik özelliklere, ürün tipine ve miktarına, altyapı tesislerine, rekabet ve düzenlemelere göre karmaşık bir hal alabilir. Maliyet ve gönderi miktarları arasındaki ilişki Şekil 1.7’de gösterilmiştir.



Şekil 1.7 Maliyet ve gönderi miktarı arasındaki takas durumu (Sheffi, 2000)

1.3.2 Taşıma Tipleri

Demiryolu Taşımacılığı

Tren ile yapılan taşımalar, ucuz, nispeten yavaş ve güvenilirliği düşüktür. Genellikle kimyasallar gibi yavaş taşınması gereken malzemeler ile odun, konserve gibi düşük değerli malların taşınmasında kullanılır. Demiryolu şebekelerinin çok fazla yaygın olmaması, ticari yük yerine yolcu taşımalarında daha fazla kullanılması ve çok fazla miktarda yük taşınması gerektiğinden dolayı seyrek kullanılan bir taşıma tipidir.

Çizelge 1.2 Yıllara göre Türkiye demiryolu uzunlukları ve tren-km değerleri

	2000	2001	2002	2003	2004	2000-2004 %Değişim
Hat uzunluğu (km)	8.671	8.671	8.671	8.697	8.697	0,30
Elektrikli	1.752	1.752	1.752	1.752	1.920	9,59
Elektriksiz	6.919	6.919	6.919	6.945	6.777	-2,05
Tren-kilometreler	45.624	41.372	38.791	41.577	45.556	-0,15
Yolcu tren-kilometre	26.948	26.695	24.407	25.143	26.221	-2,70
Karma tren-kilometre	754	723	589	588	571	-24,27
Yük tren-kilometre	17.922	13.954	13.795	15.846	18.764	4,70
Yolcu-kilometreler	5.832.577	5.568.302	5.204.286	5.878.000	5.237.000	-10,21
Ton-kilometreler	9.895.346	7.561.601	7.224.000	8.669.000	9.417.000	-4,83

Ülkemizde tren yollarının yıllara göre durumu (Türkiye İstatistik Yıllığı, 2006) Çizelge 1.2’de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinde de anlaşılacağı gibi Türkiye’de demiryolu yatırımları konusunda büyük sıkıntılar yaşanmaktadır. Yine de 2000-2004 yılları arasındaki %9,59’luk elektrikli demiryolu hattındaki gelişme, özellikle demiryolları ile yük taşımacılığında %4,7’lik bir artış getirmiştir. Ancak bu haliyle tren ile taşıma tipinin ülkemizde taşıma sektörüne destek vermesi mümkün görülmemektedir.

Karayolu Taşımacılığı

Genel olarak yarı mamul ve mamul malların taşınmasında kullanılmaktadır. Tam kamyon yükü veya tam kamyon yükünden daha az şekillerde taşıma yapılır. İlk şekilde yük kamyon kapasitesi kadar yüklenir ve tek bir yolculuk ile hizmet tamamlanır. Diğer şekilde taşıma yapıldığında ise bir kamyon yükünden daha az yükler bir araya gelerek kamyonun kapasitesini doldurur. Yükler birden fazla son noktaya gönderilir. Bu özelliğinden dolayı Tam kamyon yükü taşımasından daha yavaş olmaktadır.

Ülkemizdeki karayolları durumu ise Çizelge 1.3’de verilmiştir (Türkiye İstatistik Yıllığı, 2006).

Çizelge 1.3 Yıllara göre Türkiye karayolları uzunlukları ve taşınan yük-km değerleri

	2000	2001	2002	2003	2004	2000-2004 %Değişim
Yol Uzunlukları	62.863	63.156	63.220	63.372	63.706	1,34
Otoyol	1773	1851	1851	1881	1892	6,71
Devlet yolu	31397	31376	31319	31358	31446	0,16
İl yolu	29693	29929	30050	30133	30368	2,27
Taşıt-km	56.151	52.631	51.664	52.349	57.767	2,88
Otoyol	6.324	5.448	6.030	6.713	7.764	22,77
Devlet yolu	44.216	41.918	40.504	40.505	44.328	0,25
İl yolu	5.611	5.265	5.130	5.131	5.675	1,14
Ton-km	161.552	151.421	150.912	152.163	156.853	-2,91
Otoyol	19.732	17.209	19.388	20.331	23.735	20,29
Devlet yolu	130.511	123.283	121.157	121.467	123.340	-5,49
İl yolu	11.309	10.929	10.367	10.365	9.778	-13,54
Yolcu-km	185.681	168.211	163.327	164.311	174.312	-6,12
Otoyol	22.288	18.700	20.468	22.456	25.979	16,56
Devlet yolu	147.542	135.808	128.952	127.995	132.784	-10,00
İl yolu	15.851	13.703	13.907	13.860	15.549	-1,91

Özellikle otoyollardaki yatırımlar ile Türkiye’de 2000 yılından 2004 yılına kadar otoyolların yolcu ve mal taşınmasında kullanılma oranını yükseltmiştir.

Havayolu Taşımacılığı

Havayolu taşımacılığı karayolu taşımacılığı ile beraber sıklıkla kullanılır. Hızlı bir taşıma tipi olmakla beraber, havaalanlarında mal yükleme sırasında vakit kaybedildiğinden, değerli malların uzun mesafeler için taşınmasında etkili olmaktadır. Çizelge 1.4’de Türkiye’nin havayolu taşımacılığına ilişkin bilgileri sunulmuştur (Türkiye İstatistik Yıllığı, 2006).

Çizelge 1.4 Yıllara göre Türkiye havayolu ile taşınan yük-km değerleri

		2000	2001	2002	2003	2004	2000-2004 %Değişim
İç Hatlar	Yolcu-km	3.554.835	2.858.614	2.705.316	2.751.910	3.223.299	-9,33
	Ton-km	309.526	284.968	274.807	275.681	321.118	3,75
Dış Hatlar	Yolcu-km	13.181.718	12.211.712	13.020.432	12.223.997	14.227.375	7,93
	Ton-km	1.562.352	1.540.588	1.714.432	1.617.729	1.849.177	18,36

Boru Hattı Taşımacılığı

Boru hattı taşımacılığı özellikle likit ve gaz taşımacılığında son yıllarda Ülkeler arası antlaşmalar ile etkili bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Malzemeler boru hatları içinden geçerek kaynağından satıldığı pazarlara veya bir sonraki taşıma noktasına kadar götürüldüğü sistemlerdir. İnşa maliyeti çok yüksek olan boru hatlarının işletme maliyetleri ise düşüktür.

Ülkemizde, Azerbaycan ve İran ile Türkiye arasındaki petrol ve doğal gaz boru hatlarının yapılmasıyla farklı bir taşıma tipi olan boru hattı taşımacılığının da etkili bir şekilde kullanıma başlanıldığını görmekteyiz. Boru hattı taşımacılığına ilişkin Türkiye'deki durum Çizelge 1.5'de verilmiştir.

Çizelge 1.5 Yıllara göre Türkiye'deki boru hatları ve uzunlukları

Yıl	Petrol (km)	Doğalgaz (km)	Toplam (km)
1994	1.126	158	1.284
1995	1.126	202	1.328
1996	2.112	239	2.351
1997	2.112	259	2.371
1998	2.112	259	2.371
1999	2.112	262	2.374
2000	2.112	264	2.376
2001	2.112	232	2.344
2002	2.112	230	2.342
2003	2.112	245	2.357
2004	2.112	245	2.357

Birden Çok Taşıma Tipi Durumu

Verilen taşıma hizmetinde birden fazla taşıma tipi kullanılması durumunda oluşur. Sebebi, maliyet ve zaman arasındaki takas (trade-off) durumudur. Beş temel taşıma tipinin bütün kombinasyonları kullanılabilir ise de, pratikte çoğunlukla birkaç tanesi uygun olmaktadır. En çok kullanılan kombinasyonlar, havayolu-karayolu taşımacılığı, demiryolu – karayolu taşımacılığı ve denizyolu – karayolu taşımacılığıdır.

Bowersox vd. (2002), farklı taşıma tiplerini çeşitli açılardan değerlendirmiş ve Çizelge 1.6’da verilen değerlendirme çizelgesini oluşturmuştur.

1.4 Lojistik Yönetimi

Lojistik yönetimi, Council of Logistics Management tarafından; “Müşteriden gelen taleplerin karşılanması amacıyla, merkez noktasından tüketim noktasına kadar, malların etkili, verimli akışı ve depolanması ile bunlarla ilişkili bilgilerin planlanması, uygulanması ve kontrolü süreci” olarak tanımlanmaktadır.

Bu tanımlamaya göre, lojistik yönetimi, yönetsel sorumluluklarda ortaya çıkan birkaç sahayı kapsamaktadır. Bunlar lojistik sistemdeki akışlar ve yapılar, lojistik faaliyet sahaları ve müşteri ihtiyaçlarının yerine getirilmesidir (Nilsson ve Waidringer, 2003)

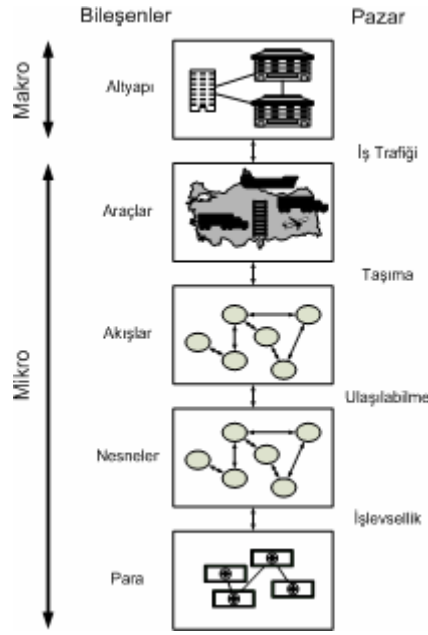
Çizelge 1.6 Çeşitli karakteristiklere göre taşıma tiplerinin değerlendirilmesi

İşletme Karakteristiği (1) En iyi, (5) En kötü	Demiryolu	Kamyon	Deniz	Boru Hattı	Hava
Hız	3	2	4	5	1
Hazır Bulunma	2	1	4	5	3
Güvenilebilirlik	3	2	4	1	5
Yeterlilik	2	3	1	5	4
Sıklık	4	2	5	1	3
Toplam	14	10	18	17	16

1.4.1 Lojistik Sistemdeki Akışlar ve Yapılar

Lojistik sistem çoğunlukla düğümlerden ve dallardan oluşan bir şebeke olarak tanımlanır. Örneğin, Wandel ve Ruijgrok (1995), taşıma endüstrisinin tanımları arasındaki ilişkileri bir şebeke olarak göstermiştir. Altyapı tesisleri arasındaki ilişki , bu tesisler arasında hareket eden kaynaklar ve bunun sonucunda oluşan taşıma şebekesi Şekil 1.8’de verilmiştir.

Şekil 1.8’den de anlaşıldığı gibi, makro ve mikro seviyede bir entegrasyon durumu söz konusudur. İş trafiği, altyapı hizmetleri için bir pazar olarak ele alınmaktadır.



Şekil 1.8 Taşıma şebekesi, kaynaklar ve altyapı (Wandel ve Ruijgrok, 1995)

Taşıma, altyapı tesisleri arasında araçların hareketlerini kapsayan pazardır. Ulaşılabilirlik ise, taşıma pazarında faaliyet gösteren hizmet sağlayıcıları tarafından akışlar için mümkün kılınan pazardır. Son olarak işlevsellik ise üretici ile müşteriler arasındaki ilişkilerden dolayı ortaya çıkan pazarı oluşturur. Müşteriler para ödeyerek elde ettikleri mallar ile işlevsellik kazanırlar.

1.4.2 Lojistik Faaliyet Sahaları

Lojistik faaliyetler, ürünün üretildiği merkezden, kullanıcılar tarafından tüketildiği merkezlere kadar olan süreci kontrol ettiğinden, içerisinde birden fazla firmayı barındırır. Hatta Bowersox vd.'ne (2002) göre firmanın kontrolü altında bulunan kendi lojistik faaliyetleri, bütün lojistik faaliyetlerin %20'sini oluşturur.

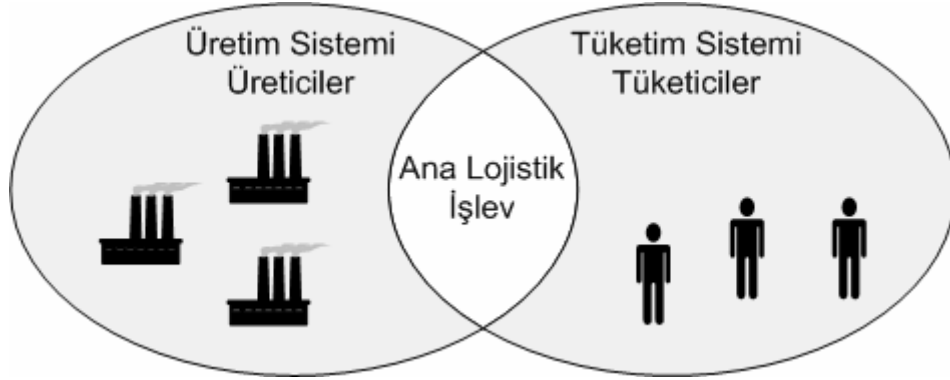
Lojistik faaliyetler ve tedarik zinciri terimi ilk kez 1982 yılında Oliver ve Webber tarafından duyurulmuştur. Bu incelemede, lojistik gelişimi üç temel evrede oluşmaktadır: Bunlardan ilki, firmanın lojistik faaliyetlerini tek başına yürütmesidir. Bir tedarik zinciri oluşmamış olup, lojistik yönetimi maliyetlerin düşürülmesine yönelik en iyileme çalışmaları yapmaktadır.

İkinci aşamada ise firmalar ikili entegrasyonlar kurmaya başlamışlardır. Maliyetten tasarruf ön planda olsa da, firmaların birbirlerinin faaliyetlerini tamamlamaları, ikili oluşuma katılan firmaların pazar paylarının artmasını sağlamaktadır.

Üçüncü aşama ise entegre tedarik şebekeleri gelmektedir ki, bu firmaların müşterilerine en yüksek değerde ürünü en kısa zamanda sağlayabilmek ve sayede pazarda mümkün olabildikçe en büyük paya sahip olmanın yolu olarak görülmektedir. Müşteriden gelen talebin bu şekilde karşılanabilmesi için, tedarikçilerin yenilikçi iş süreçlerinin gelişimini

hızlandırmaları gerekmektedir. Bu, birkaç firmanın bir araya gelerek işbirliği yapması hatta bazı iç kaynaklarını tedarikçilerin hizmetine vermesi anlamına gelmektedir (Rice ve Hoppe, 2001). İş şartları içerisinde stratejik yeteneklere sahip belirli firmalar, kurulan ilişki sayesinde diğer firmaların kullanabileceği hale getirilmekte ve firmanın da içinde bulunduğu şebeke, rekabet avantajlarına sahip olmaktadır (Kogut, 2000).

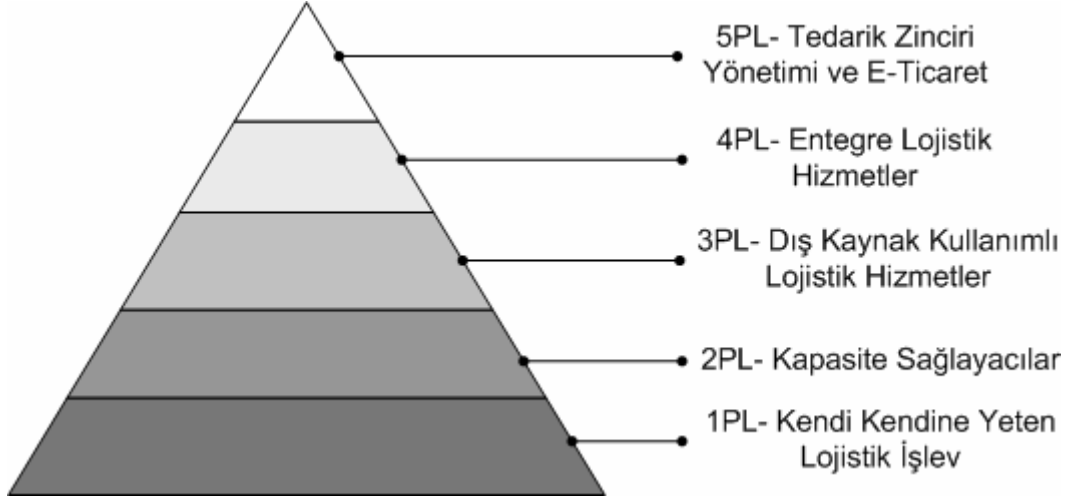
Müşteri ihtiyaçlarının tam olarak yerine getirilmesi, başarının en önemli anahtarı olarak görülmektedir. Geleneksel yaklaşımda, lojistiğin tedarik zinciri içerisindeki bir firma için sağladığı değer, ürünleri pazara gönderdiğinde taşıma maliyetlerini aşağılara çekmek olarak görünmekteydi. Bugün ise, değer, ürün özellikleri yanında müşterinin ürüne ulaşabilirliğini artıran hizmet boyutu eklemek olarak tanımlanmaktadır (Nilsson ve Waidringer, 2003). Her hangi bir lojistik sistemin temel işlevi olan akışın yönetilmesi durumu Şekil 1.9’da verilmiştir.



Şekil 1.9 Ana lojistik işlevi (Nilsson ve Waidringer, 2003)

Lojistik çalışmalarının başlangıcından itibaren, farklı bakış açıları aşamalardan geçtiği daha önce açıklanmıştı. Ancak, zaman içerisinde lojistik faaliyetlerin ve bakış açılarının farklı karakterler kazanması, bu faaliyetleri, birbirinden farklı kategorilerde izleme zorunluluğu getirmiş, firmaların hangi lojistik kategorilerinde olduğu ve bu kategorilere özel faaliyet analizlerin yapılması zorunlu bir hale gelmiştir. Bu kapsamda lojistik faaliyetler, 1PL (1 nci parti lojistik)-5PL (5 nci parti lojistik) sınıflamasına tabii tutulmuştur. Şekil 1.10’da lojistik aşamaları verilmiştir.

Eğer firmalar sadece bulundukları yerde alım ve satım faaliyetlerini yürütüyorlar ise bu durumda bu firmalar 1PL aşamasında sayılmaktadır. Yapılan iş coğrafik olarak genişledikçe, imalatçıların lojistik sınırları da gelişme gösterir. 2PL sağlayıcıları genellikle taşıma ve depolama konusunda kapasite sağlayıcıları kimliğindedir. 2PL sağlayıcıları, tedarik zincirinde bir veya birkaç hizmeti üstlenmişlerdir.



Şekil 1.10 1PL'den 5PL'ye Lojistik aşamaları

Bu tip sağlayıcıların genellikle düşük sermaye geri dönüşleri ve büyük varlık yoğunlukları vardır. Ancak yoğun şebeke içerisinde bulunan dağıtımçıların geri dönüşleri büyük olmakla birlikte bunlarda önemli ölçüde büyük maliyetlerle çalışırlar. Bunlara örnek olarak, zamanında dağıtım için orta seviyede ücret alan hızlı paketleme operatörleri ile posta dağıtımçıları verilebilir.

Tek bir yere dağıtım konusunda talep artışı ile beraber, birçok 2PL sağlayıcıları yeni lojistik yetenekler oluşturarak ve faaliyetlerini entegre hale getirerek 3PL sağlayıcıları içerisinde yer almaya başlamıştır. Varlıkların sahibi olsun veya olmasın, 3PL, 2PL'e göre çok daha geniş bir terimdir. 3PL taşıma zincirinin bir halkası olan ve kontratlarla çalışan firmalar için kullanılır. Müşterilerin tedarik zinciri faaliyetlerinin bütününe veya çok büyük bir bölümünü yerine getirir ve en düşük maliyetle farklılaştırılmaya müsaade edilmeyen bir taşıma hizmetini bilgi akışını da destekleyecek şekilde yerine getirir. Varlık yatırımları düşük olup, geri dönüşler büyüktür.

4PL sağlayıcılar ise temel olarak lojistik faaliyetleri entegre edici özelliğe sahip firmalardır. İmalatçı firmaların lojistik faaliyetlerine yönelik dış kaynak kullanım ihtiyaçlarına uygun olarak diğer firmalar ile sözleşmeler yapar. Bu amaçla çeşitli 2PL ve 3PL sağlayıcıları ile görüşmeler halindedir. Bu sebeple, bütün tedarik zinciri faaliyetlerini görebilme ve güçlü lojistik ve bilgi teknolojileri yeteneğine sahip olan 4PL sağlayıcılar, müşterileri için çok yüksek değere sahip hizmetler üretebilmektedir.

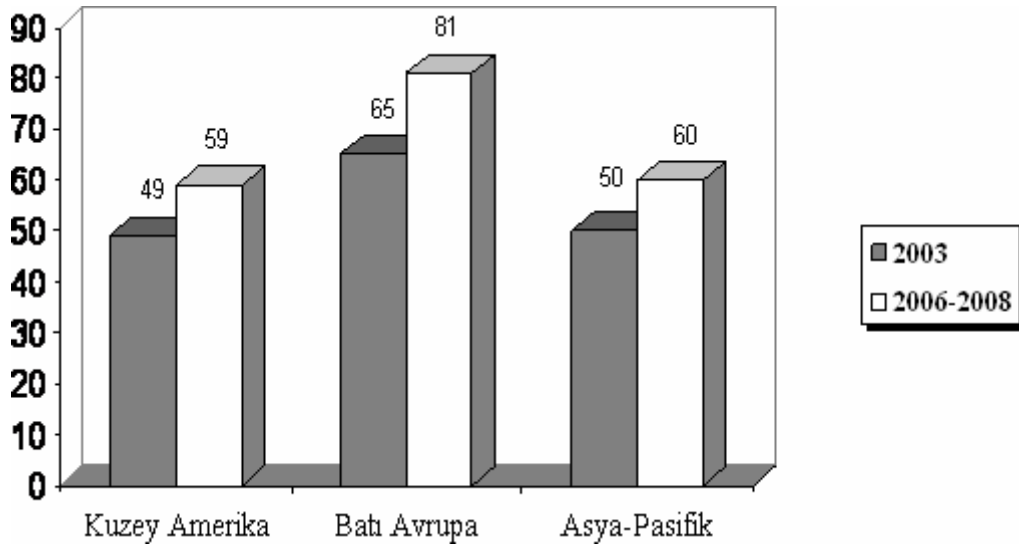
5PL sağlayıcılar ise 4PL sağlayıcıların faaliyetlerini e-ticaret düşüncesine uygun olarak tasarımları sonucunda ortaya çıkar. 5PL sağlayıcılar, müşterilerinin ihtiyaçlarını sahip oldukları bütün tedarik zinciri bakış açısı ve olağanüstü teknolojilerle desteklenmiş bilgi akışı ile yerine getirir.

Çizelge 1.7 ve Şekil 1.11’de, dünyadaki 3PL kullanıcılarının coğrafik hizmet dağılımları verilmiştir.

Çizelge 1.7 3PL kullanıcılarının coğrafik hizmet dağılımları (Langley vd., 2003)

Bölge	3PL Kullanıcıları (%)		
	Kuzey Amerika	Batı Avrupa	Asya-Pasifik
Kuzey Amerika	98	29	29
Avrupa	47	100	32
Asya-Pasifik	47	41	90
Orta Doğu	21	59	19
Güney Amerika	32	35	16
Afrika	13	53	17

Çizelge 1.7 ve Şekil 1.11’de de görüldüğü gibi, çeşitli coğrafik bölgelerde bulunan firmalar, diğer bölgelerdeki firmalara hizmet sağlamakta müşterilerin de bu hizmetlere olan talebi gün geçtikçe artmaktadır. Bir lojistik stratejisinin oluşturulmasında, lojistik yöneticileri üç temel amaç olan sermaye küçülmesi, maliyet küçülmesi ve hizmet seviyesinin iyileştirilmesi arasında en uygun uzlaşmayı sağlayacak hedefler belirlemeye çalışır.

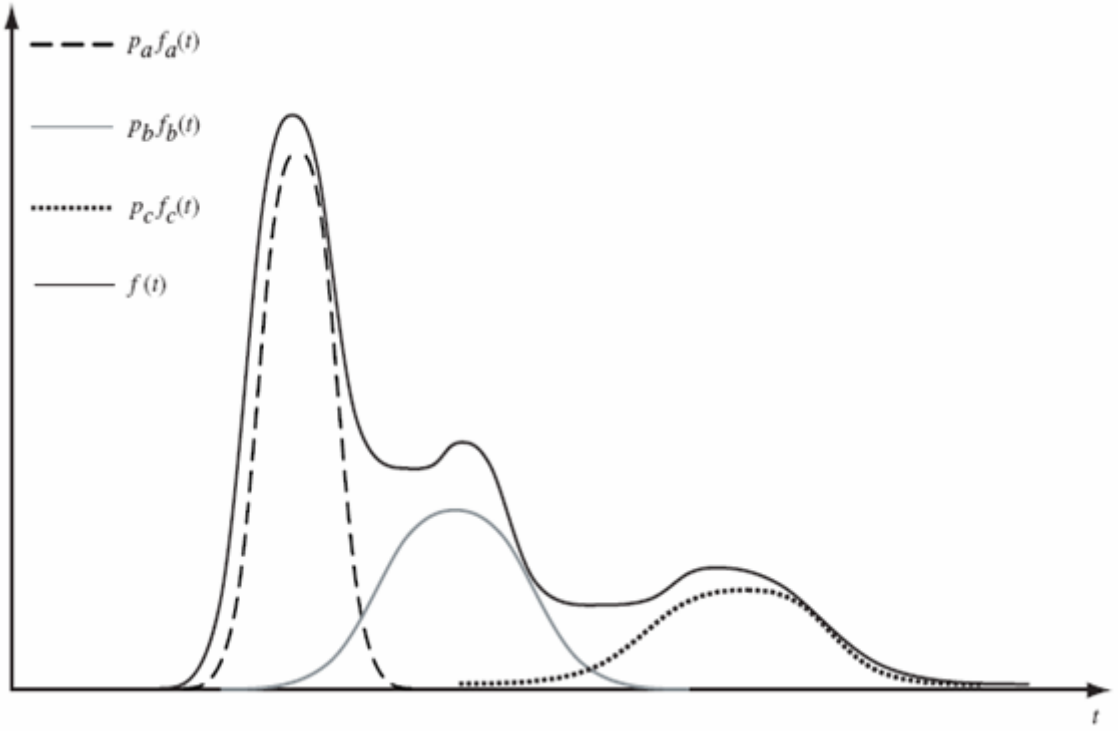


Şekil 1.11 Dış kaynak kullanımı

İlk amaç, lojistik sistemdeki yatırımların azaltılmasıdır. Bu birçok yolla sağlanabilir. Örneğin bir firma kendi depolarına sahip olmak yerine kamusal depoları kullanabilir. Yine kendi filosuna sahip olmaksızın, genel taşıyıcıları tercih edebilir. Doğal olarak sermaye yatırımlarındaki azalma beraberinde işletme maliyetlerini de artırmaktadır. İkinci önemli

amaç ise taşıma ve depolama faaliyetlerinde, toplam maliyeti en küçükmektir. Üçüncü amaç ise hizmet seviyesinin iyileştirilmesidir ki verilen lojistik hizmetin yüksek kalitede ve gelişmiş olması müşteriler açısından çok önemli olduğu gibi, firma gelirleri üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir. Hizmet seviyesinin yüksek olması, özellikle homojen, düşük fiyatlı ürünlerin satıldığı, rekabetin ürün özelliklerinden bağımsız olduğu piyasalarda önemli bir rekabet avantajı sağlar.

Lojistik hizmetlerin seviyesi çoğu zaman, sipariş çevrim zamanı ile açıklanır. Sipariş çevrim zamanı, bir satın alma siparişinin veya hizmet talebinin alındığı andan, malın veya hizmetin müşteriye teslimi arasındaki geçen zamandır. Sipariş çevrim zamanı çok terimli olasılık dağılımı ile ifade edilen bir rasgele değişkendir. Daha önce Şekil 1.1’de verilen tedarik zincirinin olasılık yoğunluk işlevi Şekil 1.12’de ifade edilmiştir.



Şekil 1.12 Sipariş çevrim zamanının olasılık yoğunluk işlevi (Ghiani, 2004)

Bir perakende satış mağazası, bir sipariş geçtiğinde, eğer istenilen mal bölge dağıtım merkezlerinde var ise istek yapılan mal kısa bir süre içerisinde perakende satış mağazasına ulaştırılır. Aksi taktirde bölge dağıtım merkezi, stoklarını desteklemek için ana dağıtım merkezlerine sipariş geçer. Bu durumda perakende mağazasının siparişinin karşılanması doğal olarak daha uzun sürer. Malın ana dağıtım merkezlerinde olmaması durumunda ise malın fabrikasında üretilmesi için istek yapılır.

Eğer;

a : siparişin bölge dağıtım merkezlerinden karşılanma olayını,

b : siparişin ana dağıtım merkezlerinden karşılanma olayını,

c : siparişin fabrikadan karşılanma olayını,

p_a : a olayının olasılığını,

p_b : b olayının olasılığını,

p_c : c olayının olasılığını,

$f_a(t)$: a olayının olasılık yoğunluk işlevini,

$f_b(t)$: b olayının olasılık yoğunluk işlevini,

$f_c(t)$: c olayının olasılık yoğunluk işlevini,

gösterirse, bu durumda sipariş çevrim zamanının olasılık yoğunluk işlevi;

$$f(t) = p_a f_a(t) + p_b f_b(t) + p_c f_c(t) \quad (1.1)$$

olmaktadır.

1.5 Tezin Amacı

İş süreçlerinin yönetiminde, mevcut iş süreçlerinin yakalanması ve yeni süreçlerin sisteme ne şekilde katkı sağladığının anlaşılması açısından iş süreçlerinin modellenmesi ve bu süreçlerin analizi kritik bir faaliyet olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu modelleme ve analizden elde edilen sonuçların kalitesi, İş Süreçlerinin Yeniden Yapılandırılması çalışmalarının başarısını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu amaçla BPMd ve BPA için kullanılan tekniklerin sürekli olarak geliştirilmesi gerekmektedir. Ancak bu kapsamda önerilen çok sayıda yöntem incelendiğinde çoğunun kullanılan temel yaklaşımlar açısından birbirinin tekrarı oldukları, çok azının farklı parametreleri kapsadıkları görülmektedir. Bu çalışmalarda iş süreçlerinin modellemesinde zaman-faaliyet çizelgeleme tekniklerinin kullanımı, ihtiyaç duyulduğu halde genellikle ihmal edilmiştir. Bunun en önemli sebebi süreç modellemenin proje yönetimi gibi algılanabileceği ve bu etiket altına kalabileceği endişesi olmuştur. Proje yönetim tekniklerinin ulaştığı olgunluk seviyesi ve basitliği göz önüne alındığında birçok organizasyon bu teknikleri günlük faaliyetlerin yönetiminde kullanabilmektedir. Bununla birlikte herhangi bir BPMd yöntemi ile yapılması mümkün olmayan stokastik durumların modellenenebilmesine de imkan vermektedir.

Bu çalışmada, şebeke özelliği taşıyan mevcut bir iş süreci, proje çizelgeleme tekniklerinin sağladığı avantajlardan yararlanılarak analiz edilmiştir. Bu amaçla iş süreçleri şebeke gösterimi ile modellenmiş ve zamanlanmış şebekeler haline dönüştürülerek GERT yöntemi ile proje tabanlı iş süreç çizelgelemeleri stokastik olarak incelenmiştir.

2. İŞ SÜREÇLERİ

Bu bölümde iş süreçlerine ilişkin yeniden yapılandırılma çalışmaları ve literatürde sıkça değinilen yöntem bilimlere, modelleme yöntemlerine ve bir iş üreticinin yapısal özelliklerine değinilecektir.

2.1 İş Süreçlerinin Yeniden Yapılandırılması

İş Süreçlerinin Yeniden Yapılandırılması yani BPR (Business Process Reengineering), 1900'li yıllarda popüler bir terim olarak karşımıza çıkmaktadır. BPR, iş sistemlerini oluşturan iş süreçlerinin çarpıcı bir biçimde geliştirilebilmesi amacıyla bu süreçlerin radikal bir şekilde yeniden tasarlanması olarak tanımlanabilir. BPR iş süreçlerinin maliyet, kalite, hizmet ve hız gibi özelliklerine odaklanarak söz konusu radikal değişimi gerçekleştirmeye çalışmaktadır. Burada amaç; iş performanslarında önemli gelişmelerin elde edilmesidir. BPR, bir küçülme (downsizing), yeniden biçimlendirme (restructuring), yeniden organizasyon, otomasyon veya yeni bir teknoloji olmayıp, beş temel iş bileşeninin (strateji, süreç, teknoloji, organizasyon ve kültürdür) değişimlerinin sorgulanmasıdır (Stoica vd., 2003). BPR ve TQM'nin her ikisi de süreçlere odaklanmaktadır ancak TQM sürekli iyileştirme konusuna dayalı olurken BPR ise çoğunlukla radikal değişimlere dayanmıştır. BPR'in geçmişine bakıldığında kısa ancak karmaşık bir durumla karşı karşıya kalınmaktadır.

1960 yılında ilk kez Levitt tarafından iş süreçlerinin önemine değinilmiş ancak, bu süreçlerin bir organizasyon için gerçek anlamda önemi daha sonraki yıllarda anlaşılmıştır. 80'li yılların sonlarına doğru, süreç düşüncesi firmaların yardımına koşmuş, özellikle IBM, Bell Atlantic ve Ford gibi ünlü Amerikan firmaları çapraz işlevli iş süreçlerinin faydalarını yakından görmüşlerdir.

Firmaların iş süreçleri üzerindeki ilgisi ve yönetim çalışmaları bugün açıkça görülebilmektedir. Ancak bu her zaman bu şekilde olmamıştır. Yaklaşımlar tarih içerisinde birbirinden farklı durumlarda gözükmiştir. Örneğin tarih öncesi zamanlarda insanoğlu yiyeceğini, kullandığı araçları ve diğer malzemeleri kendi üretmekte idi. Bir başka deyişle insanlar tam olarak kendi üretim süreçlerini yine kendileri uyguluyordu. Antik çağlarda her ihtiyacını kendi karşılayan insanoğlu orta seviyede bir uzman haline dönüşmektedir. İnsanlar belirli bir tipteki mal veya hizmetin sunulması konusunda kendilerini uzmanlaştırmaya başlamış ve bu durum orta çağda zanaat loncalarının kurulmasına kadar sürmüştür. Bu zanaatkarlar sadece kendi mallarının değiş tokuş yapmak veya satmakla kalmamış aynı zamanda bu malları üretmek için gereken her türlü bilgi ve tecrübeyi de edinerek bu konuda

bir üstat olmuşlardır. Bir başka deyişle bu malların dağıtımı için gereken her türlü işlem bu zanaatkarların bizzat kendileri tarafından yapılmaya başlanmıştır. İleri düzeyde uzmanlaşma ise endüstriyel devrim boyunca artarak devam etmiştir. 18 nci yüzyılın ortalarında belirli bir ürünün üretilmesine ilişkin işlemler çok titiz bir şekilde çalışılmış ve çözümlenmiştir. Fabrikalarda bir tek operasyonu yerine getirecek şekilde saf uzmanlar eğitime başlanmıştır. Bu operasyon, bir ürünün ortaya çıkması için gereken operasyonların sadece biri olabilmektedir. Organizasyonun bu endüstriyel şekli üretkenlikte çok önemli bir büyüme ile sonuçlanmıştır. Bu yapı, sadece endüstride değil aynı zamanda yönetsel uyarlamalarda da baskın bir organizasyon şeklini almıştır. Bu tip organizasyonlar beraberinde çeşitli uzmanları ve bu uzmanların yönetilebilmesi için ortaya çıkan profesyonel bürokrasiyi getirmiştir. Yöneticiler arasında sorumlulukların farklılaştırılması ve bu farkların belirginleştirilmesi amacıyla işlevsel departmanlar organizasyonlarda yerini almış ve bu departmanlar içerisine üretim sürecinin bir parçasına odaklanmış çalışanlar yerleştirilmiştir. Bu tip organizasyonlar 19 ve 20 nci yüzyılın büyük bir bölümüne hükmetmişlerdir.

1990'da biri Sloan Management Review'de Thomas Davenport tarafından (Davenport, 1990), diğeri de Harvard Business Review'de Michael Hammer tarafından (Hammer, 1990) yayımlanan iki yayında ilk kez iş süreçlerinde büyüyen değişim dalgasından ve bu süreçlerin radikal değişimlerinden bahsedilmiş ve böylece BPR akademik çevrelerde ve iş dünyasında dikkatleri üzerine çekmeye başlamıştır. Buna rağmen, yaklaşımı ve kullandığı yöntemler tam olarak anlaşılmamış ve zaman içerisinde popülaritesini kaybetmeye başlamıştır. BPR başlığı altında verilen bazı iyileştirme projeleri, planlama ve uygulama açısından zayıftı ve ifade gün geçtikçe negatif bir ifade haline dönüştü (Stoica vd., 2003). Yaşanan başarısızlıklardan sonra organizasyonlar ve çalışanlar, BPR uygulamalarından vazgeçmeye başladı. Her ne kadar kapsam olarak BPR temelleri üzerine kurulan projeler gerçekleştirildi ise de bu projeler ile BPR aynı potada eritilmedi.

Buna rağmen çeşitli lider organizasyonlar BPR'ı, prodüktiviteyi artırmak ve rekabet avantajları sağlamak için kullanmışlardır. Örneğin, 180 Amerikan ve 100 Avrupa şirketiyle yapılan bir anket sonucunda bu firmaların %75'i geçen 3 yıl içerisinde önemli yeniden yapılanma çabaları içerisinde bulunmuştur (Hlupic ve Robinson, 1998).

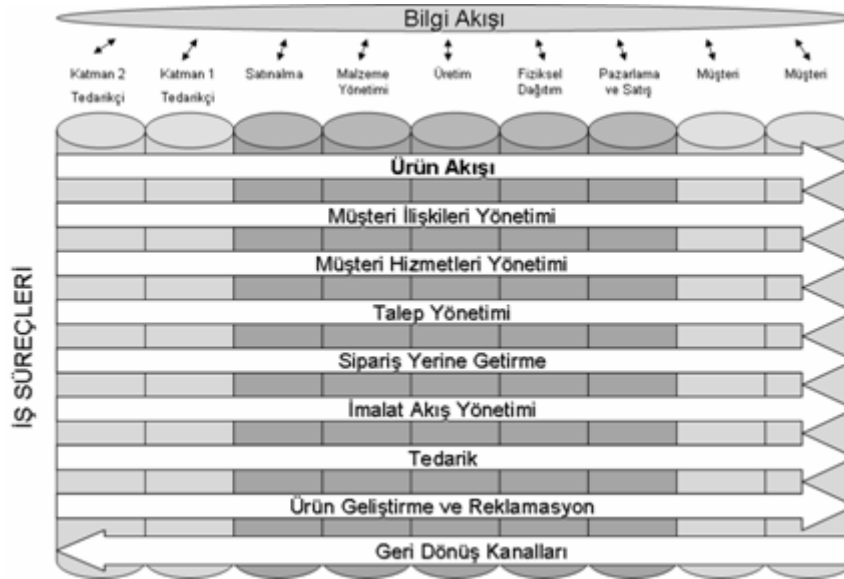
BPR uygulamalarındaki %70 başarısızlığın farkına varılmasından sonra akademisyenler ve iş dünyası BPR efsanelerini yeniden düşünmek ve değerlendirmek zorunda kalmışlardır (Lin vd., 2002). Uygulama ve terimle bağdaşan negatif anlayışa karşın iş süreçlerinin yeniden tasarlanması ilgili teknolojiler ve organizasyonel yapılar ile beraber bugün hiç olmadığından daha popülerdir (Stoica vd., 2003).

Kuvvetli rekabetçi baskılar ve durgun ekonomi daha az kaynakla daha çok dağıtım olan motivasyonu sağlamıştır. Tam olarak uygulandığında değişim mühendisliği mümkün olduğunca etkin ve etkili olmaya gayret eden organizasyonlar için etkili bir araç olabilmektedir.

Akademik ve pratik düşünce ve deneyimlerden de anlaşıldığı gibi iş süreçlerinin dinamik modellerinin geliştirilmesi daha başarılı BPR projelerin gerçekleştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Bu düşünce ile geliştirilen projelerin başarı şansı ve maliyet etkinliği, diğerleri ile karşılaştırıldığında yüksektir. Organizasyonel değişim çabaları, iş süreçlerinin modellenmesi için geliştirilen çeşitli yöntemler ve araçlar tarafından kolaylaştırılmış, böylece iş süreçlerindeki herhangi bir değişim, uygulanmadan önce model üzerinde test edilebilir duruma getirilmiştir (Vukšić vd., 2000).

Bugün ise süreç odaklı yaklaşımlar geri gelmiştir. Hemen hemen her endüstride iş süreçleri iyileştirilmekte, küçültülmekte, yeniden yapılandırılmakta ve değer ekleme ve yeniden ayar işlemlerine tabi tutulmaktadır. Bu şekilde daha çok işlem seviyesinde ve hatta sık sık tekrarlanan bir şekilde süreç merkezli kararlar alınmaktadır. Yüksek seviyeli ve çok boyutlu karar alma işlemine rağmen, alınan kararların, kazanımların etkili bir resmini görmeden uygulamaya sokulması çok büyük sıkıntıları da beraberinde getirmektedir.

Son yıllarda iş organizasyonlarının tanımlanmasında işlevsel hiyerarşiden çok süreç ifadeleri kullanılmaktadır. Bu duruma örnek olarak Şekil 2.1’de verilen bir Tedarik Zinciri Yönetimi için geliştirilmiş yönetim şekline bakmak yerinde olur.



Şekil 2.1 Bir tedarik zinciri çatısı (Giaglis vd., 1999)

Bir organizasyon, aralarında birtakım ilişkilerin tanımlandığı - ki bu ilişkiler bilgi akışı, öncelik ve sonralık ilişkileridir - süreç şebekeleri olarak göz önüne alınmaktadır. Bu şebekelerin son hedefi müşteri taleplerinin en uygun bir şekilde karşılanmasıdır.

Organizasyonel anlamda kalıcı bir değişikliğin sağlanması için gereken faaliyetlerin ne kadarlık bir maliyete karşılık gerçekleştirebileceğinin önceden tespit edilmesindeki sıkıntılar, halihazırda uygulanan iş süreçlerinin anlaşılmasındaki güçlükler, tasarlanan kalıcı bir süreç gelişimine ait geleceğin karanlık olmasına sebep olmaktadır. BPR ile ilgili sıklıkla değinilen problemlerin bir kısmının değişim önerilerinin gelirlerinin tahmininde ortaya çıkan yetersizlikler, varolan süreçlerin yapısal anlamda tespit edilmesindeki zorluklar, süreçlerin yeniden tasarımında yaratıcılık eksikliği, yeni süreçlerin uygulanmasıyla ortaya çıkan maliyet seviyesi veya süreçlerin dinamik doğasının farkında olunamamasıdır (Hlupic ve Robinson, 1998).

Literatürde, BPR projelerinin nasıl uygulanacağı ve BPR ile gelen radikal organizasyonel değişimlerin nasıl yönetileceğine ilişkin birçok kaynak bulunmasına rağmen yakın bir geçmişe kadar iş süreçlerinin analizinde ve karakterize edilmesinde kullanılacak yöntemlerin uygunluğunun araştırıldığı nispeten az çalışmalar yapılmıştır (Leo ve Tung, 1999).

2.2 İş Süreçlerinin Modellenmesi

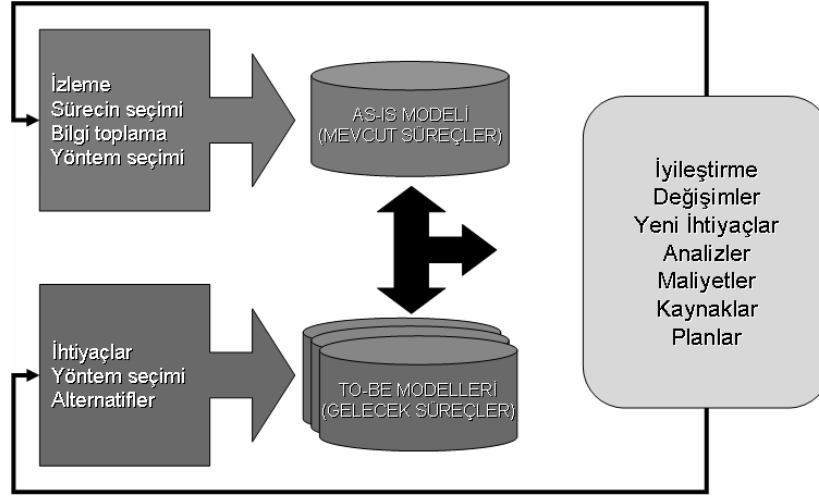
Bu güçlüklerin üstesinden gelmek ve daha etkili planlama ve uygulama için modelleme tekniklerinin kullanımı daha da önemli bir hal almaktadır. İş süreçlerinin modellenmesi ve iş süreçlerinin analizi BPR için geliştirilmiş güçlü araçlar olarak kabul edilmiştir (Vukšić vd., 2000). Ayrıca iş süreçlerinin doğru ve tam bir gösterimini ve analizini yapmak, bir BPR projesinin başarısında can alıcı bir rol oynamaktadır (Leo ve Tung, 1999).

Bir iş sürecinin özelliklerini ortaya koymak ve bu süreci analiz etmek BPMd olarak isimlendirilmektedir.

İş süreçlerinin modellenmesi, bir BPR çevriminde başlıca iki rol oynar: (Lin vd., 2002)

- Varolan süreçlerin yapısal özelliklerinin ilgili elemanları ile yakalanması
- Performansların geliştirilmesi amacıyla yeni süreçlerin sunulması.

Bu durum Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 AS-IS ve TO-BE modellerinin kullanımı

Bir organizasyonda halihazırda kullanılan iş süreçlerinin en iyi şekilde anlaşılması, bu sürecin tam olarak iyileştirilebilmesi için hayati önem arz etmektedir. İş sürecini oluşturan faaliyetler, bu faaliyetler arasındaki ilişkiler ve işlerin yerine getirilmesinde kullanılan ve tüketilen kaynakların neler olduğu tam olarak ortaya konulmalıdır.

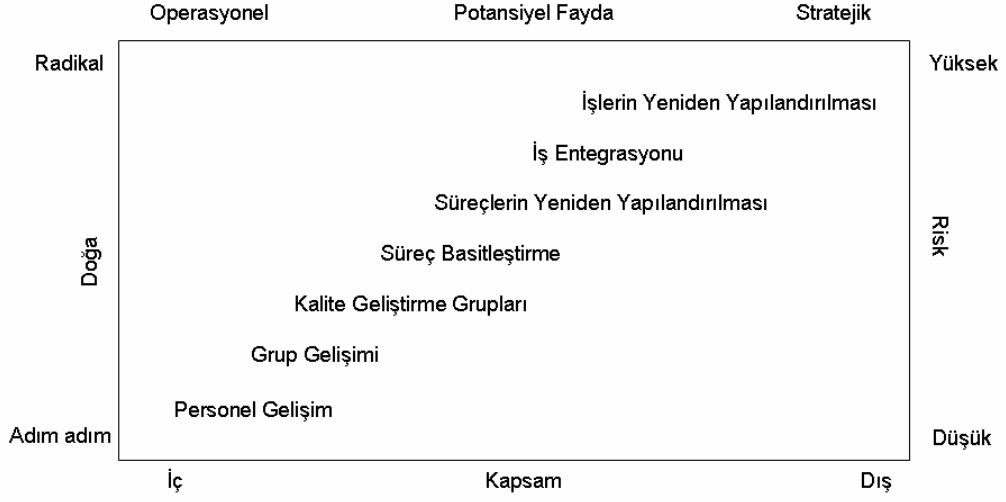
Aynı şekilde mevcut süreçlerin geliştirilmesi veya organizasyonun yeni ortaya çıkan ihtiyaçlarının karşılanabilmesi amacıyla yeni iş süreçlerinin tasarlanması da gerekebilmektedir. Yeni iş süreçlerinin tasarlanmasında BPMd yöntemlerinin kullanımı yöneticilere farklı açılardan tasarımı inceleme ve analiz etme imkanı sunabilmektedir. Yukarıda verilen iki işlev ile BPMd, beraberinde kurulan modeller üzerinde analiz imkanı da vermektedir (Lin vd., 2002).

Bir iş süreci geliştirilmesi projesinde hangi BPMd yönteminin kullanılacağı, üzerinde çalışılan iş sürecinin özelliklerine göre belirlenmelidir. Ancak araştırmacılar tarafında ortaya konulan BPMd yöntemlerinin sayısındaki fazlalık, kullanıcıları uygun yöntemin seçiminde zora sokmaktadır. Zira uygun olmayan bir yöntemin seçilmesi, kullanıcıları gereksiz çalışmalar ile meşgul etmekte ve dolayısı ile zaman ve para kaybına neden olmaktadır.

2.3 İş Süreçlerin Yeniden Yapılandırılmasına İlişkin Metodolojiler

Daha önce de değinildiği gibi temel olarak BPR, müşteri ihtiyaçlarının saptanması ve tanımlanması daha sonrada bu ihtiyaçları karşılamak üzere departmanlar ve/veya işlevler arasında yatay süreçlerin sıraya sokulması şeklinde görülebilmektedir. Bu şekilde boş ve zaman israfına sebep olan tekrarlı faaliyetler ortadan kaldırılarak görevler ve sorumluluklar daha arı ve temiz bir şekilde ortaya konulmaktadır. Bu amaçlara ulaşmak adına literatürde süreç yenileme, iş süreçlerinin yeniden tasarımı, işlerin ve süreçlerin yeniden yapılandırılması

gibi birçok terim ve yöntem önerilmekle birlikte sonraki çalışmalar göstermiştir ki, aslında bu faaliyetler arasında, kapsam, risk, fayda ve işin doğası açısından farklılıklar bulunmaktadır. Şekil 2.3 bu farklılıkları yukarıda sayılan açılardan ele alarak göstermektedir.



Şekil 2.3 BPR Çalışmaları için farklı açılardan sınıflama (Childe, 1994)

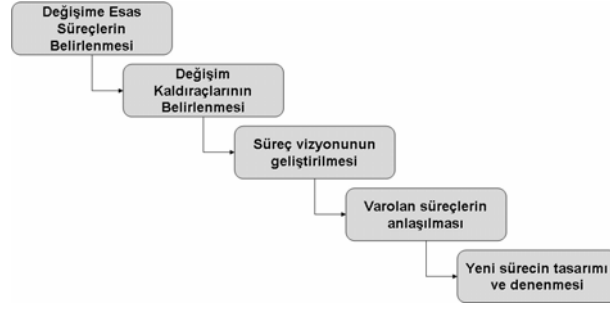
Yukarıdaki şekilden de anlaşıldığı gibi firmalar seçtikleri yöntemin doğasına göre ya adım adım ya da radikal olarak değişimi yaşayabildikleri gibi, sağlanacak faydayı operasyonel veya stratejik olarak da elde edebilmektedirler. Seçilen yöntem aynı zamanda firma içi veya dışının kapsam içerisine alınmasını veya düşük veya yüksek risk alıp almadıkları konusunda da belirleyici olmaktadır. Genelleştirilmiş BPR yöntembilimleri (metodolojileri) Çizelge 2.1’de gösterilmiştir (Lin vd., 2002). Davenport, bir organizasyonda değişim için kullanılacak BPR projesini 5 aşamada değerlendirmektedir. Bu aşamalar, Şekil 2.4’de gösterilmiştir. Davenport, bu aşamaları belirlerken organizasyonun bütün işlevsel süreçleri ile ilgili kararların alınmasında bilgi teknolojisi ile ilgili yöneticilerin uzun zamandan beri organizasyon üzerinde oynadıkları önemli rolü bir tarafa bırakmış ve asıl değişim çabasının organizasyon yöneticileri ile yapılması gerektiğini ortaya koymuştur.

Wastell vd. (1996) tarafından önerilen metodoloji olan PADM (Process Analysis and Design Methodology), birbiri ile iç içe geçmiş dört aşamadan oluşmaktadır ki bu aşamalar; sürecin tanımlanması, sürecin yakalanması ve modellenmesi, sürecin geliştirilmesi (geçerli kılınması ve analizi) ve hedef sürecin tasarımıdır. Burada özellikle süreç tanımlarının yapılması vurgulanmış ve bu aşamaya ait bilginin bizzat bu süreçte görevli kişiler ile karşılıklı görüşülerek alınması konusu ön plana çıkarılmıştır.

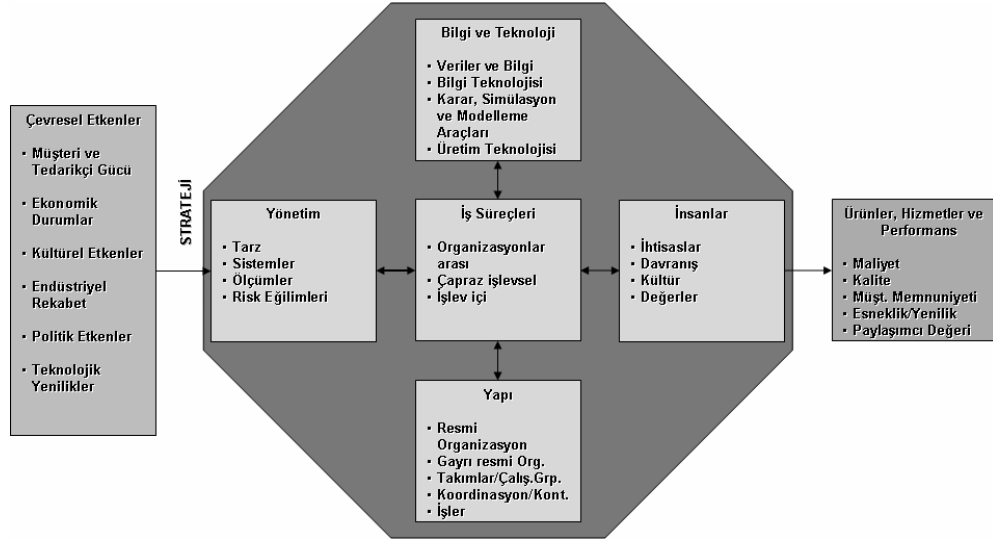
Çizelge 2.1 BPR Yöntembilimleri

Yöntemler	Tanım	Öneren
BPR aşamaları	Süreç değişiminde yüksek seviyeli bir yaklaşım 5 aşamayı içerir: 1. Değişim için süreçlerin belirlenmesi 2. Değişim kaldırıcılarının belirlenmesi 3. Süreç vizyonunun geliştirilmesi 4. Varolan süreçlerin anlaşılması ve 5. Yeni sürecin tasarımı ve denenmesi	Davenport (1993)
PRLC (Process Reengineering life cycle)	PRLC 5 aşamalıdır: 1. Süreç değişiminin düşünülmesi, 2. Reengineering projesine resmen başlama, 3. Teşhis etme, 4. Yeniden tasarım 5. Yeniden yapılanma	Kettinger vd.(1995)
BPR temel çatısı	Önerilen temel BPR çatısı, üç eleman içerir: 1. BPR prensipleri 2. BPR süreçleri ve 3. BPR metot ve araçları	Mayer vd. (1995)
PADM (Process analysis and design methodology)	PADM, karşılıklı olarak birbiri içinde yer alan 4 aşama içerir. 1. Süreç tanımı 2. Süreç başlangıcı yakalama ve sunumu 3. Süreç geliştirme ve 4. Hedef süreç tasarımı	Wastell vd. (1996)
BPR aşamaları	S-A aşama-faaliyet (S-A; stage-activity) temel çatısı 6 aşama içerir: 1. Canlandırma 2. Başlama 3. Teşhis etme 4. Yeniden tasarım 5. Yeniden inşa etmek ve 6. Geliştirmek	Kettinger (1997)

Kettinger'a göre süreç değişimi, rekabete dayanan etkenlerin değerlendirilmesi stratejisi olarak betimlenir. BPR projeleri yönetimin organizasyonel alt sistemlerini, insanları, bilgi teknolojisini ve takım ve koordinasyon mekanizmasını içerecek şekilde organizasyonel yapıyı dönüştürme teşebbüslerini kapsamaktadır. Bu alt sistemlerin değişimleri iş süreçlerinin analitik bakışı ile izlenmektedir. Süreç dönüştürmesinin hedefi maliyet, kalite, müşteri memnuniyeti ve paylaşımcı değeri cinsinden ölçülen iyileştirilmiş süreç ürün ve hizmetlerine ulaşmaktır (Kettinger vd., 1997). Bu durum Şekil 2.5'de gösterilmiştir.



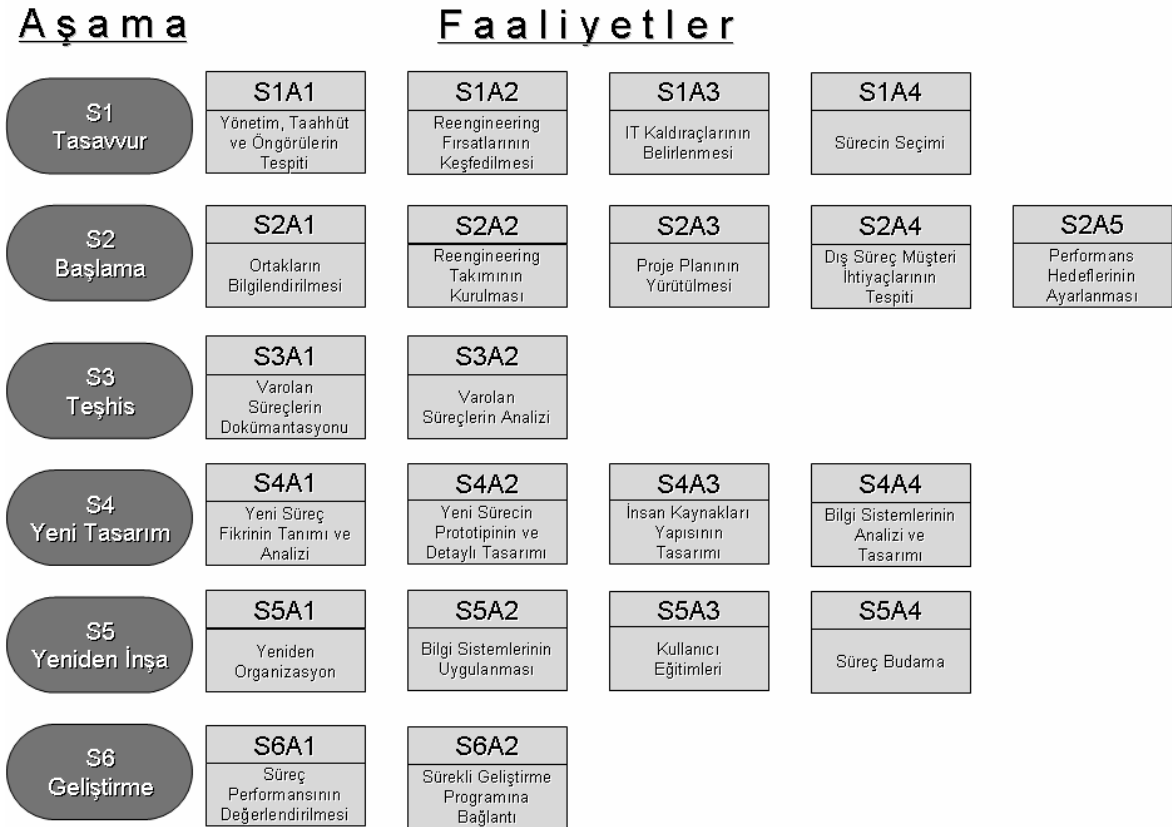
Şekil 2.4 Davenport (1993) BPR çatısı



Şekil 2.5 İş Süreçleri Değişim Modeli (Kettinger vd., 1997)

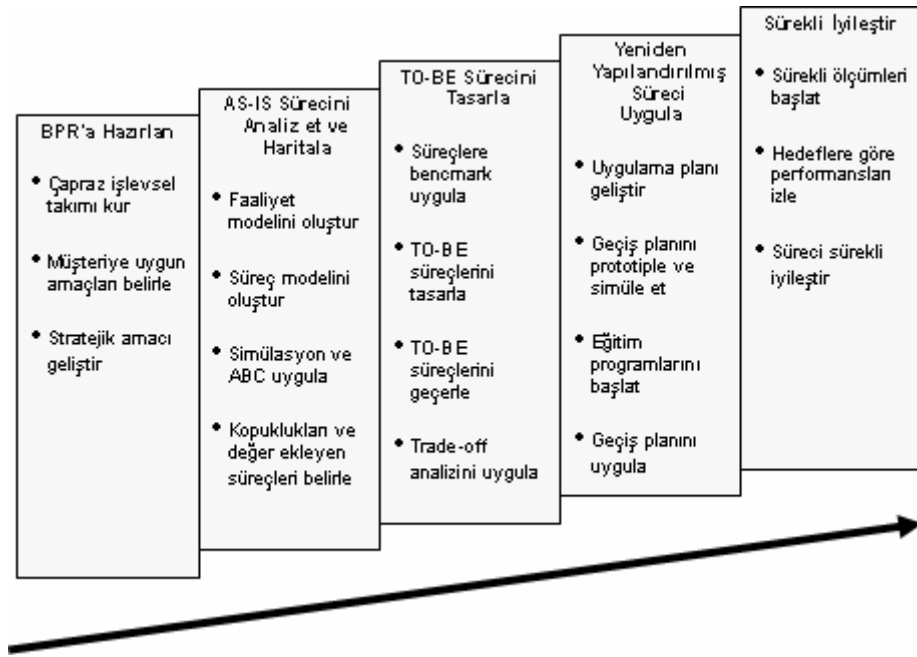
Kettinger (1995, 1997) ilk olarak PRLC (process reengineering life cycle) olarak ortaya attığı çevrimde PRLC'yi 5 aşamada düşünmüştür; süreç değişiminin düşünülmesi (tasavvur), yeniden yapılanma (reengineering) projesine resmen başlama, teşhis etme, yeniden tasarım ve yeniden yapılanma. Daha sonra aynı yaklaşım ile aşama-faaliyet çatısını geliştirmiştir. Şekil 2.6'da bu aşamalar ve her bir aşamaya ait faaliyetler gösterilmiştir.

Önerilen bu yapı incelendiğinde ilk aşamada, yönetim, yeniden yapılanma imkanları gibi üst seviyede stratejik kararların ışığında yeniden tasarlanacak veya yeni bir sürecin seçimi yapılmaktadır. İkinci aşamada ise bu faaliyetler için açıkça desteklerine ihtiyaç duyulan ortakların bilgilendirilmesi ve bu konuda ikna edilmeleri gerekmektedir. Bu destek olmadan bir iş süreci geliştirme faaliyetinin başarısız olacağı aşikardır. Aynı Toplam Kalite Yönetimi uygulamalarında görüldüğü gibi üst yönetimin bu tür projeleri desteklemesi, kaynak sağlanması, motivasyon ve adaptasyon açısından çok önemlidir.



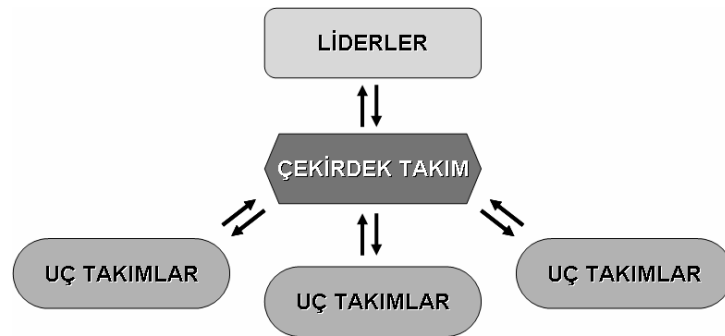
Şekil 2.6 Kettinger'in BPR Çatısı (Giaglis, 1999)

Yukarıda bahsedilen yaklaşımlar gibi daha birçok temel BPR yöntemleri önerilmiştir. Örneğin Valiris ve Glykas (1999) metodolojilerin çok sık ortaya çıkan problemleri çözmek için ortaya koyulduğunu düşünmekte ve bir problemi bir durumun herhangi bir yönde açıklaması olarak görmektedirler. Dolayısıyla metodoloji de bu problemi ortadan kaldırmaya dönük olarak analizciye bir rehber görevi görmektedir. BPR yöntemlerinin ana ilgi alanı, organizasyonel stratejiler ile iş faaliyetleri arasındaki farklılıkları ve organizasyonel kaynakların arzu edilen ile halihazırdaki üretkenlikleri arasındaki farkları azaltmaktır. Valiris ve Glykas (1999) kendi yaklaşımları ışığında varolan BPR yöntemlerini yönetim muhasebesi ve bilgi sistemleri olmak üzere iki ana kategoride toplamışlardır. Daha sonra Muthu (1999) tarafından çeşitli perspektiflere sahip beş ayrı BPR yönteminin birleştirilmesinden meydana gelen birleştirilmiş BPR yöntemi Şekil 2.7'de verilmiştir. Yeniden yapılanma projelerinde göz önüne alınması gereken bir diğer bir önemli husus ise bu faaliyeti yürütecek çalışma takımının kurulmasıdır. Bu tür çalışma takımlarının kurulmasında temel olarak üç aşama tanımlanır: Liderler, çekirdek takım ve uç takımlar. Liderler, projenin başarısında önemli ölçüde etkisi olan kilit katılımcılardır. Görevleri, en üst seviyede takıma yol göstermek, bariyerlerin ortadan kaldırılmasında takıma yardımcı olmak ve gerekli mali desteği sağlamaktır.



Şekil 2.7 Birleştirilmiş BPR Metodolojisi (Stoica vd., 2003)

Çekirdek takım ise yeniden yapılanma çözümünün tasarımından ve uygulanmasından sorumludur. Uç takımlar ise organizasyonda, projeye katkıda bulunan çalışanlardan oluşmaktadır. Bu yapı Şekil 2.8'te gösterilmiştir.



Şekil 2.8 BPR Takım Yapısı

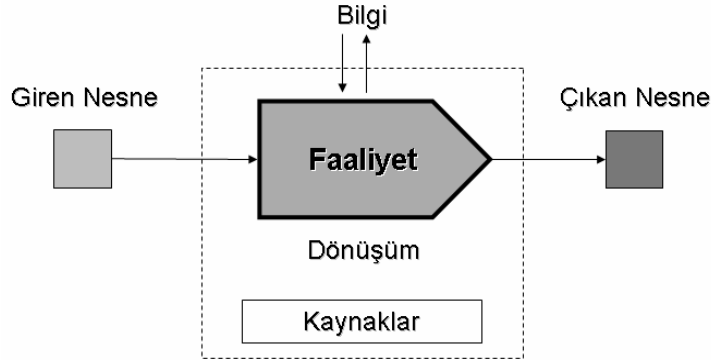
Bir iş sürecinin yeniden yapılandırılması çalışmalarını kısaca ele aldıktan sonra bir iş sürecinin nasıl bir yapıya sahip olduğunu irdelemek gerekir. Bir iş süreci incelendiğinde, Davenport ile Hammer ve Champy'nin de belirttikleri gibi, kendi müşterilerine sahip olduğu görülmektedir. İş süreci sonunda ulaşılması istenilen hedef süreç ürününün kendine has müşterisi için bir değer yaratma kabiliyetine sahip olmasıdır. Bu değer yaratılırken süreç kendine has faaliyetleri uygular. Bu faaliyetler insan veya makine gibi bir takım aktörler tarafından yerine getirilir. Bu aktörlerin oluşturduğu grup bir organizasyonu da tanımlamaktadır.

Bir iş süreci temel olarak bir iş akış çalışmasıdır. Süreç, girdileri belirli birbirine benzer veya birbirinden farklı çıktılara dönüştüren bir bağımsız bir birimdir. Bu işlem sırasında çeşitli mekanizmalar ile desteklenmektedir (Sandhu ve Gunasekaran, 2004).

Organizasyonlarda geleneksel anlamda işlevsel bakış açısı ile değerlendirilen süreç, bugün artık yerini, kapsadığı işlemlerin çok daha etkili bir şekilde entegrasyonu kapsamında değerlendirilmektedir. Ancak her iki yaklaşımda da bir süreç, belirli bir zaman ve yer boyunca yerine getirilen sıralı faaliyetler seti olarak tanımlanabilir. Bu şekilde bir süreç tanımına uyan genel süreç yapısı Şekil 2.9’da verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı üzere her süreç için geçerli olmak üzere belirli bir girdi ve çıktı olduğu gibi, yine her sürece ait bir başlangıç ve bitiş noktası mevcuttur. Süreçler bir organizasyona ait işlevsel sınırların üzerinden geçerek bir anlamda organizasyonun önceden belirlenmiş amaçlarına ulaşmasını sağlar (Bal, 1998).

2.4 Bir Sürecin Özellikleri

Şekil 2.9 genel hatlarıyla bir iş sürecinin ana özelliklerini yansıtmaktadır. Burada özellikle iki kavrama dikkat etmek gerekir ki bu kavramlar girdi (input) yerine kullanılan giren nesne (Object in) ve çıktı (output) yerine kullanılan çıkan nesnedir. Buradaki nesne kavramı bir sürecin ürünleri ile ilgili olduğu halde ürün kavramından daha tarafsız bir anlam taşımaktadır. Çoğu insana göre nesne kavramı fiziksel nesneleri işaret etmesine rağmen aslında nesne, hem malları hem de hizmetleri işaret etmektedir.



Şekil 2.9 Bir sürecin temel özellikleri (Ljungberg, 2002)

Giren nesne süreci neyin başlattığını gösteren, dönüştürme sürecinde değeri artan bir nesnedir. Giren nesne veya nesneler olmadan bir faaliyet başlamaz. Kısaca giren nesne bir ihtiyacı vurgulamakta olup ihtiyaç bazen belirgin bazen de saklıdır. Büyük süreçler genellikle müşteri ile başlar ve yine müşteri ile biter ki bu tür süreçlerde giren nesnenin taşıdığı ihtiyaç açıktır. Müşteri siparişi örneği, giren nesne tarafından tetiklenen sipariş sürecine iyi bir örnek teşkil etmektedir. Giren nesne, bir sürece girdi olacak her şeyi ifade etmez. Giren nesne bir kaynak olmadığı gibi, süreci tetikleyen bir bilgi olmadıkça bir bilgi de değildir. Örneğin bir üretim

planını hazırlama alt süreci için alınan gerçek siparişler bir giren nesne özelliği göstermektedir. Planlamayı yapmak için birçok farklı bilgi kaynağı kullanılır ancak bu tip bir bilgi seti süreç için bir giren nesne değildir. Bu kavramların karıştırılması süreç haritalama eylemi sırasında yöntemin kullanışlılığını olumsuz yönde etkiler. Bu kavramları birbirinden ayırabilmek için iyi anlaşılması gerekmektedir.

Çıkan nesne de giren nesne ile aynı özellikleri taşımakla beraber, bunlar, bir sürecin dönüştürme faaliyetinin sonucunda ortaya çıkar son faaliyet olmadıkça da başka bir süreç için giren nesne özelliği gösterir.

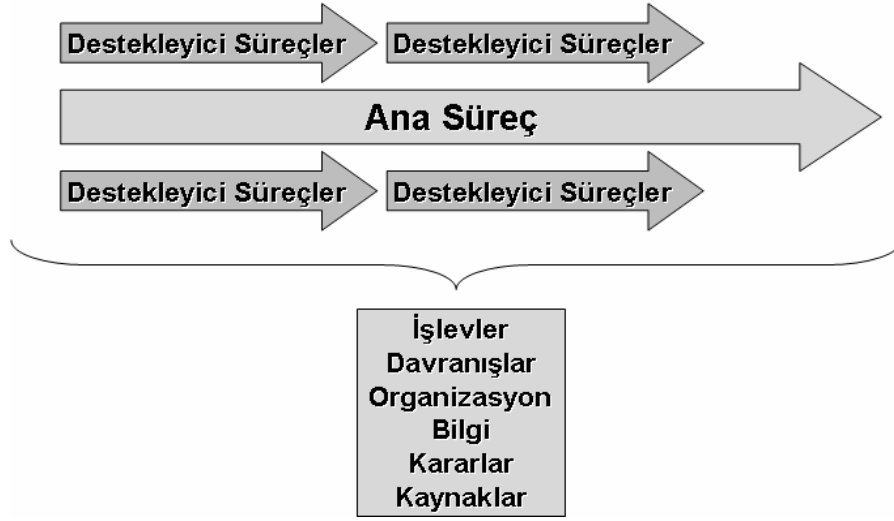
Dönüştürme ise bir faaliyetin sonucu olup çıkan nesne üzerinde ve kalitesinde belirgin bir etkiye sahiptir. Dönüşüm, çeşitli görevlerin kaynakları kullanarak yapılmasıyla oluşur.

Kaynaklar, bir süreç ele alındığında en çok göz ardı edilen elemanlardır. Kaynakların ele alınması ve incelenmesi sürecin doğasının anlaşılmasında çoğu zaman yardımcı olur. Bir çok firma için en önemli kaynak ise insanlardır.

Bilgi sürece dahil olarak onu destekleyen ve kontrol eden bir yapıya sahiptir. Sürecin kapsamındaki faaliyetler, diğer faaliyetleri desteklemek ve kontrol etmek için de bilgi üretmektedir. Organizasyonun tamamında bilgi, süreçler arasındaki koordinasyonu sağlar ve böylece süreçler arasında bir bağ oluşturur. Giren ve çıkan nesneler de bazı durumlarda bilgi tipinde olabilir ancak unutulmamalıdır ki bileşen bilgisi ile bu tip bir bilgi arasındaki fark, bu bilginin bir tetikleyici özelliği olmasıdır.

Bir süreç farklı açılardan ele alınabilir. Hangi işin, kim tarafından, nasıl ve ne zaman yapılacağı ve kararın kim tarafından verileceği gibi çeşitli açılardan ele alınabilen bir süreç, Şekil 2.10'de gösterildiği gibi bu açılar işlev, davranış, organizasyon, bilgi, karar ve kaynağa dayalı olabilmektedir. Bunlardan özellikle işlev, bilgi, davranış ve organizasyon araştırmalarda ön plana çıkmaktadır. İşlevsel bakış açısı, sürece ait faaliyetin veya elemanın ne yaptığı ile ilgilidir. Burada aktörler veya çalışanlar tarafından yapılan hareket ve faaliyetler gösterilmektedir. Davranışsal bakış açısında, sürecin ne zaman ve nasıl yapıldığı ile ilgilenmektedir.

Organizasyonel açıdan bakıldığında ise sürecin kim tarafından yapıldığı gündeme gelir. Bilgi yönüyle sürece bakıldığında ise süreç tarafından değiştirilen bilgi detayları ve varlıklar göz önüne alınır. Bilgi bakış açısı hem kapsanan verileri ve hem de ilişkileri göz önüne almaktadır.



Şekil 2.10 Bir sürecin ele alınması

Aslında bir sürecin elemanlarını, literatürde süreç elemanlarının ne şekilde algılandığını tam olarak anlayabilmek amacıyla süreç tanımlarına göz atmak yerinde olacaktır. Buna göre literatürde verilen tanımlar Çizelge 2.2’de sunulmuştur (Irani vd., 2000).

İş süreçlerinin tanımlanmasında açık ve üzerinde anlaşılmış bir tanım olmaması gibi kendine özgü bazı güçlükler bulunmaktadır. Tanımlardan da anlaşıldığı gibi, geçerli literatürde sürecin tanımı ile ilgili tam olarak bir fikir birliği yoktur. Burada ayrıca bir tanım yapılamayacak ancak yukarıda verilen tanımların kapsadığı nesneler masaya yatırılacaktır.

2.4.1 Son Ürün veya Çıktı (Sürecin Ürünü)

Bir sürecin çıktısı o sürecin ürünü olarak kabul edilmektedir. Doğal olarak bu çıktı ya ürün ya da hizmet şeklinde olacaktır. Mal üreten bir iş sürecine imalat süreci, hizmet üreten iş süreçlerine ise çoğunlukla iş akışı (workflow), hizmet veya yönetsel süreçler adı verilir.

Birçok iş sürecinin fikrîsel ve gerçek anlatımı arasında küçük ancak çok önemli bir fark bulunmaktadır: bir süreç tarafından üretilen bir ürünün özellikleri ile ürünün gerçek bir örneği arasında ayırım yapılmalıdır.

Örneğin bir iş süreci bir mobil gsm telefon üretmeyi hedefler ancak bu telefonun bluetooth, dijital fotoğraf kamerası, 32 MB hafıza kartı gibi özellikleri de olabilir. Burada bu ürünün bazı özelliklerine değinilerek ürün tipi, ürün ailesi, ürün sınıfı olarak bilinen bir özet verilmiştir.

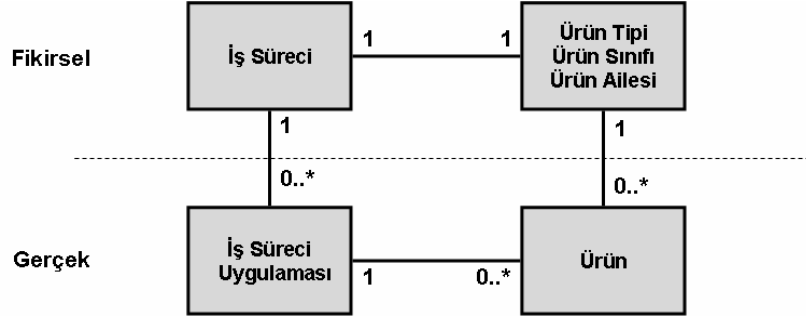
Çizelge 2.2 Literatürdeki Süreç Tanımları

S/N	Tanım	Öneren
1	Belirli bir nihai sonuç üretmek amacıyla insan, malzeme, enerji ekipman ve prosedürlerden meydana gelen mantıksal bir organizasyon	Pall (1987)
2	Önceden tanımlı bir çıktıyı elde etmek amacıyla bir araya getirilmiş ve aralarında mantıksal ilişkiler bulunan görevler seti	Davenport ve Short (1990)
3	Başı, sonu olan ve açık bir şekilde tanımlanmış girdi ve çıktılara sahip, sıralı iş faaliyetleri	Davenport (1990)
4	Berberce ele alınan ve bir iş amacını gerçekleştiren faaliyet çevrimi	Omranı (1992)
5	Berberce ele alınan ve müşteriler için bir değer üreten faaliyet veya faaliyetler seti	Hammer ve Champy (1993)
6	Önceden belirlenmiş bir tipi veya gelirler dizisini elde etmek için uygulanan önceden tanımlı sıralı faaliyetler	Talwar (1993)
7	Müşteriye belirli bir mal veya hizmet sağlamak amacıyla yatay veya dikey şekilde, birbirlerine bağımlı görevler, roller, insanlar, departmanlar ve işlevler bütünü	Earl (1994)
8	Bilinen bir başlangıç noktası şekillendiren tanımlanabilir bir faaliyet setidir.	Ferrie (1995)
9	Belirli bir girdi ve belirli bir çıktı üreten değer ekleyen görevler ile karakterize edilen birbirleriyle ilişkili iş faaliyetlerinin bir seti	Saxena (1996)

Benzer fark iş süreci kavramının içerisinde de bulunmaktadır. Bir süreci, “Belirli bir nihai sonuç üretmek amacıyla insan, malzeme, enerji ekipman ve prosedürlerden meydana gelen mantıksal bir organizasyon” olarak tanımladığımızda bir iş süreci somut bir olgu değildir. Ancak buna rağmen bir iş sürecinin uygulanması sonucunda ürün örnekleri elde edilir ki bunlar somuttur. Ayrıca bir iş süreci gerçek insanları, malzemeleri, müşterileri, makineleri, bilgisayarları ve bir veya birden fazla ürünün dağıtımını içerir. Bir sürecin fikrîsel durumu ile bu sürecin uygulanması ve süreç ürünü arasındaki ilişki UML (Unified Modelling Language) varlık ilişki diyagramı olarak Şekil 2.11’de gösterilmiştir. Bu diyagramlarda varlıklar kutular halinde ilişkiler ise varlıklar arasındaki çizgilerle ifade edilmektedir. İlişkiler ifade edilirken

“0”, “1” veya “*” operatörleri kullanılmaktadır. İş sürecinin kendisi ile bu sürecin uygulanması arasında “1” ve ilişkisi tanımlanmıştır. İlk yön incelendiğinde “0..*” tanımı ile bir iş sürecine ait sıfır veya daha fazla uygulama olabileceğini göstermekte, diğer yönde ise her iş süreci uygulamasının sadece bir tek iş sürecine ait olabileceğini ifade etmektedir.

İş süreci ve ürün tipi arasında ise karşılıklı olarak bir iş sürecine sadece bir ürün tipinin karşılık gelebileceğine ilişkin bir bağlantı tanımlanmaktadır.



Şekil 2.11 İş süreci ve ürün arasındaki ilişki (Reijers, Hajo A, 2002)

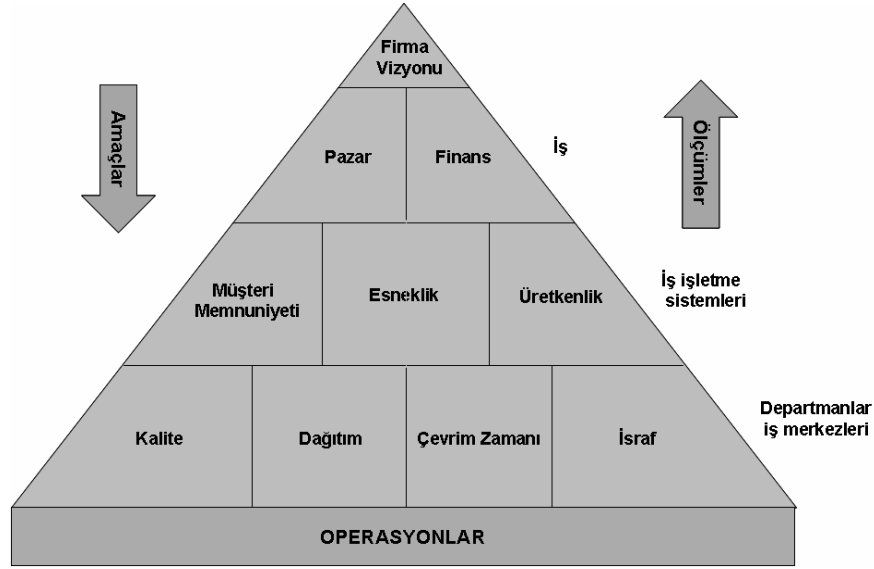
Bir iş süreci çeşitli adımlar sonrasında bir ürünü üretmiş olur. Bir iş süreci uygulamasının her bir durumu (state) birbirinden sıklıkla ayrılabilir. Örneğin bir geçerli tamamlanma durumu ile iş sürecinin bir ürünü zamanında üretip üretmeyeceği birbiriyle ilgilidir. Bir iş sürecinde birbiriyle eş zamanlı olan çeşitli operasyonlar da olabilir. Bu durumda her bir operasyonun durumu gösteren bir durumlar seti ifade edilir. Aynı yaklaşım bütün bir iş sürecinin gösteriminde, o iş sürecine ait özel uygulamaların durumlarının seti ile de ifade edilebilir.

Bir işin organize edilme yolu olarak iş sürecine ilişkin verilen bir tanım statik bir durumu ifade eder ki burada bir iş sürecinin farklı uygulamaları göz ardı edilmiş olur. Bunun yerine bu iş sürecini, bütün uygulama şekilleri içeren bir set gibi düşünüp bununla bir iş sürecinin durumlarını ifade etmek daha dinamik bir tanımla beraberinde getirir ki bu ayrımın yapılması işlerin yönetilmesi açısından da çok uygun olacaktır. Böylece aynı iş sürecinin farklı uygulamalarına ait olan problemlerin çözülmesine daha etkili bir yaklaşım izlenmiş olacaktır.

2.4.2 Performans Hedefleri

Bir iş sürecinin ana hedefi, bir ürün örneğinin veya bir ürün tipinin üretimini sağlayacak şekilde işlerin organize edilmesidir. Bu işlem yerine getirilirken firmaların bazı performans hedefleri koyması gerekmektedir. Bir firma, ürettiği ürüne ilişkin düşük maliyet ancak kabul edilebilir bir kalite seviyesine uygun bir hedef seçerken, bir diğer firma ürettiği benzer

ürünlerde müşteri isteklerini mümkün olduğunca ürünleri üzerine yansıtmayı düşünebilir. Firmalar ortaya koyduğu hedefler doğrultusunda kullandıkları iş süreçlerini tasarlamaya ve bu iş süreçlerinin uygulamaları sırasında gerekli ölçümleri ve uygun değişiklikleri yapmaya mecburdur. Genel olarak iş süreçleri performans hedefleri incelendiğinde bu hedeflerin, maliyet, zaman, kalite ve esneklik şeklinde çeşitlendiği görülmektedir. Örneğin bir firma; dağıtım, sipariş karşılama, doluluk oranı, sipariş karşılama toplam zamanı, tedarik zinciri cevap zamanı, üretim esnekliği, toplam tedarik zinciri yönetim maliyeti, değer ekleme, garanti maliyeti ve hatalı ürünlerin tekrar işleme maliyeti, stokta bekleme süresi, varlık dönüşleri ile ilgili performans hedefleri belirleyebilir. Performans hedeflerinin belirlenmesinde 1991 de Lynch ve Cross tarafından önerilen performans piramidinin incelenmesi faydalı olacaktır. Bu piramit Şekil 2.12’de gösterilmiştir.



Şekil 2.12 Performans piramidi

Bir firmada, belirli veya topyekün ölçülmesine ilişkin başlıca bir sistem bulunması gerekmektedir. Çünkü ortaya konulan hedeflerle bu hedeflere ne derece ulaşıldığına dair ihtiyaçlara cevap verecek derecede iyi bir ölçümün yapılması firma yönetiminin hareket tarzını ortaya koymada baş rol oynamaktadır. Ortaya çıkan sonuçlar dahilinde firmalar yeni stratejiler belirleme ve yeni iş yapma şekilleri ortaya koyma konusunda kararlar almak zorundadır. Bir performans ölçümü eylemi son kullanıcıya ulaşan ürün ve/veya hizmetleri de kapsayacak şekilde bütün süreçlerin efektifliğinin ile organizasyondaki kaynak kullanım veriminin ölçülmesi faaliyetlerini hesaba katmaktadır. Performans piramidi yukarıdan aşağıya doğru amaçları, aşağıdan yukarıya doğru ise bu amaçlara ne oranda ulaşıldığını göstermeye yönelik yapılması gereken ölçümleri ifade eder. Özellikle bir çok uygulamada göze çarpan en önemli performans kriteri çıktı zamanıdır.

2.4.3 Müşteriler, Siparişler ve Tetikleyiciler

Müşteriler bir iş sürecinin ana elemanlarından biridir. Bir iş süreci, sonuçta bir müşteri için bir değer yaratmaya çalışır. Bu müşteri dışardan bir kişi veya kuruluş olabileceği gibi firma içerisinde bir departman da olabilmektedir.

Bir sürecin müşterisi, herhangi bir siparişi işleme koyduğunda aynı zamanda ilgili iş sürecini de başlatmış olmaktadır. Çoğunlukla müşteri tarafından bir siparişin verilmesi bir süreci başlatır ancak bir sürecin başlaması için bir siparişin verilmesi her zaman şart değildir. Bu anlamda bir süreci başlatan her türlü etkiye literatürde tetikleyici adı verilir.

2.4.4 Kaynaklar

Organizasyon bu tezde kullanılan anlamıyla iş süreçlerinin yerine getirilmesinde çeşitli sorumlulukları olan ve iş süreçlerinin yöneticilerini kapsayan oluşum olarak görülmektedir. Organizasyonlar birçok açıdan sınıflandırılabilir ancak burada şunu bilmek gerekir ki organizasyonun sınırlarının belirlenmesi tamamıyla o organizasyonun neden oluşturulduğu ile ilgilidir. Bu oluşumlar, işlevsel, bölgesel veya ürün merkezli olabilir. Geçmiş zamanda süreçler organizasyonlar içinde hapsedilmiş olmasına rağmen günümüzde iş süreçleri organizasyon sınırlarını aşmış durumdadır. Bir sürecin bir kısmı belirli bir organizasyon içerisinde yerine getirilirken aynı iş sürecinin diğer bir kısmı farklı bir organizasyon içerisinde yapılabilir. Bu tamamıyla iş süreci yaklaşımlarının organizasyon yapısında firmaları mecbur bırakan bir değişikliğin sonucudur.

Kaynaklar iş süreçlerinin yönetilmesinde bir diğer anahtar katılımcılardan bir tanesidir. Buradaki kaynak ifadesi genel anlamda kullanılmakta olup aslında kaynak olarak bir üretim aracı tanımlanmaktadır. Kaynakları genel anlamda tükenebilir ve yeniden kullanılabilir kaynaklar olarak sınıflamak mümkündür. Tükenebilir kaynaklara örnek olarak bir imalat hammadde veya yarı mamuller verilebilir. Yeniden kullanılabilir kaynaklar ise genellikle katılımcı veya kullanıcı adıyla da anılan insan tipi kaynaklar olabileceği gibi bir tesis alt yapısı da olabilmektedir. Bir işletmede söz konusu kaynakların sınıflandırılması büyük önem arz eder. Zira bir iş sürecinde kullanılacak kaynakların mevcut profili o iş sürecinin gerçekleştirilebilmesinde baş rol oynar. Kaynaklar sınıflandırılırken benzer özelliklerinin göz önüne alınması işletmede yerine getirilen iş süreçlerinin bu kaynakları kullanabilmesi açısından ayrıca bir öneme sahiptir. Bu şekilde bir organizasyondaki iş süreçleri için sorumluluklar ve yetkiler istenen şekilde dağıtılmış olmaktadır. Örneğin belirli bir kişiye belirli bir görevi atamak yerine bu görevi bir kaynak sınıfının yapabileceğinin vurgulanması önemli bir kaynak tahsisi avantajı sağlamaktadır. Bu anlamda kaynaklar genellikle işlevsel ve

organizasyonel boyutta sınıflandırılır. İşlevsel olarak sınıflandırılan kaynaklar tornacı, tesviyeci vb. olabilir. Organizasyonel anlamda sınıflandırma ise bir organizasyonun bölümleri arasındaki farklılıklar ortaya koymada kullanılır. Planlamacı, satın alma memuru bu yaklaşıma örnek olarak verilebilir.

2.4.5 Görevler ve Alt Süreçler

Süreçler, kendilerini oluşturan alt süreçlerin ve görevlerin bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla bütün bir sürecin herhangi bir parçası bir alt süreç olarak görülebilir. Alt süreçler ait olduğu iş sürecini hiyerarşik bir yapıda gösterirken aynı zamanda bir ağ ilişkileri olarak da ifade etmeye yarar.

Office of Information Technology tarafında 2002 yılında verdiği tanıma göre görev; kesikli, tanımlanabilir, anlamlı ve bütünleşik bir iş bileşenidir. Bir sürecin farklı en küçük birimine görev adı verilir. Bir görevin bir süreç içerisindeki sınırları çoğunlukla mantıksal bakış açısı ile vurgulanabilir. Çoğunlukla bir işin bir kaynaktan diğer bir kaynağa aktarılması bir görevi ortaya çıkarmaktadır. Bir çok açıdan bir görev bir iş sürecini andırır. Şekil 2.9' de Ljungberg (2002) tarafından tanımlanan bir iş sürecinin genel yapısında görüldüğü gibi aynı ait olduğu süreçte olduğu gibi bir görevin de bir girdisi veya tetikleyicisi ile bir çıktısı veya bir başka görevin tetikleyicisi vardır. Görevler bir iş süreci içerisinde belirli bir prosedüre uygun olarak başlar ve biter (Aguilar, 2004). Görevler bir iş sürecinin temel elemanlarından biri olarak iş süreci performansının iyileştirilmesinde kilit rol oynarlar. İş süreci yapısındaki görev zincirlerinden birinin aksaması bu sürecin geliştirilmesi yönündeki çabaları boşa çıkarabilir. Örneğin geliştirilecek iş sürecinin elemanlarından biri olan satın alma bölümü bu gelişim sürecine katılmaz ise arzu edilen gelişme sağlanamaz.

İş süreçleri içerisinde bulunan görevlerin karmaşıklığı aynı zamanda ait olduğu sürecin karmaşıklığını da belirler

Görevler, bir iş süreci dahilinde birbirleri ile belirli bir mantık çerçevesinde bağımlıdır. Bir iş süreci içerisinde görevler yapısal ve dinamik göstergelere sahiptir. Yapısal anlamda bir ürünün üretilmesinde gerekli olan göreve iş parçası denilirken belirli bir ürün için bir kaynak kullanarak çalışan iş parçasına da faaliyet denir.

2.4.6 Sınıflandırma

İş süreçlerini daha önceden de belirtildiği gibi, imalat ve yönetsel süreçler olarak ayırmamıza rağmen iş süreçleri daha değişik açılardan bakılarak da sınıflandırılabilir. Üretim tiplerindeki genel sınıflandırmada olduğu gibi Van der Aalst ve Hee (2002) tarafından verilen

sınıflandırmada iş süreçleri; özelleştirilmiş süreçler, parti tipi özelleştirilmiş süreçler ve parti üretimi tipindeki süreçler olarak üçe ayrılmıştır. Diğer iş süreçleri sınıflandırılmalarına bakıldığında bunların çoğunlukla organizasyon içindeki yerlerine göre gayet açık sınıflandırmalar olduğu görülmektedir. Daha önce Şekil 2.10'da gösterildiği gibi iş süreçleri; ana süreçler, ikincil süreçler ve yönetimsel süreçler olarak üçe ayrılmaktadır.

3. İŞ SÜREÇLERİNİN MODELLENMESİ

Bir iş süreci modeli bir işin özetlenmiş hali olup, bu süreçteki bileşenlerin nasıl bir etkileşim içinde oldukları ve nasıl çalıştıklarını göstermektedir. İş süreçlerinin modellenmesindeki en önemli amaç firmanın o anda yapılması gereken işleri ne şekilde yaptığına dair büyük bir resim elde etmek ve buna bağlı olarak işlerin yapılmasına ilişkin gelecekte nasıl bir gelişme ortaya koyması gerektiğini hesaplamaktır (Kovacic, 2004).

Eriksson ve Penker (2000)' e göre iş süreçlerinin modellenmesine ilişkin aşağıdaki sebepler sayılabilir;

- Bir iş süreci modeli yapılan işin anlaşılmasında bize yardımcı olur: iş modellemenin öncelikli amacı yapılan işin daha iyi anlaşılması ve iş ile ilgili iletişim yeteneğinin artırılmasıdır.
- Bir iş süreci modeli uygun bir bilgi sistemi oluşumuna temel teşkil eder: işi desteklemesi gereken bir bilgi sisteminin tanımlanmasında yapılan işin tanımlanması kullanışlı bir yaklaşımdır. İş modelleri, bir bilgi sisteminin tasarlanması aşamasında mühendislik ihtiyaçları için de temel teşkil etmektedir.
- Bir iş modeli, geçerli iş yapısının geliştirilmesinde temel teşkil etmektedir. Model, geçerli durumun temiz bir fotoğrafını sağladığından, bu model, işin geliştirilmesi için ihtiyaç duyulan değişimlerin neler olacağını tanımlamada yardımcı olur.
- Bir iş süreci yeni bir iş kavramı ve bu kavram ile gelen değişim uygulamalar için bir tecrübe anlamına gelir (Gerçek sistem üzerinde çalışmaktansa, model üzerinde çalışarak elde edilen tecrübe).
- İş süreci modeli kullanılarak, yapılan işin temel bileşenleri ortaya konabilir ve bunların dışında kalan daha az önemli bileşenler için dış kaynak kullanımları hesaba katılabilir.

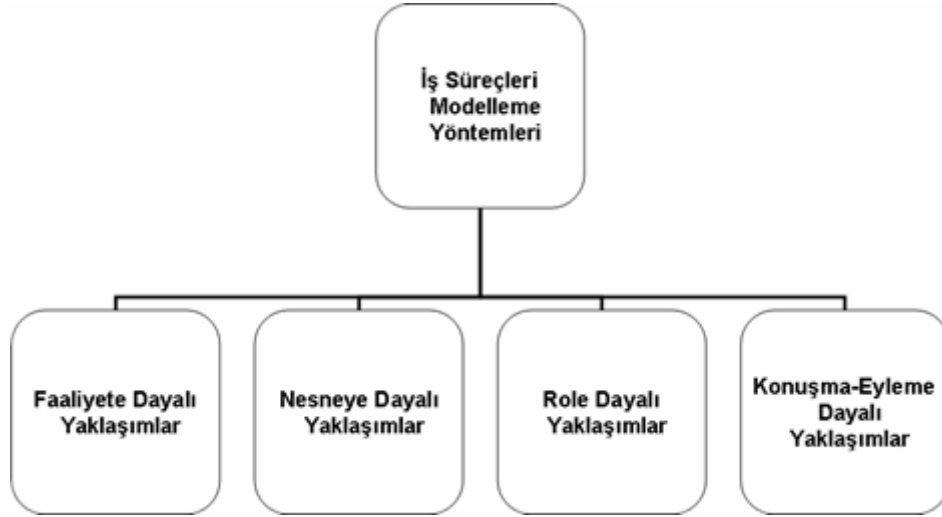
Görüldüğü gibi, bir iş süreci modeli yukarıda sayılan fayda ve imkanlara kavuşulmasında önemli bir rol oynamaktadır.

3.1 İş Süreçleri Modelleme Teknikleri

Bu bölümde literatürde yer verilen iş süreçleri modelleme tekniklerinden bahsedilecek ve çeşitli açılardan karşılaştırılmalar yapılacaktır.

Sistemler üzerinde çalışmak ve onları anlayabilmek için kişiler belirli bir bakış açısına uygun olarak modeller kurar ve bunun için de belirli bir modelleme tekniği kullanır. Modelci, kuracağı modeli hangi amaç için kullanacağını bilmek zorundadır. Belirlenen amaç için farklı teknikler daha uygun olabilir. Bir model süreci tanımlamak için kullanılabilirken bir diğer süreci analiz etmek veya kontrol etmek için olabilir. Bu anlamda Schydrowsky vd. (1999)'ne göre iş süreç modellerinin iki ayrı tipte kullanımı mevcuttur. Bunlardan biri geleneksel yazılım geliştirme, diğeri de iş süreçlerinin yeniden yapılandırılmasıdır. İkinci yaklaşım yararçı (pragmatik) bir yaklaşım olup, süreçlerin yakalanması ve anlaşılması ile ilgili, daha hassas ve detaylı olan yaklaşımlar ise süreçlerin analizi ile ilgilidir. Yazılım geliştirme süreçleri için modellemede genellikle diyagramlarla gösterim tercih edilmektedir. Bu durum, süreçlerin anlaşılabilir bir duruma gelmesini sağlamaktadır. Bir sürecin analizi gerektiğinde daha karmaşık mekanizmalara ihtiyaç duyulur. Bu mekanizmalar sayesinde süreçlere ait dinamik ve işlevsel yönler ortaya çıkar. İlk durumda yani modelin statik durumları yansıttığı durumlarda kullanıcılar model ile etkileşim içerisinde olmak veya onunla oynamak istemezler, ancak dinamik modellerde kullanıcı ile model arasında karşılıklı etkileşim vardır. Çünkü model what-if analizlerinin yapılmasına müsaade eder ve kullanıcı da bu senaryoların nasıl sonuçlanacağını görmek ister (Aguilar, 2004).

Kueng vd. (1996) süreç modelleme yaklaşımları dört ana kategoride toplamıştır.



Şekil 3.1 Kueng vd. (1996)'e göre BPMd yöntemleri

- Faaliyete dayalı yaklaşımlar bir iş sürecini faaliyetlerin (bazen görev olarak da adlandırılır) belirli bir sırası şeklinde tanımlar. Genel olarak süreç modellerinin yüzeysel olarak iyileştirilmesinde iyi bir destek unsurudur.
- Nesneye dayalı yaklaşımlar, kapsama, katılım ve özelleşme gibi nesneye yönlendirme ile ilgilidir. Nesneye yönlendirme prensipleri iş süreçlerinin modellenmesinde

kabul gören bir yaklaşımdır. Yine de, süreç sahipleri, takım üyeleri gibi uygulayıcılar, yapılan işlemleri nesnelerden ziyade faaliyetlerle tanımlamaktadır.

- Role dayalı yaklaşımlar ise rollerin faaliyet grupları içerisinde kapsandığını ve belirli sorumlulukları yerine getirdiğini ön plana çıkartır. Basit faaliyet grupları belirli rollere atanabilir. Buna rağmen karmaşık sıralı mantığın açıklanmasında uygun değildir.

- Konuşma-eyleme dayalı yaklaşımlar dil/hareket perspektifi altında konuşma eylem teorisi tabanlı yaklaşımlardır. Dört fazlı iletişim sürecini izler; teklif, anlaşma, performans ve tatmin. İş süreçleri, müşteriler ve süreç uygulayıcıları arasındaki bir iletişim olayı olarak görülseler de, varolan bir süreci analiz etmekte veya yeni bir sürecin oluşturulmasında yeterli olamamaktadır.

Bir diğer sınıflandırma Bal (1998) tarafından yapılmıştır. Burada sıklıkla kullanılan tekniklerden bahsedilmekle birlikte sınıflar çeşitli genel görüşleri yansıtabilme özelliğine sahiptir. Bu sınıflandırmaya göre modelleme yöntemleri;

- Genel Sistem Modelleme Yöntemleri
- İşlevsel Modelleme
- Bilgi Modelleme
- Dinamik Modelleme
- İşletme Modelleme Çatısı şeklindedir.

Machintosh (1993) tarafından ortaya konan beş olgunluk seviyesine göre; süreçlerin hazırlanması, yeniden kullanılabilir hale getirilmesi, dokümanite edilmesi (tamamıyla standartlaştırılmış organizasyonlar), ölçülmesi/kontrol edilmesi ve sürekli olarak iyileştirilmesidir. Aguilar (2004)'e göre bu ayırmada her bir seviye için farklı modellere ihtiyaç duyulmaktadır. 1-3 arasındaki seviyeler için modeller süreci ve süreç bilgisini tanımlama amacına hizmet etmektedir. 4-5 seviyelerinde ise modeller, süreçlerin izlenmesi ve kontrol edilmesi amacıyla karar destek unsuru olarak görev yapmaktadır. Bu amaçla Macintosh (1993), süreçlerin zenginleştirilmiş bir gösterim şekli ile süreçleri modellemek için kullanılan bilgiye dayalı yaklaşıma göre düzenlenmiş bir modelleme tekniği önermiştir. Böylece faaliyetlerle beraber zaman, kaynaklar, nedensellik ve yetki gibi bilgileri de içeren bir gösterim tarzı ortaya çıkmıştır.

Giaglis ve Doukidis (1997) iş süreçlerinin modellenmesini, öğrenme, analiz, izleme ve kontrol gibi daha genel terimler içerisinde ele alınabilecek bir değişim yönetimi uygulamasında kullanılabileceğini savunmuş ve bu sebepten modelleme faaliyetini

tanımlayıcı ve karar destek unsuru olarak görmüştür. Bu ve bunun gibi yaklaşımlar içerisinde en önemlileri BPR (Hammer, 1990), CPI (Continuous Process Improvement) (Harrington, 1991), TQM (Total Quality Management) (Oakland, 1993) ve OT (Organisational Transformation) (Adams, 1984)'tür. Workman (2000) gibi diğer yazarlar ise amaca uygun olarak iş süreçlerinin analizinde farklı model ihtiyaçlarını ortaya koymuşlardır.

Workman (2000) ise zaman içerisinde çeşitli BPR ve BPMd tekniklerinin geliştirilmesi ve yeni bakış açılarının kazandırılması sonucunda organizasyonların gelişimini, (1) işlevsel hiyerarşi, (2) işlev merkezli otomasyon ile işlevsel hiyerarşi, (3) ana çatılar üzerinde paylaştırılmış veri tabanı ile işlevsel hiyerarşi, (4) süreç merkezli işletme, (5) tedarik zinciri merkezli işletme ve (6) web'in kullanıldığı çevik işletme olmak üzere altı aşamaya ayırmıştır. Bu ayırımdan da görüldüğü gibi, klasik anlayışa uygun olarak ilk başlarda işlevselliğin ön plana çıkması yerini daha sonradan daha çevik bir yapı sergileyen sürece dayalı yaklaşıma bırakmıştır. Özellikle dördüncü aşamada yazarlar iş süreçlerinin modellenmesine duyulan ihtiyacı dile getirmişlerdir. Genel anlamda ise Giaglis ve Doukidis (1997) modern değişim yönetimi yaklaşımlarına uygun olarak modelleme aşamasında ihtiyaç duyulan gereksinimleri iki grupta toplamışlardır: bunlar teknik ihtiyaçlar ve politik/sosyal ihtiyaçlardır. Teknik ihtiyaçlar; formal modelleme, nitel modelleme, stokastik modelleme, model dokümantasyonu, model adaptasyonu/yeniden kullanılabilirliği ve amaç-sürücülü modelleme iken Politik/sosyal ihtiyaçlar; alternatif tasarımların olabilirliği, model iletişimi ve kullanıcı dostu arabirimlerdir.

Bu ihtiyaçlar belirlenirken işlerin bir sosyo-teknik sistemler olduğu düşüncesi esas alınmıştır. Giaglis ve Doukidis (1997) ayrıca simülasyonun BPMd için paha biçilmez bir araç olduğunu da göstermiştir. Bu durum özellikle organizasyonlar arası iş süreçlerinin modellenmesinde ortaya çıkmıştır. Giaglis ve Doukidis (1997) organizasyonlar arası iş modelleme faaliyetine üç ihtiyaç daha ilave etmişlerdir ki bunlar; modüler model tasarımı, modüler model analizi ve model ayrımı ve entegrasyon olarak bilinir. Buradaki fikir iş süreci modelinin sınıflandırılabilmesi için sahip olması gereken özelliklerin gösterilmesidir. Schydrowsky vd. (1998)'ne göre, bir yazılım geliştirme projesinde kullanılan iş süreçlerinin analizinde yararlanılan modellerin uzman kararları ve sezgileri, ölçümleri, formaliteyi ve uygulanabilirliği içermesi gerekmektedir. Aynı çizgide olan bir diğer araştırmacı olan Toussaint vd. (1997), modelin sunması gereken üç yön bulmuştur. Bunlar, işlevsel, statik ve dinamik yönlerdir. Jarzbek (1995), iş bilgi edinimi, iş süreçlerinin modellenmesi, performans/kalite analizleri ve alternatif BPR çözümlerini destekleyebilecek araçları inşa etmek için işlerin yeniden yapılandırılmasındaki bilgi ihtiyaçlarını tanımlamıştır. Rajala (1996) ise müşteri yönlendirmesi olarak yeni bir ihtiyaç ortaya koymuştur ve buna bağlı yeni

bir modelleme çatısı önermiştir. Bu çatı iş süreçlerinin simülasyonu ile bu ihtiyacı entegre eden bir yapı ortaya koymaktadır.

Bu yapılar incelendiğinde dinamik modelleme haricinde diğer kategorilerde bulunan tekniklerin sürecin zamanlamasını dinamik anlamda göz ardı ettikleri görülmektedir. Bu eksikliğin giderilmesi sırasında, süreç yapısına zarar vermeden zamana bağlı ve dinamik yapı arz eden bir çizelgelemenin yapılması süreçlerin proje bazında ele alınabilmesiyle mümkün olabilecektir. İş süreçlerinin ve özellikle uzun bir süreyi kapsayan süreçlerin proje bazında ele alınması sürece zaman ve diğer kaynakların faaliyetlere atanabilmesini ve bunlara ait bir çizelgelemenin yapılabilmesini sağlayacaktır.

Proje yönetim tekniklerinin ulaştığı olgunluk seviyesi ve basitliği göz önüne alındığında birçok organizasyon bu teknikleri günlük faaliyetlerin yönetiminde kullanabilmektedir.

Proje yönetimi ile ilgili çalışmalarda özellikle çizelgeleme tekniklerine değinmektedir. Bu durumun özellikle iki sebepten ortaya çıktığı düşünülmektedir (Mou ve Tanik, 2002).

- Birçok görevi bünyesinde barındıran bir proje için CPM ve PERT gibi karmaşık teknikler kullanılarak çizelgelemenin hesaplanması zor ve fazla zaman tüketen bir faaliyettir. Bu sebeple, çok fazla sayıda olmayan proje yöneticileri elle çalışmak istemektedir.

- Görece daha az sayıda görevden meydana gelen bir proje için, deneme ve yanılma yöntemine ilaveten bazı yaygın akılcı düşünme yaklaşımları daha etkili olmaktadır. Proje yönetimi yazılım paketleri proje faaliyetlerinin çizelgelenmesinde proje yöneticilerine yardımcı olmaktadır ancak bunlar da sınırlıdır.

Süreç modellemede çizelgeleme tekniklerinin kullanımı ise genellikle ihmal edilmiştir. Bunun bir sebebi süreç modellemenin proje yönetimi gibi algılanabileceği ve bu etiket altına alınabileceği korkusudur. Bu korkunun altında süreç modelleme çalışmalarının ve öneminin azalabileceği vardır (Mou ve Tanik, 2002).

Süreç yönetimi ve proje tekniklerinin beraberce kullanıldığı sektörlerden en önemlisi yazılım sektörüdür. Garg yazılım geliştirme faaliyetlerini Süreç Mühendisliği, Yazılım Mühendisliği ve Proje Yönetimi olmak üzere üç işlev halinde özetlemiştir (Garg ve Jazayeri, 1996)

Süreç mühendisliği süreç modellerinin geliştirilmesi (development) ile ilgilidir. Genel anlamda belirli bir proje ve ürünlerden bağımsızdır. Bu modeller proje yönetimi tarafından belirli bir proje için belirli bir süreç oluşturmakta kullanılır.

Literatürde çok sayıda BPMd yönteminin önerildiği görülmektedir. İş süreçlerinin modellenmesinde kullanılan BPMd yöntemleri ve buna bağlı olarak geliştirilen BPR yöntemlerinin en kapsamlı incelemesi Kettinger vd. (1997) tarafından yapılmış ve

yayınlanmıştır. Buna rağmen bir BPR projesinde kullanılacak uygun bir modelleme tekniğinin seçilmesi halen güç bir iş olarak görülmektedir. Bir iş sürecinin doğru ve etkili bir şekilde sunumu ve analizi, BPR projelerinin başarısında çok kritik bir rol oynamaktadır. İş süreçlerinin nitelendirilmesi ve analizi için kullanılan tekniklere iş süreçlerinin modellenmesi adı verilir. Farklı BPMd teknikleri sadece farklı özellik ve güce sahip olmakla kalmaz, aynı zamanda iş süreçlerini farklı bakış açıları ile değerlendirir (Luo ve Tung, 1999). Belirli bir BPMd yöntemi bir iş sürecini tanımlarken ve analiz ederken sınırlayıcı olabilir. Bir BPMd yönteminin seçimi, süreç modelleme faaliyetinin amacının tanımlanmasıyla başlamalıdır. Seçilen metot modellemenin amacı doğrultusunda uygun bakış açısına ve özelliklere sahip olmalıdır.

Bilindiği gibi, akademik ve iş çevrelerinde artık bir iş organizasyonu hiyerarşik bir yapıdan çok süreçlerle ifade edilmektedir. Çizelge 2.2’de verilen tanımlardan da yola çıkarak bir organizasyon belirli bir hedefe ulaşmak için birbirleriyle iletişim halinde bulunan süreçlerin oluşturduğu bir ağ olarak görülmektedir. Genellikle bir organizasyonda çeşitli tipteki süreçleri nitelendirmek için farklı yollar bulunmaktadır. Denna vd. (1995)’ya göre bir organizasyonda genel anlamda edinme/ödeme, değiştirme ve satış/birikirme olmak üzere üç tip süreç tanımlanabilir.

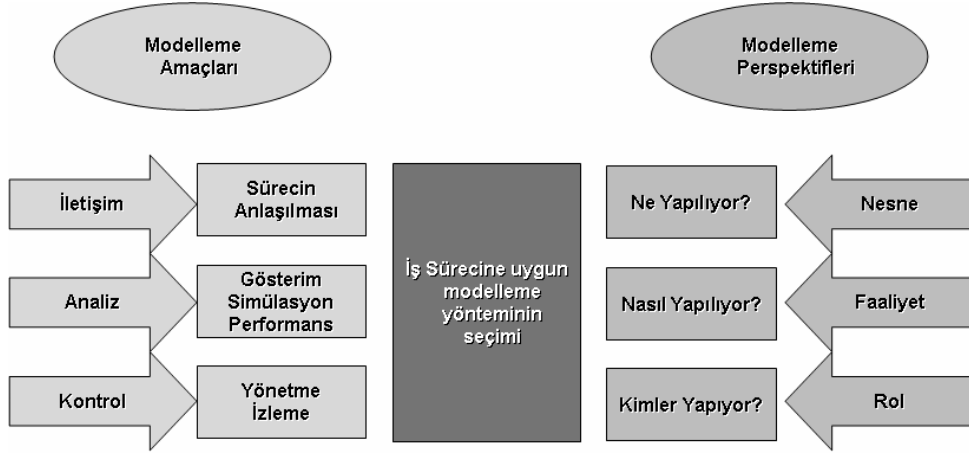
Edinme/ödeme süreçleri; bir organizasyonun işlevlerini yerine getirirken ihtiyaç duyduğu mal ve hizmetlerin elde edilmesini kapsayan süreçleridir. Bu süreçler bir çok organizasyon için genel bir yapı sergiler. Değiştirme süreçleri ise mal ve hizmetleri hammaddeden mamule dönüştürülmesinde kullanılmaktadır. Bu süreçler organizasyonun hangi endüstride faaliyet gösterdiğine göre çeşitli yapılarda olabilir. Satış/birikirme süreçlerinde ise üretilen mal ve hizmetlerin müşteriye satışı, ulaştırılması, depolanması ve satış sonrası ödemelerin toplanması faaliyetlerini içermektedir. Bütün bu süreçlerin hepsinde yeterli bir şekilde tanımlanmış amaçlar ve çıktılar vardır ve süreçler birden çok organizasyonu ilgilendirebilir. Organizasyonel varlıkların sürecin bir parçası olduğu düşünülürse bu durumda organizasyonlar arası, işlevler arası ve kişiler arasındaki süreçlerden bahsedilebilir. İşlenen nesnenin özelliklerine bağlı olarak süreçler ayrıca fiziksel veya bilgiye dayalı olabilir. Bu da diğer bir sınıflamayı yani operasyonel veya yönetsel süreçleri gündeme getirmektedir.

Bir BPR projesinin can alıcı noktaları, varolan sürecin anlaşılması, alternatif süreçlerin tasarlanması ve süreç performansının ölçülmesidir. Curtis vd. (1992)’e göre, BPMd, birçok amaca ulaşmada önemli bir araç olarak görülmektedir. Öncelikle mevcut süreç gösterimleriyle bir sürecin iyi anlaşılmasında önemli bir rol oynamaktadır. İkinci olarak bir sürecin davranışlarını ve performansını analiz edilmesini destekleyerek, sürecin geliştirilmesini ve

yönetilmesini sağlamaktadır. Üçüncü olarak sürecin uygulanmasında ve güdülenmesinde önemli bir destek unsurudur.

3.2 İş Süreçlerinin Modellenmesinde Amaçlar

Çeşitli açılardan ele alınan bir iş sürecini modellemek için süreç özelliklerine ve kullanılan bakış açısına uygun bir süreç modelleme tekniğinin seçilmesi çok büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple bir sürecin modellenmesinden önce hangi modelleme yönteminin kullanılacağını belirlenmesi ve bu belirleme işleminde ise geçerli bir seçim yöntemi kullanmak gerekmektedir. Bir modelleme yöntemine ait amaçlar ve perspektifler modellenecek sürece hangi açıdan ve ne amaçla bakılacağı ile ilgilidir. Şekil 3.2’de modelleme yöntemine ait amaç ve perspektiflerin modellenen süreçle olan ilişkileri gösterilmiştir. Luo ve Tung (1999)’ a göre modelleme amaçları üç ana kategoride gösterilebilir. Bunlar iletişim, analiz ve kontrol amaçlarıdır.



Modellemenin temel amaçlarından biri olan iletişim amacı, sürecin her yönüyle onu tasarlayan ve kullanan kişiler tarafından anlaşılmasını ifade etmektedir. İletişim amaçlarına uygun olarak bir modelleme yönteminin basit ve anlaşılabilir olması önemli bir özelliktir. Basit ve anlaşılabilir bir modelleme yöntemi sürecin onu tasarlayanlar ve kullananlar açısından anlaşılabilirliğini kolaylaştırmaktadır.

Varolan süreçlerin analiz edilmesi ve geliştirilmesi süreç modelleme işleminin bir diğer öncelikli kullanım amacıdır. En iyi sürecin tasarlanabilmesi için, süreç tasarımcıları, süreç elemanları ve diğer süreçler ile olan ilişkileri farklı gösterim teknikleri ile görmek, süreç davranışlarını simülasyon yardımıyla tartmak ve nihayetinde süreç performansını ölçmek zorundadır. Bu açıdan bakıldığında bir modelleme tekniği, ölçülendirebilme ve yasalaştırma özelliklerine sahip olmalıdır.

İletişim ve analize ilave olarak bir sürecin yönetilmesi ve izlenmesi de süreç modellemenin amaçlarından biridir. Birbirleriyle ilişkili birçok sürecin yöneticiler ve model tasarımcıları tarafından sürekli izlenmesi, süreç ilişkilerinin yönetilmesi ve süreç performansının sürekli olarak denetlenmesi gerekir. Yukarıdaki amaçlar yanında, süreç modelleme yöntemleri, süreçleri belirli bir açıdan ve perspektiften görürler. Bir sürecin elemanlarına dayalı olarak süreç modelleme perspektifleri üç aşamada incelenmektedir.

Bunlardan ilki nesne perspektifidir. Bu perspektif neyin yapıldığını vurgulamaktadır. Bu perspektif ile bir modelleme yöntemi, süreç içerisinde kullanılan nesneleri izler. Bu nesneler, bir bilgi, doküman veya fiziksel bir mal olabilir. Bu perspektif, birleştirilmiş işlevsel veya bilgiye dayalı perspektife benzer. Curtis vd. (1992) tarafından ortaya konan veri akış diyagramları amaç perspektifine örnek olarak verilebilir.

Faaliyet perspektifi ise işlerin nasıl yapıldığına odaklanır. Bu perspektif ile bir süreç modelleme yöntemi, faaliyetler ile bunlar arasındaki ilişkileri bir merkezde toplar. Davranışsal perspektif ile benzeşen bu perspektife en iyi örnek Proje yaklaşımı, IDEF0, IDEF3 olarak bilinen entegre tanımlamalardır.

Role dayalı perspektif ise kimin ne yaptığına odaklanmıştır. Bu bakış açısına göre iş süreçleri roller ve bunlar arasındaki ilişkiler cinsinden ifade edilir. Rol faaliyet diyagramları buna en iyi örnek teşkil eder.

3.3 Modelleme Yöntemlerinin Özellikleri

Modelleme yöntemlerinin karşılaştırılmasında yöntemlerin özelliklerinin bilinmesi büyük avantaj sağlamaktadır. Bu amaçla yöntemlerin özelliklerini formalite, ölçeklenirlik, yasalaştırma ve kullanım kolaylığı olmak üzere dört ana kategoride izlemek mümkündür.

Formal yapı, modelleme yönteminin bir süreci tanımlarken kullandığı gösterim ve dilinin ne kadar formal ve kesin kullanabildiğini göstermesi ile ilgili özelliklerdir. Bazı modelleme yöntemleri çok iyi tanımlanmış bir gösterime sahipken bazıları da sadece ana hatları takip etmekle yetinir. İlk gruptaki modelleme yöntemleri çok iyi bir model sunumuna ve çok iyi bir analiz imkanına sahipken sahip iken aynı zamanda diğer yöntemlere nazaran çok daha az esnekliğe haizdir. Model esnekliği insan faktörünün ve çok çeşitli süreç tipinin olması durumunda önemli bir özellik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ölçeklenirlik özelliği ise modelleme yönteminin ne kadar karmaşıklıkta bir süreci modelleyebilmesi ile ilgilidir. Bazı modelleme yöntemleri büyük çaptaki süreçlerle çoklu

seviyeli süreçleri rahatlıkla modelleyebilecek özelliklere sahip olurken bazı yöntemler küçük çaptaki süreçlerin modellenmesinde daha etkin olabilirler.

Yasalaştırma özelliği, modelleme yönteminin bir sürecin uygulanmasını ve kurallarının ortaya konulmasını ne derecede başardığı ile ilgilidir. Modelleme tekniklerinin bazıları, süreç tasarımcısına sadece statik bir durum oluşturma imkanı verirken, diğerleri dinamik bir yapı oluşturulmasını sağlayarak, süreç modeli üzerinden simülasyon vb. araçlar ile etkin analiz yapma imkanı sağlar (Luo ve Tung, 1999).

Kullanım kolaylığı, kullanılan yöntemin, süreç tasarımcıları ve diğer personel için ne kadar güç olduğunu ortaya koymak için kullanılan özellik tipidir. Birçok yöntem kullanım kolaylığını sağlamak için ok ve kutulardan oluşan bir gösterim ve karmaşık olmayan bir gösterim kullanırken diğer bazıları da karmaşık matematiksel işlemler ve formüllerin kullanımını gerektirebilir. İkinci grupta yer alan yöntemler, bir sürecin her yönüyle yeterince analiz edilmesi ve gerçeğe yakın değerler ile çalışma imkanı vermekleri açısından daha uygun yöntemler olabilir. Ancak unutulmamalıdır ki bir süreç ne kadar karmaşık işlemler ve gösterim kullanırsa bir o kadar nitelikli personel gerektirir. Ayrıca bu tür yöntemlere esneklik kazandırabilmek amacıyla yapılan bir takım işlemler yöntemi daha da içinden çıkılmaz bir hale getirebilir.

Ölçebilirlik özelliği ise modelin çeşitli perspektiflerden bakıldığında karşılaştırılabilir özelliklerin ortaya koyulmasındaki gücünü ifade etmektedir. Özellikle modelin analiz amaçlarına yönelik kurulmasında ön plana çıkan performans hedeflerine ne kadar ulaşıldığının araştırılmasında çok etkili olduğu düşünülmektedir.

Bu özelliklerden ve perspektiflerden yola çıkarak uygun bir süreç modelleme yönteminin seçilmesi için bir seçim sürecinin geliştirilmesi ve başlatılması gerekmektedir. Luo ve Tung (1999) tarafından önerilen bir seçim yöntemine göre bu süreç aşağıdaki adımlardan meydana gelmektedir:

- Modelleme amaçlarının belirlenmesi
- Gerekli perspektiflerin ve arzu edilen özelliklerin belirlenmesi
- Alternatif BPMd yöntemlerinin belirlenmesi
- Belirlenen perspektif ve özelliklere göre yöntemlerin değerlendirilmesi
- Uygun yöntemin/yöntemlerin seçimi

Modelleme amaçlarının belirlenmesi adımı bir seçim sürecinde en önemli adımdır. Belirli bir BPR projesinde BPMd'in kullanılmasındaki amaçlar çok çeşitli olabilir. Uygun BPMd

yönteminin seçilmesinde daha önceden varolmayan yeni bir sürecin ortaya konulması ile varolan bir sürecin geliştirilmesinde farklılıkların olması doğaldır. Yeni ortaya konulacak bir sürecin oluşturulmasında sürecin hemen hemen her perspektif ve amaç açısından incelenmesi gerekmektedir. Ancak varolan bir sürecin geliştirilmesinde sürecin hangi noktalardan zayıflığı bulunduğu gözlenmeli, süreç personeli ve yöneticileri ile yapılan görüşmeler, çıktı analizleri sonucunda geliştirilecek yönün tespit edilmesi uygun olacaktır.

Verilen modelleme amaçlarına uygun olarak, süreç tasarımcıları artık sürecin hangi perspektife uygun olarak modelleneceğini ve modelleme yönteminin hangi özelliklere sahip olması gerektiğini belirleyebilir. Örneğin modelleme amacı, sürecin performansını ölçmek ise bu durumda sürece nesnel açıdan bakmak uygun olacaktır. Bu durumda, formalite ve yasalaştırmak da önemli olabilir. Ya da bir sürecin, katılımcıları tarafından en iyi şekilde anlaşılabilmesi ve katılımcıların kendi rollerini yeterince anlayabilmesi amacıyla sürecin rol perspektifine göre modellenmesi gerekmektedir. Bir rehber olarak kullanılabilmesi açısından belirli bir modelleme amacına uygun olarak modelleme yönteminin özelliklerinin neler olacağı ve buna bağlı olarak modelin sürece bakış açının ne olacağına ilişkin olarak hazırlanan Çizelge 3.1 aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 3.1 Modelleme yönteminin amacı, perspektifi ve özelliği arasındaki ilişkiler

Modellemenin Amacı	Model Perspektifi	Model Özelliği
A. İletişim	1. Role Dayalı 2. Faaliyete Dayalı 3. Nesnel	a. Kullanım Kolaylığı b. Formal yapı c. Ölçeklenirlik d. Yasalaştırma e. Ölçebilirlik
B. Analiz	1. Nesnel 2. Faaliyete Dayalı 3. Role Dayalı	a. Ölçebilirlik b. Ölçeklenirlik c. Formal yapı d. Kullanım Kolaylığı e. Yasalaştırma
C. Kontrol	1. Faaliyete Dayalı 2. Role Dayalı 3. Nesnel	a. Formal yapı b. Ölçebilirlik c. Ölçeklenirlik d. Yasalaştırma e. Kullanım Kolaylığı

Eğer modellemenin amacı sürecin her yönüyle onu tasarlayan ve kullanan kişiler tarafından anlaşılması ise bu durumda modelleme yöntemi iletişim amacına uygun olarak kullanılacaktır.

Böyle bir amaca hizmet eden bir modelleme yöntemi, süreç içerisinde kapsanan kişilerin bu süreç için ne ifade ettiğini ortaya koymalıdır. Dolayısıyla model sürece rol perspektifi açısından bakmalıdır. Bu yolla süreç içerisinde kimin ne yaptığına odaklanılabilir. Model, bu durumda kolay kullanılabilir ve basit olmalıdır. Modelin gösterimi ve formülasyonu modellediği sürecin elemanları tarafından anlaşılabilir olduğu sürece, çalışanlar süreç içerisindeki rollerini açıklıkla anlayabilir ve bir sinerji oluşturabilir.

Analiz yapmak bir modelleme yönteminin amacı olduğunda ise durum iletişim amacına göre farklılıklar göstermektedir. Bir sürecin analizini yapmak bu sürece ait bütün faaliyetleri ve bunlar arasındaki ilişkileri tam anlamıyla kavrayabilmeyi gerektirmektedir. Bu sayede çeşitli araçlar yardımıyla bir sürecin çeşitli şartlarda ortaya koyduğu tepkiler ölçülebilir ve performansı konusunda bir yere varılabilir.

Bir sürecin iyi analiz edilmesi o sürece ait bütün detayların görülebilmesi ve kullanılabilmesi ile doğrudan ilişkilidir. Bir modelleme yönteminin bir sürecin karmaşık yapısını modelleyebilmesi ve faaliyetleri arasındaki ilişkileri, kaynak kullanımlarını ve bilgi alışverişini gösterebilmesi, modelleme ile elde edilen analiz etme kabiliyetini önemli miktarda artırmaktadır. Bu özellik direkt olarak modellemenin ölçeklenirlik özelliği ile doğrudan ilgilidir. Aynı zamanda sürecin analizi amacıyla modellenen bir sürece ait özelliklerin model tarafından çok etkili bir şekilde temsil edilebilmesi gerekmektedir. Bu da modelleme yönteminin formal yapısına dikkatleri çekmektedir.

İş süreçlerinin modelleme ihtiyacı ve buna bağlı olarak hangi yöntemin kullanılacağına karar verilmesinde, süreçlerin dinamik yapılarının ön plana çıkarılması konusunda fayda sağlayacak çok fazla yöntemden bahsetmek mümkün değildir. Zira modelcilerin ve kullanıcıların uygulamaya çoğunlukla pratik anlamda uygulamaya dönük olarak gerçekleşen çabaları sonucunda iş süreçlerinin statik yapıları dinamik yapılarından çok daha fazla inceleme konusu olmuştur. Bunu daha iyi anlayabilmek amacıyla iş süreçlerinin modellenmesinde kullanılan yöntemlerden özellikle şebekeye dayalı modelleme yöntemlerine genel bir bakış yapılacaktır. Zira şebekeye dayalı modelleme yöntemlerinin dışında kalan yöntemlerde özellikle süreçlerin çevresel ve sosyokültürel ilişkileri ile iletişim yapıları ön plana çıkmakta olup bu yapıların incelenmesi konusu bu tezin dışında bırakılmıştır.

3.4 İş Süreçleri Modelleme Yöntemlerine Genel Bir Bakış

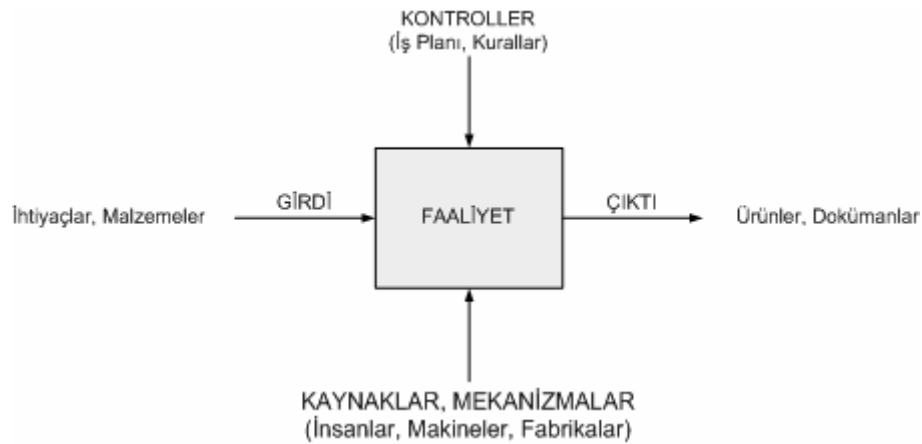
Bu bölümde firma uygulamalarında ve literatürde ön plana çıkan modelleme yöntemlerine değinilecektir.

3.4.1 IDEF Yöntemi

İşlev Modelleme için Entegre Tanımlama (IDEF; Integrated Definition for Function Modelling), bir işletme ve onun iş sahalarının modelleme ihtiyaçlarına işaret edebilen bir yöntem ailesidir. IDEF yöntemi, Amerikan Hava Kuvvetlerinin entegre Bilgisayar Destekli İmalat programı (ICAM; Integrated Computer-Aided Manufacturing program) dahilinde imalat operasyonlarının geliştirilmesi için belirlenen ihtiyaçlara cevaben 1970’lerde geliştirilmiştir.

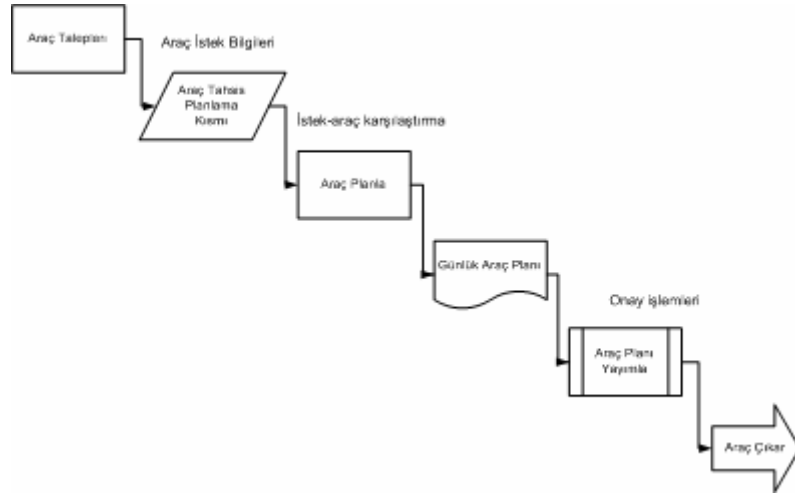
IDEF, farklı uygulamalara uygun olarak kullanılabilenmektedir. En önemli parçaları IDEF0, IDEF1, IDEF1X, IDEF2, IDEF3, IDEF4 ve IDEF5’tir. Ancak bu parçalar içerisinde iş süreçlerinin modellenmesi ile en çok ilgili olan tipleri IDEF0 ve IDEF3’tür. Konumuzun iş süreçlerinin modellenmesi olması sebebiyle sadece bu IDEF0 ve IDEF3 modelleme teknikleri incelenecektir.

IDEF0 süreçlerini veya bir firmanın tamamını incelemek gibi bir karmaşık sistem için yapısal grafik gösterim için kullanılan bir modelleme tekniğidir. Bir organizasyonun veya diğer bir sistemin karar, eylem ve faaliyetlerini modellemek için kullanılır. Sistemi işlevsel boyutta ele alarak iletişim ve analizi hedeflemiştir (Vukšić vd., 2000). IDEF0’ın uygulanması sonucu ortaya çıkan model işlevsel bir model olup, “Ben ne yaparım?” sorusuna cevap vermektedir. Sürecin yüksek seviyeli faaliyetlerini ve her bir süreç için girdi, kontrol ve mekanizma (ICOM; input, control, output and mechanisms) yapısını gösterir. Bu yapı Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Genel IDEF0 faaliyeti

Süreç bundan sonra daha alt seviyelerdeki faaliyetleri gösterecek şekilde ayrıştırılır. Bu modeller üç çeşit bilgi ile ifade edilmektedir; grafiksel diyagramlar, yazı ve sözlük. Bu üç bilgi birbirlerini referans göstermektedir. Bu üç bilgi içerisinde en önemlisi grafiksel diyagramlardır ki bunlar kutular, oklar, kutu-ok bağlantıları ve ilgili ilişkileri içermektedir. Şekil 3.4’de bir araç planlama sürecinin IDEF0 tekniği ile modellenmesi örneklenmiştir. Burada Araç tahsis planlama kısmına her gün düzenli olarak araç istekleri gelmekte ve bu istekleri mevcut faal araç miktarına uygun olarak karşılanmaktadır. Eğer istek acil değilse bu durumda normal planlama süreci başlar ancak araç isteği plansız olursa bu durumda uygun araç olup olmadığına bakılır ve eğer var ise araç isteği karşılanır, uygun araç yoksa istek sahibine olumsuz cevap bildirilir.



Şekil 3.4 IDEF0 Modelleme Tekniği ile Modelleme

IDEF0, bir sistemin kararlarını, hareketlerini ve faaliyetlerini modellemek için kullanılan fonksiyonel bir modelleme tekniği olması ve geliştirilme sürecinin basit olmasından dolayı kullanımı yaygındır. Özellikle bilgisayar yazılımlarının yapılmasında katı bir yapı sergilediğinden sıklıkla kullanılır. Çıktıdan girdiye doğru zincirin takip edilmesiyle daha fazla veri ve kontrol noktası tanımlanabilir. Bu durum, analizi ve gelişimi destekler. Hiyerarşik yapı, yüksek seviyelerde hızlı haritalama imkanı sunmaktadır (Aguilar, 2004). IDEF0’da faaliyetleri soldan sağa ve yukarıdan aşağıya modellendiğinden bu modelleme için bir kısıt oluşturmaktadır. Ayrıca IDEF0’da model ile ilgili süre bilgisi verilmez ve dolayısı ile faaliyetlerin zamanlanmasında sadece faaliyet sırası bir fikir verebilir. Paralel ancak farklı sonuçlar doğuran iki farklı sürecin bir arada gösterilmesi zamanlama açısından kullanıcı için anlaşılması zor hatta imkansız bir durum sergiler. Lin vd. (2002), IDEF0 modelleme tekniği ile ortaya konan süreç modelinin işlevsel bir model olduğunu, süreç faaliyetlerinin ne zaman ele alınması gerektiğini gösteren davranışsal perspektif açısından IDEF0 modelinin faaliyet sırasını ortaya koymasından dolayı yeterli olduğunu ancak bilgiye dayalı, organizasyonel ve

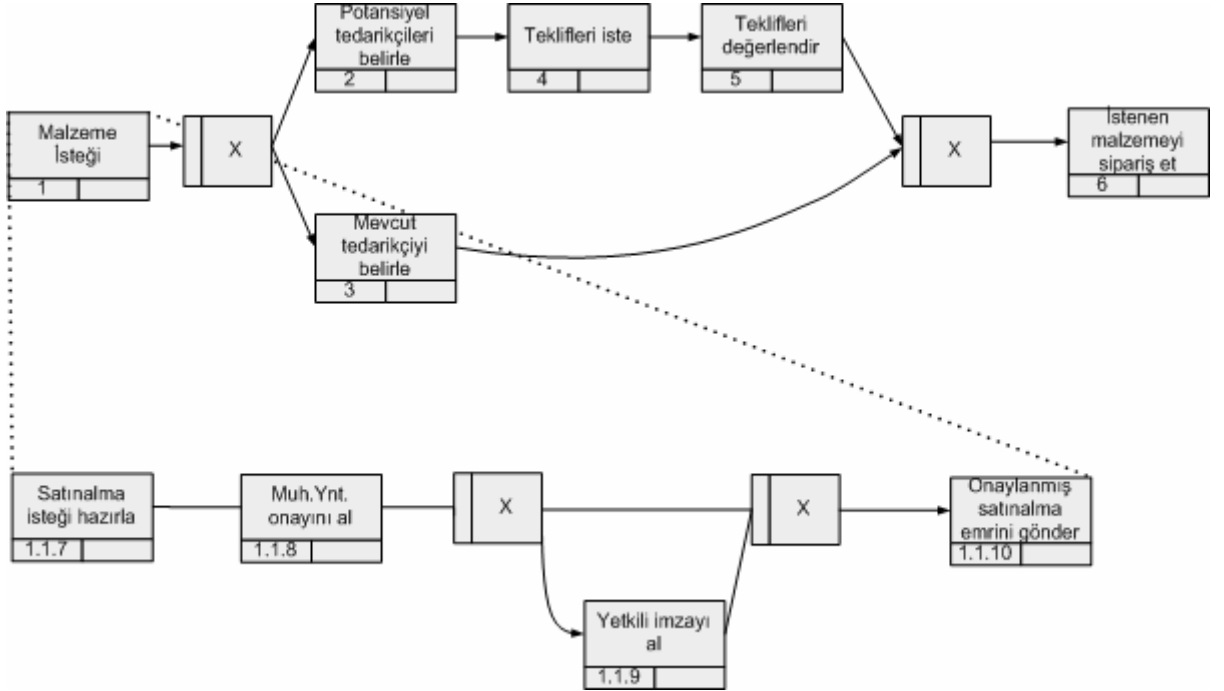
modelleme prosedürü perspektifleri açısından modeli desteklemediğini savunmaktadır. Aynı yaklaşımda IDEF0 modelinin kontrol açısından da yetersiz olduğu savunulmakla beraber, daha önce de bahsedildiği gibi model, çıktıdan girdiye doğru ters yönde ele alındığında daha çok kontrol yeteneğinin kavuşturulduğu düşünülmektedir.

IDEF3 Süreç Tanımları Yakalama (Process Description Capture) yöntemi bir sürecin davranışsal yönünü yakalamak için kullanılır. Organizasyonlarda olayların nasıl geliştiğinin anlaşılmasında farklı açılardan bakılabildiğini sağlamaktadır. IDEF0'dan farklı olarak IDEF3 süreci açıkça tanımlamak amacıyla geliştirilmiştir. IDEF0 neyin yapıldığını gösterirken, IDEF3 işlerin nasıl yapıldığını açıklamaktadır. Süreç faaliyetleri arasında öncelik ve nedensellik ilişkisi gösterilir ve böylece tanımlar yakalanır. IDEF3, 2 temel parçadan meydana gelmektedir. Bunlardan ilki süreç akış tanımı (PFD: Process Flow Description), diğeri ise nesne durum geçiş tanımlarıdır (OSTN: Object State Transition Definition). PFD, olayların, organizasyonda nasıl çalıştığını gösterir. Bu özelliği ile IDEF0'ın yaptığı işi yapan bir eleman durumuna gelir. OSTN ise belirli bir süreçte nesnelerin durumlarındaki geçiş imkanları özetlenir. Bu sebeple hem basit hem de karmaşık süreçlerde faaliyetler arasındaki ayırtırma kabiliyetinden dolayı uygundur. Bir IDEF3 grafiksel yöntemin en küçük sözdizimsel birimi davranış birimi olup UOB (Unit of Behavior) olarak kısaltılır. Her bir UOB'e ait belirli bir bakış açısı bulunmaktadır. Bir UOB, etiket, referans numarası, nesne, kısıtlar ve tanımlamalar içerebilir. UOB'ler birbirlerine AND, OR veya XOR gibi birleşme noktaları ile bağlanır. IDEF3 modelleme tekniği, bir iş süreci modelleme tekniği olarak uygulamalarda önemli bir yer edinmiştir.

IDEF3'e ait iki tip şematik yaklaşım, iki süreç bilgi edinme stratejisini paralel kılmaktadır (Mayer vd., 1995). IDEF3 Süreç Şeması, belirli bir senaryonun süreç merkezli halini gösterir. Nesne şemaları ise nesne merkezli bilginin grafiksel gösterimini sunmaktadır. IDEF3 Süreç Şemaları, öncelikle süreç merkezli bilginin yakalanması, yönetilmesi ve gösterilmesi anlamına gelmektedir. Bu şemalar, alan uzmanları ve analizcilere farklı uygulama alanlarında grafiksel bir ortam sağlamaktadır. Sürece dayalı bir tanım, IDEF3 şematik dilinde yer alan inşa bloklarının kullanılmasıyla ortaya konmaktadır. IDEF3 süreç şemasına örnek olarak Mayer vd. (1995) tarafından hazırlanan satın alma emri adlı örneği verilecektir. Süreç sahibinden söz konusu süreci tarif edilmesi istendiğinde aşağıdaki bilgiler verilmiştir:

“İlk yapılan şey Satın alma İstek formu kullanılarak malzemeye istek yapmaktır. Daha sonra satın alma bölümü ya istek yapılan malzeme için mevcut tedarikçimizi belirler veya potansiyel tedarikçileri tespit eder. İstek yapılan malzeme ile ilgili herhangi bir tedarikçi yok ise potansiyel tedarikçilerden teklifler alınır, bu teklifler en iyi teklifin tespit edilmesi için

değerlendirilir. Bir tedarikçi seçildiğinde, söz konusu malzeme için satın alma isteği yapılır. Bu malzeme tedarik isteği için öncelikle bir Satın alma isteği hazırlanmalıdır. Daha sonra istek yapan personel, Muhasebe Müdüründen onay almalı veya bu satın alma isteğini yedeklemelidir. Muhasebe Müdürüne onaylanması için gönderilen satın alma isteklerinde mutlak surette Hesap Numarası bulunmalıdır ki bu hesap numarası söz konusu satın alma isteğine bara aktaracaktır. Muhasebe Yöneticileri, proje hesaplarından sorumlu kişilerdir. Muhasebe Yöneticisi satın alma işlemini onayladıktan sonra yetkili bir imza şarttır. Potansiyel karışıklıktan sakınmak için istek yapan ile onay veren kişiler birbirinden ayrılmıştır. Direkt Proje tarafından içerilen satın alma istekleri yetkili bir imza gerektirirken endirekt projeler buna ihtiyaç duymaz. Bütün gerekli imzalar alındığında, istek yapan kişi, bu satın alma isteğini, satın alma bölümüne gönderir. Satın alma bölümü ise bu malzemeyi ister. Satın alma isteği bundan sonra satın alma emri olarak izlemeye alınır. Bu durumu gösteren IDEF3 nesne merkezli şeması Şekil 3.5’de verilmiştir.

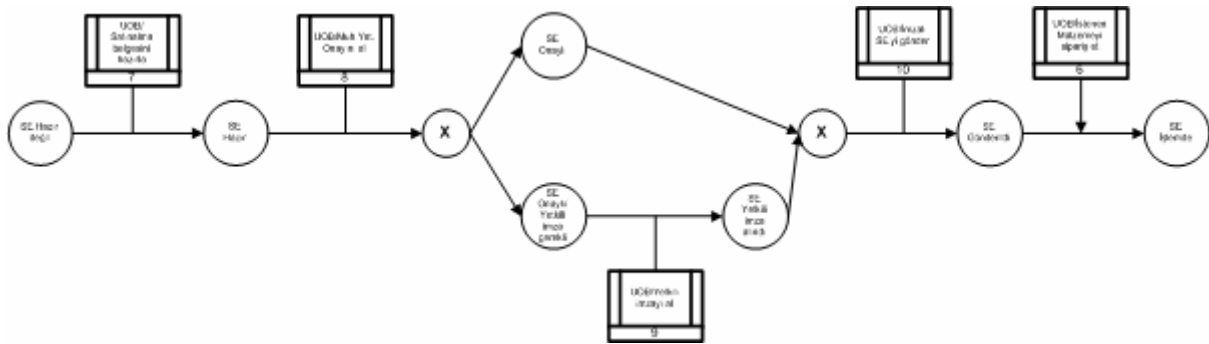


Şekil 3.5 Malzeme Siparişi Sürecinin IDEF3 süreç merkezli şeması (Mayer vd., 1995)

IDEF3'ün bir diğer şematik gösterimi olan IDEF3 nesne şemasıdır. Bu şemada, bir sürecin nesne merkezli tanımlarının yakalanması, yönetilmesi ve gösterilmesi sağlanmaktadır. Bunlar yapılırken nesnelerin bir tipten diğerine süreç boyunca değişimleriyle ilgili bilgiler toplanmakta, nesnelerdeki bu dönüşümlerle durumların nasıl değiştiği gözlenmekte ve nesneler arasındaki ilişkiler ortaya konulmaktadır.

IDEF3 modelleme tekniğinde bir nesne, fiziksel veya fikirselsel olabilir ki bu nesnelerin varlığından faaliyet sahasındaki süreç katılımcı haberdardır. Ayrıca bu nesneler saha

içerisinde neler olup bittiğinin de tanımını yapmaktadır. IDEF3 süreç tanımlarında bu nesnelerin doğru olarak belirlenmesi çok önemlidir.



Şekil 3.6 IDEF3 Nesne Şeması örneği (Geçiş Şeması)

IDEF3 nesne şemaları tek bir senaryo bağlamında geliştirilebilir. Böylece senaryonun oluşumu boyunca nesneler aracılığıyla bir yerden diğer bir yere doğru ifade geçişleri sağlanır. Bu durumu yansıtan şema Şekil 3.6’da verilmiştir.

Görüldüğü gibi ister süreç şemasında isterse nesne şemalarında olsun, faaliyetlerin öncelik ilişkileri ve bu ilişkilerin nesnel ve işlevsel özellikleri haricinde faaliyetlerin zamanları ile nesnelerin değişim süreçleri hakkında bilgiler gösterilmemektedir. IDEF3 yöntemi bu eksikliğini faaliyet işaret şeması ile gidermeye çalışmaktadır. GANTT diyagramlarına benzeyen bu şemalar faaliyetlerin öncelik ilişkileri ile zaman aralıklarını göstermek için kullanılır.

3.4.2 Nesneye Dayalı Yöntemler

Nesneye dayalı yöntemler (OO Yöntemleri), adından da anlaşılacağı gibi modelleme yaparken nesneleri kullanır. Nesnelerin iş süreçlerinde davranışları ve durumlarından bahsedilir. Davranış görevlerin veya faaliyetlerin yapılması, durum ise bu davranışlar sonucunda neyin değiştiğini ifade etmektedir. Bu durumu bir araba örneği ile açıklamak yerinde olacaktır. Arabayı bir nesne olarak düşünersek bu durumda arabanın bir durumu olacaktır. Bu durum, arabanın çalışır vaziyette olup olmaması şeklinde düşünülebilir. Arabanın çalıştırılması durumunda ki bu durum arabanın bir davranışı olarak algılanabilir, çalışmayan araba durumunu, çalışan araba durumu olarak değiştirmektedir.

Nesneye dayalı modellemede karmaşıklığın üstesinden gelmek için özetlemeden (abstraction) yararlanılır. Bu kavramı yine bir araba örneği ile pekiştirmek yerinde olacaktır. Eğer bir kişiye araba öğretmek istenirse bu kişiye direksiyondan ve arabanın ilk nasıl çalıştığından bahsetmek yeterli olabilir. Bu kişiye arabada kullanılan motorun teknik özelliklerinden, silindir piston mekanizmasından veya kavramalardan bahsetmek bu kişinin aklının karışmasından başka bir

işe yaramaz. Problemler çoğunlukla çeşitli özet seviyelerine sahiptir. Bir araba kullanıcısı arabayı yüksek özet seviyesinde görürken bir araba tamircisi aynı arabayı daha düşük özet seviyesinde algılamaktadır. Araba bakımı ile ilgilenen kişilerin de farklı özet seviyelerine sahip olduğu rahatlıkla anlaşılır. Bozuk bir akü yerine yenisini takmak ile, bozuk aküyü onarmak arasında farklı özet seviyelerinden bahsedilebilir. Aynı fark bir oto elektrikçisi ile oto kaportacısı arasında da görülebilir.

Nesneye dayalı modelleme çalışmalarının tarihçesine bakıldığında bu yöntemin ilk olarak 1967 yılında Dahl ve Nygaard tarafından Simula adlı simülasyon programında kullanıldığı görülmektedir. Özellikle farklı birçok nesne tipini barındıran iş çevrelerinde iş süreçlerinin modellenmesinde ve programlanmasında kullanılmaktadır. Yöntem süreci bir nesne grubu olarak algılamaktadır. Nesneler faaliyetler yardımıyla süreç boyunca değişikliğe uğratılır. Yöntemin ana elemanı olan nesne, hem veri yapısını hem de davranışları bir tek varlık içinde barındırır.

Yöntem üç ana kavram üzerine inşa edilir. Nesne, gerçek dünya varlığını temsil eder. Nesne çeşitli özellikler ve değerler ile ifade edilen bir duruma sahiptir. Durum, davranışlarla değişir ve etkilenir. Benzer nesneler bir araya gelerek sınıfları oluşturur. Mesajlar ise bu mesajı alan nesneleri harekete geçirerek, ilgili faaliyetlerin ve operasyonların başlamasına sebep olur. Dolayısıyla bir nesne mesaj aldığı anda durumlar, davranışlar ile değişikliğe uğratılır.

OO (Object Oriented) modelleme yönteminin diğer yöntemlerin yerine kullanılmasında Coad ve Yourdon (1991) tarafından yedi temel sebep ortaya konulmuştur;

- OO modelleme yöntemi ile daha geniş problem sahaları ele alınabilmektedir.
- Analizci ile problem sahası uzmanı ile daha fazla interaktif bir ilişki kurulabilmektedir.
- Analiz, tasarım ve programlama arasında içsel anlamda bir tutarlılık artışı meydana gelir.
- Sınıflar ve nesneler arasındaki bağlantının açıkça gösterilmesi sağlanır.
- Değişim için gerekli esnek yapıyı inşa eder.
- Analiz ve tasarım sonuçları tekrarlı bir şekilde kullanılabilir.
- Analiz, tasarım ve programlama için tutarlı bir gösterim sağlar.

OO modelleme yönteminin temel avantajlarından biri nesnelerin tanımlanması ve düzeltilmesini sağlayan sürecin etkinliğini ön plana çıkarmasıdır (Aguilar, 2004).

Nesneye dayalı modelleme, süreç modellemede kullanılan ana tekniklerden biridir. Özellikle modellerin bir firmada ihtiyaç duyulan bilgisayar yazılımının hazırlanması gibi kalıcı olması istendiğinde tercih edilen bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Nesneye dayalı modelleme tekniğine dayanan bir çok yöntem geliştirilmiş olmakla beraber bu tekniği baz alarak hazırlanmış başlıca yöntemler Booch'un (1999) Nesneye Dayalı Tasarımı, Coad ve Yourdon'un (1991,1995) Nesneye Dayalı Analiz ve Tasarımı, Rumbaugh'un (1991) Nesne Modelleme Tekniği Shlaer-Mellor Tekniği (Nesneye Dayalı Sistem Tasarımı olarak da anılmaktadır) olarak bilinmektedir (Aguilar, 2004).

Burada sayılan ve sayılmayan bir çok yöntem arasındaki en önemli fark kullanılan gösterimle ilgilidir. Ancak bu yöntemlerde gösterim sistemi olarak en çok kullanılan Birleştirilmiş Modelleme Dili (UML)'dir.

3.4.3 Rol Faaliyet Diyagramları

Rol faaliyet diyagramları sürecin dinamik yapısını ön plana çıkarmaktadır. Bir organizasyonda süreçlerin çalışanların bakış açısına uygun olarak görülmesini sağlar (Bal, 1998). Kişilerin rolleri, rollerin sorumlulukları ve aralarındaki ilişkileri ön plana çıkaran bir yapı üzerine inşa edilirler (Aguilar, 2004).

RAD süreçlere farklı bir bakış açısı kazandırır ve özellikle iletişim mantığının çözümlenmesinde önemli faydalar sağlamaktadır. RAD'lar süreç içerisinde rol alan özneler özel süreç yapısı sağladıklarından sorumlulukların anlaşılması kolaylaşır. Yetkilendirme derecesinin tanımlanması ve sürecin bu yetkilendirmeler ile yapılan iş arasındaki etkileşimi gösterebilmesi açısından önemli ipuçları verir.

Gölge kutular rolleri belirtir. Oklar dış olayları gösterir. Faaliyetler siyah kutularla ifade edilmiştir. Bu siyah kutular daha başka bir RAD şeklinde ifade edilebilir. İki rol arasındaki etkileşim birbirine bağlı iki beyaz kutu ile gösterilmiştir. Sürece dinamik bir yapı kazandırabilmek amacıyla, bu sürecin o anda bulunduğu durum karo biçiminde olan jetonlar ile gösterilir. RAD ile modellenmiş örnek bir süreç Şekil 3.7'de sunulmuştur.

Yöntemin en büyük dezavantajı etkilenen malzeme, makine gibi iş süreçlerinde baş rol oynayan nesnelere yer verilmemesi ve bunun sonucunda ortaya çıkan kullanım ve ihtiyaç bilgilerine ulaşılamamasıdır. Kullanılan şemalar sürecin ayrıştırılmış hali yerine faaliyetlerin yapılaş sırasına göre hazırlandıklarından bu şemalar kullanılarak sürecin takip edilmesi zordur.

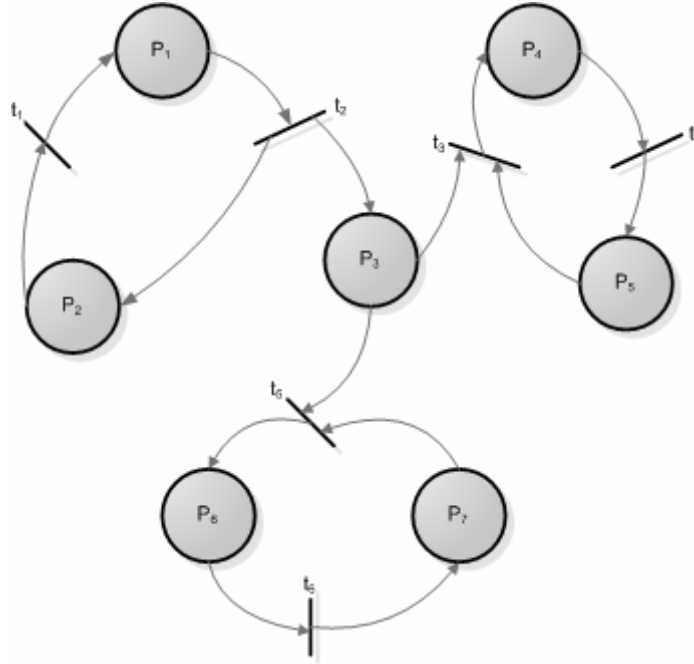
3.4.5 Petri Net'ler

Bu tezde incelemeye alınacak temel modelleme yaklaşımlarından biri Petri Net'lerdir. Zisman (1977) tarafından ilk kez iş akışlarının modellenmesinde kullanılan Petri Net'ler daha sonra çeşitli araştırmacılar tarafından da iş akışlarının modellenmesinde denenmiştir. Burada temel modelleme tekniği olarak Petri netlerin seçilmesi, bu yaklaşımın görev merkezli olmasıyla yakından ilişkilidir. Daha önce de değinildiği gibi Davenport (1990), Hammer ve Champy (1993) iş süreçlerinin tanımında görev kavramı ön plana çıkmaktadır. Petri netler iş süreçlerinin yapısal özellikleri ile dinamik durumlar arasında açık bir fark oluşturmaktadır. Aslında Petri netler temel formda iken iş akışlarının bütün özelliklerini modellemede yetersiz kalabilirler ancak daha sonraki dönemlerde geliştirilen yüksek seviyeli Petri netler ve renkli Petri netler bu sorunun üstesinden gelmiştir. Özellikle iş akışının performans analizlerinde Petri netlerin uzantısı konumunda olan zamanlandırılmış Petri netler çok önemli bir rol oynayacaktır. Bu uzantılara değinmeden önce Petri netler hakkında genel bir tanımlama yapmak yerinde olacaktır.

Petri net, bilgi akışının özet ve resmi modeli olarak tanımlanabilir. Petri net'in özellikleri, kavramları ve teknikleri büyük oranda geliştirilmiş olmakla birlikte bilgi akışının ve sistem içi kontrollerin tanımlanmasında ve analizinde kullanılan yöntemlerin daha da geliştirilmesi faaliyetleri devam etmektedir. Petri net'lerin en çok kullanıldığı yerler olayların aynı zamanda olma olasılığı olan sistemlerdir. Şekil 3.9' bir Petri Net örneği verilmiştir. Bu örnekte kullanılan Petri net'in grafik gösterimi yaygın olarak kullanılmaktadır. Petri net grafik modelleri sistemin statik özelliklerini gösterdiği gibi uygulamalara ilişkin dinamik özellikleri de göstermektedir. Grafiklerde iki tip düğüm bulunmaktadır; daireler (yerler) ve barlar (geçişler). Bu düğümler yönlü oklarla birbirlerine bağlanmışlardır. Bağlantılar yerlerden geçişlere veya geçişlerden yerlere olabilir. Eğer ok düğüm i'den düğüm j'ye gidiyor ise i, j'nin girdisi, j, i'nin çıktısıdır. Şekil 3.9'da verilen örnekte p_1 , t_2 'nin girdisi, p_2 ve p_3 de t_2 'nin çıktısıdır. Petri net'lerin dinamik özellikleri ise adına jeton denilen işaretçilerin pozisyon ve hareketleri ile jetonlar ise grafiklerde yer düğümleri içerisinde siyah noktalar ile ifade edilmektedir. Jeton gösterimi ilave edilmiş Petri net'lere işaretli Petri net'ler denilmektedir. Jetonların kullanımı ile ilgili kurallar şu şekilde sıralanmıştır:

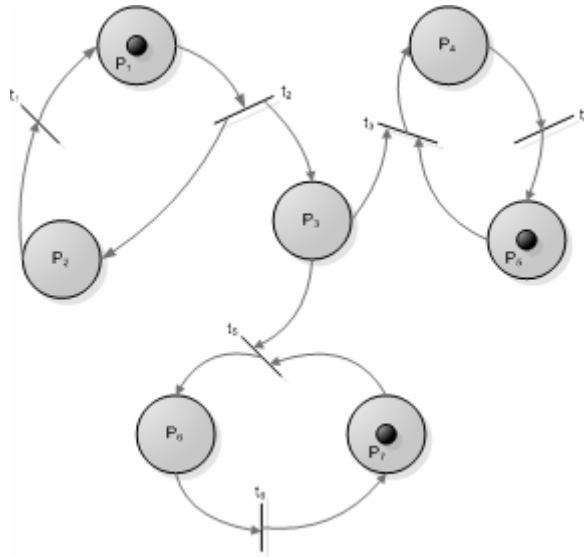
- Jetonlar geçiş düğümlerinin ateşlemesiyle harekete geçerler.
- Bir geçiş düğümünün ateşlenmesi için bu geçiş düğümünün sağlanması gerekmektedir. Bir geçiş düğümü, girdisi olan bütün yer düğümleri bir jetona sahip ise sağlanmış olmaktadır.

- Bir geçiş düğümü ateşlendiğinde girdilerindeki jetonlar bu geçiş düğümünün ıktıları olan yer düğümlerine geçiş yapar.



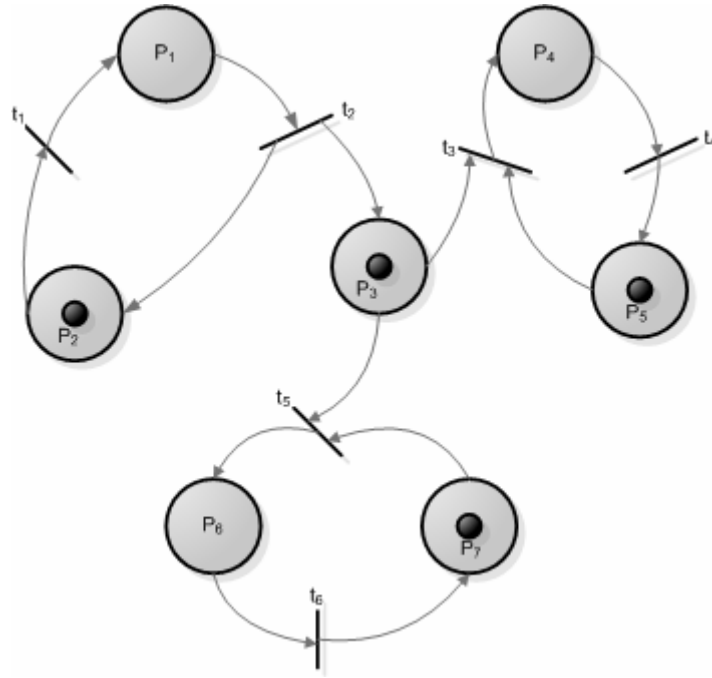
Şekil 3.9 Bir Petri Net örneğİ (Peterson, 1977)

Şekil 3.10'de verilen işaretli Petri nette t_2 , p_1 'de bir jeton bulunmasından dolayı sağlanmıştır. t_5 ise bütün girdileri (p_3 ve p_7) henüz bir jeton bulundurmadığından dolayı sağlanamamıştır.



Şekil 3.10 Bir işaretli Petri net (Peterson, 1977)

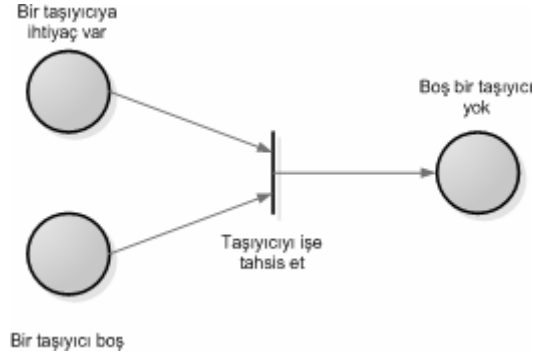
Eğer t_2 ateşlenirse Şekil 3.11'deki durum oluşmaktadır. t_2 ateşlendiğinde girdi düğümündeki jeton silinerek t_2 'nin çıktı düğümlerine yerleşir. Burada ıktı düğümleri p_2 ve p_3 olduğundan jetonlar bu iki düğüme yerleşmişlerdir.



Şekil 3.11 t_2 düğümünün ateşlenmesiyle oluşan durum (Peterson, 1977)

Jetonların dağılımı şebekenin durumunu göstermektedir. Geçiş düğümlerinin ateşlenmesi jetonların yerlerini ve dolayısıyla şebekenin durumunu değiştirecektir. Şekil 3.11’de gösterildiği gibi t_2 ’nin ateşlenmesiyle t_1 , t_3 ve t_5 geçiş düğümleri sağlanmış olmaktadır. Bu geçiş düğümlerin Şekil 3.10’de sağlanmamış olan düğümler olduğuna dikkat etmek gerekir. Bu durum bize bir sonraki adımda hangi geçiş düğümünün ateşlenmesi gerektiğini belirlememizi sağlamaktadır.

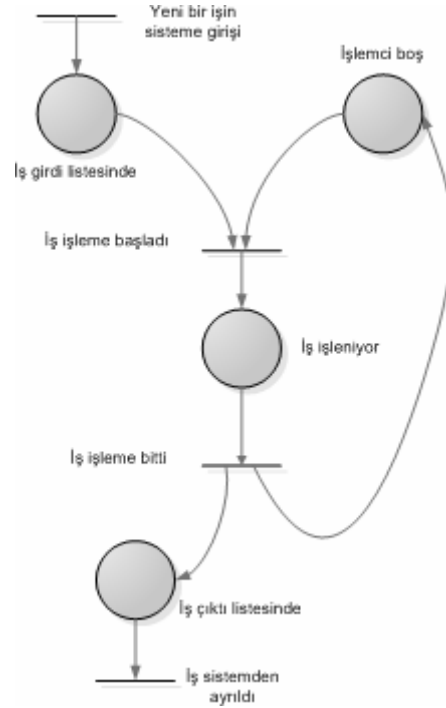
Petri net’ler bir sistemi ve bu sistemin olaylar ve durumlar açısından ele alınan özelliklerini ve bunlar arasındaki ilişkileri modelleme yeteneğine sahiptir. Aynı zamanda Petri net’ler özellikle kesikli-olay özelliğine sahip paralel ve eş zamanlı olayları modellemek için tasarlanmıştır (Peterson, 1977). Bu sebeple bir Petri net modelinde herhangi bir zamanda geçerli sistem durumu gösterilebilir. Olayların her bir oluşunda sistemin durumunda değişiklik olabilmektedir. Bu durumda daha önce saklanan sistem durumu bırakılarak yeni bir sistem durumu tutulmuş olmaktadır. Bu durumu basit bir örnek ile açıklamak yerinde olacaktır. Bu örnekte bir taşıyıcıya duyulan ihtiyaç durumu ile bu taşıyıcının müsait olduğu durum eş zamanlı olarak ele alınacaktır. Bu iki durumun eş zamanlı olarak oluşması taşıyıcının bir işe tahsis etmesini sağlayabilecektir. Dolayısıyla bu iki durumun oluşması sonucunda taşıyıcının bir işe tahsis edilmesi beraberinde hiçbir taşıyıcının müsait olmaması anlamına gelmektedir. Bu durumlar ve aralarındaki ilişkiler Şekil 3.12’de verilmiştir. Dikkat edilecek olursa bu örnekteki durumun tutulması yanında aynı zamanda taşıyıcının da bir işe tahsis edilme durumu da modelde tutulmaktadır.



Şekil 3.12 Üç durum ve bir olay ile ilgili örnek model

Aynı yaklaşımla daha karmaşık sistemlerin modellenmesi de mümkün olmaktadır. Aşağıdaki örnek Peterson (1977) tarafından hazırlanmış olup bir bilgisayar sistemini modellemektedir.

- Bir iş gelir ve girdi listesine konur. İşlemci boş kaldığında ve girdi listesinde bir iş olduğunda, işlemci işi işlemeye başlar.
- İş bittiğinde çıktı listesine konur ve girdi listesinde başka bir iş var ise işlemci bu işlerle çalışmaya devam eder, aksi takdirde işlemci gelecek bir iş bekler.



Şekil 3.13 Örnek durumun Petri Net gösterimi

Burada, işlemci, girdi listesi, çıktı listesi ve işlerden meydana gelen basit bir sistem tanımlanmaktadır. Bu elemanlara ilişkin olarak çeşitli durumlar tanımlanabilir; işlemci boşta, iş girdi listesinde, iş işlenmekte, iş çıktı listesinde. Ayrıca olaylar da tanımlanabilmektedir; yeni bir iş sisteme girer, iş işleme başlatılır, iş işleme tamamlanır, iş sistemi terk eder.

Yukarıdaki örnek Petri Net ve modellediği sistem için birkaç önemli noktayı vurgulaması açısından önem arz etmektedir. Sistemde iki ana tipte bağımsız varlık vardır ki bunlar iş ve işlemcidir. Bir Petri net modelinde birbirleri ile ilişkili olan olaylar bağımsız olarak oluşabilir. Dolayısıyla işlerin ve işlemcinin faaliyetlerini eş zamanlamaya gerek duyulmaz. Böylece bir iş işlemcin durumuna bağlı olmadan sisteme girer veya sistemden çıkar. Yine de eş zamanlamaya ihtiyaç duyulduğunda örneğin iş işleme faaliyetinin başlaması için bir iş ve boş bir işlemci gerekmiş olsa da bu durum kolaylıkla modellenebilir. Bu özelliğinden dolayı Petri net'ler çoklu süreçler ile dağıtılmış kontrol sistemlerinin modellenmesinde uygun görülmektedir.

Petri net'lerin diğer önemli bir özelliği ise eş zamanlı olmayan olayların modellenmesinde ortaya çıkmaktadır. Petri net'lerde yönteme özgü bir zaman ölçüsü veya zaman akışı yoktur. Mantıksal bakış açısından zamanın öneminin vurgulandığı yer olayların oluş sıralarının tanımlandığı yerdir. Gerçek hayatta olaylar çeşitli zamanlarda olmaktadır. Petri net modelleri olayların sırasını kontrol etmede bu çeşitliliği zaman fikrine bağlı olmadan yansıtır. Bu sebeple, Petri net yapısı modellediği sisteme ilişkin gerekli olan bütün verileri olayların mümkün olan bütün sıralamasını tanımlamak için bulundurmak zorundadır. Şekil 3.13'de bu sebeple, iş işleme tamamlandı olayı, iş işleme başladı olayını takip etmelidir. Çünkü bir işin işlenmesine ilişkin herhangi bir zaman verilmemiş veya göz önüne alınmamıştır. Diğer taraftan bir işin işlenmesi sırasında öncesinde veya sonrasında herhangi bir anda yeni bir iş sisteme giriş yapabilir (Peterson, 1977).

Petri net modelleri simülasyonla kolaylıkla analiz edilebilme özelliğine sahiptir. Bu sebepten dolayı uygulamada geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Buna rağmen Petri net kullanımında ve uygulanmasında çok ciddi iki sakınca ortaya çıkmıştır. Öncelikle, kabul edilmiş bir veri fikri bulunmamaktadır. Bunun sonucunda da modeller bazen gereğinden çok fazla geniş olabilmektedir. İlk bakışta zamana bağlı olmayan bir şebeke yapısı eş zamanlı olmayan olayların gösteriminde kolaylık sağlıyormuş gibi görünse de eş zamanlı olan veya olmayan olayların oluş sıralarının gösterilmeye çalışılması yanında verilerin işletilmesi bu verilerin şebeke yapısında gösterilmesini zorunlu kılmıştır. İkinci olarak, hiyerarşik bir fikrin olmaması sonucunda birbirinden ayrı alt modellerin bir bütün modeli oluşturması mümkün değildir (Aguilar, 2004). Ancak Renkli Petri net'lerin kullanılmasıyla bu çok önemli iki sorun ortadan kaldırılmıştır.

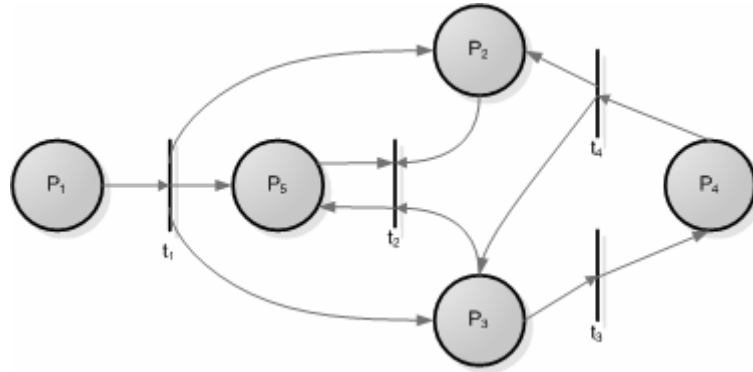
Yukarıda bahsedilen özelliklerin haricinde Petri net'ler formal bir matematiksel gösterime de sahiptir. Aynı anda oluşan sistemlerin modellenmesinde Petri net'lerin kullanımı özel bir dikkat gerektirmektedir. Özellikle şebeke yapısının çok iyi bir derecede anlaşılması çok

önemlidir. Petri net'ler iki temel bileşene sahiptir ki bunlar yerler seti;P ve geçişler seti;T. Tanımların tamamlanabilmesi için bu iki bileşen arasındaki ilişkilerin de tanımlanması gerekmektedir. Bu tanımlama geçişleri yerlere bağlayan iki tip işlevin tanımlanmasıyla yapılabilir. Bu işlevler, I; girdi işlevi ve O; çıktı işlevidir. Girdi işlevi I, her bir t_j geçişi için girdi yerlerinin $I(t_j)$ için bir setini tanımlamaktadır. Çıktı işlevi O ise, her bir t_j geçişi için çıktı yerlerinin $O(t_j)$ için bir setini tanımlamaktadır.

Bu dört eleman bir Petri net'in yapısını tanımlamaktadır. Formal olarak bir Petri net C şu şekilde tanımlanır: $C = (P, T, I, O)$. Aşağıdaki örnekte dört elemanlı olarak tanımlanmış bir Petri net yapısı verilmiştir. Her bir yapının bileşenleri şu şekilde olmaktadır:

$$\begin{aligned}
 C &= (P, T, I, O) \\
 P &= \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\} \\
 T &= \{t_1, t_2, t_3, t_4\} \\
 I(t_1) &= \{p_1\} & O(t_1) &= \{p_2, p_3, p_5\} \\
 I(t_2) &= \{p_2, p_3, p_5\} & O(t_2) &= \{p_5\} \\
 I(t_3) &= \{p_3\} & O(t_3) &= \{p_4\} \\
 I(t_4) &= \{p_4\} & O(t_4) &= \{p_2, p_3\}
 \end{aligned}$$

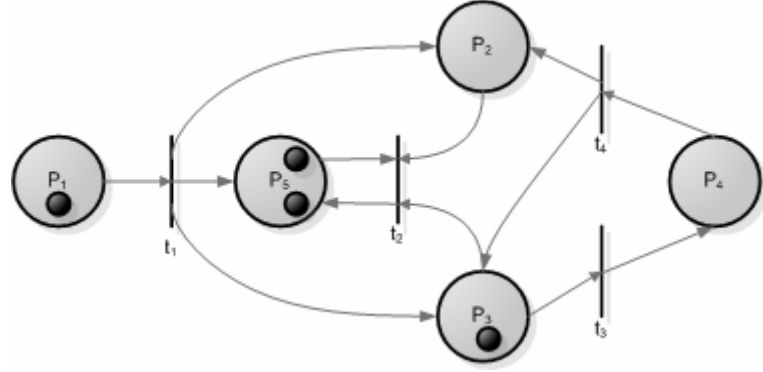
Yukarıda verilen ve yapısı matematiksel gösterim ile gösterilmiş olan Petri net örneğinin grafiksel gösterimi ise Şekil 3.14'de verilmiştir.



Şekil 3.14 Bir Petri net grafiği

μ , Petri net'lerde şebeke içindeki jetonları göstermek amacıyla kullanılır. Bilindiği gibi jetonlar, yerler içinde kullanılmaktadır. Şebekenin uygulanması boyunca jetonların sayısında ve pozisyonlarında değişiklikler olmaktadır. μ vektörü $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$ ile her bir yerdeki jeton sayısı belirlenir. $i = 1, 2, \dots, n$. olmak üzere p_i yerindeki jeton sayısı μ_i ile ifade edilir. Burada işaretleme işlevi $N = \{0, 1, 2, \dots\}$ doğal sayılar kümesi olmak üzere $\mu: P \rightarrow N$ şeklinde gösterilir ki bu bize $\mu(p_i)$ işlevinin kullanılmasını sağlar. μ işaretçisi için $\mu(p_i) = \mu_i$ olur. Bir

Petri net şebekesi üzerinde jetonların siyah küçük daireler şeklinde gösterildiğini daha önceden belirtmiştik.. Şekil 3.15’de bir Petri net şebekesi üzerinde jetonların kullanımı gösterilmiştir.



Şekil 3.15 İşaretli Petri net örneği

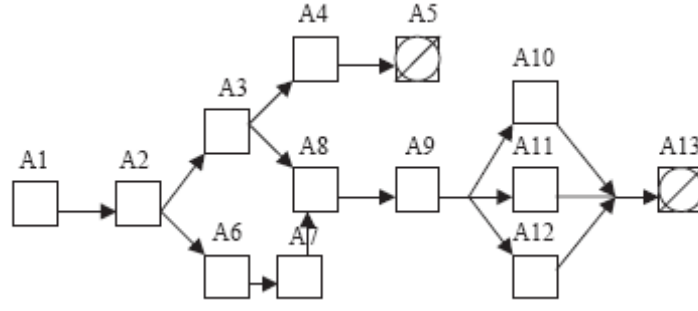
Burada işaretçi işlevi $\mu=(1,0,1,0,2)$ şeklinde ifade edilir ki bu işlev p_1, p_2, p_3, p_4 ve p_5 için sırasıyla 1,0,1,0 ve 2 jetonun olduğunu gösterir. Bu özellik sonrasında $C=(P,T,I,O)$ olan Petri net artık işaretli bir Petri net olarak $C=(P,T,I,O,\mu)$ şekline dönüşür.

Görüldüğü gibi, Petri net şebekeleri süreçlerin dinamik doğasını ön plana çıkarmaktadır. Ancak jetonlar sayesinde kazanılan bu özellik, her bir durum için yeni bir Petri net çizilmesini gerektirmekte bu da modelleyici perspektifinden bakıldığında zaman kaybına neden olmaktadır. Kullanıcı açısından bakıldığında modellerin çok hacimce büyük olduğu görülmektedir (Aguilar, 2004).

3.4.6 İş akışı (workflow) Modelleme Tekniği

İş akışı genel anlamda iş süreçlerinin özel bir halidir. İş akışı ve iş süreçleri çoğunlukla birbirleri yerine kullanılan terimler şeklindeki yaklaşımlar yanında iş akışlarının yönetsel bilgi ve hizmet akışları olduğu yönünde de açıklamalar bulunmaktadır. Ayrıca iş akışlarının iş süreçlerinin kontrol boyutunu oluşturduğu da ileri sürülmektedir (Dellarocas ve Klein, 2000).

Ancak Deiters tarafından iş akışları, İş akışı Yönetim Sistemi adı verilen sistem tarafından desteklenen bütün iş süreçleri olarak algılanmış ve bu görüş büyük ölçüde kabul görmüştür. Dolayısıyla iş akışlarının özelliklerini vermeden önce nasıl bir sistem tarafından desteklendiğinin anlaşılması amacıyla İş akışı Yönetim Sisteminden (WfMS; Workflow Management System) bahsedilmesinin yerinde olacağı düşünülmektedir.



Şekil 3.16 Bir iş akışı örneği (Aguilar, 2004)

Süreç tanımını yorumlayan ve kullanıma hazırlayan bir yorum getiren, iş akışı katılımcılarıyla etkileşimde olan, bilgi teknolojisi araç ve uygulamalarını kullanan bir veya birden fazla iş akışı makinesi üzerinde çalışan ve bir yazılım kullanarak iş akışlarının tanımlanması, yaratılması ve yönetilmesi için oluşturulmuş bir sistemdir (Aalst, Hofstede ve Weske, 2003).

Şunu da ifade etmek gerekir ki iş akışı yönetim sistemi aslında iş süreçlerinin yönetimi faaliyetinin belirli bir kısmını oluşturur. Son yıllarda özellikle ofis lojistiği denem ve yönetim birimleri arasında bilgi akışının yönetilmesi görevini üstlenen bir kavram meydana gelmiştir. Temelde hemen her türlü iş sürecine uygulanabilen iş akışı yönetim sistemi, firma uygulamalarına bakıldığında yönetsel bilgi akışını düzenlemektedir. Örnek bir iş akışı modeli Şekil 3.16'da gösterilmiştir.

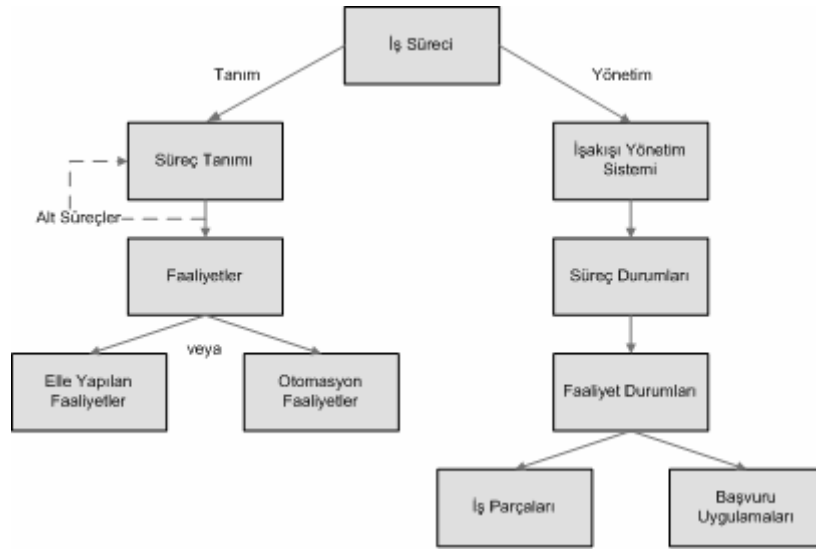
Bir iş akışı yönetim sistemi, üç ana parçadan meydana gelir;

- İş akış süreçlerini tanımlamaktan ve modellemekten sorumlu inşa evresi işlevleri,
- İşlevsel bir ortamda, iş akışlarını uygulamadan, izlemeden ve yönetmekten sorumlu bir çalıştırma evresi işlevleri,
- İş akışının insan katılımcıları ile uygulama mekanizmaları arasında etkileşimi sağlayan çalışma evresi etkileşimleri.

Genel olarak İaYS, doğru işlerin, doğru kaynaklara zamanında aktarılmasını sağlayan bir sistemdir. Bir iş süreci uygulamasında her defasında gerekli işler tamamlandığında İaYS iş sürecinin nasıl devam edeceğini belirler. Burada doğru kaynak olarak bu iş sürecine ait işin yapılabileceği kaynaklar ifade edilmek istenmektedir. İaYS, bu faaliyeti adına iş akışı tanımı denilen ve aslında iş süresinin modeli olan yapıya uygun olarak yerine getirir. Bu tanımda iş süreci içerisindeki en az bağımlılıkları kadar iyi tanımlanmış farklı görevler bulunmaktadır.

Genel olarak iş akışı, belirli bir yöntemler setine uygun olarak, bir katılımcıdan diğerine doküman, bilgi veya görevlerin aktarılması boyunca bu sürecin tamamına veya bir kısmına ilişkin iş süreci otomasyonu olarak tanımlanır (Fischer, 1995).

İş akışları, bilgisayar uygulamaları veya insanlar arasındaki görev akışlarıdır. İş grubunun belirli bir hedefe ulaşmaya çalışan iki veya daha fazla üyesi birbirine paralel veya seri olarak tasarlanmış görevlerde olduğu gibi bir iş akışını tanımlayabilir. Aslında iş akışı bir süreci modellemeye yarayan bir araçtan çok daha fazlasını ifade etmektedir. İş akışları bir süreci analiz etmek ve geliştirmek için kullanılan bir yöntemdir. Bir iş akışı geliştirme süreci, iş akış modellerini kullanarak süreçlere ait ilgili bilgileri yakalamaya çalışır. Bu süreç 4 ana aşamadan oluşmaktadır: Bilgi toplama, İş Süreci Modelleme, İş Akışı modelleme ve Uygulama (Kontrol ve Uygulama). Şekil 3.17 temel iş akışı fikri ve iş akışı terimlerini göstermektedir.



Şekil 3.17 İş akışı kavramı (Petkov vd., 2005)

İş akışlarının, iş süreçlerinin özel bir hali olduğunu daha önce açıklamıştık. Ancak iş akışlarını iş süreçlerinden ayıran kendine özgü bazı farklılıkları ve özellikleri bulunmaktadır. Bu özellikleri temel ve sıkça rastlanan özellikler olarak ayırmak ve incelemek mümkündür (Reijers, 2002).

İş akışlarının temel özelliklerinden birisi, durum tabanlı ve ısmarlama (make-to-order) olmalarıdır. Durum, bir iş sürecinde işlemlerin nesneleri olarak algılanabilir. Örneğin bir kayıt işlemi, kredi işlemleri, mal girişleri gibi işlemler durumlara örnek olarak verilebilir. Bir iş süreci eğer kesikli bir tek duruma bağlanabiliyor ise bu durumda bu iş sürecine durum tabanlı iş süreci denir. Burada durumun tekliği diğer durumlardan kesin bir şekilde ayrılabilmesi açısından önem arz etmektedir. Tekillik ve kesikli olma durumları bütün iş süreçlerine mal edilebilecek bir özellik değildir. Ödemesi vadeye bağlanmış bir çalışmanın haftalık getirilere olan payının ne kadar olacağı kesin olmayan bir duruma örnek olarak verilebilir. Açık

olmayan başlangıç ve bitiş durumları bir iş sürecindeki kesikli olma özelliğini ortadan kaldırır. İş akışlarını ısmarlama olma özelliği ise bir İş akışının başlayabilmesi için bir emir olması gerekliliğini vurgular. Bir iş akışı hiçbir zaman ilerisi için yani stoka çalışmaz. Bir emrin varlığı ortak özellik olmakla birlikte genel olarak bir iş sürecinin başlaması için tek yol değildir.

Diğer bir temel özellik ise iş akışlarının sona erdirilmesi ile ilgilidir. Çoğunlukla bir iş süreci ürün formunda bir çıktı ile sonuçlanmaktadır. Bu ürün mal olabildiği gibi bir hizmet de olabilir. Ancak bu sonuç her zaman tek olasılık değildir. Birçok iş akışı süreçlerinde bir ürün teslimatı olmadan da iş akışı sona erebilmektedir. Örneğin bir eğitim bursuna yapılan başvuru, bu bursun başvuran kişiye verilmesi ile sonuçlanmayabilir. Başvuran kişinin nitelikleri bu bursa uygun olamayacağı gibi başvuran kişi bu başvurusundan vazgeçebilir. Dolayısıyla bir iş akışı sonunda bir ürün ortaya çıkamayacağı gibi, tam olarak bir ürün de ortaya çıkabilir.

Buraya kadar iş akışları ile ilgili değinilen özelliklerin dışında kalan ve hemen her iş akışında bulunan bazı özellikler vardır ki bunlar sıkça rastlanan özelliklerdir. Örneğin iş akışlarının çoğunluğu yönetsel ve bilgiye dayalı işlemleri kapsar. Örneğin, hesaplama, iletme, karar alma bu gibi işlemlerdendir. Bu işlemler sonucunda iş akışları yönetsel ve bilgiye dayalı sonuçları yani ürünleri dağıtır. Sonuçta bilgiye dayalı özellik temel olmayıp, fiziksel işlemlere gerek duyan iş akışları da bulunmaktadır.

Bir diğer sıkça rastlanan özellik ise iş akışlarının kaynak olarak insanoğluna duyduğu ihtiyaçtır. Bu tam olarak otomasyona tabi imalat süreçleri ile zıtlık gösterir zira bu tür işlemlerde sürecin büyük bir bölümünde otomatik hale getirilmiş işlemler göze çarpar. İnsan faktörü karar alma ve yorumlama aşamalarında gerekse de bu özellik temel olmayan ancak ortak olan bir özelliktir. Birçok iş akışı süreçlerinde entegrasyon noktaları ve internet gibi yeni teknolojilerin varlığı sonucunda insanoğluna gerek duyulmadan işlemler otomasyona tabi tutulabilir.

Son olarak değinilecek diğer bir sıkça rastlanan özellik ise süreçlerin tekrarlı olması ile ilgilidir. Yapılan işin özelliklerine göre iş süreçleri özel süreçler olabildiği gibi, yüksek hacimli ve sürekli tekrar eden bir yapı da sergileyebilmektedir. Ancak genellikle bir iş akışı tamamen standart bir işlemler dizisi değildir.

Gerçek sistemler üzerinde belirli bir iş sürecinin geliştirilmesi çalışmaları hem zor hem de pahalı bir uğraştır. Bunun yerine analizciler gerçek sistemlerin özellikleri bünyesinde bulunduran modeller ile çalışmayı seçerler. Daha önceki bölümlerde de değinildiği gibi modelleme yönteminin seçiminde modelleme amacı ön plana çıkar ve belirlenen amaçlara uygun olarak modelleme perspektifi belirlenir. Bu tez de ana amaç mevcut iş süreçlerinin

analizi olduğuna göre seçilen modelleme yöntemi özelliklerinin Çizelge 3.1’de de belirtildiği gibi öncelikle nesnel daha sonra faaliyete dayalı ve role dayalı olması gerekmektedir. İş akışları bu bağlamda önemli özellikler sunmaktadır. Bu özelliklerin neler oldukları daha önceki bölümlerde açıklanmıştı. Ancak yapılacak analizlerde iş akışlarının temel alınacak önemli bir özelliği de zamanlanmış hale dönüştürülebilmesidir.

Bu çalışmada mevcut bir iş sürecinin bir şebeke özelliği taşımasından hareketle proje çizelgeleme tekniklerinin sahip olduğu avantajlardan yararlanılarak analiz yapmaktır. İş süreçlerinin iş akışı gösterimiyle modellenenebilmesi ve daha sonra zamanlanmış iş akışları haline dönüştürülerek GERT yöntemi gibi proje yapılarını stokastik olarak ele alan yöntemlerin uygulanması bu çalışmanın amacına hizmet etmektedir.

Zamanlanmış bir iş süreci, önemli analiz imkanlarını da beraberinde getirmektedir. Hammer ve Champy (1993) iş süreçlerinin yeniden yapılandırılmasını tarif ederlerken performans kriterlerinde özellikle maliyet, kalite, hizmet ve hıza değinmiştir. Bu durum Şekil 2.12’ de verilen performans piramidinde de görülmektedir. Bu kriterlerin hemen hepsinin temelde ele aldığı ölçüt zaman ölçütüdür. Ancak bir projede olduğu gibi bir iş sürecinde zamanlama çalışmaları daha önceden de belirtildiği gibi, çeşitli sebeplerden dolayı göz ardı edilmiştir. Aynı şekilde Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı tarafından 2004 yılında yayınlanan raporda çevrim zamanı, bir tedarik zincirinde ölçülmesi gereken performans kriteri olarak belirtilmiştir. Zaman kriterinin seçimi ve bu kriter doğrultusunda verilecek alt hedeflerin neler olduğuna gelmeden önce zaman kavramının bir iş sürecine ne şekilde dahil edildiğinin incelenmesi yerinde olacaktır.

Bir iş akışı yönetim sistemi temelde birbirinden farklı üç işlev üzerinde çalışır; inşa zamanı işlevi, çalışma zamanı işlevi ve çalışma zamanı etkileşimleri. İnşa zamanı işlevi, iş akış süreçlerinin tanımlanması ve modellenmesi ile ilgilenirken çalışma zamanı işlevi, iş akışlarının uygulanması, izlenmesi ve yönetilmesi ile ilgilenir. Üçüncü işlev olan çalışma zamanı etkileşimleri ise iş akışlarında insan makine etkileşimini sağlamaktadır. İş akış süreci modelleri, iş süreçleri işleme mantığı ile bu süreçleri meydana getiren faaliyetlerin bağıllık ilişkilerinin bir özetidir (Zhuge vd., 2001). Bağıllık ilişkileri ise uygulama ve bilgi bağıllığı olarak iki sınıfta incelenmektedir. Uygulama bağıllığı akış kontrolünü sağlarken bilgi bağıllığı bilgi akışını göstermektedir. Bazı araştırmacılar malzeme akışı ile üçüncü bir bağıllığı da ifade etmektedirler.

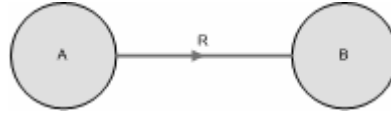
Zamana bağlı etkenler hem inşa zamanı süreç tanımlarında hem de çalışma zamanı yönetim sistemlerinde göz önüne alınmalıdır (Zhuge vd., 2001). Bunun sebebi, iş akışını oluşturan faaliyetler farklı zaman bölgelerine aittir, model inşa edilirken zamansal sıralar ve zaman

farklılıkları hesaba katılmalıdır. Ayrıca bu zaman farklılığından yararlanarak bütün iş akış sürecine ait toplam sürenin kısaltılması da mümkün olabilmektedir. İkinci sebep ise herhangi bir faaliyetin kesin olan bir uygulama süresi alacak olmasıdır. Akışlar da bir yerden diğer bir yere geçerlerken kesin bir geçiş süresi alırlar. Akış süresi ilgili faaliyetin süresinden daha uzun olabilir ve zamanlama problemleri ortaya çıkabilir. Geleneksel iş akış süreçleri modelleme teknikleri, zamana dayanan etkenlere çok fazla ilgi göstermemişlerdir (Leymann ve Roller, 1997). Son zamanlarda iş akışlarının zamana bağlı olarak modellenmeleri artan bir ilgiye de sahiptir.

3.4.7 Akış Şemaları

Akış şemaları eskiden beri bir sistem içindeki değişkenler arasındaki ilişkileri ortaya koyan bir teknik olarak kullanılmaktadır. Temel olarak akış şemaları doğrusal cebirsel eşitliklerin ifade edilmesinde diğer bir alternatif olarak kullanılmıştır.

Şekil 3.18’de verilen akış şeması örneğinde $B = R.A$ ilişkisi tanımlanmaktadır. Burada A ve B düğümler, R ise iletim değeridir. Okun yönü B’nin bağımlı, A’nın ise bağımsız bir değişken olduğunu göstermektedir. R ise A ve B arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır. Eğer okun yönü ters olursa bu durumda A ve B arasındaki ilişki $A = (1/R).B$ şeklinde olacaktır.

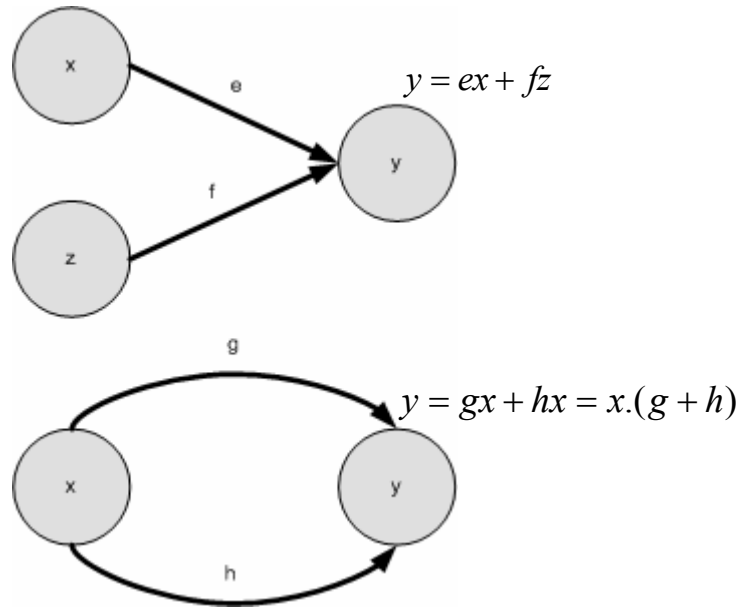


Şekil 3.18 Basit bir akış şeması elemanı

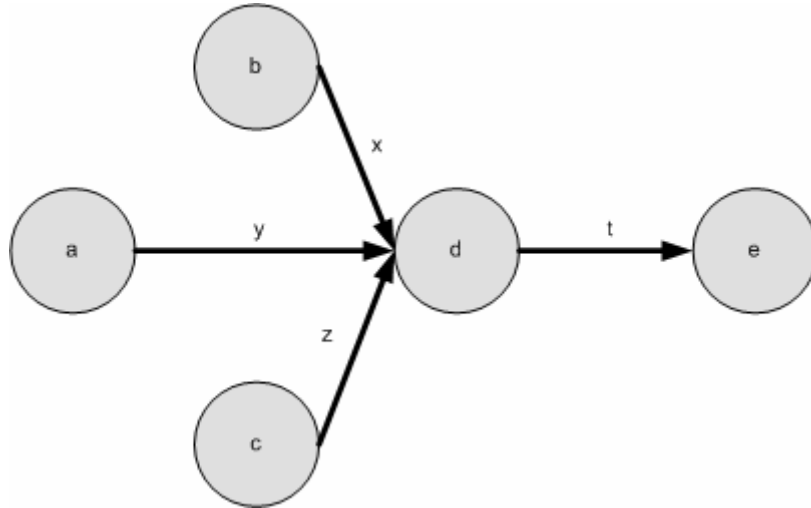
Şekil 3.19’da çeşitli durumlar için akış şeması ifadeleri verilmiştir.

Bir akış şemasında hem bağımlı hem de bağımsız değişkenlerin olması mümkündür. Bu durum yukarıda değinilen durumlardan daha karmaşık bir sistemi ifade etmek açısından da gerekmektedir.

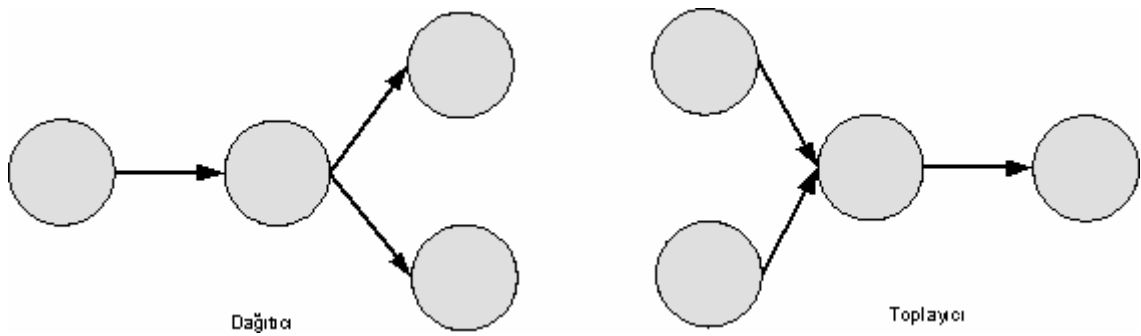
Şekil 3.20’de böyle bir akış şeması örneği verilmiştir. Burada $d = xb + ya + zc$ olup $e = td$ eşitliğinden $e = txb + tya + tzc$ olmaktadır. Çok karmaşık akış şemalarında hesaplamaları basitleştirmek amacıyla şemanın parçalanması her zaman uygun olmuştur. Bu amaca hizmet edecek şekilde karmaşık akış şemalarının dağıtıcı veya toplayıcı olarak düşünülmesi ve buna uygun olarak dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu durum Şekil 3.21’de gösterilmiştir.



Şekil 3.19 Çeşitli akış şeması gösterimleri ve ilişkileri



Şekil 3.20 Hem bağımlı hem de bağımsız değişken içeren bir akış şeması



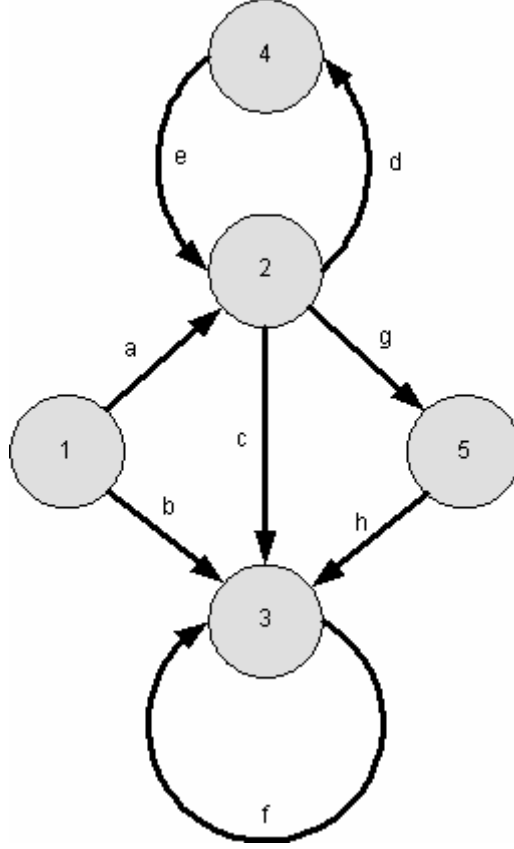
Şekil 3.21 Dağıtıcı ve toplayıcı akış şemaları

Akış şemaları ile birlikte anılan diğer çok önemli iki bileşen yol ve döngü bileşenleridir.

Yol, iki düğümü birbirine bağlayan ve bir düğümden birden fazla kere geçmeyen dal serisidir.

Şekil 3.22’de gösterilen akış şemasında 1 nci ve 5 nci düğümler arasında, a-g, a-c-h ve b-h olmak üzere üç farklı yol tanımlanabilir.

Döngü ise, bir düğümden çıkarak, o düğüme dönen Dal serileridir ki bu serilerde bir düğümden birden fazla kere geçilmez. Şekil 3.22’deki örnek akış şemasında e-d ve f iki farklı döngüyü gösterir.



Şekil 3.22 Örnek akış şeması (Whitehouse, 1973)

3.4.7.1 Akış Şemalarının Çözümlemesi

Bu bölümde akış şemalarının çözümlemesinde kullanılan yöntemlere yönelik olarak kısa açıklamalarda bulunulacaktır. Akış diyagramları, daha sonraki kısımlarda değinilecek GERT yöntemine temel teşkil ettiğinden bu şemaların çözüm yöntemlerine de değinilmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir.

- **Topolojik Eşitlikler**

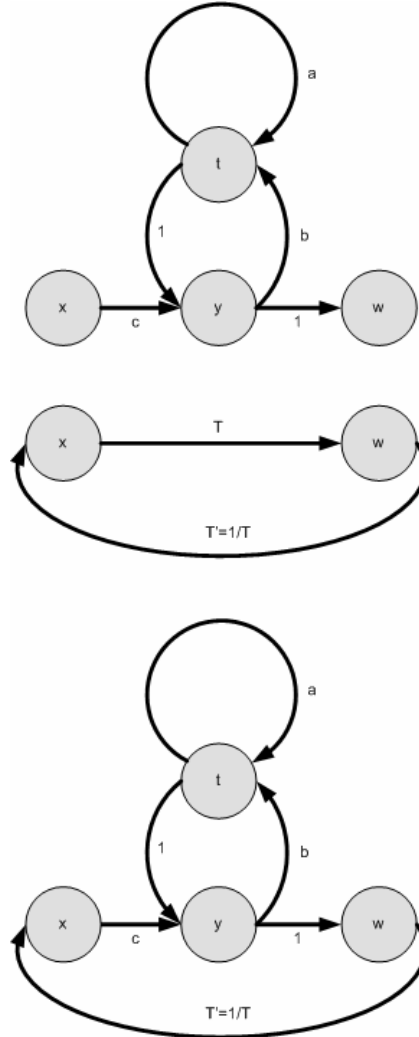
Kirchhoff tarafından geliştirilen topolojik eşitlikler akış şemalarının çözümlemesinde de temel teşkil etmektedir. Topolojik eşitliklerde kullanılan bazı kavramların burada açıklanmasına ihtiyaç vardır.

n. sıra döngüler; bir akış şemasında n sayıda birbirine değmeyen döngüleri ifade eder (Örneğin Şekil 3.22’de bahsedilen döngüler 1 nci sıra döngülerdir.). Bir “n” nci sıra döngünün değeri, n sayıda birbirine değmeyen döngünün ileticilerinin çarpımına eşittir. Şekil 3.22’de gösterilen döngüler 2 nci sıra döngü oluşturacak şekilde birleştirilebilir, çünkü ortak bir düğüme sahip değildirlere. Kapalı bir akış şeması tamamen döngülerden oluşmuştur. Böyle bir akış şemasında topolojik eşitlik – ki H ile ifade edilir – bütün döngülerin toplamının “0” olduğunu ifade eder. Yani;

$$H = 1 - L_1 + L_2 - L_3 + \dots + (-1)^i . L_i + \dots = 0 \quad (3.1)$$

olmaktadır. Burada L_i ile i nci sıra döngünün toplamı gösterilmiştir.

Açık akış şemalarında ise topolojik eşitliklerin kullanılması için şemaya sanal bir $1/T$ ’ değeri eklenir. Bu durum Şekil 3.23’de gösterilmiştir.



Şekil 3.23 Açık akış şemalarında, şemanın kapatılması (Whitehouse, 1973)

Akış şemaları ve bu şemaların çözülmesi, stokastik bir şebeke yapısında önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bir şebeke faaliyetinin bitmesi ile başlayacak diğer bir faaliyet,

önceki faaliyete ait çeşitli parametrelerin bu faaliyete iletilmesini gerektirmektedir. Böylece sistemin bir değer oluşturma kabiliyeti ortaya çıkmış olmaktadır.

- **Mason Kuralı**

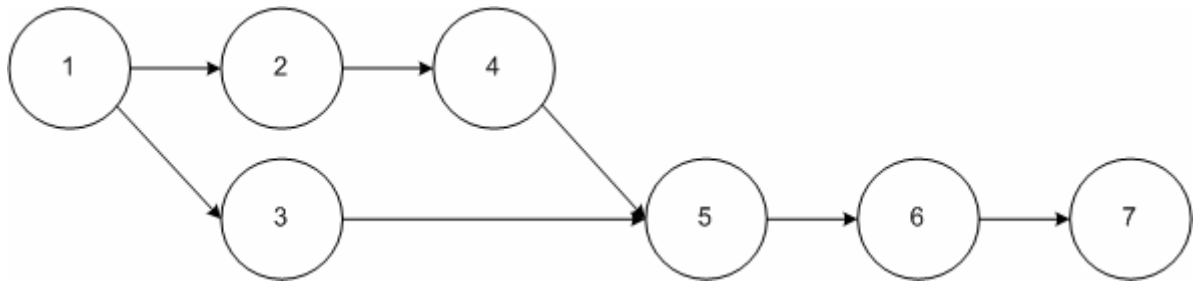
Açık akış şemaları T' gibi bir sanal Dal ile kapatılmadan da hesaplanabilir. Bunun için topolojik eşitlikler yollar ve döngüler göz önüne alınarak denklem aşağıdaki forma dönüştürülür.

$$T = \frac{\sum (yol \times \sum de\breve{g}meyen\ döngüler)}{\sum döngü} \quad (3.2)$$

4. SÜREÇLERİN PROJELENDİRİLMESİ VEYA PROJE SÜREÇLERİ

Bu bölümde, genel anlamda iş süreçlerinin özel anlamda ise iş akışlarının bir proje süreci ile karşılaştırılması ve proje çizelgeleme tekniklerinin bir iş akışı sürecine uygulanabilirliği araştırılacaktır.

Bu tez temel olarak iş süreçlerinin ait olan elemanları ve bu elemanlar arasındaki ilişkilerle yapılandırılmış bir faaliyetler dizisi şeklinde düşünülmesini hedeflemektedir. McKay ve Radnor (1998) tarafından verilen örnekte bu yaklaşım ifade edilmeye çalışılmıştır. Verilen örnek basit olmasına karşın süreç iyileştirme ile proje yaklaşımı arasındaki farklılıkları ortaya koyması açısından önem arz etmektedir. Örnekte bir fincan kahve yapımını gösteren bir süreç modellenmiştir. Modellemede daireler faaliyetleri, oklar ise öncelik ilişkilerini belirlemek için kullanılmıştır.



Şekil 4.1 Bir fincan kahve yapımı süreci (McKay ve Radnor, 1998)

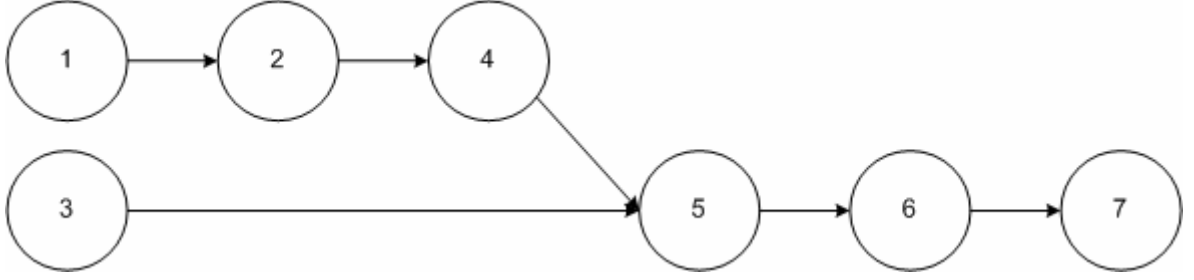
Şekil 4.1’da verilen örnekteki faaliyet listesi ise Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Kahve yapımı faaliyetleri

FAALİYET NO	FAALİYET ADI
1	Kahve haznesi için suyun kaynatılması
2	Kahve haznesinin ısıtılması
3	Karışım için suyun kaynatılması
4	Kahve haznesine kahvenin koyulması
5	Kahve haznesine kaynar suyun koyulması
6	Karışımın karıştırılması
7	Kahvenin fincana koyulması

Burada verilen örnek özellikle BPR ile proje yönetimi arasındaki benzerlik ve farklılıkları ortaya koyabilmek amacıyla ilişkin olarak seçilmiştir. BPR faaliyetleri daha önce verilen tanımlara da uygun olarak yeniden yapılanmayı kapsamaktadır. Burada yapılanma, faaliyetler arasındaki ilişkilerin belirlenmesine yöneliktir. Proje yönetimi ise faaliyetler ile bu faaliyetler arasındaki ilişkilerin uygulanmasındaki geliştirme faaliyetlerini kapsar. Örneğin daha güçlü

bir su ısıtıcısı suyun daha çabuk kaynamasını sağlayacak ancak aynı süreç çalışmaya devam edecektir. Yine yeni bir su ısıtıcısının hesaba katılması bir proje yönetimi bakış açısını gerektirir. Burada yeni bir kaynağın sürece katılması sonucunda sürecin yeniden yapılandırılması için BPR devreye girmektedir. Yeni bir kaynak yaratılması sonucunda yeniden yapılandırılan kahve yapım süreci Şekil 4.2’de verilmiştir. Burada görülmektedir ki iki ayrı su ısıtıcısının kullanılması ile süreç yeniden yapılandırılarak 1 ve 3 no’lu faaliyetlerin arasındaki öncelik ilişkisi aşılmış ve 3 no’lu faaliyet 1 no’lu faaliyetten bağımsız olmuştur.



Şekil 4.2 Yeniden yapılandırılmış kahve yapımı süreci (McKay ve Radnor, 1998)

Genel olarak BPR ve proje yönetimi, bir süreci geliştirmek için kullanılabilen yöntemlerdir (McKay ve Radnor, 1998). Proje yönetimi AS-IS veya TO-BE süreçlerin uygulamasındaki etkinliği araştırırken, BPR bu süreci yeniden yapılandırır ki yeniden yapılandırılmış olan bu süreç daha sonra uygulamadaki geliştirme potansiyelini keşfetmek amacıyla yeniden proje yönetimi tarafından ele alınır.

Yukarıdaki örnek bize iş süreçlerinin geliştirilmesinde hem proje yaklaşımının hem de süreç yaklaşımının birbirlerinin ayrılmaz bir parçası olduğunu göstermektedir. Bu iki yaklaşım aynı zamanda birbirlerinin tamamlayıcısıdır. Ancak hiçbir zaman birbirlerinin yerine kullanılan iki ayrı alternatif olarak düşünülmemelidir.

Bir değer üretmek için kurulan bir organizasyonda ortaya konulan çalışmalar iş süreçleri açısından ele alındığında ortaya söz konusu organizasyonun faaliyetlerini içeren dev bir şebeke ortaya çıkmaktadır. Bu şebekenin büyüklüğü organizasyonların kendi aralarında ortaklaşa yürüttüğü işlemlerle de çok daha fazla hacim kazanabilmektedir. İşte bu noktada şebeke niteliği taşıyan bu yapının izlenmesi ve gerektiğinde geliştirilmek üzere analiz edilmesi söz konusu olmaktadır.

Bir iş sürecinin etkili bir şekilde analiz edilmesi için bu iş süreci ile ilgili bilgilerin eksiksiz bir şekilde elde edilmesi ve buna bağlı olarak modellenmesi gerekmektedir. Modelleme yapılırken incelenecek detay miktarına bağlı olarak modelin uygun seviyede özetlenebilmesi gerekir Örneğin Fülsher ve Powell (1999) IDEF0 modelleme yönteminin avantajları arasında

özetleme kabiliyetini de saymaktadır. Yine Lin vd. (2002), modelleme tekniklerinin ana özellikleri arasında özetleme seviyesini anlamlı bir özellik olarak vurgulamaktadır.

Projeler veya proje yaklaşımı bir organizasyonun ki bu organizasyon özellikle proje üretimi formatına uyan bir özellik gösteriyorsa, proje yönetimi içerisinde özetleme yeteneği ön plana çıkmaktadır. Bir projeyi oluşturan her bir faaliyetin aslında bir iş yapma süreci olduğu düşünülürse bu iki yaklaşım birbiri içine geçmiş olmaktadır.

4.1 Süreç Modelleri ile Proje Şebekelerinin Karşılaştırılması

Bir süreç modelinin elemanları ile proje şebekesi elemanları arasında önemli benzerlikler vardır. Bu benzerliklerden yola çıkarak bir proje şebekesi kapsamış olduğu özellikler yardımı ile bir sürecini kolaylıkla modeller ve sonuç olarak faaliyetler ve nesneler hakkında oluş zamanları, çevrim zamanları, süreç süresi gibi bilgiler elde edilir. Bir çok modelleme yönteminde faaliyet şebekeleri modelleme amaçlarına uygun olarak kullanılmaktadır (Browning, Eppinger, 2002). Çizelge 4.2’de süreç modelleri ile proje modelleme şebekelerinin kapsadıkları elemanlar ve amaçlar doğrultusunda yapılmış bir karşılaştırması verilmiştir.

Çizelge 4.2 Süreç modelleri ile proje şebekelerinin karşılaştırılması

Tanım	Süreç Modelleri	Proje Şebekeleri
Faaliyet	Sürecin amacına uygun olarak yerine getirilen görevlerdir.	Proje amacına yönelik olarak yerine getirilen görevlerdir.
Olay	Herhangi bir faaliyet sonucunda ortaya çıkan nesnel değişiklik tanımlarıdır.	Düğümlemler ile ifade edilir. Olay oluşları tanımlanır.
İlişki	Öncelik ve ardıllık ilişkilerini tanımlar. Model ile sürecin algılanması açısından çok büyük önem arz eder.	Öncelik ve ardıllık ilişkilerini tanımlar. Projenin temel yapısını, düğümlerle birlikte ortaya koyar.
Kaynak	Faaliyetlerin yerine getirilmesinde kullanılan insan gücü, makineler vb. girdilerdir.	Faaliyetlerin yerine getirilmesinde kullanılan insan gücü, makineler vb. girdilerdir.
Amaç	Sürecin yapısal özelliklerini ön plana çıkarmak, faaliyetler arasındaki ilişkileri ortaya koymak, süreç boyunca gerekli kaynakları tespit etmek, geliştirilebilir özellikleri tespit etmek ve bunlara ilişkin analizler yapmaktır.	Temsil edilen projenin çizelgelenmesini sağlamak, projenin çeşitli açılardan bakıldığında ne kadar süreceğini tespit etmek, kaynak kullanımlarını hesaplamak, kritik faaliyetleri hesaplamak, proje maliyetini tespit etmek ve bunlara ilişkin analizler yapmaktır.

4.2 Proje Yönetimi

Uzun zaman önce firmalar sorumluluklarındaki işleri yaparken, bu işleri parçalara ve projelere bölmenin avantajlarını anlamışlardır. Projeler zaman içerisinde endüstriyel faaliyetlerde çok önemli bir yer almış ve iş yönetim tekniklerinin geliştirilmesinde temel bir çıkış noktası olmuştur.

Kişiler, organizasyonlar ve yönetimler birçok durumda görev listeleri ve bunların belirli bir sırada uygulanması sorunu ile karşı karşıya kalmaktadır. İngiltere’de The Association of Project Managers isimli bir kuruluş projeyi, önceden belirlenmiş amaçları karşılamak üzere bir organizasyon tarafından üstlenilmiş belirli bir başlangıç ve bitiş noktası üzerinde mutabakata varılmış, belirlenmiş performans ihtiyaçları ve kaynakları tarafından ortaya koyulmuş bir maliyet ile sınırlandırılmış birbiri ile ilişkili faaliyetler seti olarak tanımlamaktadır. Proje yönetiminde önemli bir aşama sağlayan Proje Yönetimi Enstitüsü tarafında düzenli olarak yayımlanan “Project Management Body of Knowledge” kitabında (1987) projeyi; önceden tanımlanmış bir bitişe sahip belirli bir başlangıç noktası ve amaçları olan faaliyetler bütünü olarak tanımlanmıştır. Slack vd. (1995) projeyi belirli bir başlangıç ve bitiş noktası ile belirli bir duruma sahip ve tanımlanmış kaynaklar setini kullanarak tanımlanmış bir hedefe varmaya çalışan çalışmaların bütünü olarak ifade etmiştir.

Projeleri tarif etmenin bir diğer yöntemi de örneklerdir. Projeler çok büyük ölçekli olabildiği gibi, küçük ölçekli projelerden de bahsedilebilir. Örneğin Çinlilerin antik çağlarda yaptığı Çin seddi o çağlarda yapılan proje tipi yapılara bir örnek olarak verilebilir. Günümüzde ise baraj inşaatları, büyük bina inşaatları, ilaç araştırmaları, uzay projeleri proje tipi çalışmalara örnek teşkil eder. Proje tipi olup da kapsam olarak çok daha küçük faaliyetler de bulunmaktadır. Bir evin yeniden dekorasyonu, bir ürünle ilgili reklam faaliyetleri, politik bir seçim kampanyası, yeni bir ürün geliştirilmesi bu gibi projelere örnek olarak verilebilmektedir (Dinsmore, 1993).

Tanımlamalardan ve örneklerden anlaşıldığı üzere projelerin bir takım ortak yönleri mevcuttur. Örneğin her projenin bir başlangıç ve bitiş tanımlanmıştır. Ayrıca projeler yeni olan bir şeyleri ortaya koyar, faaliyetler zinciridir ve kaynak tüketirler. Bu özelliklerden yola çıkarak bir projenin ne gibi özellikleri olduğunu vurgulamak yerinde olacaktır.

Projeler benzersiz olur ve tek bir çıktıya sahiptir. Bir bina inşaatını düşünelim bu bina projenin tanımlanmış zaman aralığında yapılan bir faaliyettir. Kaynak kullanımı, arazi özellikleri hatta faaliyetler ortaya koyulurken oluşan hava durumu bu bina inşaatına özel bir durumdur. Aynı bir inşaatı farklı bir yerde ve zamanda yapmak birbirinden farklı özelliklerin tanımlanmasına neden olabilir. Ancak bu örnekte de olduğu gibi bazı proje tipi üretimlerde çoklu ürün grupları da gözlemlenebilmektedir. Örneğin çok katlı bir bina inşaatında katlar ve

daireler birbirlerinin benzerleri olarak yapılır. Yine bu binada kullanılan pencere ve kapı sistemleri de aynı ürünlerden meydana gelmektedir. Bunu genelleyecek olursak bir projede, tedarik, pazarlama, malzeme yönetimi, kaynak yönetimi ve taşıma işlemleri de birbirine benzer karakterdedir.

Projeler faaliyetler kompozisyonudur. Genellikle tekrar edilmeyen faaliyetleri, aralarında teknolojik kısıt adı verilen ve belirli öncelik – sonralık ilişkilerini gösteren bağlarla bağlıdır. Bir faaliyetin başlayabilmesi için bir faaliyetin bitmiş olması gerekir şeklinde olurlar. Burada başlayan faaliyetler ile biten faaliyetler birden fazla olabilir. Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de 5 ve 6 no’lu faaliyetlerde olduğu gibi kahvenin karıştırılması faaliyetinin kahvenin ve kaynar suyun fincana koyulmasından sonra yapılması gerekmektedir.

Projeler çeşitli kaynaklar kullanır. Bu kaynaklar insan veya insan dışı varlık da olabilir. Kaynak tipi ne olursa olsun bunlar arasında yakın ilişkiler tanımlanmaktadır. Kaynak kullanımı, maliyeti ve zamanlaması bir projenin yönetilmesinde karmaşık bir iş olarak görülmektedir. Bu zorlukların üstesinden gelebilmek için proje çizelgeleme tekniklerine başvurulur.

Bir proje iş süreçlerinin uygulanmasını kapsamaktadır. Bir projeyi planlamak ve kontrol etmek isteyen bir organizasyon projenin kendisini ve karmaşıklığını tanımlayabilmek için bir proje modeli elde etmek ister (McKay, 1998).

4.3 Süreçlerde Zaman ve Çizelgeleme

Daha önce de değinildiği gibi süreç modellemede çizelgeleme tekniklerinin kullanımı süreç modellemenin proje yönetimi gibi algılanabileceği ve bununla birlikte süreç modelleme çalışmalarının ve öneminin azalabileceği ihtimali doğrultusunda ihmal edilmiştir (Mou ve Tanik, 2002). Ancak bir iş akış sürecinin analizinin tam olarak yapılması bu sürecin sadece yeniden yapılandırılması veya geliştirilmesi ile değil aynı zamanda yeni yapının zaman ve kaynak kullanımı açısından ne şekilde değiştiğinin de ortaya koyulması gerekmektedir. Zaman öylesine bir kaynaktır ki, sürekli kullanılır ve bir kere harcandığında bir daha geri alınamaz. İlave bir zaman kaynağı mutlak surette başka yerde kullanılması gereken bir zamandan çalınır. Zaman aynı zamanda para anlamına da gelir, çünkü başta insan olmak üzere kaynaklar para ödenmeden sonsuza kadar çalıştırılmazlar. Herkes aynı zaman çizgisinde bulunmaktadır. Eğer bir proje önceden tahmin edilen bir değere sahip olacaksa bu projenin çizelgeleme şartlarına uyması gerekmektedir. Örneğin yeni bir savaş uçağı bir hava üstünlüğü sağlayacaksa yeterince erkenden hizmete sunulmalıdır. Çünkü düşmanın daha yeni ve modern bir savaş uçağı ile hava üstünlüğü sağlaması her zaman olasıdır. Aynı parasız

kalmak gibi zamansız kalmak da bir projenin veya bir iş sürecinin yarıda kalmasına sebep olabilir.

4.3.1 Proje Çizelgeleme Teknikleri

Proje Yönetimi Enstitüsü 2000 yılında yayınladığı “Project Management Body of Knowledge” adlı kitabında proje çizelgeleme teknikleri olarak; Matematik Analizler, Süre Sıkıştırma, Simülasyon, Kaynak Seviyeleme, Yazılımlar ve Kodlama Yapısını göz önüne almaktadır.

4.3.1.1 Matematik Analizler

Proje çizelgelenmelerinde matematik analizlerin temel hedefi bir projeyi oluşturan bütün faaliyetler için teorik başlangıç ve bitiş tarihlerinin hesaplanmasını kapsamaktadır. Bu yapılırken herhangi bir kaynak havuzu göz önüne alınmaz. Sonuçta elde edilen tarihler bir çizelgeleme olmayıp sadece bilinen kısıtlar altında faaliyetlerin çizelgelenebileceği zaman aralıklarını verir. Bilinen ve en çok kullanılan yöntemler; PERT, CPM ve GERT şebekeleridir.

PERT, Booz, Allen ve Hamilton ile Amerikan Deniz Kuvvetleri Özel Proje Ofisi ortaklaşa çalışması sırasında geliştirilmiştir. En temel özelliği zamanların tahminidir. Her bir proje işine ait tahminler tek bir tesis, maliyet veya yatırım seviyesinde yapılır. Hesaplama yöntemi bütün proje için süreyi hesaplar ve bu tahminlerin karşılanmasındaki kesinlik derecesini hesaplar.

CPM ise J.E.Kelly Jr. ve Margan Walker ilk kez ortaya koyulmuş ve du Pond tarafından geliştirilmiştir. Önceden belirlenmiş, sıralı tek bir süre tahminine dayalı deterministik olarak en erken ve en geç başlangıç ve bitiş tarihlerini tespit etmek için kullanılır. CPM’in dayandığı temel hangi faaliyetin en az çizelgeleme esnekliğine sahip olduğunun bulunmasına dayanır. İlk kullanılan yöntem olarak CPM, diğer matematiksel analiz çalışmalarına da temel teşkil eder. CPM, üç aşamadan meydana gelmiştir. Bu aşamalar; planlama, çizelgeleme ve kontrol aşamalarıdır. Planlama aşamasında projenin detaylı analizine ilişkin hazırlıklar yapılır. Bu aşamada özellikle ok veya faaliyet şebekeleri (diyagramları) kullanılır. Planlamanın ikinci aşamasında her bir faaliyet için belirlenen tahmini süre ve maliyetler diyagramlar üzerinde faaliyetlere atanır. Birçok yolu olmakla birlikte tahminler yapılırken özellikle normal ve sıkıştırılmış zaman ve maliyetler ortaya konulur (Whitehouse, 1973). Normal zaman ve maliyetler; projenin en az maliyetle yapılabileceği şekilde seçilir. Sıkıştırılmış zaman ve maliyetler ise mümkün olan en küçük zamanda projenin bitimi hedeflendiğinde seçilebilir. Anlaşılabilecek üzere bitirilebilecek en küçük süre aynı zamanda maliyeti olabileceği en büyük

değere taşır. Zaman maliyet tahminleri faaliyetlere atandığında planlama aşaması sona ermiş olur.

Bir projenin çizelgelenmesi ve dolayısıyla zaman kavramının projeye ve daha sonra iş süreçlerine adaptasyonuna değinmeden önce şebekelerin hangi elemanlardan oluştuğuna ve bu elemanlar arasındaki ilişkilerin ne şekilde oluştuğuna değinmek yerinde olacaktır.

4.3.1.2 Ok Diyagramları

Kritik yol yönteminin ana teması şebeke betimlemesidir. Bir şebeke herhangi bir programa ait elemanlar arasındaki öncelik ilişkilerini göstermektedir.

Bir ok diyagramının oluşturulması bir projenin planlama aşamasında yapılır. Maliyetler, kaynaklar ve zamanlar, bu noktada gözönüne alınmaz. Projenin her elemanına sadece üç soru sorulur;

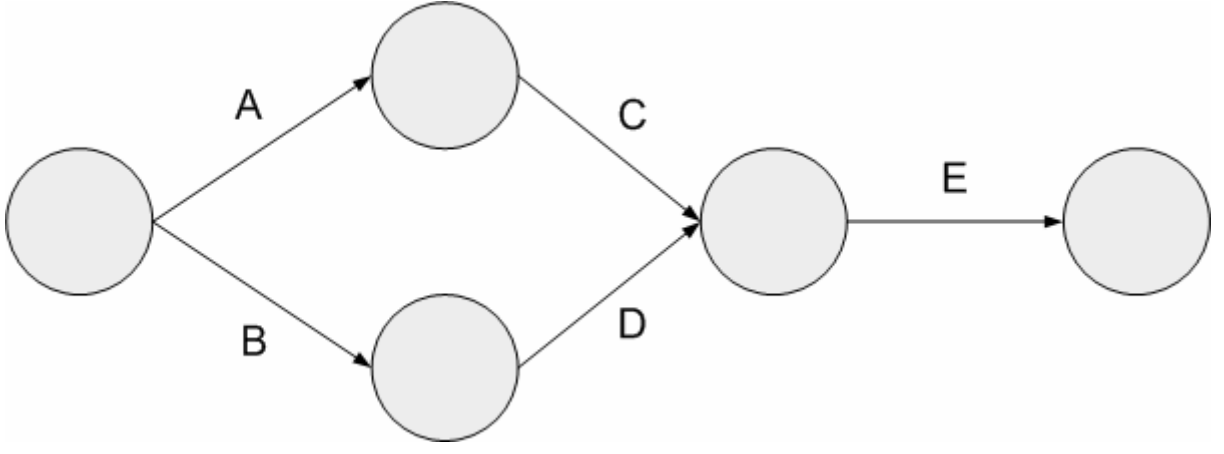
- Hangi eleman bu elemandan önce gelmektedir?
- Hangi elemanlar aynı anda yapılabilir?
- Bu işi hangi iş hemen takip eder?

Ok diyagramları iki temel elemandan oluşmaktadır. Ok veya ark inşa halindeki projenin faaliyetlerini gösterir. Düğüm veya olay da faaliyetlerin kesişim noktalarını verir. Ok diyagramlarında adına düğüm kuralı adı verilen ve bir düğümden çıkan faaliyetin başlayabilmesi için bu düğüme gelen bütün faaliyetlerin bitmiş olmasını gerektiren bir düğüm kuralı vardır (Whitehouse, 1973).

Bir projenin analizi neticesinde A, B, C, D ve E faaliyetleri tanımlanmış olsun. Bu faaliyetler arasında aşağıdaki öncelik ilişkilerinin tanımlandığını varsayalım:

- A ve B eşzamanlı olarak başlayabilir.
- A'nın tamamlanmasından sonra C başlayabilir.
- D, B'nin tamamlanmasından sonra başlar.
- E'nin başlayabilmesi için C ve D'nin bitmiş olması gerekir.

Analizde, faaliyetlere ilişkin herhangi bir önceden tahmin edilmiş süreler yer verilmemiştir. Kullanılan okların uzunluğu da her hangi bir şekilde süreler ile bağlantılı değildir. Öncelik ilişkileri belirlenmiş beş faaliyetten oluşan bir projenin ok diyagramı Şekil 4.3'de gösterilmiştir.

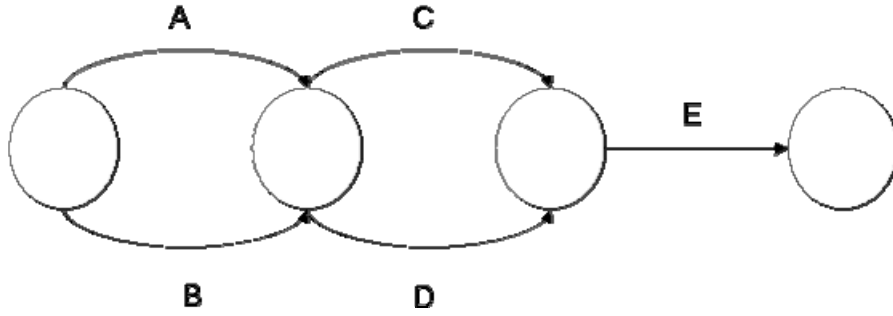


Şekil 4.3 Beş faaliyetli bir projenin ok diyagramı

Yukarıda tanımlanan öncelik ilişkilerinin aşağıdaki gibi değiştirildiğini varsayalım;

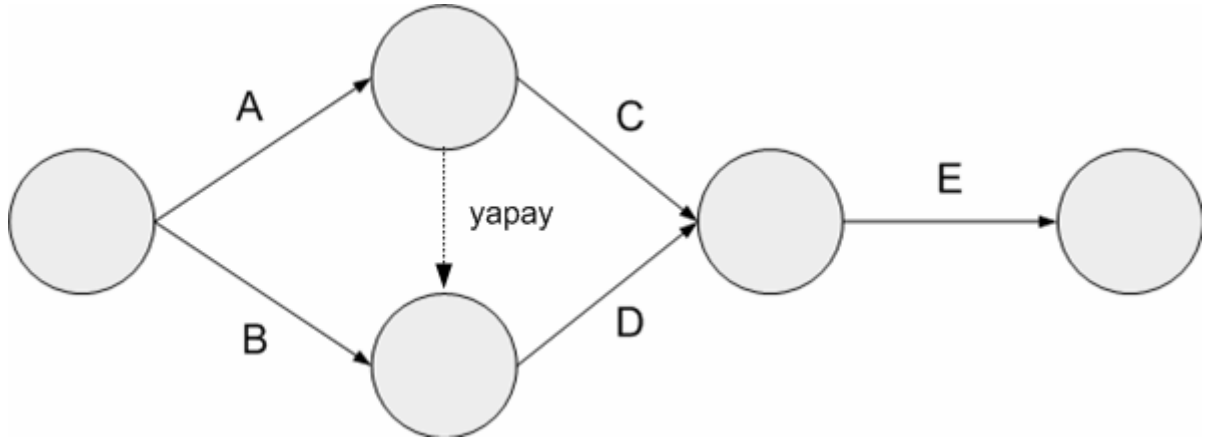
- A ve B eşzamanlı olarak başlayabilir.
- A'nın tamamlanmasından sonra C başlayabilir.
- D, A ve B'nin tamamlanmasından sonra başlar.
- E'nin başlayabilmesi için C ve D'nin bitmiş olması gerekir.

Şekil 4.3'deki ok diyagramı yukarıdaki değişikliği artık temsil etmemektedir. Çünkü D faaliyetinin başlayabilmesi için A ve B'nin bitmiş olması gerekmektedir. Bu durumda Şekil 4.4'de gösterildiği gibi yeni bir şebekenin çizilmesi gerekecektir.



Şekil 4.4 Yeniden çizilen ok diyagramı

Ancak bu gösterim de doğru değildir. Çünkü burada C'nin başlaması için A ve B'nin bitmiş olması gerekiyormuş gibi görülmektedir. Aslında C'nin başlaması için A'nın bitmiş olması yeterlidir. Bu durumda bu tip bir ilişkiyi gösterebilmek için adına yapay (dummy) denilen bir faaliyet kullanılabilir. Yapay faaliyetler ok diyagramlarında kesikli çizgiler olarak ifade edilir ve gerçekte varolmadıklarından süreleri sıfır olarak alınır. Bir yapay faaliyet kullanılarak çizilen yeni şebeke Şekil 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.5 Yapay faaliyet kullanımı

Whitehouse tarafından aşağıda verilen örnek gerçek hayatta projelendirilmiş faaliyetlerin aralarındaki ilişkiyi tanımlamaya çalışmak açısından yararlı olacaktır. Aynı zamanda bu örnek ile günlük hayatta karşılaşılan bir durumun bir proje yaklaşımı ile nasıl modellendiği de gösterilmekte, aynı yaklaşımla iş süreçlerinin modellenmesinde de kullanılabileceğini ispat etmektedir. Örnekte bir arabada yağ değişimi ele alınacaktır. Bu işlemde yapılacak işler aşağıya sıralanmıştır:

- A: Arabayı yukarı kaldır
- B: Yağ tapasını çıkar, yağı akıt
- C: Alt taraftaki parçaları yağla
- D: Lastikleri ve egzoz sistemini kontrol et
- E: Diferansiyel ve vites seviyelerini kontrol et
- F: Yağ tapasını yerine tak
- G: Arabayı aşağıya indir
- H: Motor yağını doldur
- I: Üst taraftaki parçaları yağla
- J: Dinamo ve distribütörü yağla
- K: Radyatörü ve aküyü kontrol et

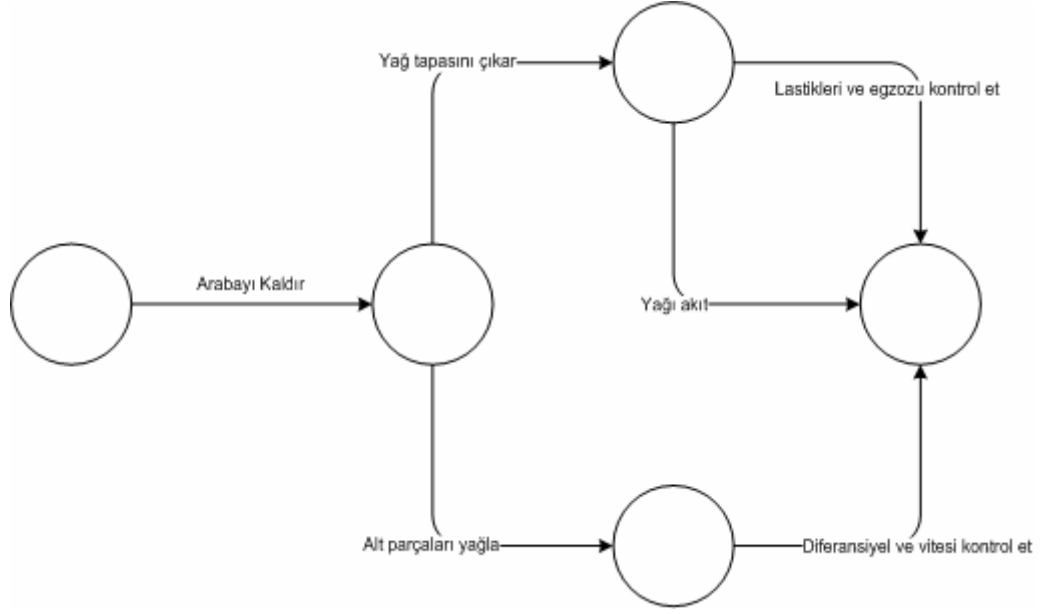
Listelenen bu işlemleri yerine getirmek üzere iki servis elemanının beklediği varsayılın.

Motor içindeki yağın akıtılması için öncelikle arabanın yukarı kaldırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple ilk yapılacak iş arabanın yukarı kaldırılmasıdır.



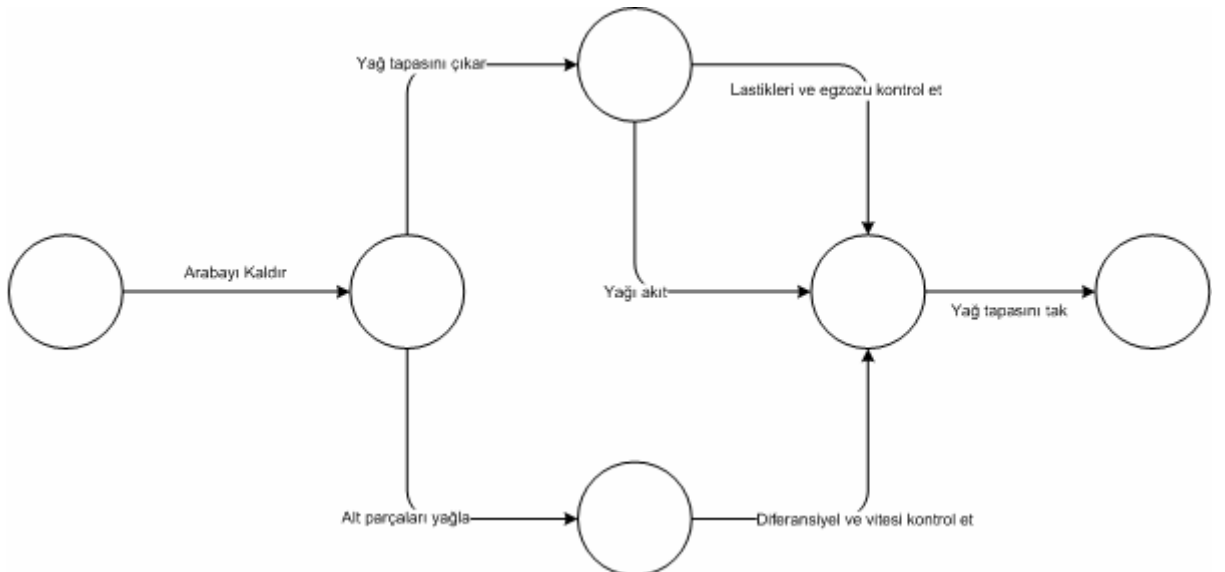
Şekil 4.6 Arabanın kaldırılması faaliyeti

Listedeki ikinci iş yağ tapasının çıkarılmasıdır. Bu faaliyeti yerine getirmeden önce bitmesi gereken işler nelerdir sorusuna verilecek cevap sadece arabanın kaldırılması olmalıdır. Şimdi ise bu faaliyet yerine getirilirken aynı zamanda hangi işlerin yapılabileceği düşünülmelidir. İki servis elemanı olduğuna göre biri kartel içindeki yağı boşaltırken rahatlıkla lastikleri ve egzoz sistemini kontrol edebilir. Diğer kişi ise alt taraftaki parçaları yağlayabilir ve diferansiyel ve vites kutusunu kontrol edebilir. Bu durum ok diyagramında Şekil 4.7’da gösterildiği gibi ifade edilir.



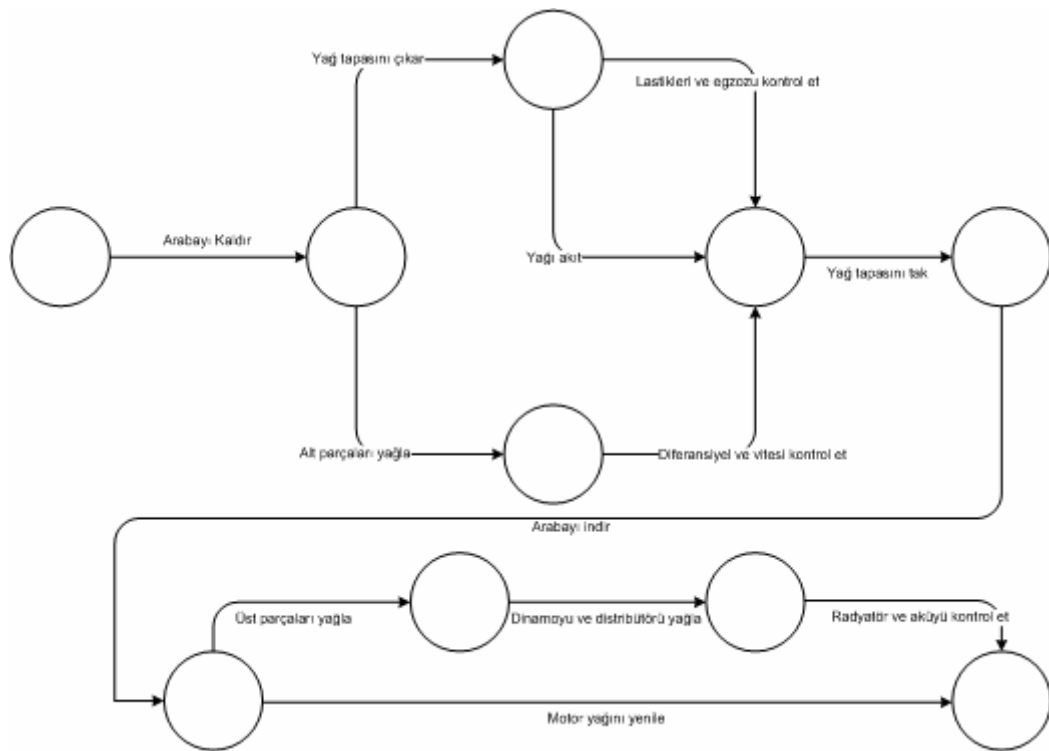
Şekil 4.7 Diğer işlemlerin ilave edilmesi

Tapanın çıkartılıp yağın boşalmasını içeren faaliyetin bitmesi, geriye kalan işlemlerin başlamasına sebep olacaktır. Yağ tamamen boşaldıktan ve diğer işlemler tamamlandıktan sonra yağ tapası yerine takılır.



Şekil 4.8 Diğer işlemlerin ifade edilmesi

Yağ tapası yerine takıldıktan sonra araba aşağıya indirilir. İki servis elemanından birisi üst parçaları, dinamo ve distribütörü yağlar, radyatör ve aküyü kontrol ederken bir diğeri motor yağını yeniler. İşlemler ok diyagramına Şekil 4.9'deli gibi yansıtılır.



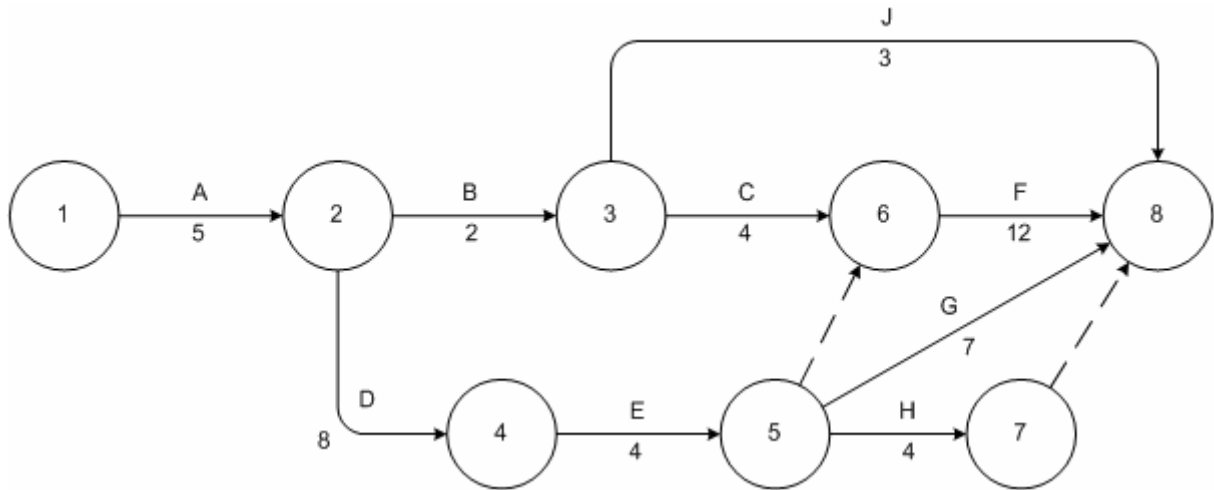
Şekil 4.9 Bir arabaya yağ değişim hizmetinin verilmesi

Whitehouse'a göre bir ok diyagramının teşkilinde aşağıdaki kurallar ön plana çıkmaktadır:

- Her bir faaliyet sadece tek bir ok ile ifade edilir.
- Okun uzunluğu ile faaliyetin önemi veya süresi arasında herhangi bir ilişki yoktur.
- Okun yönü sadece zamanın ilerlemesini göstermekte olup, vektörel bir önemlilik yoktur.
- Faaliyetlerin kesiştiği yerde olay oluşur ve daire ile gösterilir. Bütün faaliyetlerin başlangıcında ve bitişinde olaylar bulunur. Olaylar numaralar ile tanımlanır.
- Sadece ortak olaylı faaliyetlerin göreceli pozisyonları bir önem ifade eder. Bir olaydan çıkan oklar, o olayda bitecek faaliyetlerin tamamlanmasını takiben başlayabilecek faaliyetleri ifade eder.
- Eğer bir olay diğerinden önce gelirse ancak bu iki olay arasında bir faaliyet tanımlanmamışsa bu durumda yapay faaliyet kullanılır. Bunlar kesikli çizgiler ile ifade edilir ve herhangi bir zaman ve maliyete sahip değildir.

4.3.1.3 Modele Zamanın İlave Edilmesi

Her bir faaliyet için gereken zaman tahminleri bu faaliyetlere aşına olan kişiler tarafından yapılabileceği gibi çeşitli tahmin yöntemlerinden veya tarihsel verilerden de yararlanılarak elde edilebilir. Temel olarak bu tahminler bir faaliyetin başlangıcından bitişe kadar geçen toplam zaman olarak tanımlanır ve zaman süresi adı verilir. Bu süre, faaliyetin en ekonomik biçimde tamamlanmasını sağlayacak şekilde seçilmektedir. Daha sonra yapılan işin özelliklerine uygun olarak süre kısaltılabilmektedir. Ayrıca bazı faaliyetler için belirlenen süreler stokastik özellikler taşıyabilmektedir. Ancak iş süreçlerinde zaman hesaplamalarını göstermek için öncelikle her bir faaliyete bir tek zaman tahmininde bulunulacaktır. Şekil 4.10'de dokuz faaliyetten oluşan bir şebekede her bir faaliyete deterministik olarak tek bir süre verilmiştir. Okların üzerinde faaliyetin adı, okun altında ise bu faaliyetin süresi tanımlanmıştır. Şekil 4.10'de verilen ok diyagramında örnek proje A faaliyeti ile başlamaktadır. A'nın bitiminde B ve D faaliyeti başlamakta, C ve J faaliyetleri de B faaliyetinin bitiminde başlamaktadır. C faaliyetinin bitiminde ise F faaliyeti başlamaktadır. D faaliyetinin bitiminde E faaliyeti başlamakta, E faaliyetinin bitimi ise F,G ve H'yi tetiklemektedir. Burada G ve H'nin başlaması için C'nin bitmesi gerekmediğinden 5 ve 6 ncı düğümler arasında bir yapay faaliyet kullanılmıştır. Aynı şekilde bir yapay faaliyet de 7 ve 8 nci düğümler arasında kullanılmıştır. İkinci yapay faaliyetin kullanım sebebi ise G ve H faaliyetinin aynı başlangıç ve bitiş düğümlerine sahip olmasıdır.



Şekil 4.10 Proje faaliyet diyagramı için bir örnek

Bir ok diyagramında başlangıç düğümünden bitiş düğümüne doğru birden fazla yol olabilir. Bu yolların üstünde olan faaliyetlerin süreleri toplamı bu yolun toplam süresini verir. Örneğimizde A. B. C. F yolunun süresi 23, A, D, E, G yolunun süresi 24'tür. Aslında en son belirtilen yol aynı zamanda başlangıç düğümünden son düğüme giden en uzun yol olmaktadır. Bu sebeple bu yola kritik yol adı verilir ve projenin tamamlanma süresini ifade eder.

Daha önce de belirtildiği gibi faaliyetler için verilen süreler en küçük maliyet göz önüne alınarak hesaplanmış olan sürelerdir. Bu faaliyetlerde kullanılan kaynak miktarları artırıldığında verilen bu sürelerde kısalma olabilmektedir. Örneğin G faaliyetinin daha fazla kaynak kullanımı sonucunda süresi kısaltılırsa ve bu sebeple A, D, E, G yolu 23'ten küçük bir değere ulaşırsa bu durumda kritik yolda da değişiklikler olmaktadır.

Gerçek durumda bir projeyi oluşturan faaliyetler çok daha fazla sayıda olabileceğinden bu durumda yapılması gereken hesap miktarında da önemli ölçüde artmalar olacaktır. Bu durumda uzmanların yardımına bilgisayar programları koşturmaktadır. MS-Project ve Primavera bu konuda en çok kullanılan yazılımlardır.

Kritik yolun belirlenmesi ve diğer çizelgeleme bilgilerin elde edilebilmesi amacıyla bir algoritma geliştirilmiştir (Kelly ve Walker, 1962).

Şebeke önce başlangıç düğümünden bitiş düğümüne doğru çözümlenir. Bu çözümlemeye ileri-geçiş kuralları adı verilmektedir. Kısaca aşağıdaki şekilde ifade edilir:

- Başlangıç düğümü için en erken zaman sıfır olarak seçilir.
- Her bir faaliyet kendisini başlatan faaliyet bittiğinde başlar. Bir faaliyetin en erken bitiş zamanı, en erken başlama zamanına bu faaliyetin süresi ilave edilerek bulunur.
- En erken olay zamanı bu olaya bağlanan faaliyete ait en erken bitiş zamanlarının en büyüğüdür. Buradan sonra 2 nci adıma geçilir ve bitiş düğümüne kadar hesaplamalara devam edilir.
- Bundan sonra aynı şekilde bitiş düğümünden geriye doğru hesaplamalar yapılır. Bu aşamada geri-geçiş kuralları uygulanır. Bu kurallar aşağıda şekilde ifade edilir:
- Bitiş düğümü için en erken olay zamanı en geç olay zamanına eşitlenir.
- Bir faaliyet için izin verilen en geç bitiş zamanı kendisinin bağlı olduğu sonraki düğümün en geç olay zamanına eşittir. En geç başlama zamanı ise bu süreden faaliyet süresinin çıkartılmasıyla bulunur.
- Bir olay için mümkün olan en geç süre bu düğümünden çıkan faaliyetlerin en geç başlama zamanının en küçüğüdür. Başlangıç düğümüne ulaşılan kadar bu hesaplamalara devam edilir.

Yukarıdaki algoritmalar eşitlik olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

t : Faaliyetin tahmini ortalama süresi

T_E : En erken olay oluş zamanı

T_L : Müsaade edilen en geç olay oluş zamanı

ES : Faaliyetin en erken başlama zamanı

EF : Faaliyetin en erken bitiş zamanı

LS : Müsaade edilen en geç faaliyet başlama zamanı

LF : Müsaade edilen en geç faaliyet bitiş zamanı olmak üzere

İleri Geçiş Kuralları

- $T_E = 0$ (Başlangıç düğümü için)
- $ES = T_E$ (öncel olay için)
- $EF = ES + t$
- $T_E = \max(EF_1, EF_2, \dots, EF_n)$ (n faaliyetin birleştiği bir düğüm için)
- İkinci adıma dön

Geriye Geçiş Kuralları

- $TL = TE$ (Bitiş düğümü için)
- $LF = TL$ (ardıl olay için)
- $LS = LF - t$
- $TL = \min(LS_1, LS_2, \dots, LS_n)$ (n faaliyetin çıktığı bir düğüm için)
- İkinci adıma dön

Bu algoritma uygulandığında elde edilen sonuçlar ya ok diyagramı üzerinde veya bir çizelgede gösterilebilir. Buna göre yapılan hesaplar neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 Kritik yol hesaplamaları sonucunda ortaya çıkan değerler (* kritik yol)

Düğüm		t	Tanım	ES	EF	LS	LF	TF	FF
1	2	5	A	0	5	0	5	0*	0
2	3	2	B	5	7	11	13	6	0
2	4	8	D	5	13	5	13	0*	0
3	6	4	C	7	10	13	17	7	7
3	8	3	J	7	10	26	29	19	19
4	5	4	E	13	17	13	17	0*	0
5	6	0	Yapay	17	17	17	17	0*	0
5	7	4	H	17	21	25	29	8	4
5	8	7	G	17	24	22	29	5	5
6	8	12	F	17	29	17	29	0*	0
7	8	0	Yapay	21	21	29	29	8	8

Burada son iki kolonda ifade edilen TF ve FF, çizelgeleme prosedüründe bolluk olarak isimlendirilir. Bolluk müsaade edilen gecikmenin bir ölçüsüdür. İki tip bolluk vardır; toplam

bolluk ve serbest bolluk. Toplam bolluk (TF) bir faaliyetin, proje tamamlama süresini uzatmadan geciktirilebileceği süreyi temsil eder. Faaliyete ilişkin en geç tamamlanma süresinden en erken tamamlanma süresinin çıkartılmasıyla bulunur. Serbest bolluk (FF) ise faaliyetin kendisinden hemen sonra gelen faaliyetin en erken başlama zamanını etkilemeden geciktirilebileceği süreyi ifade eder. Faaliyetten hemen sonra gelen faaliyetlerin en erken başlama zamanından kendisinin en erken tamamlanma zamanının çıkartılması ile elde edilir. Dikkat etmek gerekir ki $TF=0$ şartının yerine getirildiği faaliyetlerin tamamı kritik yol üzerinde bulunmaktadır.

Burada değinilen olay oluşları, iş süreçlerinde nesnel yaklaşımların bir benzeridir. Olay oluşları nesnelerin bir durumdan diğerine geçişleri olarak yorumlanabilir ve iş süreçleri analizinde özel bir yeri bulunmaktadır. Örneğin “A” ile gösterilen arabanın kaldırılması faaliyetinde, faaliyetin başında yerde olan araba, “A” faaliyeti sonrasında yerden kaldırılmış olmaktadır. Bu nesnel bir yaklaşımdır.

4.3.1.4 PERT Tekniği

PERT, Booz, Allen ve Hamilton ile Amerikan Deniz Kuvvetleri Özel Proje Ofisi ortaklaşa çalışması sırasında geliştirilmiştir. PERT kullanımı beraberinde faaliyet süreleri üzerinde belirsizlik durumunu getirmiştir. Bu durum aynı zamanda proje süresi için de söz konusudur (Whitehouse, 1973). Faaliyet sürelerinin tam olarak tespit edilememesi faaliyet süresinin tahmin edilmesi sırasında yeterince bilgiye sahip olmama veya proje faaliyetlerinin bir araştırma geliştirme faaliyetleri olmasından kaynaklanmaktadır.

PERT analizlerinde ilk adım, bir ok diyagramı oluşturmaktır. PERT analizinde faaliyet süreleri beklenen ortalama zaman olarak isimlendirilir ve t_e ile gösterilir. Sürelerdeki belirsizlik sürenin ya standart sapması (σ_e) veya varyansı (σ_e^2) ile ifade edilir.

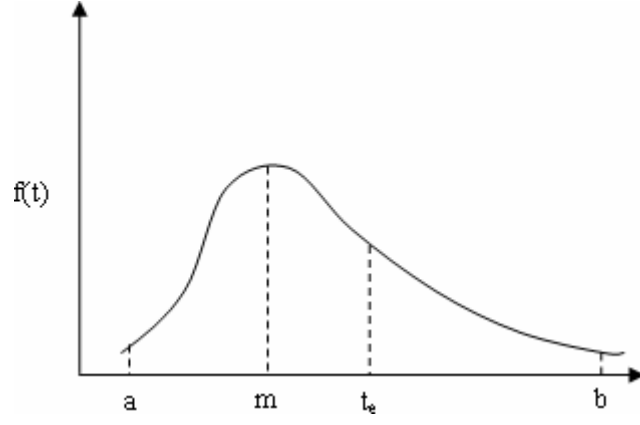
PERT şebekelerinde her bir faaliyet için üç farklı süre tahmininde bulunulur;

a; iyimser zaman (çok düşük bir olasılıkla gerçekleşir)

m; en olası zaman (beta dağılımının modu da olabilir)

b; kötümser zaman (çok düşük bir olasılıkla gerçekleşir)

PERT, daha sonra her bir faaliyet için bu üç zamanla beta dağılımını tanımlayabileceğini tahmin eder. Sonuçta t_e beta dağılımı özellikleri yardımıyla her bir faaliyet için aşağıdaki şekilde hesaplanır.



Şekil 4.11 PERT beta dağılımı

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (4.1)$$

Standart sapması (σ_e) ve varyansı (σ_e^2) ile beta dağılımı özellikleri kullanılarak aşağıdaki şekilde de hesaplanabilir.

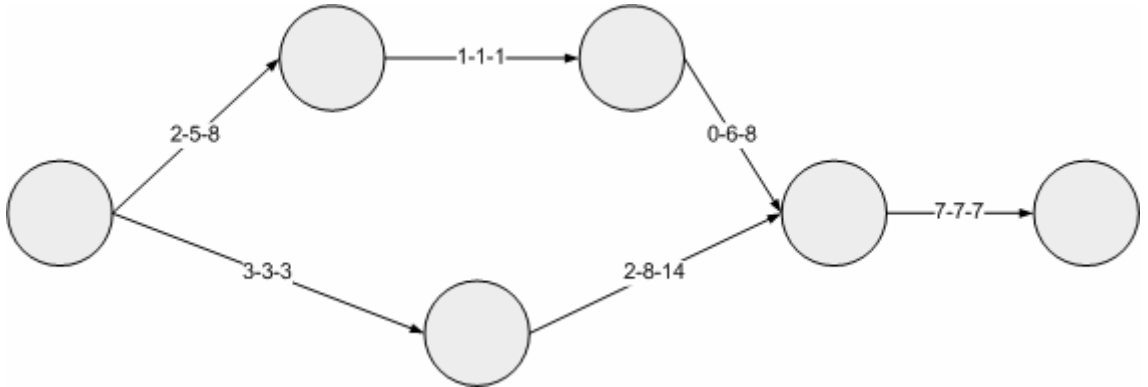
$$\sigma_{t_e} = \frac{b-a}{6} \quad \sigma_{t_e}^2 = \left(\frac{b-a}{6} \right)^2 \quad (4.2)$$

Örneğin Şekil 4.12’da verilen PERT şebekesine ait hesaplamalara örnek olarak üçüncü düğümden beşinci düğüme giden faaliyet ele alınacaktır. Bu faaliyet için $a=0$, $m=6$, $b=18$ olarak belirlenmiştir. Bu faaliyete ait parametreler aşağıdaki şekilde hesaplanabilir;

$$t_e = \frac{0 + 4(6) + 18}{6} = 7$$

$$\sigma_{t_e} = \frac{18-0}{6} = 3$$

$$\sigma_{t_e}^2 = \left(\frac{18-0}{6} \right)^2 = 9$$



Şekil 4.12 Örnek PERT şebekesi (Whitehouse, 1973)

Şekil 4.12’da verilen şebekede faaliyetlere ilişkin t_e ve $\sigma_{t_e}^2$ ’ler Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Faaliyetlere ilişkin beklenen değer ve varyanslar

Düğümmler		a	m	b	t_e	$\sigma_{t_e}^2$
1	2	2	5	8	5	1
2	3	1	1	1	1	0
3	5	0	6	18	7	9
1	4	3	3	3	3	0
4	5	2	8	14	8	4
5	6	7	7	7	7	0

Her faaliyete ait beklenen değerlere göre daha önce değinilen ileri ve geriye doğru olan zaman hesaplamaları uygulandığında her bir faaliyet için ES, EF, LS, LF değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Şekil 4.12’da verilen şebekenin çözülmesi

Düğümmler		t_e	$\sigma_{t_e}^2$	ES	EF	LS	LF	TF	FF
1	2	5	1	0	5	0	5	0	0
2	3	1	0	5	6	5	6	0	0
3	5	7	9	6	13	6	13	0	0
1	4	3	0	0	3	2	5	2	0
4	5	8	4	3	11	5	13	2	2
5	6	7	0	13	20	13	20	0	0

En erken ve en geç zamanların varyansları olan $\sigma_{t_e}^2$ ve $\sigma_{t_l}^2$ değerlerini hesaplayabilmek amacıyla belirli faaliyetler için meydana gelen zamanların bağımsız olduğu varsayılmıştır. Bir olaya (düğüme) giden bir yol için en erken zaman bu olaya giden yolun akış zamanına eşittir. Bu sebeple en erken zamanın beklenen değer ve varyansı yine bu olaya kadar olan beklenen değer ve varyansların toplamına eşittir. Buna göre her bir olay için elde edilen en geç ve en erken beklenen zaman ve varyans değerleri Çizelge 4.6’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 PERT Hesaplamaları

Olay NO	T_E		T_L		Serbestlik
	μ_{T_E}	$\sigma_{T_E}^2$	μ_{T_L}	$\sigma_{T_L}^2$	
1	0	0	0	10	0
2	5	1	5	9	0
3	6	1	6	9	0
4	3	0	5	4	2
5	13	10	13	0	0
6	20	10	20	0	0

Çizelge 4.6’de verilen diğer bir bilgi ise serbestlik olup bu değer ilgili olayın en geç beklenen zamanından en erken beklenen zamanının çıkartılmasıyla hesaplanır. Daha önce değinilen bolluk kavramına benzetmekle birlikte, bolluklar faaliyetlere ilişkin olurken serbestlik ise olaylarla ilgilidir. Çizelge 4.6’de serbestliği 0 olan olayların oluşturduğu yol aynı zamanda kritik yoldur. Örneğimizde 1-2-3-5-6 yolu hem beklenen zaman toplamı en büyük yol hem de serbestlikleri 0 olan yol olarak kritik yol olmaktadır.

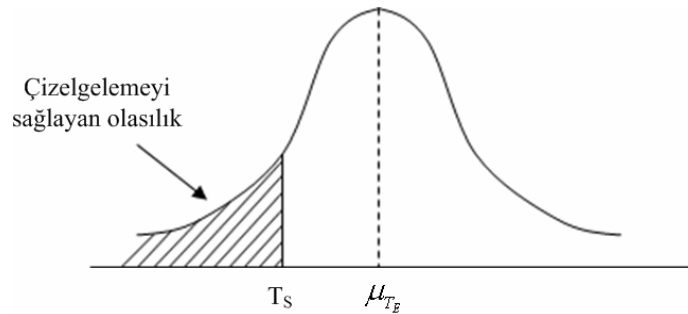
4.3.1.5 Olasılık Bilgisinin Kullanılması

Bir olayın beklenen en erken zamanı μ_x ve standart zamanı σ_x hesaplandıktan sonra, belirli bir çizelgeleme zamanının (T_s) karşılanmasına ilişkin daha detaylı hesaplamalar olasılık teorisi yardımıyla yapılabilir. Merkezi limit teoremine uygun olarak, bir olay için en erken tamamlanmanın, ortalaması μ_x ve standart sapması σ_x olan bir normal dağılıma uyduğu varsayılmaktadır.

m bağımsız görevin sırasıyla yerine getirildiğini (bu m görev kritik yol üzerinde de olabilir) ve $t_1, t_2, \dots, t_m$ ile de her bir görevin gerçek sürelerini gösterdiğini düşünelim. Bu sürelerin ortalamaları μ_x ($x=1,2,\dots,m$) ve varyansları σ_x^2 ($x=1,2,\dots,m$) olan rasgele değişkenler olduğu bilinmektedir. $T = t_1 + t_2 + \dots + t_m$ olarak tanımlanırsa, T’nin de bir dağılımı olan rasgele bir değişken olduğu görülür. Merkezi limit teoremine göre eğer m değeri yeteri kadar büyük ve değişkenler bağımsız olursa, bu durumda T’nin dağılımı ortalaması T ve varyansı V_x olan bir normal dağılıma uyar. T ve V_T aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\begin{aligned} T &= \mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_m \\ V_T &= \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_m^2 \end{aligned} \quad (4.3)$$

Önceden belirlenmiş bir çizelge zamanına göre (T_s) belirli bir olay için olasılık hesaplamasını yapmak için öncelikle normal dağılım eğrisi üzerinde - ki bu eğri μ_{T_E} ’de merkezlenmiştir - göstermek yerinde olacaktır.



Şekil 4.13 Çizelgelemenin sağlanmasına ilişkin hesaplama

T_S değerine ilişkin olasılık değeri Şekil 4.13’de taralı olarak gösterilen alanın değerini hesaplamakla bulunabilir. Burada T_S değeri; $T_S = \mu_{T_E} + Z \cdot \sigma_{T_E}$ şeklinde hesaplandığına göre;

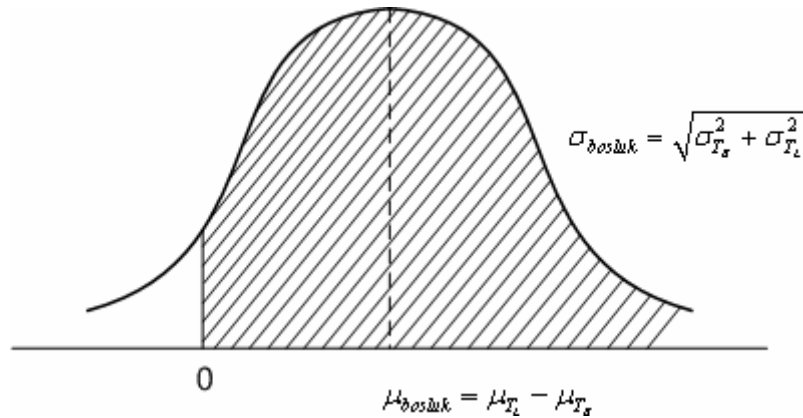
$$Z = \frac{T_S - \mu_{T_E}}{\sigma_{T_E}} \quad (4.4)$$

denleminden Z değeri elde edilebilir. Şekil 4.12’de verilen PERT şebekesi için en fazla 18 birim zamanda bu şebekenin tamamlanma olasılığı aynı zamanda altıncı düğümün 18 nci zaman bitimine kadar bitirilme olasılığının bulunması demektir. $T_S = 18$, Çizelge 4.6’den 6 no’lu düğümün μ_{T_E} ve $\sigma_{T_E}^2$ değerleri sırasıyla 20 ve 10 alınır ise (4.4) no’lu denklemde Z değeri aşağıdaki şekilde -0,64 olarak bulunur.

$$Z = \frac{18 - 20}{\sqrt{10}} = -0,64 \quad (4.5)$$

Standart normal dağılıma ait yaklaşık değerlerden -0,64 Z değerine denk gelen kümülatif olasılık değeri yaklaşık 0,261 olarak hesaplanır. Bu demektir ki Şekil 4.12’de verilen PERT şebekesi için 18 birim zamanda bu şebekenin tamamlanma olasılığı %26,1’dir.

PERT ile birlikte kullanılan bir diğer olasılık bilgisi, belirli bir olayın bir boşluğa sahip olma olasılığının hesaplanmasıdır. T_L ve T_S rasgele değişkenler olduğundan ve bir olaya ait olan boşluğun hesaplanmasında $T_L - T_S$ değeri kullanıldığından hesaplanan boşluğun da rasgele değişken olması gerekmektedir. Bolluk iki bağımsız normal dağılım arasındaki fark olarak tanımlanır. Ortalaması $\mu_{T_L} - \mu_{T_S}$, varyansı $\sigma_{T_L}^2 + \sigma_{T_S}^2$ olan normal dağılıma uygunluk gösterir. Bir boşluğa sahip olma olasılığı 0 noktasının sağ tarafında kalan bölge yardımıyla tespit edilir.



Şekil 4.14 Bolluk olasılığına ilişkin hesaplama

Şekil 4.14’de bu alan gösterilmiştir. 0 noktasına göre taralı alanın hesaplanmasında Z değeri;

$$0 = \mu_{boşluk} + Z \cdot \sigma_{boşluk} \text{ ve } Z = \frac{-\mu_{boşluk}}{\sigma_{boşluk}} = \frac{-(\mu_{T_L} - \mu_{T_E})}{\sqrt{\sigma_{T_L}^2 + \sigma_{T_E}^2}} \text{ şeklinde hesaplanır.}$$

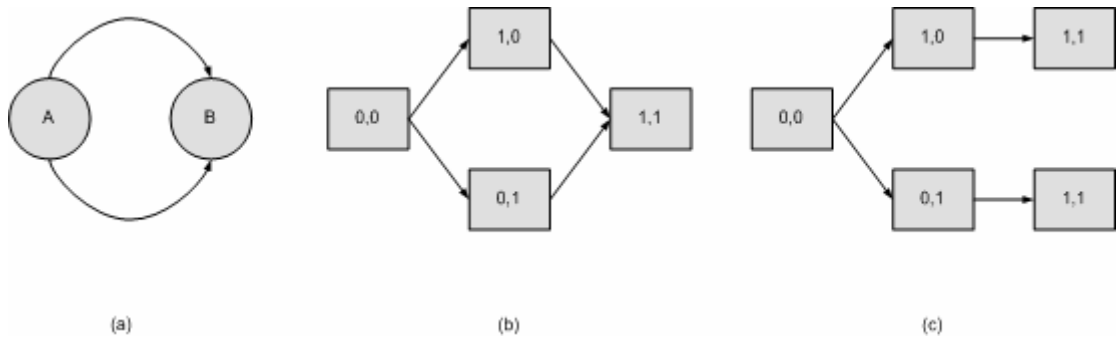
4.3.1.6 PERT Şebekelerinin Çözümlemesinde Farklı Yaklaşımlar

Karmaşık şebeke yapıları ve kesin olmayan faaliyet süreleri ile karşılaşıldığında uygulanması zor olsa da şebeke teknikleri proje çizelgelemesinde çok önemli bir araçtır. Ancak özellikle belirsiz faaliyet süreleri beraberinde birleşik olay çapraz problemini de (merge event bias problem) beraberinde getirmektedir. Bu durumun çözümüne ilişkin farklı sezgisel yaklaşımlar içerisinde PERT-yol (PERT-path) ve PERT-durum (PERT-state) yöntemleri ön plana çıkmaktadır (Albino vd., 1989).

PERT-yol ve PERT-durum yöntemleri, klasik PERT yaklaşımındaki bilgileri kullanarak, şebekeyi, başlangıç düğümünden bitiş düğümüne giden bütün yolları analiz ederek çözümlemeye çalışır.

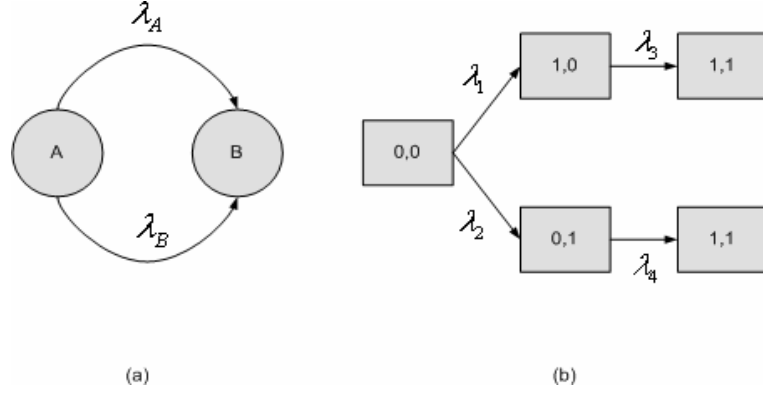
n faaliyetli bir PERT şebekesi için proje durumu (project state) n elemanlı bir $ps = [ps_1, ps_2, \dots, ps_n]$ vektörü ile gösterilebilir. Her bir ps_k bileşeni k faaliyetinin tamamlanması durumunda “1”, aksi taktirde “0” değeri alır. i nci proje gelişimi, $n + 1$ durumun $\pi_i (i = 1, 2, \dots, r)$ r mümkün sırasından biridir.

PERT-yol ve PERT-durum teknikleri bir projenin gelişiminde mümkün olan her yolun anlaşılmasında önemli araçlardır. Şekil 4.15’de basit bir PERT şebekesinin PERT-yol ve PERT-durum teknikleri ile gösterimi verilmiştir (Pontrandolfo, 2000).



Şekil 4.15 (a) Basit PERT Şebekesi, (b) PERT-durum şebekesi, (c) PERT-yol şebekesi

Yukarıda verilen basit PERT şebekesine ait geçiş hesaplamalarını gösteren şebeke Şekil 4.16’de verilmiştir.



Şekil 4.16 PERT şebekesinden PERT-yol şebekesine geçiş

Bu şebekeden hareketle elde edilen geçiş verileri ise Çizelge 4.7’de sunulmuştur.

Geçiş elemanları tespit edilen Şekil 4.16’deki şebekenin mümkün olan yolları ise Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Şayet incelenen iş süreçlerinde bir düğümden çıkan faaliyetlerin oluş olasılıkları %100 ise ve sürecin bünyesinde döngüler yoksa bu durumda yukarıda açıklanan CPM ve PERT tekniklerinin bir sürecin analizinde rahatlıkla kullanılabileceği, yine yukarıda verilen örnekte gösterilmiştir.

Ancak iş sürecinin doğasında varolan olasılıklı dallanmalar ve döngülerin bulunması, süreçlerin daha gerçekçi olarak modellenmesi ve analizinde GERT yöntemini gündeme getirmektedir.

Çizelge 4.7 Şekil 4.16’deki şebekenin geçiş verileri

i	λ_i	Oran	Ortalama Zaman	Varyans	Olasılık
1	$\lambda_A + \lambda_B$	λ_1	$1/\lambda_1$	$(1/\lambda_1)^2$	$\lambda_1/(\lambda_1 + \lambda_2)$
2	$\lambda_A + \lambda_B$	λ_2	$1/\lambda_2$	$(1/\lambda_2)^2$	$\lambda_2/(\lambda_1 + \lambda_2)$
3	λ_B	λ_3	$1/\lambda_3$	$(1/\lambda_3)^2$	1
4	λ_A	λ_4	$1/\lambda_4$	$(1/\lambda_4)^2$	1

Çizelge 4.8 Şekil 4.16’de verilen şebekenin yol verileri

Yol	Ortalama Zaman	Varyans	Olasılık
π_1	$1/\lambda_1 + 1/\lambda_3$	$(1/\lambda_1)^2 + (1/\lambda_3)^2$	$\lambda_1/(\lambda_1 + \lambda_2) \cdot 1$
π_2	$1/\lambda_2 + 1/\lambda_4$	$(1/\lambda_2)^2 + (1/\lambda_4)^2$	$\lambda_2/(\lambda_1 + \lambda_2) \cdot 1$

4.3.2 GERT Şebekeleri

Bir stokastik şebekenin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Her bir şebeke mantıksal işlemleri (operasyonları) gösteren düğümlerden ve ileticilerden (transmisyonlardan) meydana gelmiştir.
- Bir ileti (transmisyon), şebeke tarafından temsil edilen faaliyetin icra edilme olasılığı ile ilişkilendirmiştir.
- Diğer parametreler faaliyetleri tanımlar ki bunlar ileticiler tarafından gösterilir. Bu parametreler zaman ve maliyet gibi genellikle ilave edilebilen parametrelerdir.
- Bir şebekenin gerçekleşmesi, ileticilerin ve düğümlerin belirli bir setidir ki bunlar tek deneme için şebekeyi tanımlar.
- Eğer bir iletici ile ilgili zaman rasgele değişken ise, bu durumda bir gerçekleşme her bir iletici için sabit bir zaman seçildiğine işaret eder.

4.3.2.1 GERT Şebekelerin Yapısı

GERT şebekesi mantıksal düğümler, probabilistik olarak gerçekleşen faaliyetler ve ilave stokastik parametreler ile ifade edilen bir şebekedir.

Mantıksal Düğümler

GERT şebekelerinde bir düğüm girdi ve çıktı tarafı olmak üzere iki ayrı yüze sahiptir. Çizelge 4.9’de farklı girdi ve çıktı kombinasyonlarına göre oluşan düğümler gösterilmiştir.

Düğümün Girdi Tarafı

Çizelge 4.9’de gösterildiği gibi girdi tarafı, Exclusive-Or, Inclusive-Or ve And düğümleri olarak üç farklı şekilde betimlenir.

Çizelge 4.9 GERT şebekelerinde düğüm tipleri

GERT DÜĞÜMÜ		GİRDİ TARAFI		
		EXCLUSIVE-OR	INCLUSIVE-OR	AND
ÇIKTI TARAFI	DETERMİNİSTİK			
	PROBABİLİSTİK			

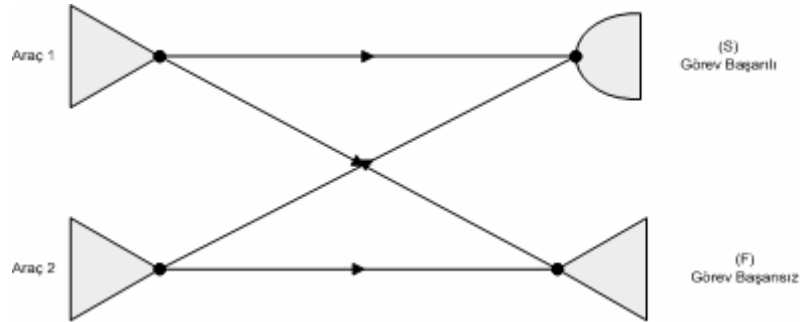
Exclusive-Or, düğüme gelen herhangi bir dalın gerçekleşmesi, bu düğümün gerçekleşmesi anlamına gelir. Verilen bir zamanda düğüme gelen dalların sadece bir tanesi bu zamanda gerçekleşebilir.

Inclusive-Or, düğüme gelen herhangi bir dalın gerçekleşmesi, bu düğümün gerçekleşmesi anlamına gelir. Bu düğümün gerçekleşme zamanı bu düğüme gelen dalların temsil ettiği faaliyetlerden tamamlama süresi en küçük olan faaliyetin süresine eşittir.

And tipinde ise düğümün gerçekleşmesi bu düğüme gelen bütün dalların gerçekleşmesine bağlıdır. Bu sebeple düğümün gerçekleşme zamanı bu düğüme gelen en uzun süreli dal tarafından belirlenir.

Çıkış düğümleri de kendi aralarında iki farklı tipte görülür. Deterministik tipte bir çıktı tarafına sahip olan düğümden çıkan dalların temsil ettiği faaliyetlerin tamamı başlar ve bu dalların tamamı değeri “1” olan bir p parametresine sahiptir. Eğer düğümün çıktı tarafı probabilistik olursa bu durumda bu düğümden çıkan sadece ve sadece bir dal hesaba katılır ve bu dalın temsil ettiği faaliyet başlar.

Modellemede stokastik şebekelerin kullanımına ilişkin en iyi örnek Pritsker tarafından 1966 yılında NASA’da GERT’in tanıtımında kullanılan örnektir. Bu örneğe göre bir uzay görevinde 2 uzay aracının buluşması modellenmiştir. Görevin başarısı için 2 aracında başarılı bir şekilde yüklenmesi gerekir. Bu duruma ait şebeke Şekil 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.17 İki uzay aracının buluşmasına ilişkin stokastik şebeke örneği

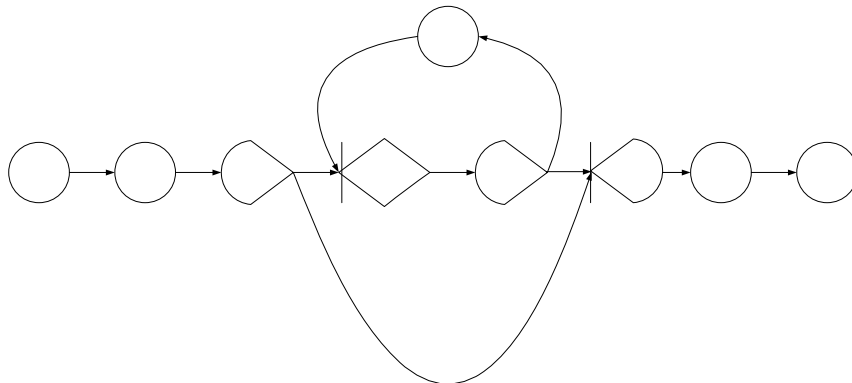
Burada görevin başarılı olduğunu ifade eden “S” düğümünün gerçekleşmesi için düğümün “AND” olmasından dolayı her iki dalın da yani her iki aracın fırlatılması işleminin başarıyla sonuçlanması gerektiği görülmektedir. Inclusive-OR olan “F” düğümüne göre ise araçlardan birinin fırlatma girişiminin başarısız olması görevin başarısız olması ile sonuçlanacaktır. Şekil 4.17’de verilen örnek basit olmakla birlikte bir stokastik şebekenin iletişim kurallarının gösterilmesi açısından kolaylık sağlamaktadır.

Görüldüğü gibi, çoğunlukla bir şebeke yapısı içerisinde verilen süreç modellerinde olduğu gibi, şimdiye kadar proje yapısı içerisinde değerlendirilen proje şebekeleri de süreçlerin

modellenmesinde kullanışlı olabilmektedir. Barjis ve Dietz (1999) ile Hee ve Reijers (2000) bir iş sürecinin arklar ve düğümlerden oluşan bir şebeke yapısı ile modellenebileceğini vurgulamaktadır. Yeni bir siparişin karşılanmasına ilişkin hesaplamalar söz konusu yapı içerisinde rahatlıkla yapılabilir. Bu kapsamda kullanılan tekniklerin en önemlileri Petri Net'ler, Markov Zincirleri, kuyruk şebeke teorisi, CPM, PERT ve GERT yöntemleridir (Reijers, 2002). Yukarıda sayılan yöntemlerin analitik yapısı içerisinde çözüm çoğunlukla simülasyon araçları kullanılarak bulunur. Bu yöntemler içerisinde GERT ön plana çıkmakta olup, bu tekniği diğer tekniklerden üstün kılan özellikler şu şekilde sıralanabilir. Öncelikle faaliyetler için herhangi bir dağılım kullanılabilir. Ayrıca geniş bir şebeke yapısını mümkün kılmaktadır. Çeşitli özelliklere sahip düğümlerle gerçek hayatta karşılan olaylar gerçeğe daha yakın olarak gösterilebilir. Bunun sonucunda elde edilen çözümler gerçek olaylar üzerinde daha kullanışlı olabilir.

İletim (transmittance) Parametreleri

GERT şebekelerinde önemli bir yeri olan iletim parametrelerinin anlaşılması açısından Elmaghraby (1964) tarafından verilen bir örnek üzerinde çalışmak uygun olacaktır. Elektromekanik cihazlar üreten bir firma ele alınmış olsun. Bir kontrol istasyonunda sona eren seri operasyonlar bulunmaktadır. Kontrol edilen ürünler iki alandan birine gönderilmektedir; bu alanlar ileri test sahası veya ayar işlemi sahasıdır. Test sahasındaki ürünler ya kabul edilmekte ve ayar işlemi görmekte ya da reddedilmekte ve tamir sahasına gönderilmektedir. Tamir sahasından çıkan ürün tekrar teste tabi tutulmaktadır. Ayardan sonra ürünler paketlenmekte ve depoya gönderilmektedir. Bu işlemlere ait şebeke ve faaliyet tanımları Şekil 4.18 ve Çizelge 4.10'da verilmiştir. Elmaghraby örneğinden de anlaşıldığı gibi gerçek iş uygulamalarında çeşitli şekillerde ortaya çıkan geri besleme ve geri dönüşler bir GERT şebekesinde rahatlıkla ortaya koyulabilmektedir. Bir düğümden diğer düğüme doğru akan faaliyetler beraberinde verilen yola ait olasılık ve bu yolun kat edilmesine ilişkin zaman dağılımını gösterir.



Şekil 4.18 Elmaghraby tarafından verilen örneğin GERT şeması

Çizelge 4.10 Şekil 4.18'deki GERT şebekesinin faaliyet tanımları

Faaliyet	Anlamı	Parametreler
a	İmalat işlemleri	Üretim süresi
b	Kontrol	Kontrol süresi
c	Kontrolden teste gönderme	Gönderme süresi, ürünün kontrolden başarısız olma olasılığı
d	Kontrolden ayara gönderme	Gönderme süresi; ürünün kontrolden başarılı olma olasılığı
e	Test	Test süresi
f	Testten tamire gönderme	Gönderme süresi; ürünün testten başarısız olma olasılığı
g	Testten ayara gönderme	Gönderme süresi; ürünün testten başarılı olma olasılığı
h	Tamir	Tamir süresi
i	Ayar	Ayar süresi
j	Paketleme	Paketleme süresi

Yukarıdaki açıklamalardan da görüldüğü gibi GERT, PERT ve akış diyagramlarının bazı benzer özellikleri mevcuttur. Bu özellikler ileriki aşamada proje yaklaşımının bir süreç modelleme aracı olarak kullanılmasında yararlı olacaktır. PERT şebekeleri, aslında bütün düğümleri AND ve DETERMİNİSTİK olan bir GERT şebekesidir. Akış diyagramları da aslında birer stokastik şebeke olup, sadece sonradan ilave edilen zaman kavramı bu diyagramlarda sıfır olarak alınmıştır.

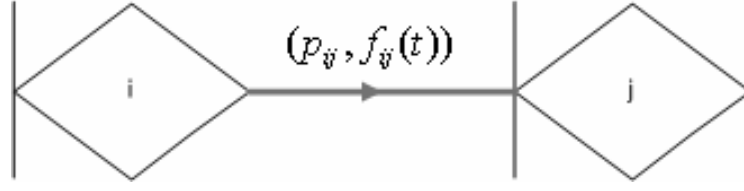
4.3.2.2 GERT Şebekelerinin Analitik Olarak Çözülmesi

- **Topolojik Eşitliklerin Kullanımı**

GERT şebekelerinde iletim parametreleri iki çeşittir;

- Ele alınan yolun gerçekleşme olasılığı, p_{ij} ve
- İletim olayının gösterdiği faaliyetin tamamlanma süresine ait işlev, $f_{ij}(t)$

Bu iki parametre kullanılarak gösterilen bir GERT dalı Şekil 4.19'deki gibi ifade edilir;



Şekil 4.19 Yönlü GERT dalı

Verilen bir yol üzerindeki koşullu olasılık, bütün GERT şebekesinin geliştirilmesinde sabit olarak kabul edilir. t değeri rasgele değişken olarak belirlenir. Bir düğümden çıkan bütün yolların şartlı olasılıkları toplamı 1'e eşit olur.

Akış şeması teorisine göre bir şebekeye ait faaliyetler seri, paralel ve döngü olmak üzere üç şekilde pozisyon alabilirler. Teoriye göre herhangi bir şebeke bu pozisyon özellikleri kullanılarak tek elemanlı bir şebekeye dönüştürülebilir. Ancak şebeke büyüdükçe bu yaklaşımdan ziyade topolojik eşitlikler yardımıyla şebeke temsil edilir. Bu pozisyonlara bağlı olarak olasılık p_e ve beklenen zaman t_e Çizelge 4.11'de gösterildiği şekilde hesaplanır.

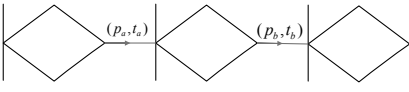
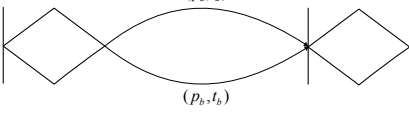
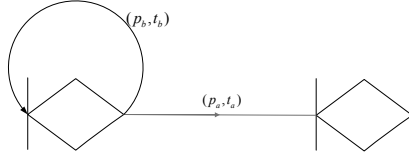
Bir GERT şebekesinin olasılık elemanları çarpımsaldır. Ancak zaman parametresi gibi sonradan ilave edilen parametrelerin normal akış şeması teorisinde iletilmesi için normal akış şeması kurallarına ilave olarak GERT şebekesinde moment yaratan işlevler (MGF: Moment Generating Function) de kullanılmak zorundadır. Pritsker ve Happ (1966), GERT şebekelerinde zamana ait moment yaratan işlevini özellikle iletici işlev olarak kullanmışlardır. Böylece zaman parametresi için rasgele değişkenler kullanma fırsatı yakalanmış olur. Bu yaklaşıma göre iki GERT düğümü arasında zamanın iletilmesi o dala ait gerçekleşme olasılığı ile MGF'nin çarpımı ile rahatlıkla hesaplanır. Şekil 4.20'de bu durum gösterilmiştir.

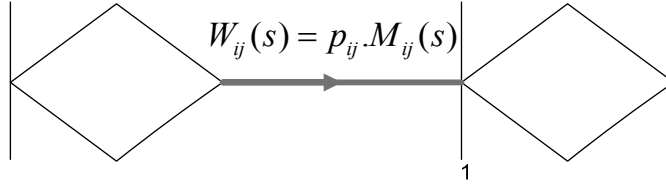
Burada $W_{ij}(s)$, iletici işlev olmaktadır. Çizelge 4.11'de verilen düğüm pozisyonlarına bağlı olarak iletici işlev Çizelge 4.12'de gösterilmiştir.

Bu ilişkileri bir örnek üzerinde açıklamak yerinde olacaktır. Örnekte A, B ve C ile ifade edilen üç oyuncu kendi aralarında bir oyun oynamaktadır. Önce A ve B oynarken C bu oyunun galibi ile oynamak için beklemektedir. C'nin oynadığı oyunun galibi ise ilk maçın yenileni ile oynamaktadır. Başarı için oyuncuların iki kez kazanmaları gerekmektedir. Bu durumun modellendiği GERT şeması Şekil 4.21'de gösterilmiştir.

Burada p_{ij} , i'nin j'yi yenme olasılığı, M_{ij} ile de i'nin j'yi yenmesi için gereken zaman olarak kullanılmaktadır. Burada üç sonuçlu bir şebeke ile karşı karşıyayız. Bu durumda şebekeyi bu üç durum için ayrı ayrı ele almak hesaplama kolaylığı sağlaması açısından uygun olacaktır.

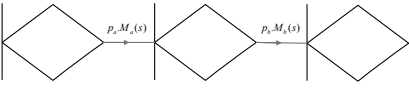
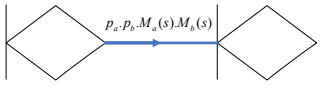
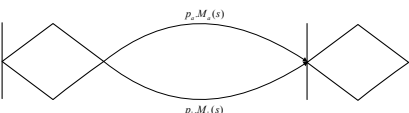
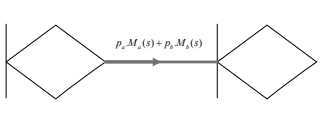
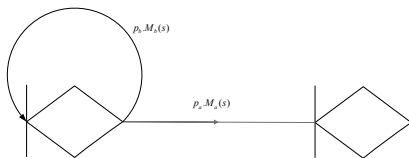
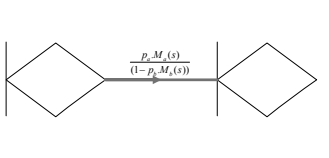
Çizelge 4.11 Düğüm pozisyonlarına göre “p” ve “t” değerlerinin hesaplanması

İlişki Yapısı	Hesaplamalar
	$p_{1,2} = p_a p_b$ $t_{1,2} = t_a + t_b$
	$p_{1,2} = p_a + p_b$ $t_{1,2} = \frac{(p_a t_a + p_b t_b)}{(p_a + p_b)}$
	$p_{1,2} = \frac{p_a}{(1 - p_b)}$ $t_{1,2} = t_a + \left(\frac{p_b}{(1 - p_b)} \right) t_b$

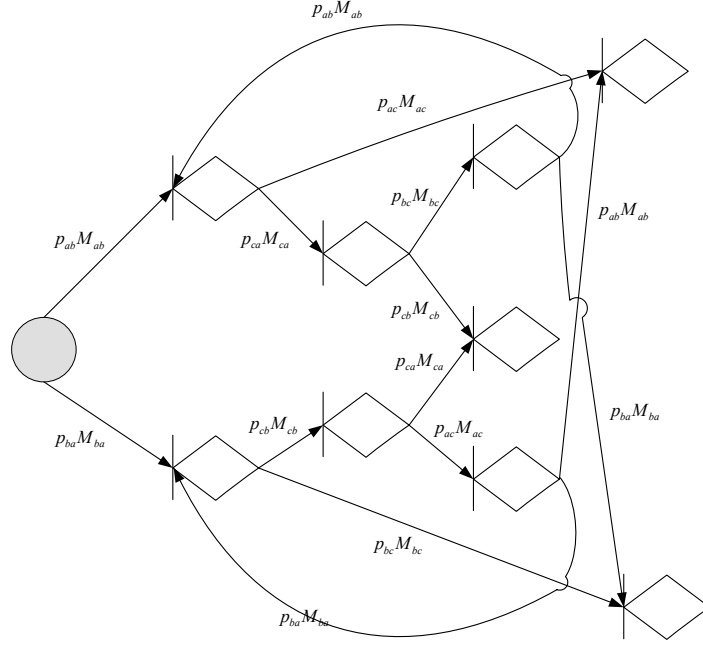


Şekil 4.20 GERT elemanı

Çizelge 4.12 W işlevine bağlı olarak düzenlenmiş düğüm pozisyonları

İlişki Yapısı	İletici İşlev	Değiştirilmiş İlişki
	$W_{1,3}(s) = p_a \cdot p_b \cdot M_a(s) \cdot M_b(s)$	
	$W_{1,2}(s) = p_a \cdot M_a(s) + p_b \cdot M_b(s)$	
	$W_{1,2}(s) = \frac{p_a \cdot M_a(s)}{(1 - p_b \cdot M_b(s))}$	

Öncelikle A2 durumu için yani A oyuncusunun iki sefer kazanması durumunu göz önüne alalım. (3.2) no'lu denklem ile tanımlanan Mason kuralını A2 durumu için uygularsak başlangıç düğümünden A2 düğümüne gitmek için kullanılan iletiler şu şekilde hesaplanabilir;



Şekil 4.21 Üç oyunculu oyun örneğine ait GERT şeması

A1

$$W_{s,A_2}(s) = \frac{W_{ab} \cdot W_{ac} \cdot (1 - W_{cb} \cdot W_{ac} \cdot W_{ba}) + W_{ba} \cdot W_{cb} \cdot W_{ac} \cdot W_{ab} \cdot (1 - W_{ca} \cdot W_{bc} \cdot W_{ab})}{1 - W_{ca} \cdot W_{bc} \cdot W_{ab} - W_{cb} \cdot W_{ac} \cdot W_{ba} + W_{ca} \cdot W_{bc} \cdot W_{ab} \cdot W_{cb} \cdot W_{ac} \cdot W_{ba}} \quad (4.6)$$

Burada p_{s,A_2} değeri $W_{s,A_2}(s)|_{s=0}$ için hesaplanabilir. Çizelge 4.13'de oyuncuların birbirlerine üstün gelme olasılıkları tanımlanmıştır.

Çizelge 4.13 Oyuncuların birbirlerini yenme olasılıkları

Yenme Olasılıkları	A	B	C
A	-	0,3	0,6
B	0,7	-	0,5
C	0,6	0,5	-

B1

Bu veriler ışığında ve $W_{ij} = p_{ij} \cdot M_{ij}$ 'de $M_{ij} = e^s$ dönüşümü ile p_{s,A_2} değeri hesaplanır. Buna göre her bir dala ait iletiler şu şekilde olur;

$$W_{ab} = 0,3.e^s$$

$$W_{ac} = 0,6.e^s$$

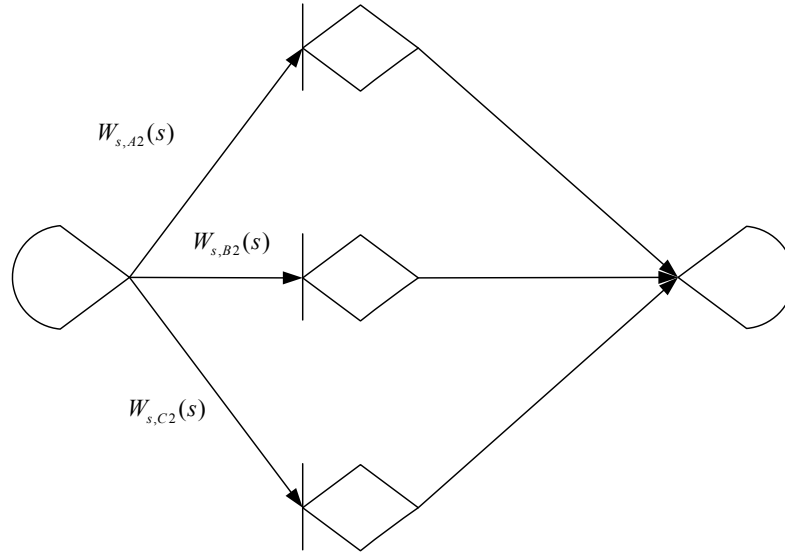
$$W_{ba} = 0,7.e^s$$

$$W_{bc} = 0,5.e^s$$

$$W_{ca} = 0,6.e^s$$

$$W_{cb} = 0,5.e^s$$

(4.6) no'lu denklemde yukarıda tanımlanan dönüşümler yerine konulursa $W_{s,A2}(s)|_{s=0}$ değeri %19 olarak hesaplanır. Aynı şekilde $p_{s,B2}$ ve $p_{s,C2}$ değerleri de sırası ile %46 ve %35 olarak hesaplanır. Görüldüğü gibi $p_{s,A2}$, $p_{s,B2}$ ve $p_{s,C2}$ değerleri toplamı 1'e eşitlenmektedir. Aslında yapılan hesaplamalar sonucunda Şekil 4.21'de verilen GERT şeması Şekil 4.22'de gösterildiği gibi yeniden düzenlenebilir. Burada şunu vurgulamak gerekir ki, GERT yöntemi karmaşık iş süreçlerinin daha özet seviyelerde gösterilmesine de imkan vermesi açısından güçlü bir araç olarak düşünülebilir.



Şekil 4.22 Üç oyunculu oyuna ait GERT şemasının indirgenmesi

Bu bölümde GERT şebekeleri ile temsil edilen stokastik şebekelerin çeşitli istatistikleri nasıl hesapladığından bahsedilmiştir. GERT şebekelerinin bu etkili yönü ile günümüzdeki iş süreçlerinin analizinde yeterli bir araç olduğu düşünülmektedir. Ancak GERT şebeke modellerine destek olması açısından simülasyonun da güçlü bir araç olduğu unutulmamalıdır.

4.4 İş Süreci Modelleme Yöntemlerinin Bir Örnek Üzerinde Gösterilmesi

Buraya kadar yapılan açıklamalarda literatürde ön plana çıkan çeşitli iş süreçleri modelleme yöntemleri hakkında bilgi verilmiş, daha sonra bu modelleme yöntemlerinde gözlenen eksiklerin giderilmesi ve daha gerçekçi modeller elde edilebilmesi açısından stokastik şebeke

kullanımlarına değinilmiş, bu kapsamda mevcut proje çizelgeleme yöntemlerinin stokastik şebeke yapılarında etkili bir şekilde kullanımının mümkün olduğu vurgulanmıştır.

Bu bölümde ise örnek bir iş süreci üzerinde yukarıda bahsedilen yöntemlerin etkinliği araştırılacaktır. Örnek olarak daha önce Şekil 4.18’de Elmagraphy tarafından verilen ayar istasyonu süreci incelenecektir. Bu örneğin seçilmesinin sebebi stokastik şebeke yaklaşımının bir iş sürecinin analizinde nasıl etkili bir şekilde kullanılabilirliğinin gösterilmesidir.

Örneğimizde elektromekanik cihazlar üreten bir firma ele alınmış olsun. Bir kontrol istasyonunda sona eren seri operasyonlar bulunmaktadır. Kontrol edilen ürünler iki alandan birine gönderilmektedir; bu alanlar ileri test sahası veya ayar işlemi sahasıdır. Test sahasındaki ürünler ya kabul edilmekte ve ayar işlemi görmekte ya da reddedilmekte ve tamir sahasına gönderilmektedir. Tamir sahasından çıkan ürün tekrar teste tabi tutulmaktadır. Ayardan sonra ürünler paketlenmekte ve depoya gönderilmektedir.

Burada Çizelge 4.10’dan farklı olarak faaliyetlere ait süreler, faaliyetlerin olma olasılıkları ve bu faaliyetleri yerine getiren iş gücü kaynakları da verilecektir. Buna göre faaliyetler ve bu faaliyetlere ait süreler ve olasılıklar ile kaynaklar Çizelge 4.14’de verilmiştir. Bu modelleme yönteminde faaliyetler kutular ile ifade edilmiş, her faaliyetin önceli ve ardılı olan faaliyetler oklarla birbirlerine bağlanmıştır.

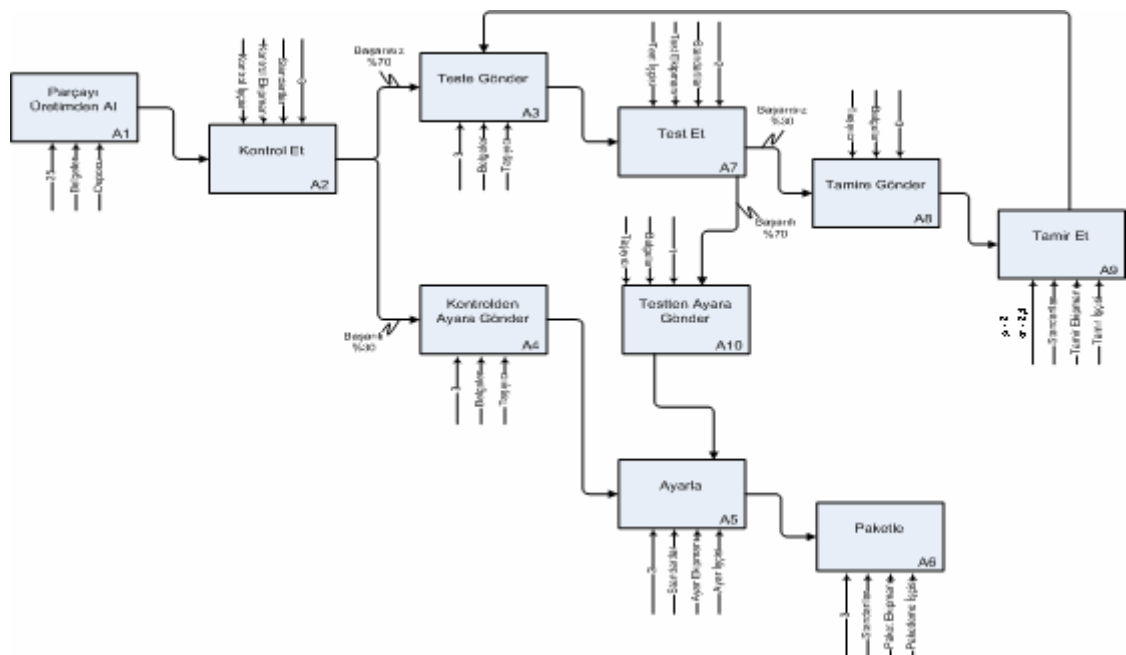
Yine her faaliyet kutusunda o faaliyetin kim tarafından hangi gerekli dokümanlarla yapılacağı belirlenmiş ve her faaliyetin kaç dakika süreceği ise belirtilmiştir. A9 faaliyetinin süresi; ortalaması 2 dakika, standart sapması ise 2,5 dakika olan normal dağılıma uygun olarak verilmiştir.

IDEF0 modeli görsel olarak tatmin edici olsa da faaliyetlerin kutular ile gösterilmesi okların etkili bir şekilde kullanımını engellemiş, özellikle kontrolden ve testten ayara gidişin iki ayrı faaliyet olarak gösterilmesine neden olmuştur. Bunun yanında faaliyetler ile ilgili önemli bilgilerin şemaya dahil edilmesi süreçlerin okunmasını ve anlaşılmasını kolaylaştırıcı bir etkiye sahiptir.

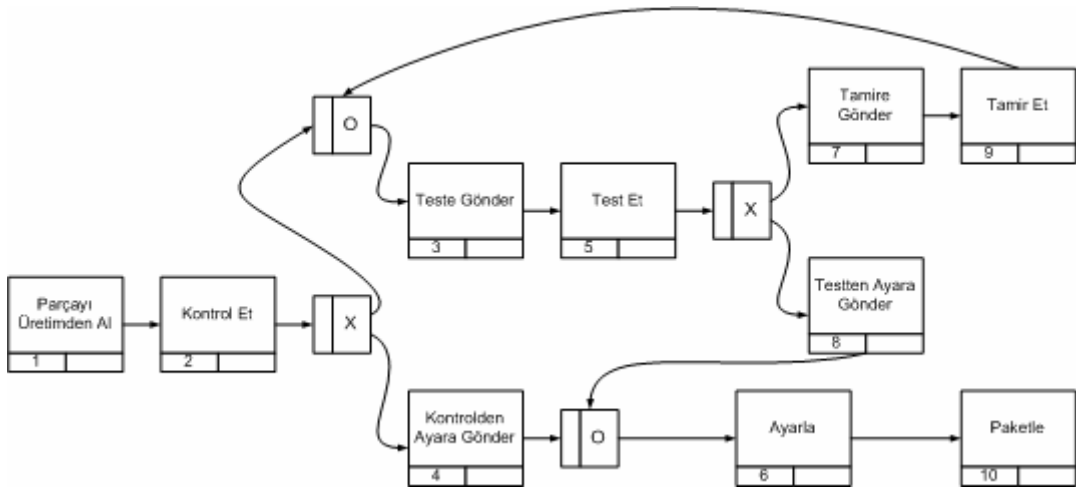
Şekil 4.23’da örnek senaryonun IDEF0 ile modellenmiş hali verilmiştir. Dikkat edileceği gibi, IDEF0 modeli her ne kadar faaliyet süreleri ile ilgili bilgiler verse de sürecin çevrim zamanına ilişkin herhangi bir bilgiyi vermek endişesini taşımaz. Bunun sebebi, IDEF0’ın işlerin nasıl yapıldığından ziyade ne yapıyor sorusuna cevap aramasıdır.

Çizelge 4.14 Ayar istasyonu örneğine ilişkin faaliyet detayları

Faaliyet	Anlamı	Parametreler	Zaman (dk)	Olasılık	Kaynak
a	Parçanın üretimden alınması	Parçanın alınma süresi	25	1	Kontrol Depocusu
b	Kontrol	Kontrol süresi	3	1	Kalite Kontrolcü
c	Kontrolden teste gönderme	Gönderme süresi; ürünün kontrolden başarısız olma olasılığı	3	0,70	Malzeme taşıyıcı
d	Kontrolden ayara gönderme	Gönderme süresi; ürünün kontrolden başarılı olma olasılığı	3	0,30	Malzeme taşıyıcı
e	Test	Test süresi	2	1	Test işçisi
f	Testten tamire gönderme	Gönderme süresi; ürünün testten başarısız olma olasılığı	1	0,30	Malzeme taşıyıcı
g	Testten ayara gönderme	Gönderme süresi; ürünün testten başarılı olma olasılığı	1	0,70	Malzeme taşıyıcı
h	Tamir	Tamir süresi	Normal μ 2 σ 2,5	1	Tamir işçisi
i	Ayar	Ayar süresi	2	1	Ayar işçisi
j	Paketleme	Paketleme süresi	3	1	Ambalaj işçisi

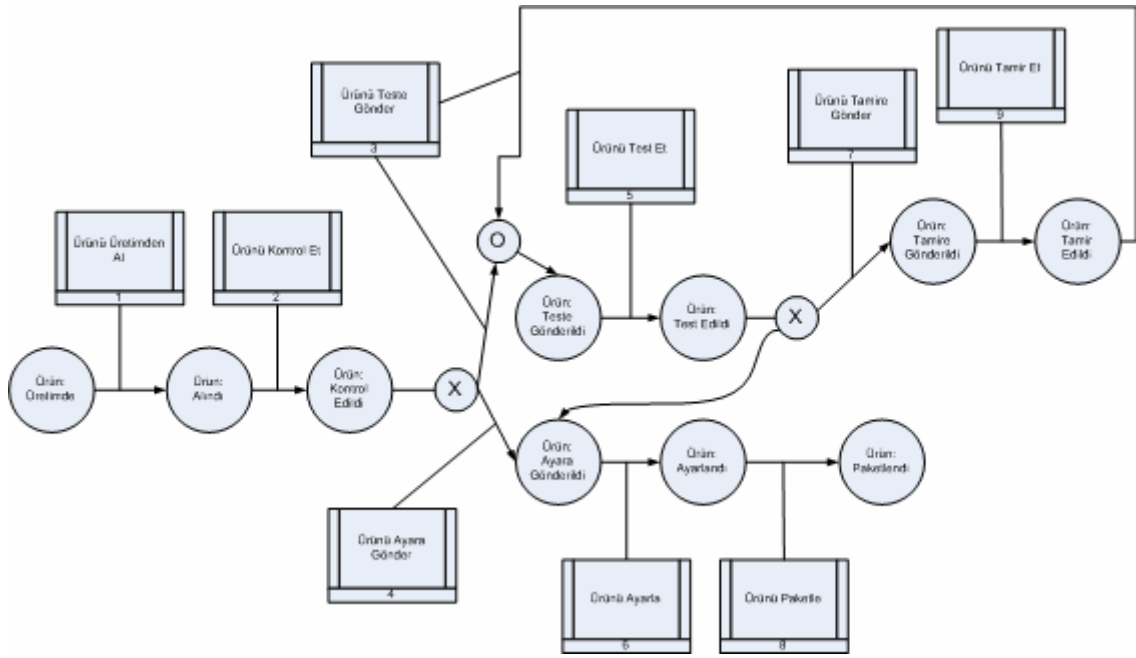


Şekil 4.23 Örnek senaryonun IDEF0 modeli



Şekil 4.24 Örnek senaryonun IDEF3 modeli

Aynı örnek senaryonun IDEF3 ile modellenmiş hali ise Şekil 4.24’da verilmiştir. Daha önce de bahsedildiği gibi IDEF3, IDEF0’dan farklı olarak neyin yapıldığı ile değil işlerin nasıl yapıldığı ile ilgilidir. Bu amaçla PFD ve OSTN olmak üzere iki ayrı şema geliştirilmiştir. Şekil 4.24’da örnek senaryonun PFD modeli verilmiş olup OSTN modeli ise Şekil 4.25’de gösterildiği gibidir.



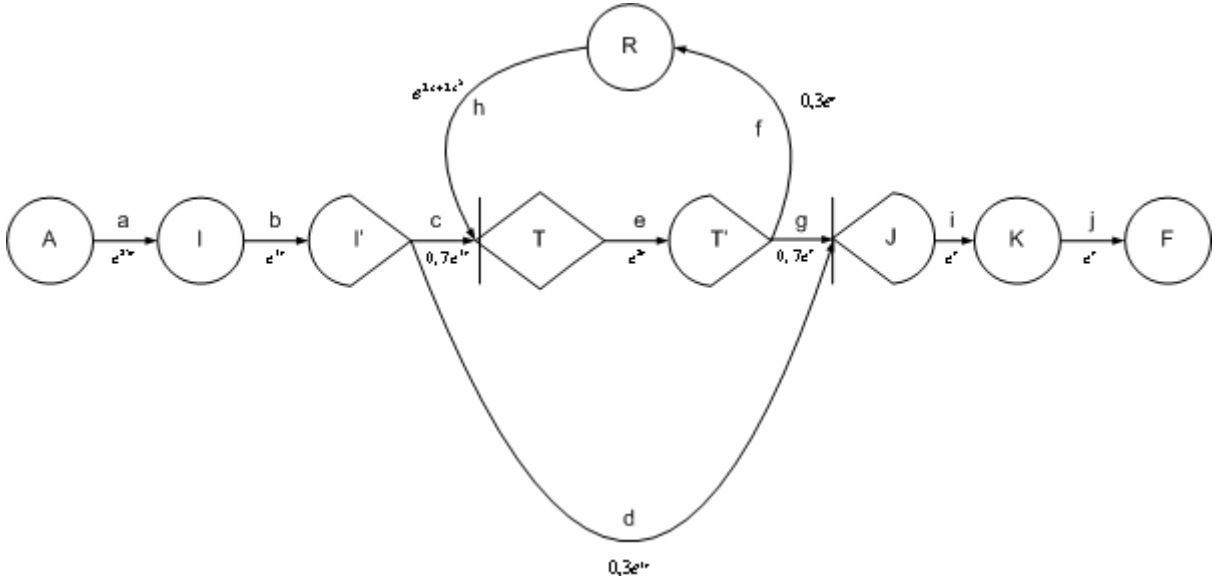
Şekil 4.25 Örnek senaryonun OSTN modeli

IDEF0 ve IDEF3 modelleme yöntemlerinin temel hedefi, faaliyetler arasındaki ilişkilerin yeniden düzenlenmesi ve buna yönelik çalışmalar olduğundan faaliyetlerin yeniden yapılandırılması yanında faaliyetlerin ve süreç bütünüünün zaman açısından değerlendirilmesine yeterli düzeyde eğilmezler. Zaman kavramı özellikle birleşme (junction) kullanılan yerlerde ortaya koyulan durumu netleştirmek amacıyla GANTT şemasına benzer

gösterimlerden yararlanılır. Detaylı zaman hesaplamaları için simülasyon yazılımlarının desteğinden yararlanılır (Mayer vd., 1995).

Ancak süre bilgisi ile desteklenen iş süreci hakkında zamana ilişkin çok önemli analizler yapılabilmektedir. Bu sebeple özellikle stokastik şebeke formunda bulunan iş süreçlerinin analizinde stokastik şebeke özelliklerinden yararlanılarak çeşitli analizler yapılabilir. Ancak şu unutulmamalıdır ki çeşitli nümerik hesaplamalar ile zamana ilişkin olarak hesaplamaların amacı, iş sürecinin zamana dayalı analizini yapmaktır. Bu sebeple özellikle analize dayalı araştırmalarda, sürecin ifade edilmesinde IDEF3 gibi yüksek seviyeli ve güçlü semantik özellikleri barındıran yöntemlerin seçilmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

Şekil 4.26’de, Şekil 4.18’de verilen örnek duruma ilişkin GERT şebekesi ile ve Çizelge 4.14’de verilen veriler ışığında oluşturulmuş yeni GERT şebekesi verilmiştir.



Şekil 4.26 Örnek Senaryonun GERT modeli

(3.2) no’lu denklem ile tanımlanan Mason kuralını Şekil 4.26’de verilen GERT şebekesine uygularsak;

$$W_e(s) = \frac{0,49e^{36s} + 0,3e^{33s} (1 - 0,3e^{5s+2s^2})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2})} \quad (4.7)$$

eşitliği elde edilir. Burada $W_e(s)$ ile başlangıç düğümünden bitiş düğümüne olan iletici işlev ifade edilmiştir. Bu GERT şebekesinin A düğümünden F düğümüne kadar gelebilmesi ihtimali s’ye “0” değeri verilerek bulunur. $s=0$ için $W_e(s)$ ’nin alacağı değer A’dan F’e gidiş olasılığını verecektir. Buna göre;

$$p_e = W_s(s) \Big|_{s=0} = \frac{0,49 + 0,3(1-0,3)}{1-0,3} = 1 \quad (4.8)$$

elde edilir. Sonucun “1” çıkması, bu GERT şebekesinin kesin olarak gerçekleşeceğini ifade etmektedir. Aynı zamanda, bu sonuç bize A ve F düğümlerini birleştiren iletici işlev ile aynı düğümlerin MGF’sinin birbirine eşit olduğunu gösterir. O halde bu işlevin türevini alıp $s=0$ için sonucu araştırdığımızda, A ve F düğümleri arasındaki geçiş süresinin beklenen değerinin elde edileceği açıktır. (4.8) denklemin türevini alıp $s=0$ yaparsak;

$$E(t) = \frac{dM_e(s)}{ds} \Big|_{s=0} = 36,6 \text{ dakika} \quad (4.9)$$

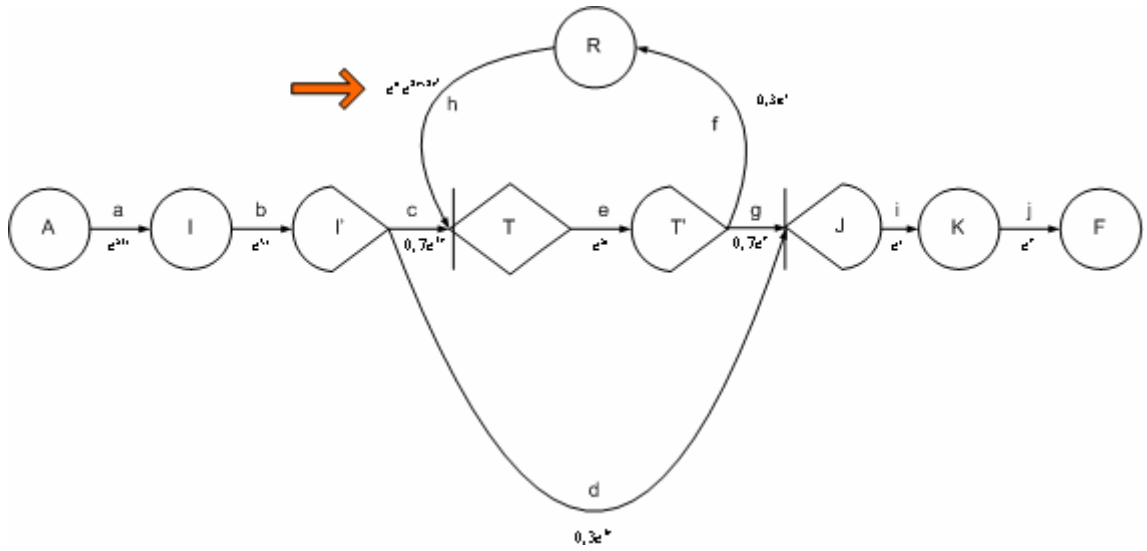
olmaktadır. Yani A’dan F’ye geçişin beklenen süresi 36,6 dakika olmaktadır.

Herhangi bir GERT şebekesinde, grafiğin herhangi bir bölümünün gerçekleşme sayısı, modellenen sistem için önemli istatistikler verebilir. Bir GERT şebekesi dallar ve düğümlerden oluştuğuna göre, her bir dal ve düğüm için bunların gerçekleşme sayıları hesaplanabilir. Bu bilgi, iş sürecinin analizinde faaliyetler ve nesnelerin sürecin başlayıp bitimine kadar kaç kez işlem gördüğü veya ihtiyaç duyulduğuna ilişkin önemli bilgiler vermektedir. Bu bilgilere ulaşmak için sayıcı (counter) denilen ve aşağıda anlatıldığı şekilde şebekeye yansıtılan bir iletici parametreden faydalanılır.

Burada kullanılacak temel düşünce e^c , ileticisinin sorgulanan dallara ilave edilmesidir (Whitehouse, 1973). Burada e^c , 1 sabit sayısının MGF’sine denk olmaktadır. İliştirildiği daldaki zamana ait MGF ise s değerinin “0” eşitlenmesiyle yok edilir ve geriye dalın gerçekleşme sayısını veren sayıcı MGF kalır. Şekil 4.27’de “h” ile gösterilen “tamir” işinin verilen GERT şebekesinde kaç kez tekrar ettiğini bulabilmek için bu faaliyetin iletici işlevinde $e^{2s+2s^2} \rightarrow e^c . e^{2s+2s^2}$ dönüşümü yapılır. Bu durumda $W_e(s)$ işlevi;

$$W_e(s, c) = M(s, c) = \frac{0,49e^{36s} + 0,3e^{33s} (1 - 0,3e^{c+5s+2s^2})}{(1 - 0,3e^{c+5s+2s^2})} \quad (4.10)$$

şekline dönüşür.



Şekil 4.27 Tamir faaliyetinin kaç kez gerçekleştiğini veren dönüşüm

$W_e(s, c)$ işlevinde, yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda $s=0$ olduğunda ise aşağıdaki sonuç elde edilir.

$$M(c, s) \Big|_{s=0} = M(c) = \frac{0,49 + 0,3(1 - 0,3e^c)}{(1 - 0,3e^c)} \quad (4.11)$$

Daha sonra $M(c)$ 'nin c 'ye göre türevi alındığında ve $c=0$ yapıldığında ise yani MGF'nin birinci momentli alınıp $c=0$ yapıldığında elde edilen sonuç bize "h" faaliyetinin kaç kez tekrarlandığını verecektir. Buna göre;

$$E(say) = \frac{dM(c)}{dc} \Big|_{c=0} = -\frac{0,09e^c}{1 - 0,3e^c} + \frac{0,3e^c(0,49 + 0,3(1 - 0,3e^c))}{(1 - 0,3e^c)^2} \Big|_{c=0} = \frac{3}{10} \quad (4.12)$$

olmaktadır.

Diğer dallara ilişkin hesaplamalar ise Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Bir GERT şebekesinde dalların yani faaliyetlerin tekrarları hesaplanabildiği gibi, düğümlerin yani nesnelerin de tekrarlarının hesaplanabilmesi mümkündür. Bunun için faaliyet tekrarlarına benzer şekilde bir e^c parametresinin incelenen düğüme giren bütün faaliyetlere eklenmesi yeterli olacaktır. Bunun sebebi, bu düğüme giren dalların geçiş değerlerinin toplamının bu düğümün gerçekleşme sayısına eşit olmasıdır.

Örnek durumda "d" ve "g" faaliyetlerinin girdiği "J" düğümünün kaç kez oluştuğu sorusuna cevap aranacaktır. Bunun için d ve g faaliyetlerine e^c parametresi eklenecek ve elde edilen şebekeye daha önce dal hesaplamalarına uygulanan yöntem uygulanacaktır. Şebekenin "J"

düğümünün tekrar sayısını verecek şekilde yeniden düzenlenmiş hali Şekil 4.28’de verilmiştir.

Bu durumda Mason kuralına göre A düğümünde F düğümüne geçiş işlevi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$W_e(s, c) = \frac{0,49e^{36s+c} + 0,3e^{33s+c} (1 - 0,3e^{5s+2s^2})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2})} \quad (4.13)$$

Denklem (4.13)’de $s=0$ yapıldığında tekrar sayısını verecek işlevin MGF’si elde edilir. Bu durumda;

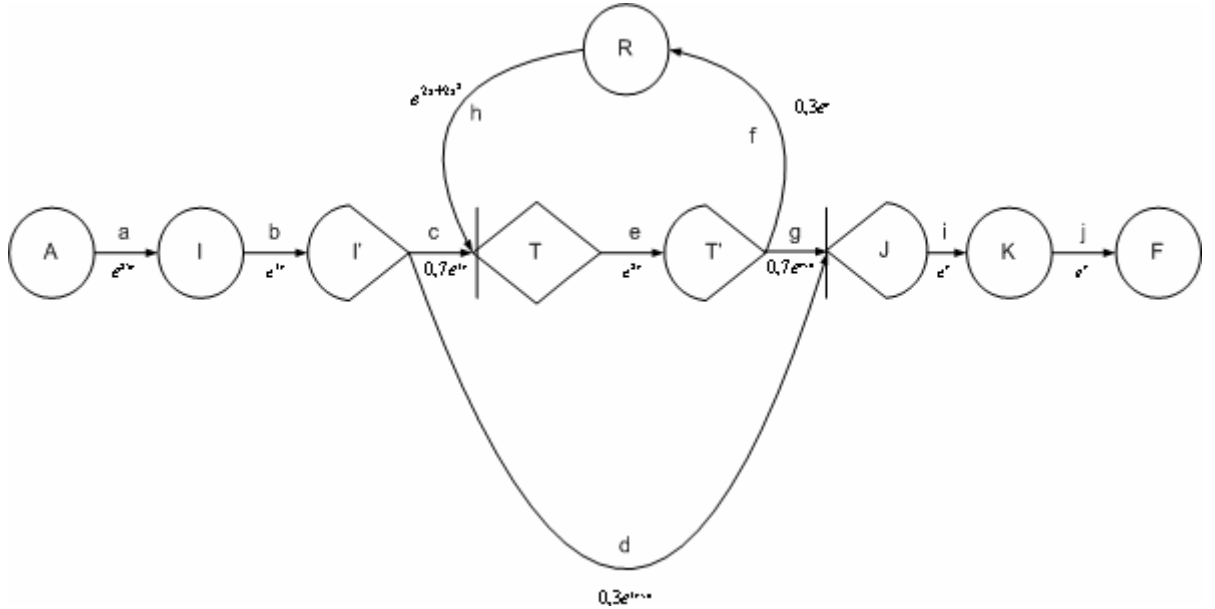
$$W_e(s, c)|_{s=0} = M(c) = \frac{0,49e^c + 0,3e^c (1 - 0,3)}{(1 - 0,3)} \quad (4.14)$$

elde edilir.

$M(c)$ işlevinin c ’ye göre türevi alındığında ise;

$$E(say) = \left. \frac{dM(c)}{dc} \right|_{c=0} = 1 \quad (4.15)$$

sonucuna varılır. Diğer düğümler için yapılan hesaplamalar Çizelge 4.16’de verilmiştir.



Şekil 4.28 J düğümünün tekrar sayısının bulunmasına ilişkin GERT şebekesi

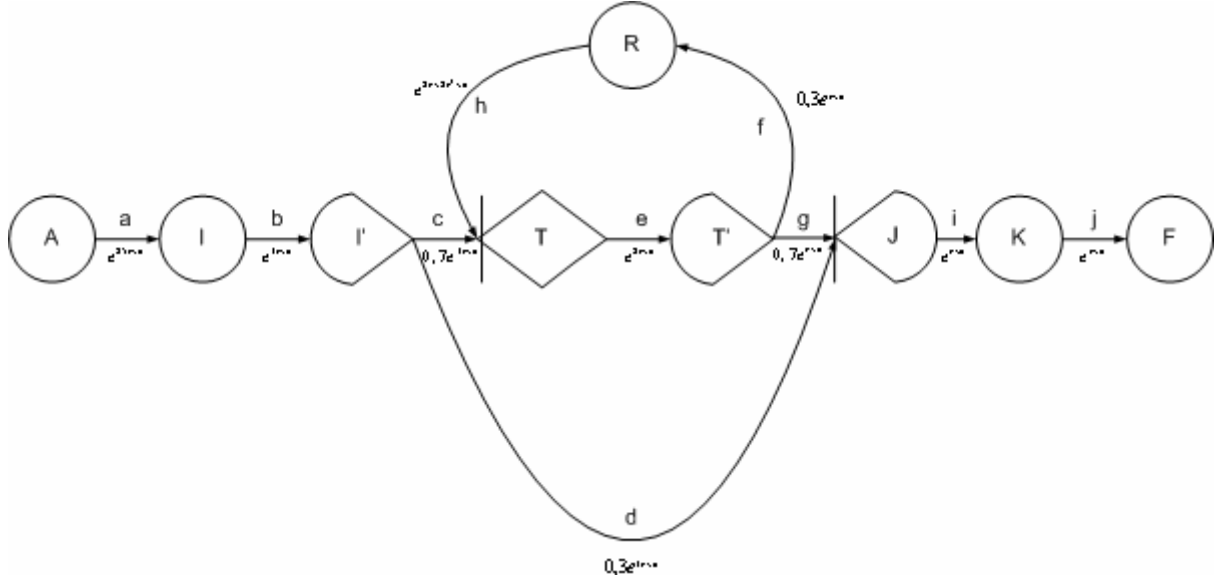
Bu bilgilere ilave olarak, GERT ile modellenmiş bir iş süreci şebekesinde, belirli bir grup şebeke elemanının içinden kaç kez geçildiğine dair bir bilgi de kullanışlı olabilmektedir.

Çizelge 4.15 Örnek senaryo faaliyetlerine ilişkin tekrarlama $E(say)$ sayıları

Faaliyet	Dönüşüm	$W_e(s,c)$	$M(c)$	$E(say)$
a	e^{25s+c}	$\frac{0,49e^{36s+c} + 0,3e^{33s+c} (1 - 0,3e^{5s+2s^2})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2})}$	$\frac{0,49e^c + 0,3e^c (1 - 0,3)}{(1 - 0,3)}$	1
b	e^{3s+c}	$\frac{0,49e^{36s+c} + 0,3e^{33s+c} (1 - 0,3e^{5s+2s^2})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2})}$	$\frac{0,49e^c + 0,3e^c (1 - 0,3)}{(1 - 0,3)}$	1
c	$0,7e^{3s+c}$	$\frac{0,49e^{36s+c} + 0,3e^{33s} (1 - 0,3e^{5s+2s^2})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2})}$	$\frac{0,49e^c + 0,3(1 - 0,3)}{(1 - 0,3)}$	$\frac{7}{10}$
d	$0,3e^{3s+c}$	$\frac{0,49e^{36s} + 0,3e^{33s+c} (1 - 0,3e^{5s+2s^2})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2})}$	$\frac{0,49 + 0,3e^c (1 - 0,3)}{(1 - 0,3)}$	$\frac{3}{10}$
e	e^{2s+c}	$\frac{0,49e^{36s+c} + 0,3e^{33s} (1 - 0,3e^{5s+2s^2+c})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2+c})}$	$\frac{0,49e^c + 0,3(1 - 0,3e^c)}{(1 - 0,3e^c)}$	1
f	$0,3e^{s+c}$	$\frac{0,49e^{36s} + 0,3e^{33s} (1 - 0,3e^{5s+2s^2+c})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2+c})}$	$\frac{0,49 + 0,3(1 - 0,3e^c)}{(1 - 0,3e^c)}$	$\frac{3}{10}$
g	$0,7e^{s+c}$	$\frac{0,49e^{36s+c} + 0,3e^{33s} (1 - 0,3e^{5s+2s^2})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2})}$	$\frac{0,49e^c + 0,3(1 - 0,3)}{(1 - 0,3)}$	$\frac{7}{10}$
h	Denklem (4.10), (4.11) ve (4.12)'de verilmiştir.			
i	e^{s+c}	$\frac{0,49e^{36s+c} + 0,3e^{33s+c} (1 - 0,3e^{5s+2s^2})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2})}$	$\frac{0,49e^c + 0,3e^c (1 - 0,3)}{(1 - 0,3)}$	1
j	e^{s+c}	$\frac{0,49e^{36s+c} + 0,3e^{33s+c} (1 - 0,3e^{5s+2s^2})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2})}$	$\frac{0,49e^c + 0,3e^c (1 - 0,3)}{(1 - 0,3)}$	1

Süreç, bir durumdan diğerine geçmeden önce belirli bir şebeke eleman grubunun kaç kez meydana geleceğinin belirlenmesinde faydalı olmaktadır. Asıl ilgi alanı kaynak düğümünden

hedef düğüme geçiş sayısının araştırılması olmakla birlikte belirli eleman grupları için de uygulanabilen bu yöntemde, şebekedeki bütün faaliyetlere e^c ilave edilir. Örnek senaryonun bu açıdan ele alınması sonucunda ortaya çıkan yeni şebeke Şekil 4.29’da verilmiştir.



Şekil 4.29 Geçiş sayısının hesaplanmasına ilişkin GERT şebekesi

A düğümünden F düğüme geçiş işlevi aşağıda verilmiştir.

$$W_e(s, c) = \frac{0,49e^{36s+7c} + 0,3e^{33s+5c} (1 - 0,3e^{5s+2s^2+3c})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2+3c})} \quad (4.16)$$

Buna göre $W_e(s, c)$ 'de $s=0$ yapılırsa aşağıdaki sonuç elde edilir.

$$W_e(s, c)|_{s=0} = M(c) = \frac{0,49e^{36s+7c} + 0,3e^{33s+5c} (1 - 0,3e^{5s+2s^2+3c})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2+3c})} \quad (4.17)$$

$M(c)$ 'nin c 'ye göre türevi alınıp $c=0$ yapılırsa bu durumda başlangıç ve bitiş düğümleri arasındaki geçiş sayısı hesaplanır.

$$E(say) = \left. \frac{dM(c)}{dc} \right|_{c=0} = 7,3 \quad (4.18)$$

4.4.1 Koşullu MGF'nin Elde Edilmesi

Bu bölümde tek bir parametre içeren koşullu MGF'nin nasıl elde edileceğine değinilecektir.

Bir iş süreci şebekesinde bir faaliyet (dal) ile ilişkilendirilmiş W geçiş fonksiyonu, z gibi bir belirsiz değişken ile çarpıldığında bir yaratıcı işlev (generating function) oluşturulması sağlanabilir. Burada z 'nin kuvveti, söz konusu faaliyet üzerinden kaç kez geçildiğini verir.

Çizelge 4.16 Döğümlere ilişkin tekrarlama $E(say)$ sayıları

Faaliyet	Dönüşüm	$W_e(s,c)$	$M(c)$	$E(say)$
A	Başlangıç döğümü			1
I	a e^{25s+c}	$\frac{0,49e^{36s+c} + 0,3e^{33s+c} (1 - 0,3e^{5s+2s^2})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2})}$	$\frac{0,49e^c + 0,3e^c (1 - 0,3)}{(1 - 0,3)}$	1
I'	b e^{3s+c}	$\frac{0,49e^{36s+c} + 0,3e^{33s+c} (1 - 0,3e^{5s+2s^2})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2})}$	$\frac{0,49e^c + 0,3e^c (1 - 0,3)}{(1 - 0,3)}$	1
T	c $0,7e^{3s+c}$ h e^{2s+3s^2+c}	$\frac{0,49e^{36s+c} + 0,3e^{33s} (1 - 0,3e^{5s+2s^2+c})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2+c})}$	$\frac{0,49e^c + 0,3(1 - 0,3e^c)}{(1 - 0,3e^c)}$	1
T'	e e^{2s+c}	$\frac{0,49e^{36s+c} + 0,3e^{33s} (1 - 0,3e^{5s+2s^2+c})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2+c})}$	$\frac{0,49e^c + 0,3(1 - 0,3e^c)}{(1 - 0,3e^c)}$	1
R	f $0,3e^{s+c}$	$\frac{0,49e^{36s} + 0,3e^{33s} (1 - 0,3e^{5s+2s^2+c})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2+c})}$	$\frac{0,49 + 0,3(1 - 0,3e^c)}{(1 - 0,3e^c)}$	$\frac{3}{10}$
J	Denklem (4.13), (4.14) ve (4.15)'de hesaplanmıştır.			
K	i e^{s+c}	$\frac{0,49e^{36s+c} + 0,3e^{33s+c} (1 - 0,3e^{5s+2s^2})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2})}$	$\frac{0,49e^c + 0,3e^c (1 - 0,3)}{(1 - 0,3)}$	1
F	j e^{s+c}	$\frac{0,49e^{36s+c} + 0,3e^{33s+c} (1 - 0,3e^{5s+2s^2})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2})}$	$\frac{0,49e^c + 0,3e^c (1 - 0,3)}{(1 - 0,3)}$	1

Eğer z ile etiketlenmiş dalların j kez ele alındığı bir şebeke ile ilgili W işlevi olarak $W(s|j)$ tanımlanırsa, bu durumda şebeke ile ilgili eşdeğer işlev, bir yaratıcı işlev olarak yazılabilir (Whitehouse, 1973). Bu durum aşağıda gösterilmiştir.

$$W(s, z) = W(s|0) + W(s|1)z + W(s|2)z^2 + \dots + W(s|j)z^j$$

$$= \sum_{j=0}^{\infty} W(s|j)z^j \quad (4.19)$$

Burada $W(s|j)$ ile şebekeye ilişkin koşullu W işlevi ifade edilmekte olup z ile etiketlenmiş dalların j kez tekrar ettiği belirtilmiştir.

Daha önce de belirtildiği gibi bir dala ait iletici fonksiyon o dalın olasılığı ile MGF'sinin çarpımına eşittir. Bu durumda koşullu W işlevi de aynı şekilde;

$$W(s|j) = p(j)M(s|j) \quad (4.20)$$

olmaktadır. Burada j 'nin gerçekleşme olasılığı MGF'de $s=0$ alınarak hesaplanabilir.

$$p(j) = W(0|j) \quad (4.21)$$

Koşullu W işlevi, W yaratıcı işlevinden aşağıdaki şekilde elde edilebilir.

$$W(s|j) = \frac{1}{j!} \frac{\delta^j W(s, z)}{\delta z^j} \Big|_{z=0} \quad (4.22)$$

Daha sonra hesaplamalarda gerekecek $p(j)$ ve $M(s|j)$ ise denklem (4.21) ve (4.20)'den bulunur.

Örnek senaryomuzda “e” ile gösterilen test işleminin 2 kez yapılma olasılığı, yukarıdaki yöntemle hesaplanacaktır. Bunun için “e” faaliyeti, z tanımsız değişkeni ile etiketlenir ve Mason kuralına uygun olarak şebeke eşdeğer işlevi yazılır.

$$W_e(s, z) = \frac{0,49ze^{36s} + 0,3e^{33s} (1 - 0,3ze^{5s+2s^2})}{(1 - 0,3ze^{5s+2s^2})} \quad (4.23)$$

“e” faaliyetinin iki kez tekrar etme durumu araştırıldığından $j=2$ alınmaktadır. Denklem (4.22)'den;

$$W(s|2) = \frac{1}{2!} \frac{\delta^2 W(s, z)}{\delta z^2} \Big|_{z=0} \quad (4.24)$$

elde edilir.

$$\frac{\partial^2 W(s, z)}{\partial z^2} = \frac{0,6e^{5s+2s^2} (0,49e^{36s} - 0,09e^{38s+2s^2})}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2} z)^2}$$

$$+ \frac{0,18e^{10s+4s^2} (0,49e^{36s} z + 0,3e^{33s} (1 - 0,3e^{5s+2s^2} z))}{(1 - 0,3e^{5s+2s^2} z)^3} \quad (4.25)$$

olduğundan z 'ye 0 değeri verdiğimizde;

$$\left. \frac{\partial^2 W(s, z)}{\partial z^2} \right|_{z=0} = 0,054e^{43s+4s^2} + 0,6e^{5s+2s^2} (0,49e^{36s} - 0,09e^{38s+2s^2}) \quad (4.26)$$

elde edilir ki denklem (4.24)'da, denklem (4.26)'i yerine koyduğumuzda denklem (4.27)'deki sonuca ulaşılır.

$$W(s|2) = \frac{0,054e^{43s+4s^2} + 0,6e^{5s+2s^2} (0,49e^{36s} - 0,09e^{38s+2s^2})}{2} \quad (4.27)$$

Bu durumda e faaliyetinin 2 kez gerçekleşme olasılığını veren $p(2)$ değeri aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$p(2) = w(0|2) = 0,147 \quad (4.28)$$

Sonuç olarak, “e” ile gösterilen test faaliyetinin iş süreci şebekesinin 1 kez gerçekleşmesi sırasında test işleminin 2 kez gerçekleşme olasılığı %14,7’tür.

Burada akıllara başka bir soru daha gelmektedir. Bu durumda, yani test faaliyetinin 2 kez gerçekleşmesi durumunda şebekenin gerçekleşme süresi ne olacaktır? Bu sorunun cevabını verebilmek için koşullu MGF’yi ifade eden $M(s|j)$ ’yi hesaplamak gerekmektedir. Bu değer hesaplanması için, denklem (4.20)’i kullanmak yerinde olacaktır. Bu durumda;

$$M(s|2) = \frac{0,054e^{43s+4s^2} + 0,6e^{5s+2s^2} (0,49e^{36s} - 0,09e^{38s+2s^2})}{0,147} \quad (4.29)$$

elde edilir. Test faaliyetinin 2 kez gerçekleştiği örnek GERT şebekesinin ne kadar sürede gerçekleşeceğine dair bir hesaplama yapılırsa $M(s|j)$ ’nin s ’ye göre türevine bakılması gerekir. Bu durumda;

$$\left. \frac{dM(s|2)}{ds} \right|_{s=0} = 41 \quad (4.30)$$

elde edilir.

Sonuç olarak bu şebekede test faaliyetinin 2 kez gerçekleşmesi durumunda şebekenin beklenen gerçekleşme zamanı “41 dakika” olacaktır.

Bir iş süreci şebekesinde bir nesneden (düğümünden) ilk kez geçme zamanı bu nesneye gelen faaliyetlerin “z” ile etiketlenmesi sonucunda rahatlıkla bulunabilir. Daha sonra şebeke, başlangıç düğümünden, ilgilenilen düğüme kadar hesaplanır. Hesaplanan işlev, W yaratıcı işlev olduğundan $W(s|1)$ ilk geçiş için ilgili düğüme gelen yolu temsil eder. Buradan yola çıkarak bu yola ait MGF ise aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$M(s)_{ilk\ geçiş\ zamanı} = \frac{\left. \frac{\delta W(s, z)}{\delta z} \right|_{z=0}}{\left. \frac{\delta W(s, z)}{\delta z} \right|_{\substack{s=0 \\ z=0}}} \quad (4.31)$$

Örnek senaryomuzda, “T” ile gösterilen teste gönderildi nesnesinden ilk geçişi hesaplamak için önce bu nesneye giren faaliyetler olan “c” ve “h” faaliyetlerine “z” etiketi yerleştirilir ve başlangıç düğümünden “T” düğümüne kadar olan şebeke bölümü hesaplanır.

$$W(s, z) = \frac{0,7e^{31s}z}{(1-0,3e^{5s+2s^2}z)} \quad (4.32)$$

Burada denklem (4.31)’ü uygularsak;

$$\begin{aligned} \left. \frac{\delta W(s, z)}{\delta z} \right|_{z=0} &= 0,7e^{31s} \\ \left. \frac{\delta W(s, z)}{\delta z} \right|_{\substack{s=0 \\ z=0}} &= 0,7 \end{aligned} \quad (4.33)$$

$$M(s)_{ilk\ geçiş\ zamanı} = \frac{0,7e^{31s}}{0,7} = e^{31s}$$

sonucu elde edilir. Bir genelleme yapılırsa; n kez tekrarlanan bir düğümden (nesneden) n nci kez geçme zamanı aşağıdaki şekilde bulunabilir.

$$M(s)_{n\ nci\ geçiş\ zamanı} = \frac{\left. \frac{\delta^n W(s, z) \text{ düğüme}}{\delta z^n} \right|_{z=0}}{\left. \frac{\delta^n W(s, z) \text{ düğüme}}{\delta z^n} \right|_{\substack{s=0 \\ z=0}}} \quad (4.34)$$

4.4.2 IDEF0, IDEF3 ve GERT Yöntemlerinin Örnek Durumdan Elde Edilen Sonuçlar Işığında Karşılaştırılması

Faaliyet ve nesnel yapıdaki şebekeleri temsilen seçilen IDEF0 ve IDEF3 modelleme yöntemleriyle stokastik şebekeleri temsilen seçilen GERT modelleme tekniği çeşitli açılardan değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara varılabilir.

4.4.2.1 Ölçebilirlik

Modelin çeşitli performans kriterlerine ulaşım imkanının olup olmadığı bu özelliğin kapsamına girer. Bir modelleme yöntemi, modelleme amacının ne olduğuna göre farklı tasarım özellikleri gerektirir. Eğer amaç model bileşenleri hakkında detaylı nümerik analizler yapmak ise bu durumda modelleme öncesinde, sırasında ve sonrasında mutlak surette

ölçebilirlik özelliğinin ön plana çıkarılması gerekmektedir. Bu özellik açısından bakıldığında IDEF0 ve IDEF3 modelleme yöntemlerinin sadece faaliyetler arası ilişkilerin yapısal özellikleri ile ilgilenmesi sebebiyle ölçebilirlik özelliğini desteklemediğini söylemek mümkündür. Bu durum diğer iş süreci modelleme yöntemlerinin bir çoğunda da görülmektedir.

4.4.2.2 Ölçeklenirlik

İş sürecinin basit veya karmaşık yapısına uygun olarak modelleme yeteneğinin olması bu özelliğin modelleme yöntemi tarafından kapsandığı anlamına gelmektedir. Bu açıdan bakıldığında IDEF0 ve IDEF3 yöntemlerinin daha çok ön plana çıktığı düşünülebilir. Ancak özetleme kabiliyetinin olması GERT şebekelerinin de küçük parçalar halinde kullanım etkinliğini artırdığı göz önüne alındığında modelleme yöntemleri arasında önemli bir farkın olmadığı görülebilir.

4.4.2.3 Formal Yapı

Formal yapı, modelleme yönteminin bir süreci tanımlarken kullandığı gösterim ve dilinin ne kadar formal ve kesin kullanabildiğini göstermesi ile ilgili özelliklerdir. Bazı modelleme yöntemleri çok iyi tanımlanmış bir gösterime sahipken bazıları da sadece ana hatları takip etmekle yetinir. Formal yapı açısından bakıldığında IDEF0 ve IDEF3 yöntemlerinin çeşitli gösterim ve semantik özellikleri açısından iş sürecini temsil kabiliyetlerinin çok gelişmiş olduğu sonucuna varılabilir. Diğer taraftan faaliyet sıralarını ve nesnel özellikleri ön plana çıkarmakla yetinen ve asıl amacı farklı nümerik özellikleri hesaplama olan GERT gibi yöntemler ise bu konuda yetersiz olabilmektedir.

4.4.2.4 Kullanım Kolaylığı

Model onu kuran kadar onu kullanan personel tarafından da yeterince anlaşılabilir olmalıdır. Model elemanları ve işlevleri yeterince iyi tanımlanırsa ve yeterli düzeyde eğitim ortamı oluşturulursa bu özelliğin bütün modelleme yöntemleri tarafından kapsanması sağlanabilir. Birçok iş süreci modelleme yöntemlerinin işlerin yerine getirilmesindeki gerçekçiliği yansıtmak için iş süreci elemanlarının süreç modelinde gösterilmesini savunmaktadır. Bu da söz konusu modelleme yönteminin kendine has bir takım özel sembol ve açıklama elemanlarına sahip olmasına sebep olur. Modellemenin amacı iş sürecinin zaman boyutunda ele alınması ise, bu durumda kullanılan semboller ve açıklamalar yani modelleme yönteminin semantik özellikleri modelleyici ve kullanıcılar için büyük bir zorluk oluşturabilir. Çünkü modele ilave edilen her bir özellik modelin karmaşık bir yapıya kavuşması ile son bulur.

4.4.2.5 Yasalaştırma

Yasalaştırma özelliği, modelleme yönteminin bir sürecin uygulanmasını ve kurallarının ortaya konulmasını ne derecede başardığı ile ilgilidir. Model kurulduktan sonra, model üzerindeki denemeler ve bu denemelerin sonuçlarının alınması farklı yöntemlerin kullanılmasını gerektirebilmektedir. Özellikle simülasyon teknikleri bu konuda başvurulan en önemli araçlardandır. Ancak bazı modelleme teknikleri hem kendi kuralları doğrultusunda çalışırken hem de direkt olarak bir simülasyon diline çevrilebilmektedir. Bu konuda GERT yönteminin altyapısını oluşturduğu VISUAL SLAMII (AWESIM) simülasyon yazılımı oluşturulmuştur (Pritsker, 1986).

Yukarıda değinilen modelleme yöntemlerine model özellikleri açısından genel olarak bakıldığında IDEF0, IDEF3 ve bu yöntemlere benzer modelleme araçlarının geleneksel iş süreci geliştirme mantığı ve iş süreci tanımı çerçevesinde iş süreçlerini faaliyetlerin mantıksal bir sırası olarak gördükleri ve bu bağlamda iş sürecinin geliştirilmesine yönelik yapılan çalışmalarda kullanılabildikleri sonucuna varılmıştır. Diğer yandan GERT, Petri-nets gibi stokastik şebekelerin ise iş süreçlerini faaliyetlerin mantıksal sıralaması yanında aynı zamanda çeşitli performans kriterleri bakımından ele aldıkları görülmüştür. Bu sebeple yapılan hesaplamalardan da görüldüğü gibi, iş süreçlerinin bir çizelgeleme yöntemi doğrultusunda mutlak surette ele alınması, özellikle yeni tasarlanan iş süreçleri ile bu süreçlerden önce çalışan eski iş süreçlerinin yapılan değişikliklerin sonucu açısından ele alınarak karşılaştırılmaları, iş süreçlerinin ait olduğu organizasyonlar açısından çok kritik bir durum yaratmaktadır. İş süreçleri işletilmeye başlatıldıktan sonra değişim ihtiyaçlarının bu süreçlere yansıtılması zor olmakta, nadir de olsa bu tür değişiklerin organizasyonu çalışamaz duruma getirmesi söz konusu olmaktadır. Bu amaçla yapılacak analizlerin özellikle zamana bağlı kalınarak icra edilmesi, firmalarca kritik olan temin zamanı, çevrim zamanı, üretim zamanı, gönderme zamanı gibi kritik parametrelerin ne şekilde oluştuğunun görülmesi açısından çok büyük önem arz etmektedir.

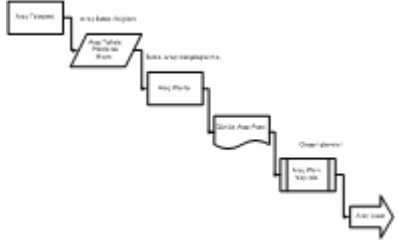
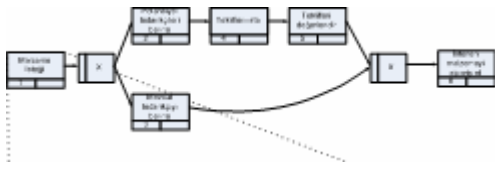
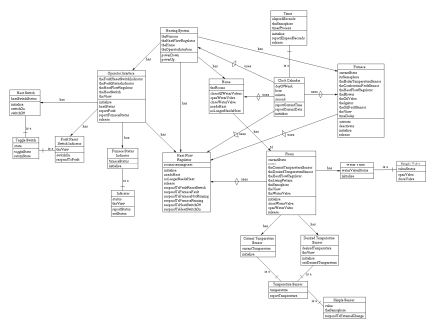
Çeşitli açılardan bakılarak, bu çalışmada değinilen iş süreçleri modelleme yöntemlerinin karşılaştırılması izelge 4.17’de verilmiştir. Modelleme yöntemlerinin güçlü ve zayıf yönlerinin de sunulduğu bu karşılaştırmada, dikkat çekici olan önemli bir husus, hemen bütün modelleme yöntemlerinin günümüzde bilgisayar destekli yapılabilir hale gelmiş olmasıdır. Bu kapsamda, iş süreçlerinin modellenmesinde kullanılan ve bu çalışmada değinilen yöntemler ve bunların dışında kalan yöntemlerle de desteklenen sayısız bilgisayar yazılımı mevcuttur. Ancak büyük bir çoğunluğunun modelleme çalışmalarının görsel bölümü ile ilgili olan bu

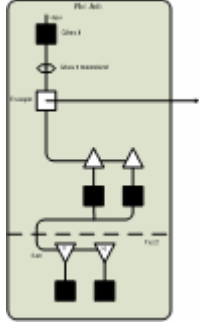
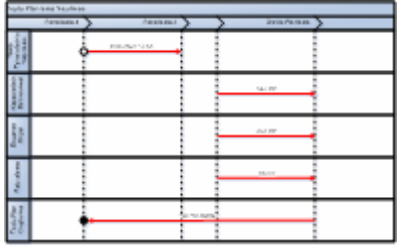
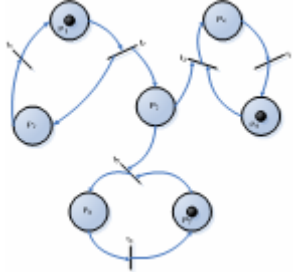
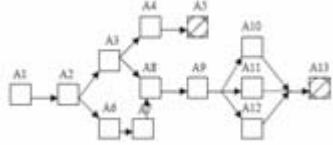
yazılımların, çeşitli simülasyon araçları ile de desteklenebilir olanları, iş süreçlerinin yeniden yapılandırılması ve analizi çalışmalarında önemli bir yer almaktadır.

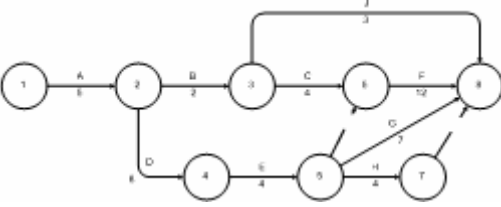
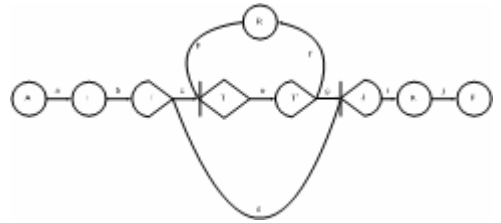
Bütün bunlara ilave olarak, modelleme yöntemlerinin modellenen süreci temsil etme kabiliyeti ile kolay anlaşılabilir olması da önemli bir özelliktir. Yöntemin önceden belirlenmiş görünümlere ve tanımlara sahip olması da, farklı organizasyonlarda yapılan çalışmaların, firmalar arası kıyaslama (benchmarking) çalışmalarında belirli bir standart ile çalışmak açısından önem arz etmektedir.

Ayrıca kullanılan yöntemlerin, günümüz ihtiyaçlarına uygun olarak yeniden ele alınması, geçmişte çok etkili olan ancak güncelliğini yitirmiş tekniklerin de yeniden göz önüne alınmasını sağlaması açısından önemlidir. Dolayısıyla yöntemin ne zaman geliştirildiğinden bağımsız olarak, günümüz ihtiyaçlarına etkili bir şekilde cevap verebilecek hale getirilmesindeki kolaylık da hesaba katılmalıdır.

Çizelge 4.17 Süreç Modelleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Tekniğin Adı	Tanım	Nitelik	Güçlü Yönleri	Zayıf Yönleri
IDEF0		Faaliyet akışı, girdi, çıktı, kontrol ve mekanizmalar	- Genel veya detaylı olarak sürecin gösterimi, - Kolay ve hızlı haritalama, - Bilgisayar yazılımına uyum	- Süreçlere faaliyetlerin bir sıralaması olarak bakma, - Süreç zamanlamasına ilişkin bir yöntemin bulunmaması, - Döngülerin temsil edilememesi
IDEF3		Faaliyetler arasında öncelik ve nedensellik ilişkisi	- Sistem dinamiğinin statik bir yolla ifade edilebilmesi, - Kolay anlaşılabilir ilişkiler, - Bilgisayar yazılımına uyum	Karmaşık sistemlerin modellenmesinde uzun zaman ihtiyacı ve gerekli verilerin çokluğu
Nesneye Dayalı Modelleme		Nesne, sınıf ve mesaj olarak tanımlanan üç kavram	- Süreçlerin kontrolü ve izlenmesinde yasalaştırılabilir modellerin elde edilmesi, - Tasarım, analiz ve programlamada iç tutarlılığın sağlanması, - Bilgisayar yazılımına uyum	- Modelin çok büyük olması, - Detaylı ve bölünmüş bilgiler, - Karmaşık sistemlerin modellenmesinde uzun zaman ihtiyacı ve gerekli verilerin çokluğu

Tekniğin Adı	Tanım	Nitelik	Güçlü Yönleri	Zayıf Yönleri
RAD		Belirli rollerdeki akışlar Yetkilendirme dereceleri	- İletişimin desteklemesi, - Model yardımıyla sistem durumunun gösterilmesi, - Anlaşılması kolay, - İş nesnelerinin dahil edilmesi	- Standart bir gösterimin olmaması, - Ayrıştırılmasının mümkün olmaması
RID		Rollerin ve faaliyetlerin akışı	- Sezgisel olması, - Katı gösterim ve karmaşık süreçlerin modellenmesi	- Sürece ait önemli bilgilerin gösterilmemesi, - Kurulum ve yeniden kurulumun çok zor olması
PETRI-NETS		Yer, geçiş ve arkların şebekesi	- Anlaşılması kolay, - Matematiksel gösterim, - Standart modelleme elemanlarının olması, - Bilgisayar yazılımına uyum	- Modelin çok büyük olması, - Modelleme zamanının uzun olması
İş Akışları		Prosedüre ilişkin kuralların, bilgi ve görevlerin akışı	- Analizi kolay, - Öğrenme süresi kısa, - Değişimi kolay, - Bilgisayar yazılımına uyum	- Belirli bir gösterimin olmaması, - Birçok değişik dilin kullanımı

Tekniğin Adı	Tanım	Nitelik	Güçlü Yönleri	Zayıf Yönleri
Proje Çizelgeleme Teknikleri (PERT, CPM)		Faaliyetler arası ilişkiler ve faaliyet akışları Faaliyet zaman ilişkisi	• Kolaylıkla anlaşılabilir olması, • İzleme kolaylıkları, • Detaylı analiz imkanları, • Bilgisayar yazılımlarına uyum, • Değişimin kolay olması	• Nesnel yaklaşım eksikliği, • Karar durumlarının gösterilememesi • Sınırlı durumlar için stokastik süreçlerin analizi
GERT		Faaliyetler arası ilişkiler ve faaliyet akışları Faaliyet zaman ilişkisi Stokastik şebeke gösterimi	• Kolaylıkla anlaşılabilir olması, • İzleme kolaylıkları, • Detaylı analiz imkanları, • Bilgisayar yazılımlarına uyum, • Değişimin kolay olması, • Stokastik süreçlerin temsil kabiliyetinin olması	• Karmaşık analitik formülasyon, • Modelin çok büyük olması

Ayrıca Lin vd. (2002) tarafından yapılan karşılaştırmada işlev, davranış, bilgi, organizasyon, geçerlilik ve modelleme prosedürü olarak altı ayrı perspektif açısından modelleme yöntemleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye paralel olarak model bileşenleri de ayrıca ele alınmıştır. Buna göre; modelleme yöntemlerine ilişkin bileşenler yukarıda bahsedilen altı ayrı perspektif açısından değerlendirildiğinde Çizelge 4.18'deki sonuçlar elde edilmektedir. Burada; ✓; güçlü destek, ●; destek, ○; zayıf destek, ✕; destek yok anlamında kullanılmıştır.

Çizelge 4.18 Farklı modelleme perspektifleri açısından model bileşenleri

Model Bileşeni	İşlev	Davranış	Bilgi	Organizasyon	Doğrulama	Prosedür
Faaliyet	●	●	○	●	○	○
Kaynak	●	○	✕	●	○	●
Davranış	✓	✓	○	✓	●	●
Olay	●	○	○	●	✕	○
Bilgi	●	○	✓	●	○	●
İlişki	✓	✓	✓	✓	●	✓
Ajan	✓	○	●	✓	●	●
Varlık	○	○	●	●	✕	○
Doğrulama	✕	✕	✕	✕	●	●
Prosedür	✕	✕	✕	✕	●	✓

Aynı çizelgede, önem derecelerinin sayısal puanlarla ifade edilmesi durumunda; ✓; 3, ●; 2, ○; 1, ✕; 0 olarak kullanılırsa Çizelge 4.19 elde edilir.

Çizelge 4.19 Farklı modelleme perspektifleri açısından model bileşenlerinin puanlanması

Model Bileşeni	İşlev	Davranış	Bilgi	Org.	Doğ.	Prosedür	TOPLAM
Faaliyet	2	2	1	2	1	1	9
Kaynak	2	1	0	2	1	2	8
Davranış	3	3	1	3	2	2	14
Olay	2	1	1	2	0	2	8
Bilgi	2	1	3	2	1	2	11
İlişki	3	3	3	3	2	3	17
Ajan	3	1	1	3	2	2	12
Varlık	1	1	2	2	0	1	7
Doğrulama	0	0	0	0	2	2	4
Prosedür	0	0	0	0	2	3	5
TOPLAM	18	13	12	19	13	20	

Çizelge 4.19'da verilen bilgiler incelendiğinde bu çalışmada ön plana çıkan yöntemin temel özelliklerini destekleyen sonuçlar elde edilmiştir. Yani GERT şebekeleri yapılandırılırken faaliyetler arası ilişkiler ile bu ilişkilerin tanımladığı iş süreci prosedürü ön plana çıkmaktadır.

5. ENDÜSTRİYEL BİR UYGULAMA

Bu uygulamada, bir firmanın, siparişin kabulü, üretimin kontrolü ve müşteriye ulaştırılması aşamalarının incelenmesi ve bu doğrultuda firmanın sipariş çevrim zamanının tespiti hedeflenmiştir. Bu amaca yönelik olarak Yıldız Tekstil Ltd.Şti. uygulama sahası olarak seçilmiştir.

5.250.000 YTL. sermaye ile 2000 yılında İstanbul'da aynı paya sahip iki ortak tarafından kurulan firma, verdiği hizmetler açısından bakıldığında sipariş üzerine çalışan bir profil çizmektedir. Ana faaliyet sahası örme ve fantezi kumaş imalatı ve satışı olan firma, aynı zamanda diğer firmalara, yarı mamul malzeme temin etmektedir.

Yıldız Tekstil Ltd.Şti. idari büro, imalat atölyesi ve depo olmak üzere temel olarak üç ana bölümden meydana gelmiştir. Firma muhasebe hizmetlerini dışarıdan almaktadır. Taşıma hizmetleri için firma bir adet 50NC kamyon ve bir adet P-100 kamyonet kullanmaktadır.

Firmada bütün yetkiler firma sahiplerine aittir. Firma sahiplerinin haberi olmadan, sipariş kabulü, siparişin gönderilmesi, tahsilat ve ödeme yapılmaz. Bu açıdan bakıldığında ortakların herhangi bir anda firmada bulunmamaları ve kendilerine ulaşamaması durumunda, daha önceden bir talimatları yok ise, çalışanların inisiyatif kullanmaları mümkün değildir. Bu durum, firmanın iş süreçlerinde yavaşlamaya neden olmaktadır. Belirli bir iş organizasyonu olmayan firmada çalışanların tamamı firma ortaklarına bağlı olarak çalışır. Dolayısıyla birinin diğerine hiyerarşik anlamda bir bağlantısı yoktur.

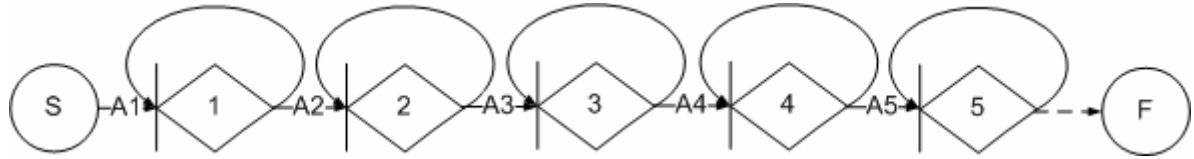
Firmanın; siparişin kabulü üretimin gerçekleştirilmesi ve müşteriye ulaştırılması aşamalarının kapsadığı olduğu iş süreçlerinin incelenmesiyle ileride yapılacak değişimlere de taban hazırlanacağı düşüncesiyle söz konusu süreçler incelemeye alınmıştır. Ancak yapılan inceleme neticesinde firmanın geçmişe yönelik bilgilerin saklanması önemli zafiyetlerinin olduğu görülmüştür. İnceleme yapılan süreç içerisinde mercek altına alınan faaliyetlere ilişkin olarak geçmiş verilere ulaşmak pek mümkün olmamış, ancak inceleme sürecinde yapılan ölçümler ışığında veriler toplanmaya çalışılmıştır.

Firma süreçlerinin incelenmesinde aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

- Adım-1: Firma çalışanlarının süreçlerin tanımlanmasına ilişkin nitel ifadeleri kayıt altına alınmış ve bu tanımlar, önce bir süreci daha sonra da bir faaliyeti tanımlayacak şekilde parçalara ayrılmıştır.
- Adım-2: Taslak şebeke ortaya konulmuştur.

- Adım-3: Her bir faaliyete ilişkin detay bilgiler toplanmış ve ölçülmüştür.
- Adım-4: Daha sonra topolojik eşitlikler ve ilgili yöntemler ile eşdeğer işlevler geliştirilmiştir.
- Adım 5: Belirli bir düğümün (nesnenin) gerçekleşme olasılığının tespiti ve şebekenin gerçekleşme zamanının tespitine yönelik eşdeğer geçiş işlevleri ve moment yaratan işlevler geliştirilmiştir.

Burada tanımlanan adımlar aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.



Şekil 5.1 Uygulama adımlarının GERT şebekesi

Yukarıdaki şekilden de anlaşıldığı gibi her bir adım sonucunda söz konusu adımdan elde edilen veriler doğrulanmadığında tekrar gözden geçirilmekte ve doğrulanması sağlanmaktadır.

Uygulamanın son bölümünde GERT hesaplamaları sonucunda elde edilen sonuçlar PERT-yol ve Monte Carlo simülasyon uygulaması ile test edilmiş ve test sonuçları gösterilmiştir.

5.1 Firmanın İncelenen İş Süreci

Siparişler firmaya telefon, faks veya e-posta ile gelmektedir. Faks ve e-posta ile gelen siparişler, siparişi verene telefonla ulaşılarak teyit edilmektedir. Siparişin alınması süresi, telefon görüşmeleri ve teyit için açılan telefon görüşmelerini kapsamaktadır. Örnek olması açısından sadece siparişin alınması faaliyetinin zamana ilişkin ölçümü Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Elde edilen süre değerleri STAT-FIT programında test edilmiştir. Sonuç olarak faaliyet süresi ortalaması 10 dakika ve standart sapması 1 dakika olan normal dağılıma uymuştur.

Siparişin alınması işleminde, siparişi veren firma eski veya yeni olsun daha önceki ödemeleri açısından muhasebeci tarafından incelemeye alınmaktadır. Yapılan inceleme neticesinde firmanın yeterliliği paralelinde siparişin kabul edilebileceği veya edilemeyeceği yönünde muhasebeden tavsiye alınmaktadır. Son kararı firma ortakları verir.

Çizelge 5.1 Siparişin alınması faaliyetine ilişkin zaman ölçümü

TARİH	GELEN SİPARİŞ	BAŞLAMA	BİTİŞ	SÜRE
08.02.2001	sipariş-1	09:07	09:17	00:10
08.02.2001	sipariş-2	10:13	10:22	00:09
08.02.2001	sipariş-3	11:05	11:13	00:08
08.02.2001	sipariş-4	13:30	13:38	00:08
08.02.2001	sipariş-5	14:20	14:30	00:10
24.05.2001	sipariş-6	08:45	08:54	00:09
24.05.2001	sipariş-7	09:17	09:25	00:08
24.05.2001	sipariş-8	10:16	10:27	00:11
28.05.2001	sipariş-9	11:00	11:09	00:09
28.05.2001	sipariş-10	12:50	13:00	00:10
28.05.2001	sipariş-11	14:06	14:16	00:10
11.04.2002	sipariş-12	09:07	09:16	00:09
11.04.2002	sipariş-13	09:55	10:03	00:08
11.04.2002	sipariş-14	12:20	12:30	00:10
02.05.2002	sipariş-15	13:00	13:08	00:08
02.05.2002	sipariş-16	14:07	14:17	00:10
04.05.2002	sipariş-17	09:15	09:24	00:09
04.05.2002	sipariş-18	09:45	09:55	00:10
04.05.2002	sipariş-19	11:50	12:01	00:11
04.05.2002	sipariş-20	14:40	14:50	00:10
15.05.2002	sipariş-21	08:30	08:40	00:10
15.05.2002	sipariş-22	09:10	09:18	00:08
15.05.2002	sipariş-23	09:40	09:50	00:10

Firma yetersiz bulunursa bu durumda firmaya siparişi gönderdiği yolla cevap verilerek siparişin yapılamayacağı bildirilir. Siparişin kabulü durumunda yaklaşık bir saat içerisinde firmaya geri dönülerek ödeme şartları konusunda anlaşmaya varılmaya çalışılır. Ödeme şartlarında %10'da olsa bir sorun çıkmakta ise de çıkan sorunların %100'ü çözüme kavuşturulmuş olmaktadır. Ödeme şartlarındaki sorun giderildikten itibaren firma yerine getireceği sipariş için gerekli hammaddeyi temin etmeye çalışır. Depoda bulunmayan hammadde alımı için tedarikçiler ile görüşmeler yapılır. Depo yeri sıkıntısı sebebiyle gelen siparişlerin %60'ının hammaddesi dışarıdan temin edilmektedir. Hammadde teminini müteakip firma imalat kapasitesinin durumuna göre gelen siparişi ya kendi kaynakları ile ya da dış kaynak kullanımı ile karşılamaya çalışır. Gelen siparişlerin yaklaşık %15'i dış kaynak kullanılarak karşılanmaktadır. Dış kaynak kullanımı süreci bu çalışmanın dışında bırakılmıştır.

Üretilen ürün belirli bir kontrol aşamasından geçer. Yapılan üretimlerin yaklaşık %75'i son işlem olan ütü ve/veya markalama işlemlerini müteakip gönderilir. %25'i ise ilk kontrol işleminden geçirilerek belirli hataların düzeltilmesine çalışılır. Yapılan düzeltme işlemi

yeniden kontrol edilir ve bu noktada kontrolü yapılan ürünlerin %70'i son işleme gönderilirken %30'u fire olarak depoya gönderilir. Fireler ya hurda piyasaya satılmakta ya da şayet defosu yok ise daha ucuz bir fiyattan alıcı bulunarak satılmaya çalışılır. Bu süreç, inceleme dışında bırakılmıştır. Son işleme gelen ürünler iki tip son işleme tabii tutulurlar. Bazı ürünlerin ütüsüz olması istendiğinden sadece markalama işlemi yapılır. Diğer son işlem de hem markalama hem de ütü işlemleri uygulanır. Bu aşamada son işleme gelen ürünlerde %5'i yapılan işlem hatasından dolayı fireye kaldırılır.

Gelen siparişlerin yaklaşık %15'i İstanbul dışına gönderilmektedir. Bu sebeple şayet sipariş İstanbul dışına gönderilecek ise, İstanbul dışına taşıma hizmeti veren kargo firmaları ile ürünler müşteriye gönderilir. Eğer sipariş İstanbul içine gönderilecek ise bu durumda firma aşağıda sayılan üç seçenektan birini tercih etmektedir.

- Büyük miktardaki işlerin, firmaya ait 50NC kamyonun uygun olmaması durumunda Kargo firması ile taşınması,

- Küçük miktarda işlerin firmaya ait P-100 Kamyonet ile taşınması,

- Büyük miktardaki işlerin, firmaya ait 50NC kamyon ile taşınması.

Ancak firma envanterindeki araçların her an hammadde ve üretilen ürünleri getirip götürme durumunda kalmaları sebebiyle firma bu konuda ciddi sıkıntı içerisinde kalmaktadır. İstanbul içi trafik ve yol problemleri bu sıkıntıları körüklemektedir. Firmanın kuruluş yeri avantaj ve dezavantajlarının da incelenmesi gerektiği bir gerçektir ancak bu konu çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır.

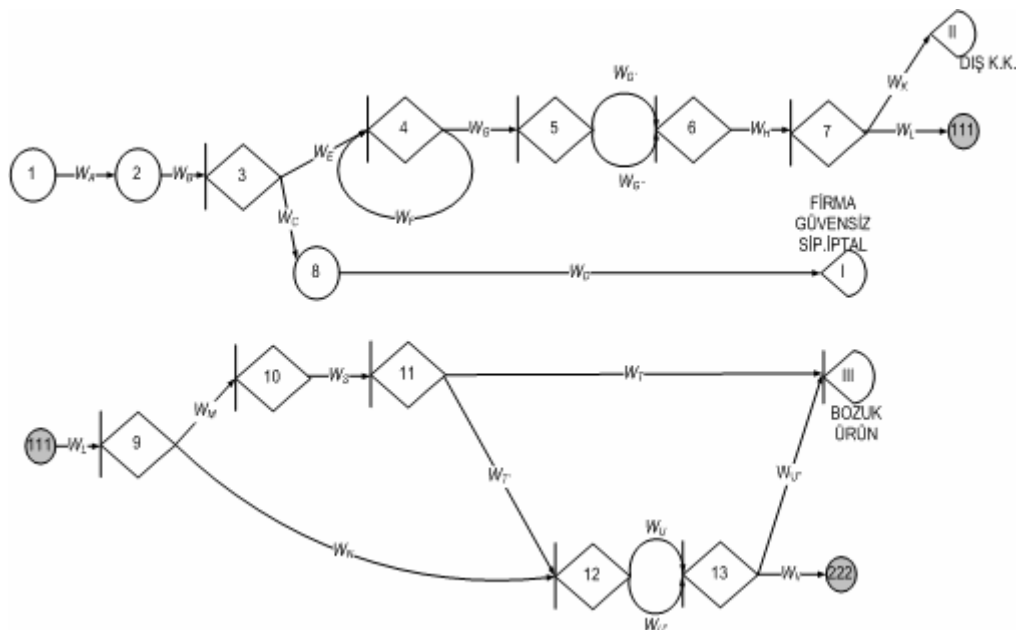
Müşteriye gönderilecek ürünün miktarı ve hacmine bağlı olarak seçilen gönderme yöntemi sırasında, fatura, irsaliye vb. belgelerinde hazırlanması gerekmektedir. Belgesi hazır olan ve taşıyıcısına yüklenen ürünler, müşteriye ulaştırılmak üzere yola çıkar. Çizelge 5.2'de incelenen iş sürecine ait faaliyet detayları verilmiştir.

Faaliyet detayları incelendiğinde faaliyetlere çeşitli olasılık değerlerinin verildiği görülmektedir. Olasılık değerlerinin tespitinde faaliyetin çıktığı düğüm tipi ile bu düğümden çıkan faaliyet sayısı etkili olmaktadır. Örneğin düğümün çıktı tarafı deterministik olarak seçilmiş ise bu durumda düğümden çıkan bütün faaliyetlerin gerçekleşme olasılığı %100'dür. Düğümün tipi ne olursa olsun eğer bu düğümden bir tek faaliyet çıkıyorsa bu durumda da faaliyetin gerçekleşme olasılığı %100 olmaktadır. Örnek olarak "A" faaliyeti "1" ve "2" düğümü arasındaki tek faaliyet olması yanında ayrıca çıktığı düğümün tipi de "AND" düğümüdür.. Bu sebeple faaliyetin gerçekleşme olasılığı %100 veya 1 olarak seçilmiştir.

Ancak bazı durumlarda incelenen şebekenin parçalı olarak ele alınması durumunda bir düğümden çıkan iki farklı faaliyet dalı ayrı ayrı olarak incelenebilmekte ve bu durumda faaliyetin olasılığı ait olduğu şebekenin bütünündeki olasılık değerine eşit olarak seçilebilmektedir.

Probabilistik bir çıktı tarafına sahip olan düğümden çıkan birden fazla faaliyetin olasılıkları toplamı ise %100'e eşit olmalıdır. Bu amaçla bu faaliyetlerden herhangi birinin olasılığının bulunması diğer faaliyetin olasılığının hesaplanmasında kullanılabilir. Örneğin "F" ve "G" faaliyetleri "3" no'lu probabilistik çıktı taraflı düğümden çıkan faaliyetlerdir. Yapılan ölçümlerde firmaya sipariş veren diğer firmaların ticaret yapılabilir niteliklere sahip olmaları durumunda ödeme koşullarında sorun çıkma olasılığı %10'dur. Bu değer görüşme yapılan her 10 firmadan birinde ödeme şartlarına yönelik sorun çıkması sebebiyle %10 seçilmiştir. Bu durumda "G" faaliyetinin olma olasılığı, "E" ve "G" faaliyetlerinin "4" no'lu düğümden çıkan iki ayrı faaliyet olması ve "F" faaliyetinin olasılığının %10 olması sebebiyle %90 olarak belirlenmiştir. Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'de firmanın sipariş kabul, üretim kontrol ve ürünün gönderilmesine yönelik olarak tasarlanan GERT şebekesi verilmiştir.

Şebeke üç parçadan oluşmaktadır. Birinci parçada firmanın gelen bir siparişin yapılıp yapılmayacağına karar verme süreci ile yapılmasına karar vermesi durumunda kendi kaynakları ile mi yoksa dış kaynak kullanımı ile mi yapılacağına karar verme süreci tanımlanmıştır. İkinci parça ile yapılan üretimin kontrol süreci, üçüncü parça ile de biten ürünün İstanbul içi ve dışına gitmesine göre müşteriye gönderilmesi süreci tanımlanmıştır. İncelenen iş sürecine yönelik olarak hazırlanan faaliyet detayları Çizelge 5.2'de verilmiştir.



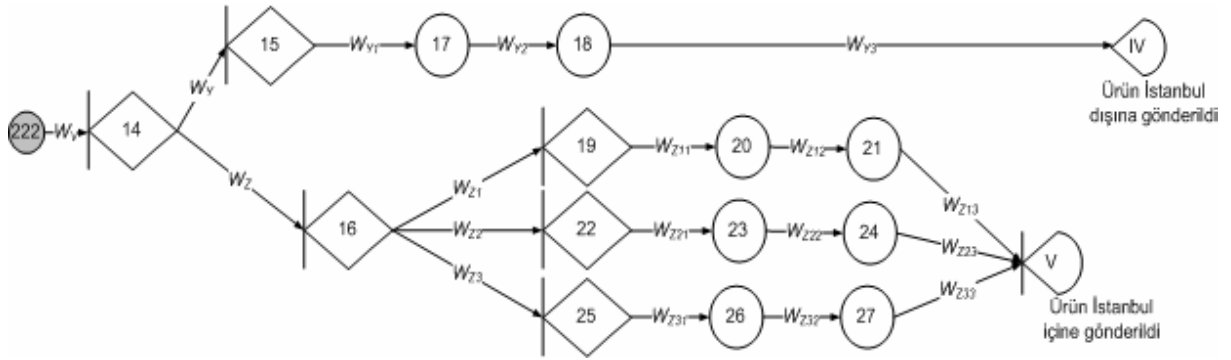
Çizelge 5.2 İncelenen iş sürecine ait faaliyet detayları

Faaliyet	Anlamı	Parametre	Zaman (dk)	Olasılık	Kaynak
A	Siparişin alınması	Siparişin alınması süresi	Normal $\mu=10$ $\sigma=1$	1	Satış ve pazarlama elemanı
B	Siparişi veren firmanın yeterliliğinin kontrolü	Firma yeterliliğinin kontrolü süresi	Normal $\mu=70$ $\sigma=10$	1	Muhasebe
C	Firma yeterli değil, kayıt altına al	Firmanın yetersiz olma olasılığı, kayıt altına alma süresi	5	0,02	Muhasebe
D	Yetersizliğini firmaya bildir	Yetersizliğin firmaya bildirilme süresi	10	1	Muhasebe
E	Firma yeterli. Ödeme şartlarını belirlemek için firma ile görüş	Firmanın yeterli olma olasılığı, ödeme hakkında görüşme süresi	Poisson $\lambda=18$	0,98	Satış ve pazarlama elemanı
F	Ödeme şartlarındaki sorunu çöz	Ödeme şartlarında sorun çıkma olasılığı, sorunun çözüm süresi	Poisson $\lambda=60$	0,10	Satış ve pazarlama elemanı
G	Ödeme şartlarında sorun yok, hammadde durumunu araştır	Ödeme şartlarında sorun çıkmama olasılığı, hammadde durumunun araştırılma süresi	20	0,90	Satış ve pazarlama elemanı
G'	Hammaddeyi dışarıdan temin et	Depoda bulunmama olasılığı, hammadde temin süresi	Poisson $\lambda=480$	0,60	Satın alma elemanı
G''	Hammaddeyi depodan temin et	Depoda bulunma olasılığı, malzemenin depodan gelmesi	20	0,40	Satın alma elemanı ve depocu
H	Kapasite kontrolünün yapılması	Kapasite kontrolü süresi	25	1	Plan, program elemanı
K	Dış kaynak kullanımı kararının alınması	Kapasitenin yetersiz olma olasılığı ve dış kaynak kullanım kararının alınması süresi	1	0,15	Firma sahibi

Faaliyet	Anlamı	Parametre	Zaman (dk)	Olasılık	Kaynak
L	Ürünün atölyede yapılması	Üretim süresi	Normal $\mu=120$ $\sigma=5$	1	Dokumacılar
M	Ürünün problemlili olması ve 1 nci kalite kontrolünün yapılması	Ürünün problemlili olma olasılığı 1 nci kalite kontrol süresi	Normal $\mu=60$ $\sigma=5$	0,25	Kalite kontrolcü
N	Ürünün son işleme gönderilmesi	Ürünün sağlam olması olasılığı ve son işleme gönderilmesi	Normal $\mu=10$ $\sigma=2$	0,75	Kalite kontrolcü, taşıyıcı
S	Ürün hatasının giderilmesine yönelik çalışma	Ürün hatasının giderilmesine yönelik çalışma süresi	Normal $\mu=35$ $\sigma=10$	1	Dokumacılar
T	2 nci kalite kontrolünün yapılması, ürün hatalarının giderilmemesi ve fire deposuna gönderilmesi	Ürün hatasının giderilememesi olasılığı, kalite kontrol süresi ve fire deposuna gönderme süresi	Normal $\mu=30$ $\sigma=5$	0,30	Kalite kontrolcü ve taşıyıcı
T'	Ürün hatalarının giderilmiş olması ve ürünün son işleme gönderilmesi	Ürün hatasının giderilmesi olasılığı, son işleme gönderme süresi	Normal $\mu=30$ $\sigma=5$	0,70	Dokumacı
U	1 nci tip son işlem uygulanması	1 nci tip son işlem süresi	Normal $\mu=20$ $\sigma=2$	0,65	Ütücü
U'	2 nci tip son işlem uygulaması	2 nci tip son işlem süresi	Normal $\mu=30$ $\sigma=3,5$	0,35	Ütücü
U''	Son işlem sonucunda ürünün hatalı olması ve fire deposuna gönderilmesi	Son işlem sonucunda ürünün hatalı olması olasılığı ve fire depoya gönderilmesi	Normal $\mu=25$ $\sigma=3$	0,05	Ütücü, taşıyıcı
V	Ürünün gönderilmesine ilişkin belgelerin hazırlanması	Belgelerin hazırlanması süresi	15	0,95	Taşıma kaynağı

Faaliyet	Anlamı	Parametre	Zaman (dk)	Olasılık	Kaynak
Y	Ürünün İstanbul dışına yollanması için kargo firması ile anlaşma görüşmeleri	Ürünün İstanbul dışına gönderilme olasılığı ve anlaşma görüşmesi süresi	12	0,15	Satış elemanı
Y1	Kargo taşıyıcısının gelmesi	Geliş süresi	Normal $\mu=45$ $\sigma=10$	1	-
Y2	Ürünün kargo taşıyıcısına yüklenmesi	Yüklenme süresi	Poisson $\lambda=35$	1	-
Y3	Ürünün kargo firması ile müşteriye ulaştırılması	Ulaşım süresi	Normal $\mu=480$ $\sigma=30$	1	-
Z	Ürünün İstanbul içine gönderilmesi ve ön hazırlık	Ürünün İstanbul içine gönderilme olasılığı ve ön hazırlık süresi	5	0,85	Satış elemanı
Z1	Firma araçlarının uygun olmaması sebebiyle ürünün bir kargo şirketi ile gönderilmesi ve kargo firması ile görüşme	Ürünün kargo şirketi kullanılarak gönderilme olasılığı ve anlaşma görüşmesi süresi	10	0,25	Satış elemanı
Z11	Kargo firmasının aracının gelmesi	Geliş süresi	Poisson $\lambda=90$	1	-
Z12	Ürünün kargo taşıyıcısına yüklenmesi	Yüklenme süresi	Poisson $\lambda=25$	1	-
Z13	Ürünün kargo firması ile müşteriye ulaştırılması	Ulaşım süresi	Normal $\mu=60$ $\sigma=10$	1	-
Z2	Ürünün kamyonet ile gönderilmesi ve hazırlık süresi	Ürünün kamyonet ile gönderilme olasılığı ve hazırlık süresi	5	0,60	-
Z21	Kamyonetin ve belgelerin hazır edilmesi	Hazırlık ve geliş süresi	Normal $\mu=40$ $\sigma=10$	1	Şoför, satış elemanı
Z22	Kamyonetin yüklenmesi	Yükleme zamanı	Poisson $\lambda=18$	1	Depocu, yükleyici
Z23	Ürünün kamyonet ile müşteriye ulaştırılması	Ulaşım süresi	Normal $\mu=45$ $\sigma=12$	1	Şoför

Faaliyet	Anlamı	Parametre	Zaman (dk)	Olasılık	Kaynak
Z3	Ürünün 50NC ile gönderilmesi ve hazırlık süresi	Ürünün 50NC ile gönderilme olasılığı ve hazırlık süresi	5	0,15	
Z31	50NC'nin ve belgelerin hazır edilmesi	Hazırlık ve geliş süresi	Normal $\mu=70$ $\sigma=15$	1	Şoför, satış elemanı
Z32	50NC'nin yüklenmesi	Yükleme zamanı	Poisson $\lambda=25$	1	Depocu, yükleyici
Z33	Ürünün 50NC ile müşteriye ulaştırılması	Ulaşım süresi	Normal $\mu=60$ $\sigma=15$	1	Şoför



Şekil 5.3 Firmanın biten ürünü müşteriye gönderme süreci

Çizelge 5.3’de ise faaliyetlere ilişkin MGF ve geçiş işlevleri verilmiştir.

Firmaya ilişkin yapılan gözlemlerde, firmanın müşteri siparişini reddetmesi, dış kaynak kullanımı, firmanın hatalı ürün üretmesi, üretilen ürünün İstanbul dışına gönderilmesi ve üretilen ürünün İstanbul içine gönderilmesi durumlarının incelenmesine karar verilmiştir.

Buna göre;

- Yıldız Tekstil’in, siparişi veren firmanın problem teşkil edebileceği düşüncesiyle siparişi reddetmesi ($W_{1,I}$),
- Yıldız Tekstil’in, siparişi veren firmanın geçmiş dönemlerdeki ödeme performansına ve diğer firma kriterlerine uygun olarak değerlendirmesi ve değerlendirme sonucunun olumlu olması sonucunda, gelen siparişi dış kaynak kullanımı ile karşılaması ($W_{1,II}$),
- Yıldız Tekstil üretiminin hatalı ürün ile sonuçlanması durumu ($W_{1,III}$),

- Yıldız Tekstilin üretimini yaptığı ürünün İstanbul dışına gönderme durumu ($W_{1,N}$),
- Yıldız Tekstilin üretimini yaptığı ürünün İstanbul içine gönderme durumu ($W_{1,V}$) ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.3 iş süreçleri faaliyetlerine ilişkin MGF ve geçiş işlevleri

Faaliyet	Zaman (dk)	Olasılık	$M(s)$	$W(s)$
A	Normal $\mu=10$ $\sigma=1$	1	$e^{\mu s + \frac{\sigma^2 s^2}{2}} = e^{10s + \frac{1^2 s^2}{2}}$	$e^{10s + \frac{1^2 s^2}{2}}$
B	Normal $\mu=70$ $\sigma=10$	1	$e^{70s + \frac{10^2 s^2}{2}}$	$e^{70s + \frac{10^2 s^2}{2}}$
C	5	0,02	e^{5s}	$0,02 e^{5s}$
D	10	1	e^{10s}	e^{10s}
E	Poisson $\lambda=18$	0,98	$e^{\lambda(e^s-1)} = e^{18(e^s-1)}$	$0,98 e^{18(e^s-1)}$
F	Poisson $\lambda=60$	0,10	$e^{60(e^s-1)}$	$0,10 e^{60(e^s-1)}$
G	20	0,90	e^{20s}	$0,90 e^{20s}$
G'	Poisson $\lambda=480$	0,60	$e^{480(e^s-1)}$	$0,60 e^{480(e^s-1)}$
G''	20	0,40	e^{20s}	$0,40 e^{20s}$
H	25	1	e^{25s}	e^{25s}
K	1	0,15	e^s	$0,15 e^s$
L	Normal $\mu=120$ $\sigma=5$	1	$e^{120s + \frac{5^2 s^2}{2}}$	$e^{120s + \frac{5^2 s^2}{2}}$
M	Normal $\mu=60$ $\sigma=5$	0,25	$e^{60s + \frac{5^2 s^2}{2}}$	$0,25 \left(e^{60s + \frac{5^2 s^2}{2}} \right)$
N	Normal $\mu=10$ $\sigma=2$	0,75	$e^{10s + \frac{2^2 s^2}{2}}$	$0,75 \left(e^{10s + \frac{2^2 s^2}{2}} \right)$

Faaliyet	Zaman (dk)	Olasılık	$M(s)$	$W(s)$
S	Normal $\mu=35$ $\sigma=10$	1	$e^{35s + \frac{10^2 s^2}{2}}$	$e^{35s + \frac{10^2 s^2}{2}}$
T	Normal $\mu=30$ $\sigma=5$	0,30	$e^{30s + \frac{5^2 s^2}{2}}$	$0,30 \left(e^{30s + \frac{5^2 s^2}{2}} \right)$
T'	Normal $\mu=30$ $\sigma=5$	0,70	$e^{30s + \frac{5^2 s^2}{2}}$	$0,70 \left(e^{30s + \frac{5^2 s^2}{2}} \right)$
U	Normal $\mu=20$ $\sigma=2$	0,65	$e^{20s + \frac{2^2 s^2}{2}}$	$0,65 \left(e^{20s + \frac{2^2 s^2}{2}} \right)$
U'	Normal $\mu=30$ $\sigma=3,5$	0,35	$e^{30s + \frac{(3,5)^2 s^2}{2}}$	$0,35 \left(e^{30s + \frac{(3,5)^2 s^2}{2}} \right)$
U''	Normal $\mu=25$ $\sigma=3$	0,05	$e^{25s + \frac{(3)^2 s^2}{2}}$	$0,05 \left(e^{25s + \frac{(3)^2 s^2}{2}} \right)$
V	15	0,95	e^{15s}	$0,95e^{15s}$
Y	12	0,15	e^{12s}	$0,15e^{12s}$
Y1	Normal $\mu=45$ $\sigma=10$	1	$e^{45s + \frac{10^2 s^2}{2}}$	$e^{45s + \frac{10^2 s^2}{2}}$
Y2	Poisson $\lambda=35$	1	$e^{35(e^s - 1)}$	$e^{35(e^s - 1)}$
Y3	Normal $\mu=480$ $\sigma=30$	1	$e^{480s + \frac{30^2 s^2}{2}}$	$e^{480s + \frac{30^2 s^2}{2}}$
Z	5	0,85	e^{5s}	$0,85e^{5s}$
Z1	10	0,25	e^{10s}	$0,25e^{10s}$
Z11	Poisson $\lambda=90$	1	$e^{90(e^s - 1)}$	$e^{90(e^s - 1)}$
Z12	Poisson $\lambda=25$	1	$e^{25(e^s - 1)}$	$e^{25(e^s - 1)}$

Faaliyet	Zaman (dk)	Olasılık	$M(s)$	$W(s)$
Z13	Normal $\mu=60$ $\sigma=10$	1	$e^{60s + \frac{10^2 s^2}{2}}$	$e^{60s + \frac{10^2 s^2}{2}}$
Z2	5	0,60	e^{5s}	$0,60e^{5s}$
Z21	Normal $\mu=40$ $\sigma=10$	1	$e^{40s + \frac{10^2 s^2}{2}}$	$e^{40s + \frac{10^2 s^2}{2}}$
Z22	Poisson $\lambda=18$	1	$e^{18(e^s - 1)}$	$e^{18(e^s - 1)}$
Z23	Normal $\mu=45$ $\sigma=12$	1	$e^{45s + \frac{12^2 s^2}{2}}$	$e^{45s + \frac{12^2 s^2}{2}}$
Z3	5	0,15	e^{5s}	$0,15e^{5s}$
Z31	Normal $\mu=70$ $\sigma=15$	1	$e^{70s + \frac{15^2 s^2}{2}}$	$e^{70s + \frac{15^2 s^2}{2}}$
Z32	Poisson $\lambda=25$	1	$e^{25(e^s - 1)}$	$e^{25(e^s - 1)}$
Z33	Normal $\mu=60$ $\sigma=15$	1	$e^{60s + \frac{15^2 s^2}{2}}$	$e^{60s + \frac{15^2 s^2}{2}}$

5.1.1 Gelen Siparişin, Firma Yetersizliğinden Dolayı Reddedilmesi

Sürecin bu yolunda, Yıldız Tekstil, sipariş aldığı firmanın daha önce çalışmadığı yeni bir firma olması ve firmanın yapılan inceleme neticesinde yeterli çıkmaması durumunda bir faks ile siparişin yerine getirilemeyeceğini bildirmesi sürecini ifade etmektedir. Şekil 5.4’de bu süreç gösterilmektedir.



Şekil 5.4 Firma siparişinin reddedilmesi süreci

Bunun için firma; W_A, W_B, W_C, W_D yolunu izlemek durumundadır. Öncelikle $W_{1,I}$ yolunun geçiş işlevi tanımlanacaktır. Buna göre;

$$W_{1,I}(s) = 0,02e^{95s + \frac{101s^2}{2}} \quad (5.1)$$

olmaktadır. Bu yolun olasılığının hesaplanmasında C faaliyeti belirleyici rol oynamakta olup bu dalın 0,02 ile 3 no'lu nesne düğümünden ayrılması ve yol üzerinde başka bir olasılık dallanması olmaması nedeniyle I nesnesinin 0,02 ile gerçekleşmesine sebep olmaktadır. Bu durum $W_{1,I}$ da $s=0$ verilerek de görülebilir:

$$P_{1,I}(s) = W_{1,I}(s) \Big|_{s=0} = 0,02 \quad (5.2)$$

Bu demektir ki, Yıldız Tekstil gelen siparişlerden sadece %2'sini bu sebeple reddetmektedir. Bu yolun uzunluğu ise MGF işlevinin bulunmasıyla rahatlıkla hesaplanabilir. $W_{1,I}$ geçiş işlevine denk gelen MGF aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$M_{1,I}(s) = e^{95s + \frac{101s^2}{2}} \quad (5.3)$$

Buradan;

$\frac{dM_{1,I}(s)}{ds} \Big|_{s=0} = 95$ dakika bulunur. Varyans hesaplaması ise moment işlevinin ikinci türevinden yine aynı işlevin birinci türevinin karesinin çıkartılmasıyla hesaplandığından (Whitehouse, 1973) yani,

$$\sigma^2 = \mu_{2s} - (\mu_{1s})^2 \quad (5.4)$$

olduğundan,

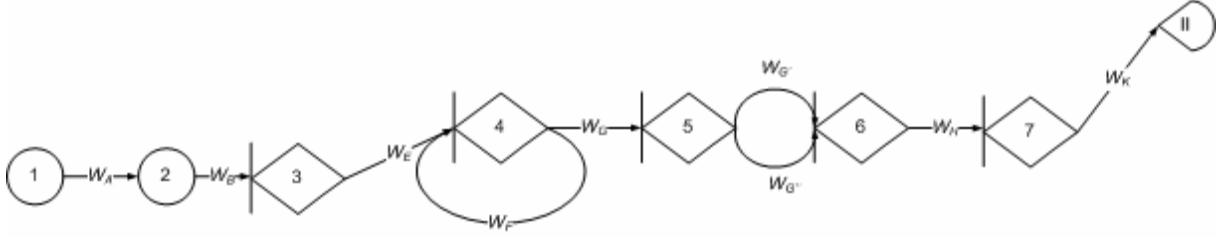
$$\sigma^2 = \frac{d^2 M_{1,I}(s)}{ds^2} \Big|_{s=0} - \left(\frac{dM_{1,I}(s)}{ds} \Big|_{s=0} \right)^2 \quad (5.5)$$

elde edilir. (5.5) no'lu denklemden $W_{1,I}$ yolunun varyansı hesaplandığında 101 dakika bulunmaktadır. Dolayısıyla, sipariş veren firmanın yetersizliğinin tespiti ve firmaya ret cevabının verilmesi için geçen süre ortalama 95 dakika olup bu sürenin standart sapması ise $\sqrt{101} = 10,05$ dakika olmaktadır.

5.1.2 Gelen Siparişi Dış Kaynak Kullanımı İle Karşılması,

$W_{1,II}(s)$ yani ürün siparişinin alınıp, kapasite yetersizliğinden dolayı firmanın siparişi, dış kaynak kullanımı ile karşılama durumunda kalmasına ilişkin geçiş işlevinin hesaplanması için

$W_A, W_B, W_E, W_G, W_F, W_{G'}, W_{G''}, W_H, W_K$ geçiş işlevlerini kapsayacak şekilde incelemeye tabii tutulmalıdır. Şekil 5.5’de söz konusu sürecin GERT şebekesi verilmiştir.



Şekil 5.5 Firmanın dış kaynak kullanımına karar verme süreci

Bu amaçla daha önce kullanılan şebeke indirgeme tekniği kullanılarak şebekenin $W_{1,II}(s)$ geçiş fonksiyonuna ulaşılması sağlanacaktır. Daha önce bir GERT şebekesinde seri, paralel ve döngü faaliyetleri için tanımlanan geçiş işlevleri kullanılarak aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$W_{1,II} = W_A W_B W_E \left(\frac{W_G}{1 - W_F} \right) (W_{G'} + W_{G''}) W_H W_K \quad (5.6)$$

Burada geçiş işlevleri yerine $W(s)$ değerleri ilgili faaliyetin değerleri yerine konulursa aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$W_{1,II}(s) = \frac{0,1323e^{18(-1+e^s)+126s+\frac{101s^2}{2}} (0,6e^{480(-1+e^s)} + 0,4e^{20s})}{1 - 0,1e^{60(-1+e^s)}} \quad (5.7)$$

Daha önceki tanımlardan yola çıkarak $p_{1,II}$ değerinin hesaplanması için $W_{1,II}(s)|_{s=0}$ değerine bakılır. Buna göre; $p_{1,II} = W_{1,II}(s)|_{s=0} = 0,147$ olmaktadır. Yani firmanın gelen bir siparişi dış kaynak kullanarak yerine getirmesi olasılığı %14,7 olmaktadır.

Ayrıca $M(s) = \frac{W(s)}{p_{1,II}}$ ve $p_{1,II} = W_{1,II}(s)|_{s=0} = 0,147$ olduğundan;

$$M_{1,II}(s) = \frac{0,9e^{18(-1+e^s)+126s+\frac{101s^2}{2}} (0,6e^{480(-1+e^s)} + 0,4e^{20s})}{1 - 0,1e^{60(-1+e^s)}} \quad (5.8)$$

elde edilir. Elde edilen momentin birinci türevinin $s=0$ için değeri bize $W_{1,II}(s)$ 'nin beklenen zaman değerini vereceğinden;

$$E(t) = \left. \frac{dM_{1,II}(s)}{ds} \right|_{s=0} = 446,67 \text{ dakika} \quad (5.9)$$

elde edilir. Yani firmanın gelen siparişi dış kaynak kullanılarak yapmaya karar vermesi, 446,67 dakika sürmektedir. Bu yaklaşık 7,5 saate denk gelmekte ve firma böyle bir kararı verebilmek için tam bir gün kaybetmektedir.

Söz konusu sürece ilişkin standart sapma hesaplaması ise, denklem (5.4) yardımıyla yapılırsa,

$$\sigma^2 = \frac{d^2 M_{1,II}(s)}{ds^2} \Big|_{s=0} - \left(\frac{dM_{1,II}(s)}{ds} \Big|_{s=0} \right)^2 \quad (5.10)$$

elde edilir. Denklem (5.10)'un hesaplanmasıyla $W_{1,II}(s)$ sürecinin varyansı 51642,11 değeri elde edilir. Bu sonuç bize $W_{1,II}(s)$ sürecinin standart sapmasının 227,25 dakika olduğunu gösterir.

Ayrıca F faaliyetinin, yani “ödeme şartları üzerinde anlaşmaya varılamaması durumu iki kez arka arkaya ortaya çıkarsa – ki bu çok düşük bir ihtimale karşılık gelir -bu durumda sürecin nasıl değiştiğinin incelenmesi gerekir. Daha önceki açıklamalara paralel olarak F faaliyetine “z” tanımsız değişkeni eklenir. Bu durumda, $W_{1,II}(s)$ geçiş işlevi aşağıdaki şekli alır.

$$W_{1,II}(s, z) = \frac{0,1323e^{18(-1+e^s)+126s+\frac{101s^2}{2}} (0,6e^{480(-1+e^s)+0,4e^{20s}}}{1 - e^{60(-1+e^s)} z} \quad (5.11)$$

Firma için F faaliyetinin iki kez gerçekleşme durumu araştırıldığından $j=2$ olmaktadır. Bu durumda koşullu MGF'nin elde edilmesi için öncelikle $W(s|j) = W(s|2)$ işlevinin hesaplanması gerekmektedir. Buna göre;

$$\begin{aligned} W(s|2) &= \frac{1}{2!} \frac{\delta^2 W(s, z)}{\delta z^2} \Big|_{z=0} \\ &= 0,001323e^{138(-1+e^s)+126s+\frac{101s^2}{2}} (0,6e^{480(-1+e^s)} + 0,4e^{20s}) \end{aligned} \quad (5.12)$$

elde edilir. Bu noktadan hareketle; $W(0|2) = 0,001323$ elde edilir ki, bu $p(2)$ değerini vermektedir. Bu durumda;

$$M(s|2) = \frac{W(s|2)}{p(2)} \quad (5.13)$$

olduğundan, MGF'nin birinci türevi alınıp $s=0$ yapıldığında, F faaliyetinin arka arkaya iki kez tekrarlanması durumunda 1-II sürecinin ne kadar süreceğine ilişkin beklenen değer elde edilir. Buna göre;

Çizelge 5.4 1 nci nesne düğümünden III nesne düğümüne giden altı yol

Yol	Faaliyetler
1	$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow G' \rightarrow H \rightarrow L \rightarrow M \rightarrow S \rightarrow T$
2	$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow G'' \rightarrow H \rightarrow L \rightarrow M \rightarrow S \rightarrow T$
3	$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow G' \rightarrow H \rightarrow L \rightarrow N \rightarrow U \rightarrow U''$
4	$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow G' \rightarrow H \rightarrow L \rightarrow N \rightarrow U' \rightarrow U''$
5	$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow G'' \rightarrow H \rightarrow L \rightarrow N \rightarrow U \rightarrow U''$
6	$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow G'' \rightarrow H \rightarrow L \rightarrow N \rightarrow U' \rightarrow U''$
7	$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow G' \rightarrow H \rightarrow L \rightarrow M \rightarrow S \rightarrow T' \rightarrow U \rightarrow U''$
8	$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow G' \rightarrow H \rightarrow L \rightarrow M \rightarrow S \rightarrow T' \rightarrow U' \rightarrow U''$
9	$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow G'' \rightarrow H \rightarrow L \rightarrow M \rightarrow S \rightarrow T' \rightarrow U \rightarrow U''$
10	$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow G'' \rightarrow H \rightarrow L \rightarrow M \rightarrow S \rightarrow T' \rightarrow U' \rightarrow U''$

Şebekenin incelenen bölümünde sadece F faaliyeti bir döngü oluşturmaktadır. Bu veriler ışığında $W_{1,III}$ geçiş işlevi Mason kuralına uygun olarak aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\begin{aligned}
W_{1,III}(s) = & \frac{W_A W_B W_E W_G W_{G'} W_H W_L W_M W_S W_T}{1 - W_F} + \frac{W_A W_B W_E W_G W_{G''} W_H W_L W_M W_S W_T}{1 - W_F} \\
& + \frac{W_A W_B W_E W_G W_{G'} W_H W_L W_N W_U W_{U''}}{1 - W_F} + \frac{W_A W_B W_E W_G W_{G''} W_H W_L W_N W_U W_{U''}}{1 - W_F} \\
& + \frac{W_A W_B W_E W_G W_{G'} W_H W_L W_N W_U W_{U'}}{1 - W_F} + \frac{W_A W_B W_E W_G W_{G''} W_H W_L W_N W_U W_{U'}}{1 - W_F} \\
& + \frac{W_A W_B W_E W_G W_{G'} W_H W_L W_M W_S W_{T'} W_U W_{U''}}{1 - W_F} + \frac{W_A W_B W_E W_G W_{G''} W_H W_L W_M W_S W_{T'} W_U W_{U''}}{1 - W_F} \\
& + \frac{W_A W_B W_E W_G W_{G'} W_H W_L W_M W_S W_{T'} W_{U'} W_{U''}}{1 - W_F} + \frac{W_A W_B W_E W_G W_{G''} W_H W_L W_M W_S W_{T'} W_{U'} W_{U''}}{1 - W_F}
\end{aligned} \quad (5.14)$$

Her bir faaliyete ait geçiş işlevlerini yerine koyup $W_{1,III}(s)|_{s=0}$ durumunu araştırırsak,

$p_{1,III}(s) = W_{1,III}(s)|_{s=0} = 0,1188$ değerini elde ederiz. Bu, gelen bir siparişin kabul edilip üretilmesi durumunda, yapılan üretimin hatalı olma olasılığının yaklaşık %12 olduğunu göstermektedir.

$$M_{1,III}(s) = \frac{W_{1,III}(s)}{p_{1,III}(s)} \quad (5.15)$$

olduğundan $M_{1,III}(s)$ hesaplanıp birinci türevinde $s=0$ yapılırsa bize bu yolun süresine ilişkin beklenen değeri verecektir. Buna göre beklenen değer;

$E(t) = \frac{dM_{1,III}(s)}{ds} \Big|_{s=0} = 668,5$ dakika olmaktadır. Bir siparişin alınıp bunun üretilmesi

sonucunda ürünün hatalı çıkması firmaya 668,5 dakika yani 11,14 saat demektir ki yaklaşık 1,4 güne tekabül etmektedir. Denklem (5.4) yardımıyla söz konusu sürecin varyansı hesaplanırsa;

$$\sigma^2 = \frac{d^2 M_{1,III}(s)}{ds^2} \Big|_{s=0} - \left(\frac{dM_{1,III}(s)}{ds} \Big|_{s=0} \right)^2 \quad (5.16)$$

elde edilir. Denklem (5.16) hesaplandığında 53033,02 dakika elde edilir ki, bu bize söz konusu sürece ait standart sapmanın 230,29 dakika olduğunu göstermektedir.

5.1.4 Ürünün İstanbul Dışına Gönderme Durumu

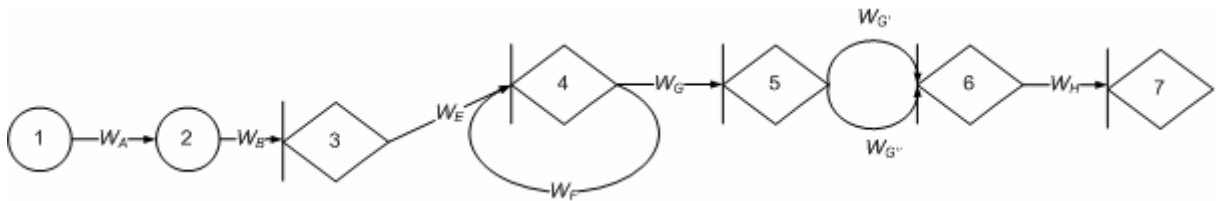
Firma ile ilgili bu süreçte, gelen siparişin uygun bulunması, kapasite kısıtı bulunmaması ve firmanın üretimi başarı ile tamamlaması sonucunda üretilen ürünün İstanbul dışına gönderilmesi olasılığı araştırılacaktır. Siparişi veren firma şayet İstanbul dışında ise bu durumda Yıldız Tekstil ürünü göndermek için bir kargo şirketi ile anlaşmaktadır.

Daha önce hesaplanan $W_{1,III}$ sürecinde de görüldüğü gibi, bir GERT şebekesinin tamamen bir bütün olarak ele alınması mümkündür ancak, yapılan hesaplamaların boyutu, kapsanan faaliyet ve nesnelerin sayısının artmasıyla büyüdüğünden hata yapma riskini ortadan kaldırabilmek amacıyla şebekenin özetleme kabiliyetine başvurulacaktır.

Bu durumda önce “1” ve “7” düğümleri arasındaki $W_{1,7}$ geçiş işlevi bulunacak, daha sonra, öncelikle “7” ve “14” düğümleri arasındaki geçiş işlevi hesaplanacak ve ardından “14” ve “IV” düğümleri arasındaki geçiş işlevi geliştirilecek, sonuç olarak her üç geçiş işlevi birleştirilecektir.

5.1.4.1 “1” ve “7” düğümleri arasındaki geçiş işlevinin hesaplanması

Bu şebeke yolu aşağıdaki şekilde verilmiştir.

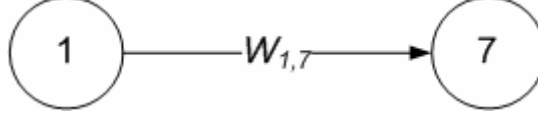


Şekil 5.7 “1” ve “7” nci düğümler arasındaki iş süreci

$W_{1,7}$ geçiş işlevi aşağıdaki şekilde bulunur.

$$W_{1,7}(s) = W_A W_B W_E \left(\frac{W_G}{1 - W_F} \right) (W_{G'} + W_{G''}) W_H \quad (5.17)$$

Şekil 5.8’de Şekil 5.7’de verilen şebekenin indirgenmiş hali görülmektedir.

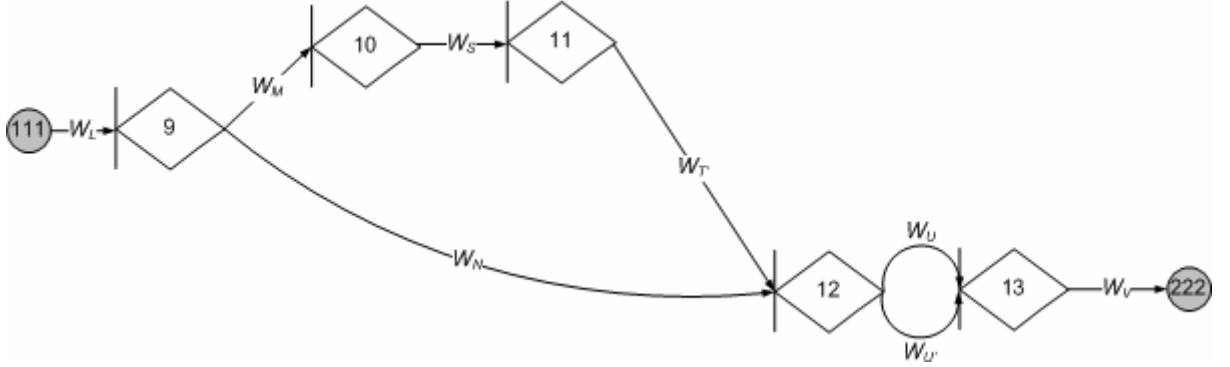


Şekil 5.8 Şekil 5.7’de verilen şebekenin indirgenmiş hali

5.1.4.2 “7” ve “14” düğümleri arasındaki geçiş işlevinin hesaplanması

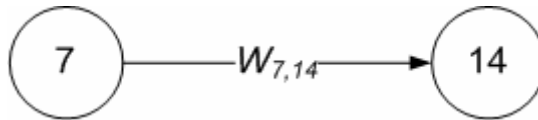
Şekil 5.9’de “7” ve “14” arasındaki faaliyetler verilmiştir. Buna göre $W_{7,14}(s)$ işlevi şebeke indirgemesi kullanılarak;

$W_{7,14}(s) = W_L (W_M W_S W_{T'} + W_N) (W_U + W_{U'}) W_V$ şeklinde ifade edilir.



Şekil 5.9 “7” ve “14” no’lu faaliyetler arasındaki şebeke parçası

Bu durumda $W_{7,14}(s)$ ile temsil edilen şebeke Şekil 5.10’da verilmiştir.

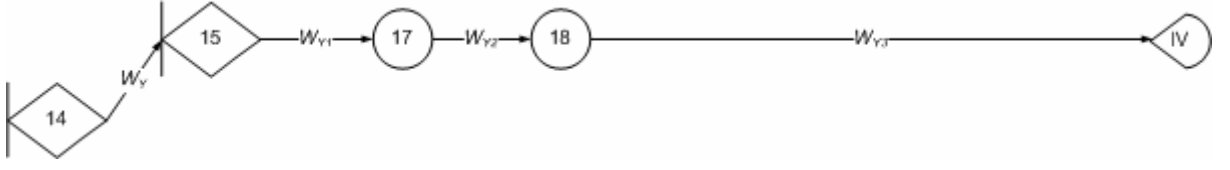


Şekil 5.10 $W_{7,14}(s)$ ile temsil edilen indirgenmiş şebeke

5.1.4.3 “14” ve “IV” düğümleri arasındaki geçiş işlevinin hesaplanması

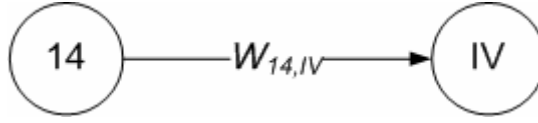
Yıldız Tekstil ile kargo firması arasında ürünün İstanbul dışına gönderilmesine ilişkin faaliyetleri kapsayan $W_{14,IV}(s)$ geçiş işlevi aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$W_{14,IV}(s) = W_Y W_{Y1} W_{Y2} W_{Y3}$ şeklinde olmaktadır. Süreci gösteren şebeke yolu Şekil 5.11’de verilmiştir.



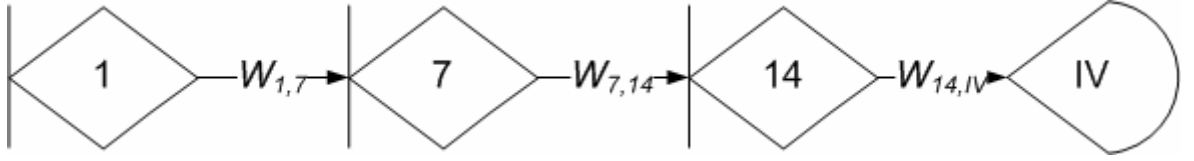
Şekil 5.11 “14” ve “IV” no’lu düğümler arasındaki şebeke parçası

$W_{14,IV}(s)$ sürecine ait indirgenmiş şebeke ise Şekil 5.12’de verilmiştir.



Şekil 5.12 $W_{14,IV}(s)$ sürecinin indirgenmiş şebekesi

$W_{1,7}$ $W_{7,14}$ ve $W_{14,IV}$ geçiş işlevleri çarpıldığında ise $W_{1,IV}$ geçiş işlevi hesaplanmış olacaktır. Bu durum aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 5.13 “1” ve “IV” düğümleri arasında kalan indirgenmiş şebeke

Buna göre;

$W_{1,IV} = W_{1,7} W_{7,14} W_{14,IV} = W_A W_B W_E \left(\frac{W_G}{1 - W_F} \right) (W_{G'} + W_{G''}) W_H W_L (W_M W_S W_{T'} + W_N) (W_U + W_{U'}) W_V W_Y W_{Y1} W_{Y2} W_{Y3}$ olmaktadır. Bu geçiş işlevinde $s=0$ uygulanırsa, $W_{1,IV}$ sürecinin olasılığı hesaplanır. Hesaplama aşağıdaki gibi yapılır.

$$p_{1,IV}(s) = W_{1,IV}(s) \Big|_{s=0} = 0,1292$$

$M_{1,IV}$ momenti ise geçiş işlevinin bulunan olasılığa bölümü ile bulunacağından;

$M_{1,IV}(s) = \frac{W_{1,IV}(s)}{p_{1,IV}(s)}$ eşitliğinden elde edilir. Bu s’ye göre momentin birinci türevi bize söz

konusu yolun zamana ilişkin beklenen değerini verecektir. Buna göre;

$E(t) = \frac{dM_{1,V}(s)}{ds} \Big|_{s=0} = 1207,92$ dakika elde edilir. Bu da 20,13 saat ve yaklaşık 2,5 gün demektir.

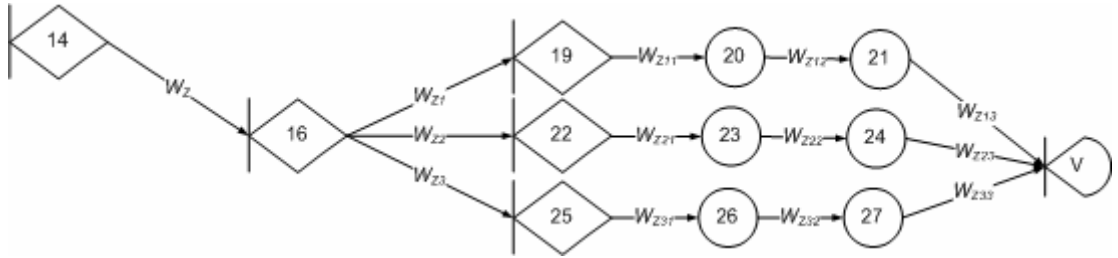
Denklem (5.4) yardımıyla süreç varyansı hesaplandığında 54792,04 dakika bulunan varyansın karekökü alındığında ise standart sapma 234,08 dakika bulunmaktadır.

5.1.5 Ürünün İstanbul İçine Gönderme Durumu

Burada daha önceki hesaplamalarda da kullanıldığı gibi “1” ve “V” no’lu düğümler arasındaki iş süreci, bütün yolun iki farklı parçaya bölünmesiyle elde edilecektir. Bu parçalar daha önce hesaplanan $W_{1,7}$ ve $W_{7,14}$ işlevleri kullanılacak, daha sonra “14” ve “V” düğümleri arasında kalan $W_{14,V}$ geçiş işlevi hesaplanarak, bu üç parça birleştirilecektir.

5.1.5.1 “14” ve “V” düğümleri arasındaki sürece ilişkin geçiş işlevinin hesaplanması

“14 ve “V” düğümleri arasına kalan sürecin şebeke bölümü Şekil 5.14’de verilmiştir.



Şekil 5.14 “14 ve “V” düğümleri arasına kalan sürecin şebeke bölümü

Burada ürün İstanbul içinde üç şekilde taşınmaktadır.

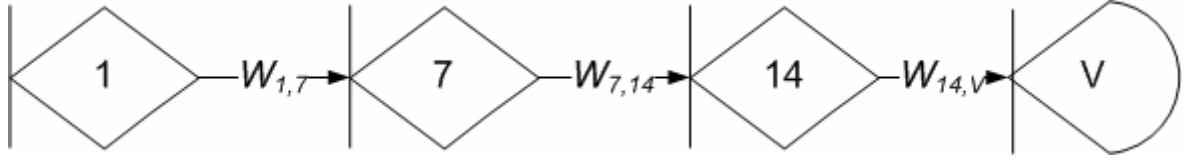
- Büyük miktardaki işlerin, firmaya ait 50NC kamyonun uygun olmaması durumunda Kargo firması ile taşınması (Z, Z1, Z11, Z12, Z13 yolu),
- Küçük miktarda işlerin firmaya ait P-100 Kamyonet ile taşınması (Z, Z2, Z21, Z22, Z23 yolu),
- Büyük miktardaki işlerin, firmaya ait 50NC kamyon ile taşınması (Z, Z3, Z31, Z32, Z33 yolu).

Üretilen bir ürün, firmadan müşteriye yukarıda sayılan 3 tipten biri aracılığı ile gönderilmektedir. Dolayısıyla “V” no’lu düğümün gerçekleşmesi için bu faaliyet tiplerinden birinin gerçekleşmesi yeterlidir.

Şebekede “14” no’lu düğümünden “V” no’lu düğüme giden yolun geçiş işlevini hesaplamak için, şebeke indirgenmesi yolu tercih edilecektir. Buna göre $W_{14,V}$ işlevi aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$W_{14,V} = W_Z \left((W_{Z1}W_{Z11}W_{Z12}W_{Z13}) + (W_{Z2}W_{Z21}W_{Z22}W_{Z23}) + (W_{Z3}W_{Z31}W_{Z32}W_{Z33}) \right) \quad (5.18)$$

$W_{1,V}$ işlevinin temsil ettiği indirgenmiş şebeke ise Şekil 5.15’de verilmiştir.



Şekil 5.15 “1” ve “V” düğümlerinin arasındaki sürecin indirgenmiş şebekesi

Bu geçiş işlevinde $s=0$ uygulanırsa, $W_{1,V}$ sürecinin olasılığı hesaplanır. Buna göre;

$$p_{1,V}(s) = W_{1,V}(s) \Big|_{s=0} = 0,732 \text{ bulunur.}$$

$M_{1,V}$ momentini ise geçiş işlevinin bulunan olasılığa bölümü ile bulunacağından;

$$M_{1,V}(s) = \frac{W_{1,V}(s)}{p_{1,V}(s)} \text{ eşitliğinden elde edilir. Bu } s\text{'ye göre momentin birinci türevi bize söz}$$

konusu yolun zamana ilişkin beklenen değerini verecektir. Buna göre;

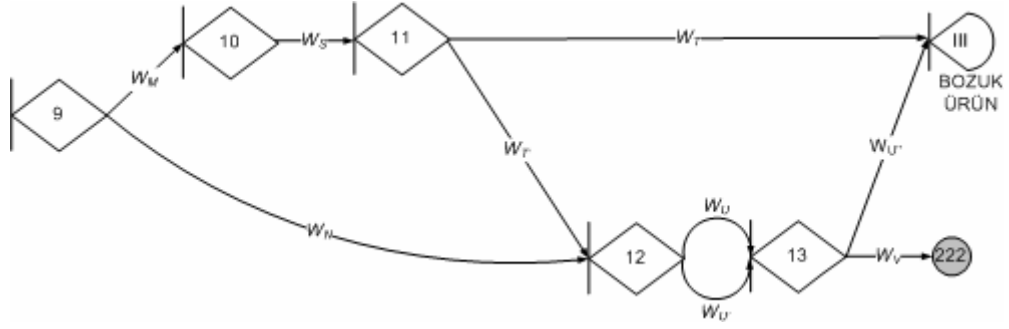
$$E(t) = \frac{dM_{1,V}(s)}{ds} \Big|_{s=0} = 775,97 \text{ dakika elde edilir. Bu da 12,93 saat ve yaklaşık 1,62 gün}$$

demektir.

Denklem (5.4) yardımıyla süreç varyansı hesaplandığında 55195,4 dakika bulunan varyansın karekökü alındığında ise standart sapma 234,94 dakika bulunmaktadır.

5.2 Firmanın Taşıma Maliyetlerinin Tespiti İçin GERT Şebekesinin Kullanılması

Bir GERT şebekesinde düğümler arasındaki geçiş işlevleri zamana ilişkin hesaplanabildiği gibi aynı zamanda maliyetlerin tespitine yönelik olarak da kullanılabilir. Bunun için yapılması gereken, firmanın iş sürecine ait GERT şebekesinde geçiş işlevlerinin maliyet odaklı olarak geliştirilmesidir. Şekil 5.16’da Yıldız Tekstil firmasının ürün muayene sürecinin maliyetinin tespitine yönelik GERT şebekesi verilmiştir.



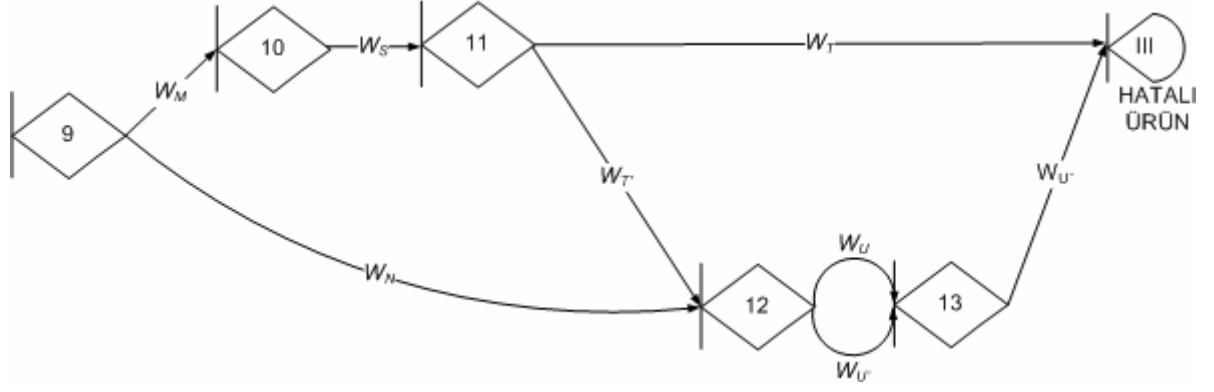
Şekil 5.16 Firmanın muayene maliyetlerini tespitine yönelik geliştirilen GERT şebekesi

Şekil 5.16, ilk bakıldığında Şekil 5.9'den farksızdır. Ancak burada faaliyetleri tanımlarken kullanılan geçiş işlevleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

Çizelge 5.5 Firma faaliyetlerinin maliyet odaklı değerleri

Faaliyet	Maliyet (YTL)	Olasılık	$M(s)$	$W(s)$
M	5,50	0,25	$e^{5,5s}$	$0,25e^{5,5s}$
N	0,63	0,75	$e^{0,63s}$	$0,75e^{0,63s}$
S	3,17	1	$e^{3,17s}$	$e^{3,17s}$
T	2,30	0,30	$e^{2,3s}$	$0,30e^{2,3s}$
T'	1,90	0,70	$e^{1,9s}$	$0,70e^{1,9s}$
U	1,53	0,65	$e^{1,53s}$	$0,65e^{1,53s}$
U'	2,30	0,35	$e^{2,3s}$	$0,35e^{2,3s}$
U''	1,58	0,05	$e^{1,58s}$	$0,05e^{1,58s}$
V	0,95	0,95	$e^{0,95s}$	$0,95e^{0,95s}$

Bu muayene süreci iki şekilde sonuçlanmaktadır. Şekil 5.16'de verilen şebeke ürünün bozuk olması durumundaki maliyeti hesaplamakta kullanılacağından Şekil 5.17'deki kısmi şebekeye dönüştürülür.



Şekil 5.17 Bozuk ürün ile sonuçlanan sürecin maliyet analizine yönelik GERT şebekesi

Burada sadece muayene süreci ele alınmış olup, ürünün üretilmesine ilişkin maliyetler kapsam dışında tutulmuştur. Buna göre, “9” no’lu düğümden “III” no’lu düğüme geçiş işlevi hesaplanırsa;

$$W_{9,III}(s) = W_M W_S W_T + W_M W_S W_T W_U W_{U''} + W_M W_S W_T W_U W_{U''} + W_N W_U W_{U''} + W_N W_U W_{U''} \quad (5.19)$$

eşitliği elde edilir.

Bilindiği gibi $W_{9,III}(s)|_{s=0}$ bize ürünün bozuk olma olasılığını vermektedir. Bu değer yaklaşık %10,5’e eşdeğerdir. Bu durumda, maliyete ilişkin MGF;

$$M_{9,III}(s) = \frac{W_{9,III}(s)}{W_{9,III}(s)|_{s=0}} \quad (5.20)$$

olduğundan maliyetin beklenen değeri $M_{9,III}(s)$ ’nin s ’ye göre türevi alınarak ve $s=0$ yapılarak bulunabilir. Buna göre;

$$E(s) = \left. \frac{dM_{9,III}(s)}{ds} \right|_{s=0} = 9,03 \text{ YTL. olmaktadır.}$$

Bu maliyet analizi yukarıda anlatılan bütün süreçlere uygulanabildiği gibi, GERT şebekesinin kısmi şebekelerine de uygulanabilmektedir.

5.3 Uygulama Sonuçları

Bu çalışmada önerilen yaklaşımın Yıldız Tekstil A.Ş.’ye uygulanması sonucunda süreçlerin stokastik şebekeler yardımıyla analizine yönelik elde edilen bulgular ve sonuçlar aşağıda özetlenmiştir. Burada ayrıca GERT ile elde edilen sonuçlar, PERT-yol yöntemi ve Monte Carlo simülasyonu ile karşılaştırılmış, karşılaştırma süreci ve sonuçları ayrıca gösterilmiştir.

5.3.1 Uygulama Alanı ve Kullanım Kolaylığı

GERT yaklaşımı ile mevcut iş süreçlerinin modellenmesi ve analizinin yapılmasının, özellikle yapısında olasılık dallanmaları barındıran ve kesin olmayan süreleri kapsayan iş süreçlerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu tip yapılara sahip süreçlerin çevrim zamanlarının tespit edilmesi, GERT şebekeleri ile herhangi bir benzetim aracına gerek kalmadan mümkün olmaktadır.

GERT şebekeleri herhangi bir şebeke formuna rahatlıkla uygulanabilmektedir.

Ele alınan Yıldız Tekstil firmasına ait iş süreçleri de diğer firma iş süreçleri gibi şebeke formuna getirilerek hem faaliyetler arasındaki etkileşimin hem de şebekeyi oluşturan süreçlerdeki gerçek hayata uygun stokastik yapının nasıl gerçekleştiği izlenebilmektedir.

Belirli benzetim yazılımları da aynı amaca yönelik olarak kullanılabilir ancak bir benzetim yazılımının elde edilmesi ve nasıl kullanıldığının öğrenilmesi önemli yatırımları gerektirebilir. Diğer yandan GERT şebekelerinin hazırlanması ve çözümlenmesindeki basitlik, herhangi bir yazılıma gerek kalmadan temel süreçlerin analiz edilmesine imkan verebilmektedir.

Firmanın belirli bir sürecinin analizine yönelik yapılan çalışmada, firmaya ilişkin malzeme, bilgi, para vb. varlıkların akışına yönelik analizlerin yapılması GERT şebekeleriyle mümkündür. Whitehouse (1973), bir firmanın envanter yönetimi, iş yükünün belirlenmesi, imalat süreçleri gibi yönetime ışık tutacak bir çok uygulamanın yapılabilirliğini göstermiştir.

Daha da önemlisi Pritsker ve Happ tarafından 1966 yılında duyurulan GERT yönteminin, günümüz akademisyenlerinin ve çalışanlarının birinci derecede önem verdiği iş süreçlerinin yeniden yapılandırılmasında etkin bir analiz aracı olarak kullanılabilmesi, bu konuda yapılmakta olan çalışmalara yeni boyutlar kazandırabilecektir. GERT tekniğinin keşfinden 10 yıl sonra bilim ve iş dünyasına kazandırılan ve iş süreçlerinin modellenmesinde önemli bir uygulama alanı bulan Petri-Net'ler de olduğu gibi, GERT şebekelerinin de iş süreçlerinin yeniden yapılandırılmasında önemli bir yer alacağı tahmin edilmektedir.

5.3.2 Ölçeklenebilir Yapı

Uygulama sırasında çözümlemelerde kullanılan şebeke indirgeme özelliği sayesinde bir GERT şebekesi ile modellenmiş iş süreci herhangi bir parametrik özelliğinden bir şey kaybetmeden çok daha üst seviyede özetlenebilmektedir. Bu özellik şebekenin anlaşılabilirliğini artırdığı gibi, hesaplama kolaylığı da sağlamaktadır. Ayrıca özetleme kabiliyeti bir çok iş süreci modelleme yönteminde önemli özellikler arasında sayılmaktadır.

Yapılan uygulamada Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’de verilen şebeke, “1” ve “V” no’lu düğümler arası hesaplamaları yapmak amacıyla, Şekil 5.15 şeklinde özetlenmiştir.

5.3.3 Ölçebilirlik

Uygulama sonucunda görülmüştür ki, GERT şebekeleri ile modellenmiş bir iş sürecini oluşturan faaliyetler ve bu faaliyetler sonucunda ortaya çıkan veya değişikliğe uğrayan nesneler hakkında önemli istatistikler elde edilir. Bu da GERT şebekelerinin ölçebilirlik kabiliyetini ön plana çıkarmaktadır.

Yıldız Tekstil firmasına ilişkin olarak yapılan hesaplamalardan elde edilen sonuçlar Çizelge 5.6’da özetlenmiştir.

Çizelge 5.6 Uygulama sonucu elde edilen sonuçlar

İş Süreci	Süreç Geçiş İşlevi	Olasılık	Ortalama Beklenen Değer (dk)	Standart Sapma (dk)
Yıldız Tekstil’in, siparişi veren firmanın problem teşkil edebileceği düşüncesiyle siparişi reddetmesi	$W_{1,I}$	%2,0	95,00	10,05
Firma değerlendirmenin olumlu olması sonucunda, gelen siparişin dış kaynak kullanımı ile karşılaması,	$W_{1,II}$	%14,7	446,67	227,25
Yıldız Tekstil üretiminin hatalı ürün ile sonuçlanması durumu	$W_{1,III}$	%11,9	668,50	230,29
Yıldız Tekstilin üretimini yaptığı ürünün İstanbul dışına gönderme durumu,	$W_{1,IV}$	%12,9	1207,92	234,08
Yıldız Tekstilin üretimini yaptığı ürünün İstanbul içine gönderme durumu,	$W_{1,V}$	%73,2	775,97	234,94

Şayet firmanın incelenen iş süreçlerine yönelik bir değişiklik yapılırsa yukarıdaki çizelgede elde edilen sonuçlar rahatlıkla bir karşılaştırma kriteri olarak kullanılabilir.

Eğer analizcinin ilgi odağı her bir taşıma tipi için farklı analizler yapmak ise bu durumda şebekenin analiz amaçlarına uygun olarak tasarlanması gerekir. GERT şebekelerinin üstün

yanlarından biri de modelcinin bakış açısı ile analiz amaçlarını iyi bir şekilde entegre etmesidir.

Ayrıca GERT şebekesi ile modellenmiş bir iş sürecine ilişkin maliyet hesaplamaları da yapılarak, sürecin firmaya ne kadar bir yük getirdiği de hesaplanabilir.

5.3.4 Formal Yapı

GERT şebekeleri kullanılan düğüm tipleri ile formal bir yapıya sahiptir. Her bir düğüm kendine özgü özellikleriyle kendisinden önce ve sonra gelen faaliyetlere özelliklerini aktarabilmektedir. Çözümlemelerde kullanılan diğer yöntemler de formal bir yapı göstermektedir. Faaliyet ve düğümlerin konumlarına uygun olarak topolojik eşitlikler ve ilgili kurallar çerçevesinde hesaplama yapma imkanı vardır.

5.3.5 Yasalaştırma

GERT şebekeleri, temsil ettiği iş süreçleri hakkında faaliyetler ve nesneler arası ilişkilerin ve kuralların ortaya konulmasında yeterince etkilidir. Zira sürece ait ve gerçek hayata uygun olasılık dallanmaları ile sürelerin probabilistik yapıda olmasına müsaade etmesi, modellediği iş sürecini ne derece etkin bir şekilde temsil ettiğinin açık bir göstergesidir.

Sonuç olarak, GERT şebekelerinin, çeşitli modelleme perspektiflerinden bakıldığında iş süreçleri üzerinde yapılan çalışmalarda önemli bir yer alabileceği düşünülmektedir. Yapılan uygulama ile GERT yaklaşımının iş süreçlerinin analizinde kullanılabilecek önemli bir araç olduğu kanısı yanında, bu tekniğe uygun olarak yazılabilecek benzetim araçlarının da desteği ile daha da etkin bir görev alacağına ilişkin şüphe yoktur. Görüldüğü gibi, işletmelerin yürüttüğü iş süreçleri, ister mevcut ister tasarlanan olsunlar GERT şebekeleri kullanılarak, herhangi bir yazılıma ihtiyaç duyulmadan modellenebilmekte ve kurulan model çeşitli çözümlerle zaman ve maliyet performansları bulunabilmektedir. Bu da GERT şebekelerinin kullanımının firma süreçlerinin analizinde ne kadar etkili olduklarını göstermesi açısından önemli bir özelliktir.

5.3.6 GERT Sonuçlarının PERT-yol ve Simülasyon ile Karşılaştırılması

Bu bölümde elde edilen sonuçların geçerliliklerinin ispat edilmesi amacıyla uygulama sırasında incelenen iş süreçlerinin beklenen (ortalama) süre ve varyans ile gerçekleşme olasılıklarının farklı yöntemler ile yeniden hesaplanması ve sonuçların önerilen yöntemle karşılaştırılması durumu ele alınmıştır.

Buna göre, öncelikle aşağıda sıralanan firma iş süreçleri PERT-yol (PERT-path) (Albino vd., 1989) yöntemi ve Monte Carlo simülasyonu ile yeniden modellenecek ve hesaplanacaktır. Monte Carlo simülasyonu ile yapılan hesaplamalarda simülasyon 10.000 kez tekrar edilmiştir.

5.3.6.1 Siparişin Reddedilmesi

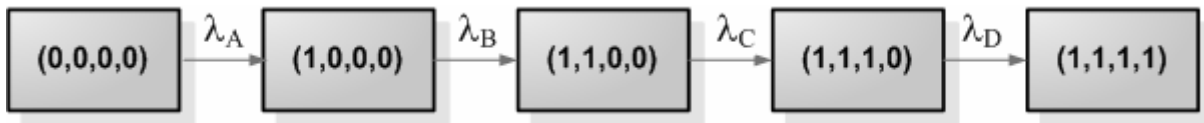
Şekil 5.4’de verilen sürece ilişkin olarak GERT ile yapılan hesaplamalarda elde edilen sonuçlara göre $W_{1,I}$ sürecinin beklenen gerçekleşme zamanı 95 dakika ve varyansı 101 dakika olarak hesaplanmış, sürecin gerçekleşme olasılığı ise %2 olarak bulunmuştur.

Aynı süreç önce PERT-yol yaklaşımı ile incelenmiştir. Durum vektörleri belirlenirken herhangi bir zamanda süreç faaliyetlerinin tamamlanma durumları gösterilmiş olup “1” ile ilgili faaliyetin tamamlanmış olduğu “0” ile de faaliyetin o an için henüz tamamlanmadığı ifade edilmektedir. Çizelge 5.7’de sürece ait durum vektörleri verilmiştir.

Çizelge 5.7 “1” ve “I” düğümleri arasındaki şebekenin durum listesi

Durum	A	B	C	D
S0	0	0	0	0
S1	1	0	0	0
S2	1	1	0	0
S3	1	1	1	0
S4	1	1	1	1

Durum vektörleri ile elde edilen sürece ait PERT-yol şebekesi Şekil 5.18’de verilmiştir.



Şekil 5.18 “1” ve “I” düğümleri arasındaki PERT-yol şebekesine ait durum listesi

Şekil 5.18’de verilen şebekeye ilişkin faaliyetler Çizelge 5.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.8 Şekil 5.18’de verilen şebekeye ilişkin geçiş değişkenlerinin özellikleri

PERT-yol Geçiş Değişkeni	Süre	Ortalama Süre	Varyans	Olasılık
λ_A	Normal (10;1)	10	1	1
λ_B	Normal (70;10)	70	100	1
λ_C	5	5	-	0,02
λ_D	10	10	-	1

PERT-yol şebekesinden de anlaşılacağı gibi (0,0,0,0) vektöründen (1,1,1,1) vektörüne giden sadece tek bir π_1 yolu vardır. Bu yola ait istatistikler Çizelge 5.9’da verilmiştir. Burada yola ilişkin ortalama, varyans ve olasılık hesaplarında Çizelge 4.8’de verilen yaklaşım kullanılmaktadır. Buna göre ortalamalar ve standart sapmalar geçiş değişkenleri değerlerinin toplamı ve olasılık ise yol üzerindeki faaliyetlerin gerçekleşme olasılıkları çarpımına eşittir.

Çizelge 5.9 π_1 yolunun ortalama süresi, varyansı ve olasılığı

Yol	Durum Sırası	Ortalama Süre	Varyans	Olasılık
π_1	S1,S2,S3,S4,S5	95	101	0,02

Buna göre söz konusu yolun ortalama süresi 95 dakika ve standart sapması ise $\sqrt{101} = 10,05$ dakika olmaktadır.

5.3.6.2 Gelen Siparişin Dış Kaynak Kullanımı ile Karşılanması

$W_{1,II}$ sürece ilişkin GERT şebekesi Şekil 5.5’de verilmiştir.

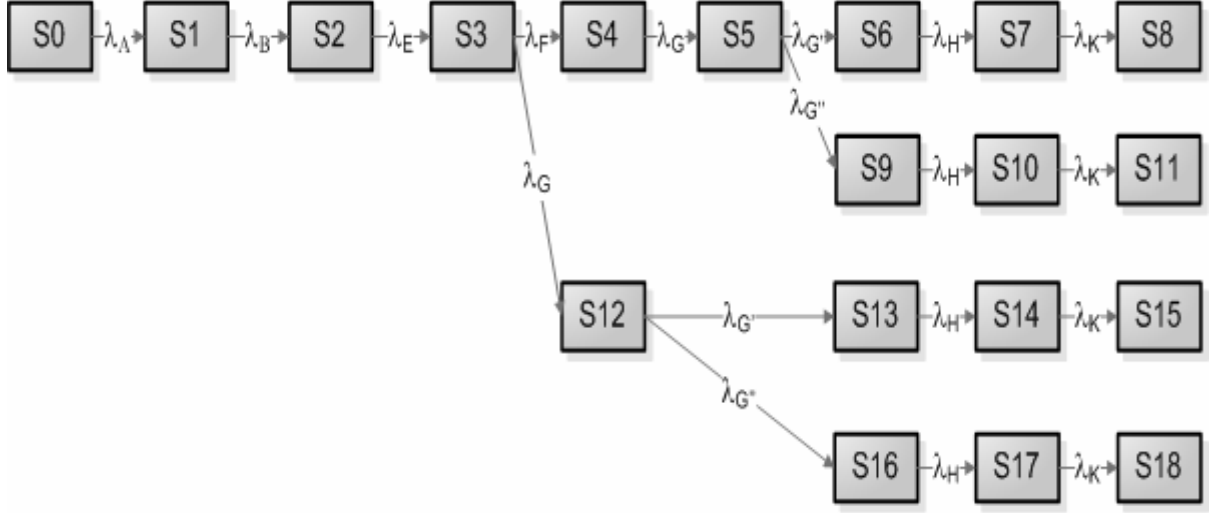
Çizelge 5.10 “I” ve “II” düğümleri arasında kalan şebekenin süreç durumları

Durum	A	B	E	F	G	G'	G''	H	K
S0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
S2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
S3	1	1	1	0	0	0	0	0	0
S4	1	1	1	1	0	0	0	0	0
S5	1	1	1	1	1	0	0	0	0
S6	1	1	1	1	1	1	0	0	0
S7	1	1	1	1	1	1	0	1	0
S8	1	1	1	1	1	1	0	1	1
S9	1	1	1	1	1	0	1	0	0
S10	1	1	1	1	1	0	1	1	0
S11	1	1	1	1	1	0	1	1	1
S12	1	1	1	0	1	0	0	0	0
S13	1	1	1	0	1	1	0	0	0
S14	1	1	1	0	1	1	0	1	0
S15	1	1	1	0	1	1	0	1	1
S16	1	1	1	0	1	0	1	0	0
S17	1	1	1	0	1	0	1	1	0
S18	1	1	1	0	1	0	1	1	1

Sürece ilişkin yapılan GERT hesaplamaları sonucunda beklenen sürenin 446,67 dakika olduğu görülmektedir.

Bu sürecin gerçekleşme olasılığı ise 0,147 olmaktadır.

Sürece ait PERT-yol şebekesini oluşturmak için öncelikle süreç durumlarının belirlenmesi gerekmektedir. Buna göre tanımlanan süreç durumları Çizelge 5.10’da, PERT-yol şebekesi Şekil 5.19’da ve geçiş değişkenleri ise Çizelge 5.11’de gösterilmiştir.



Şekil 5.19 “I” ve “II” düğümleri arasındaki PERT-yol şebekesi

Oluşturulan PERT-yol şebekesinde λ_A ’dan sonuç düğümlerine giden dört ayrı yolun (π_i ; $i=1,2,3,4$) tanımları ve istatistikleri Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.11 Şekil 5.19’de verilen şebekenin geçiş değişkenleri

PERT-yol Geçiş Değişkeni	Süre	Ortalama Süre	Varyans	Olasılık
λ_A	Normal(10;1)	10	1	1
λ_B	Normal(70;10)	70	100	1
λ_E	Poisson(18)	18	18	0,98
λ_F	Poisson(60)	60	60	0,10
λ_G	20	20	-	0,90
$\lambda_{G'}$	Poisson(480)	480	480	0,60
$\lambda_{G''}$	20	20	-	0,40
λ_H	25	25	-	1
λ_K	1	1	-	0,15

Çizelge 5.12 Şekil 5.19’de verilen şebekeye ait yollar

Yol	Durum Sırası	Ortalama Süre	Varyans	Olasılık
π_1	S0,S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7,S8	684	659	0,007938
π_2	S0,S1,S2,S3,S4,S5,S9,S10,S11	224	179	0,005292
π_3	S0,S1,S2,S3,S12,S13,S14,S15	624	599	0,079380
π_4	S0,S1,S2,S3,S12,S16,S17,S18	164	119	0,052920

PERT-yol şebekesinde tanımlanan π_1 , π_2 , π_3 ve π_4 yollarından elde edilen ortalama ve olasılık bilgilerinden yola çıkılarak sürece ilişkin ortalama süre $E[T]$ ve varyans $V[T]$ değerleri aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanabilmektedir (Pontrandolfo, 2000):

$$E[T] = \sum_{i=1}^r P_i \cdot E[T_i] \quad (5.21)$$

$$V[T] = \sum_{i=1}^r P_i \cdot [V[T_i] + (E[T_i] - E[T])^2] \quad (5.22)$$

Burada;

T : Süreç süresinin rasgele değişkeni

$E[T]$: Ortalama süreç süresi

$V[T]$: Süreç süresinin varyansı

T_i : i nci yolun rasgele değişkeni

$E[T_i]$: Ortalama süreç süresi

$V[T_i]$: Süreç süresinin varyansı

P_i : Sürecin i yolunu izleme olasılığı

i : Yol numarası anlamında kullanılmıştır.

PERT-yol tekniği temel olarak PERT şebekelerinin analizinde kullanılan bir yaklaşım olduğundan incelenen her hangi bir PERT şebekesine ait yolların takip edilme olasılıkları toplamı “1” olmalıdır. Ancak yukarıda incelenen süreç, olasılık dallanması sonucu olduğundan her bir yola ait olasılık değerleri toplamından da anlaşıldığı üzere söz konusu sürecin hesaplanan olasılık değeri 0,14553 olmaktadır. Söz konusu olasılık değeri GERT ile yapılan hesaplamalarda da aynı şekilde elde edilmiştir. Yol olasılıklarının toplamının “1” olmasını sağlamak amacıyla bütün yol olasılık değerleri 0,14553 olasılığına bölünerek olasılık

sonuçları normalize edilir. Bu durumda elde edilen düzeltilmiş P_i olasılıkları, toplamı “1” sayısını verecek şekilde aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 5.13 Şekil 5.19’de verilen şebekeye ait yolların normalize edilmiş olasılıkları

i	π_i	$E[T_i]$	$V[T_i]$	P_i
1	π_1	684	659	0,055
2	π_2	224	179	0,036
3	π_3	624	599	0,545
4	π_4	164	119	0,364
Σ				1,000

Yukarıda verilen tanımlardan da anlaşıldığı gibi, bir sürece ait beklenen değer o süreci oluşturan yolların beklenen süreleri ile bu sürelerinin süreç tarafından uygulanması olasılığının çarpımına eşittir. Bu durumda ilgili sürece ilişkin olarak ortalama zaman değeri $E[T]$, aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$E[T] = 0,055.684 + 0,036.224 + 0,545.624 + 0,364.164$$

$$= 445,46 \text{ dakika}$$

Benzer şekilde, $V[T]$ değeri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$V[T] = 0,055.(659 + (684 - 445,46)^2) + 0,036.(179 + (224 - 445,46)^2)$$

$$+ 0,545.(599 + (624 - 445,46)^2) + 0,364.(119 + (164 - 445,46)^2)$$

$$= 51.493,98 \text{ dakika}$$

Standart sapma ise varyansın karekökü olduğundan 226,92 dakika olarak hesaplanır.

5.3.6.3 Üretimin Hatalı Ürün ile Sonuçlanması

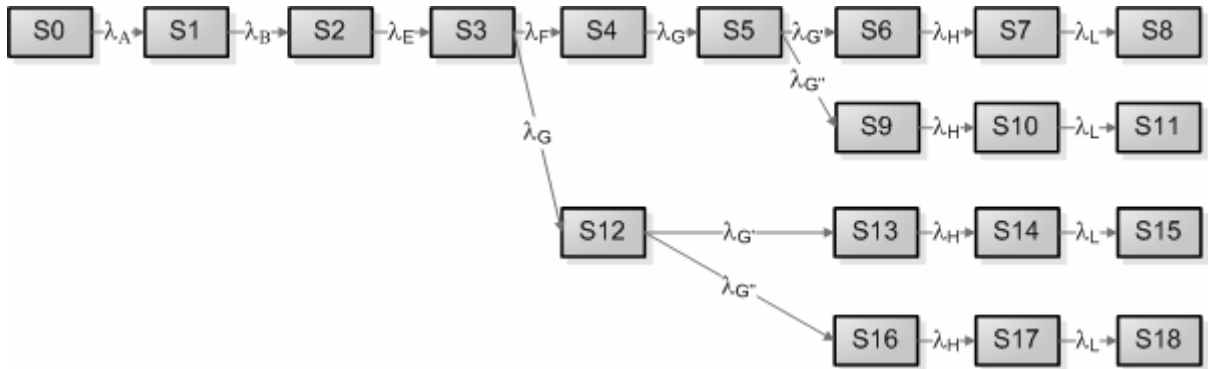
Üretimin hatalı ürün ile sonuçlanması ($W_{1,II}$) sürecinin incelenmesinde iki aşamalı yaklaşım uygulandığında öncelikle Şekil 5.6’da verilen şebekede, $W_{1,II}$ sürecinden farklı olarak “1” no’lu düğüm ile “9” no’lu düğüm arasındaki yolda sadece $W_{1,II}$ sürecindeki “K” faaliyeti yerine “L” faaliyeti gelmektedir. Bu sebeple $W_{1,II}$ sürecine ait yukarıda yapılan hesaplamalarda “K” faaliyeti yerine “L” faaliyeti kullanıldığında elde edilecek sonuçlara daha sonra “9” no’lu düğüm ile “III” no’lu düğüm arasındaki faaliyetlere ilişkin yapılacak hesaplama sonuçları ilave edilecek ve sonuç olarak “1” no’lu düğüm ile “III” no’lu düğüm

arasında kalan $W_{1,III}$ sürecine ilişkin sonuçlar elde edilecektir. Çizelge 5.14’de “1” ve “9” no’lu düğümler arasında kalan şebekenin durumları verilmiştir.

Çizelge 5.14 “1” ve “9” düğümleri arasında kalan şebekenin süreç durumları

Durum	A	B	E	F	G	G'	G''	H	L
S0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
S2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
S3	1	1	1	0	0	0	0	0	0
S4	1	1	1	1	0	0	0	0	0
S5	1	1	1	1	1	0	0	0	0
S6	1	1	1	1	1	1	0	0	0
S7	1	1	1	1	1	1	0	1	0
S8	1	1	1	1	1	1	0	1	1
S9	1	1	1	1	1	0	1	0	0
S10	1	1	1	1	1	0	1	1	0
S11	1	1	1	1	1	0	1	1	1
S12	1	1	1	0	1	0	0	0	0
S13	1	1	1	0	1	1	0	0	0
S14	1	1	1	0	1	1	0	1	0
S15	1	1	1	0	1	1	0	1	1
S16	1	1	1	0	1	0	1	0	0
S17	1	1	1	0	1	0	1	1	0
S18	1	1	1	0	1	0	1	1	1

Bu kapsamda “1” düğümü ile “9” düğümü arasında kalan şebekeye ait PERT-yol şebekesi Şekil 5.20’de verilmiştir.



Şekil 5.20 “1” ve “9” düğümleri arasındaki PERT-yol şebekesi

PERT-yol şebekesinde verilen geçiş işlevlerine ait süre, ortalama, varyans ve olasılık değerleri Çizelge 5.15’de verilmiştir.

Çizelge 5.15 “1” ve “9” düğümleri arasındaki şebekenin geçiş değişkenleri

PERT-yol Geçiş Değişkeni	Süre	Ortalama Süre	Varyans	Olasılık
λ_A	Normal(10;1)	10	1	1
λ_B	Normal(70;10)	70	100	1
λ_E	Poisson(18)	18	18	0,98
λ_F	Poisson(60)	60	60	0,10
λ_G	20	20	-	0,90
$\lambda_{G'}$	Poisson(480)	480	480	0,60
$\lambda_{G''}$	20	20	-	0,40
λ_H	25	25	-	1
λ_L	Normal(120;5)	120	25	1

Oluşturulan PERT-yol şebekesinde λ_A 'dan λ_L 'ye giden dört ayrı yolun (π_i ; $i=1,2,3,4$) tanımları ve istatistikleri Çizelge 5.16'da verilmiştir.

Çizelge 5.16 Şekil 5.20'da verilen şebekeye ait yollar

Yol	Durum Sırası	Ortalama Süre	Varyans	Olasılık
π_1	S0,S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7,S8	803	684	0,05292
π_2	S0,S1,S2,S3,S4,S5,S9,S10,S11	343	204	0,03528
π_3	S0,S1,S2,S3,S12,S13,S14,S15	743	624	0,52920
π_4	S0,S1,S2,S3,S12,S16,S17,S18	283	144	0,35280

Çizelge 5.16'da verilen olasılık değerleri normalize edildiğinde Çizelge 5.17 elde edilir.

Çizelge 5.17 Şekil 5.20'da verilen şebekeye ait yolların normalize edilmiş olasılıkları

i	π_i	$E[T_i]$	$V[T_i]$	P_i
1	π_1	803	684	0,055
2	π_2	343	204	0,036
3	π_3	743	624	0,545
4	π_4	283	144	0,364
Σ				1,000

Buna göre denklem (5.21) ve denklem (5.22) kullanılarak hesaplanan $E[T]$ ve $V[T]$ değerleri aşağıda verilmiştir.

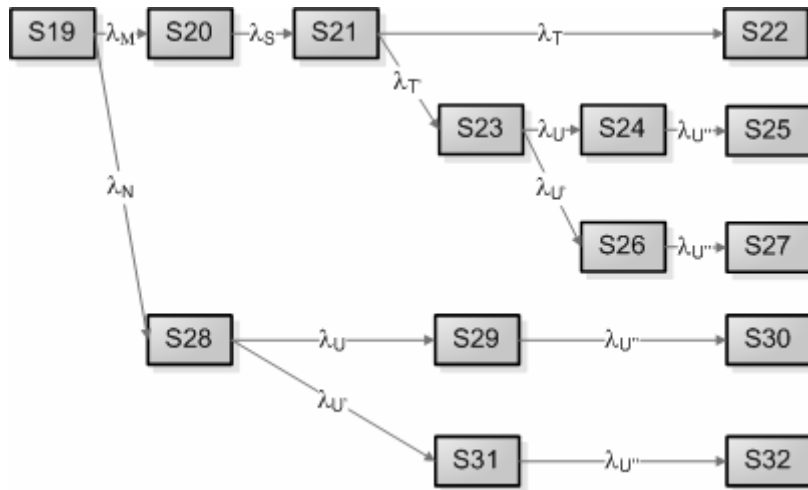
$$E[T] = \sum_{i=1}^r P_i \cdot E[T_i] = 564,46 \text{ dakika} , \quad V[T] = \sum_{i=1}^r P_i \cdot [V[T_i] + (E[T_i] - E[T])^2] = 51521,33 \text{ dakika}$$

Bu da standart sapmanın 227,03 dakika olduğunu gösterir.

Bu aşamadan sonra, benzer hesaplamalar “9” ve “III” düğümleri arasında kalan sürece de uygulanmalıdır. Bu sebeple söz konusu düğümler arasında kalan süreç durumları Çizelge 5.18’de PERT-yol şebekesi Şekil 5.21’de verilmiştir.

Çizelge 5.18 “9” ve “III” düğümleri arasındaki sürece ilişkin süreç durumları

Durum	M	N	S	T	T'	U	U'	U''
S19	0	0	0	0	0	0	0	0
S20	1	0	0	0	0	0	0	0
S21	1	1	0	0	0	0	0	0
S22	1	1	1	0	0	0	0	0
S23	1	1	1	1	0	0	0	0
S24	1	1	1	1	1	0	0	0
S25	1	1	1	1	1	1	0	0
S26	1	1	1	1	1	1	0	1
S27	1	1	1	1	1	1	0	1
S28	1	1	1	1	1	0	1	0
S29	1	1	1	1	1	0	1	1
S30	1	1	1	1	1	0	1	1
S31	1	1	1	0	1	0	0	0
S32	1	1	1	0	1	1	0	0



Şekil 5.21 “9” ve “III” düğümleri arasındaki sürece ilişkin PERT-yol şebekesi

PERT-yol şebekesinde verilen geçiş işlevlerine ait süre, ortalama, varyans ve olasılık değerleri Çizelge 5.19’da verilmiştir.

Çizelge 5.19 “9” ve “III” düğümleri arasındaki şebekenin geçiş değişkenleri

PERT-yol Geçiş Değişkeni	Süre	Ortalama Süre	Varyans	Olasılık
λ_M	Normal(60;5)	60	25	0,25
λ_N	Normal(10;2)	10	4	0,75
λ_S	Normal(35;10)	35	100	1
λ_T	Normal(30;5)	30	25	0,30
$\lambda_{T'}$	Normal(30;5)	30	25	0,70
λ_U	Normal(20;2)	20	4	0,65
$\lambda_{U'}$	Normal(30;3,5)	30	12,25	0,35
$\lambda_{U''}$	Normal(25;3)	25	9	0,05

Oluşturulan PERT-yol şebekesinde S19 durumundan sonuç düğümlerine giden beş ayrı yolun (π_i ; $i=1,2,3,4,5$) tanımları ve istatistikleri Çizelge 5.20’de verilmiştir.

Çizelge 5.20 Şekil 5.21’de verilen şebekeye ait yollar

Yol	Durum Sırası	Ortalama Süre	Varyans	Olasılık
π_1	S19,S20,S21,S22	125	150,00	0,07500
π_2	S19,S20,S21,S23,S24,S25	170	163,00	0,00569
π_3	S19,S20,S21,S23,S26,S27	180	171,25	0,00306
π_4	S19,S28,S29,S30	55	17,00	0,02438
π_5	S19,S28,S31,S32	65	25,25	0,01313

Çizelge 5.20’de verilen olasılık değerleri normalize edildiğinde Çizelge 5.21 elde edilir.

Çizelge 5.21 Şekil 5.21’de verilen şebeke yollarına ait normalize edilmiş olasılık değerleri

i	π_i	$E[T_i]$	$V[T_i]$	P_i
1	π_1	125	150,0	0,619
2	π_2	170	163,0	0,047
3	π_3	180	171,3	0,025
4	π_4	55	17,0	0,201
5	π_5	65	25,25	0,108
Σ				1,000

Buna göre denklem (5.21) ve denklem (5.22) kullanılarak hesaplanan $E[T]$ ve $V[T]$ değerleri aşağıda verilmiştir.

$$E[T] = \sum_{i=1}^r P_i \cdot E[T_i] = 107,94 \text{ dakika}, \quad V[T] = \sum_{i=1}^r P_i \cdot [V[T_i] + (E[T_i] - E[T])^2] = 1364,39 \text{ dakika}$$

Bu durumda standart sapma 36,94 dakika olmaktadır.

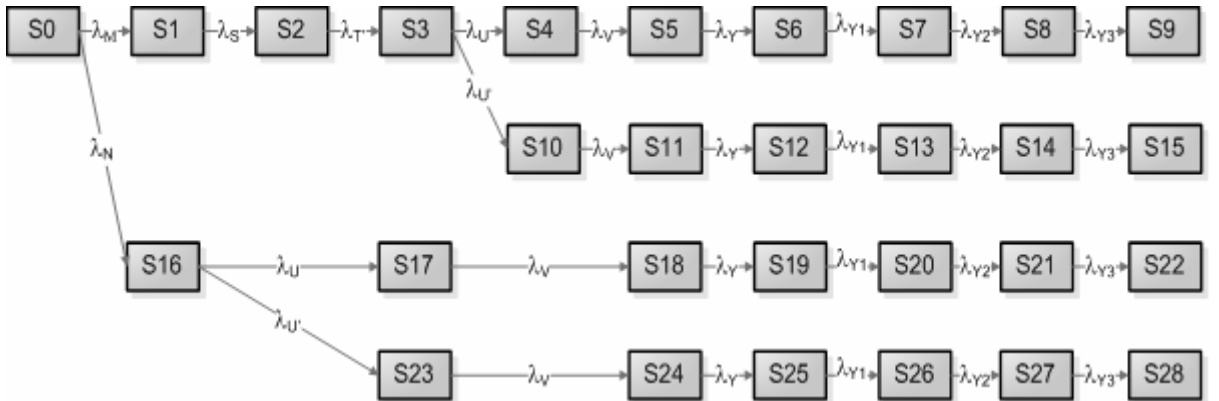
Şekil 5.20 ve Şekil 5.21’de verilen PERT-yol şebekeleri sonucunda ayrı ayrı hesaplanan beklenen süreç süreleri ile varyanslar ise sırasıyla $E[T]_{I,9}=564,46$ dakika, $V[T]_{I,9}=51521,33$ dakika ve $E[T]_{9,III}=107,94$ dakika, $V[T]_{9,III}=1364,39$ dakika olmaktadır. GERT ve PERT-yol hesaplamaları sonucunda elde edilen sonuçların karşılaştırılması amacıyla söz konusu PERT-yol şebekelerinin beklenen değerlerinin toplamına ve varyanslar toplamına bakılması gerektiğinden;

$E[T]_{I,III}=564,46+107,94=672,4$ dakika ve $V[T]_{I,III}=51521,33+1364,39=52885,72$ dakika değerleri elde edilir. Buradan standart sapma hesaplandığında ise 229,97 dakika bulunur.

5.3.6.4 Ürünün İstanbul Dışına Gönderilme Durumu

Bu iş sürecinde “1” no’lu düğümden faaliyetinden “IV” no’lu düğüme kadar olan süreç bölümü incelenecektir. Bu amaçla daha önceden hesaplanmış olan “1” ve “9” düğümleri arasında kalan sürece ilişkin hesaplanan değerlere “9” ve “IV” düğümleri arasındaki sürece ilişkin hesaplanacak değerler ilave edilecektir. ”9” ve “IV” düğümleri arasında kalan sürecin PERT-yol şebekesine ait süreç durumları Çizelge 5.22’de verilmiştir.

Bu Süreç durumları paralelinde hazırlanan PERT-yol şebekesi ise Şekil 5.22’de gösterilmiştir. Söz konusu PERT-yol şebekesine ait süre, ortalama, varyans ve olasılık değerleri Çizelge 5.23’de verilmiştir.



Şekil 5.22 “9” ve “IV” düğümleri arasında kalan PERT-yol şebekesi

Çizelge 5.22 ”9” ve “IV” no’lu düğümler arasında kalan şebekenin durumları

Durum	M	N	S	T'	U	U'	V	Y	Y1	Y2	Y3
S0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
S3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
S4	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
S5	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
S6	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0
S7	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0
S8	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
S9	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
S10	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
S11	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
S12	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
S13	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0
S14	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
S15	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
S16	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S17	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
S18	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
S19	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0
S20	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0
S21	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0
S22	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
S23	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
S24	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
S25	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
S26	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0
S27	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0
S28	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1

Oluşturulan PERT-yol şebekesinde S19 durumundan sonuç düğümlerine giden dört ayrı yolun (π_i ; $i=1,2,3,4$) tanımları ve istatistikleri Çizelge 5.24’de verilmiştir. Olasılık değerleri normalize edildiğinde Çizelge 5.25 elde edilir.

Buna göre denklem (5.21) ve denklem (5.22) kullanılarak hesaplanan $E[T]$ ve $V[T]$ değerleri aşağıda verilmiştir.

$$E[T] = \sum_{i=1}^r P_i \cdot E[T_i] = 642,26 \text{ dakika} , \quad V[T] = \sum_{i=1}^r P_i \cdot [V[T_i] + (E[T_i] - E[T])^2] = 3125,01 \text{ dakika}$$

Çizelge 5.23 Şekil 5.22’de verilen şebekeye ait geçiş değişkenleri

PERT-yol Geçiş Değişkeni	Süre	Ortalama Süre	Varyans	Olasılık
λ_M	Normal(60;5)	60	25	0,25
λ_N	Normal(10;2)	10	4	0,75
λ_S	Normal(35;10)	35	100	1
λ_{T^*}	Normal(30;5)	30	25	0,70
λ_U	Normal(20;2)	20	4	0,65
λ_{U^*}	Normal(30;3,5)	30	12,25	0,35
λ_V	15	15	-	0,95
λ_Y	12	12	-	0,15
λ_{Y1}	Normal(45;10)	45	100	1
λ_{Y2}	Poisson(35)	35	35	1
λ_{Y3}	Normal(480;30)	480	900	1

Çizelge 5.24 Şekil 5.22’de verilen şebekeye ait yollar

Yol	Durum Sırası	Ortalama Süre	Varyans	Olasılık
π_1	S0,S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7,S8,S9	732	1189,00	0,01621
π_2	S0,S1,S2,S3,S10,S11,S12,S13,S14,S15	742	1197,25	0,00873
π_3	S0,S16,S17,S18,S19,S20,S21,S22	617	1043,00	0,06947
π_4	S0,S16,S23,S24,S25,S26,S27,S28	627	1051,25	0,03741

Çizelge 5.25 Şekil 5.22’de verilen şebeke yollarına ait normalize edilmiş olasılık değerleri

i	π_i	$E[T_i]$	$V[T_i]$	P_i
1	π_1	732	1189,00	0,123
2	π_2	742	1197,25	0,066
3	π_3	617	1043,00	0,527
4	π_4	627	1051,25	0,284
Σ				1,000

Elde edilen varyans değerinden, standart sapmanın 55,9 dakika olduğunu göstermektedir. Bulunan değerler daha önce hesaplanmış olan “1” ve “9” düğümleri arasında kalan şebeke değerlerine eklendiğinde, ürünün İstanbul dışına gönderilmesine yönelik sonuçlar elde edilmiş olacaktır. Buna göre daha önce “1” ve “9” düğümleri arasında kalan şebeke için hesaplanan beklenen süre 564,46 dakika ile 642,26 dakika toplandığında 1206,72 dakika elde edilir. Varyans toplamı ise 51521,33+3125,01=54646,34 dakika olup, standart sapma 233,77 dakika olmaktadır.

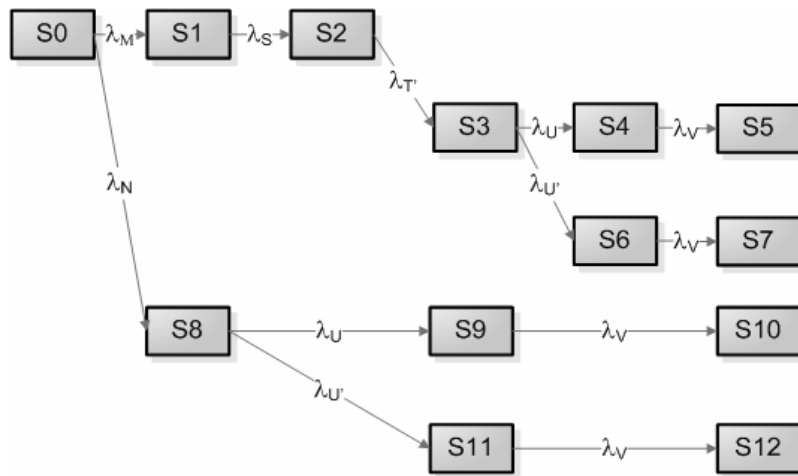
5.3.6.5 Ürünün İstanbul İçine Gönderilme Durumu

Bu sürecin incelenmesinde öncelikle “9” düğümü ile “14” düğümleri arasında kalan süreç parçası incelenecek, daha sonra “14” ve “V” no’lu düğümler arasındaki süreç parçasına ilişkin sonuçlar hesaplanacak, bulunan sonuçların toplamı “1” düğümü ile “9” düğümü arasında kalan parçaya ait sonuçlara ilave edilecektir.

Buna göre “9” ve “14” düğümleri arasında kalan süreç parçasına ait şebeke durumları Çizelge 5.26’da verilmiştir. Bu süreç durumlarına ilişkin PERT-yol şebekesi ise Şekil 5.23’de verilmiştir.

Çizelge 5.26 ”9” ve “14” no’lu düğümler arasında kalan şebekenin durumları

Durum	M	N	S	T'	U	U'	V
S0	0	0	0	0	0	0	0
S1	1	0	0	0	0	0	0
S2	1	0	1	0	0	0	0
S3	1	0	1	1	0	0	0
S4	1	0	1	1	1	0	0
S5	1	0	1	1	1	0	1
S6	1	0	1	1	0	1	0
S7	1	0	1	1	0	1	1
S8	0	1	0	0	0	0	0
S9	0	1	0	0	1	0	0
S10	0	1	0	0	1	0	1
S11	0	1	0	0	0	1	0
S12	0	1	0	0	0	1	1



Şekil 5.23 “9” ve “14” düğümleri arasında kalan PERT-yol şebekesi

Yukarıda verilen şebekeye ait geçiş faaliyetleri özellikleri Çizelge 5.27’de verilmiş olup dört ayrı yol ise Çizelge 5.28’de tanımlandığı gibidir. Olasılık değerleri normalize edildiğinde Çizelge 5.29 elde edilir.

Çizelge 5.27 Şekil 5.23’de verilen şebekeye ait geçiş değişkenleri

PERT-yol Geçiş Değişkeni	Süre	Ortalama	Varyans	Olasılık
λ_M	Normal(60;5)	60	25	0,25
λ_N	Normal(10;2)	10	4	0,75
λ_S	Normal(35;10)	35	100	1
$\lambda_{T'}$	Normal(30;5)	30	25	0,70
λ_U	Normal(20;2)	20	4	0,65
$\lambda_{U'}$	Normal(30;3,5)	30	12,25	0,35
λ_V	15	15	-	0,95

Çizelge 5.28 Şekil 5.23’de verilen şebekeye ait yollar

Yol	Durum Sırası	Ortalama Süre	Varyans	Olasılık
π_1	S0,S1,S2,S3,S4,S5	160	154,00	0,1081
π_2	S0,S1,S2,S3,S6,S7	170	162,25	0,0582
π_3	S0,S8,S9,S10	45	8,00	0,4631
π_4	S0,S8,S11,S12	55	16,25	0,2494

Çizelge 5.29 Şekil 5.23’de verilen şebeke yollarına ait normalize edilmiş olasılıklar

i	π_i	$E[T_i]$	$V[T_i]$	P_i
1	π_1	160	154,00	0,123
2	π_2	170	162,25	0,066
3	π_3	45	8,00	0,527
4	π_4	55	16,25	0,284
Σ				1,000

Buna göre $E[T]$ ve $V[T]$ değerleri hesaplandığında

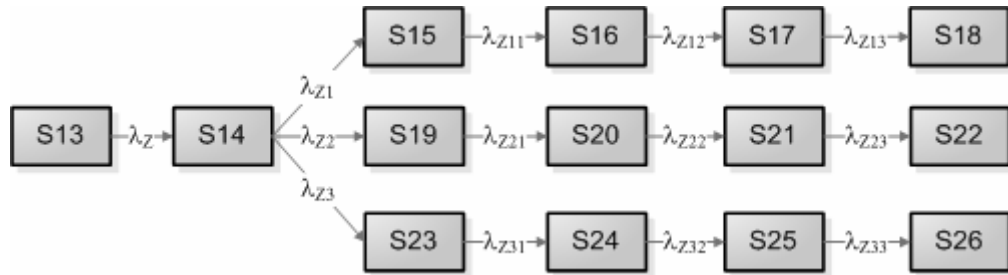
$$E[T] = \sum_{i=1}^r P_i \cdot E[T_i] = 70,26 \text{ dakika} , \quad V[T] = \sum_{i=1}^r P_i \cdot [V[T_i] + (E[T_i] - E[T])^2] = 2090,29 \text{ dakika}$$

bulunmaktadır. Bu da standart sapmanın 45,72 dakika olduğunu gösterir. Şimdi ise “14” düğümü ile “V” düğümü arasında kalan süreç parçasının incelenmesi gerekmektedir. Bu şebekeye ilişkin şebeke durumları ise Çizelge 5.30’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.30 "14" ve "V" no'lu düğümler arasında kalan şebekenin durumları

Durum	Z	Z1	Z2	Z3	Z11	Z12	Z13	Z21	Z22	Z23	Z31	Z32	Z33
S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S16	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
S17	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
S18	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
S19	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S20	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
S21	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
S22	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
S23	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S24	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
S25	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
S26	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Yukarıda verilen durum listesine uygun olarak oluşturulan PERT-yol şebekesi Şekil 5.24'de gösterilmiştir.



Şekil 5.24 "14" ve "V" no'lu düğümler arasında kalan sürecin PERT-yol şebekesi

Şebekeyi oluşturan geçiş faaliyetlerinin açıklamaları ise Çizelge 5.31'de verilmiştir. Şekil 5.24'de verilen şebekeye ait üç ayrı yol ise

Çizelge 5.32'de tanımlandığı gibidir. Olasılık değerleri normalize edildiğinde

Çizelge 5.33 elde edilir. Buna göre $E[T]$ ve $V[T]$ değerleri hesaplandığında

$$E[T] = \sum_{i=1}^r P_i \cdot E[T_i] = 140,05 \text{ dakika}, \quad V[T] = \sum_{i=1}^r P_i \cdot [V[T_i] + (E[T_i] - E[T])^2] = 1438,35 \text{ dakika}$$

bulunmaktadır.

Bu da standart sapmanın 37,93 dakika olduğunu göstermektedir. "1"- "9", "9"- "14" ve "14-V" süreç parçalarının sonuçları toplandığında "1-V" süreç parçasının beklenen süresi ve varyansı hesaplanabilir. Söz konusu hesaplama

Çizelge 5.34’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.31 Şekil 5.24’de verilen şebekeye ait geçiş değişkenleri

PERT-yol Geçiş Değişkeni	Süre	Ortalama	Varyans	Olasılık
λ_Z	5	5	-	0,85
λ_{Z1}	10	10	-	0,25
λ_{Z2}	5	5	-	0,60
λ_{Z3}	5	5	-	0,15
λ_{Z11}	Poisson(90)	90	90	1
λ_{Z12}	Poisson(25)	25	25	1
λ_{Z13}	Normal(60;10)	60	100	1
λ_{Z21}	Normal(40;10)	40	100	1
λ_{Z22}	Poisson(18)	18	18	1
λ_{Z23}	Normal(45;12)	45	144	1
λ_{Z31}	Normal(70;15)	70	225	1
λ_{Z32}	Poisson(25)	25	25	1
λ_{Z33}	Normal(60;15)	60	225	1

Çizelge 5.32 Şekil 5.24’de verilen şebekeye ait yollar

Yol	Durum Sırası	Ortalama Süre	Varyans	Olasılık
π_1	S13,S14,S15,S16,S17,S18	190	215	0,2125
π_2	S13,S14,S19,S20,S21,S22	113	262	0,5100
π_3	S13,S14,S23,S24,S25,S26	165	475	0,1275

Çizelge 5.33 Şekil 5.24’de verilen şebeke yollarına ait normalize edilmiş olasılıklar

i	π_i	$E[T_i]$	$V[T_i]$	P_i
1	π_1	190	215	0,25
2	π_2	113	262	0,60
3	π_3	165	475	0,15
Σ				1,000

Çizelge 5.34 “1” ve “V” düğümleri arasında kalan sürecin ortalama süre ve varyansı

Süreç Parçası	Beklenen Süre	Varyans
“1-9”	564,46	51521,33
“9-14”	70,26	2090,29
“14-V”	140,05	1438,35
TOPLAM	774,77	55049,97

Bu durumda “1” ve “V” düğümleri arasında kalan sürece ilişkin ortalama süre 774,77 dakika ve standart sapma 234,63 dakika olmaktadır.

5.3.6.6 İncelenen Süreçlere İlişkin Simülasyon Sonuçları

Yukarıda incelenen süreçlerin incelenmesine yönelik olarak Monte Carlo simülasyonu kullanılmış olup sonuçlar modelin 10.000 kez tekrarı sonucunda elde edilmiştir. Elde edilen değerler sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Siparişin reddine ilişkin olarak $W_{1,I}$ sürecinin incelenmesi sonucunda “1” düğümünden “I” düğüme giden tek bir yolun olmasından dolayı, simülasyon sonucunda elde edilen ortalama beklenen süre 95,06 dakika, standart sapma ise 10,10 dakika olarak hesaplanmıştır.

Gelen siparişin dış kaynak kullanılarak yapılması sürecinde ise Çizelge 5.12’de tanımlanan yolların Monte Carlo simülasyonu ile test edilmesi sonucunda Çizelge 5.35’de verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5.35 Şekil 5.19’da verilen şebekenin simülasyon sonuçları

Yol	Ortalama Süre	Varyans
π_1	683,67	704,90
π_2	223,47	167,96
π_3	625,48	634,54
π_4	164,99	126,79

Denklem (5.21), denklem (5.22) ve Çizelge 5.13’de verilen normalize edilmiş olasılıklar kullanılarak elde edilen ortalama süre ve standart sapma sırasıyla 446,59 dakika ve 227,21 dakika olmaktadır.

Ürünün hatalı olması durumunun simülasyonu için Şekil 5.6’da verilen iki ayrı şebeke ayrı ayrı ele alınacaktır.

Öncelikle “1” ve “9” düğümleri arasında kalan şebekenin Şekil 5.20’de verilen PERT-yol şebekesinde tespit edilen dört ayrı yolun simülasyonu yapıldığında söz konusu yollara ait simülasyon sonuçları Çizelge 5.36’da verilmiştir.

Denklem (5.21), denklem (5.22) ve Çizelge 5.17’de verilen normalize edilmiş olasılıklar kullanılarak elde edilen ortalama süre ve standart sapma sırasıyla 564,65 dakika ve 227,10 dakika olmaktadır.

“9” ve “III” düğümleri arasındaki şebekenin Şekil 5.21’de verilen şebekede tanımlanmış olan beş ayrı yol için hesaplanmış simülasyon sonuçları

Çizelge 5.37’de verilmiştir.

Çizelge 5.36 Şekil 5.20’de verilen şebekenin simülasyon sonuçları

Yol	Ortalama Süre	Varyans
π_1	802,73	688,54
π_2	343,18	205,35
π_3	743,32	609,10
π_4	283,07	145,44

Çizelge 5.37 Şekil 5.21’de verilen şebekeye ilişkin simülasyon sonuçları

Yol	Ortalama Süre	Varyans
π_1	124,99	150,06
π_2	170,05	165,64
π_3	180,04	170,30
π_4	54,98	17,06
π_5	64,96	25,81

Denklem (5.21), denklem (5.22) ve Çizelge 5.21’de verilen normalize edilmiş olasılıklar kullanılarak elde edilen ortalama süre ve standart sapma sırasıyla 107,93 dakika ve 36,95 dakika olmaktadır. “1” ve “9” no’lu düğümler arasında kalan şebeke ile “9” ve “III” no’lu şebekelerin simülasyonu sonucunda elde edilen ortalama süre ve standart sapmaların toplamı bize “1” ve “III” no’lu düğümler arasında kalan ve asıl incelenen süreç parçası olan şebekenin ortalama süre standart sapmasını vereceğinden; $564,65+107,93=672,58$ dakika ortalama süre ve $\sqrt{51572,03+1365,62}=230,08$ dakika standart sapma sonucuna ulaşılır.

Ürünün İstanbul dışına gönderilmesi süreci incelendiğinde daha önce hesaplanan “1” ve “9” düğümleri arasında kalan iş sürecine “9” ve “IV” düğümleri arasında kalan sürece ilişkin simülasyon sonuçları ilave edilecektir. Bu amaçla “9” ve “IV” no’lu düğümler arasında kalan şebekeye ait Şekil 5.22’de tanımlanan dört ayrı yola ilişkin simülasyon sonuçları Çizelge 5.38’de verilmiştir.

Denklem (5.21), denklem (5.22) ve Çizelge 5.25’de verilen normalize edilmiş olasılıklar kullanılarak elde edilen ortalama süre ve standart sapma sırasıyla 642,37 dakika ve 55,94 dakika olmaktadır.

Çizelge 5.38 Şekil 5.22’de verilen şebekeye ilişkin simülasyon sonuçları

Yol	Ortalama Süre	Varyans
π_1	732,30	1202,70
π_2	741,75	1187,49
π_3	617,18	1047,17
π_4	627,07	1067,33

Elde edilen sonuçlar “1” ve “9” no’lu düğümler arasında kalan şebeke sonuçlarına ilave edildiğinde “1” ve “IV” düğümleri arasında kalan sürece yönelik simülasyon sonucu ortalama süre $564,65+642,37=1207,02$ dakika ve standart sapma $\sqrt{51572,03+3128,76}=233,88$ dakika hesaplanır.

Ürünün İstanbul içine gönderilmesi durumunun simülasyon ile incelenmesinde daha önce PERT-yol’da da kullanılan parçalı inceleme yöntemi kullanılacaktır. Bu amaçla öncelikle “9” düğümü ile “14” düğümleri arasında kalan süreç parçası incelenecek, daha sonra “14” ve “V” no’lu düğümler arasındaki süreç parçasına ilişkin sonuçlar hesaplanacak bulunan sonuçların toplamı “1” düğümü ile “9” düğümü arasında kalan parçaya ait sonuçlara ilave edilecektir.

“9” ile “14” no’lu düğümler arasında kalan süreç parçasına ilişkin Şekil 5.23’de verilen şebekede tanımlanmış olan dört ayrı yolun simülasyon sonuçları Çizelge 5.39’da verilmiştir.

Çizelge 5.39 Şekil 5.23’de verilen şebekeye ilişkin simülasyon sonuçları

Yol	Ortalama Süre	Varyans
π_1	160,09	152,28
π_2	170,21	164,87
π_3	45,03	8,07
π_4	55,01	16,24

Denklem (5.21), denklem (5.22) ve Çizelge 5.29’da verilen normalize edilmiş olasılıklar kullanılarak elde edilen ortalama süre ve standart sapma sırasıyla 70,28 dakika ve 45,74 dakika olmaktadır.

“14” ile “V” no’lu düğümler arasında kalan süreç parçasına ilişkin olarak Şekil 5.24’de verilen şebeke için tanımlanan üç ayrı yola ait simülasyon sonuçları Çizelge 5.40’da verilmiştir.

Çizelge 5.40 Şekil 5.24’de verilen şebekeye ilişkin simülasyon sonuçları

Yol	Ortalama Süre	Varyans
π_1	190,13	216,38
π_2	112,70	263,09
π_3	164,69	480,05

Denklem (5.21), denklem (5.22) ve

Çizelge 5.33’de verilen normalize edilmiş olasılıklar kullanılarak elde edilen ortalama süre ve standart sapma sırasıyla 139,86 dakika ve 38,09 dakika olmaktadır.

Bu durumda her üç süreç parçası için elde edilen ortalama süre ve varyanslar toplandığında “1” ve “V” no’lu düğümler arasında kalan sürecin ortalama süre ve varyansı elde edilir.

Sonuçlar Çizelge 5.41’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.41 “1” ve “V” no’lu düğümler arasındaki süreç parçasına ilişkin sonuçlar

Süreç Parçası	Beklenen Süre	Varyans
“1-9”	564,65	51572,03
“9-14”	70,28	2091,87
“14-V”	139,86	1450,80
TOPLAM	774,79	55114,70

Bu sonuçlara göre “1” ve “V” no’lu düğümler arasında kalan sürecin simülasyon sonuçlarına göre, ortalama süresi 774,79 dakika ve standart sapması 234,77 dakika olmaktadır.

Yıldız Tekstil Ltd.Şti.’nin incelenen beş ayrı sürecine ilişkin GERT, PERT-yol ve Monte Carlo simülasyonu ile yapılan hesaplamaların sonuçları Çizelge 5.42 ve Çizelge 5.43’de verilmiştir. Burada Monte Carlo simülasyonundan elde edilen sonuçlar baz alınarak bağlı hatalar da yüzde olarak gösterilmiştir.

Çizelge 5.42 ve Çizelge 5.43’den de anlaşıldığı gibi GERT yöntemi ile elde edilen ortalama ve standart sapma değerleri PERT-yol ve Monte Carlo simülasyonu ile teyit edilmiştir.

GERT ile hesaplanan ortalama süre ve standart sapmaların, PERT-yol ve simülasyon sonucunda elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılması sonucunda çok küçük bağlı hataların

ortaya çıkması, bize GERT'in bir sürecin analizinde etkili bir yöntem olduğunu göstermesi açısından önemlidir.

Çizelge 5.42 GERT ve PERT-yol yoluyla elde edilen sonuçlar

İş Süreçleri (Düğüm Arası)	GERT				PERT-yol	
	Ort. Süre	Bağlı Hata	Std. Sapma	Bağlı Hata	Ort. Süre	Std. Sapma
1 – I	95,00	%0,000	10,05	%0,000	95,00	10,05
1 – II	446,67	%0,272	227,25	%0,145	445,46	226,92
1 – III	668,50	%0,580	230,29	%0,139	672,40	229,97
1 – IV	1207,92	%0,099	234,08	%0,133	1206,72	233,77
1 – V	775,97	%0,155	234,94	%0,132	774,77	234,63

Çizelge 5.43 GERT ve Monte Carlo simülasyonu yoluyla elde edilen sonuçlar

İş Süreçleri (Düğüm Arası)	GERT				Simülasyon	
	Ort. Süre	Bağlı Hata	Std. Sapma	Bağlı Hata	Ort. Süre	Std. Sapma
1 – I	95,00	%0,063	10,05	%0,495	95,06	10,10
1 – II	446,67	%0,018	227,25	%0,018	446,59	227,21
1 – III	668,50	%0,607	230,29	%0,091	672,58	230,08
1 – IV	1207,92	%0,075	234,08	%0,086	1207,02	233,88
1 – V	775,97	%0,152	234,94	%0,072	774,79	234,77

Farklı yöntemlerle yapılan hesaplamaların birbirini teyit etmesi yanında, PERT-yol yönteminde PERT-yol şebekesinin oluşturulmasındaki zorluklar ile bir simülasyon paketinin bütün özelliklerini kapsayacak şekilde kullanımının öğrenilmesi için gereken zaman ihtiyacının fazlalığı GERT yönteminin sadece etkin sonuçlar vermesini değil aynı zamanda model kurma kolaylıklarını da ön plana çıkarmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

İş süreçlerinin yeniden yapılandırılması çalışmaları, 1985-1993 yılları arasında Hammer, Champy, Davenport ve diğer bilim adamları ile bu alanda önemli yatırımlar yapan firmaların sayesinde çok büyük bir hız kazanmış, ne var ki yeniden yapılanma çalışmalarına yönelen ve büyük yatırımlar yapan firmaların %70'i bu projelerinde başarısız olmuşlardır. Bu başarısızlığın farkına varılması firmaları yeniden yapılanma çalışmalarından uzaklaştırmış ve bu konudaki ilginin dağılmasına neden olmuştur.

Ancak akademisyenler tarafından ortaya çıkan bu başarısızlığın araştırılması sonucunda yeniden yapılanma projelerinin başarısını engelleyen sebepler gün ışığına çıkmıştır. Bu sebeplerin arasında en önemlisi firmaların mevcut süreçlerini kontrol altında tutamamaları ve dolayısıyla mevcut veya tasarlanan süreçlere ilişkin karar vermeye yönelik özelliklerin ortaya konulamamasıdır. Bu sebebin altında yatan gerçek ise iş süreçlerini modelleyebilen ve modeli analiz edebilen analitik bir yapının kullanılmasında ortaya çıkan faaliyetlerdir.

İş süreçlerinin modellenmesi ve iş süreçlerinin analizi yeniden yapılanma çalışmaları için geliştirilmiş güçlü araçlar olarak kabul edilmiştir. Ayrıca iş süreçlerinin doğru ve tam bir gösterimini ve analizini yapmak, iş süreçlerinin yeniden yapılandırılması projesinin başarısında can alıcı bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmada ana hedef, firmanın yürüttüğü mevcut iş süreçlerinin tam anlamıyla anlaşılması ve bu iş sürecinin sonucunda ortaya çıkan ürünlere ilişkin bilgilerin elde edilmesine yönelik etkili bir yöntem olan GERT şebekelerinin kullanılabilirliğinin gösterilmesi olduğundan, öncelikle GERT'in modelleme yeteneğinin sadece proje çizelgelemelerinde değil iş süreçlerinin modellenmesinde de ön plana çıktığı gösterilmiş, projeler ile kıyaslandığında yönetsel ve daha kısa süreli ve tekrarlı olan iş süreçlerinin modellenmesinde GERT'in daha etkili bir araç olduğu sonucuna varılmıştır.

Bir iş sürecini modellemek, sadece onun faaliyetleri arasındaki ilişkiler ile faaliyet-nesne entegrasyonunu görmek değil aynı zamanda etkili bir analiz de yapabilmek olmalıdır. Bu amaçla bir iş süreci yakalandığında veya yeniden tasarlandığında, bunun firma için ne ifade ettiğinin ortaya koyulması çok büyük önem arz etmektedir. Tabii olarak bu çalışmada da değinildiği gibi analiz amacı gütmeyen bir modelleme çalışması da yapılmalı, iş süreçleri farklı açılardan da ele alınmalıdır.

Akademik ve pratik düşünce ve deneyimlerden de anlaşıldığı gibi iş süreçlerinin dinamik modellerinin geliştirilmesi daha başarılı BPR projelerin gerçekleştirilmesine katkıda

bulunmaktadır. Bu düşünce ile geliştirilen projelerin başarı şansı ve maliyet etkinliği, diğerleri ile karşılaştırıldığında yüksektir. Organizasyonel değişim çabaları, iş süreçlerinin modellenmesi için geliştirilen ve bu çalışmada bahsedilen araçlar tarafından kolaylaştırılmış, böylece iş süreçlerindeki herhangi bir değişim, uygulanmadan önce model üzerinde test edilebilir duruma getirilmiştir.

Firmaların temel prensiplerden biri de iş faaliyetleri ile iş amaçlarının aynı hedefe hizmet edecek şekilde tasarlanmasıdır. Lojistik faaliyetler önemli ölçüde imalatçı, tedarikçi ve tüketici arasında gerçekleşen iş süreçlerinin büyük bir bölümünü kontrolü altına almaktadır. Lojistik faaliyetler firmanın diğer iş süreçleri için bütünü tamamlayıcı özelliklere sahiptir. Dolayısıyla firmanın önemli iş faaliyetlerinin başında bulunan lojistik, bu haliyle BPR çalışmalarında da ön planda yerini almaktadır. BPR çalışmalarını lojistik olmadan düşünmek bu nedenle çok zordur. İş süreçlerinin yeniden yapılandırılması, iş hedeflerine daha iyi hizmet edebilmek amacıyla iş süreçlerinin yeniden ele alınması faaliyetlerini kapsadığından bu kapsamda kalan lojistik faaliyetlerinin de iyi bir yeniden yapılandırılma isteniyorsa, hesaplanabilir modeller ile ifade edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın diğer bir amacı da lojistik yönetiminde önemli maliyet unsurlarından olan taşıma sistemlerinin de içinde bulunduğu süreçlerin, güçlü hesaplanabilirlik yönlerine sahip olan modelleme yöntemleri ile ifade edilmesi olmuştur.

Bir iş sürecinin ana hedefi, bir ürün örneğinin veya bir ürün tipinin üretimini sağlayacak şekilde işlerin organize edilmesidir. Bu işlem yerine getirilirken firmaların kendi amaç ve yapılarına uygun olan performans hedefleri koyması gerekmektedir. Bir firma, ürettiği ürüne ilişkin düşük maliyet ancak kabul edilebilir bir kalite seviyesine uygun bir hedef seçerken, bir diğer firma ürettiği benzer ürünlerde müşteri isteklerini mümkün olduğunca ürünleri üzerine yansıtmayı düşünebilir. Firmalar ortaya koyduğu hedefler doğrultusunda kullandıkları iş süreçlerini tasarlamaya ve bu iş süreçlerinin uygulamaları sırasında belirlenen performans ölçümleri ve amaçlarına hizmet eden değişiklikleri yapmaya mecburdur. Genel olarak iş süreçlerine yönelik performans hedefleri incelendiğinde bu hedeflerin, maliyet, zaman, kalite ve esneklik şeklinde çeşitlendiği görülmektedir. Bu noktada GERT, iş süreçlerinin firmalar tarafından ortaya koyulan performans hedeflerine ne derece hizmet ettiğinin belirlenmesinde ve toplam çevrim zamanı gibi performans değerlerinin elde edilmesinde kullanıcılara analitik hesaplama kabiliyeti kazandırmakta ve kurulan model ile de mevcut süreçlerin yakalanmasını ve standart bir gösterimle sunulmasını sağlaması açısından önemli bir araç olmaktadır.

Bu çalışmanın uygulama bölümünde GERT ile yapılan hesaplamalarla elde edilen sonuçların doğrulanması amacıyla aynı endüstriyel uygulama PERT-yol ve Monte Carlo simülasyonu ile de ele alınmış ve sonuçların birbirini teyit ettiği görülmüştür.

GERT ile elde edilen sonuçların doğruluğu yanında, özellikle PERT-yol şebekelerinin oluşturulmasındaki aşamaların zorluğu ve karmaşıklığı ile simülasyon paketlerinin satın alınmasının öncesi ve sonrasında yapılması gereken inceleme, eğitim ve deneyim edinmeye ilişkin ortaya çıkan zaman ihtiyacının da göz önüne alınması gerektiği düşünülmektedir. Bu açılarından bakıldığında da GERT, diğer yöntemlere kıyasla daha kullanışlı bir modelleme ve analiz aracı olarak görülebilir.

Bir firmanın mevcut iş süreçlerinin yakalanması, bu süreçlerin ileride yeni süreçler oluşturulduğunda karşılaştırılması, sürecin firma için ne anlama geldiğinin anlaşılması açısından kullanılmasında önemli faydalar görülen GERT yaklaşımının, proje yönetiminde olduğu gibi, iş süreçleri için de etkili bir analiz aracı olduğu düşünülmektedir.

Benzetim yazılımı ve teknolojisinin gelişmesiyle, hemen bütün üretim faaliyetlerinin analizinde bu yazılımlar kullanılmaya başlanmıştır. Ancak hem yazılımın satın alınması, hem de bu yazılım ile ilgili eğitimlerin alınması gerekliliği, benzetim yazılımlarının kullanılmasını firmalar için külfetli hale getirmektedir. İş süreçlerinin bir bütünün parçaları olarak ele alınması ve bu küçük parçalar ile çalışılması durumunda herhangi bir yazılıma gerek kalmadan analitik hesaplamalar ile analiz imkanı GERT şebekeleri ile sunulmaktadır.

Kolay anlaşılabilir, etkili, ölçekbilirlik ve özetleme yeteneği yüksek bu yaklaşımın zamandan başka maliyet gibi farklı parametreler ile de çalışabilmesi diğer bir avantajını oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, önemli performans ölçütlerinden biri olan lojistik çevrim zamanlarının kontrol altına alınması, müşteri hizmet seviyesinin artırılmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. İş süreçlerinin zamana bağlı analizlerinin yapılmasında gerçek dünyaya uyum gösterebilmesi açısından stokastik süreçleri modelleyebilen GERT gibi yöntemlerin kullanılması, belki de süreçlerin projelendirilmesi veya projelendirilmiş süreçler gibi kavramların da ortaya çıkmasına neden olacaktır.

Bu çalışmanın ışığı altında gelecekte yapılacak çalışmalarda, GERT şebekelerinin sadece analiz aracı olarak kullanılması değil aynı zamanda diğer modelleme ihtiyaçlarına da cevap verecek bir modelleme yöntemi olarak kullanılabilirliğinin araştırılması yeni ve etkili bir modelleme yönteminin geliştirilebilmesini sağlayabilecektir.

Ayrıca GERT ile sunulan mevcut stokastik yapının bulanıklaştırılarak, bir bulanık GERT yönteminin elde edilmesi konusuna yönelmek yerinde olacaktır. Böylece yıllar önce, kullanıldığı dönemlerde çok büyük bir ilgi odağı halini almış, disiplinler arası kullanılan nadir tekniklerden biri olan GERT'in günümüz ihtiyaçlarına cevap verebilecek bir yapıya kavuşturulması sağlanmış olacaktır.

Bu gelişmeler paralelinde GERT yöntemine dayanılarak geliştirilmiş bir şebeke benzetim aracı olan AWESIM'in benzer gelişmeler paralelinde ele alınması, GERT'in benzetim aracı olarak da adapte edilerek günümüz ihtiyaçlarına cevap verecek hale getirilmesi konusunu gündeme getirebilecektir.

KAYNAKLAR

- Adams, J.D., (1984), Transforming Work, Miles River Press, Alexandria, VA, USA.
- Aguilar-Saven R.S., (2004), "Business process modeling: Review and framework", Elsevier, Int. J. Production Economics 90:129–149
- Albino V., Cavallone S. ve Mummolo G., (1989), PERT-state: "A network technique to manage the complexity of project planning and control processes". Proceedings of 23rd Seminar of Management and Network Analysis. Marianske Lazne, 1989, Czechoslovakia.
- Bal, J., (1998), "Process Analysis Tools for Process Improvement", The TQM Magazine, 10:342-354 MCB University Press.
- Barjis J ve Dietz J., (1999), "Business Process Modelling and Analysis Using GERT Networks". International Conference on Enterprise Information Systems, 748-758, 1999, Portugal.
- Bowersox D.J., Closs D.J. ve Cooper M.B., (2002), Supply Chain Logistics Management, McGraw-Hill Press, New York.
- Browning T.R. ve Eppinger S.D., (2002), "Modeling Impacts of Process Architecture on Cost and Schedule Risk in Product Development", IEEE Transactions On Engineering Management, 49:30-34.
- Chan, F.T.S. ve Qi, H.J., (2003), "Feasibility Of Performance Measurement System For Supply Chain: A Process-Based Approach And Measures, Journal of Integrated Manufacturing Systems" 14:179-190.
- Childe, S.J., Maull, R.S. ve Bennett, J., (1994), "Frameworks For Understanding Business Process Re-Engineering", International Journal Of Operations & Production Management, 14:22-34.
- Curtis, B., Kellner, M.I. ve Over, J., (1992), "Process Modeling", Communications of the ACM, 35:75-90.
- Davenport, T.H. ve Short, J.E., (1990), "The New Industrial Engineering: Information Technology ve Business Process Redesign", Sloan Management Review, 31:11-27.
- Davenport, T.H., (1993), "Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology", Harvard Business School Press., Boston
- Dellarocas C. ve Klein M., (2000), "A Knowledge-Based Approach for Designing Robust Business Processes", Springer-Verlag, Computer Science 1806, 50-65.
- Denna, E.L., Perry, L.T. ve Jasperson, J., (1995), Reengineering And REAL Business Process Modeling, Idea Group Publishing, London.
- Dietz, J.L.G., (1996), The What And Why Of Modelling Business Processes In Dynamic Enterprise Modeling, Kluwer Bedrijfsinformatie B.V., Deventer.

Dinsmore Paul C., (2006), *AMA Handbook of Project Management*, AMACOM Press, New York.

Elmaghraby, S. F., (1964), "An Algebra For The Analysis Of Generalized Activity Networks." *Management Science*, 10:494-514.

Eriksson, H.E. ve Penker, M., (2000), *Business Modelling with UML: Business Patterns at Work*, Wiley, New York.

Fischer, L.J., (1995), *New Tools for New Times The Workflow Paradigm.*, Future Strategies Inc., Florida.

Francis, A. ve Macintosh, R., (1997), "International Journal of Operations & Production Management", 4:344-364.

Fülscher.J. ve Powell S.G., (1999), "Anatomy of A Process Mapping Workshop", *Business Process Management Journal*, 5:208-238.

Garg, P.K. ve Jazayeri, M., (1996), *Process-Centered Software Engineering Environments*, IEEE Computer Society Press, New York.

Ghiani G., Laporte G. ve Musmanno R., (2004), "Introduction to Logistics Systems Planning and Control", JohnWiley & Sons Ltd Press, Sussex.

Giaglis G.M., (1999), "Communications of AIS" Integrated Design and Evaluation of Business Processes and Information Systems., 1:1-33.

Giaglis, G. ve Doukidis, G., (1997), "Simulation For Intra. And Interorganizational Business Process Modeling". *Informatica (Ljubljana)*, 21:613–620.

Giaglis, G., Paul, R. ve Hlupic,V., (1999), "Integrating Simulation In Organizational Design" *Journal of Information Management*, 19:219-236, (1999).

Hammer, M., (1990), "Re-engineering Work: Don't Automate, Obliterate", *Harvard Business Review*, 104-112.

Hammer, M. ve Champy, J., (1993), *Re-engineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*, Harper Collins, New York.

Harrington, J., (1991), *Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity and Competitiveness*, McGrawHill, New York.

Hee K.M. ve Reijers H.A., (2000), "Using Formal Analysis Techniques in Business Process Redesign", *Lecture Notes in Computer Science 1806*, Springer-Verlag, 142-160.

Hlupić V. ve Robinson S., (1998), "Business Process Modeling And Analysis Using Discrete-Event Simulation", *Winter Simulation Conference*, 1998, Washington.

Hommes, B., (2000), "Assessing The Quality Of Business Process Modeling Techniques", *Proceedings International Conference on Systems*, 2000, Hawai.

Irani, Z., Hlupic, V., Baldwin, L.P. ve Love P.E.D., (2000), "Re-engineering Manufacturing Processes Through Simulation Modeling", *MCB, Logistics Information Management*, 13:7-13.

Jarzabek, S., (1995), "Model-based support for business reengineering", *Information and Software Technology*, 38:355–374.

Kettinger, W.J., Guha, S. ve Teng, J., (1995), The process reengineering life cycle methodology: a case study, in Grover, V. and Kettinger, W.J. (Eds), *Business Process Change: Reengineering Concepts, Methods and Technologies*, Idea Group Publishing, London.

Kettinger, W.J., Teng, J. ve Guha, S., (1997), "Business process change: a study of methodologies, techniques and tools", *MIS Quarterly*, March, 55-80.

Kogut B., (2000), "The network as knowledge: generative rules and the emergence of structure", WP 98-12, A Working Paper of the Reginald H. Jones Center, *Strategic Management Journal*, The Wharton School, University of Pennsylvania.

Koutsoutos A., (2002), Workpackage No. 2, "Survey of ICT enterprises experiences of socioeconomic changes", *Information Society Technologies (IST)*.

Kovacic A., (2004), "Business Renovation: Business Rules (Still) The Missing Link", *Emerald Business Process Management Journal*, 10:158-170.

Kueng, P., Kawalek, P. ve Bichler, P., (1996), "How to compose an object-oriented business process model?", *IFIP WG8.1/WG8.2 Working Conference*, 1996, Atlanta.

Langley Jr. C.J., Allen G. ve Colombo M.J., (2003), "Third Party Logistics: Results and Findings of the 2003" Eighth Annual Study Georgia Institute of Technology, Cap Gemini Ernst & Young, FedEx Corporate Services, Washington.

Leymann F. ve Altenhuber W., (1994), "Managing Business Processes as an Information Resource". *IBM systems journal*, 33:326-348.

Leymann, F. ve Roller, D., (1997), "Workflow-based applications", *IBM System Journal*, 36:102-123.

Lin F.-R., Yang M.-C. ve Pai Y.-H., (2002), "A Generic Structure for Business Process Modeling", *Emerald, Business Process Management Journal*, 8:18-41.

Ljungberg, A., (2002), "Process Measurement", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 32:254-287.

Luo W. ve Tung Y.A., (1999), "A framework for selecting business process modeling methods", *Industrial Management & Data Systems* 99/31-31(1).

Lynch R L ve Cross K F, (1998), *Measure up!: Yardsticks for Continuous Improvement*, Blackwell Publishers Inc., Massachusetts.

Macintosh, A.L., (1993), "The need for enriched knowledge representation for enterprise.", *Artificial Intelligence in Enterprise Modeling*, IEE Colloquium, 1993, London.

Mayer R.J., Menzel C, Painter M. Witte P, Blinn T. ve Perakath, B, (1995), "Information Integration For Concurrent Engineering", (IICE), IDEF3 Process Description Capture Method Report, Interim Technical Report.

McGinnis,L.F., (1999), "BPR and Logistics: The Role of Computational Models", Winter Simulation Conference, 1999, Phoenix.

McKay A. ve Radnor Z, (1998), "A Characterization of a Business Process", *International Journal of Operations & Production Management*, 18:924-936.

Mou, G.G. ve Tanik, M.M., (2002), "Transdisciplinary Project Management Through Process Modelling", *Transactions of The SDPS Society of Design and Process Science*, 6:45-62.

Murdock J. ve McDermid J.A., (2000), "Modelling Engineering Design Processes With Role Activity Diagrams", *Society for Design and Process Science, Transactions of the SDPS*, 4:45-65

Ng B., (1997), "The Role of Purchasing/Transportation in Cycle Time Reduction", *International Journal of Operations & Productions Management*, 17:574-591.

Nilsson F. ve Waidringer J., (2003), "Logistics Management from a Complexity Perspective", *University of Technology and Lund Institute of Technology Publication*, 3:59-73.

Oakland, J.S., (1993), *Total Quality Management: The Route to Improving Performance*, 2nd ed. Nichols Publishing, New Jersey.

Pearson J.N. ve Semeijn J., (1999), "Service Priorities In Small And Large Firms Engaged In International Logistics", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*; 29:18-19(2).

Peterson, J.L., (1977), "Petri Nets", *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 9:223-252.

Petkov S., Oren E. ve Haller A., (2005), "Aspects in Workflow Management" *Digital Enterprise Research Institute Technical Report*.

Pritsker A., (1986), *Introduction to Simulation and SLAM II*, Third Edition John Wiley and Sons, New York.

Pritsker, A.A.B. ve Happ,W.W., (1966), "GERT: Graphical Evaluations and Review Technique, Part I, Fundamentals." *Journal of Industrial Engineering*, 17:113-123.

Project Management Institute, (2000), *Project Management Body of Knowledge*, Newtown Square Inc., Pennsylvania.

Pontrandolfo, P., (2000), "Project Duration in Stochastic Networks by the PERT-path Technique", *Pergamon, International Journal of Project Management* 18:215-222.

Rajala, M., (1996), "A Framework For Customer Oriented Business Process Modeling". *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 9:127-135(9).

Reijers Hajo A, (2002), "Design and Control of Workflow Processes, Business Process Management for the Service Industry", PhD Thesis, Eindhoven University Press Facilities.

Rice J. ve Hoppe R.M., (2001), "Supply Chain vs. Supply Chain; The Hype and the Reality", *Supply Chain Management Review*.

Rodrigue J.P, Comtois C. ve Slack B., (2006), *The Geography of Transport Systems*, TJ International Pub., New York.

Sandhu, M.A. ve Gunasekaran A., (2004), "Business process development in project-based industry: A case study" *Emerald, Business Process Management Journal* 10:673-690.

Schydrowsky P., Strandberg C., Galatius S., Gam A. ve Phalp K.T., (1998), "CAP Framework For Business Process Modeling" *Information and Software Technology*, 40:731-744.

Sheffi J., (2000), "ShipSmartTM: The Model and the Computer Science, Lecture Notes", University of Maryland.

Slack, N., Chambers, S., Harland, C., Harrison, A. ve Johnston, R., (1995), *Operations Management*, Pitman Publishing, London.

Stoica, Chawat ve Shin, (2004), "An Investigation of the Methodologies of Business Process Reengineering", *Information Systems Education Journal*, 2:1-11.

TC Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu, (2006), "Türkiye İstatistik Yıllığı", TC Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, Ankara.

Toussaint, P.J., Bakker, A. ve Groenewegen, L., (1997), "Constructing an enterprise viewpoint: Evaluation of four business modeling techniques". *Computing Methods and Programs in Biomedicine*, 55:11-30.

UNPAN (United Nations Public Administration and Finance), (2003), "International Experience in Municipal Performance Measurement", 3rd International Conference on Decentralization (ICD) organized by the Center for Local and Regional Governance at the University of the Philippines, 2003, Manila.

Van der Aalst ve Hee K.M., (2002), *Workflow Management: Models, Methods, and Systems*. MIT Press, Cambridge.

Van der Aalst, Hofstede A. ve Weske M., (2003), *Business Process Management: A Survey, BPM*, Heidelberg, Berlin.

Vukšić V.B., Giaglis G.M. ve Hlupić V., (2000), "IDEF Diagrams and Petri Nets for Business Process Modeling: Suitability, Efficacy, and Complementary Use", 2nd International Conference on Enterprise Information Systems, 2000, Stafford.

Wandel, S. ve Ruijgrok, C., (1995), "Information Technologies for the Development of Transport and Logistics; A Systems Model and Examples," ATAS Bulletin Information Technology for Development, United Nations, New York.

Wastell, D.G., White, P. ve Kawalek, P., (1996), "A methodology for business process redesign: experiences and issues", Technical Report, Information Process Group, Department of Computer Science, University of Manchester.

Whitehouse G.E., (1973), Systems Analysis and Design Using Network Techniques, Prentice-Hall Inc., New York.

Zhuge H., Cheung T. ve Pung H., (2001), "A Timed Workflow Process Model", The Journal of Systems and Software, 55:231-243.

INTERNET KAYNAKLARI

- [1] [www.logistics.or.jp/member/pdf\(mazazineinformation\)/20050809.pdf](http://www.logistics.or.jp/member/pdf(mazazineinformation)/20050809.pdf)
- [2] <http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch3en/conc3en/ch3c1en.html>
- [3] http://www.worldbank.org/html/fpd/transport/ports/trf_docs/new_dir.pdf
- [4] <http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do>
- [5] [http://www.statisticalengineering.com/central_limit_theorem_\(triangle\).htm](http://www.statisticalengineering.com/central_limit_theorem_(triangle).htm)
- [6] <http://www.dod.mil/comptroller/icenter/learn/iscm.htm>

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 31.07.1969

Doğum yeri İstanbul

Lise 1983-1986 İstanbul Vefa Lisesi

Lisans 1986-1991 Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak.
Endüstri Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 1998-2000 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
End. Müh. Anabilim Dalı, End. Müh. Programı

Doktora 2000- Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
End. Müh. Anabilim Dalı, End. Müh. Programı

Çalıştığı kurum(lar)

1991-1997 2 nci HİBM.K.lığı Esenyurt/KAYSERİ
1997-Devam ediyor Hava Harp Okulu K.lığı Yeşilyurt/İSTANBUL