

T.C.
İstanbul Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı
Üretim Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Proje Yönetiminde Risk Analizi

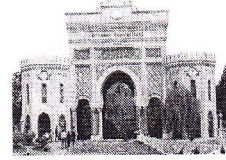
Fethi UZUNTAŞ
2501971392

Doç.Dr. Necdet ÖZÇAKAR

İstanbul 2010



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MÜDÜRLÜĞÜ



TEZ ONAYI

Enstitümüz ÜRETİM Bilim Dalında 2501971392 numaralı FETHİ UZUNTAŞ'ın hazırladığı "PROJE YÖNETİMİNDE RİSK ANALİZİ" konulu YÜKSEK LİSANS/ DOKTORA TEZİ ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 15.Maddesi uyarınca 12.07.2010 Pazartesi günü saat 09.00'da yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin**KABULÜ**.....'ne* **OYBİRLİĞİ** /~~OYÇOKLUĞUYLA~~ karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ(*)	İMZA
DOÇ.DR.NECDER ÖZÇAKAR	Kabul	
DOÇ.DR.ALPAZ BARAY	KABUL	
DOÇ.DR.MEHPARE TİMOR	Kabul	
YRD.DOÇ.DR.FAİK BAŞARAN	Kabul	
YRD.DOÇ.DR.ÖZLEM AKÇAY KASAPOĞLU	Kabul	

Yüksek Lisans Tezi

Proje Yönetiminde Risk Analizi

Fethi UZUNTAŞ

İstanbul Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Fakültesi

Üretim Yönetimi Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışmada projede risk yönetimi incelenmiştir. Bir inşaatın depreme karşı güçlendirilmesi ve onarımı konusunda projede risk analizi uygulaması yapılmıştır. Bütün projelerde olduğu gibi inşaat projelerinde de risk ve belirsizlik mevcuttur. Bu riskler, projelerin yapımını üstlenen firmaların taahhüt zamanlarını aşmasına neden olmakta ve süre aşımının cezai müeyyide uygulanması maliyeti yanında, diğer risklerin maliyeti olmaktadır. Bu çalışmanın uygulama aşamasında pertmaster kullanılarak inşaat güçlendirme projesinin risk analizi yapılmıştır. Ayrıca Proje yönetiminin en önemli üç aşaması olan Planlama, Programlama ve Kontrol safhaları CPM ve PERT teknikleri ışığında incelenmiş ve ülkemizde uygulamasına ender rastlanan bir inşaat projesinin analizi, PERT tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Fethi UZUNTAŞ

Risk Analysis in Project Management

ABSTRACT

This study examined the risk management project. One of the construction and repair of strengthening against earthquake risk analysis was applied in the project. All projects are available as well as risk and uncertainty in construction projects. These risks, the companies committed to undertaking the construction of the projects exceed the time-out causes, and while the cost of the implementation of criminal sanction, as well as other risks, is cost. During the implementation phase of this study is to strengthen the construction project risk analysis was conducted using pertmaster. In addition, the three most important phase of the project management of the Planning, Programming and Control phases were examined in the light of CPM and PERT techniques and analysis of construction project is a rare practice in our country, was carried out using the PERT technique.

ÖNSÖZ

Tezimin başlangıcından sonuna kadar destek olan danışmanım saygıdeğer hocam Doç. Dr. Necdet ÖZÇAKAR saygıdeğer hocalarım Yrd. Doç. Dr Faik BAŞARAN ve Doç. Dr Alp BARAY çalışmamda yardımlarından dolayı çok teşekkür ederim. Hiçbir yardımı esirgemeyen İnş Yük. Müh. Ersin NAMLI ve İnşaat Mühendisi Ahmet TUNA, ya teşekkür ederim.

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Örnek İçin Maliyet Değerleri Tablosu	47
Tablo 2.2 Pert Hesaplamalarına Ait Örnek Tablosu	62
Tablo 2.3 Normal Dağılım Eğrisinin Yaklaşık Değerleri	64
Tablo 2.4 Örneğin Gerçekleşme Olasılığı Yüzdelerine Ait Tablo	66
Tablo 2.5 Örnek için Bulunan En Emniyetli Sürelerin Olasılığı	67
Tablo 3.1. Risk Olay ve Senaryoları	90
Tablo 3.2. Mühendis Bakış Açısı ile Proje İle İlgili Riskler	91
Tablo 5.1 Kaynak Tablosu	123
Tablo 5.2 Faaliyet Tanımlama ve Kaynak Atama Tablosu	124
Tablo 5.3 PERT Teknigi Uyarınca Yapılan Faaliyet Tamamlanma Süresi Tah.	125
Tablo 5.4 Faaliyetler Arası İlişki Tablosu	127
Tablo 5.5 PERT Ağ Şeması Sayısal Sonuç Gösterimi	129
Tablo 5.6 Proje Şebekesinin Planlanması ve PERT Uygulaması	131
Tablo 5.7. Yaklaşık Maliyet Tablosu	136
Tablo 5.8. Bütün İnşaat İşleri Maliyetleri	137
Tablo 5.9. İş Programı Tablosu	138
Tablo 5.10. Maliyet Tablosu Gantt Şeması	139
Tablo 5.11. Pert risk Kayıt Tablosu	139
Tablo 5.12. Girdi Tablosu	142
Tablo 5.13 Risk Ölçüm Değerleri Tablosu	142
Tablo 5.14 Risk Olasılık Değerleri Tablosu	142
Tablo 5.15. Risk Skor Tablosu Olasılık Ölçeği	142
Tablo 5.16. Etki Ölçekleri ve Tipleri	143
Tablo 5.17. Olasılık ve Etki Skor Tablosu (PID)	143

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: Kapsam Üçgeni	6
Şekil 1.2: Bir projenin iş dağılım yapısının ağaç görünümü	13
Şekil 2.1: GANTT Şemasının Blok Yöntemi ile Gösterimi	16
Şekil 2.2: Gantt Şemasının Doldurma Yöntemi ile Gösterimi	17
Şekil 2.3: GANTT Şemasının Sembol Yöntemi ile Gösterimi	17
Şekil 2.4. Ok Tipi Şebeke Çizim Örnekleri	22
Şekil 2.5: Hatalı Olay – Faaliyet Gösterimi	25
Şekil 2.6: Kukla Faaliyet Gösterimi	25
Şekil 2.7: Faaliyetlerin Öncelik İlişkisine Göre Hatalı Gösterimi	25
Şekil 2. 8: Faaliyetlerin Öncelik İlişkisine Göre Gösterimi	26
Şekil 2.9: Faaliyetlerin Öncelik ilişkisine Göre Gösterimi	26
Şekil 2.10: Kısırdöngü Gösterimi	27
Şekil 2.11: Sarkıtma Gösterimi	27
Şekil 2.12: Çakışan Faaliyetlerin Hatalı Gösterimi	28
Şekil 2.13: Çakışan Faaliyetlerin Gösterimi	28
Şekil 2.14: GANTT Şemasının Gösterimi	29
Şekil 2.15: Önemli Olaylar Yöntemi'nin Gösterimi	30
Şekil 2.16: PERT Şebekesinin Gösterimi	30
Şekil 2.17: Maliyet Analizi Grafiği	39
Şekil 2.18: Faaliyet Başlama Zamanlarına Göre Zaman–Maliyet Analizi Grf.	42
Şekil 2.19: Hızlandırılmış Bir Faaliyetin Zaman–Maliyet Analizi Grafiği	43
Şekil 2.20: Doğrusal Olmayan Zaman – Maliyet Analizi Grafiği	44
Şekil 2.21: Zaman- Maliyet İlişkisine Ait Örnek Diyagram	47
Şekil 2.22: Toplam Dolaysız Maliyet Grafiği	53
Şekil 2.23 Toplam Maliyet Grafiği	54

Şekil 2. 24: Sola Yatkın Beta Dağılımı	57
Şekil 2.25: Sağa Yatık Beta Dağılımı	58
Şekil 2.26: Simetrik Beta Dağılımı	58
Şekil 2.27 Pert Hesaplamaları İçin Çizilmiş Bir Şebeke Diyagramı	63
Şekil 2.28 Normal Dağılım Eğrisinin Altında Kalan Alan	64
Şekil 2.29 Standart Sapmanın Değişimine Göre Tamamlanma Zamanları	65
Şekil 2.30 Kritik Yol Tespitinde Matris Gösterimi	68
Şekil 5.1 Kritik Yol Ağ Yapısı-Pert	130
Şekil 5.2 Risk Özeti1	141
Şekil 5.3 Rapor Özeti2	141
Şekil 5.4 Gantt Şeması	144
Şekil 5.5 Önlem Sonrası Risk Skor Oranı	144

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 5.1. Zaman Dağılım Grafiği 1	145
Grafik 5.2. Zaman Dağılım Grafiği 2	145
Grafik 5.3 Maliyet Dağılım Grafiği	146
Grafik 5.4.1 Dağılım Analiz Grafiği1	146
Grafik 5.4.2 Dağılım Analiz Grafiği2	147
Grafik 5.5 Saçılma Dağılım Grafiği	148
Grafik 5.6 Duyarlılık Analiz Grafiği	148
Grafik 5.7 Zaman Duyarlılık Analiz Gariği	149
Grafik 5. 8 Çizelge Duyarlılık Endeksi Grafiği	149

PLAN

EK 1: 1. Kat Planı

EK 2: Giriş Kat Planı

KISALTMALAR

PERT :Program Evaluation and Review Tecnique

PNET :Probabilistic Network Evaluation Technique

MCS :Monte Carlo Simulation

NRB :Narrow Reliability Bounds

PMBOK :Project Management Body Of Knowledge

PROJE YÖNETİMİNDE RİSK ANALİZİ

TABLO LİSTESİ	I
ŞEKİL LİSTESİ	II, III
GRAFİK LİSTESİ	IV
PLAN	V
KISALTMALAR	VI
İÇİNDEKİLER	VII, VIII, IX, X
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM PROJE YÖNETİMİ

1.1 Proje ve Proje Yönetimi	2
1.2 Proje Kısıtları	6
1.3 Proje Yönetimi Aşamaları	7
1.3.1 Planlama	8
1.3.2 Programlama	9
1.3.3 Kontrol	10
1.4. Proje Planlama Teknikleri	12

İKİNCİ BÖLÜM CPM ve PERT

2.1. CPM ve PERT Tekniklerinin Tarihçesi	14
2.2 Gantt Şeması (Çubuk Diyagramı)	16
2.3 Gantt Şeması Oluşturulmasında Kullanılan Yöntemler	16
2.3.1. Blok Yöntemi	17

2.3.2. Doldurma Yöntemi	17
2.3.3. Sembol Yöntemi	17
2.4 CPM – PERT Teknikleri	19
2.4.1 Şebeke (Ağ) Analizi	21
2.4.1.1. Şebeke Analizinde Kullanılan Temel Kavraml.	21
2.4.1.2. Şebeke Çiziminde Uyulması Gereken Kurallar	23
2.4.1.3. Şebeke Çiziminde Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar	24
2.4.2.Gant Şemasından PERT Şebekesine Geçiş	29
2.5. Kritik Yol Yöntemi (CPM)	31
2.5.1. Faaliyet Sürelerinin Belirlenmesi	31
2.5.2. Kritik Yolun Tespit Edilmesi	33
2.5.3. Bollukların Hesaplanması	34
2.5.3.1. “Toplam Bolluk (Total Float: TF)	35
2.5.3.2. Serbest Bolluk (Free Float: FF)	36
2.5.3.3. Bağımsız Bolluk (Independent Float: IF)	36
2.5.3.4. Ara Bolluk (Emniyet Bolluğu)	37
2.5.4. Kritik Yol Yönteminin Doğrusal Prog. İle Çözüm	37
2.5.5. Maliyet Analizi	39
2.5.5.1 Zaman –Maliyet Analizi	42
2.5.5.2 Aktivite Sürelerinin Değişkenliği	48

2.5.6 Proje Hızlandırılmasının Doğrusal Prog. İle Çözümü	50
2.5.7. Kritik Yol Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları	55
2.6. PERT Tekniği	56
2.6.1. Faaliyet Sürelerinin Belirlenmesi	56
2.7 PERT Analizinde Kritik Yolun Tespit Edilmesi	59
2.7.1. Aktivite Sürelerinin Değişkenliği	61
2.7.2. Yatırımın Programlanan Sürede Bitmesi İhtimali	62
2.7.3. Yatırım Sürelerinin Değiştirilmesi	66
2.7.4. En Emniyetli Yatırım Süresinin Bulunması	67
2.7.5 Matris Metodu İle Çözüm Yöntemi	68
2.8. Pert Tekniğinin Avantaj ve Dezavantajları	69
2.9 Cpm ve Pert Yöntemlerinin Karşılaştırılması	74

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM RİSK YÖNETİMİ

3.1. Risk	71
3.2. Risk Yönetimi	73
3.3. Risk Analizi ve Risk Belirsizliği	74
3.4. Risk ve Belirsizliğin Nedenleri	77
3.5. Belirsizlik Ve Riskler İle İlgili Geleneksel Yaklaşımlar	78
3.5.1. Sezgisel Metot	78
3.5.2. Beklenen Proje Yaşamını Azaltma	78
3.5.3. Risk Ayarlı İndirim Oranı	78
3.5.4. Risk Seviyesi İle Geri Dönüş Oranının Farklılaştırılması	79
3.5.5. Duyarlılık Analizi	80

3.5.6. Risk İçeren Proje Analizinin Olasılıklı Uygulaması	81
3.6. Projelerde Risk Yönetimi	82
3.7. Projelerde Karşılaşılan Riskler	84
3.8. Risk Analizinde Teknikler	87
3.8.1. Beklenen Net Mevcut Değer Metodu	87
3.8.2. Kesinlik Eşitlik Metodu	88
3.8.3. Karar Ağacı Metodu	89
3.8.4. Risk Analizinde Korelasyon	89
3.9. Simülasyon Yöntemi	92
3.9.1. Simülasyon Yönteminde Model Oluşturma	93
3.9.2. Monte Carlo Simülasyonu	93
3.9.3. Pertmaster Yazılımı İle Risk Analizi	94
3.10. Cpm ve Pert Teknikleri	94
3.10.1. Şebeke Gösterimi	95
3.10.2. Pert Tekniğinin Mantığı	95
3.11. Riske Karşı Tutumlar	96
3.11.1. Riskten Sakınma	96
3.11.2. Riskin Etkilerini Azaltma	96
3.11.3. Risk Transferi	96
3.11.4. Riski Kabullenme	97
3.12. Risklerin Sınıflandırılması	98
3.13. Projelerde Risk Yönetim Süreçleri	98
3.14. Risk Tanımlama	98
3.15. Risk Değerlendirme Teknikleri	99

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM RİSK ANALİZİ

4.1. Risk Analiz Modelleri	100
4.1.1. Kalitatif (Nitel) Risk Analizi	103

4.1.2. Kantitatif (Nicel) Risk Analizi	103
4.2. Risk Önlemi Planlama	104
4.3. Operasyonel Risk Yönetimi	105
4.4. Risk İzleme ve Kontrol	106
4.5. İnşaat Projelerinde Risk Yönetimi	107
4.6. İnşaat Projelerinde Ortaya Çıkan Riskler	107
4.7. İnşaat Projelerinde Risk Yönetiminin Önemi	108
4.8. İnşaat Projelerinde Tipik Risk ve Belirsizlikler	114
4.9. İnşaat Risk Yönetim Teknikleri	120

BEŞİNCİ BÖLÜM RİSK ANALİZİ UYGULAMASI

5.1 Problemin Tanımı	121
5.2 Projenin Tanımı	121
5.3 Proje İçin Yapılan Kabuller	122
5.4 Proje İhalesinde Belirlenmiş Olan Şartlar ve Projenin Detayları	122
5.5 PERT Uygulamasının Yorumlanması	132
5.6. Bir Güçlendirme İnşaatı Projesi Risk Analizi	134
5.7. Uygulanan Yöntem	134
5.8. Çalışmanın Amacı	134
5.9. Çalışmanın Yöntemi	135
5.10. Risk İçin Uygulama	136
Sonuç ve Öneriler	150
Kaynaklar	154

Giriş

Bu tez çalışmasında, her bilimsel ve benzeri çalışmada olduğu gibi ilk önce literatür çalışması yapılmış, literatür çalışması yapılırken kaynakları gösterilerek çalışmalara devam edilmiş, sistematik olarak literatürden sonra, metodoloji oturtulmuştur. Metod olarak tez konusu olan “Proje Yönetiminde Risk Anazi” aslına bağlı kalınarak önce yönetim, proje yönetimi, kavramlarının tanımları yapılarak, proje yönetim teknikleri CPM, PERT teorik olarak anlatımları yapılmış, Bu yöntemle; iş programında meydana gelen aksaklıkların sebepleri, sıkıntının nereden kaynaklandığını tespiti ve bu tip aksaklıkların projeye yansımaları gözlemlendiği gibi, projede meydana gelebilecek gecikmelerin önlenmesinde mümkün olabileceği anlatılmıştır. Sağladığı bu faydalardan dolayı, inşaat sektörünün en popüler planlama ve kontrol aracı olan CPM ve PERT uygulama konusu olan bina güçlendirme proje planlama tekniği olarak kullanılmıştır. Kendi uygulamam amaçlı 33 faaliyeti içeren bir model oluşturulmuş bu modele proje yönetim tekniklerinden PERT tekniği uygulanmıştır. Elde edilen sonuç zaman ve zamana bağlı maliyet kriterlerini nasıl etkilediğini kritiği yapılmıştır. Ayrıca, proje riskleri, risk analizi, risk yönetimi risklerden kaçınma ve pert yöntemi kullanılarak bir inşaat projesinde maliyet, zaman hesaplamaları yapılmıştır. Bunun yanında yazılım yardımı ile risk analizi yapılarak zaman, maliyet kısıtlarına karşın proje risklerin programsal olarak analiz etmek, proje uygulamaları sırasında durum değerlendirmesi yapılarak projelerin zamanında bitirilmesi, gecikme ve risklerden dolayı maliyet artışlarını görmek ve değerlendirmektir. Çalışmada analiz yapılarak risk analizinden önceki ve sonraki zaman ve maliyet kayıpları değerlendirilerek çalışma tamamlanmıştır. Dünyadaki kaynakların sınırlı olması bizi bu kaynakları optimal kullanmamızı gerekli hale getirmektedir. Bu yüzden sınırlı kaynakların kullanımını gerektiren yatırım projeleri için bilimsel ve sistematik değerlendirme, kaynaklardan en iyi şekilde fayda sağlamayı gerektirir. Risk analizi, Olabilecek potansiyel teşkil eden problemleri önceden belirleyerek, durumun aktif hale gelmeden tedbirini düşünme becerisini göstererek plan yapmaktır. Bu amaçla herhangi bir plan veya operasyonel aktivitede olabilecek sorun, aksaklık ve gecikmeleri ortaya çıkarmak için günümüz bilgi ve teknolojik imkanlar ile çeşitli analiz yöntemleri, simülasyonlar ve yazılımlar yapılmıştır.

Bu yazılımlardan biri monte carlo tabanlı pertmaster ile yapılan zaman kaynak ve maliyet riskini yönetmek için geliştirilmiş, planlara ne kadar güvenileceğini gösteren ır. Yazılım “kalitatif ve kantitatif risk analizi teknikleri ile zaman maliyet boyutlarının uygulamasını sağlar. Risk ve belirsizlikler modellenir, analiz edilerek, risklere göre düzeltilmiş planlar, canlı planlara dönüştürülmeden önce risk histogramlar, tornado ve saçılma grafiklerinden yararlanılarak planların güven dereceleri belirlenir” (www.primavera.com,2009).

BİRİNCİ BÖLÜM PROJE YÖNETİMİ

1.1. Proje ve Proje Yönetimi

Proje, daha önceden yapılması tasarlanan üretim, hizmet veya görsel amaçlı uygulamalarının zaman ve maliyet sınırları içerisinde tanımı ve çizimleri yapılmış çalışmalardır. Bu çalışmalarda kim ne neyi ne zaman, hangi kaynaklarla ve hangi olumsuz koşullarda yapacağı belirlenir. Her proje kendini özellikleri olan benzeri olmayan yeni, yenilenebilir olmalıdır. Herhangi bir proje bir bir tekrar edilemez, kısmen benzerlik gösterebilir. Proje çalışmaları, proje içerisinde stabil ancak projenin yürütüldüğü kurumda geçici olarak çalışanlar ekip tarafından, planlanan zaman ve mali kaynak sınırları içinde yürütülür. Her proje genellikle değişim ve gelişim amaçlı yapılmaktadır. Projeler her zaman ihtiyaç duyulduğu için yapılmayıp bazende yeni bir perspektif veya yeni bir durum meydana getirmek için yapılmaktadır. Bu yeni bir ürün, görsel veya hizmet amaçlı bir değişimdir. Proje kavramından sonra yönetim tanımına geçmek mümkündür. Günümüzde yönetimin önemi daha da artmış olup bugünün araç, gereç, bilgisayar destekli yazılım ve yöntemlerle projeler planlanır ve yönetilirler. Bugünün yönetim bilimi sayesinde maliyet, kontrol, programlama, kaynak yönetimi, risk yönetimi, risk analiz tekniklerini birçok projede uygulanabileceğini göstermektedir. Proje yönetimi kavramı çeşitli kaynaklarda tanımlanmıştır. Bunlardan biri “Proje yönetimi, projelerin hedeflerine ulaşması için proje faaliyetlerinin planlanması programlanması (çizelgelenmesi) ve kontrol edilmesi olarak tanımlanabilir” (Lewis P. James, 1996:10).

“Proje yönetimi önceden karar verilmiş amaç, maliyet, zaman ve kalite kriterleri doğrultusunda da, modern yönetim tekniklerini kullanarak, proje ömrü boyunca insan ve malzeme kaynaklarını koordine etme ve yönetme sanatıdır”. Her proje kendine özgü ve spesifiktir. Bunlar:

- “Bir defalık ürün; Projeler, her şeyden önce diğer günlük rutin işlerden farklı olarak o çalışmaya ait bir defalık ürünler üretir.
- Sınırlı kaynaklar; Bir şirketin, projelere tahsis edilen kaynak miktarları sınırlıdır.
- Belirli bir zaman dilimi; Projeler belirli bir tamamlanma süresine sahip geçici çalışmalardır. Er ya da geç, projeler başarılı ya da başarısız bir sonuca bağlanırlar. Bir projenin sonlandırılması üç şekilde olabilir
- 1. Proje hedeflerine ulaşılması.
2. Proje hedeflerinin tutturulamayacağına anlaşılması.
3. Projeyi geçerli kılan ihtiyaçların ortadan kalkması.
- Birbiri ile ilişkili faaliyetler dizisi; Projeler, ölçüklerine ve kapsamlarına göre değişen belirli düzeydeki karmaşıklık yapısına sahiptir.” (Project Management Institute, 2004:5).

Projeler; belirli bir amaca hizmet etmek, bir takım eksiklikleri gidermek ve beklentilere cevap vermek üzere yapılır. Tüm işlerde olduğu gibi projelerin de planlanan en kısa sürede, tatmin edici kalitede ve en düşük maliyetle bitirilmesi düşünülür.

O halde projelerin en kısa zamanda, en kaliteli ve en ucuza mal edilmek istendiğini söylemek pek de yanlış olmayacaktır.” Proje yönetimi; bir projenin planlama, başlama, yürütme, izleme, kontrol etme ve projenin sona erdirilmesi gibi, proje yönetim süreçlerinin uygulanması ve harmanlanmasından oluşur” (PMI, 8).

“Proje yönetim süreçlerini takip edecek personelin koordinasyonu da proje yönetimi için vazgeçilmez öneme sahiptir. Personelin birbirinden kopuk çalışması, aralarındaki bilgi akışının yeterli ve zamanında yapıyor olmaması, elbette ki performans kaybına ve belki de bir takım işlerin gereksiz yere tekrarlanmasına ve hatta atlanmasına dahi yol açacaktır.

Dolayısıyla projedeki sağlıklı bir bilgi akışı ve haberleşme sistemi son derece önemlidir. Proje yönetimi; kaliteden ödün vermeden az kaynakla, kısa sürede daha fazla işin yapılarak maliyetlerin düşürülmesini sağlar” (Harold Kerzner Ph. D,2001:2).

“Proje disiplini, bir dizi prensip ve metotlarla projelerin sistemli ve etkin bir şekilde yürütülmesine ve bu sayede projelerin daha başarılı olmasına katkıda bulunur. “İyi yönetilen bir proje, olası problemlerin erken teşhisi, bu problemlerin alternatif çözüm yollarının ortaya çıkarılması ve son aşama olarak, gerekli düzeltici ve önleyici önlemlerin alınmasına olanak sağlar. Projeler birtakım belirsizlikler ve bu belirsizliklerin taşıdığı riskleri de beraberinde getirirler. Projelerin sağlıklı yürütülebilmeleri için, risk yönetimi de göz önünde bulundurulması gereken en temel kavramlardan biridir. “Risk yönetimi, projenin kendisinden kaynaklanan veya projeye dışarıdan etki eden tehditlerin belirlenmesi ve azaltılması için yürütülen sistematik bir yönetim şeklidir” (Eric Verzuh, 2003: 11).

“Elbette ki her projenin yüzde yüz başarılı olması beklenmemelidir. Bazen projeler öngörülenden daha uzun sürede tamamlanabilir ya da tamamlanamaz ve yarım kalırlar. O halde karşımıza projenin başarısı ya da başarılı proje nedir kavramı çıkmaktadır. Başarı göreceli bir kavram olduğu için tam olarak bir başarı tanımı yapmak zordur. En genel olarak zaman-maliyet- performans veya kalite üçgeni çerçevesinde bakarsak; planlanan süre içerisinde bütçesini aşmadan istenilen kalite düzeyinde tamamlanan projeleri başarılı olarak nitelendirmek mümkündür. Müşteri memnuniyeti de başarı için gözardı edilmemesi gereken bir kıstastır. Projelerin zamanında hedeflerine ulaşabilmesinde, kuşkusuz en büyük iş proje yöneticilerine düşmektedir. Proje yöneticisinin deneyimi ve liderlik vasfı ön plana çıkmalı ve başarıda belirleyici bir rol oynamalıdır. Örneğin, bir projedeki başarı şansı nasıl arttırılabilir ya da bir projede başarılı olmak için neler yapılmalıdır? Her şeyden önce bir projenin başarılı olabilmesi için iyi bir planlama ve programlama aşamasından geçmiş olması ve etkili bir yürütme, kontrol sistemine sahip olması gerekmektedir. Bir başka deyişle, projenin kuvvetli bir yönetim sistemi üzerine oturtulmuş olması ve iyi bir şekilde yönetilmesi gerekir.

Bunun dışında başarılı bir proje yönetimi için kaynakların mümkün olduğunca iyi kullanılması gerekir. Bunun için de proje süresince kaynak gereksinimlerini azami ve asgari sınırlarda gezdirmek yerine, ortalama bir seviyede tutarak en verimli şekilde kullanılması sağlanmalıdır. Buna kaynak dengelemesi adı verilmektedir. Kaynak dengelemesi ile bir yandan ihtiyaç anında kaynak yokluğu yaşanması önlenirken bir yandan da kaynak israfının önüne geçilmiş olur. Büyük çaplı projelerdeki kaynak dengeleme işini karmaşık doğasından ötürü, bilgisayar paket programları üstlenmektedir. Bunlara ek olarak projenin özel veya genel takibini sağlayan raporlama teknikleri de projenin başarısına önemli bir katkı sağlar. Projelerin başarılarında işveren ve yüklenicinin uyumu da son derece önemlidir. Ancak karşılıklı yapılan fedakarlıklarla projenin zamanında tamamlanması mümkün olabilir. Ece ve Kovancı, Projelerin başarısındaki en önemli faktörün insan olduğunu ve önce insana yatırım yapılması gerektiğini savunmaktadırlar” (Ece ve Kovancı, Sayı. 4, (Temmuz 2004):84).

Bu fikirden yola çıkarak gerek proje yöneticisi gerek diğer proje ekiplerinin başarısının, proje başarısına olumlu ya da olumsuz direkt etki edeceği söylenebilir. Gido ve Clements’a göre en önemli “10 başarı faktörü; (Jack Gido ve James P.,1999: 63).

1. Proje hedeflerinin açıkça ortaya konması
2. Üst yönetimin desteği
3. Yetenekli proje yöneticisi
4. Yetenekli proje ekibi
5. Kaynakların yeterliliği
6. Müşteri ile etkileşim
7. Bütün taraflarla iyi iletişim
8. Belirlenen sürede belirlenen hizmeti verebilme hassasiyeti
9. Doğru izleme ve bilgilendirme
10. Projeye uygun teknolojinin kullanımıdır.

Başarı olan bir ortamda başarısızlığın da bulunduğu gerçeğinden yola çıkarak, başarısızlığın ne anlama geldiğini irdelemekte yarar vardır.

Genellikle, bir projede başarısızlık olarak nitelendirilebilecek durumlar; Süresinde bitirilmeyen işin gecikmesi ve belirlenen yaklaşık maliyeti aşması, sözleşmeye uygun yer tesliminin yapılamaması, sözleşmedeki işin uygulamada değişiklik yapılması isteği ve yapılan işin kalitesindeki kaygıdır.

1.2. Proje Kısıtlamalar

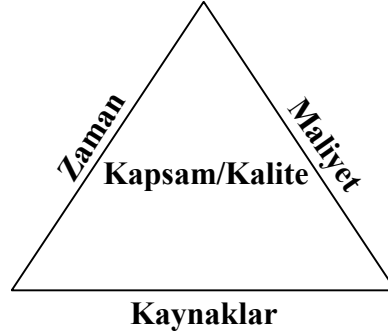
Yukarıdada değindiği gibi proje faaliyetleri gerçekleştirilirken, proje kapsamının dışına çıkmadan, planlanan kaynaklar ile belirlenen maliyet ve zaman dilimleri içerisinde tamamlanmaları amaçlanır. Bu sınırlamalar içerisinde işlerin bitirilmiş olması gerekir.

Bu sınırlamalardan dolayı söz konusu kavramlar projenin kısıtları olarak adlandırılırlar. Aşağıda ki kaynak ta belirtildiği gibi bir proje için çoğunlukla kabul edilen “beş adet kısıt vardır;

1. **Maliyet:** Projenin en önemli kalemidir.

2. **Zaman:** Projenin tamamlanmasına kadar geçen süredir.

3. **Kapsam:** Proje dahilinde yapılacak olan işlerdir. Kapsam üçgeni aşağıdaki gibidir.



Şekil 1.1: Kapsam Üçgeni

Kaynak: (Robert K.Wysocki ve Rudd, 2003:10).

4. **Kaynaklar:** İşlerin yapılması İnsan – işgücü, Makine – ekipman, Malzeme – materyal ve Teknoloji olarak tanımlanabilir.

5. **Performans:** Projenin belirli bir zaman aralığında tamamlanması gereken ve projenin yürütülmesinde önemli bir yeri olan her faaliyetin, projenin belirlenmiş olduğu kalite kriterlerine uyup uymadığının ölçütüdür”.

Bu kısıtlar birbiriyle yakından ilişkili olup birçok kaynakta da belirtildiği gibi bir üçgen ile ifade edilmiştir. Şekilden de kolayca anlaşılacağı üzere, bu kısıtlardan herhangi birinde meydana gelecek bir değişiklik en az bir kısıtta daha değişime sebep olacaktır. Bu öngörüden yola çıkarak aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir;

- Projenin tamamlanma süresini kısaltma girişimi maliyetlerde artışa neden olur.
- Proje maliyetlerini düşürme çabası ya projenin tamamlanma süresini uzatır ya da proje kapsamının daralmasına yol açar.
- Proje kapsamının genişletilmesi, proje maliyetinin veya projenin tamamlanma süresinin ya da her ikisinin birden artmasına yol açar.
- Kalite düzeyindeki herhangi bir artış doğrudan maliyetin de yükselmesine sebep olabilir.

Ayrıca maliyeti; kalite, kapsam ve zamanın ortaya çıkardığı bir fonksiyon olarak da ifade etmek mümkündür. Başka bir ifadeyle;

Maliyet = f (kalite, kapsam, zaman) şeklinde yazılabilir.

Yukarıda belirtilen kısıtlar arasındaki etkileşimler göz önüne alınarak bir bütün halinde değerlendirildiği takdirde projelerin başarılı olma şansları artar”.

Bir başka görüşe göre “Proje müdürleri proje hedeflerine ulaşmak için, zaman, maliyet ve kapsam arasında denge kurmaya çalışsalar da, müşteri memnuniyetini sağlamak ve proje hedeflerini tutturmak için, proje boyunca zaman zaman bu değişkenler arasında ödün verebilirler” (Kenneth H. Rose, 2005: 6).

1.3. Proje Yönetimi Aşamaları

Proje yönetimi üç aşamada gerçekleştirilir;

- Planlama: Kısaca projelendirme uygulamanın temelini oluşturan çizimler detaylardır.
- Programlama: Planın takvime dönüştürülmesidir. (İnşaat alanında İş Programı)
- Kontrol: Uygulamada takip ve aksaklıkların giderilmesine, düzeltmelerin olmasına tam zamanında müdahaledir.

1.3.1 Planlama

“Planlama, projenin mümkün olduğunca detaylı bir şekilde çözümlendiği aşamadır. Projeyi en iyi şekilde tanımlayacak faaliyetlerin saptanması; bu faaliyetler arasındaki ilişkilerin kurulması ve faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için gerekli kaynakların tespiti ile her bir faaliyetin süresinin hesaplanması işlemlerinin tümü planlamanın kapsamındadır” (Gary R. Heerkens,2002: 12).

Proje planı bize; nerede ve hangi zamanda, hangi işlerin kimler tarafından yapılması gerektiğini gösterir. Yani plan için, proje süresince takip edebileceğimiz yol haritasıdır diyebiliriz. Projenin zaman ve maliyet analizleri, planlama aşamasında hazırlanan iş programı, inşaat sektöründe sıklıkla kullanılan bu programın hassas hazırlanması gerekmektedir. Daha hayata geçirilmemiş, hazırlık aşamasındaki bir projede yapılacak herhangi bir yanlış yorumlama veya değerlendirme projenin bütününe etkileyecektir. “Proje bütününe oluşturan işlerin, hiçbir zaman tam olarak planlandığı gibi gerçekleşmesini beklemesek de, yapılan planlama bize muhtemel sonuçları öngörebilmemizde yardımcı olur” (Robert K.Wysocki ve Rudd,2003:20).

İyi bir planlama yapılabilmesi için kurumun veya şirketin eldeki örneklemlerin ne durumda olduğunu ve birimleri arasında etkili bir bilgi iletişiminin gerçekleştirilmesi gerekir. Bunun dışında planlama yapan proje müdürü veya yöneticisinin tecrübesi ve bilgisi projenin başarılmasında önemli pay sahibidir. Özellikle büyük çaplı uluslararası projelerde planlamacıların, uzun yıllar benzer projelerde çalışmış, tecrübe sahibi kişiler olması gerekmektedir. Planlama yapılırken karşılaşılan en büyük zorluk belki de, proje faaliyetleri ile ilgili detay bilgilerin, ölçülebilir ifadelerle dönüştürülmesi işlemidir. Bu çok sayıdaki verinin analizi ve değerlendirilmesi yetenek gerektiren bir işittir. Burada proje ekibinin en büyük yardımcısı yol gösterici olması açısından eski uygulamalar olacaktır. Projenin büyüklüğüne göre, projelerin planlama çalışmalarında eldeki yeni verilerin çok veya azlık açısından değişkenliği farklı olabilir yoksa uygulama benzerli açısından çok fark olmayacaktır. Yalnız aynı birim tarafından projenin yönetilmesi avantaj sağlar.

Bazen ayrı bir planlama birim kurulması gerekirken, bazen de planlama işi her departmanın kendi içinde yürütebileceği bir ana görev haline gelebilmektedir. Planlama yapılırken dengeli kaynak atamaları yapılması sağlanmalıdır. Aksi durumda yalnız kaynak aktarımı faaliyet ve sürelerini olumsuz etkilemiş olur. Bundan başka ilk etapta bilinmeyen hava ve çevre şartları değişiklikleri, zamanında temin edilmeyen malzeme veya işçilikler de planların zorunlu olarak değişmesine neden olabilir.

1.3.2 Programlama

Programlama, planın zaman ile birleşmesi şeklinde düşünülebilir. Planlama sırasında projede yer alacak faaliyetlerin belirlenirken, programlama aşamasında ise bu faaliyetlerin başlama ve bitiş zamanlarının belirlenmesi gerçekleştirilir.

Bu bir inşaat proje programı olacaksa, mimarî mekanik, elektrik ve uygulama projelerin dijital uygulama detaylarının oluşturulması demektir. İşler bir zaman ve mekana bağlanır. Programlamanın bir başka yönünde, planlama safhasında elde edilen verilerin sayısal analizlerinin ve faaliyetler ile ilgili süre hesaplamalarının yapıldığı bir aşamadır. Burada, planlama aşamasında belirlenmiş olan faaliyet sürelerinden yola çıkarak, faaliyetlerin başlangıç ve bitiş zamanları ile projenin tamamlanma tarihi belirlenir. Dolayısıyla programlama safhası aslında bir hesaplama aşaması olarak da değerlendirilebilir. “Birçok proje müdürü, en önemli başarı ölçütünün projenin zamanında tamamlanması olduğunu düşündüklerinden, zamanlarının büyük bir kısmını iş programı üzerinde geçirirler” (Baca, 2005: 24).

Planlama ve programlama aşaması birbiriyle içiçedir. Planlama ve programlama aşamasında sırasıyla aşağıdaki işlemlerin gerçekleştiği söylenebilir”;

1. İşin kapsamının tanımlanması, hedeflerin açıkça ortaya konması ve işi oluşturan faaliyetlerin belirlenmesi
2. İş miktarının hesaplanması
3. Faaliyetler arasındaki öncelik ilişkilerinin belirlenmesi ve bağlantılarının kurulması
4. Kullanılacak kaynakların atanması
5. Faaliyet sürelerinin belirlenmesi

6. Faaliyetlerin başlangıç ve bitiş zamanlarının belirlenmesi

7. Projenin tamamlanma tarihinin belirlenmesi

1.3.3. Kontrol

Proje kontrolü, planlanmış programlanmış olan işin yani activiterin uygulanmaya başlanmış olan bir projenin ne aşamalarda olduğunun, planlama ve programlamaları dikkate alınarak gözlemlendiği aşamadır. Bu aşamada projenin proje yöneticileri tarafından kullanılan süre, maliyet ve kalite kriterleri açısından değerlendirilir. Kontrol, yapılan işin iş programına ne kadar uygun olduğunun takip edilmesidir. Kısacası yapılan işlerin takibidir. Projenin belirlenen tarihler arasında sözleşmelerde belirtilen kalitede riske girmeden tamamlanabilmesi için iyi bir planlama ve programlama kadar yapılacak işin uygulamada takibi ve kontrolü de son derece önemlidir.

“Kontrol aşamasının ilk adımında; planlanan ile projenin gerçekleşen değerlerinin karşılaştırılması yapılarak, aradaki mevcut farklar ve bu farkların kaynaklandığı sebepler ortaya çıkarılır.

Bir projenin iş programında meydana gelebilecek sapmalar;

- Tanımlanan faaliyetlerdeki gecikmeler
- İstenen veya belirlenen iş kalitesinin ortaya çıkarılamaması
- Faaliyetlere atanmış kaynaklardaki beklenmeyen/öngörülmeleyen maliyet farkları sayılabilir.

İkinci adım olarak ise, iş programında meydana gelen bu sapmalara karşı alınacak düzeltici ve önleyici tedbirler ortaya konmalı ve bir an önce hayata geçirilmelidir.

İş programında meydana gelen bu sapmaları telafi etmek için; proje faaliyetlerinin hızlandırılması, kaynakların yeniden düzenlenmesi veya mevcut planın revizyonu düşünülebilir. Kontrol faaliyetlerinde, düzenli aralıklarla hazırlanan raporlar önemli bir rol oynar. Kullanılacak rapor türü, istenilen detay bilginin niteliğine göre değişmektedir. Maliyet, performans, kaynak kullanım raporları bunlardan birkaçıdır. Bu raporlar isteğe göre günlük, haftalık ya da aylık verileri kapsayacak şekilde hazırlanabilir.

Bu sayede, ileride sorun yaratabilecek faaliyetler üzerine yoğunlaşarak daha problemin başlangıç aşamasında duruma müdahale etme şansı doğar. Raporlamanın bir başka faydası da, projenin diğer ilgili departmanların, projenin gidiş atından düzenli olarak haberdar olmasıdır. İşveren için de, yaptırdığı işin programdan ne kadar ileride olduğunu ya da ne kadar geri kaldığını gösteren bu ilerleme raporları, önemli bir bilgi edinme aracıdır. Unutulmamalıdır ki; tek başına işin ne kadarının tamamlandığının ölçümü çok fazla bir önem taşımaz ve ancak hedef program ile karşılaştırıldığında bir anlam kazanır” (Harold Kerzner, 2001:2).

Özetlemek gerekirse, bir projede kontrol faaliyetleri ile;

- İş ilerlemesinin takibi sağlanır.
- Belirlenen ve gerçekleştirilen işlerin mukayesesi
- Etkinin analiz edilmesi ve varsa problemin ortaya çıkarılması
- Gerekli değişikliklerin yapılması (proje revizyonu)

Projenin planlama, programlama ve kontrol faaliyetleri yapılırken, proje planlama tekniklerinden yararlanır. Her ne kadar gelişen teknoloji ile planlama, programlama ve kontrol faaliyetleri bir takım bilgisayar yazılımları ile yapılmaktaysa da en önemli ve de ilk iş yine planlamacılara düşmektedir. Her şeyden önce planlamacı, proje planını kağıt üstünde oluşturmak zorundadır. Daha sonra yapmış olduğu planı bilgisayar paket programına girdikten sonra, gerekli programlama ve kontrol faaliyetleri bilgisayar programı tarafından yapılır. Burada asıl işi yapan yine insanlardır. Yani uygulamacılar bilgisayar programı zaman tasarrufu sağlar. Başarılı bir proje planlaması için, planlamacının her şeyden önce proje konusuna hakim olması gerekir. Aksi halde sadece yazılımı bilen bir bilgisayar kullanıcısından farkı kalmayacaktır. Demekki, hem teorik bilgi hem de bilgisayar programını kullanma becerisi başarıyı etkiler. İşletmelerin faaliyet alanlarına ve ihtiyaçlarına göre kullanacakları planlama teknikleri değişebilir. Proje planlanması ve yönetiminde kullanılan pek çok teknik arasından, en yaygın olarak kullanılan yöntemler CPM ve PERT'tir. Bunlara ek olarak, bu iki yöntemin ortaya çıkarılmasını kolaylaştıran ve günümüzde hala yaygın biçimde kullanılan Gantt diyagramı da basit kullanımıyla kullanılan bir yöntemdir.

Projelerin büyüklükleri ne olursa olsun, hangi planlama yöntemi kullanılırsa kullanılsın mutlaka Gantt diyagramından da yararlanılmaktadır. Çalışma; Proje planlama, yönetim teknikleri, projelerin hazırlık aşamasında oluşturulan projenin ağaç görünümü yani İş Dağılım Yapısı (Work Breakdown Structure-WBS) anlatıldıktan sonra sırasıyla Gantt Diyagramı, Kritik Yol Yöntemi (Critical Path Method-CPM) ve son olarak da Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Yöntemi (Program Evaluation and Review Technique-PERT) incelenecektir.

1.4. Proje Planlama Teknikleri

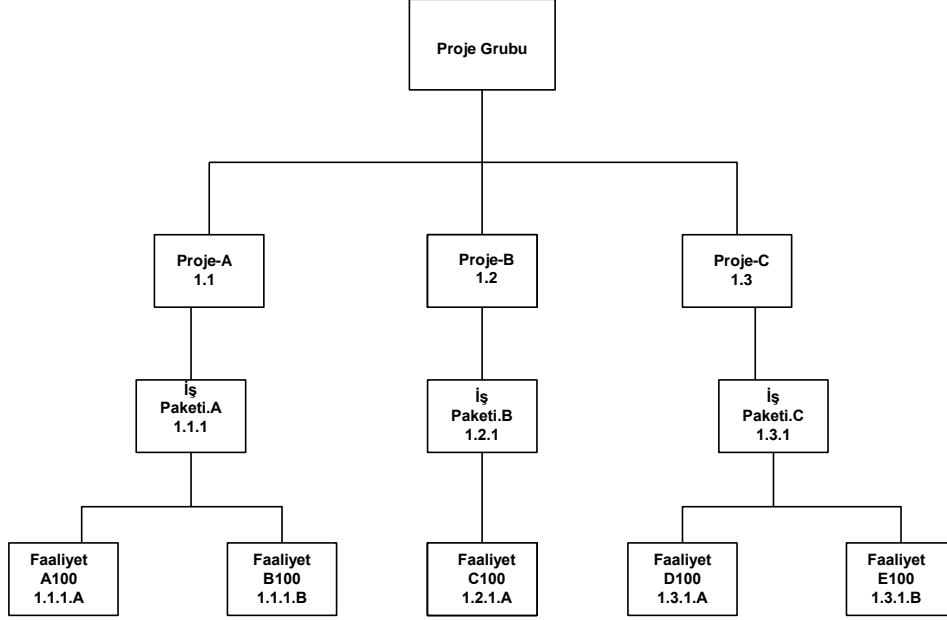
Projelerin önemli fonksiyonları olan planlama, programlama ve kontrol faaliyetleri proje planlama teknikleri yardımıyla gerçekleştirilir. Burada, en çok kullanılan üç planlama tekniği incelenecektir. Bunlardan ilki çok basit bir kullanıma sahip olan Gantt diyagramı, diğer iki yöntem ise daha karmaşık yapıdaki projelerin idaresinde kullanılan ve şebeke yöntemleri adı altında toplanan CPM ve PERT'tir. Gantt diyagramı tek başına basit projelerin planlamasını yürütebildiği gibi, CPM veya PERT yöntemlerinin kullanıldığı bir projede yardımcı araç olarak da kullanılabilir.

Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, bir projenin planlama aşamasında ilk olarak projenin iş dağılım yapısını oluşturmak da fayda vardır. İş dağılım yapısı, proje için bir indeks özelliği taşır.

İş Dağılım Yapısı (WBS);“Projenin ana kapsamı tanımlanır tanımlanmaz projenin ilk aşamalarında yer alan en önemli kısım, WBS’i oluşturmaktır” (Project Management Institute, Practice Standard for Work Breakdown Structure, 2001:1).

WBS, bir projede odaklanılması gereken önemli iş kalemlerini gösterir. Büyük ve karmaşık yapıdaki projeleri tek seferde bir bütün olarak planlamak ve yönetmek imkansızdır. Proje kapsamı belirlendikten sonra kolaylık olması açısından projeyi birden fazla ayrık faaliyet grupları olacak şekilde daha küçük yönetilebilir parçalara bölmek gerekir. Böylece alt kırılımlar yani faaliyet grupları, kendi içinde planlanarak zorluk derecesi azaltılmış olur. Ayrıca bu alt kırılımlar, projeyi ve detaylarını daha derli toplu ve kolay anlaşılabilir bir düzende resmeder. Yani, projenin doğasından gelen karmaşıklığı ortadan kaldırarak, kolaylıkla anlaşılacak bir özet yapıya indirger.

Şekil 1.2’de olduğu gibi, bir projenin iş dağılım yapısı ağaç görünümünde ifade edilebilir.



Şekil 1.2: Bir Projenin İş Dağılım Yapısının Ağaç Görünümü

Kaynak: (Primavera 3.1 Project Planner, Primavera Project Planner Help, Overview: Work Breakdown Structure Codes).

WBS oluştururken ilk olarak, projenin önemli iş kalemlerinin belirlenmesi gerekir. Sonra projenin amacına uygun olarak bu işlerin İş Kalem Listesi ana kısımları, bileşenlerine yani daha küçük iş paketlerine bölünür. İş paketleri, bir bütçe ve süreye sahip olan bir veya daha fazla faaliyetin bir araya gelmesiyle oluşan yapılardır. WBS’in detay seviyesi, projenin büyüklüğüne ve karmaşıklığına bağlı olarak farklılık gösterebilir. Projenin ne kadar detaylandırılacağı, proje müdürü ya da planlama personelinin kararına bağlı olarak değişse de, genellikle üç seviye olarak tasarlanır. Artan seviye sayısı projenin daha da detayına inilmiş olduğu anlamına gelir. “WBS’i detaylandırma süreci, en alt seviyedeki faaliyetlere kaynak atanması, maliyetlendirmelerinin yapılması ve programlanmasının mümkün olduğu noktaya kadar devam eder” (Pyzdek, 2003:30).

İKİNCİ BÖLÜM CPM ve PERT

2.1. CPM ve PERT Tekniklerinin Tarihçesi

“Projenin tamamlanma süresini belirleyen kritik faaliyetler ve projenin tamamlanma süresini belirli bir zamana kadar etkilemeyen kritik olmayan faaliyetler, CPM ve PERT teknikleri ile belirlenmektedir. Bu faaliyetlerin belirlenmesi, projenin uygulanma sürecinde, gerektiğinde hangi faaliyetlerden hangi faaliyetlere kaynak aktarımı yapılabileceğini belirlemekte ve bu sayede sınırlı kaynakların etkin bir biçimde kullanılmasını sağlamaktadır. 1918 yılında Henry L. GANTT kendi adıyla anılan GANTT semasını geliştirmiştir. Bu uygulama proje zamanlama teknikleri ile ilgili bilinen ve 1950’li yıllara kadar uzun bir süre kullanılan bilimsel bir tekniktir” (David R. Anderson, David J. Sweeney, ve Thomas A.,2001: 478).

Daha sonra ise “1957-1958 yıllarında birbirinden bağımsız olarak CPM – PERT teknikleri geliştirilmiştir. Günümüzde GANTT seması yerine bu teknikler daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknikler ile projenin tamamlanma süresi ve maliyeti hesaplanmakta ve bir aksama durumunda yapılabilecek seçenekler daha net bir biçimde görülebilmektedir. Dolayısıyla proje ile ilgili bir değişiklik yapılması gerektiğinde, bu teknikler proje yöneticisine problem çözümünde kolaylık sağlamaktadır. GANTT seması, II. Dünya Savaşından sonra ABD Deniz Kuvvetleri tarafından biraz daha geliştirilerek MILESTONES (Önemli Olaylar Metodu) adı altında uygulanmıştır. MILESTONES tekniğinin GANTT şemasından farkı, sadece GANTT şemasında yer alan aşamaları daha ayrıntılı bir biçimde göstermesidir. Bu şekilde daha küçük birimleri inceleme olanağı doğmuş ve proje yöneticilerine daha fazla bilgi aktarımı sağlanmıştır; ancak bu yöntemler, projeleri planlama, kontrol etme gibi aşamalarda yetersiz kalmaktadır. Bunun en önemli nedeni GANTT semasının projedeki faaliyetleri sadece mantıksal sırada, sınırlı bir biçimde göstermesi ve aralarındaki ilişkileri belirtmemesidir” (Gülerman, 1970: 2,3).

“1958 yılında ABD’de Amerikan Deniz Kuvvetleri Özel Projeler Bölümü, projeleri planlamak ve kontrol etmek için daha etkin yöntemler geliştirmek amacıyla kurulmuş ve yaptıkları araştırmaları “Program Evaluation Research Task” ismi ile yayınlamışlardır. Aynı yılın şubat ayında, bu çalışmalarda yer alan matematikçi D.C.E. Clark tarafından daha önce grafiklerle belirtilen çalışmalar şebeke, başka bir deyiş ile ok diyagramı, ile gösterilmiştir. Yine 1958 yılının Temmuz ayında bugünkü açılımıyla kullanılmakta olan “Program Evaluations and Review Technique” şeklini almıştır. PERT tekniği, Polaris roket programının geliştirilmesinde kullanılmış ve bu sayede projeye iki yıl kazandırmıştır. Bu çalışmalara benzer çalışmalar ABD Hava Kuvvetleri tarafından da yapılmıştır” (Enver Çetmeli, 1982: 5-6).

“PERT tekniği ile hemen hemen aynı zamanda, Remington Rand ve I.E. du Pont de Nemours Company kimyasal madde fabrikalarının onarımı için J. E. Kelly ve M. R.Walker tarafından CPM (Critical Path Method) Yöntemi geliştirilmiştir. CPM ve PERT tekniklerinin ortaya çıkışı çok yakın zamanlarda fakat birbirinden bağımsız olarak gerçekleşmiştir. Her iki tekniğin temelinde de aynı çözüm yöntemi bulunmakla beraber aralarında faaliyet zamanlarını belirlenirken farklılıklar ortaya çıkmaktadır.

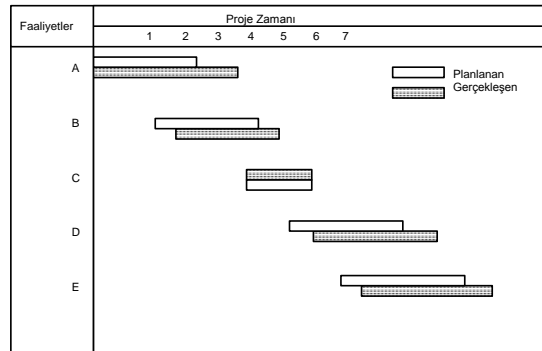
Yöntemlerin temelindeki benzerliklerden dolayı günümüzde CPM / PERT teknikleri genel olarak birlikte ele alınmaktadır. Bu teknikler sayesinde faaliyetlerin birbirleri ile olan ilişkileri belirlenebilmekte ve projenin her aşaması kolaylıkla takip edilebilmektedir. Bu sebeple günümüzde en yaygın olarak kullanılan proje yönetim teknikleridir. Proje ilk defa uygulanacak bir konu üzerine ise bu durumda PERT tekniği kullanılmalıdır çünkü bu teknikte süreler kesin olarak bilinemez, üç ayrı zaman dikkate alınır ve olasılık isin içinde yer alır. Aynı zamanda daha önce denenmediği için faaliyetlerin maliyeti hakkında sağlıklı bilgiye ulaşılması zor olacaktır. CPM yöntemi ise, daha önceden denenmiş ve süreleri kesin projelerde uygulanmakta böylece daha önceki uygulamalara dayanarak maliyet hesaplanmasına imkan vermektedir. GANTT semasını ise sadece küçük ölçekli projelerde, maliyeti az olduğu için kullanmak yararlı olabilir.

CPM ve PERT teknikleri günümüzde GANTT semasının yerini almakla beraber hala “İş Programı” adı altında inşaat ve montaj sektörlerinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir”. (William P.Cooke,1985:532-533).

2.2. Gantt Şeması (Çubuk Diyagramı)

GANTT seması, proje planlama teknikleri arasında daha çok büyük düzeydeki projelerde, genel olarak işlemleri daha kolay gözlemlemek için kullanılmaktadır. GANTT seması hazırlanırken ilk olarak faaliyetler belirlenir ve bu faaliyetlerin ne kadar süre içerisinde gerçekleşeceği hesaplanır. Grafik üzerinde x eksenini “süre”yi, y eksenini ise “faaliyetler”i simgelemektedir. Belirlenen faaliyetler süreleri göz önünde tutularak yukarıdan aşağıya doğru yatay çubuklar halinde gösterilir. Bu şekilde yukarıda yer alan faaliyet ilk önce başlaması gereken faaliyettir ve bu yatay çubuğun uzunluğuna bakılarak ne kadar süre içerisinde tamamlanması gerektiği görülmektedir. Başka bir deyişle “Faaliyetlerin sırası yukarıdan aşağı doğru, zamanlama ise soldan sağa doğru gösterilmektedir. Faaliyetlerin zaman birimi (saat, gün, hafta, ay gibi) projenin yapısına ve büyüklüğüne göre belirlenmekte, bu esnada ise dikkat edilmesi gereken nokta bütün zaman birimlerinin aynı olması gerektiğidir” (Wilkes,1989: 161).

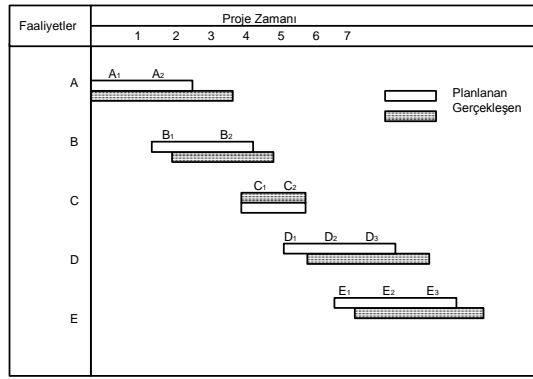
2.3. Gantt Şeması Oluşturulmasında Kullanılan Yöntemler “GANTT şeması oluşturulurken kullanılan üç tane yöntem vardır” (Albayrak, 1998).



Şekil 2.1: GANTT Şemasının Blok Yöntemi İle Gösterimi

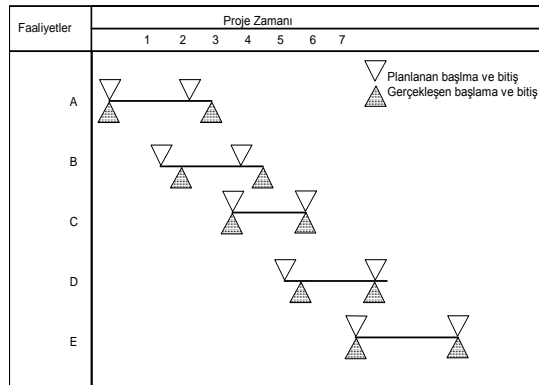
2.3.1. Blok Yöntemi: “GANTT Şemasının Blok Yöntemi ile Gösterimi bu yöntemin çizim şekli ile kullanılmaktadır.

2.3.2. Doldurma Yöntemi: Bu yöntemin blok yönteminden tek farkı her faaliyetin kendi içinde daha alt kısımlara ayrılmasıdır. Bloklar ile gösterilen kısımlara her alt faaliyetin bitimine göre o alt faaliyeti simgeleyen harfler yazılır. Bu şekilde daha detaylı izleme yapılabilmektedir.



Şekil 2.2: Gantt Şemasının Doldurma Yöntemi İle Gösterimi

2.3.3. Sembol Yöntemi: Bu yöntemde faaliyetlerin başlangıç ve bitiş tarihleri üçgen sembolü ile ifade edilmektedir. Aynı blok yönteminde olduğu gibi bu yöntemde de planlanan ve gerçekleşen faaliyetlerin süreleri içi boş ve içi dolu üçgenler kullanılarak gösterilmektedir.



Şekil 2.3: GANTT Şemasının Sembol Yöntemi İle Gösterimi

GANTT şemalarında, planlanan ve gerçekleşen faaliyetler farklı çubuklar ile gösterilmelidir. Bunun sebebi projeyi kontrol edebilmektir. Projenin herhangi bir zamanında hangi faaliyetin ne kadarının tamamlandığı, ne kadar zamana ihtiyacı olduğu ve hangi faaliyette ne kadar aksaklık olduğu gibi soruların cevapları şekile bakıldığı zaman açıkça görülmektedir. Bu açıdan GANTT şeması planlama ve uygulama aşamalarını birleştiren bir yöntemdir” (Sağın, 1974:7,8).

GANTT şeması, planlama ve uygulama aşamalarını birleştirdiği ve hazırlanması kolay bir yöntem olduğundan küçük ölçekli projeler için avantaj sağlamaktadır. Ayrıca hazırlanmasının maliyeti çok yüksek değildir. Küçük ölçekli projelerde yol göstermek açısından yararlanılabilecek bir yöntemdir.

“GANTT şeması ile projede yer alan tüm faaliyetler açıkça görülebilir ve anlaşılması kolay, karışık olmayan bir yöntemdir” (Wilkes,1989:162).

Fakat bu yöntemin çok önemli dezavantajları vardır. Şekil üzerinde görünen faaliyetlerin arasındaki ilişkiler ve faaliyetlerin birbirlerini ne şekilde etkilediği hakkında bilgi veremez. Proje için hangi “faaliyetlerin hayati önem taşıdığını ve hiç bir şekilde geciktirilmemesi gerektiğini bu yöntem ile anlamak mümkün değildir. Bu sebeple hangi faaliyetlere daha fazla önem verilip yakından incelenmesi gerektiğini belirtemez” (E. Paul DeGarmo, William G. Sullivan ve John R., 1984:559,560).

Bunun yanı sıra “Projede yer alan bir faaliyetin süresinde bir değişiklik meydana gelmesi durumunda tüm şemanın tekrar çizilmesi gerekir” (Sağın,1974:9).

“GANTT şemasının eksik yönleri proje açısından bilinmesi en önemli ve gerekli olan konular ile ilgilidir, bu yüzden bu yöntem genel olarak sadece projeye genel bakış olarak kullanılabilir. Projeyi yakından takip etmek ve bir aksamayı önlemek için gereken önlemlerin alınmasında ihtiyaç duyulan bilgileri yansıtmaz. Gantt şeması, maliyet ile ilgili bilgilere bu yöntem ile ilk etapta ulaşmak mümkün değildir. Bu nedenlerle günümüzde artık projeler değerlendirilirken bu bilgilere ulaşma imkanı sağlayan şebeke yöntemi daha yaygın olarak kullanılmaktadır” (Edward R. Fisk, 1988:275).

2.4. CPM – PERT Teknikleri

Proje Yönetiminde kullanılan en önemli iki teknik CPM ve PERT teknikleridir. Dah önce anlatıldığı gibi bu iki teknik genel olarak birlikte ele alınmaktadır. Çünkü her iki tekniğin temelinde aynı mantık yatmaktadır. “CPM ve PERT tekniklerinin ele aldıkları temel konu projenin tamamlanma süresini tespit etmektir” (Cooke, William P., 1985:536).

CPM ve PERT tekniklerinin amaçları aynı iken yapısal bazı farklılıkları bulunmaktadır. Bu farklar faaliyet süreleri ve projenin kullanılacağı alan ile ilgilidir. “CPM yöntemi için tek bir zaman söz konusu iken PERT tekniğinde her bir faaliyetin üç zamanı bulunmaktadır. Projede yer alan faaliyet süreleri için CPM yöntemi bu sürelerin kesin olarak belirlendiğini, deterministik olduğunu kabul ederken PERT ise olasılıklı olduğunu kabul etmektedir” (Hamdy A. Taha, Yöneylem Araştırması, Ş. Alp Baray ve Şakir Esnaf, 2000: 258).

Bu farkın dışındaki bir başka nokta ise “ CPM yöntemi daha önceden yapılmış konular için kullanılan bir yöntem iken PERT tekniği ilk defa uygulanacak bir proje için söz konusudur. Bu sebeple CPM yönteminde süreler kesin iken PERT tekniğinde değildir. Yine aynı sebeple CPM için maliyet analizi daha sağlıklı sonuçlar vermektedir. PERT analizi ilk defa uygulanacak bir proje hakkında olacağı için maliyet hakkında sonuçlara ulaşmak zor olmaktadır” (James S. Dyer, 1981:130).

CPM ve PERT teknikleri proje ile ilgili aşağıda yer alan sorulara cevap vermektedir;

- “Projenin toplam (tamamlanma) süresi ne kadardır?
- Projede yer alan her faaliyetin başlama ve tamamlanma tarihleri ne zamandır?
- Projede yer alan hangi faaliyetler kritik hangileri kritik değildir?

(Kritik ve kritik olmayan faaliyetlerle ilgili detaylı bilgi Şekil 5.1 Kritik Yol Şemasında yer almaktadır).

Projede yer alan kritik olmayan faaliyetlerin, projenin tamamlanma süresini etkilememesi için ne kadar bollukları vardır?” (Anderson, David R., David J. Sweeney, ve Thomas A. Williams,2001:479).

- “Belirli bir tarihte, projenin zamanlaması açısından hesaplanan süreden ileri mi geri mi yoksa projeye göre aynı zamanda mı bulunmaktadır?
- Belirli bir tarihte hesaplanan maliyete göre daha az miktarda mı, daha fazla miktarda mı ya da aynı oranda mı harcama yapılmıştır?
- Projeyi tamamlamak için kaynaklar yeterli midir?
- Eğer proje hesaplanan tarihten önce bitirilmek istenirse, bu sürenin ne kadar olabileceği ve bu durumun getireceği ek maliyet tutarı ne kadardır?
- Projenin belirtilen herhangi bir günde tamamlanma olasılığı nedir?

Belirtilen son madde olasılık içerdiği için sadece PERT tekniği için söz konusudur” (Barry Render ve Ralph M.,1994:726).

“CPM ve PERT analizi yapılırken izlenen işlem sırası aynıdır. Bu sıra aşağıdaki gibidir” (Timor, 2001:357).

- Projede yer alması gereken tüm faaliyetler belirlenmelidir.
- Faaliyetler arasındaki ilişkiler belirlenmelidir.
- Faaliyetlerin süresi ve maliyetleri tespit edilmelidir.
- Projenin şebekesi çizilmelidir.
- Faaliyetlere ait en erken başlama ve tamamlanma süreleri ile en geç başlama ve tamamlanma süreleri, aynı zamanda faaliyetlerin bollukları da hesaplanmalıdır.
- Kritik ve kritik olmayan faaliyetler belirlenerek projenin kritik yolu tespit edilmelidir.

- Proje hızlandırılmak isteniyorsa bu durumda projenin hızlandırılma süresi ve bu durumun yol açtığı ek maliyet hesaplanmalıdır.
- Bulunan değerler proje sürecinde kontrol edilmelidir. Bu iki tekniğin çözümü şebeke ağı çizilerek yapılmaktadır. Bu nedenle şebeke ağı çizimi ile ilgili bilgilere anlatılacaktır.

2.4.1. Şebeke (Ağ) Analizi

“ CPM ve PERT teknikleri proje yönetiminin zamanlamsı ile ilgilenmektedir, Ancak şebeke analizi denildiği takdirde bu analizin kapsadığı alanlar çok geniştir. CPM ve PERT teknikleri dışında da birçok analiz, En Kısa Yol, En Yüksek Akış algoritmaları gibi, şebeke analizinden yararlanılarak yapılmaktadır ” (Taha, 2000: 211).

“Şebeke, projenin hedefine ulaşabilmesi için projede yer alan faaliyet ve olayların birbiri ile olan ilişkilerini yansıtan şemadır” (Öztürk, 2005: 553).

“Projeleri şebeke halinde göstermek, modeli sistematik bir biçimde ortaya koyar. Bu sebeple görmeyi kolaylaştırma, sorunların tespiti, çözümlerin diğer yöntemlere göre daha kolay olması ve kontrole daha elverişli olması gibi yararları vardır. Sonuç olarak projeye hakim olmak şebeke çizimi ile kolaylaşmaktadır. Bu yararlar neticesinde şebeke analizi yaygın olarak kullanılmaktadır” (Karayalçın, 1979:303).

2.4.1.1. Şebeke Analizinde Kullanılan Temel Kavramlar

“**Faaliyet:** Projede yer alan işlerin tamamlanması için yapılan işlemlerin her birine faaliyet denir. Faaliyetlerin yerine getirilebilmesi için zaman ve kaynak gerekmektedir” (Frank S.Budnick, Richard Mojena v.d., 1977:5, 36).

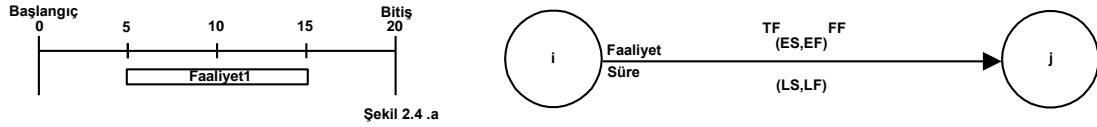
“**Olay:** Projede yer alan faaliyetlerin, belirlenen zaman aralıklarında ulaşmaları gereken noktalar vardır. Bu belirli noktalara olay adı verilmektedir. Olaylar, faaliyetler gibi zaman ve kaynak gerektirmezler.

Faaliyetlerin gerekli kaynak kullanımı sonucunda belirli bir zaman içinde meydana gelen bir anı simgelerler. Bir faaliyetin başlangıç ve bitiş anları birer olaydır” (Doğan, 1995:310,315).

“Herhangi bir şebeke ağında faaliyet ve olay arasında aşağıda yer verilen bağıntı söz konusudur (James P. Ignizio, 1975:140).

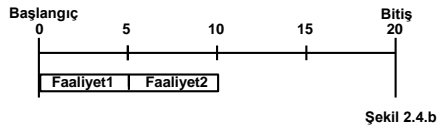
Faaliyet sayısı \geq (Olay sayısı – 1)

Şebeke ağında faaliyetler ok ile olaylar daire ile ifade edilmektedir. Aşağıda yer alan şekilde, olay ve faaliyetin Ok tipi gösterimi belirtilmektedir;

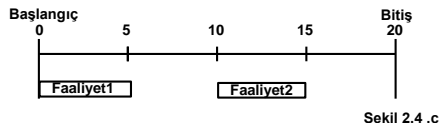


Şekil 2.4 .a

Şekil 2.4 Ok Tipi Şebeke Çizim Örnekleri



Şekil 2.4.b



Şekil 2.4 .c

Örnekteki kısaltmalara aşağıda genişçe anlatılacaktır ancak kısaca karşılıkları;

Early Finish: Bir faaliyetin bitebileceği en erken zaman

Early Start: Bir faaliyetin başlayabileceği en erken süre

Free Float: Bir faaliyetin serbest en serbest süresi

Late Finish: Bir faaliyetin proje tamamlanma süresini geciktirmeden bitirilebileceği en geç süre

Late Start: Bir faaliyetin proje tamamlanma süresini geciktirmeden başlayabileceği en geç süre

Total Float: Bir projenin tamamlanacağı süre ertelenmeden bir faaliyetin ertelenebileceği maksimum süre aşağıda bollukların kolay gösterimi;

$$FF= (\text{Free Float}) = \min \left(\frac{HSF}{ES} \right) - EFX$$

$$TF= (\text{Tree Float}) = \left(\frac{LF-EF}{LS-ES} \right) - EFX$$

“Kukla Faaliyet (Dummy): Kukla “faaliyet, zaman ve kaynak gerektirmeyen, şebekedeki mantıksal olguyu korumak için kullanılan bir faaliyettir. Şebekede kesikli ok ile gösterilmektedir” (Dyer, James S., 1981:320).

“Sürelili Kukla Faaliyet: Kaynak ihtiyacı olmayan fakat süre gerektiren faaliyetlerdir. Sürelili kukla faaliyetleri normal veya kesik çizgilerle gösterilebilir” (Cimemre, 2004:180).

2.4.1.2. Şebeke Çiziminde Uyulması Gereken Kurallar

“Şebeke ağı kurulurken uyulması gereken bir takım kurallar vardır. Bu kurallara dikkat edilmediği takdirde yapılan hata sonradan geri dönüşü mümkün olmayan sonuçlar doğurabilmektedir. Bu yüzden şebeke ağı çizilirken çok titiz ve dikkatli çalışılmalıdır. Şebeke çiziminde uyulması gereken kurallar aşağıda yer alan maddeler ile özetlenebilir” (Billy E. Gillett, 1976:436).

1. “Şebeke çiziminde yer alan ilk olay projenin başlamasını simgeleyen olaydır. Bu olaya başlangıç olayı denir. Şebekede yer alan diğer olayların hepsi başlangıç olayından sonra başlamak zorunda olduğu için şebekedeki en küçük numaralı olaydır (Alan Dolan ve Joan Aldous, 1993:376).

2. Projenin amacı, başka bir deyişle proje sonunda ortaya çıkması istenilen sonuç şebekenin son olayını simgeler.” Bu olaya bitiş olayı denir. Dolayısıyla şebekedeki en yüksek numaralı olaydır. Her projenin sadece bir başlangıç ve bitiş olayı vardır.

3. Şebeke de yer alan her olayın sadece bir numarası olmalıdır. “Şebekede yer alma sırasına göre olaylara daha yüksek sayılı numaralar verilir.

Bu numaralar 5-10-15-20 gibi bir sırayla artan şekilde olursa projeye daha sonradan ilave edilmesi gereken bir işlem olduğu takdirde çizimi kolaylaştırır

4. Şebekede faaliyetleri temsil eden okların uzunluğu ile sürelerinin uzunluğu arasında bir ilişki bulunmaz. Sadece okun yönü önemlidir” (Özkan, 2005:197).

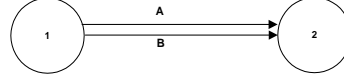
5. “Bir faaliyet, kendisinden önce yer alan bütün faaliyetler tamamlanmadan önce başlayamaz

6. Şebeke analizindeki en önemli noktalardan biri ise faaliyetlerin şebeke içinde hangi sıraya göre yer alacağıdır. Şebekede faaliyetler mutlaka mantık sırasına göre yerleştirilmelidir. Bunun içinde faaliyetler arasındaki aşağıda belirtilen ilişkilerin durumuna dikkat edilmelidir. Bu ilişkiler “şebekeye yeni bir faaliyet eklenilmesi durumunda da göz önünde bulundurulması gereken noktalardır;

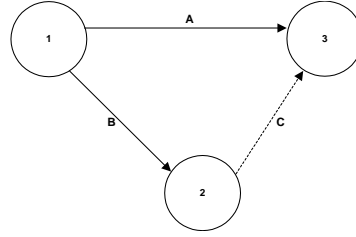
- Şebekede yer alan bir faaliyetten hemen önce hangi faaliyet(ler)in tamamlanması gerekir.
- Şebekede yer alan bir faaliyetten hemen sonra hangi faaliyet(ler)in başlaması gerekir.
- Şebekede yer alan bir faaliyet ile eşzamanlı olarak yapılması mümkün faaliyet(ler)in tespit edilmesi gerekir” (Taha,2000: 259)

7. “Bitiş olayı dışında, tüm olaylardan sonra mutlaka en az bir faaliyet ile devam etmelidir. Aynı şekilde başlangıç olayı dışındaki tüm olaylar mutlaka en az bir faaliyet ile başlamalıdır” (Douglas White, William Donaldson, 1969: 84).

2.4.1.3. Şebeke Çiziminde Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar “İki olay sadece tek bir faaliyet ile bağlanabilir.



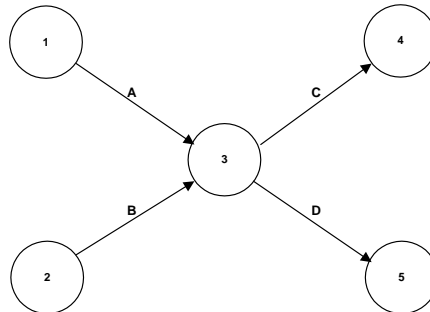
Şekil 2.5: Hatalı Olay – Faaliyet Gösterimi



Şekil 2.6: Kukla Faaliyet Gösterimi

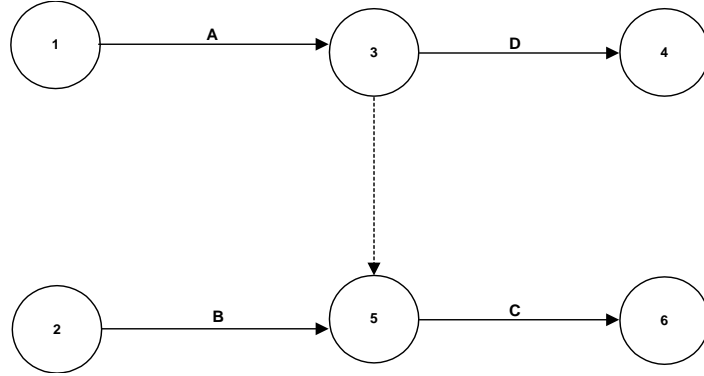
Şekil 2.5’te bu kurala uyulmadığı görülmektedir. “Bir faaliyetin başlaması için birden fazla faaliyetin tamamlanması gerekebilir fakat bu şekilde gösterim mantıksal hataya yol açmaktadır. Bu hatayı önlemek amacıyla zaman ve maliyet gerektirmeyen kukla faaliyet kullanılır, bu sebeple hiç bir zaman Şekil 2.5’te gösterildiği gibi bir çizim yapılamaz. Bunun yerine kukla faaliyet kullanılarak Şekil 2.6’daki çizim kullanılır” (Wayne L. Winston,1994: 416-417).

Şebeke çiziminde en sık yapılan hatalar faaliyet ilişkilerini düzenleme sırasında kukla faaliyetin nerede kullanılması gerektiği konusunda ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.7: Faaliyetlerin Öncelik İlişkisine Göre Hatalı Gösterimi

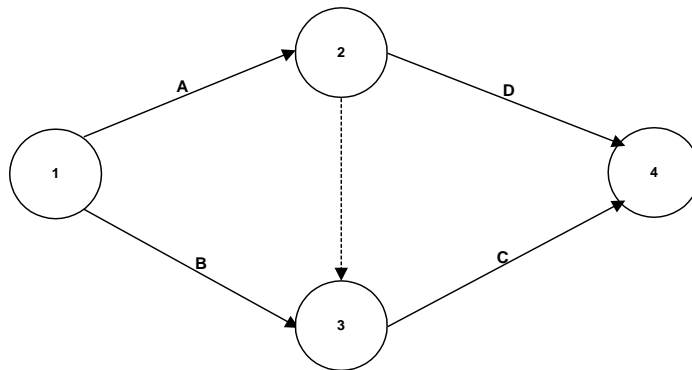
Şekil 2.7’de C ve D faaliyetlerinin gerçekleşebilmesi hem A hem de B faaliyetlerinin tamamlanmış olmasına bağlıdır. “C faaliyeti için bu durum geçerli fakat D faaliyetinin başlaması, sadece A faaliyetinin tamamlanmasına bağlı ise şebeke çiziminde hata yapılmış demektir. Bu hata kukla faaliyet kullanılarak önlenir. Bu durumda mantıksal olarak Şekil 2.8’deki çizime dönüşür.



Şekil 2.8: Faaliyetlerin Öncelik İlişkisine Göre Gösterimi

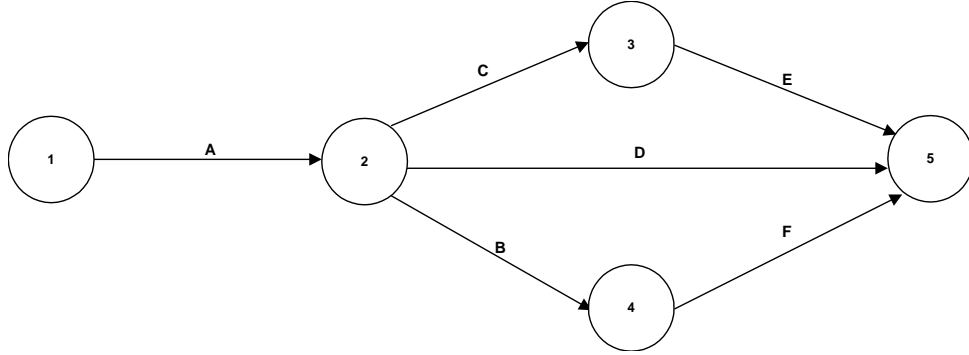
Buraya kadar yapılan kısım, faaliyetlerin öncelik sırasına göre düşülmemesi gereken hatalardandır. Yeni çizim ile bu hata giderilmiştir fakat bu şekil şebekenin tamamını oluşturmakta ise, şebekenin bu şekilde çiziminde de hata vardır.

Şebekenin başındaki ve sonundaki olaylar belli değildir. Bu durumda dikkat edilmesi gereken önemli noktadır. Bu kuralları göz önünde tutarak doğru çizime Şekil 2.9’da ulaşılır” (Sağın, 1974:22,23).



Şekil 2.9: Faaliyetlerin Öncelik ilişkisine Göre Gösterimi

Aşağıda şebekede gösterildiği gibi çizilirken kısır döngü (loop) yapılmamalıdır. “Her faaliyet kendisinden önce gelen faaliyetler tamamlandıktan sonra başlayabilir ve faaliyetlerin hepsi bir olay ile noktalanır. Bu sebeple her olayın numarası artarak gitmektedir. Düğüm yapılması ise bir faaliyetin kendisinden daha önce biten bir faaliyet noktasına yönlendirilmiş olma durumudur. Bu durumda şebeke çıkmaza sokulur.

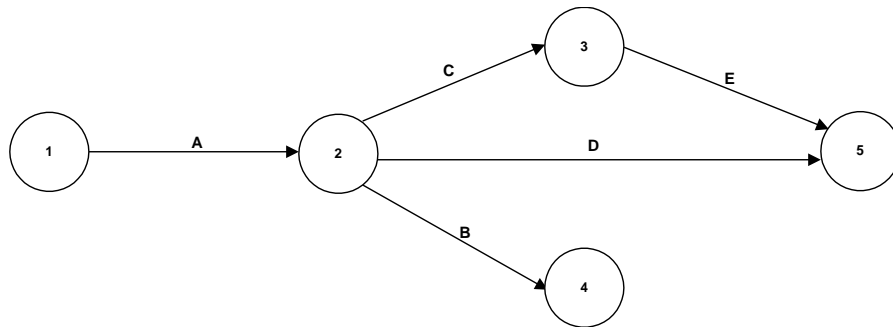


Şekil 2.10: Kısır döngü gösterimi

Şekil 2.10’da C faaliyetinin başlayabilmesi için A faaliyeti tamamlanmış olmalıdır. Fakat bu şekile göre C faaliyeti tekrar A faaliyetine yönlendirilmiş durumdadır.

Bu durumda bir mantık hatası vardır” (Çetmeli,1982:11).

Şebekede yer alan tüm faaliyetler birbirine bağlanmış olmalıdır.

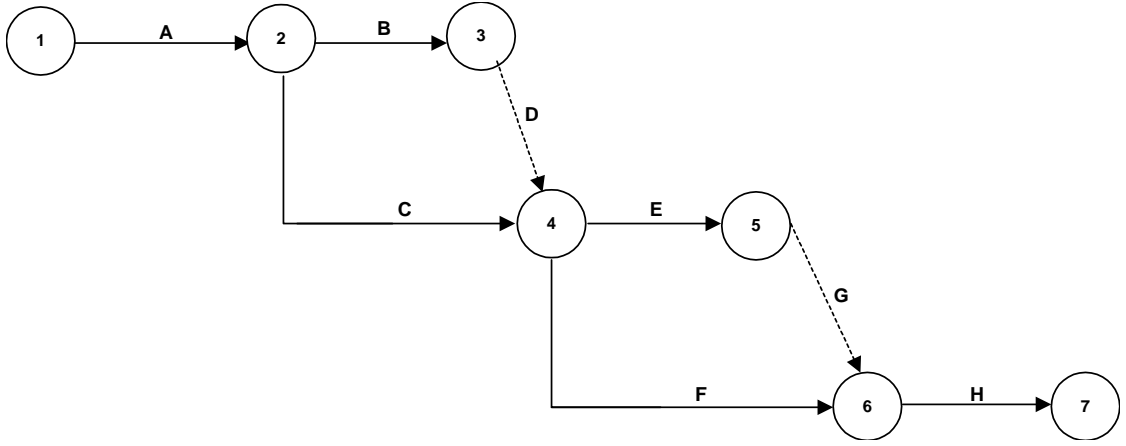


Şekil 2.11: Sarkıtma gösterimi

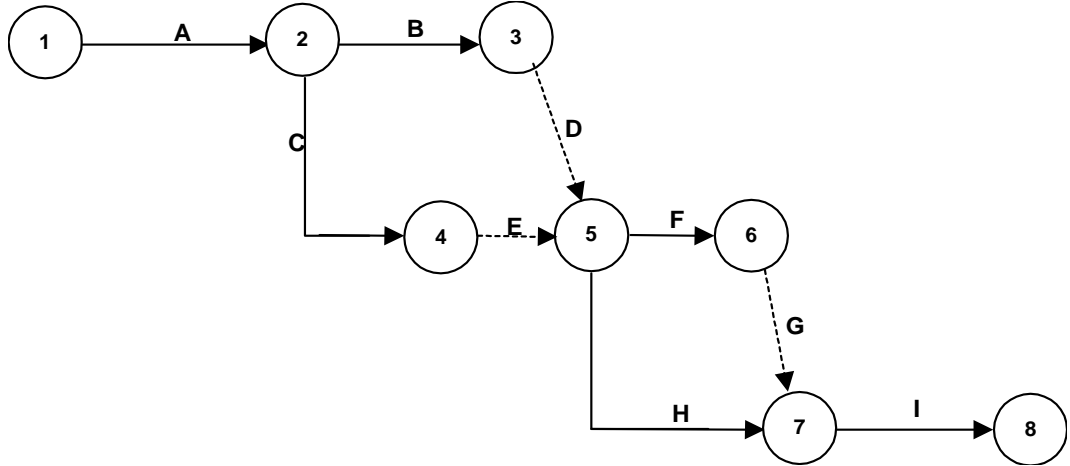
Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi 4 numaralı olay hiç bir olaya bağlanmamıştır. “B faaliyetinin proje ile ilgili hangi kısmında yer aldığı veya önemi anlaşılamamaktadır.

Bu duruma sarkıtmak veya sallandırmak denir. Bu hata da mantık hatasıdır” (Doğan, 1995:324).

“Şebekede çakışan faaliyetler bulunuyorsa bu işlemlerin çiziminde dikkat edilmesi gereken noktalar vardır. Çakışan faaliyetler, belirli bir süre geçtikten sonra o faaliyetin tamamen bitmesi gerekmeden başlayabilen faaliyetlerdir.



Şekil 2.12: Çakışan Faaliyetlerin Hatalı Gösterimi



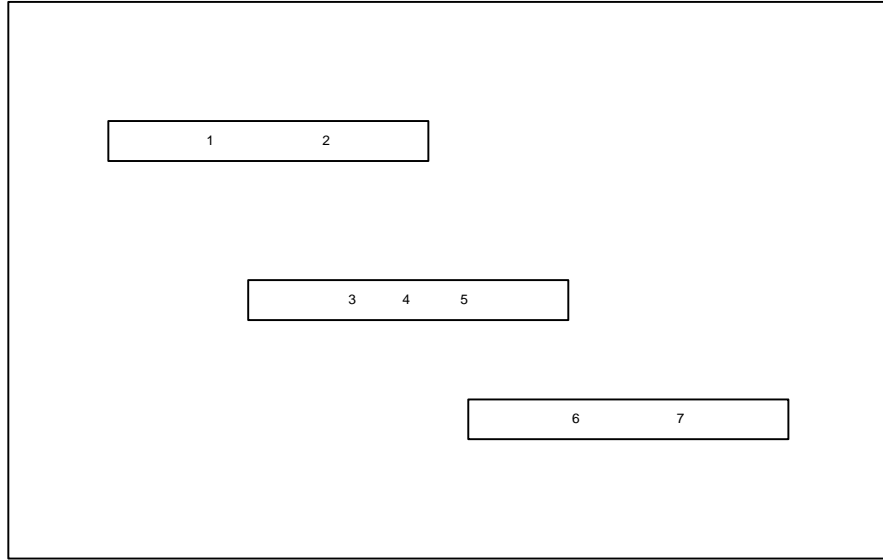
Şekil 2.13: Çakışan Faaliyetlerin Gösterimi

Şekil 2.12’de F faaliyeti, B ve C faaliyetleri bittikten sonra başlayabilir. Fakat F faaliyeti sadece C faaliyetine bağlı ise B faaliyeti bitmeden de başlayabilir.

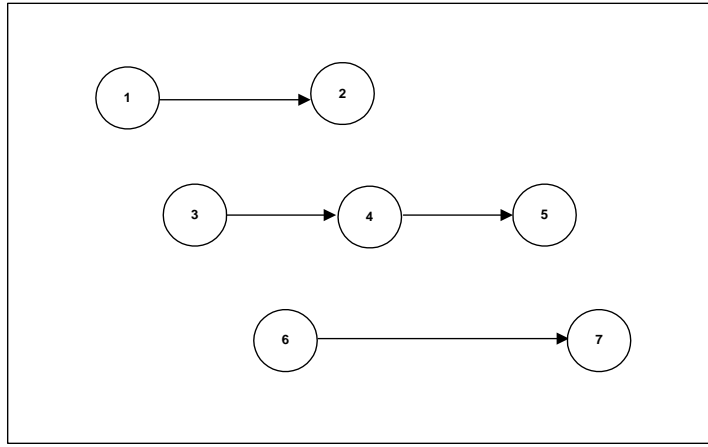
Bu durumda mantık hatasından kurtulmak için kukla faaliyet kullanılır. Şekil 13’de yer alan E faaliyeti bu durumu düzeltmektedir” (Çetmeli, 1982,12,13).

2.4.2.Gant Şemasından PERT Şebekesine Geçiş

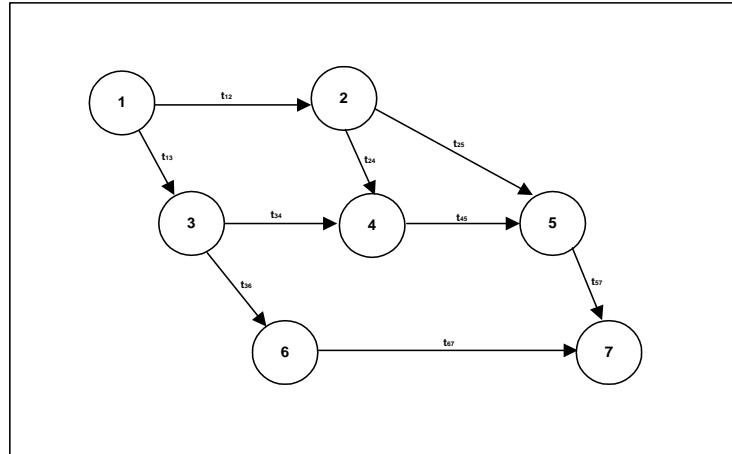
“GANTT şemasından PERT analizine geçiş süreci üç aşamadan oluşmaktadır. PERT analizinin ortaya çıkışında GANTT şeması ve Milestones (Önemli Olaylar Yöntemi) tabloları öncüdür. İlk olarak GANTT şemasında sadece faaliyetler ve bu faaliyetlerin bitiş ve başlangıcını belirten olaylara yer verilmektedir (Şekil.2.14). Daha sonra Önemli Olaylar Yöntemi, olayı bir adım ilerleterek çizimi yapılan olayların birbiri ile olan ilişkisini belirtir, ancak ilişkilerin belirtilmesi PERT analizindeki kadar geniş değildir. Şekil 2.15’de 1. olay bitmeden 3. olay başlayamaz aynı şekilde 3. olay tamamlanmadan 6. olay başlayamaz. İlişkileri sadece bu şekilde gösterdiği için ilişkileri belirtmekte yetersiz kalmaktadır. Şekil.2.16’ye gelindiğinde ise artık PERT şebekesi ortaya çıkmıştır. Faaliyetlerin bir biri ile olan ilişkisi ve süreleri açıkça bu şebekede görülmektedir” (Thierauf, Robert J., 1982:153,154).



Şekil 2.14: GANTT Şemasının Gösterimi



Şekil 2.15: Önemli Olaylar Yönteminin Gösterimi



Şekil 2.16: PERT Şebekesinin Gösterimi

“Yukarıda Şekil 2.14’de GANTT şeması, Şekil 2.15’de Önemli Olaylar Yöntemi (Milestones) ve Şekil 2.16’da PERT şebekesi çizilerek GANTT şemasından PERT şebekesine geçiş aşamaları gösterilmiştir. Şekillerde de görüldüğü gibi, GANTT şemasından hareketle ilk önce faaliyet ilişkileri oklarla belirterek daha sonra ise faaliyet sürelerinin bu tablo üzerinde gösterilmesi ile PERT şebekesi ortaya çıkmıştır” (Gülerman, 1970:2,3).

2.5. Kritik Yol Yöntemi (CPM)

2.5.1. Faaliyet Sürelerinin Belirlenmesi

“Kritik Yol Yöntemi’nde faaliyet süreleri kesin olarak bilinmektedir. Başka bir deyişle faaliyeti süreleri deterministiktir” (Taha, 2000,258).

Bu yöntemde 4 tane süre söz konusudur;

En Erken Başlama Zamanı (Earliest Start Time: ES): “Projede yer alan bir faaliyetin başlayabileceği en erken zamanıdır. Faaliyetlerin en erken başlama zamanları, kendisinden sonra gelen faaliyetlerin en erken başlama zamanlarından küçük veya bu zamanlara eşit olmak zorundadır” (Kargül, 1996:225-2279).

Buna göre E_{Si}, i olayı ile başlayan faaliyetlerin en erken başlama zamanını, t_{ij} ise i ve j (i<j) olaylarını bağlayan faaliyetin süresini belirtmektedir.

Bu durumda, başlangıç faaliyetinden önce başka bir faaliyet bulunmadığı için, başlangıç olayından çıkan faaliyetin en erken başlama zamanı, bütün projeler için 0 olmak zorundadır.

$$ES_1 = 0$$

En erken başlama zamanı hesaplanırken dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta bulunmaktadır. Süresi hesaplanmakta olan faaliyete birden fazla faaliyet bağlı olabilir. Bu durumda her bir faaliyet için ayrı ayrı hesaplama yapılması ve sonucu en yüksek olan değer seçilmesi gerekir. Bu durumun nedeni ise bir faaliyetin başlayabilmesi için kendisinden önce yer alan diğer tüm faaliyetlerin tamamlanmış olması gerekmektedir. Bu şekilde faaliyet süresi en yüksek olan değerde ancak bütün faaliyetler tamamlanmış olmaktadır. Bir faaliyetin en erken başlama zamanı aşağıda yer alan formül ile hesaplanır”:

$$ES_j = \max (ES_i + t_{ij})$$

En Erken Tamamlanma Zamanı (Earliest Finish Time: EF) : “En erken tamamlanma zamanı, bir faaliyetin tamamlanabileceği en erken süreyi ifade etmektedir. i ve j olayları arasındaki en erken tamamlama zamanını aşağıdaki şekilde hesaplanır” (Render Barry v.d., 1994: 731,732).

$$EF_{ij} = ES_i + t_{ij}$$

En Geç Tamamlanma Zamanı (Latest Finish Time: LF) : “Projede yer alan bir faaliyetin en geç bitiş zamanını göstermektedir. En geç tamamlanma zamanı, diğer faaliyetlerin tamamlanmasına engel olmayacak şekilde bir faaliyetin en geç tamamlanabileceği süredir. Bu süreyi hesaplarken de dikkat edilmesi gereken bir nokta vardır. “Eğer hesaplanan faaliyete bağlı birden fazla faaliyet varsa, gidiş yolunda olduğu gibi, bu faaliyetlerin hepsi ayrı ayrı hesaplanır fakat bu sefer bu değerler içinden en küçük olan değer seçilir. Bunu sebebi ise, aynı gidiş mantığındaki gibidir. Aşağıda belirtildiği şekilde hesaplanır” (DeGarmo, E. Paul, William v.d., 1984:566).

$$LF_i = \min (LF_j - t_{ij})$$

En Geç Başlama Zamanı (Latest Start Time: LS):” Projede yer alan bir faaliyetin, en geç başlama zamanını ifade eder ve aşağıdaki formülle hesaplanır” (Render Barry , Ralph M., 1994:731-733).

$$LS_{ij} = LF_j - t_{ij}$$

Projede çözüm yapılırken hesaplanması gereken sürelerle değindikten sonra, ileriye ve geriye doğru hesaplamaların ne şekilde yapılmasının gerektiğini belirtmek gerekir.

İleriye Doğru Hesaplama: “İleriye doğru hesaplama yapılırken yukarıda açıklanan kurallara göre başlangıç faaliyetinden bitiş faaliyetine kadar sırayla tüm faaliyetler için en erken başlama ve tamamlanma süreleri hesaplanır. Bu şekilde en son faaliyette yani bitiş faaliyetinde bulunan en erken tamamlanma süresi projenin tamamlanma süresidir. Bu süre aynı zamanda şebekedeki en uzun yoldur”(Anderson, David R., David J. V.d., 2001:482).

Geriye Doğru Hesaplama: “İleriye doğru hesaplama yapılırken, bitiş faaliyeti için hesaplanan en erken tamamlanma süresi aynı zamanda, dönüş yolu için projedeki bitiş faaliyetinin en geç tamamlanma süresi olarak kabul edilmektedir.

Çünkü bu değer aynı zamanda, projenin mümkün olan en kısa zamanda bitirilmesi istendiğinden, projenin tamamlanma süresini de ifade etmektedir. Geriye doğru hesaplamada da bitiş faaliyetinden başlangıç faaliyetine kadar sırasıyla en geç tamamlanma ve başlama süreleri hesaplanır ve başlangıç faaliyetinde en geç başlama zamanının sıfır bulunması gerekir. Eğer sıfır değeri bulunamamışsa bir yerde mutlaka hata var demektir ve geriye dönüp tekrar incelenmesi gerekir” (Anderson, David R., David J. V.d., 2001:482-484).

2.5.2. Kritik Yolun Tespit Edilmesi

“Kritik yolun tespiti için öncelikle kritik ve kritik olmayan faaliyetlerden söz etmek gerekir. Kritik olmayan faaliyetler için belirli bolluklar söz konusudur.

Genel olarak bolluk, projenin tamamlanma süresini etkilemeyecek şekilde bir faaliyetin gerçekleşme süresinde meydana gelebilecek gecikme süresini ifade etmektedir” (Cooke, William P., 1985: 545).

“Kritik faaliyetlerin gerçekleşme süresinde bolluk söz konusu değildir. Bu faaliyetlerin en erken ve en geç başlama zamanları ile en erken ve en geç tamamlanma zamanları birbirine eşittir. Bu durumda kritik faaliyetlerin bollukları sıfır olmak zorundadır (Slack = LS - ES, LF -EF)” (Acar, 1989: 340).

“Bir faaliyetin kritik olabilmesi için aşağıdaki üç şartı birlikte sağlaması zorunludur” (DeGarmo, E. Paul, William v.d., 1984:566).

$$ES_i = LF_i, \quad ES_j = LF_j$$

$$ES_j - ES_i = LF_j - LF_i = t_{ij}$$

“Kritik yol, başlangıç olayından bitiş olayına kadar, kritik faaliyetlerin kesintisiz olarak birbirini izlediği yoldur” (Gail Thornley, 1968:123).

“Kritik yolun üzerindeki tüm faaliyetlerin kiritik olması ve bu faaliyetlerin bolluklarının olmaması sebebiyle, kritik yol üzerinde meydana gelebilecek herhangi bir gecikme projenin hesaplanan tamamlanma süresinden daha uzun bir sürede tamamlanmasına yol açmaktadır” (Samuel B. Richmond, 1968: 487).

“Çünkü projenin tamamlanma zamanı kritik yoldaki faaliyetlerin beklenen zamanlarının toplamına eşittir. Bu sebeple kiritik faaliyetler çok yakından takip edilmeli ve olası bir aksamaya izin verilmemelidir” (Hatiboğlu, 1987: 77).

“Aynı zamanda kritik olmayan faaliyetlerden bazılarının çok küçük değerli bollukları olabilir. Projede olabilecek en ufak bir aksama veya değişiklikte bu faaliyetler de kritik duruma gelebilir. Bu nedenle çok küçük değerli bollukları olan faaliyetler de yakından izlenmelidir” (Gillett, Billy E., 1976:442).

Bunun yanı sıra “Eğer bolluğu olan bir faaliyet bolluk süresini sonuna kadar tüketir ve bu süreyi aşarsa bu faaliyet de kritik faaliyet gibi proje süresinin aksamasına neden olur” (Richard, I. Levin, David, v.d. 2002:107).

“Kritik yol şebekedeki en uzun yoldur. Her proje için mutlaka en az bir kritik yol bulunmaktadır. Eğer şebekede birden fazla kritik yol varsa, bu yollar üzerinde yeralan tüm faaliyetler kritiktir” (Wilkes,1989:172).

“Kritik yol aynı zamanda projenin tamamlanması için mümkün olan en kısa zamanı veren yoldur” (Philip E.Hicks, 1994:175).

2.5.3. Bollukların Hesaplanması

Kritik yolun belirlenmesinden sonra, kritik olmayan faaliyetlerin bollukları belirlenmelidir. “ Bolluk, faaliyetlerin arasında gecikmeye imkan veren süreleri ifade etmektedir. Proje yöneticisi, gerektiği durumlarda kiritik olmayan faaliyetlerde en kritik faaliyetlere kaynak aktarımında bulunabilir. Bu şekilde projenin tamamlanma süresini etkilediği için bu bilgiler, proje için hayati önem taşımaktadır” (Hajek, 1977: 137).

Bu sebeple bolluk değerleri, “ Zaman-maliyet analizinde ve kaynak dağıtımında yapılan analizlerde çok önemli bir yer oluşturmaktadır. Faaliyetler için dört çeşit bolluk söz konusudur” (Cinemre, 2004:196).

2.5.3.1. “Toplam Bolluk (Total Float: TF): Projenin tamamlanma süresini etkilemeden işlemlerin başlama veya tamamlanma zamanlarını belirli bir süre için geciktirme olanağı verir” (Sağın, 1974:37,38).

“Bir (i-j) faaliyetinin toplam bolluğu, faaliyetin tamamlanma zamanına bir etkisi olmadan, bu faaliyetin en erken başlama zamanı ile en geç tamamlanma zamanı arasındaki farka eşittir” (Robert J. Thierauf, 1982:163).

Başka bir ifade ile (i-j) “ faaliyetinin toplam bolluğu bu faaliyetin en yüksek süresi ile bu faaliyetin gerçekleştirilmesi için gerekli sürenin farkıdır. Aşağıdaki şekilde ifade edilir” (Özkan, 2005:200-201).

$$TF_{ij} = LF_j - ES_i - t_{ij} = LF_j - EF_{ij} = LS_{ij} - ES_i$$

“Kritik olmayan bir (i-j) faaliyetinin toplam bolluğu söz konusu ise bu faaliyet en fazla toplam bolluk süresi kadar uzatılabilir. Bu bolluk süresinin (i-j) faaliyetinin başında, ortasında veya sonunda faaliyete ara verilmesinin bir önemi yoktur. Faaliyete durumun gerektiği yerlerde bolluk süresi kadar ara verilebilir. Toplam bolluk süresi en uzun bolluk süresidir, çünkü en erken başlama ile en geç tamamlanma süresi arasındaki farkı ifade etmektedir. Bir faaliyetin toplam bolluk süresinin tamamı kullanıldığı takdirde, bu faaliyeti takip eden faaliyetler bazı özel durumlar dışında kritik faaliyet haline gelirler. Kritik yoldaki faaliyetler için bolluk söz konusu değildir. Bunun sebebi kritik yolun özellikleri göz önüne alınarak aşağıdaki şekilde ifade edilir;

Kritik yol üzerindeki tüm faaliyetlerde $LF_j = ES_j$ ve $ES_j = ES_i + t_{ij}$ olduğuna göre bu eşitlikleri toplam bolluk için verilen formülde yerine yerleştirildiği takdirde;

$$TF_{ij} = LF_j - ES_i - t_{ij}$$

$$TF_{ij} = (ES_i + t_{ij}) - (ES_i + t_{ij}) = 0$$

olduğu açıkça görülmektedir” (Çetmeli, 1982: 42,43).

2.5.3.2. Serbest Bolluk (Free Float: FF) : “Projede yer alan bir faaliyetin, kendisini takip eden faaliyet(ler)in başlama sürelerini etkilemeden uzatılabileceği en fazla süreyi ifade etmektedir” (William D. Brinckloe, 1969: 141,142).

$$FF_{ij} = ES_j - ES_i - t_{ij}$$

Formülden de anlaşılacağı gibi serbest bolluk sadece kendisi ile ilgili faaliyet içinde kullanabilen bir süredir, başka faaliyetlere aktarımı söz konusu olamaz. Dolayısıyla bu bolluğa sahip faaliyetleri, bu bolluk süresini hiç kullanmadan erken bitirmek kapasite fazlalığına, kaynakların gereksiz yere bu faaliyete aktarılmasına neden olur çünkü serbest bolluk, sadece bu faaliyeti ilgilendirdiği için bu faaliyetin erken tamamlanması kendisini takip eden faaliyetin daha erken sürede başlamasını sağlayamaz. “Kritik faaliyetlerin toplam bollukları gibi serbest bollukları da yoktur. Serbest bolluklar hiç bir zaman negatif değerli bir süreye sahip olamazlar. $ES_j = \max (ES_i + t_{ij})$ olduğu için $ES_j \geq (ES_i + t_{ij})$ tüm faaliyetler için bu durum geçerlidir. Serbest bolluğun süresi, toplam bolluğun süresinden küçük veya bu değere eşit olabilir” (Çetmeli, 1982:44,45).

“Bir faaliyetin toplam bolluğu söz konusu iken serbest bolluğu olmayabilir” (Thierauf, 1982:163).

2.5.3.3. Bağımsız Bolluk (Independent Float: IF) : “Bir faaliyet için, kendisinden önce gelen faaliyetlerin en geç tamamlanma zamanlarında bitirilmiş olsa dahi, bu durumun kendisini takip eden diğer faaliyetleri etkilemeden gecikmeye imkan veren süreyi ifade etmektedir” (Sağın, 1974:38).

$$IF = EF_{ij} - LF_i - t_{ij}$$

Serbest bolluk gibi bağımsız bolluklar da sadece faaliyetin kendisini ilgilendiren bir bolluk türüdür. Bu bolluğun önemli bir özelliği ise bu tür bir bolluğa sahip olan bir faaliyetin proje içinde en hızlı tamamlanan faaliyet olmasıdır. Bu nedenle en çok kapasite fazlalığı bu bollukta ortaya çıkmaktadır. “Dolayısıyla bağımsız bolluğa sahip bir faaliyetin kritik faaliyet olma olasılığı, diğer bolluk çeşitlerine kıyasla en düşük olanıdır. Bağımsız bolluk süresi en az olan bolluktur.

Bağımsız bolluklar için pozitif, negatif veya sıfır değerleri söz konusu olabilir. Aynı zamanda kritik faaliyetlerin, hiç bir bolluk türü olmadığı gibi, bağımsız bollukları da yoktur” (Çetmeli, 1982:45,46).

2.5.3.4. Ara Bolluk (Emniyet Bolluğu): “Proje süresini etkilemeden, bir faaliyetin ertelenebileceği en uzun süreyi ifade etmektedir.

Toplam bolluktan farkı, söz konusu faaliyetten önce gelen bütün faaliyetlerin en geç tamamlanma zamanlarında bitmiş olduklarının düşünülmesidir. Emniyet Bolluğu aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir” (Cinemre, 2004:197,198).

$$EB = LF_j - LFi - tij$$

Bir (i-j) faaliyeti için, projenin tamamlanma süresini uzatmadan, i olayının en geç tamamlanma zamanından, söz konusu ara bolluk değeri kadar geç başlaması durumudur. “Ara bolluklar negatif değer alamazlar. Bunun sebebi, $LF \geq (EF_{ij} + tij)$ durumunun bütün faaliyetler için geçerli olmasıdır.

Ara bolluğu yüksek olan faaliyetlerin kritik faaliyet olması daha küçük bir olasılıktır. Kritik faaliyetlerin tüm bolluk değerlerinde olduğu gibi, ara bolluk değerleri de sıfırdır” (Çetmeli, 1982:46,47).

2.5.4. Kritik Yol Yönteminin Doğrusal Programlama İle Çözümü

“Simpleks yöntemi, ilk kez Koopmans ve Rus ekonometrist Kantorovich tarafından bu alanda bir çözüm tekniği olarak uygulanmıştır” (A Victor Cabot ve Donald L., v.d. 1977: 81).

Projenin kritik yolu, şebekedeki en uzun yolu ifade etmektedir. Bu sebeple doğrusal programlama ile çözümde en uzun yolun tespiti için en büyükleme (maksimizasyon) ile çözümün yapılacağı düşünülse de, projedeki temel amaç projenin en kısa sürede bitirilmesidir. Bu amaca yönelik amaç fonksiyonu oluşturulacağı belirtilmektedir.

“Bir projenin mümkün olan en kısa sürede tamamlanabilmesine yönelik amaç fonksiyonu projenin başlangıç ve bitiş olayları arasındaki en kısa süre olarak tanımlanır ve dolayısıyla amaç fonksiyonu en küçükleme (minimizasyon) şeklinde kurulmak zorundadır” (Uzel, 1986:109-111).

“Kritik yol tespitine, doğrusal program ile ulaşmak için ilk olarak amaç fonksiyonu ve kısıtları belirlemek gerekmektedir.

Amaç Fonksiyonu: $Z_{min} = t_F - t_1$

t_F : Bitiş olayının zamanını

t_1 : Başlangıç olayının zamanını

Temsil etmektedir. Amaç, projeyi en kısa sürede tamamlamak olduğu için amaç fonksiyonu, daha önce de ifade edildiği gibi, projenin bitiş ve başlangıç olayları arasında geçen zamanı mümkün olan en kısa süreye indirmektir(Amaç Fonksiyonu: $Z_{min} = t_F$ formülizasyonu olarakda gösterilebilir. Bu iki gösterimde doğrudur”. (Winston, Wayne L., 1994:422).

Genel olarak başlangıç olayının süresi sıfır olarak kabul edildiği için iki amaç fonksiyonu da aynı sonucu vermektedir. Eğer projenin başlangıç olayı için belli bir tarih veya süre söz konusu ise, bu durumda iki fonksiyondaki bitiş tarihleri farklı günleri gösterebilir. Amaç fonksiyonu belirlendikten sonra kısıtların belirlenmesi gerekmektedir. “Projenin kısıtları, faaliyetlerin öncelik ilişkileri ve süreleri ile ilgilidir.

Kısıtlar: $t_j \geq t_i + t_{ij}$

Pozitiflik Koşulu: $t_i \geq 0$

Modelde yer alan kısıt sayısı, şebekede yer alan faaliyet sayısına eşittir” (Acar, 1989:342).

“Bir faaliyetin kritik olup olmadığı ise $t_j - t_i = t_{ij}$ işlemini dikkate alarak belirlenir. Eğer aradaki fark faaliyet süresine eşit ise faaliyet kritiktir.

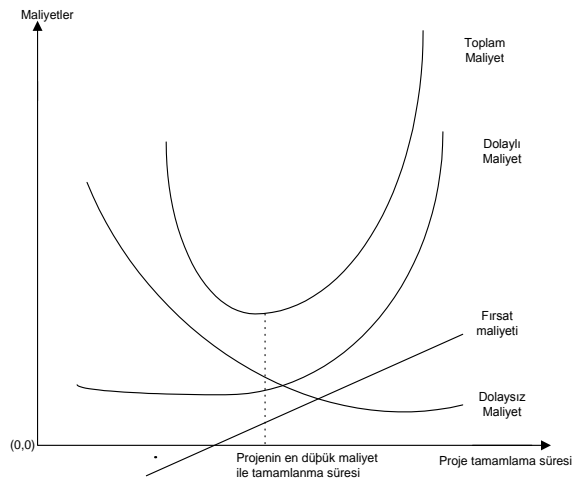
Bu işlem sonucunda eşitlik yerine daha büyük bir sonuç çıkarsa, faaliyetin kritik olmadığı anlaşılır ve tüm kritik faaliyetlerin kesintisiz takip ettiği yolun kritik yol olduğuna bu işlem sonucunda ulaşılmaktadır” (A. Ravindran, Don T. Phillips, v.d., 1987,112-113).

2.5.5. Maliyet Analizi

Daha önce anlatıldığı üzere, projenin gerçekleştirilmesinde önemli olan iki unsur vardır. Bunlar projeyi mümkün olan en kısa sürede tamamlamak ile projenin maliyetini mümkün olan en düşük seviyede gerçekleştirmektir. Projenin tamamlanma süresi ile maliyeti arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. “Projenin tamamlanma süresinin bir sınırı vardır, proje için bütün kaynaklar ve tüm faaliyetler için maliyetler yükseltilerek hızlandırma yapılsa bile, projenin tamamlanma süresinin kısaltılabileceği bir sınır söz konusudur. Aynı şekilde projenin maliyetini de belirli bir seviyenin altına indirmek mümkün değildir. Bunun yanı sıra projenin tamamlanma süresini geçtikten sonra ise maliyet yükselmektedir” (Şahin, 2004:251).

“Proje analizinde önemli olan zaman ve maliyet arasındaki dengeleri inceleyerek proje için en uygun kararın verilmesini sağlamaktır” (Taylor, Bernard W., 1990,718).

Projenin maliyeti incelenirken dört tür maliyet söz konusudur. Bu maliyetler dolaysız maliyet, dolaylı maliyet, fırsat maliyeti ve toplam maliyettir.



Şekil 2.17: Maliyet Analizi Grafiği

- **Dolaysız Maliyet:** “Projeye ait dolaysız maliyetler projeyi doğrudan ilgilendiren maliyetlerdir. Başka bir deyişle faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi için harcanan tutarlardır. Bu maliyet grubunun içinde işçilik, malzeme, ekipman ile ilgili maliyetler yer almaktadır.
- **Dolaylı Maliyet:** Projenin dolaylı maliyeti projenin idaresi ile ilgili maliyetleri kapsar. Bu maliyet grubunun içinde danışman, denetim, tazminatlar gibi maliyet kalemleri yer almaktadır.
- **Fırsat Maliyeti:** Projenin fırsat maliyeti proje istenilen tarihten daha geç bir sürede bitirilmiş ise bu durumun yol açacağı maliyettir”. (Budnick, Frank S., Richard Mojena v.d., 1977: 555,556).
- **Toplam Maliyet:** “Projenin toplam maliyeti faaliyet süreleri ile orantılı olan dolaysız maliyetler ile proje süresi ile orantılı olan dolaylı maliyetlerin toplamına eşittir. Aynı zaman da projelerin bitirilmesi gereken süreden daha geç bir sürede bitirilmesi durumunda ortaya çıkan zarar ile daha erken sürede bitirilmesi durumunda ortaya çıkan karı da bu maliyetlere fırsat maliyeti olarak ilave etmek gerekir.

Bu sebeple toplam maliyet dolaysız, dolaylı ve fırsat maliyetlerinin toplamıdır” (Cinemre, 2004:199).

Şekil 2. 17’de görüldüğü gibi bir projenin tamamlanma süresi uzadıkça dolaysız maliyeti azalmakta bunun yanı sıra dolaylı ve fırsat maliyetleri artış göstermektedir. Bu duruma bağlı olarak toplam maliyet de artış gösterir. Projenin tamamlanma süresinin kısaltılması kritik faaliyetlerin daha çabuk sürede tamamlanmasına bağlıdır. Faaliyetlerin daha kısa sürede tamamlanması için işçilerin, makinelerin daha fazla çalışması gerekmektedir. Doğal olarak bu durum dolaysız maliyetlerin artışına yol açmaktadır. Dolaylı maliyetler ve fırsat maliyeti için ise tam tersi bir durum söz konusudur. Proje daha erken bir tarihte bitirileceği için projeye ait dolaylı maliyetler azalacaktır.

Aynı şekilde fırsat maliyeti için projenin tamamlanma süresinde bir gecikme olmayacağı aksine daha erken bitirileceği için bu maliyet için de eski süreye göre bir azalma söz konusu olacaktır. “Maliyetler için projenin tamamlanma sürenin kısaltılması açısından yapılan bu değerlendirme bu sürenin uzaması durumunda ise maliyetler açısından tam tersi sonuçlara yol açmaktadır” (Şahin, 2004: 251,252).

Projenin genel bütçeleme sürecinde, projenin büyüklüğüne göre haftalık veya aylık olarak, her bir zaman diliminde ne kadar harcama yapılacağına tespit edilmesi gerekir. Bu işlerim için aşağıda belirtilen dört adım izlenir:

- Projede yer alan bütün işlemler için maliyet tutarı belirlenir. Daha sonra her bir faaliyetin bu işlemler ile ilişkisi göz önünde tutularak faaliyetin gerçekleşmesi için gerekli tutar belirlenir.
- Eğer söz konusu proje büyük ölçekli ise bu durumda faaliyetler mantık çerçevesi içinde bir araya getirilebilir. Bu durumda projeyi takip etmek ve bütçelendirmek daha kolay yapılabilir.
- Hesaplanan maliyetleri, her bir faaliyet için faaliyet tamamlanma zamanına göre dönüştürmek gerekir. Bu işlem faaliyetin toplam maliyetini toplam tamamlanma süresine oranlanarak bulunur.
- En erken ve en geç başlama zamanları dikkate alınarak projenin zamanında tamamlanması için her bir zaman diliminde, hafta veya ay proje hangi zaman dilimine göre analiz yapıyorsa, ne kadar harcama yapılması gerektiği tespit edilir.

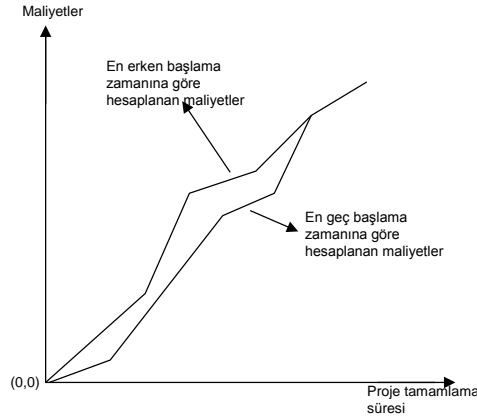
Projenin kontrolünde önemli olan iki nokta vardır. Bunlar projenin zamanında hedeflenen aşamada olması ve maliyetinin hesaplanan miktarda olmasıdır. Projenin herhengi bir anda bütçeleme ile olan değerini kontrol etmek için o ana kadar gerçekleşmiş işin yüzdesi ile bütün faaliyetlerin toplam maliyeti (projenin toplam maliyeti) çarpılır.

Tamamlanan işin maliyeti = Tamamlanan işin yüzdesi x Projenin maliyeti

Bu işlem sonucunda bulunan değer ile gerçekleşen maliyet arasında bir fark varsa projenin maliyetinde hesaplanan değerler ile gerçekleşen değerler arasında sapma söz konusudur.

Faaliyetin Maliyet Farkı= Gerçekleşen Maliyet–Tamamlanan Faaliyetin x Hesaplanan Maliyeti

“Bir faaliyete ait gerçek maliyet ile hesaplanan maliyet arasındaki fark pozitif ise bu durum söz konusu faaliyetin gerçekleşmesi için hesaplanan değerden daha fazla harcama yapıldığını ve bütçeyi aştığını gösterirken, bu değer negatif çıkması faaliyetin gerçekleşmesi için hesaplanandan daha az miktarda harcama yapıldığını gösterir.



Şekil 2.18: Faaliyetlerin Başlama Zamanlarına Göre Zaman–Maliyet Analizi Grafiği

Projenin istenilen zamanda tamamlanması için maliyetlerin, Şekil2.18’deki gösterimi ile, en erken ve en geç başlama zamanlarına göre hesaplanan değerlerin arasında yer alması gerekir” (Render Barry, Ralph M., 1994: 740-744).

2.5.5.1 Zaman–Maliyet Analizi

CPM yönteminin geliştirilmesi ile birlikte, bu yöntemi asıl geliştiren kişiler tarafından, projenin tamamlanma süresinin daha fazla kaynak kullanması ile kısaltılabileceği bu yöntemin bir parçası olarak ele alınmıştır.

“Projenin daha erken bir tarihte bitirilebilmesi için kullanılması ger eken kaynaklar bir maliyete yol açmaktadır. Proje yöneticisi süre ile maliyet arasında öncelikli hedeflerine uygun olarak karar vermelidir” (Anderson,David R., David, v.d., 2001: 494).

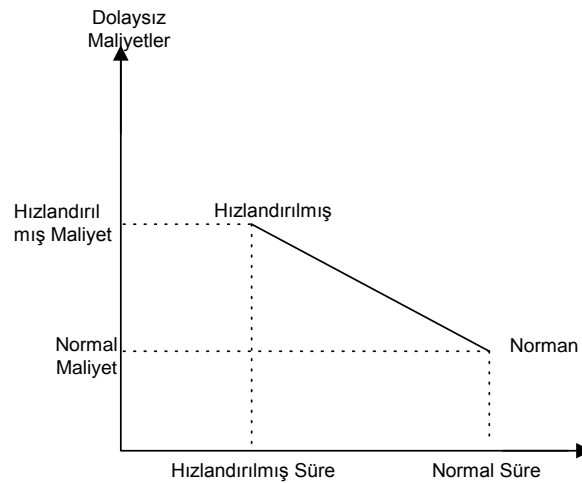
“Projede yer alan faaliyetler için, zaman-maliyet analizi açısından, iki tür süre ve maliyet söz konusudur. Bunlar normal süre ve maliyet ile hızlandırılmış süre ve maliyettir” (Thierauf, 1982:166).

Normal Süre: Bir faaliyetin normal şartlar altında gerçekleşmesi beklenen süredir.

Normal Maliyet: Bir faaliyetin normal süre içinde gerçekleştirilmesi için gerekli olan maliyettir.

Hızlandırma Süresi: Bir faaliyetin gerçekleşmesi için, tüm kaynakların kullanılması durumunda söz konusu faaliyetin ne kadar süre daha önce tamamlanabileceğini ifade eden süredir.

Hızlandırma Maliyeti: Bir faaliyetin en hızlı şekilde tamamlanabilmesi için gerekli olan ek maliyettir. Bir faaliyetin hızlandırılması, söz konusu faaliyete daha fazla işçi, makine gibi kaynakların aktarılması ile mümkün olmaktadır, bu kaynaklar ise ek bir maliyete yol açmaktadır. Bu durumun sadece faaliyet ile ilgili olanı faaliyetin hızlandırılmasıdır. Projenin hızlandırılması ise, hızlandırılmış faaliyetlerin toplamıdır.



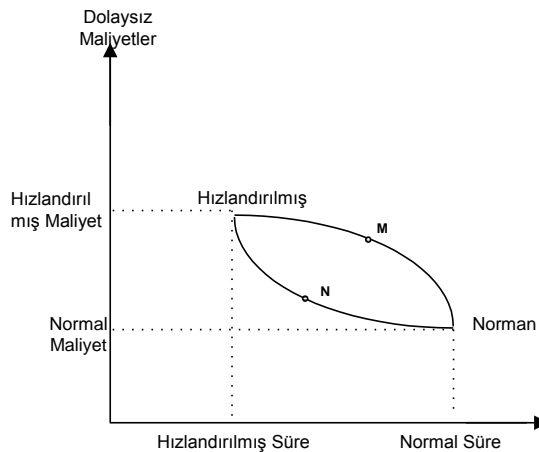
Şekil 2.19: Hızlandırılmış Bir Faaliyetin Zaman–Maliyet Analizi Grafiği

Şekil 2.19’da zaman ve maliyet arasındaki ilişki grafik olarak gösterilmiştir. “Zaman-Maliyet Analizi, projede hızlandırılabilir faaliyetler varsa bu faaliyetlerin hangileri olduğunu, sürelerini ve maliyetlerini hesaplayarak tüm projeye olan etkilerini inceler” (Hiller. Frederick S., v.d., 2005: 419,420).

Şekil 2.19’da bir faaliyetin hızlandırılması incelenirken maliyetten dolaysız maliyet olarak bahsedilmiştir. Bunun sebebi bir faaliyet hızlandırılırken söz konusu maliyet türü sadece dolaysız maliyettir, diğer maliyet türleri hızlandırma işlemi etkilememektedir. Normal süre-maliyet noktası CPM yöntemi’ne göre projenin beklenen zamanda ve faaliyetlerin tamamlanma süresine göre hesaplanan süre-maliyet noktasını ifade etmektedir.

Bu noktadaki amaç, projeyi mümkün olan en kısa zamanda ve en az maliyet ile tamamlamaktır.” Hızlandırılmış süre-maliyet noktası, bütün kaynakların sınırsız kullanılabilceği şeklinde düşünülerek faaliyetlerin tamamlanabileceği en erken zaman ile bu durumun neden olacağı ek maliyetlerin toplamıyla oluşan yeni maliyet noktasıdır” (Joseph J. Moder, v.d., 1976: 184,185).

“Hızlandırılmış süre-maliyet noktası, ezilme veya sınır noktası olarak da bilinmektedir. Proje ancak ve ancak belirli bir noktaya kadar kısaltılabilir. Kaynaklar sonsuz olarak düşünülse dahi, bu süre belli bir değerin altına düşürülemez. Bu noktada kaynakları arttırarak herhangi bir hızlandırma yapılamaz bu durum sadece maliyetin artmasına yol açar” (Uzel, 1986: 117).



Şekil 2.20: Doğrusal Olmayan Zaman – Maliyet Analizi Grafiği

“Her projenin zaman-maliyet ilişkisi doğrusal değildir. Bu ilişki iç bükey veya dış bükey şeklinde de olabilir. Şekil 2.20’de görüldüğü gibi zaman maliyet arasında iç bükey bir ilişki söz konusu ise faaliyet süresinde meydana gelen bir birimlik azalış M noktasında kadar maliyette artan oranda bir artışa, M noktasından sonra ise azalan oranda bir artışa neden olur. Eğer zaman maliyet arasındaki ilişki dış bükey ise faaliyet süresinde meydana gelen bir birimlik azalış n noktasında kadar maliyette azalan oranda artışa n noktasından sonra ise artan oranda artışa neden olur.

Her projenin zaman-maliyet grafiği kendine özeldir. Ancak bu grafiğin çizimi ve maliyetlerin hesaplanması oldukça güç işlemlerdir. Bu sebeple analizi kolaylaştırmak açısından zaman maliyet ilişkisinin doğrusal ve sürekli olduğu varsayılarak analiz yapılmaktadır” (Cinemre, 2004: 200,201).

Projenin hızlandırılmasında en önemli nokta hangi faaliyetlerin hızlandırılması gerektiğidir. Proje süresinin kısaltılması için kritik yol üzerinde bulunan kritik faaliyetler kısaltılmalıdır. “Kritik yol üzerinde bulunmayan faaliyetlerin bollukları vardır bu sebeple kritik olmayan faaliyetlerin hızlandırılması projenin tamamlanma süresini etkilemez. Sonuç olarak kritik faaliyetler hızlandırılmadığı takdirde projenin hızlandırılması söz konusu değildir” (Taylor, Bernard W., 1990:719,720).

“Proje süresinin belli bir değerin altına inmemesinin diğer bir sebebi ise projede yer alan bütün kritik faaliyetlerin hızlandırılmış olması dolayısıyla projeyi hızlandırılacak faaliyetin kalmamış olmasıdır” (Akmüt, 1976:101-104).

Bu görüşe göre, “Projenin hızlandırılması için sürenin yanısıra maliyetin de çok büyük önemi vardır. Bu sebeple projeyi hızlandırırken en düşük maliyet ile hızlandırılacak faaliyetlere öncelik verilmelidir. Süre ve maliyet arasındaki ilişki aşağıda verilen maliyet eğimi (maliyet artışı) formülü ile belirlenir. Bu yöntem ile her bir faaliyetin bir birimlik kısaltılması sonucunda ortaya çıkan maliyet artışı hesaplanır”.

$$\text{Hızlandırma maliyeti (eğim)} = \frac{\text{Hızlandırılmış Maliyet} - \text{Normal Maliyet}}{\text{Normal Süre} - \text{Hızlandırılmış Süre}}$$

“Maliyet eğrisinin eğiminin kullanılmasını şöyle bir örnek üzerinde incelersek. Aşağıda 3 aktiviteden oluşan bir yörünge çizilmiştir.

Eğimi : 10 TL / gün 100 TL / gün 1000 TL / gün

Normal : 1000 TL 100 TL 10 TL

0 —————> 5 —————> 10 —————> 15

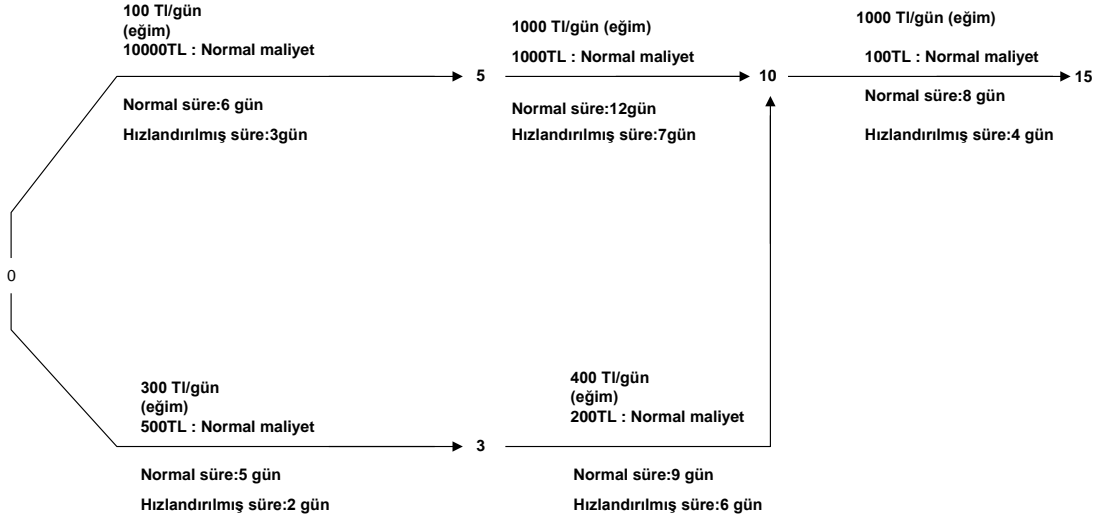
Normal süre : 6 gün 12 gün 8 gün

Hızlandırılmış süre: 3 gün 7 gün 4 gün

Bu yörüngeyi normal tamamlama süresi (6 + 12 + 8) = 26 gündür. Normal maliyet ise (1000 + 100 + 10) = 1110 TL dir. Bu nokta en düşük maliyette en kısa zamanı temsil eder. Eğer 0-5, 5-10, 10-15 faaliyetlerinden oluşan bu yörüngeyi tamamlama süresi kısaltmak istenirse kriter olarak faaliyetlerin maliyet eğrilerinin eğimleri alınacaktır. Çünkü eğim prim demektir ve düşük eğimli faaliyetleri hızlandırmak yörüngeyi süresinin kısaltılması işini en düşük primleri ödeyerek yeni en düşük maliyet ile yapmak demektir. Yukarıdaki şekilde gözüktüğü üzere eğimi en düşük olan faaliyet 0-5 faaliyetleridir. Yörüngeyi süresinin 3 güne kadar kısaltılması sadece 0-5 faaliyetinin süresinin sıkıştırılmış süresi olan 3 güne indirilmesi ile olacaktır. Eğer yörünge 3 günden fazla kısaltılmak istenirse başka bir faaliyet süresini azaltmak gerekir. Çünkü 0-5 faaliyeti daha fazla kısaltılamaz, kısaltılacak ikinci faaliyet 5-10 faaliyeti olacaktır. Çünkü 0-5 faaliyetlerinden sonra eğimi en düşük olan faaliyet budur. 5-10 faaliyeti en fazla 5 gün kısaltılabilir. Bundan sonra ise 10-15 faaliyeti kısaltılacaktır. Bu faaliyet ise en fazla 4 gün kısaltılacaktır. Böylece yörüngeyi minimum süresi 3 + 7 + 14 = 14 gündür. Aşağıdaki tabloda yörünge için 26 günlük süre ile 14 günlük süre arasında bütün süreler için maliyetler verilmiştir

Kısaltılan aktivite	Eğim (TL, Gün)	Kaç Gün kısaltıldı	Ek Maliyet (TL)	Önceki Maliyet	Toplam Maliyet	Yörünge Süresi
-	-	-	-	-	1110	26 gün
0-5	10	1	10	1110	1120	25 gün
0-5	10	1	10	1120	1130	24 gün
0-5	10	1	10	1130	1140	23 gün
5-10	100	1	100	1140	1240	22 gün
5-10	100	1	100	1240	1340	21 gün
5-10	100	1	100	1340	1440	20 gün
5-10	100	1	100	1440	1540	19 gün
5-10	100	1	100	1540	1640	18 gün
10-15	1000	1	1000	1640	2640	17 gün
10-15	1000	1	1000	2600	3640	16 gün
10-15	1000	1	1000	3640	4640	15 gün
10-15	1000	1	1000	4640	5640	14 gün

Tablo 2.1 Örnek İçin Maliyet Değerleri Tablosu



Şekil 2.21: Zaman-Maliyet İlişkinine Ait Örnek Diyagram

Şekil 2.21 de yörüngeye paralel başka bir yörünge olduğu takdirde, paralel yörüngelerin her ikisinin de kısaltılması sebekenin süresinin kısaltılması için şarttır. Şekilde gösterilen şebekenin ilk kısaltılacak faaliyeti 0-5 olacaktır.

Zira 10 nolu olaya 0-5, 5-10 faaliyetlerinden varmak için $6 + 12 = 18$ gün geçecektir. Oysaki aynı olaya 0-3, 3-10 faaliyetlerinden varmak $5 + 9 + 14$ gün alır. Şu halde ilk yörünge süresi 14 güne ininceye kadar paralelinde olan ikinci yörüngede her hangi bir kısaltma yapmak gerekmez. Bu nedenle 0-5 faaliyeti 3 gün 5-10 faaliyeti 1 gün kısaltılır ve bu kısaltma işlemi bitime ek paralelindeki yörüngede her hangi bir işlem yapılmaz. Bu noktadan sonra kısaltma her iki yörüngede birden aynı miktarda olmalıdır.

Bu yüzden eğim, dolayısıyla ödenecek, her iki yörüngede kısaltılan faaliyetlerin eğimlerinin toplamına eşit olacaktır. Örneğin, projeyi 13 güne indirmek ek maliyet ($1000 + 300$) = 13.000 TL olacaktır. 0-5, 5-10 faaliyetleri toplam olarak en fazla 8 gün kısaltılabilir. Yani bu yörüngeden 10 nolu olaya varmak en erken 10 günde olacaktır. Şu halde 0-3, 3-10 faaliyetlerini toplam olarak 4 gün kısaltmak yeterlidir. Daha fazla kısaltma yapmak bosa zaman yaratmaktan başka bir işe yaramaz. Bundan sonra ise 10-15 aktivitesi kısaltılabilir. Bu şebekenin tamamlanabileceği minimum süre $10 + 4 = 14$ gündür” (Richard E. Westney, 1997: 116).

2.5.5.2 Aktivite Sürelerinin Değişkenliği

PERT ile programlama yaparken sadece aktivitelere ait beklenen zamana değil aynı zamanda bu zamanların güvenilirlik derecesine de ihtiyacımız vardır.

Eğer aktivitelere ait iyimser, normal ve kötümser sürelerin oluşturduğu alan geniş ise güvenilirliği azalacak, bu alan dar ise güvenilirliği artacaktır. Kısacası iyimser süre ile normal süre arasındaki fark açıldıkça belirsizlik artar. Bu sebeple bizim aktivitelerin değişkenliğini ölçmemiz gerekir. Eğer aktivitelerin değişkenliğini hesaplırsak güvenilirliğini de hesaplayabiliriz. Mümkün olan aktivite zamanlarının değişkenliğinin bir ölçütü, dağılımın standart sapmasıdır. “Standart sapma ve varyans istatistikte çok sık kullanılan ölçütlerdir. Varyans, bütün değerlerin ortalama olan sapmasının karesi olarak tanımlanabilir. Standart sapma ise varyansın karekökü olarak elde edilir” (Dan Brandon, 2005:1426).

Formülasyon olarak hızlandırma maliyetinin gösteriliş bağıntıları;

$$S_{ij} = \frac{C_{dij} - CD_{ij}}{D_{ij} - d_{ij}}$$

D_{ij} = (i,j) faaliyetinin normal süresi

CD_{ij} = (i,j) faaliyetinin normal maliyeti (dolaysız maliyeti)

d_{ij} = (i,j) faaliyetinin hızlandırılmış süresi

C_{dij} = (i,j) faaliyetinin hızlandırılmış maliyeti (dolaysız maliyeti)

“Hızlandırma işlemi yapılan bir (i,j) faaliyetin dolaysız maliyeti, normal dolaysız maliyeti ile hızlandırma işleminin yol açtığı ek maliyetin toplamıdır. (i,j) faaliyetinin dolaysız maliyeti = $K_{ij} + S_{ij}x_{ij}$ ” (Frederick S. Hiller, Gerald J. Lieberman, 1990: 377-378).

Hızlandırma işlemi yapılan projenin toplam dolaysız maliyeti ise, hızlandırma işlemi yapılan tüm faaliyetlerin bu işlem sonucunda ortaya çıkan dolaysız maliyetlerinin toplamına eşittir.

$$\text{Proje Maliyeti} = \sum_{(i,j)} (K_{ij} + S_{ij} x_{ij})$$

x_{ij} = (i,j) faaliyetinin kısaltılabileceği süre

K_{ij} = (i,j) faaliyetinin dolaysız maliyetini ifade etmektedir.

Projeyi hızlandırmak için öncelikle yukarıda verilen formüle göre maliyet eğimi en düşük olan faaliyet hızlandırılır ama bu noktada dikkat edilmesi gereken bu faaliyetin kritik olup olmadığıdır. Eğer faaliyet kritik değil ise söz konusu faaliyeti hızlandırmanın hiç bir anlamı yoktur bu durum sadece gereksiz bir ek maliyete yol açar. Bu sebeple hızlandırılma işlemi sadece kritik faaliyetleri ilgilendiren bir işlemdir.

Projede birden fazla kritik yol mevcut ise her bir kritik yol üzerindeki en düşük eğime sahip olan kritik faaliyetlere ayrı ayrı hızlandırma işlemi yapılmalıdır.

Bu işlem yapılırken dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta ise en düşük maliyet eğimine sahip kritik faaliyetin hızlandırılma süresinin olup olmamasıdır. “Birden fazla kritik yol olduğu zaman ortak kritik faaliyet söz konusu olabilir. Bu durumda bu faaliyetin hızlandırılması ile her bir kritik yol üzerinde bulunan en düşük maliyet eğimine sahip faaliyetlerin hızlandırma maliyetlerinin karşılaştırılması gerekmektedir. Bu durumda en düşük maliyetli olan işlem seçilmelidir” (Timor, 2001: 377-380).

Herhangi bir kritik faaliyet veya faaliyetlerin hızlandırılmasında, hızlandırma işleminin dolaysız maliyette yarattığı artışın, dolaylı maliyetlerdeki azalıştan daha az olması gerekmektedir. Ancak bu şekilde projenin hızlandırılmasından dolayı ortaya çıkacak ek maliyetin bir anlamı olacaktır. Hızlandırma işleminin bu yöntem ile analizi oldukça zordur çünkü her bir hızlandırma işlemi sonucunda kritik olmayan faaliyetlerin bollukları azalmakta ve kritik hale gelmektedir.

Bu durumda ortaya alternatif kritik yollar çıkmakta veya kritik yol(lar) değişmektedir dolayısıyla bu durum analizi güçleştirmektedir. Bu sebeple “Sayma Yöntemi olarak bilinen bu yöntem daha çok küçük ölçekli projeler için uygundur” (Cinemre, 2004:201,202).

2.5.6 Proje Hızlandırılmasının Doğrusal Programlama İle Çözümü

Projenin ölçeği küçük olmadığı sürece “Sayma Yöntemi’ni kullanmak çok zordur. Büyük ölçekli projelerde zaman-maliyet analizi matematiksel programlama ile çözülmektedir. Bu yöntemin kullanılabilmesi için projede yeralan tüm faaliyetlerin süre maliyet ilişkisi ve her bir faaliyetin en fazla ne kadar süre hızlandırılmasının mümkün olduğu bilinmelidir.

Doğrusal programlama ile çözüm yönteminde, projenin öncelikli olarak hedefine ve hızlandırma işlemini hangi şartlar altında gerçekleştirdiğine göre üç tür model söz konusudur. Proje yöneticisi elindeki değerlere göre uygun olan modeli kurarak analiz yapar. Tüm modeller için y_{ij} projenin herhangi bir (i,j) faaliyeti için bu faaliyetin en iyi süresini, t_1 projenin ilk olayını, t_n ise projenin son olayını ifade etmektedir.

Model 1: Projenin normal şartlar altında tamamlanma süresi T iken, projenin hızlandırılması sonucunda maliyetin en az olmasının istendiği modeldir. Bu analiz sonucunda en fazla hızlandırmanın yol açacağı en düşük hızlandırma maliyeti bulunur. y_{ij} (i,j faaliyetinin en iyi çözüm değerleri) en düşük maliyet amacı ile yapılan hızlandırma işleminde ortaya çıkan faaliyet süreleridir.

$$\text{Amaç Fonksiyonu: } Z_{enk} = \sum_{(i,j)} S_{i,j} (D_{i,j} - y_{i,j})$$

$$\text{Kısıtlayıcılar: } t_j - t_i \geq y_{ij} \quad (\text{bütün } i,j \text{ faaliyetleri için})$$

$$d_{ij} \leq y_{ij} \leq D_{ij} \quad (\text{bütün } i,j \text{ faaliyetleri için})$$

$$t_n - t_1 \leq T$$

$$\text{Pozitiflik Koşutu: } t_i \geq 0 \quad (i = 1,2,3,\dots,n \text{ için})$$

Bu modelde amaç en fazla hızlandırmayı gerçekleştirmek ile maliyeti en düşük seviyede tutmaktır. Eğer bir faaliyet hızlandırılmış ise hızlandırma sonucunda ortaya çıkan yeni değeri normal ve hızlandırılmış süresinin arasında veya hızlandırılma sonuna kadar yapılmış ise hızlandırılmış süresine eşit olacaktır.

Eğer faaliyet için bir hızlandırma yapılmayacaksa bu durumda süresi normal süre olarak kalacaktır. Faaliyet için yapılabilecek en fazla değerdeki hızlandırma ise bu faaliyetin başlangıç ve tamamlanma süresi arasındaki farktan büyük olamaz. Ayrıca hızlandırma sonucunda projenin süresi, hızlandırma yapılmadan önceki tamamlanma süresinden küçük veya en azından bu süreye eşit olmak zorundadır. Aynı zamanda hiç bir faaliyetin tamamlanma süresi negatif olamaz. Bu bilgiler göz önüne alınarak doğrusal model yukarıda belirtilen şeklini almıştır” (Cinemre, 2004:205)

Model 2: “Projenin hızlandırılması için belirli bir miktar (B kadar bir miktar) bütçe ayrıldığı durumda bu bütçenin projeyi hızlandırmada en etkin hangi faaliyetler arasında, projenin tamamlanma süresini en aza indirgeyeceğini hesaplamak için kullanılır.

$$\text{Amaç Fonksiyonu: } Z_{enk} = t_n - t_1$$

Kısıtlayıcılar: $t_j - t_i \geq y_{ij}$ (bütün i,j faaliyetleri için)

$d_{ij} \leq y_{ij} \leq D_{ij}$ (bütün i,j faaliyetleri için)

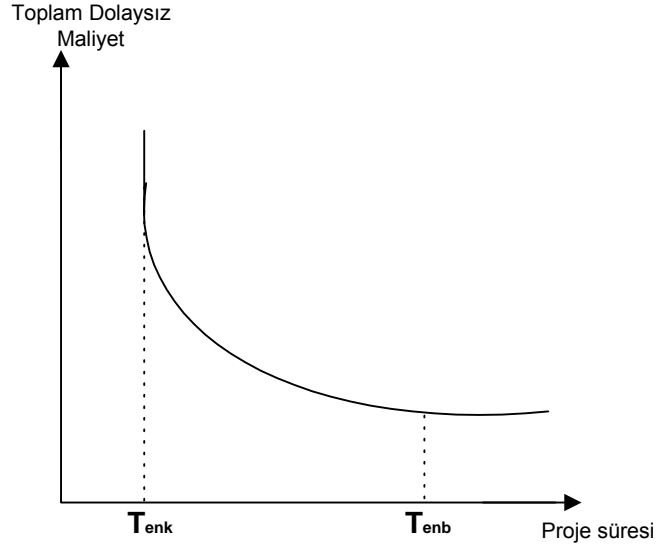
$$\sum_{(i,j)} S_{i,j} (D_{i,j} - y_{i,j}) \leq B$$

Pozitiflik Koşulu: $t_i \geq 0$ (i = 1,2,3..... n için)

Bu modelin sonucunda, belirli bir ek bütçe kullanılması durumunda, projenin tamamlanabileceği en kısa süre ile ek bütçe sayesinde hızlandırılan faaliyetler ve bu faaliyetlerin ortaya çıkan yeni süreleri bulunur. Model 1 ve Model 2'den faydalanılarak toplam hızlandırma maliyeti ile proje süresi arasındaki ilişki belirlenir

Şekil 2.22'de Tenk projede yer alan bütün faaliyetlerin hızlandırılması durumunda projenin tamamlanma süresini, Tenb ise projede hızlandırılma söz konusu olmadan bütün faaliyetlerin normal sürelerinde tamamlanması durumunda projenin tamamlanma süresini ifade etmektedir. Tenk noktasında, süre en kısa süre olduğu için, hızlandırma en yüksek seviyededir.

Bu duruma bağlı olarak da toplam dolaysız maliyet en büyük değerini bu noktada almaktadır. Projenin tamamlanma süresi arttıkça söz konusu maliyet önce hızlı sonra daha yavaş bir şekilde azalış gösterir.

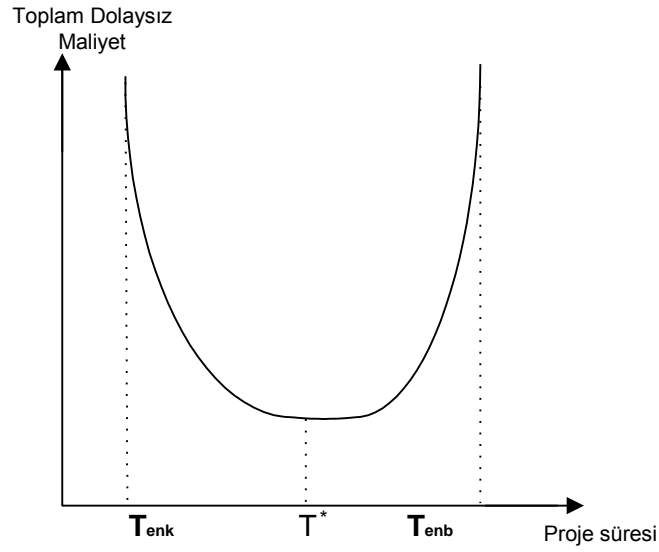


Şekil 2.22: Toplam Dolaysız Maliyet Grafiği

Toplam dolaysız maliyet ile proje süresinin eğrisi yardımı ile proje yöneticisi, projenin belirlenen tarihte tamamlanması için gereken ek kaynakların en küçük maliyetini ve proje süresinde en fazla hızlandırmayı yapabilmek için kıt kaynakların ne şekilde paylaşılması gerektiğine karar verebilir.

Projenin tamamlanma süresinin kısaltılması, projenin dolaysız maliyetini arttırırken diğer taraftan dolaylı maliyetlerin ve fırsat maliyetinin azalmasını sağlamaktadır. Bu durum göz önüne alındığında proje süresine bağlı olarak toplam maliyetin ne şekilde olduğu da incelenmelidir.

Şekil 2.23'de gösterilen U şeklindeki eğri proje maliyet eğrisidir. Proje maliyet eğrisi sayesinde toplam maliyetin en düşük seviyesine karşılık gelen optimal proje süresi (T^*) belirlenir. Projenin en iyi tamamlanma süresine göre bütün faaliyetlerin en iyi süreleri, hızlandırma maliyeti ve kritik yol belirlenir. Bu bilgiler ışığında en iyi proje planı hazırlanır.



Şekil 2.23 Toplam Maliyet Grafiği

Model 3: Bu model projenin dolaylı maliyetleri ile proje süresi arasındaki ilişki doğrusal ise yararlanılan bir modeldir. Bu sayede doğrusal programlama ile projenin en iyi tamamlanma süresi (T^*) ve dolayısıyla en iyi proje programı yapılır.

$$\text{Amaç Fonksiyonu: } Z_{enk} = F(t_n - t_1) + \sum_{(i,j)} S_{ij} (D_{ij} - y_{ij})$$

Kısıtlayıcılar: $t_j - t_i \leq y_{ij}$ (bütün i,j faaliyetleri için)

Pozitiflik Koşulu: $t_i \geq 0$ ($i = 1,2,3,\dots,n$ için)

Modellemede amaç fonksiyonunda yer alan F proje süresi ile orantılı dolaylı maliyetlerin birim zamanını ifade etmektedir. $F(t_n - t_1)$ projenin toplam dolaylı maliyetini göstermektedir. $(t_n - t_1)$ ifadesi projenin bilinmeyen süresidir. (i,j) faaliyetinin bilinmeyen tamamlanma süresi y_{ij} olduğundan toplam dolaysız maliyet ;

$$\sum_{(i,j)} S_{ij} (D_{ij} - y_{ij}) \text{ ile gösterilir}$$

Projenin amacı maliyet değerini en küçükleme olduğu için amaç fonksiyonu dolaylı ve dolaysız maliyetlerin toplamını en küçükleyecek şekilde kurulmalıdır” (Ravindran, A., Don T. v.d., 1987:120,1219).

2.5.7. Kritik Yol Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Kritik Yol Yöntemi'nin en önemli özelliği proje yöneticisine zaman-maliyet analizi yapma imkanı sağlamasıdır. Projede yer alan faaliyetlerin süreleri kesin olarak bilindiği için kaynak aktarımı yaparak projenin hızlandırılmasına dolayısıyla projenin hesaplanan normal tamamlanma süresinden daha erken bir süre içerisinde bitirilmesine olanak sağlamaktadır. Zaman-maliyet analizi yapılarak projenin en kısa zamanda ve en az maliyet ile tamamlanması Kritik Yol Yöntemi ile yapılabilmektedir” (Frederick S. Hiller, Gerald J. v.d., 2005: 427).

“Kritik Yol Yönteminde belirsizlikler çok azdır. CPM yöntemine konu olan projeler, daha önceden bilinen projeler olduğu için zamanı tespit etmek mümkündür. Faaliyet sürelerini belirlerken önceki deneyimlere dayanarak çok fazla bir yanlışlık söz konusu olmaz. Bu yöntemin uygulama alanı çok geniş olduğu için projelerde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Özellikle endüstri, inşaat gibi alanlarda sıkça kullanılır” (Kerzner, 2003: 471).

“CPM yönteminin bütün bu olumlu özelliklerine karşılık bu yöntemin kullanılması, projenin en iyi şekilde planlandığı anlamına gelmemektedir. Kritik Yol Yöntemi, şebeke çizilerek uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemde faaliyetlerin öncelikli ilişkileri gibi, şebeke çizimini etkileyen çok önemli unsurlar vardır. Şebeke çizimi sırasında yapılacak en ufak bir hata tüm projeye yansır. Projenin faaliyet ilişkilerinin ve sırasının bir program aracılığı ile belirlenmesi imkansızdır, bu sebeple şebeke kurulumu için gerekli bilgiler çok deneyimli ve bilgili kişiler tarafından belirlenmelidir. Üstelik analize başlarken tüm faaliyetlerin süreleri, maliyetleri ve eğer hızlandırma mümkün ise her bir faaliyetin bir birimlik zaman için hızlandırma maliyeti bilinmelidir. Özellikle hızlandırma maliyetlerinin tespiti oldukça güç bir işlemdir” (Kargül, 1996,221).

Bu sebeplerle bu yöntem biraz karmaşık ve masraflı bir yöntemdir. Projede yer alan faaliyet sayısı arttıkça projenin karmaşıklığı artacağı için hazırlanma süresi de zamaktadır (Anderson, David R., David J. Sweeney, v.d., 2001: 488).

2.6. PERT Tekniği

2.6.1. Faaliyet Sürelerinin Belirlenmesi

Proje alanı, daha önceden gerçekleştirilmiş, bilinen konuları içeriyorsa önceki deneyimlere dayanarak hangi faaliyetin ne kadar sürede gerçekleşeceği belirlenebilir. Bu durumda faaliyetlerin süresi kesindir. Ancak projenin kapsamı daha önceden yapılmamış, yeni bir konu ise bu durumda deneyimlere dayanarak faaliyet sürelerini belirlemek olanaksızdır. Bu sebeple PERT analizinde üç zaman dikkate alınarak faaliyet süreleri belirlenir. Dolayısıyla faaliyet süreleri olasılıklı sürelerdir. PERT analizinde her faaliyet için üç zaman söz konusudur. Bu süreler en iyimser süre, en kötümser süre ve en olası süredir.

En İyimser Süre (The Optimistic Time): “Faaliyetin en iyimser süresi, söz konusu faaliyet için bütün şartların en iyi şekilde gerçekleşmesi sonucunda faaliyetin en kısa sürede tamamlanacağı süreyi ifade eder.

Bu süre içinde en ufak bir aksilik söz konusu değildir. Faaliyet açısından her durumun yolunda gittiği varsayılır. Bu sebeple faaliyet %99 olasılıkla bu süreden daha erken bir sürede bitirilemez. “a” harfi ile ifade edilir.

En Kötümser Süre (The Pessimistic Time): Faaliyetin en kötümser süresi, söz konusu faaliyet için bütün şartların en kötü şekilde gerçekleştiği varsayılarak, faaliyetin gerçekleşmesi sırasında ortaya çıkabilecek tüm aksamaların meydana gelmesi durumunda faaliyetin tamamlanabileceği en uzun süreyi ifade eder. Tüm aksaklıklar göz önüne alındığı için bu faaliyetin gerçekleşme süresi %99 olasılıkla faaliyetin en kötümser süresinden uzun olamaz. “b” harfi ile ifade edilir.

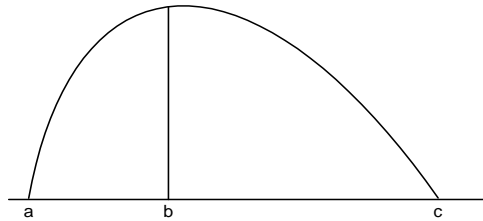
En Olası Süre (The Most Likely Time): Faaliyetin gerçekleşme olasılığı en yüksek olan süredir. Normal şartlar altında faaliyetin ne kadar sürede tamamlanabileceğini ifade eder. “m” harfi ile ifade edilir” (Dyer, James S., 1981: 329).

PERT analizinde her faaliyet için bu üç sürenin bilinmesi gerekir. Sürelerin dağılımı incelendiğinde beta dağılımına uygun olduğu görülmüştür. Beta dağılımının aşağıda yer alan üç özelliği bakımından faaliyet sürelerinin bu dağılıma uygun olduğu belirlenmiştir:

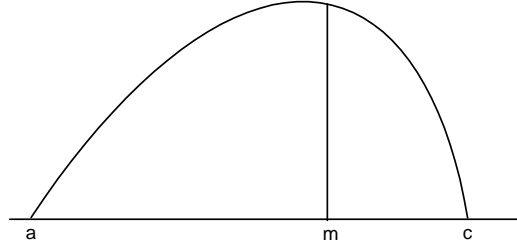
- Beta dağılımı sözü edilen üç zaman ile ortalama ve varyans değerlerini hesaplamaya olanak veren bir dağılımdır.
- Beta dağılımı sürekli bir dağılımdır fakat daha önceden belirlenen özel bir şekli yoktur. Başka bir deyiş ile verilen değerlere göre dağılıma ait eğri sağa veya sola yatkın bir hale gelebilmektedir.

Son olarak ise diğer dağılımlar da göz önüne alındığında, bu verilerin hesaplanmasında en uygun dağılımın beta dağılımı olduğu görülür. Bu sebeple “PERT analizinde faaliyet süreleri hesaplanırken beta dağılımının kullanılması artık bir kural haline gelmiştir” (Taylor, 1990: 711).

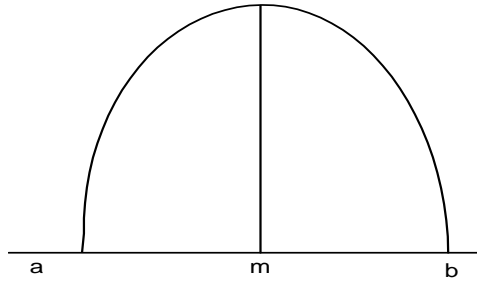
“Beta dağılımı her zaman simetrik bir dağılıma sahip olmadığı için projedeki faaliyetlerin üç zamanı göz önüne alındığında, sürelerine uygun olan, aşağıda gösterilen üç grafikten birine ait şekilde gösterilme olanağına sahiptir. Sola yatkın, sağa yatkın veya simetrik bir biçimde dağıldığı aşağıda gösterilen grafiklerde de görülmektedir. Başka bir deyişle en olası tahminin $(a + b) / 2$ olma zorunluluğu yoktur. Bu değer sağda veya solunda da yer alma şansına sahiptir. Beta dağılımı kullanılmasıdaki en önemli etken de beta dağılımının bu duruma uygun olmasıdır



Şekil2. 24: Sola Yatkın Beta Dağılımı



Şekil 2.25: Sağa Beta Dağılımı



Şekil 2.26: Simetrik Beta Dağılımı

Faaliyetlere ait sürelerin ortalama ve varyans değerlerini hesaplarken beta dağılımına uygunluk gösterdiği için bu dağılıma göre hesaplama yapmak gerekir” (Uzel, 1986: 113).

$$te = [[(a + b) / 2] + 2m] / 3$$

$$te = (ta + 4tm + tb) / 6$$

te = Faaliyet süresinin ortalama değeri,

“Bu değer aynı zamanda faaliyet süresinin beklenen zamanını (expected time) da ifade etmektedir. “PERT analizinde hesaplanan süreler kesin olmadığı için beklenen değer şeklinde ifade edilir” (Cooke, 1985:540).

“Süreler kesin olmadığına göre bu sürelerden bir sapma olması söz konusudur, bu durum her faaliyetin sapmasının hesaplanmasını gerektirir. Varyans hesaplaması da doğal olarak beta dağılımına göre hesaplanır.

$$6 \sqrt{\sigma^2} = b - a , \sigma^2 = [(b - a) / 6]^2$$

Projede yer alan tüm faaliyetlerin, zamanları dikkate alınarak ortalama ve varyans değerleri hesaplanır” (Budnick, Thomas E. Vollmann, 1977: 547).

“Yukarıdaki formülde de görüldüğü gibi faaliyetin en iyimser ve en kötümser süreleri faaliyetin varyans değerine etki etmektedir. Bu iki sürenin birbirinden çok uzak olması istenen bir durum değildir çünkü bu durumda faaliyetin varyans değeri büyük çıkacak ve faaliyet süresinin belirsizliğini arttıracaktır” (Anderson, David R., David J. Sweeney, v.d., 2001: 489).

“PERT analizindeki bütün hesaplamalar bu sürelerle dayanarak yapılır. Bu sebeple faaliyetlerin sürelerinin doğru tespit edilmesi çok önemlidir. Süreler belirlenirken yapılan hata tüm analize yansır ve sonucun sağlıklı olmamasına, yanlış kararlar alınabilmesine yol açar, fakat bu sürelerin belirlenmesi de çok zordur. Hesaplanan sürelerin gerçekleşme olasılıklarının çok yüksek olması analiz açısından iyi bir sonuç olarak görülse de bu durumun sakıncaları söz konusudur. Hesaplanan sürenin gerçekleşme olasılığı % 100’e yakın olması faaliyetin, kapasite bakımından hiç bir sorun yaşamadığını başka bir deyişle kaynakları etkin kullanılmadığını gösterir. Faaliyetin gerçekleşme olasılığının çok düşük olması ise tam ters neden ile tehlike arz etmektedir, en ufak bir aksilik durumunda proje ile ilgili tüm değerlerin değişeceği anlamına gelir. Projenin eski haline bağlı kalınması için çok yüksek maliyetli önlemler alınması gerekir. Bu nedenlerle faaliyet sürelerinin gerçekleşme olasılıkları uygun risk ve yaralanma oranı (utilization) arasındaki sınırları belirleyen değerler olmalıdır” (Sağın, 1974: 82).

2.7 PERT Analizinde Kritik Yolun Tespit Edilmesi

“PERT analizinde kritik yolun tespit edilmesi CPM yöntemindeki kritik yol ile şüphesiz aynıdır. Şebeke içinde yer alan en uzun yoldur. Projenin tamamlanma süresi kritik yol üzerinde yer alan kritik faaliyetlerin sürelerinin toplamına eşittir. Ancak bu süre kesin değildir. Faaliyetlerin varyans değerleri hesaplandığı için projenin belirlenen sürede hesaplanması da belirli bir sapmaya tabiidir. Bu sapma değeri ise kritik yol üzerinde yer alan kritik faaliyetlerin varyanslarının toplamına eşittir.

$$\sum_{(i,j) \in \text{path}} E(T_{i,j}) \quad \text{şebekede yer alan bir yolun beklenen toplam süresi}$$

$$\sum_{(i,j) \in \text{path}} \text{var}(T_{i,j}) \quad \text{şebekede yer alan bir yolun toplam varyansı}$$

Yukarıda belirtilen formüller şebekede yer alan herhangi bir yol için geçerli olduğu gibi kritik yol için de geçerlidir; sonuçta kritik yolda şebekede yer alan bir yolu ifade etmektedir. Kritik yol için aşağıdaki şekli ile yazılması mümkündür:

$$KY = \sum_{(i,j) \in \text{kritikyol}} \text{var}(T_{i,j}) \quad \text{şebekede yer alan bir yolun toplam varyansı}$$

PERT analizinde sürelerin dağılımı beta dağılımı ile hesaplanırken, kritik yol tespitinde, Merkezi Limit Teoremine göre, gözlem sayısı arttıkça dağılım normal dağılıma yaklaşır, bu yol üzerinde bulunan faaliyet sayılarının fazla olması dolayısı ile normal dağılıma uygundur” (Winston, Wayne L., 1994: 428).

“Küçük ölçekli projelerde kritik yol hesaplamalarının normal dağılıma göre yapılması sağlıklı bir yaklaşım değildir. Projenin faaliyetleri için, olası faaliyet süreleri söz konusu ise, faaliyet zamanları hangi dağılıma uygun olursa olsun, tüm projenin süresi normal dağılıma uygundur” (Acar, 1989: 348).

“Projede birden fazla kritik yolun bulunması mümkündür. CPM yönteminde bütün yollar kritik olarak kabul edilirken PERT analizinde var yansı büyük olan yolun kritik yol olarak kabul edilmesi daha yaygındır. Bunu sebebi ise varyans aralığı genişledikçe belirsizlik artacağı için projenin tamamlanma süresi açısından daha güvenilir bir sonuç olacaktır” (Uzel, 1986:114).

Bu konu için başka bir yaklaşım daha vardır. “Bu yaklaşıma göre projenin beklenen süreden daha geç tamamlanması ile ilgili hesaplamalarda en büyük varyansı, beklenen süreden daha kısa sürede tamamlanması ile ilgili hesaplamalarda ise en küçük varyansı göz önünde tutarak bulunan sonuçların daha sağlıklı olduğu yaklaşımıdır” (Cimemre, 2004: 210).

“PERT analizi projenin tamamlanma süresinin yüzde kaç olasılıkla gerçekleşeceğini belirtir. Aynı zamanda projenin belirtilen herhangi bir tarihte tamamlanma olasılığını da hesapladığı için proje yöneticisine bilgi vermesi bakımından faydalı bir yöntemdir. Projenin belirli bir anda tamamlanma olasılığı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$Z = \frac{(\text{Tamamlanması istenen süre-Projenin tamamlanma süresi})}{\text{Projenin tamamlanma süresinin standart sapma değeri}}$$

$$Z = (T_x - T_{ij}) / \sigma$$

Bu işlem sonucunda bulunan değer “Z tablo” suna göre hangi alanda kaldığı belirlenerek projenin belirtilen sürede bitirilme olasılığının değeri hesaplanır. Aynı zamanda projenin belirlenen bir olasılık değeri için ne kadar süre içinde tamamlanması gerektiği aynı formül yoluyla hesaplanmaktadır” (Hajek, 1977: 135,136).

2.7.1 Aktivite Sürelerinin Değişkenliği

“PERT ile programlama yaparken sadece aktivitelere ait beklenen zamana değil aynı zamanda bu zamanların güvenilirlik derecesine de ihtiyacımız vardır. Örneğin; aktivitelere ait iyimser, normal ve kötümser sürerlerin 6,9,10 olduğunu varsayalım $t_e = (t_a + 4t_m + t_b) / 6$ bağıntısından 8,6 yani 9 gün kalacaktı iyimser süre ile normal süre arasındaki fark beta dağılımındaki sürelerin alan açıklığının genişliği güvenilirliğin azalması demektir. Bu alan dar ise güvenilirliği artacaktır. Kısacası iyimser süre ile normal süre arasındaki fark açıldıkça belirsizlik artar. Bu sebeple bizim aktivitelerin değişkenliğini ölçmemiz gerekir. Eğer aktivitelerin değişkenliğini hesaplırsak güvenilirliğini de hesaplayabiliriz. Mümkün olan aktivite zamanlarının değişkenliğinin bir ölçütü dağılımın standart sapmasıdır. Standart sapma ve varyans istatistikte çok sık kullanılan ölçütlerdir. Varyans, bütün değerlerin ortalama olan sapmasının karesi olarak tanımlanabilir. Standart sapma ise varyansın karekökü olarak elde edilir” (Dan Brandon, 2005: 142).

2.7.2. Yatırımın Programlanan Sürede Bitmesi İhtimali

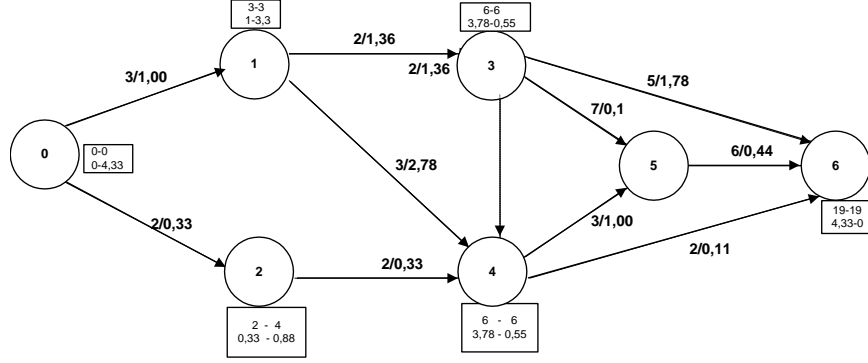
Şebekede okla gösterilen faaliyetler üzerine beklenen Teij tamamlanma süreleri ve bunlara ait V_{teij} varyansları beraber yazılır. Daha sonra şebekenin ilk düğüm noktasından başlayarak bütün düğüm noktalarının en erken tamamlanma süreleri aynen kritik yörünge metodunda olduğu gibi ancak beklenen değerler esas alınarak bulunur. Varyanslarda benzer yöntemle, başlangıç noktasının varyansı 0 alınarak hesaplanır. Burada dikkat edilmesi gereken husus en erken başlama süresi hangi yörüngeden hesaplanıyor ise varyanslarında aynı yörünge üzerinden hesaplanması gereğidir. “Bir düğüm noktasının en erken başlama süresinin varyansı düğüm noktasındaki en erken başlama süresinin saptanmasında kullanılan varyansların toplamın eşittir” (Carbonara, 2005,317).

“Şebekenin ilk düğüm noktasındaki en erken başlama noktasın varyansı 0 alındığı gibi şebekenin en son düğüm noktasının en geç tamamlanma süresinin varyansıda buna eşit yani 0 alınır. En geç tamamlanma hangi yörüngeden hesaplanmıssa varyanslarıda aynı yörüngeden hesaplanır. Ancak şekilde herhangi bir düğüm noktasının en geç tamamlanma süresinin varyansı yörünge üzerindeki faaliyetlerin varyanslarının toplamına eşittir” (Keller, 2004). Bunları başka bir örnekle açıklarsak;

Faaliyetler	t_a	t_m	t_o	t_m	V_{te}
(0,1)	1	2	3	3	0/33
(0,2)	2	2	8	3	1.00
(1,3)	1	2	3	2	0
(2,3)	1	1.5	11	3	2.78
(2,4)	5	1	7.5	2	1.36
(3,5)	1	2.5	7	3	1.00
(3,6)	1	2	3	2	0.11
(4,5)	6	7	8	7	0.1
(4,6)	3	4	11	5	1.78
(5,6)	4	6	8	6	0.44

Tablo 2.2. Pert Hesaplamalarına Ait Örnek Tablosu

"Bu değerler yardımı ile şebeke kurulur. Şebekenin kurulmasından sonra en erken ve en geç tamlanma süreleri bulunarak kritik yörünge belirlenebilir" (Levin Richard, Rubin S., v.d., 1986: 782).



Şekil 2.27 Pert Hesaplamaları İçin Çizilmiş Bir Şebeke Diyagramı

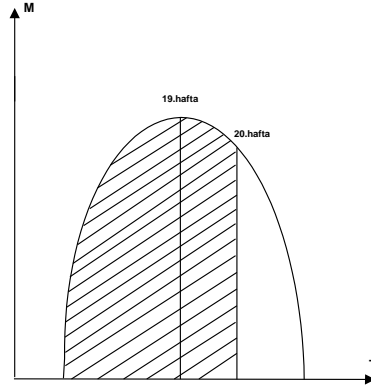
"Şekil 2.27 de görüldüğü gibi en erken başlama, en geç tamamlanma değerleri verilerek varyansları belirlemiştir (Heerkens, 2001).

Bu rakamlar doğru göre;

1. "En son olayın en erken başlama süresinin varyansı ilk olayın en geç tamamlanma süresinin varyansına eşit olacaktır" (Aitken, 2000:59).
2. "Kritik yörünge üzerindeki bütün diğer düğüm noktalarının en erken başlama süresinin varyansı ile en geç tamamlanma süresinin varyansının toplamı şebekenin en son olayının en erken başlama süresinin varyansına eşit olur" (Springer, 2004: 98).
3. "Bir düğüm noktasının iki varyansı vardır. Bunlardan biri olan en erken başlama süresinin varyansı şebekenin başından n düğüm noktasına kadar n olayının varyansının hesaplandığı yörünge üzerindeki faaliyetlerin belirsizlik derecelerinin verir ve bu ilişkiler risk taşır. PERT metodundan, düğüm noktaları için yalnız bir cins bolluk tarif edilmektedir. n düğüm noktasının bulunduğu B_n , $B_n = T_n, g - T_n, e$

Bu bolluk ifade ettiği anlam bakımından, kritik yörünge metodundaki toplam bolluğu t_b karşı gelmektedir. Düğüm noktalarının esnekliğini gösterir.

Yatırımın PERT metodundaki herhangi bir x düğüm noktasının tamamlanma süresi istenen süreyi tutmadığı takdirde bu düğüm noktasından biten islerin istenen zamanda tamamlanma ihtimali olasılık teorisine göre hesaplanır. Söz gelimi projenin tamamlanması ts süresine programlanmış olsun. Bu durumda projenin bu süre içinde tamamlanma olasılığı eğrinin altında ts nin soluna kalan alana eşit olacaktır.



Şekil 2.28 Normal Dağılım Eğrisinin Altında Kalan Alan

Bu alanı aşağıdaki formülle hesaplayabiliriz” (Demeulemeester, Erik L., 2002: 382).

$$Z = \frac{T_s - T_x}{V_{T_x}}$$

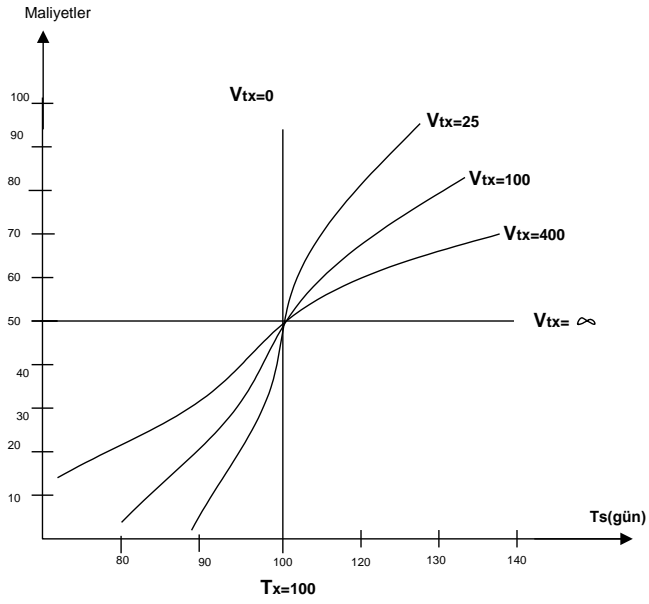
Burada Z sapma olarak adlandırılır. z değeri istatistik tabloların yardımı

ile % değerlerine dönüştürülür.

Z	İhtimal	İhtimal	Z
- 2.0	0.02	0.98	2.0
-1.5	0.07	0.93	1.5
-1.3	0.10	0.90	1.3
-1.0	0.16	0.84	1.0
-0.9	0.18	0.82	0.9
-0.8	0.21	0.79	0.8
-0.7	0.24	0.76	0.7
-0.6	0.27	0.73	0.6
-0.5	0.31	0.69	0.5
-0.4	0.34	0.66	0.4
-0.3	0.38	0.62	0.3
-0.2	0.42	0.58	0.2
-0.1	0.46	0.54	0.1
0	0.50	0.50	0

Tablo 2.3 Normal Dağılım Eğrisinin Yaklaşık Değerleri

Bu tablodan elde edilecek % degeri ile projenin planlan günde tamamlanmasının ne derece mümkün olacağını anlarız. PERT metodundaki prensiplerden ötürü sebeke düğüm noktalarının sebekeye göre hesaplanan zamanlarda tamamlanma ihtimalleri % 50 dir. Normal dagılım egrisi Tx süresinin standart sapmasına göre değişir. Standart sapma veya varyans arttıkça belli bir olasılıkla tamamlanma zamanı da artar.



Şekil2.29 Standart Sapmanın Değişimine Göre Tamamlanma Zamanları

Şekildeki gibi $T = 100$ için çeşitli T lere göre çizilmiş eğriler verilmiştir. Örneğin bir noktanın % 84 olasılık tamamlanma zamanı;

- $V_{tx} = 0$ için 100 gün
- $V_{tx} = 5$ için 105 gün
- $V_{tx} = 10$ için 110 gün
- $V_{tx} = 20$ için 120 gün
- $V_{tx} = \infty$ için sonsuz gün diyebiliriz.

Görülüyor ki V_{tx} ler büyüdükçe beta eğrisi basıqlasmakta, yani T de belirsizlik artıkça belirli bir olasılığa ait tamamlanma zamanı da T_x den uzaklaşır.

2.7.3. Yatırım Sürelerinin Değiştirilmesi

“Şebekenin toplam süresi çeşitli nedenlerle kısaltıla bilinir. Bu işlem için CPM metodunda kritik faaliyetlerden bir veya birkaçı üzerinde zorlamalar yapılarak bu süre kısaltılmaktadır” (John C. Goodpasture, 2003: 55).

PERT metodunda ise her faaliyetin özellikleri yani tamamlanma riskleri de göz önüne alınarak bazı faaliyetlerin süreleri kısaltılır, evvelce gereksiz yere az hesaplanmış olan bazı faaliyet süreleri de uzatılır. Kısaltılan yeni t_s faaliyet sürelerinin üzerine yazılmıştır”. Parantez içindeki eksiler (-) sürenin t_e ye göre ne kadar kısaltıldığını, artılar (+) ise ne kadar uzatıldığını göstermektedir. Bu işlemler sayesinde düğüm noktalarının bollukları ya sıfır ya da minimum yapılmıştır” (Aitken, 2000: 65).

Yatırımın yeni PERT şebekesinde düğüm noktalarının t_s zamanlarında gerçekleşen olasılığı yüzdeleri ve aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Düğüm No	T_{xe}	V_{xe}	T_{xe}	T_s	z	Gerçek olasılık
0		0	0	0	0	100
1	2	0.33	0.57	3	1.75	95.5
2	3	1	1.00	2	-1	16
3	6	0.33	0.57	3	-1.7	4.5
4	6	1.36	1.16	5	-0.8	19.5
5	13	3.89	1.97	12	-0.5	31
6	19	4.33	2.08	17	-0.9	16.5

Tablo 2.4 Örneğin Gerçekleşme Olasılığı Yüzdelerine Ait Tablo

Yukarıdaki tabloya göre yatırımın 17 ayda tamamlanma olasılığı % 16.5 dır. Gerçekleşme ihtimali az olan düğüm noktalarının zamanında tamamlanması için en çok dikkatin bunlara gösterilmesi gerekmektedir.

Beklenmeyen durumlar olarak;

1. Birim faaliyetlerin süreleri emniyetli süreler olan t_b ler alınırsa bütün düğüm noktalarının tamamlanma sürelerinin olasılıkları büyük farklılıklarla % 100 bulunur.
2. Bütün faaliyetlerin T_e leri yerine en erken süreler olan T_a lar alınırsa bütün düğüm noktalarının tamamlanma sürelerinin olasılıkları 0,1,3, düğüm noktaları hariç sıfırdır.

2.7.4. En Emniyetli Yatırım Süresinin Bulunması

Yatırım ve düğüm noktalarının tamamlanma zamanları öyle bir şekilde ayarlanabilir ki, bunları yeni hesaplanan zamanlarda tamamlanma olasılıkları % 100 dür. Bu şekilde bir dengeleme yatırımın olasılık teorisine göre en emin bir şekilde programlanmalıdır.

Düğüm noktalarının yeni t_s zamanları % 100 gerçekleşme olasılığı bulunan $z = 2.0$ değeri $t_s = t_x + z$ formülünde yerine konarak hesaplanır. Bu formülle hesaplanan düğüm noktalarının yeni t_s değerleri aşağıda verilmiştir. Düğüm noktalarının t_s değerleri esas alınarak faaliyetlerin süreleri hesaplanabilir. Faaliyetlerin yeni t_s süreleri daima t_e den büyük değerler almaktadır ki bunda bir risk yoktur. Ancak bazı faaliyet süreleri, örneğin t_s , t_b den büyük olursa en fazla $t_s = t_b$ alınmalıdır. Bu durumda $t_e = t_s$ ve t_g t_s den büyük olurki bu daha da emniyetli taraftadır. Eğer düğüm noktalarının, dolayısıyla faaliyetlerinin varyansları doğru ise bütün faaliyetler üzerinde yazılı sürelerde % 100 gerçekleşir. Yatırımın en emniyetli PERT şebekesi elde edilmiş olur.

Düğüm No	T_{xe}	$z \times V_{xe}$	t_s
0		0	
1	2	1.14=1	3
2	3	2	5
3	6	1.14=1	7
4	6	2.32=2	8
5	13	3.94=4	17
6	19	4.16=4	23

Tablo 2.5 Örnek İçin Bulunan En Emniyetli Sürelerin Olasılığı

Önceki bölümlerde temel olarak zaman ile ilgilendik: bölümde planlamanın temel unsurlarından biri olan maliyetlerle ilgileneceğiz. Ama öncesinde para ve zaman arasında bir ilişkinin olduğunu hatırlatalım. CPM yönteminin en önemli avantajı herhangi bir proje için bizim maliyet ve zaman arasındaki ilişkiyi bulmamıza yardımcı olmasıdır. Bu ilişki bize şu hususlarda fayda sağlar.

1. Projeyi hızlandırmanın maliyetinin belirlenmesi
2. Belli bir tanımlanma süresi için en ekonomik programın belirlenmesi.
3. Optimum programın belirlenmesi (Burada süre direkt ve direkt olmayan maliyetlerin toplamını minimize eden süredir.)

2.7.5 Matris Metodu İle Çözüm Yöntemi

Kritik yolun tespitinde matris yönteminden yararlanılabilir. Bunun için öncelikle şebekede mevcut olan olay sayısına eşit sayıda bir kare matris çizilmesi gerekir. Bu matrise bir satır ve bir sütun, üstüne ve soluna gelecek şekilde ilave edilir ki matriste yer alan olayların numaraları bu satır ve sütunlar aracılığı ile ifade edilebilsin. Aynı zamanda eklenen satır ve sütun sayısı bir olabileceği gibi iki satır ve sütunda eklenebilir. Bu durumda kare matrise eklenen birinci satır ve sütun yine olay sırasını gösterirken, ikinci eklenen satır ve sütuna ise çözüm sırasında hesaplanacak olan en erken ve en geç tamamlanma zamanları yazılır. Bunun için ayrıca satır veya sütun ilave etmeden direk bu oluşturulan matrisin kenarına da elde edilen bilgiler yazılabilir.

ES	J	I	1	2	3	4	5	6	7
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
LF									

Şekil 2.30 Kritik Yol Tespitinde Matris Gösterimi

“Kritik Yol Tespitinde Matris Gösterimi Kare matrise iki satır ve sütun eklenmiş şekli yukarıdaki gibidir. Yedi olayı bulunan bir şebekeye ait hesaplamalar bu boyuttaki bir matris yardımı ile hesaplanır. Matris içinde bulunan bölmelerin içinde yer alan sayısal değerler faaliyet sürelerini (tij) belirtmektedir. (tij) değerinde i olayı satırda j olayı ise sütunda yer almaktadır. Bu iki olay arasında yapılması gereken faaliyetin süresi bu sebeple sadece diyagonal çizgisinin üst kısmında kalan bölmelerde yer alabilir” (Çetmeli, 1982: 29).

“Matris ile hesaplamada kritik yol tespitinde yapılan işlemler sırasıyla yapılır. İlk olarak her olayın en erken başlama zamanı hesaplanarak matrise eklenen soldaki sütuna kendisine ayrılmış olan bölme yazılır. Bu işlem ileri doğru hesaplama işlemidir. Daha sonra ise geriye doğru hesaplama işlemine geçilir. Bu hesaplamalar için ise matrisin alt kısmına ilave edilen satırın kendisine ayrılmış olan bölme her olayın en geç tamamlanma zamanları hesaplanarak yazılır. Kritik yol, hesaplanan en erken başlama ve en geç tamamlanma zamanlarının eşit olduğu faaliyetlerden oluşan yol olarak hesaplanır” (Brinckloe, William D., 1969: 143-145).

2.8. Pert Tekniğinin Avantaj ve Dezavantajları

“PERT tekniği, projenin tamamlanma süresini belirli bir olasılık değerine bağlı olarak verdiği için zamanlama ile ilgili bir değişiklik yapılması diğer yöntemlere göre daha kolaydır. Bu yöntem ile projenin herhangi bir tarihte tamamlanma olasılığının yüzde kaç olduğu hesaplanabilmektedir” (Fabrycky, W..J., P.M. Ghare, v.d., 1984: 286).

“PERT tekniğinde, faaliyetlerin süresi ile değil beklenen değerleri ile analiz yapılır. Bunun sebebi bu yöntem ilk defa uygulanacak bir analiz için söz konusudur dolayısıyla faaliyetlerin süreleri kesin olarak tespit edilememektedir” (Dyer, James S. 1981: 327).

“Bu yöntem için optimizasyon söz konusu değildir. Analiz sonuçları en iyi değerleri vermez sadece yöneticiye fikir verir, Kontrolün daha bilinçli bir şekilde yapılmasına yardımcı olur” (Russell L. Ackoff v.d., 1968:289).

“PERT analizinin en önemli dezavantajı ise faaliyet süreleri beta dağılımını izlemeyebilir. Bu durumda faaliyetlerin beklenen sürelerinin beta dağılımına göre hesaplanan değerleri yanlış olacaktır” (Winston, Wayne L. 1994: 429).

2.9 Cpm ve Pert Yöntemlerinin Karşılaştırılması

“CPM ve PERT teknikleri aynı amaca hizmet etmektedir. Her iki yöntemde de projeyi planlama programlama - uygulama ve kontrol aşamaları yer almaktadır. Her iki yöntemin ulaşmak istediği asıl sonuç projenin hangi tarihte tamamlanacağını belirlemektir” (Ravindran, A., Don T. Phillips v.d., 1987: 109).

İki teknik birbirine benzemekle birlikte temelde önemli yapısal farklılıkları bulunmaktadır. Bu farklılıklardan ilki faaliyet süreleri ile ilgilidir. CPM yönteminde faaliyet süreleri kesin, PERT tekniğinde ise olasılıklıdır. Önemli ikinci farklılık ise bu yöntemlerin kullanım alanları ile ilgilidir. CPM yöntemi daha önce yapılan ve hala yapılmakta olan proje konuları ile ilgilenmektedir. Bu sebeple önceki tecrübelerle dayanarak faaliyet süreleri kesin olarak belirlenebilmektedir. Ancak “PERT tekniği için böyle bir durum söz konusu değildir. PERT tekniğinin uygulama alanı ilk defa uygulanacak projelerden, oluşmaktadır. Dolayısıyla faaliyet süreleri tahmin edilen, beklenen sürelerdir ve kesin değildir” (DeGarmo, E. Paul, v.d., 1984: 563).

PERT tekniği ilk defa gerçekleştirilecek bir projeye uygulanacağı için maliyet analizi yapılması çok güçtür ve sağlıklı sonuç vermez. Maliyet analizi, projenin hızlandırılması gibi kavramlar CPM yöntemi içinde gerçekleştirilen analizlerdir.

CPM yöntemini en belirgin özelliği maliyet unsurunun çözüm yöntemi içerisinde yer almasıdır (Kargül, 1996: 221,222).

CPM yönteminde önemli olan faaliyetlerin gerçekleştirilmesidir. Bu yöntemde olaylardan çok faaliyetlerin gerçekleştirilmesine önem verilmektedir. CPM yöntemi PERT tekniğinden ayrı olarak faaliyete yöneliktir (Sağın, 1974: 97).

PERT tekniği ise faaliyetten çok olaya yönelik bir yöntemdir (Kerzner, 2003: 471).

“İlk bakışta olasılıklı ve üç farklı zaman içerdiği için PERT tekniğinin daha gerçekçi olduğu düşünülebilir ancak bu yöntem, CPM yöntemine göre daha az tercih edilir. Bu durumun iki önemli nedeni vardır. Birincisi, beta dağılımına uygunluk gösterdiği varsayılan üç zamanı tahmin etmek oldukça güçtür.

Bunun yanı sıra faaliyet sürelerini belirleyen kişiler aşırı güvence isterse, en kötümser zamanı yüksek belirleyebilir ve bu durum analiz sonuçlarını doğrudan etkiler. İkincisi ise, faaliyet süreleri beta dağılımını izlemeyebilir” (Taylor, 1990: 732).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM RİSK YÖNETİMİ

3.1. Risk

Risk kavramı konusunda literatürde birçok tanımlamalar yapılmıştır bunlardan biri; “Risk, projenin başarıyla tamamlanmasını engelleyen faktörlere risk denir. Risk problem değildir. Problem o anda oluşandır. Risk ise problemin oluşmasına neden olan faktördür” (Şakar.02.09.2007).

Riskler proje gidişatına olumsuz etki yaparak sonucu belirsiz kılarken maliyet artılarına da neden olur. Bir başka tanımında, “Risk gerçekleştiği zaman, maliyet, kapsam veya kalite gibi olay ya da koşullar hakkında bir belirsizlik ifade eden, en az bir proje amacı üzerinde, olumlu ya da olumsuz etkisi olan belirsiz olay veya koşuldur” (Pmbok, 2004: 373). Merrett ve Sykes riski, “çıktısında belli herhangi bir bilgi yer almayan durum olarak tanımlar “ (Ababneh, 2000: 12).

“Lifson ve Shaifer riski, “çıktıların tahmin değerleriyle belirsizliklerin birleşimi olarak tanımlarken” Al-bahar, “belirsizlik sonuçları gibi proje amaçlarını iyi ya da kötü yönde etkileyen olayların gerçekleştirme ansızın ortaya çıkması olarak tanımlar” (Al-bahar, 1990:116).

“Riskler, kurumun hedeflerine ulaşmasını etkileyecek potansiyele sahip bir olayın, olasılık ve şiddetini açıklar. Nitel olarak değerlendirilebildiği gibi, nicel olarak da değerlendirilebilmektedir”. Williams ve Heims (1971), Perry ve Hayes (1985) ile Barish, “riski, değeri tahminlenmiş olayların tahminlenen olasılık dağılımı olarak tanımlar” (Ababneh, 2000: 15).

Amos’a göre “risk, belli bir olayın gerçekleşme olasılığı istatistiksel olarak değerlendirilebildiği zaman gerçekleşir”. (Amos, 1997: 7)

Artto ve Kahkönen riskin bir başka boyutunu da olduğunu göstermişlerdir. “Risk hissi, risk yönetimi uygulamaları geliştirme konusunda yenilik uygulamalarından biridir”. “Risk, beklenen değer etrafında çıktılarının dağılımı olarak tanımlar” (Kangari, 1981: 598).

Pmbok’a (2004) göre, “projelerdeki risk ise bir projede meydana gelme olasılığı olan olaylar ve sonuçlar ile bunların projeye olan etkileridir. Projelerin başarıyla sonuçlanma durumu her zaman garantisi yoktur. Bazen hiç beklenmeyen basit aktivitede bile sorunlar çıkabilir. Proje riski zaman, maliyet, kapsam veya kalite olarak proje hedeflerinin en az birine olumlu veya olumsuz etki eden belirsiz bir olay veya şarttır.

Proje riski, olumsuz durumların proje amaçlarını etkileyen sonuçlarının ortaya çıkma derecesidir” (Pmbok, 2004). Demekki risk, Proje faaliyetlerinin sonuçlarının değişime uğrama ihtimali olan etkilerdir. Risk, meydana geldiği zaman proje ve proje yürütücülerinin, takım üyelerinin değiştirme zorunluluğu olabilmektedir. Knight, Farrar ve Bussey, bir durumun risk olarak nitelendirilebilmesi için olası sonuçların olasılıklarını tahmin etmek için yeterli miktarda geçmiş deneyim olması gerektiğini savunur” (Ababneh, 2000: 14).

“Projelerde önemli olan daha önce yapılmış olan projelerden ders çıkararak aynı veya benzer hataları tekrarlamamaktır. Bir risk belirlenip tanımlandıktan sonra risk olmaktan çıkar, düzeltilebilir bir yönetim sorunu haline gelir. Bu durumda belirleme ve tanımlama süreci yapbozun en önemli parçasıdır” (Amos, Dent,1997: 7).

Yukarıdaki bu tanımlardan çıkarılacak sonuçlar, tanımlanan riskleri planlanmak, yönetmek ve kontrol edilmek için olabilecek kısıtlamalara gelecekteki süreçlere veri oluştururlar. Risk bileşenleri, risk, risk olasılığı, risk sonucu veya etkisi ile risk durumudur. Risklerin, hem pozitif hem de negatif etkileri vardır. Riskler sadece olaylara değil gelecekteki proje koşullarına da bağlıdır. Koşullar iyi ya da kötü olabilir.

Önemli olan proje devamlılığının ilk aşamalarında tahmin etmeyi sağlıklı yapmak ve risklerin en aza etki seviyesine indirilmesidir. Proje devamlılı içerisinde şartlar değişebilir olmasından dolayı ortaya çıkmaktadır. Bütün riskler olumsuz etki yapacak diye bir kural yoktur. Kısmi etkilerde söz konusu olabilir.

Bütün riskler olumsuz değildir. Bir takım faaliyetler daha kolay yapmak gibi durum riskleri örnek verilebilir. Ya da proje girdi maliyetlerinin düşük olmasında fırsat denecek bir risk etkisidir. Ozaman fırsat bir çeşit pozitif etkili riskdir.

3.2. Risk Yönetimi

“Risk yönetiminin amacı, yatırım projelerinde kişilere veya organizasyonlara risk ve belirsizliği açıkça gösteren pratik ve basit teknikler geliştirmek, karar verici yargısına dayalı anlaşılır, bilgiler vererek riski tanımlamak, analiz etme ve yönetmede yardım etmektir. Nicel Teknikler, risk analizinin bütün amacını karşılar. Bu teknikler, maliyet ve süreç aksaklıklarına rağmen kullanılan planlama yapılarına dayandırılır ve doğal planlama ve tahminleme sürecine uyar. Nicel risk değerlendirme, bilgisayara dayalı araçların kullanımına ve var olan bilginin miktarına gereksinim duyar. Risk yönetimi, birbirini takip eden faaliyetlerin oluşturduğu birkaç boyuttan oluşan bir süreçtir” (Ersar, 1996:22-29). Risk planlarken amaç, yönetime, risklerin azaltılması için, riski aşmak için veya mümkün olduğu kadar bertaraf etmek, faaliyetler geliştirmek, bertaraf edilemeyen risklere karşı zaman ve para kaynakları atamak için organize olmuş bir görüş sağlamaktır. Risk planlama, sürekli olarak yapılan yönetim faaliyetleriyle bütünleşmiş bir boyuttur. Risk planlaması yapılırken, sistematik bir metod ve yöntem uygulanmalıdır.

Bunun için risk ölçen teknikler, risk analizleri ve risk değerlendirme yapıldıktan sonra, kontrol ve dökümantasyon gibi bütün risk yönetimi aktivitelerinin planlandığı aşamadır. Risk değerlendirmede, çözüm hedeflerine ulaşmayı engelleyecek risklerin sayısallaştırarak etkilerine göre öncelik sırası verilmelidir. Karşılaşılan her riskin iyi tanımlanması, yaptığı etkinin projeye getirdiği maliyetin risk değerlendirmenin asıl konusudur. Bu etkilerin önemine göre a ve b planları geliştirme boyutunun içinde yer alan bir faaliyettir. Risk saptaması ve değerlendirme aşamasından sonra gelen riske çözüm geliştirme boyutu ise, belirlenen risklere karşı ne gibi aktivelerin yapılması gerektiğine karar verilen aşamadır. Risk belirlemede nitel, nicel veya anket yöntemlerinden biri kullanılabilir. Nicel teknikler, risk analizinin bütün amacını karşılar.

Bu teknikler, maliyet ve süreç aksaklıklarına rağmen kullanılan planlama yapılarına dayandırılır ve doğal planlama ve tahmin etme sürecine uyarlar. Nicel risk değerlendirme, bilgisayara dayalı araçların ve yazılımların kullanımına ve var olan bilginin miktarına gereksinim duyar. Risk yönetimi sürecinin son aşamasında bütün süreçte yapılan faaliyetlerin ortaya konulması, aktif olarak sürdürülmesidir.

Risk yönetim süreci devam ederken riske karşı geliştirilen alternatif faaliyetlerin etkilerini de sürekli kontrol edip başarı derecelerini belirlemek sürecin başarısı açısından önemlidir.

3.3. Risk Analizi ve Risk Belirsizliği

Risk analizi günümüzde çeşitli yazılımlar, matematiksel modeller ve bunların temel teorisini oluşturan pert, cpm, cristal ball, monte carlo ve geleneksel tahmin ve teknik yöntemleri bileşkesi sayılabilecek yeni yazılımlar sayesinde çok daha kolay, anlaşılır hale gelmiştir. Risk Analizi, potansiyel problemleri önceden belirleyerek, durumu olabilecekleri önceden öngörme şeklinde yönetmek ve planlamak için kullanılan bir süreçtir. Her hangi bir plan, proje veya operasyon da meydana gelebilecek sorunları veya aksayacak yönleri ortaya çıkarmayı, fizibilite yapmayı, gelecekte ortaya çıkabilecek tehditleri değerlendirmeyi bunların olasılık ve ciddiyetini saptamayı, mevcut faaliyetlerin gelecekte de başarıyla devam etmesini sağlamak için risklere karşı önlemleri içeren bir plan geliştirmeyi, yaptığımız planın belli alanlarını korumak için önlemler geliştirip, uygulamak, önlem maliyeti üstlenmeyi gerektirir. Ekonomik değerlendirmelerdeki bütün veriler risk ve belirsizliğine bağlıdır. Risk ve belirsizlik arasındaki farkı (Alpan, 1994).göre, şu şekilde özetlenebilir;

“Risk, belirlenebilir proje çıktılarının olasılık verileri ile ilgili durumları tanımlamak için kullanılır. Risk sadece çıktıların olasılıkları ile tahmin edilebilen projelerle ilgilidir. Yol kazası veya ölüm ya da gibi durumları tahmin etmede geçmiş veriler kullanılabilir. Belirsizlik ne proje çıktıları nede bilinen olasılıkları hakkında uygun geçmiş verilere sahip olmayan durumları ifade eder. Örneğin, yeni bir ürün için satışlar belirsiz olarak tanımlanabilir” (Alpan, 1994:19).

Bir başka görüş, literatürde risk ve belirsizlik arasındaki fark konusunda keskin ayırım yapmaktadır. Ancak sonuç ve olasılık konusunda aynı tespitleri yapamıyorlarsa burada bir belirsizlik söz konusudur. “Proje çıktılarında negatif etkisi olan belirsiz olaylar risk, proje performansına olumlu ve kar sağlayıcı etkisi olan belirsiz olaylar fırsattır” (Perminova, Gustafson, Wikström, 2008: 73).

Bir diğer görüş ise; “Risklerle hareket edildiği zaman, gelişme potansiyeli de söz konusudur. Riskler her fırsatlara doğru orantılı olarak artma eğilimi gösterirler. Riski çok iyi özetleyen bir söz vardır “kaplumbağa başını kabuğundan çıkarıp risk aldıkça yol alır. Risk oranının yüksek olması değerlendirilecek fırsat ve proje değerini de beraberinde yüksek kılar. Fırsatlar ve tehditler nadiren de olsa bağımsız olabildiği gibi aynı anda da ortaya çıkabilir. Risk, bir belirsizlik halidir ama her belirsiz durum risk olarak nitelendirilemez” (Filiz, 06.10.2007).

“Risk belirsizliğin ölçümüdür. Belirsizlik yoksa risk de yoktur. Alternatif olası çıktılarının olasılıkları bilindiği zaman risk, olasılıkları bilinmediği zaman da belirsizlik olarak nitelendirilir. İleriye dönük belirsizlikler daha çok bilgi eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Gelecek hakkındaki belirsizlikler, sonucu olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilir ama gelecekteki olaylar hakkındaki bilgi eksikliği belirsizliğe neden olur”. (Ababneh, 2000: 14)

Dolayısıyla, belirsizlik, olumlu ya da olumsuz tüm olası sonuçların bileşkesidir. Olumlu sonuçların gerçekleşmesi olasılığından fayda sağlanırken, olumsuz sonuçların gerçekleşmesinde ise risk oluşur. Birçok araştırmacı risk yerine onun içerdiğinden daha fazlasını içeren belirsizlik kavramını tercih etmişlerdir. Belirsizlik kavramı riskin değişkenliğini ve belirsizliğini iyi bir şekilde yansıtmaktadır. Ancak belirsizlik her zaman olumsuz çağrışım yapmaktadır. Eğer belirsizlik, eksi veya artı yönlerin ayrımını yapabilseydi risk kavramının yerini alabilecekti.

“Belirsizliğe neden olan faktörler arasında; insan unsuru, işletme büyüklüğü, örgütlenme sorunları, kurumun hukuki yapısı, politik etkenler, kamu iktisadi, politikasındaki değişiklik ve kararlarda süreklilik derecesi, işletmenin ileriye görme ve ona göre önlem alma olanağı, hukuki etkenler, teknolojik ve sosyal etkenler sayılabilir” (Uğur, 2007).

“Belirsizliklerin proje çıktılarına olumlu ve olumsuz etkileri olabilir. Belirsizlikler projelerde iç ya da dış kaynaklardan meydana gelebilir” (Perminova, Gustafson, Wikström, 2008: 74).

“Risk ifadesi ise tam tersine uygun geçmiş bilgilerden yararlanarak olasılıksal olarak tanımlanan başarı veya başarısızlık durumları için kullanılır. Nicel olarak ifade edilen belirsizlik belirsizlik olmaktan çıkmış, artık risk olmuştur ve yönetilmesi gerekmektedir” (Öztaş, Ökmen, 2005: 1244).

Bazı araştırmacılar ise risk ve belirsizlik arasında fark olmadığı görüşündedir. “Newendrop, Moavenzadeh ve Rossow risk ve belirsizlik arasında hiçbir fark görmemektedir. Bu iki terimi eşanlamlıymış gibi kullanmaktadırlar” (Ababneh, 2000: 15).

“Belirsizlik, fırsat ve risk birbirine benzer kavramlardır. Risk ölçülebilen belirsizlik, belirsizlik ölçülemeyen risktir” (Amos, Dent, 1997). Newton’a göre risk ve belirsizlik iç içe kavramlardır (Newton, Smith, 1992:10,431).

“Lindley, istatistiksel olayların risk, istatistiksel olmayanların belirsizlik olduğu görüşündedir. İstatistiksel olaylar birçok kez tekrar edilen, istatistiksel olmayan olaylar da bir kereye mahsus gerçekleşen olaylardır” (Ababneh, 2000: 14). “Morris ise alternatif olası çıktılarının olasılıkları bilindiği zaman risk, olasılıkları bilinmediği zaman da belirsizlik olarak nitelendirildiği görüşündedir” (Ababneh, 2000: 14). Risk, her türlü olasılığın ve sonuçlarının bilinerek alternatiflerinin değerlendirilmesi, belirsizlik ise, bütün olasılıkların ve sonuçlarının bilinmemesi durumu olduğundan risk ve belirsizlik analiziyle projenin en doğru şekilde gerçekleştirilmesine çalışılır.

“Perry ve Hayes, Healy, Porter ile Al-bahar ve McKim riski inşaat sürecindeki gelişmelerden orataya çıkan ekonomik kayıp ya da kazancın ortaya çıkması olarak nitelendirirler. Moavenzadeh ve Rossow ise riski sadece kayıp olarak nitelendirirler” (Ababneh, 2000: 15).

“Perry ve Hayes ile Al-bahar yapı risk yönetiminde risk ve belirsizlik kavramları arasında ayırım yapmanın gereksiz olduğu ve bir yarar sağlamayacağı görüşündedir” (Ababneh, 2000: 15).

“Chapman ve Ward, projelerdeki belirsizliklerin o proje için önemli olduğunu ve belirsizliğin projenin zaman ve maliyet kısıtlarından fazlasına bağlı olduğunu savunur”.

Projelerdeki belirsizlikleri etkin bir şekilde yönetmek proje risk yönetimi için çok önemlidir. Projelerde riskler kesinlik olmadığı için ortaya çıkar ve genellikle projelerin başlangıç aşamasında bu tür belirsizliklerle karşılaşılır. “Riskin bir başka anlamı da kayıp, zarar veya diğer istenmeyen sonuçlara maruz kalarak istenmeyen durumların olması anlamasıdır. Belirsizlik, geçmiş, şuan veya gelecek olaylar, değerler veya artışlar hakkındaki bilgi eksikliğinden ortaya çıkar. Bunun anlamı, tahmin edilen olasılık dağılımının doğruluğunda güven eksikliği bulunduğu” (Charette, 1990: 15).

3.4. Risk ve Belirsizliğin Nedenleri

Proje yönetiminde gerek üretim, gerek inşaat veya imalat sektörü yatırımlarımda risk olsun belirsizliklerinin olmaması düşünülemez.

Canada(1971) Tarafından tanımlanan bazı ana nedenler şunlardır;

“Benzer yatırımların yetersizliği (genelde, firmalar belirli özelliklerde birkaç yatırıma sahiptir. Bunun anlamı belirli yatırım tipleri için olumsuz çıktı etkilerini olumlu çıktılarla örtmek için fırsat yetersiz olacaktır).

Veriler ve değerlendirmelerindeki sapma (genellikle bireyler ekonomik analizlerinde iyimserlik veya kötümserlik sapmalarıyla karar verir veya bilinçsizce nesnel çalışma için gerekli olmayan faktörlerden etkilenir).

İşsel ekonomik çevrenin değişmesi ve geçersiz geçmiş tecrübeler (Geçmiş verileri beklenen gelecek şartlar için hükümsüz ve doğrudan kullanıldığında risk taşır).

Verilerin yanlış yorumu (Tahmin edilecek unsurlar ardındaki önemli faktörler çok karmaşık olduğunda bir veya daha çok faktör arasındaki ilişkiler yanlış yorumlanabilir).

Analiz hataları (Hatalar ya projenin tekniği işlem özelliklerinin analizinde ya da projenin finansal uygulamalarının analizinde ortaya çıkar).

Yönetimsel kabiliyetin varlığı ve önemi, Yatırımın kurtarılabilirliği (Yatırımın kurtarılabilirliği risk değerlendirmelerinde başlıca düşüncedir) ve Eskimedir.”

3.5. Belirsizlik Ve Riskler İle İlgili Geleneksel Yaklaşımlar

Belirsizlik ve risk kaynak dağıtım problemlerinin özünü oluşturur. Çünkü belirsiz gelecekle ilgili olan bütün kararlar tahminlere dayanır. Bu yüzden risk ve belirsizlik birçok teorisyenin ve pratisyenin dikkatini çekmektedir.

“Endüstride belirsizlik ve risk ile ilgili yaygın olarak kullanılan bazı yaklaşımlar mevcuttur. Bu yaklaşımlar aşağıda verilmiştir” (Alpan, 1994: 19-52).

3.5.1. Sezgisel Metot

“Büyük olasılıkla risk problemleriyle ilgili en yaygın kullanılan yaklaşım bir nokta tahmini yapmak ve sonra sezgisel yargıyı kullanmaktır. Prosedür, öncelikle belirsizlik miktarlarının her biri için öngörülen en iyi tahmini yapmak ve fiyatlar, ücretler, talep, vs) öngörülen nakit akışlarını hesaplamak için girdi olarak bu öngörülerini kullanmaktır sonra, verilen nakit akışları ve projenin performans ölçüleri hesaplanır” (Harrison, 1973: 81-94).

3.5.2. Beklenen Proje Yaşamını Azaltma

Belirsizliği telafi etmek için hala sıklıkla kullanılan diğer bir prosedür beklenen proje döngüsünü azaltmaktır. Bir görüşe göre ;”Gelecekte ileri ve daha ileri tahminler yapıldığında, tahminler az ve daha az güvenilir olmaktadır. Proje hayatının kısaltılması bu uzak, güvenilmez tahminlere önem vermemeye eşdeğerdir. Ayrıca, uzak sonuçlar aleyhte olmaktan daha çok lehte olmaktadır, öyle ki, uzun vadeli tahminlenen nakit akışları genel olarak pozitifdir (net gelirlerden elde edilir) ve yakın zamanlı tahminlenen nakit akışı negatiftir (başlangıç maliyetinden elde edilir). Beklenen proje yaşamının azaltılması, muhtemel gelecek karların önüne geçerek taslağı engelleme etkisine sahip, böylelikle minimum etkili geri dönüş oranını aynı yolla arttıran riske izin verme marjinal olarak etkili önerileri engeller” (Alpan, 1994:19-52).

3.5.3. Risk Ayarlı İndirim Oranı

Bu yöntemde, projenin parasal akışında risk primleri kullanılır. Örneğin, risk oluşması durumunu açıklamak için risk primi risksiz indirim oranına eklenir.

Bununla birlikte, projenin her aşamasında risk priminin belirlenmesi zor bir görevdir. Risk priminin çift sayılması yüzünden yanlış sonuçlara gidilebilir, çünkü uygulamada indirim oranı genellikle risk primini kapsar. Bazı analistler şöyle açıklamışlardır;

(Hodder ve Riggs, 1985:), “İndirilmiş nakit analizinde kullanılan tipik indirim oranının üç bölüm olarak düşünülebileceğini ifade etmişlerdir. Paranın risksiz zaman değeri, beklenen enflasyon için prim ve proje riski ile artan risk primi. Enflasyon, hem proje riski ve hem de risksiz oran zamana göre değişebildiğinden, analist farklı zamanda farklı değerlere sahip olmak için indirim oranına izin vermelidir.

Bununla birlikte, uygulamada indirilmiş nakit akış hesaplamaları sabit indirim oranı kullanılarak elde edilir. Yine aynı yazarlar “Dramatik olarak farklı risk aşamalı projeler için, sonuç, proje değerinin ciddi bir yanlış tahmini olabilir. Sonuç olarak (Hodder, Riggs, 1985: 128-135) belirgin risk aşamalarının bir sırası olarak yüksek riskli projelerin değerlendirilmesini tavsiye eder”.

3.5.4. Risk Seviyesi İle Geri Dönüş Oranının Farklılaştırılması

“Minimum etkili geri dönüş oranının içinde güvenli bir sınır oluşturmak yerine, bazı firmalar, her sınıf için ayrı standartların olduğu birkaç risk sınıfı oluştururlar. Örneğin, bir firmaya en az %15 üretmek için düşük riskli yatırımlar ve en az %20 üretmek için orta-risk yatırımlar gerekebilir ve yüksek risk teklifleri için %25 minimum etkili geri dönüş oranı belirleyebilir. Analist sonra spesifik teklif sınıfının ait olduğu ve minimum etkili geri dönüş oranının kullanıldığı analize karar verir. Her ne kadar bu yaklaşım tüm alternatiflerin eşit olarak ele alınmasından bir adım ötede olsa da, bu durum bireysel tekliflerle ilgili belirsizlik üzerine odaklanmada başarısız olunma durumundaki tatminden daha azdır. Riskin aynı derecesine tamamıyla sahip iki teklif yoktur ve gruplandırılan alternatifler bu noktada kolay anlaşılmaz. Ayrıca, karar vericinin dikkati, bireysel tahminler olan belirsizlik nedenlerine yönelmelidir” (Hodder, Riggs, 1985: 128-135).

3.5.5. Duyarlılık Analizi

Belirsizlik, olacak şeylerden çok olabilen şeyler demektir. Böylece, bir analist nakit akış tahmini ile karşı karşıya kaldığında, daha başka ne olabileceğini keşfetmeye çalışmalıdır. Duyarlılık analizinin amacı bir değişken için pozitif değişim aralığını belirlemek ve projenin karlılığının bu değişkendeki değişimlere ne kadar duyarlı olduğunu bulmaktır. Duyarlılık analizi, değişkenlerdeki aynı anlık değişimlerin analizine imkan vermez ve her bireysel değişkenin mümkün değişim aralığını ve bu aralık içinde her değişenlerin olasılığını göstermez. Bir analiste göre; “Bununla birlikte, gelecek çalışmanın toplanması gereken önem bölgelerini bulduğu için faydalıdır. Değişkenler genellikle belli bir zamanda bir kere değişmezler. Bununla birlikte birçok işletme, değişkenlerin alternatif akla yatkın kombinasyonlarının proje üzerindeki etkisini inceleyerek bu problemlerin altından kalkmaya çalışmaktadırlar. Diğer bir deyişle, farklı senaryolar altında projenin performans ölçüsünü tahminleyecek ve temel durum ile bu tahmini karşılaştıracaklardır”. (Brealey ve Myers, 1988).

(Pouliquen, 1970) göre, “Duyarlılık analizinin bilinmeyen değişkenler bakımından nakit akışlarının açıklanmasını ve değişkenleri yanlı tahmin etmenin sonuçlarını hesaplamayı ifade ettiğini belirtirler. Bu yöneticiyi önemli değişkenleri belirlemesi için zorlar, en faydalı olacak ilaveyi gösterir ve karmaşık veya uygun olmayan tahminleri ortaya çıkarmak için yardım eder. Duyarlılık analizinin bir dezavantajı, daima belli bir miktar belirsiz sonuçlar vermesidir. Örneğin, Malzeme kalitesi ve işçiliği gibi, Pazar payına vs. göre duyarlılık analizi uygulamak için, pazarlama veya üretim personeline önemli değişkenler için iyimser ve kötümser tahminler içeren cevaplar istenir. Bununla birlikte, iyimser ve kötümser tam olarak ne demektir? Pazarlama departmanı bu terimleri üretim departmanından farklı şekilde yorumlayabilir. Bu bir tahmin edicinin muhtemel sonuçların tam olasılık dağılımı hakkında kişisel düşüncesini elde etmek için zor bir yoldur. Duyarlılık analizi ile diğer bir problem önemli değişkenlerin karşılıklı ilişkili olmasıdır. Bazen analist kabaca bağımsız olan önemli değişkenleri belirleyerek problemin etrafında dolaşır.

“Duyarlılık analizinde değişkenlerin daha çok kombinasyonları denenerek, projenin bir resmi oluşturulabilir. Projenin bir tam, yapay resmini elde etmenin tek yolu olasılık analizi ile ilerlemektedir” (Pouliquen, 1970).

3.5.6. Risk İçeren Proje Analizinin Olasılıklı Uygulaması

“Proje yöneticisi açısından projenin gerçekleştirilmesi ile ilgili tüm risklerin tanımlanması gerekir. Bu, yalnızca kaba bir tanımlamadır ve kaçınılabilen maliyetler ile zaman içindeki fazla çalışmalara zarar veren projenin belirsizliklerinin analizidir. Mühendislik endüstrisinde yüksek rekabetin artan farkındalığına, yatırımcılar tarafından hoş görölen performans beklentisine rağmen, yeterli önleyici analiz kullanımına ve risk simölasyonuna az rastlanır. Birçok durumda proje yöneticileri hala, karşılaşılan proje hedef olasılığını bilmeksizin zaman ve maliyet tamponu yaratmaktadır” (Krantz, 1984:13,14).

“Mantıksal karar süreci içinde, gelecek olaylar hakkında belirsizliği görebilmek için, olasılık teorisinden yararlanmak gereklidir. Olasılık teorisi, belirsizliğin kantitatif uygulaması ile ilgili geni bilgi yapısından oluşur. Olasılık teorisinin kullanılmasıyla olayların tek bir şekilde belirlenmesi mümkündür, böylece belirsizlik ortadan kalkar ve teori içinde oluşturulan her durum belirgindir ve açık bir şekilde anlaşılmaktadır. Olasılık teorisi belirsizliğin bir rakam ile gösterilmesine izin verir, böylece farklı olayların belirsizliği karşılaştırılabilir”. (Fabrycky ve Thuesen, 1980).

“Duyarlılık analizinin aksine, olasılık analizi projenin tam bir resmini verir ve proje riskinin belirlenmesine imkan sağlar. Bu “doğru” risk değildir, fakat risk bir değer biçme görevi olarak görülür. Geri dönüş oranının olasılık dağılışı riski özetler, değer biçme görevinin tam bir kararını gösterdiği söylenebilir” (Pouliquen, 1970).

“Duyarlılık ve olasılık analizi birbirinin alternatifi olarak düşünölemez. Birbirinin tamamlayıcısı olarak düşünölebilir, örneğin her biri diğerine anlam sağlar. Analiz içinde her bir bireysel değişken için olasılık dağılımını oluşturulması ayrıntılı ve zaman alıcı olduğundan, olasılık analizi yalnızca performans ölçümü belirlemede kritik olan duyarlılık analizi ile tanımlanan değişkenlerle ilgilenmelidir” (Sarıaslan, 1989: 99-118).

Diğer bir bilimsel görüş; “Genel olarak, karara olan ihtiyacı azaltabilen veya stratejik planlama kararlarını otomatik olarak yapabilen bir kantitatif teknik yoktur. Çok sayıda planlama kararı genellikle tam belirlemeyi hiçe sayan alternatiflerin sayısına dayanır.

Dahası, Kantitatif veri, nadiren doğru tahminleri önerir ve en iyisi, sonuçların istatistiksel değişim aralığı ile çalışılmalıdır. Bu demektir ki, daima sonuçların kendi subjektif olasılık dağılımlarına ulaşmak için sert kantitatif veri ile yumuşak kantitatif veriyi birleştirmek zorundadır” (Everett, 1986).

Bu tür bilgi kaynaklarını birleştirme üzerine başarı ve başarısızlığın subjektif olasılığını yorumlamaya çalışmıştır.

“Gerçek hayat kararları için olasılık teorisinin tüm uygulamaları ön veya subjektif tahmin veya olasılıklar gerektirmektedir. Maalesef, karar vericiler güçlü bir iyimserlik eğilimiyleri olasılıkları tahminlemede fazlasıyla kötüdürler. Bu yüzden, risk analizinde yöntemlerin kullanımın da büyük bir dikkat gerekmektedir” (Harrison, 1973:81,94).

3.6. Projelerde Risk Yönetimi

Projeler daha karmaşık hale gelip rekabet gittikçe zorlaştığı için risk yönetimi başarılı proje yönetimi için kritik bir durum halini almaktadır.

“Riskler projenin amaçları üzerindeki potansiyel etkileriyle değerlendirildikleri için etkin risk yönetimiyle proje başarısı arasında doğrudan bir ilişki vardır” (Baloi, Price, 2003: 264).

“En çok sayılan proje amaçları arasında zaman, bütçe ve kalitenin beklenen düzeyde sağlanmasına ek olarak müşteri memnuniyeti gelir” (Özorhon ve diğerleri, 2007: 801).

“Belirsizlik ortamında fırsatları değerlendirerek şirketler ayakta kalmakta, projeler de bu fırsatların avantajlarından yararlanmayı hedeflemektedir. Bir projeyi ele almak, yeni bir şeyler başarmak veya ortaya koymak, riske girmektir. Bu nedenle risk, projenin temel elemanıdır. Bununla beraber zor rekabet şartları, gelişmiş teknoloji ve zor ekonomik koşullarla risk almak kaçınılmazdır. Bu nedenle proje risklerini belirlemek ve riskleri büyük ölçüde azaltmak için stratejiler geliştirmek için projelerde risk yönetimi yapılır. Bu çalışmalar aynı zamanda fırsatları çoğaltmak için de yapılır.

Aslında risk yönetimi yanlış giden şeylerin net etkilerini ve olasılıklarını azaltmak için planlama yapmayı gerektirir. Bir proje ortamında risk yönetimi, kesin olarak bilinmeyen proje tabanlı olaylar veya koşullar gibi belirsizliğin tanımlanması, analiz edilmesi ve sonuçlanmasının sistematik sürecidir” (Zafra-Cabeza, Rıdao, Camaço, 2007: 708).

“Risk genellikle belirsiz olay olarak tanımlanır, hatta bazı araştırmalarda proje risk yönetimi proje belirsizlik yönetimi olarak ele alınır” (Perminova, Gustafsson, Wikström, 2008: 73).

“Proje risk yönetimi, risk yönetimini yürütmekle ilgili planlama, tespit etme, analiz etme, tepki verme, gözleme ve kontrol etme süreçleridir. Proje risk yönetiminin amacı olumlu olayların etkilerini ve olasılıklarını artırmak, olumsuz olayların etki ve olasılıklarını azaltmaktır”. (pmbok)

“Risk yönetimi, proje amaçlarının gerçekleştiğinden emin olmak için projenin her aşamasında risk belirleme, risk analizi, risk karşılama planı, kontrol ve eylem planı görevlerinin yapılmasını kapsar. Risk yönetimi(RM) belirsizlik kaynaklarını tanımlamak, belirsiz olayların ve koşulların nedenlerini tahminlemek, tahminlenen çıktıların ışığında çözüm stratejileri ortaya koymaktır” (Dikmen vd., 2008: 42).

“Proje risk yönetiminde asıl amaç, belirsizliğı fırsatlara doğru yönlendirerek risklerden uzak tutmaktır. Her türlü projede girdi, süreç, çıktı ve geribildirimlerden oluşan döngüyle basit bir yönetim söz konusuysen risk yönetiminde belirsizlik, olasılık veya tahmin edilemeyen durumlar söz konusudur. Proje risk yönetimi, muhtemel ters olaylar gerçekleştikten sonra müdahale değil, bu olaylar gerçekleşmeden yapılan hazırlıklardır. İleriye dönük planlarla projeyi amaçlardan sapmadan başarıya ulaştırabilecek alternatif planı seçmek mümkündür. Şirket yönetiminin, şirketin kaderini olumlu yönde etkileyecek doğru kararlar verme sorumluluğı vardır. İdeal olan bütün kararların, doğru kararlar verebilmek için tüm gerekli bilgilere ulaşılabilirdiği ve sonuçların yüksek güvenilirlik derecesiyle tahmin edilebildiği belirlilik ortamında verilmesidir. Gerçekte ise çoğı kararlar bütün bilgilere sahip olmadan alınır. Sonucunda da çıktıda belirsizlikler oluşur. Hiçbir bilgiye ulaşamadığı sıradışı durumlarda da çıktı hakkında hiçbir yargıya varılamaz ve toplam belirsizlik durumu ortaya çıkar.

Projelerin girdileri ve çıktıları arasındaki ilişkiler karmaşıklıktıkça analizler yapmak, olası gidişatı tahmin etmek güçleşebilir. Bu gibi durumlarda simülasyon teknikleri kullanılarak, proje değişkenleri ve riskleri modellenenir. Simülasyon çalışmasıyla risk analizi yapılarak en iyi ve en kötü senaryolar ile olası gelişmelerin tahmini daha sağlıklı yapılabilir. Bazen de daha basit yöntemlerle risk değerlendirme analizleri yapılabilir.

Büyük belirsizlikler projenin erken aşamalarında ortaya çıkar. Bütün riskler proje başlangıcında belirlenmeli ve değerlendirilmelidir. Risk yönetimi sürekli bir aktivite olmalı, proje süresince devam etmelidir” (Amos, Dent, 1997: 3).

“Proje yönetiminde olabilecek olayları önceden öngörmek, yani problemler ortaya çıkmadan, riskler oluşmadan gerekenleri yapmak, olası problemlerin gelişimini önlemek, gerekli planları yapmak, revize etmek risk yönetimine girer. Proje risk yönetimi ardındaki önemli felsefelerden biri kullanışı içinden üretilen bilginin proje içinde uygulanmasıdır. Bunu sağlamak için genellikle, proje risk yönetimi kullanımı sırasında ortaya çıkan bilgiyi kaydetme ve belgeleme anlamına gelen risk kayıt düzeni kullanılır. Risk kaydetme, projede yer alan herkesin karar verme süreci kapsamında riskleri bilinçli bir şekilde ölçmesine ve yönetmesine olanak tanıyan oldukça etkili bir yöntemdir. Ayrıca gelecek için riski hafifletme önlemleri ve kararlar almak için uygun bir ortam sağlar. Risk kaydetme aynı zamanda, projedeki risk azaltma ve önleme planlarına olanak sağlar. Bu bilgileri kaydetme sadece o proje için bilgi edinmeyi sağlamakla kalmayıp ileride gerçekleştirilecek projeler için de tarihsel bilgi oluşturacaktır” (Patterson, Neailey, 2002:366).

“Risk yönetimine sistematik yaklaşım sağlamak için risk kaynakları belirlenir, etkileri ölçülür, bu riskler için çözümler geliştirilir ve projede tahminlenen diğer riskler kontrol altına alınır” (Carr, Tah, 2001: 849).

3.7. Projelerde Karşılaşılan Riskler

Projeyi planlarken dikkatli davranmak, yetmemektedir. Buna karşın yinede bazı problemlerle karşılaşılması olasıdır. Bu konudaki çalışmalardan biri Tam v.d. göre ;

“Çalışanların hasta olması, işten ayrılması, kaynakların planlandığı gibi, planlandığı zamanda kullanılmıyor olması gibi sorunlarla karşılaşılabilirdiği gibi hava durumu bile çoğu zaman projeyi etkileyen unsur olmuştur. Her şeye rağmen, bu, bilinmeyen problemlere karşı çaresiz olduğu anlamına gelmez. Risk planlamasıyla bu tür sorunların üstesinden gelmek mümkündür. Proje için tehdit unsuru olan problemler belirlenerek gerçekleşme durumları analiz edilerek değerlendirilir. Önlem alınması düşünülen risklere karşı harekete geçilir, önlenemeyecek olan riskler için de etkilerini en aza indirmek için çalışmalar yapılır. Özellikle İnşaat projelerinde ortaya çıkan belirsizlikler ve değişimler, yüklenicilere, ekstra masraflar, kayıplar veya süre uzatma talebi şansı sağlar. Sonuç olarak, hesaplanan toplam değer proje bütçesini aşacaktır. Etkinlik ve bütçe kontrolü geliştirilebilir olmasına rağmen, ihaleyi kazanmak ve daha düşük teklif vererek rekabet üstünlüğü sağlamak adına yükleniciler, risk maliyetini düşürmeye çalışmaktadır. Ortaya çıkan belirsizlikler tahmin edileni aştığı zaman da yükleniciler ciddi kayıplarla karşı karşıya gelmektedir. Yüklenici, kabul kriterlerine uygun bir alt toplam tasarlamak, çalışmanın programı, maliyeti, inşaat ve tasarım hususunda yüksek riskleri üstlenmek durumundadır” (Tam v.d., 2007:336).

Projelerde karşılaşılan en büyük sorunlardan biri projenin planlanan zamanda bitirilememesidir. Kaynakların doğru kullanılmamasıyla da pek çok proje başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Projenin zamanında bitmemesinin sonuçlarına bakıldığında pek çok neden görülebilir. Proje süresi tahminlemesi yapılmadan belirlenen proje bitiş süresi, sonuna gelindiğinde projenin başarısızlığı olarak karşımıza çıkacaktır. Ya da belirlenen sürede, tedarikçilerin taahhütlerine uymamaları, proje ekibinin gerekli çalışmaları zamanında yürütmemesi gibi öngörülmemiş sorunlar dolayısıyla işlerin yapılamaması gibi sorunlar projeyi başarısızlığa götürür. Doğru geliştirilen proje süresi tahminleri projenin başarısızlık riskini azaltır. Cooper’a göre, “Projelerdeki değişikliklerin projeye olan etkilerine bakıldığında ironik bir durumla karşılaşılır”. Geciken projelerde bu gecikme maliyetin artmasına sebep olurken, hızlandırılan projelerin maliyetlerinde de artış görülmektedir” (Kenneth, Cooper, 2004: 6).

Daha kısa sürede işi bitirebilmek için daha fazla kaynak harcaması durumu söz konusu olur. Bir inşaat projesinde zaman paraya eşit olduğu için zaman yönetimi kritiktir, dolayısıyla da zaman aşımı olasılığını tahminlemek proje başarısında önemli rol oynar. Ölçülemeyen şey yönetilemez. Proje yöneticileri düzeltici faaliyetlerde bulunabilmek için zaman aşımı olasılığını bilmek durumundadır. “Yüklenicilere, malzemeleri zamanında tedarik etme ve bu finansal sorumluluğa hazırlıklı olma konusunda, projenin zaman aşımına uğramaması açısından önemli görevler düşmektedir” (Luu vd. 2008: 10).

“Proje süresi tahminlemede Delphi tekniği kullanılabildiği gibi yoğun istatistiksel yöntemler kullanıldığı için zor olması sebebiyle daha basit yöntemlerle proje süresi tahminleme yoluna gidilmektedir. Proje tanımlama dokümanı oluşturulduktan sonra aktivitelere göre iş kırılım yapısı oluşturularak bu iş kırılım yapısı üzerinde gerekli çalışmalar yürütülmelidir. Süre ve maliyet tahminleriyle projenin başarısızlıkla sonuçlanmasına yol açacak olan riskler en aza indirgenmiş olacaktır.

Delphi tekniğinde, konusunda uzman kişilerin tahminlerinden yola çıkılarak aktivitelerin gerçekleşme süreleri farklı durumlar için tahminlendiği için hata olasılıkları en aza indirgenebilir. Farklı tahminleyiciler olması sebebiyle kişiler arasındaki sübjektif yargıların da belirlenerek gerçeğe en yakın tahmin değerleri elde edilmesi sağlanır. Proje riski, henüz gerçekleşmemiş krizlerdir.

Deneyimli proje yöneticileri, risk yönetimini kriz yönetimine tercih eder. Risk yönetimi için harcanan saatlerdeki stres oranı kriz yönetimine göre oldukça azdır. Risk yönetiminde olaylar proje yöneticisinin kontrolü altındayken kriz yönetiminde proje yöneticisi olayların kontrolü altındadır. Problemleri çözmek zaman ve para gerektirir. Risk yönetimiyle problemler tam olarak çözülemese de daha ortaya çıkmadan bazı planlar yapılarak riskler düşük maliyetle azaltılabilir. Kontrol edilemeyen proje riskleri firmaların nakit akışlarında belirsizliğe neden olur, firmalarda iş yapma maliyetini artırır, bu da proje yönetimi için firmaya fon ve kaynak tedarik edilmesi anlamına gelir. “Geleceği tahmin edilemez, dolayısıyla da hiçbir zaman gerçekleşmeyecek olaylar için plan yapmak gereksizdir.

Belki de gerçekten sorun yaratacak olan problemler atlanacak, dolayısıyla da risk yönetimine pek de gerek yok” gibi düşünceler yanlıştır. Aslında benzer olaylara dayanarak geleceğe yönelik doğru tahminlemeler yapmak mümkündür. Olayların beklendiği gibi olmaması olasılığı tahminleme yapmamayı gerektirmemelidir. Risk yönetimi yapmak için öncelikle risk nedenleri belirlenmeli ve ölçülmeli, daha sonra da tahminleme ve kontrol ölçümleri yapılmalıdır. Proje risk yönetimi, proje risklerini tanımlamak, analiz etmek ve önlem almak için uygulanan yöntemler bütünüdür. Proje Risk yönetiminde amaç olumlu olayların olasılıklarını ve etkilerini arttırmak, negatif olayların projeye etkisini azaltmaktır”. (Luu vd. 2008:1,2,10).

Bir projenin risklerinin listesini yapmak risk yönetiminde karşılaşılan ilk sorundur. Belirlenmeyen riskleri yönetmek oldukça zordur. Riskleri işletme riski, proje riski ve görev riski olarak gruplandırmak, riskleri analiz etmek açısından kolaylık sağlar. İşletme risklerinin bazıları proje yöneticisinin kontrolü dışında gerçekleşir ama hepsi gözlenebilir ve zamanında belirlendiği takdirde projeye bu doğrultuda yön verilebilir. Her bir görev için riskler ayrı ayrı belirlenirse projedeki riskleri takip ederek önlem almak kolaylaşır. İyi tespit edilmiş sorun yarı çözülmüş bir sorundur.

3.8. Risk Analizinde Teknikler

“Proje ile ilgili risklerin belirlenmesi, ölçülmesi ve riskli projelerin değerlendirilmesi kolay görevler değildir. Ekonomik alternatiflerle ilgili belirsizliği ölçmek için olasılık kavramlarını kullanan çeşitli ileri düzeyde teknikler vardır” Rose, (1976).

3.8.1.Beklenen Net Mevcut Değer Metodu

“Risk projelerini değerlendirmede bir metot, nakit akışlarının olasılık dağılımları tabanlı beklenen net mevcut değerlerini hesaplamaktır. Ayrıca, proje ile birlikteki risk hakkında bilgi sağlamak için beklenen net mevcut değişenlerin standart sapması da hesaplanmak zorundadır. Bir karar analizindeki bir kriter gibi beklenen değeri kullanmak için ayarlamaların şu şekilde yapılabileceğini belirtir: Eğer beklenen değer sistematik olarak alınan tüm kararlarda kullanılıyorsa ve eğer bu kararlar birbirinden bağımsızsa, kişi kararların tüm setinden gelen toplam değeri maksimize eden en büyük olasılığa sahiptir.

Bir başka değişle, eğer beklenen değer yeterli kullanılırsa, kümülatif toplam, maksimize olmuş olur. Buna rağmen, birçok karar, özellikle yatırım kararları, birbirlerini elimine etmek amacıyla düşük ve yüksek dalgalanmalar için firma içinde yeterli zaman almaz. Herhangi bir kararın maruz kalabileceği maksimum muhtemel kayıp, firmanın dayanabileceğinden daha büyük olmamalıdır” (Rose, 1976).

3.8.2. Kesinlik Eşitlik Metodu

Bu metotta nakit akışının kesinlik değerleri belirlenir ve sonra bu değerler risksiz bir indirim oranı kullanarak indirime uğratılırlar.

Rose, (1976) “Bu metodun Beklenen Değer Metodunun olasılık dağılımlarını sağladığını ve risk derecesi için bilimsel olarak öneminin arttırdığını belirtmektedir.

Bu, her bir değere onun kaybı ya da kazancının büyüklüğüne göre ağırlık vererek ve sonra ağırlıklı değerlerin beklenen değeri bulunarak yapılır. Bu ağırlıklı değerler “yararlar” olarak isimlendirilir ve bu metod Kardinal Olanak Teorisidir. Teori, Von Neumann ve Morgenstern tarafından geliştirilmiştir. Teori, bir kumar durumunda birinin optimize etmeye çalıştığı normal değerden başka bir durumun olduğunu varsayar. Bu durum, risk ve değerin bir kombinasyonudur ve bu, karar vericinin kişisel karakteristiğidir. Böylelikle, risk ve olanak arasından kişi, en büyük beklenen faydayı veren kararı seçebilir. Bu, riske karşı tutarlı bir davranışı olan kişinin kararı olabilir. Aynı değer/risk yararını bir kez daha kullanarak, onu bir risksiz para değeri çeşitliğine dönüştürmek mümkündür. Bu değer, kararın kesin çeşitliğidir ve risk gelişimiyle çeşitli giderleri ağırlıklandırdıktan sonra efektif olarak beklenen değerdir. Kesinlik Eşitlik Kriterine göre, en yüksek kesinlik eşitliğiyle alternatif durum seçilir. Bu metod, bireysel karar vericilerin davranışının ölçümünü gerektirir. Bu ise, karar vericiden risk durumlarındaki seçimlerin sayısı istenerek, gerçekleştirilmek zorundadır. (Rose 1976)’nın açıkladığı gibi, nicel olmayan faktörleri göz önün de bulundurmamak, bir karar vermeden önce, Kesinlik Eşitlik Metodu’nun bir avantajıdır. Bir yarar çalışmasından elde edilebilecek daha ilerideki ilginç bir şekil, risk değeridir” Rose, (1976).

3.8.3. Karar Ağacı Metodu

Finansal yöneticiler, ardarda gelen kararları vermeyi sağlayan projeleri analiz etmek için sıklıkla karar ağacını yöntemi kullanırlar. “Eğer günümüzün kararı yarın ne yapabileceğimizi etkilerse rasyonel olarak bunu gerçekleştirmeden önce yarının artları analiz edilmelidir. Herhangi bir nakit akışı firmanın gelecek yatırımı ve çalışma stratejisi hakkında verilecek kararları önceden görmemizi sağlar. Karar ağaçları, esas stratejiyi belirler. Bugünün ve yarının kararları arasındaki bağlantıları göstererek, en yüksek mevcut net değerli stratejisinin bulunmasında finansal yöneticiye yardım eder. Karar ağaçlarıyla olan sorun onların karmaşık olmalarıdır. Karar ağaçlarının önemi, muhtemel gelecek olayların ve kararların kesin analizine izin vermesidir. Bugünün ve yarının kararları arasındaki önemli bağlantıları göstermeleri açısından yargılanırlar. Bazı noktada model kurucu, bir firma için gelecek stratejisini açıkça tanımlar fakat bu optimal olan değildir. Hemen hemen her şey yanlış gittiğinde modelin bazı faydaları olacaktır” (Rose, 1976).

3.8.4. Risk Analizinde Korelasyon

“Risk analizinin en büyük zorluğunu yaratan ve sonuçların geçerliliği için kritik koşullar içeren durum korelasyonun bir araya getirilmesi ve değerlendirme seviyesinin seçimidir” (Alpan,1994: 19-52).

“Korele edilmiş değişkenler veya basit terimlerle sistematik bir şekilde birlikte değişir gibi görünen değişkenler, her projede ortaya çıkar. Korelasyonların bulunması, saptanması ve özellikle ölçümü çok zordur fakat onları gözden kaçırmak analizde tamamıyla yanlış bir yorumlamaya neden olabilir. Korelasyonların matematiksel işlemleri herhangi bir problem oluşturmaz ve korelasyon gidilerini belirleme ve bulma gibi bir projenin pratik bilgisini, korelasyonların özelliklerinin teorik bilgisinden yetkili karar verici için çok önemlidir (Pouliquen, 1970).

“Korelasyonların belirlenmesi güçtür. Bunun ilk nedeni; bir tek nokta tahmin metodunda göz önünde bulundurulmak zorunda olmamalarıdır ve böylelikle bu birçok insan için alışılmış değildir.

İkinci neden, korelasyonların gizli olduğunu belirlemek zordur. Bazı korelasyonlar, özellikle mühendislik belirlemeleri ile ilişkili olanlarının tanımlaması çok güçtür” (Pouliquen, 1970). Ayrıca Rose (1976)

Ayyub, (2003) tarafından tablo halinde verilen risk olay ve senaryoları aşağıdaki gibidir;

Tablo 3.1. Risk Olay ve Senaryoları

Risk Olayları Kategorileri veya Senaryolar	Tanımlar
Yönetilemeyen Varsayımlar	Yönetilemeyen varsayımlar, fark edilebilen riskler gibi ne açık nede kapalı görülebilir. Genellikle reganizasyonel kültür tarafından açıklanırlar. Proje çevresinde fark edilemediklerinde hata algılamaya ve gerçekçi olmayan iyimserliğe neden olurlar.
Teknolojik Risk	Teknolojik riskler sık rastlanmayan veya yeni teknolojilerin kullanılmasından ortaya çıkabilir. Yeni teknolojiler büyük ölçüde belirsizlik ve risk yaratır.
Ekonomik İklim	Örneğin; belirsiz enflasyon oranı, değişen para birimi oranı, vb. nakit akışı açısından projenin uygulandığını etkiler. Para biriminin nispi değer tahmini sanayiler için proje ortakları ve çok uluslu rakiplerle ilişkilendirilebilir.
Yurtiçi İklim	Bu kategorideki risk olayları politik partiler ve yerel idarelerin ticaret, yatırım ve tekrarlayan herhangi bir hükümet krizi hakkındaki politikaları ve tutumlarını içerir.
Sosyal Riskler	Bu kategorideki riskler çevrenin korunması gibi sosyal değerlerle ilişkilidir. Bazı projeler yerel nüfusun direnişi nedeniyle yarıda bırakılabilir.
Politik Riskler	Politik riskler yurtiçi veya yurtdışındaki politik durağanlıkla ilgilidir. Büyük yatırımlar yatırımın yapıldığı zamandan birkaç yıl sonrasını görmeyi gerektirebilir.
Bireyler Arasındaki Uyuşmazlıklar	Uyuşmazlıklar projenin başarısını etkileyebilir. Bu uyuşmazlıklar önemli farklılıklar veya sapmalardan kaynaklanıyor olabilir.
Büyük ve Karmaşık Proje	Büyük ve karmaşık projeler genellikle çoklu sözleşmeler, üstleniciler, tedarikçiler, dış acentalar, karmaşık koordinasyon sistemleri ve prosedürler gerektirir.

Dışsal Acentelerin Kullanımı	Proje yöneticisi olarak geniş çaplı proje organizasyonu yaratmadan dışsal acentalara başvurmak, müşterinin gözlemediği iş hataları yok etmek için veya başarılı bir uygulama için gereken mülkiyeti garantilemez.
Sözleşmeler ve Yasal Riskler	Sözleşme, riski, proje sahibinden üstleniciye transfer etmek için bir araçtır. Üstlenicinin riski sadece ücretidir, bütün riski proje sahibi üstlenir.
Üstleniciler (sözleşme sahipleri)	Üstlenici başarısızlık riski, düşük maliyet sendromu, sahiplik eksikliği, finansal güvensizlik, tecrübe yetersizliği vb.den kaynaklanabilir. Şiddetli rekabet karşısında üstleniciler, iş hayatında kalmak için kar marjlarını maksimumda sıkıştırırlar.

Kaynak: (Ayyub, 2003; 47)

Tablo 3.2. Mühendis Bakış Açısı ile Proje ile ilgili Riskler

Seçilmiş Risk Kategorileri	Tanımlar veya Senaryolar
Performans Riskleri	Sözleşmeli işleri idare için çalışan teknolojik, kalite ve mühendislik şirketleri görevleri tasarım ve kalite standartlarına uygun olarak bütçe dahilinde ve tam zamanında tamamlamayı amaç edinirler. Teknolojik yenilikler ve aletlerin kullanılması ve otomasyonu risk kaynağı yaratabilir. Ayrıca bu durumda üstlenicinin performansı da mühendislik şirketini çok büyük boyutta etkileyebilir. Teknoloji kullanımı, kalitesi ve performansla ilgili riskler tanımlanmalı ve azaltılmalıdır.
Üstlenici Riskleri	Mühendisler itirilmiş işi tamamen uygulanmış olarak kabul edip imzalamakla sorumludur. Özellikle üstlenici Mühendis kontrolündeki sözleşme dahilinde değilse ve görevinden ayrılmışsa zayıf kaliteli bitmiş ürünün kabul edilen riski üstlenici riskidir.
Sözleşme ve Yasal Riskler	Bu kategori sözleşmeye ait veya yasal konuların üçüncü kişilerle örneğin müşteri ile tartışılmasından doğabilecek bir kategoridir.
İçsel Riskler	Bu tür riskler yabancı bir çevrede çalışma durumunda veya karmaşık hükümet düzenlemelerinden doğabilir.

Kaynak: (Ayyub, 2003; 50)

Risk tanımlama sürecinde risk davranışına karşılık cevaplar aranır. Risk tanımlama, hangi risklerin projeyi etkileyebileceğinin tanımlanması ve karakteristiklerinin belgelenmesini kapsar. Dolayısıyla bazı yazılımlar yardımıyla bir takım simülasyon yöntemleri kullanılır.

3.9. Simülasyon Yöntemi

“Yöntem, sonuçların olasılık dağılımları görülmek istendiğinde bilgisayar aracılığıyla kullanılır. Simülasyon, her bir kez girdi değişkenleri için rassal olarak seçilmiş değerler kümesini kullanarak bilgisayarların modeldeki denklemleri tekrar tekrar çözerek olası sonuçların dağılımının elde edildiği bir yöntem olarak tanımlanmaktadır. Değişken değerlerin seçimi örnekleme, modelin her bir ayrı çözümü ise deneme olarak adlandırılır. Bu yöntemle bilgisayar tüm olası sonuçları simüle etmek için girdi değişkenlerinin değerlerinin tüm geçerli bileşimlerini denemektedir. Simülasyon sonuçların olasılık dağılımların yorumlanması yapılırken sonuçların aralığı ve gerçekleşme olasılıkları bir olaya ilişkin risk düzeyini yansıtır. Aralık ve gerçekleşme olasılıklarına bakarak üstlenilecek riske göre karar alınır. Elde edilen sonuçların olasılık dağılımları olası sonuçların aralığını ve onların gerçekleşme olasılıklarını gösterir. Sonuçların aralığı ve gerçekleşme olasılıkları bir olaya ilişkin risk düzeyi ile doğrudan ilgilidir. Aralık ve gerçekleşme olasılıklarına bakarak üstlenilmesi düşünülen riske göre karar alınabilir. Riskten kaçınan karar vericiler olası sonuçları küçük bir aralığa sahip olan olasılık dağılımını tercih eder. Risk almayı seven kişiler ise daha geniş bir aralığı tercih edebilirler. Bu tercih düşük olasılığın karşın olası sonuçlardan biri çok karlı ise daha da önem kazanacaktır. Bu süreç geleneksel analize göre anlaşılması kolay olup, olasılık dağılımı grafikleri incelenerek olasılıklar görülüp, risk konusunda bir kanıya ulaşılabılır. Risk analizinin sonuçları birey tarafından yorumlanmalıdır. Değişik bireylere sunulan özde sonuçlar, bu kişilerce değişik biçimde yorumlanabilir ve bu kişileri değişik eylem biçimlerine götürebilir. Bu yöntemin güçsüz bir yanı olmayıp bireylerin olası seçimler, zaman ve risk açısından değişik tercihleri olması gerçeğinin dolaysız sonucudur.

Kimileri istenen sonuçların istenmeyen sonuçlardan daha çok olduğunu ileri sürerken, kimileri de (riskten sakınan kişiler) tam ters bir sonuca ulaşabilirler” (Arman, 1988).

3.9.1. Simülasyon Yönteminde Model Oluşturma

“Doğal olarak, projenin kendisi yerine bir model ile elde edilen faydanın herkes farkına varabilir. Buna rağmen, tecrübe riskin yönetsel kontrolü hala bir sanat ve bilimin kombinasyonuna ihtiyaç duyar ve analitik sonuçların uygulamasını göstermiştir. Analitik sonuçların anlamını açıklamak için bilirkişi raporuna ihtiyaç vardır fakat ayrıca problemlerin pratik çözümlerini formüle etmek için de gereklidir”. (Krantz, 1984).

“Simülasyon detaylı modeli veya kümeyi oluşturmak için esneklik sağlar. Bu direkt olarak, basit ve direkt ekler bünyesinde süslenmeye izin veren modellerle oluşturulan tekrarlanmış modelleri destekler. Örneğin; Pritsker kendi deneyimleri ve çalışma arkadaşlarıyla olan görüşmeleri çerçevesinde bazı modelleme ilkelerini sunmuştur” (Alpan, 1994:19-52).

3.9.2. Monte Carlo Simülasyonu

“Monte Carlo risk analiz yazılımı, modelin girdi dağılımı için rastgele örnekler oluşturmaya, popülasyonun rastgele bir örneğini oluşturmaya yarar. Monte Carlo Simülasyonu ile problem birçok kez çözülür, her bir tekrarda simülasyon süreci, analist tarafından belirlenen olasılık dağılımındaki her bir belirsiz maliyet unsurundan rasgele maliyetler seçer. Bu maliyetler modelin apaçık özetini oluşturur” (Vose, 2000:335-347).

Vose modeli aşağıdaki aşamalardan oluşturmuştur. Bu aynı zamanda günümüz yazılımlarda kullanılmıştır.

Model kurulur

Olasılık değişkenleri için girdiler tanımlanır,

Çıktı değişkenlerini veren öngörü hücreleri belirlenir,

Tekrar sayısı girilir,
Simülasyon çalıştırılır,
Sonuçlar yorumlanır.

3.9.3. Pertmaster Yazılımı İle Risk Analizi

Monte Carlo tabanlı yazılımdır. Zaman, kaynak ve maliyet riskini yönetmek için geliştirilmiş planların ne kadar güvenli olduğunu sorgulamaya yarayan karar destek aracıdır. Program, kalitatif ve kantitatif risk analizi tekniklerinin zaman kaynak ve maliyet boyutlarına uygulanmasını sağlar. Risk ve belirsizlikleri modelleyerek, proje çizelgesi ve maliyet öngörülerini ilişkilendirir. Projelere risk şablonları ve risk kayıtları ile yüklenerek monte carlo simülasyonu ile analiz edilir. Ayrıca risklere göre ayarlanmış planlar, canlı uygulanabilir planlara dönüştürülmeden önce risk histogramları, tornado ve saçma grafiklerinden yararlanılarak risk noktaları ve planlara güven derecesi belirlenebilir. Riskler; bilgisayar programının anlayabileceği risk oranlarına getirilmelidir. Sonuçlar histogramlar da görülecektir. (www.primavera.com,2009).

“**Crystal Ball Modeli**; Simülasyon birçok olasılıklı sonucu hızlı bir şekilde oluşturma ve analiz etme yöntemidir. Crystal Ball, kullanıcılara belirsiz model değişkenleri üzerinde olasılık dağılımını tanımlamayı sağlar ve tanımlanmış olasılık aralığı arasından rasgele değerler oluşturarak simülasyon kullanır. Çalışılan model binlerce karşılıklı senaryolar yaratır ve analiz eder ve verilen herhangi bir senaryo için risk seviyeleri hesaplanır” (Goldman, 2002).

3.10. Cpm ve Pert Teknikleri

Bu teknik, “Kritik Yol Metodu ve Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme tekniği, (PERT) projelerin planlanması, çizelgelenmesi ve kontrolüne yardımcı olmak üzere tasarlanmış şebeke esaslı modellerdir. Bir proje, her birinde zaman ve kaynak harcanan birbiriyle ilişkili faaliyetlerin bir araya getirilmesidir” (Taha, 2000: 258,259). Bu tekniklerden beşinci bölümde detaylı ve uygulama maçı ayrıca genişçe antılacaktır.

3.10.1 Şebeke Gösterimi

Bu gösterimde “Süreç risk modeli oluşturmada ilk aşama faaliyet ağı oluşturmaktır. Süreç risk modeli ilgilendiğimiz günlerle doğrudan ilgili faaliyetleri, dönüm noktalarını ve sonucu içerir.

Süreç risk model ağını oluştururken denge, proje sürecinin her bir kısmındaki belirsizlik ve bağımsızlığın gerçekçi tanımına izin vermek amacıyla yeterli detaya sahip olmak ile uygun zamanda yönetilebilir seviyedeki analiz ve model ölçüsü içerme arasında olmalıdır. CPM’in uygulanması sonucunda projenin zaman çizelgesi oluşturmaktır. Bu amaca kolayca varabilmek için, aşağıda belirtilen bilgilerin bilinmesi gerekir; Projenin tamamlanması için gerekli toplam süre Projenin faaliyetlerinin kritik ve kritik olmayan olarak sınıflandırılması, başlangıç ve bitiş zamanları arasında gevşeklik bolluk olmayan faaliyete kritik faaliyet adı verilir. Projeyi gecikmesiz bitirebilmek için her kritik faaliyet zamanında başlayıp bitmek zorundadır. Kritik olmayan faaliyetlerin gevşemelerine izin verir. Böylece, faaliyetin başlangıç zamanı belirli sınırlar içerisinde öne alınsa veya geciktirilse bile, bütünüyle projenin tamamlanma zamanında bir değişiklik olmaz. Olayı, gerekli hesaplamaları yapabilmek için, bazı faaliyetlerin bitip başkalarının başladığı andaki bir nokta olarak tanımlanır. Şebekede her düğüm noktası bir aktiviteye karşılık gelir. Kritik yol işlemi ile projenin başlangıcında en uzun yol bulunur. Bu bize her bir faaliyet ile başlanabilecek en erken zamanın bulunmasına yardımcı olur. Bitime gelindiğinde proje için en kısa zaman bulunur” (Grey, 1995: 41-100).

3.10.2. Pert Tekniğinin Mantığı

Pert, ikinci bölümde genişçe anlatılmıştır. Bu bölümde yazılım mantığı gereği kısaca belirtmek gerekirse;

“Pert üretimdeki veya projelerdeki gecikmeleri, takılmaları ve türlü çatışmaları en düşük düzeye indiren, işin bütününlü türlü parçalarını eş güden ve eş zamanlayan, projelerin tamamlanmasını hızlandıran bir yöntemdir” (Öztürk, 1997: 2005: 283-300).

Bu teknikten ikinci bölümde detaylı değinilmiş olduğundan burada kısaca pert mantığı hatırlatılacaktır. Bu çalışmada bu mantıkla çalışan yazılım kullanılarak süre ve maliyet sonuçları grafiksel olarak gösterilecektir.

En iyimser süre: Her şey istenildiği gibi gittiğine göre faaliyetin en çabuk tamamlanacağı süredir.

En olası süre: Bu süre geçmiş deneyimlere göre beklenen durumlar altında faaliyetin bitirilme süresidir.

En kötümser süre: En kötü durumlarda faaliyetin bitirilme süresidir.

Her faaliyetin olasılık dağılımı üçgen dağılımdır. Pert analizine göre bu üç tahmini sürenin ortalaması alınarak faaliyet zamanları elde edilir.

Ayrıca risk ile çalışmalarda (Ababneh, 2000). Aşağıdaki saptamaları yapmışlardır.;

3.11. Riske Karşı Tutumlar

Risk ile nasıl başedileceği konusu, proje yöneticisinin risk alma toleransı ile ilgilidir. Riskler belirlendiğinde veya risklerle karşı karşıya kalındığında başetmek için dört yol vardır;

3.11.1. Riskten Sakınma

Bir risk karşısındaki en iyi karar riskten kaçınmaktır. Daha başlangıçta önlemek mümkünse risk projede herhangi bir zarara sebep olmayacaktır.

3.11.2. Riskin Etkilerini Azaltma

Riskten kaçınmak mümkün değilse etkileri azaltılabilir. Riskin etkilerini azaltmak, riskin projeye olan etkilerini en aza indirgeyecek şekilde önlemler almaktır.

3.11.3. Risk Transferi

Risklerle başetmenin bir başka etkili yolu da riski kabullenmesi için başkasıyla anlaşmaktır. Sigorta yaptırmak bunun bir yoludur.

3.11.4. Riski Kabullenme

Riskten kaçmak, riski azaltmak veya transfer etmek mümkün değilse son çare olarak risk kabullenilecektir. Risk kabullenildiğinde tüm alternatiflere bakılmış ve sonuçlar göz önüne alınmıştır. Bu çalışmada risk üstlenerek risk transfer maliyeti karşılanmıştır.

3.12. Risklerin Sınıflandırılması

“Proje planlanmaya başlandığında riskler henüz belirsizdir. Henüz gerçekleşmeyen bu riskler kontrol edilebilen ve edilemeyen riskler olarak sınıflandırılabilir” (Ababneh, 2000: 28).

Her kurum ihtiyacına uyan, risk unsurlarının olması mümkündür. Hertz ve Thomas’a göre riskler, tabii (pure) riskler ve spekülatif riskler olmak üzere ikiye ayrılır. Tabii riskler her zaman negatif değer alır, yani finansal kayıp olasılığını ifade eder. Örneğin; İnşaat projelerindeki riskler, müşteri riski, arazi riski, planlama riski, proje riski, yüklenici riskleri, harici riskler olarak sınıflandırılabilir.

Bu durumda, inşaata karar verme, ekip seçimi, bilgilendirme, zaman, maliyet ve kalite gibi unsurlar müşteri riskleri arasına girerken; arazinin seçimi, zemin durumu, mevcut binalar, mevcut mal sahipleri ve konut sakinleri, izin ve sınırlar, hizmet olanakları arazi riskleri sınıfına girer. Bunların içinde projeyi olumlu yönde etkileyebilecek riskler yer aldığı gibi öncelikle akla gelen olumsuz riskler de yer almaktadır.

Planlama kısıtlamaları, çevresel kaygılar, yasal gereksinimler planlama riskleri kapsamında yer alırken; talimatın yorumu, estetik, alan, erken fiyat tahminleri, müteahhitin atanması proje riskleri kapsamında; yer yönetimi, gecikmeler, maliyet artışları, tasfiye ve iflas, gizli kusurlar, sağlık ve güvenlik yüklenici riskleri kapsamında; Pazar koşulları, politik faktörler, devlet yasası, hava koşulları harici riskler kapsamında yer alır. Carr and Tah (2001:847-857)

“Baloi ve Price’a göre proje riskleri, teknik, yapısal, yasal, doğal, nakliye, sosyal, ekonomik, finansal, ticari ve politik riskler olarak sınıflandırılabilir. “Bunun yanı sıra, dinamik (faal) / statik (durağan), anonim şirkete ait/bireysel, içsel/dışsal, olumlu/olumsuz, kabul edilebilir/kabul edilemez ve sigorta edilebilir/sigorta edilemez olarak da proje risklerini sınıflandırmak mümkündür” (Baloi, Price, 2003:266).

3.13. Projelerde Risk Yönetim Süreçleri

Bu süreçler aşağıdaki gibi sıralanmıştır. Bunlar risk tanımı, risk değerlendirme, risk değerlendirme aşamaları ve alt aşamalarından oluşmaktadır.

3.14. Risk Tanımlama

“Risk tanımlama projeyi etkileyebilecek riskleri belirleme ve bunların karakteristik özelliklerini dökümente etmektir.

Riskleri belirlerken ilk yapılması gereken takım üyelerini toplayarak bütün olası riskler hakkında konuşmaktır. Risk yönetim planı hazırlarken hazırlanmış olan risk kırılım yapısı risk belirlemeyi kolaylaştıracaktır. Riskleri belirlemekteki en önemli yol takım üyelerinden bilgileri toplamaktır.

Bu nedenle risk belirlemedeki ilk ve en önemli yöntem bilgi toplama yöntemleridir. Bunlar takım üyelerinden, paydaşlardan veya riskler hakkında bilgi verebilecek kişilerden bilgiyi toplamanın en etkili yoludur. Projedeki riskleri belirlemenin birçok farklı yolu vardır ama beyin fırtınası, Delphi tekniği, görüşme ve SWOT Analizi yöntemleri daha sıklıkla kullanılır. Bilgi toplamak, riskleri belirlemenin büyük bir kısmı olsa da, risk belirleme çalışmaları sadece bundan ibaret değildir. Riskler ne kadar bilinirse önlemesi o kadar kolay olur.

Risk tanımlama çalışmaları yapılırken;

- Belge Araştırması: Planlara, ihtiyaçlara ve firmanın varlık işleyişini gösteren belgelerin yanısıra diğer gerekli belgelere de bakılarak tüm olası riskler belirlenebilir.
- Varsayım Analizi: Proje risklerini tanımlamak için geçerli varsayımları gözden geçirmek ve geçersiz varsayımları elemek için varsayım analizi yapılır. Projeyi tahminlerken yapılan varsayımlar risk belirlemede işe yarar. Yanlış yapılan varsayımlar tam anlamıyla risktir.

- Kontrol Listesi Analizi: Kontrol listesi varsayımları, görüşülmesi gereken insanları veya araştırılması gereken belgeleri araştırmayı hatırlatacak bir listedir.
- Diyagram Teknikleri: Alışılmış yöntemlerdir. Balık kılçığı diyagramı hata nedenlerini belirlemede kullanıldığı gibi risk nedenlerini de belirlemede kullanılan kalite yönetimi diyagramlarıdır. Çözülmesi istenen probleme neden olan riskleri saptamak için sebep sonuç diyagramları kullanılır. Sistem veya süreç akış diyagramları ne kadar farklı unsurun risklerin nedenleri ile ilgili olabileceğini gösterir.

Etki diyagramları grafiksel olarak risk sebep etkilerini, zamana göre risk olaylarını ve diğer ilgili etkenleri gösterir Bu çalışmada histogramlardan yararlanılmıştır” (Şakar, 02.09.2007).

3.15. Risk Değerlendirme Teknikleri

“Risk Değerlendirme, riskin potansiyel etkisini değerlendirmek amacıyla olasılık teorisini kullanarak nicel yöntemle belirsizli iş birleştiren bir süreç olarak tanımlanır” (Al-Bahar, Crandall 1990:116,153).

Al-Bahar’a göre risk değerlendirme tekniklerine geçmeden önce aşağıda Risk Analizinin amaçlarına değinilmiştir;

- Zamanlılık: Problemlerle baş edebilmek için zaman olduğu sürece yukarıdaki her türlü risk analiz tekniği kullanılır.
- Öncelik: Projedeki riskleri tanımlamak için çoğunlukla yetersiz zaman ve kaynak bulunur bu yüzden bir sonraki gereklilik gerçekçi önceliklerin atanmasıdır.
- Toplama: Katlanılacak fiyatların belirlenmesi veya proje teslim zamanının belirlenmesi gibi projenin bütünü hakkında kararlar verirken riskin gösterdiği her türlü seviyeyi anlamak gerekir, bu yüzden risk analizi için bir sonraki gereksinim risk bütünü içinden birkaç bireysel başlık toplamaktır.

- Karar destek: Son olarak, bütün sürecin kalbi karar verme olup risk analizi karar vericilere yardımcı olacak biçimdeki bilgileri üretir. Bu çalışmada risk değerlendirme tekniklerinden Monte Carlo tekniği yazılım tabanlı pertmaster risk değerlendirme tekniği kullanılacaktır. Bu teknikler, maliyet ve süreç aksaklıklarına rağmen kullanılan planlama yapılarına dayandırılır ve doğal planlama ve tahminleme sürecine uyar. Bu nicel risk değerlendirme, bilgisayara dayalı araçların kullanımına ve var olan bilginin miktarına gereksinim duyar. Analiz, projeye karşılaşılan bütün risklerdeki belirsizliklerin toplanmasını sağlar. Ayrıca belirsizlik ve karmaşıklığın üstesinden gelmede yardımcı olur. Var olan maliyet aksaklıkları, faaliyet ağları ve iş planlarına dayanan modeller kontrol edilebilir ücretlerde büyük problemlerle baş edebilmeyi sağlar. Planlama ve tahminlemenin amacı, gelecekteki belirsizliği azaltmak ve karar verme için temel sağlamak olduğu sürece belirsizliğin nerede olduğunu ve nasıl azaltılacağını anlamak gerekir”.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM RISK ANALİZİ

4.1. Risk Analiz Modelleri

“Projede kullanılan teknoloji, projenin uygulandığı ortam, takım elemanları arasındaki ilişkiler, projenin organizasyon kültürüne uygunluğu gibi konular projeyi etkileyebilecek konulardır. Personel ya da diğer maliyet bilgilerini projenin karmaşıklığı doğrultusunda maliyet tahmin sistemine oturtmak gerekir. “Proje risklerinin tanımlanması ve değerlendirilmesi bütçelemeye beraber yapılmalıdır. Böylelikle bütçelemeye ilgili risklere göre farklı yolların seçilmesi mümkün olabilmektedir” (Şakar, 02.09.2007).

“Risklerin derecelerine ve projeye olan etkilerine göre sınıflandırılması ele alınma sırasının belirlenmesinde büyük önem taşır ancak sadece risklerin gerçekleşme olasılıklarını bularak bunları sıralamak risk yönetimi değildir. Önemli olan bu olasılıklar belirlendikten sonra en yüksek olasılıkla gerçekleşen riske göre hareket etmektir.

Örneğin önemli bütçe riskleri belirlendikten sonra risk giderici görevler ve fon rezervleriyle bu riskler ortadan kaldırılmaya çalışılır. Risk yönetimi birkaç süreçle sınırlı değildir. Bir projede en kritik kararlar riskin dağıtılmasıyla ilgili kararlardır. Risk dağılımı belirlenirken kimin hangi riski üstleneceğine karar verilir. Risk dağıtımıyla ilgili kararlar alınmadan önce aktörlerin riske karşı tutumları belirlenmelidir.

Projelerdeki en büyük sorunlardan biri de kaynak dengelemesi problemidir. Kaynakların verimliliği belirlenerek uygun görevlere yerleştirilmesi sağlanmalıdır. Kaynak riskleri belirlendiğinde problemi giderici aktiviteler eklenebilir, gerekli finansal ayarlamalar yapılabilir. Problem yaratacaksa kaynak görev süresi uzatılabilir. Risk bağımlı bir değişkendir ve bir çok bağımlı değişkenin etkisi altındadır. Parametrik olarak ifade edilecek bir risk için, bu olaya etki eden faktörlerin etki derecelerinin saptanması gerekir. Kaynakların verimliliğine göre yapılan planlar proje başarısını olumlu yönde etkiler.

Risk Değerlendirme, zarar verebilecek durumların neler olduğunun iyi bir şekilde incelenmesidir. Risk değerlendirme sonucunda risklere karşı yeterli önlemler alınıp alınmadığı zararın önlenmesi için ilave ne gibi önlemler alınması gerektiği belirlenmiş olacaktır. Risk değerlendirmede “kıymet” ve “açıklık” gibi kavramlar vardır. Kıymet, korunması gereken her şeydir. Kıymetler değeri olan elemanlardır. Açıklık ise bir kıymeti tehditlere karşı korumasız hale getiren kusurlardır. Tehditler, açıklıkları kullanarak kıymete zarar verirler. Bu nedenle açıklıklar, riskin en önemli nedenidirler. Risk; kıymet, tehdit ve açıklığın bir fonksiyonudur. Karşı önlemleri almadan önce, büyük olan risk, karşı önlemler alındıktan sonra azalır. Karşı önlemler alınmadan önce sistemde mevcut olan riske “taban riski”, karşı önlemler alındıktan sonra sistemde mevcut olan riske ise “geri kalan risk” denilmektedir. Tüm risklerin görülmesi/farkedilmesi beklenmemelidir. Risk belirleme, risklerin nasıl yönetilmesi gerektiğine karar vermek için temel oluşturmak amaçlı, hedeflere ulaşmaya ilişkin risklerin analiz edilmesi ve tanımlanmasıdır. Risk belirleme işlemi gerçekleştirilirken öncelikle riskin önem düzeyi tahminlenir, riskin gerçekleşme ihtimali değerlendirilir ve riskin nasıl yönetileceğine karar verilir.

Risk belirleme aşamasında kurum içindeki ilgili kişilerin katılımı sağlanmalı ve risklerden haberdar edilmelidir. Önleyici faaliyetlere başlanabilmesi için öncelikle risklerin belirlenmesi gerekmektedir. Riskler belirlenirken, kurumu ya da benzer kurumları etkileyebilecek olan global riskler, kontrol edilebilen ya da edilemeyen riskler, kurum alanı dışındaki faaliyetlerle ilişkili olan riskler, dış kaynaklı ya da anlaşmalı olarak sağlanan hizmetler ile ilişkili riskler ele alınmalıdır. Bir riskin seviyesi, gerçekleşme olasılığının ve sonucun bağlantılı etkisinin analiz edilmesiyle belirlenir. Risklerin doğru bir biçimde değerlendirilip değerlendirilmediğini görmek için en iyi yol hangi olasılıkla gerçekleşeceğine ve gerçekleştiğinde ne kadar etkisi olacağına bakmaktır.

Bu süreç, riskin gerçekleşme olasılığını belirlemeye ve gerçekleştiği takdirdeki maliyetini hesaplamaya yardımcı olur. Bu değerler, hangi risklerin ciddi anlamda bir risk azaltma planına ihtiyaç duyduğunu hesaplamaya yardımcı olur. Bazen bazı risklerin gerçekleşme olasılıkları da etkileri de çok düşüktür. Böyle durumlarda risk üzerinde durulmaz. Kayda alınmayan bu riskler gözlem altında tutulur. Gözleme listesinde bulunan riskler, unutulmaması gereken ancak tehlike arz etmediği için de üzerinde durulmaması gereken risklerdir. Ara sıra bu gözleme listesi gözden geçirilmelidir. Risk seviyesini analiz ederken elde edilmesi gereken riskle ilgili bilgiye, mevcut kayıtlardan, yapılan incelemelerin sonuçlarından, farklı kaynaklardan alınmış istatistiksel verilerden, aynı konudaki edinilmiş deneyimlerden, yapılan araştırmalardan, uzman görüşlerinden ve deneylerden ulaşmak mümkündür. Olasılık ve etki matrisi, risklerin, belirlenen değerlere göre yerleştirildiği bir tablodur. Verilere bakmak için iyi bir yoldur, çünkü hangi riskin çözümlenmesi gerektiği konusunda kolay bir şekilde karar vermek mümkündür. Riski belirlemek için geliştirilen birçok teknik vardır. En fazla risk taşıyan aktiviteleri tanımlamak ve bunların önceliklerini belirlemek için kalitatif ve kantitatif analizler yapılmalıdır. İş etkileyen endüstriyel ve ekonomik faktörler sürekli olarak gözden geçirilmelidir. Üst yönetimin iş planı yapması ve karar vermede uzman görüşlerine başvurulması gerekmektedir. Risk analizleri genelde risklerin negatif sonuçlarıyla yönlendirilir. Bu nedenle sonuç ölçüsü, kayıpları ve istenmeyen çıktıları yansıtır” (Şakar, 02.09.2007).

4.1.1. Kalitatif (Nitel) Risk Analizi

Proje uygulamasına geçerken mevcut bir risk listesi bulunmalıdır. “Bu listede karşılaşılabilecek olası riskler, bunların olasılıkları ve etkileri yer alır. Bu proje için iyi bir başlangıçtır ama bazen doğru kararlar almak için daha fazla bilgiye ihtiyaç duyulur. Kalitatif risk analizi risklerin olasılık ve etkilerine göre öncelik sıralarını belirlemeye yardımcı olur. Kalitatif risk analizi, tanımlanan risklerin olasılık ve etkilerinin niteliksel analiz metodları kullanılarak değerlendirildiği süreçtir. Kalitatif analizler genelde risk seviyesinin belirlenmesinde kullanılır.

Kalitatif risk analizi, riski tanımlamak için yapılan eleme çalışması, daha ayrıntılı bir analiz gerektirdiğinde ve kantitatif analizde ihtiyaç duyulan miktarda sayısal veri bulunmadığında yapılır. Nitel risk analizi riski hesaplarken ve ifade ederken sayısal değerler yerine az, orta, çok gibi tanımlayıcı değerler kullanır. Ayrıca, nitel risk analizi tehditin olma ihtimalini kullanmaz, riskin sadece etki değerini dikkate alır. Niteliksel risk analizi sürecinin girdilerini, risk yönetim planı, tanımlanmış riskler, proje statüsü, proje tipi, veri doğruluğu, risk olasılık ve etki değerleri ile varsayımlar oluştururken, çıktıları genel risk derecelendirme ölçümleri, risk öncelik listesi, kapsamlı analiz ve yönetim için riskler listesi ile niteliksel risk analiz sonuçları oluşturur. Niteliksel risk analizi yapılırken risk olasılık-etki analizi yapılır, risk değerlendirme matrisi oluşturulur, proje varsayım testleri yapılır” (Carr and Tah., 2001: 847-857).

4.1.2. Kantitatif (Nicel) Risk Analizi

Daha kesin bilgilerle daha doğru kararlar vermek mümkündür. “Risk olasılık ve etkilerine sayısal değerler verilerek daha kesin kararlara ulaşmak mümkündür. Kantitatif risk analizi, kesin belirlemelere ihtiyaç duyulduğunda kullanılan methodtur. Bu analizde, çeşitli kaynaklardan alınan veriler kullanılır. Risklerin olasılık ve etki ölçümlerinin sayılarla ifadesi, proje hedeflerine etkilerinin tahminlenmesi niceliksel risk analiziyle yapılır. Bu tip analizlerin kalitesi, sayısal verilerin doğruluğuna dayanır. Sonuç, kayıp, zarar görme, dezavantaj ya da kazanç gibi bir çıktı olabilir. Bu ölçülebilen bir değerdir. Elde edilen bu değerler ne kadar çoksa yapılan çalışma o kadar doğru olur.

Niceliksel risk analizi yapılırken pert, duyarlılık analizi, karar ağacı analizi, Monte Carlo simülasyon metodu gibi metodlar uygulanabilir. Duyarlılık analizi hangi risklerin proje üzerinde daha fazla potansiyel etkiye neden olacağını belirler. Karar ağacında ise belli koşullar altında birden fazla alternatifin değerlendirilerek, verilen kararın olasılığının belirlenir. Bu analizde risklerin bileşik olasılıkları, seçilen diyagramdaki her mantıksal yolun götürü ve getirisi hesaplanabilir. Karar ağacında belirlenen olasılıklar ile belirsizlik içinde en iyi beklenen değeri, maliyeti, kazancı ve sonraki kararları ölçmek mümkündür.

Monte Carlo Simülasyon metodunda risk oluşabilecek olay birçok kez tekrarlanarak sonuçları istatistiksel bir dağılım üzerinde gösterilir. Bu sonuçların risk ölçümü, değişik zaman planları üzerinde, farklı stratejilerde, projenin farklı network yolları üzerinde ve aktiviteler üzerinde yapılır. Bulunan değerlerin olası maliyetleri hesaplanır. Niceliksel risk analizi sürecinin girdilerini, risk yönetimi planı, belirlenmiş riskler, risk öncelik listesi, kapsamlı analiz ve yönetim için risk listesi, tarihsel bilgiler ve uzaman görüşleri oluştururken, çıktılarını risklerin öncelik listesi, proje olasılık analizi, maliyet ve zaman hedefleri başarımlı olasılıkları ile nicel risk analizi sonuçları oluşturur. Yarı kantitatif risk analizi, ağırlık göstergeleriyle yapılan kalitatif risk analizi methodudur. Her kalitatif ölçek için seçilen sayı, olasılık ya da sonucun asıl boyutu için gerçek bir ilişkiyi doğrulamayabilir. Sadece analitik amaçlar için büyüklük sıralaması yapmayı sağlar. Kalitatif analizlerde elde edilenden fazla olarak, risklerin daha detaylı biçimde öncelik verilmesini sağlar. Kantitatif analizlerde olduğu gibi gerçek değerleri sağlamaz” (Carr and Tah., 2001: 847-857).

4.2. Risk Önlemleri Planlama

“Riskleri karşılamak için olası seçenekleri değerlendirmek, fırsatları arttırmak ve proje hedefleri üzerindeki tehlikeleri azaltmak için risk önlemleri planı yapılır. Risk önlemleri planlama, risk seviyesine göre uygun olmalıdır. Maliyeti uygun, zamanlaması başarılı, proje gerçekleri ile uyumlu, ilgili tüm paydaşların mutabakatı olmalı ve sorumlu bir kişi tarafından sahiplenilmelidir.

Proje planını değiştirip, riskleri veya oluşma zeminlerini yok edip, projeyi ve hedeflerini risk etkilerine karşı koruma altına alarak riskler nlenebilir. Ya da risklerin ortaya çıkmaması, çıksa bile projeye etki etmemesi konusunda önlem almak amacıyla ölçümler yapılabilir. Risklere karşı alınabilecek diğer önlemler sorumluluğu üçüncü bir partiye naklederek aktarmak ya da azaltmaktır.

Risk sonuçları başka bir kurum veya kişi ile paylaşılarak sorumluluk aktarılabilir, ya da risk olasılık ve etkileri azaltılarak sonuç ve etkileri kabul edilebilecek sınırlar içine çekilebilir. Bir başka yol da riskleri kabullenmektir. Proje planını değiştirmeden risklerin meydana gelmesine hazırlık olarak bir acil durum planı geliştirilebilir ya da sonuçlara katlanılır. Belirlenen riskler için ne tip aksiyonlar alınacağı detaylı seviyede risk nleme planına yazılır. Riskler, açıklamaları, projeye olan etkileri, nedenleri, kaynakları, risk sahip ve sorumluları, nitel ve nicel risk analizi sonuçları bu risk önlemi planında yer alır” (Carr and Tah., 2001: 847-857).

4.3. Operasyonel Risk Yönetimi

“Operasyonel risk, organizasyon, iş akışı, teknoloji, insan gücü çerçevesinde oluşabilecek, kurumu maddi, veya itibari kayba uğratacak, kredi ve piyasa riski dışında kalan ve geçmiş verilerden yola çıkarak istatistiksel lmlene yapılabilen her türlü riski içermektedir. Operasyonel risk yönetiminde, kurumun operasyonel risklerinin minimum düzeye indirilmesi hedeflenir. Kurumun tüm faaliyet alanlarına ilişkin risk noktaları tespit edilir, ürün ve süreç bazında risk odaklı denetim yapılır, tüm sistem, süreç ve hizmet kalitesinde sürekli iyileştirme sağlanır. Operasyonel risk yönetiminin başarıya ulaşabilmesi için, kurumun operasyonel risk profilini çizebilmesi, operasyonel risk kaynaklarını ortaya koyabilmesi, sahip olunan risklerin sıklık/şiddet bilgilerinin belirlenebilmesi, operasyonel risklerin diğer nitel ve nicel özelliklerinin saptanması, veriler ile kurumun iş süreçleri arasında neden/sonuç ilişkisinin kurulmasıdır. Böylece kurumda risk taşıyan iş süreçleri ve faaliyetlerin tespit edilmesi, operasyonel riskin azaltılması ve kontrol edilmesi amacıyla, risk haritaları oluşturulmalıdır.

Anahtar risk göstergelerinin ortaya konması, operasyonel riskin kontrolü amacıyla operasyonel riskin zaman içinde değişiminin gözlenmesi, riskin önlenmesi, azaltılması ve kontrol edilmesi amacıyla kullanılan operasyonel risk yönetimi araçlarının fayda/maliyet analizi yapılması gerekir. Operasyonel risk yönetiminde kayıpların analizi yapılır. Bu çalışma yapılırken, faaliyet kolu ve risk gruplarına göre operasyonel kayıplar sınıflandırılır. Kayıpların gerçekleşme sıklığı ve frekans bilgileri sisteme girilir, toplam kayıp dağılımı oluşturulur, kurumun operasyonel risk matrisi hazırlanır, en önemli riskler matrisi oluşturulur. Çalışmaların başarısını değerlendirmek için birtakım anahtar performans göstergeleri belirlenmelidir. Bu anahtar performans göstergeleri iş alanındaki hedefleri yansıtmalı, başarı için kritik olmalı ölçülebilir ve karşılaştırılabilir olmalı, yanlış giden birşeyler olduğunda düzeltmeye izin veriyor olmalıdır”(Akintoe and MacLeod,1997:15,31-38)

4.4. Risk İzleme ve Kontrol

“Belirlenmiş olan riskler takip edilmeli, mevcut ve olası yeni riskler kontrol edilmeli, risk önleme planının yürütüldüğünden emin olunmalı ve risk etkileri düzenli olarak izlenmelidir. Risk yönetim planı, risk önleme planı yapıldıktan, proje iletişimi sağlandıktan, risk belirleme analizi yapıldıktan sonra risk izleme aşamasına geçilir. Proje risk önlem denetimleri yapıldıktan, düzenli olarak riskler gözden geçirildikten sonra kazanılmış değer analizi ve teknik performans ölçümleri yapılır. Risk önleme ve kontrol süreci sonunda düzeltici faaliyetler gerçekleştirilir. Projelerde yapılması gereken değişiklikler belirlenerek risk önleme planını güncelleştirme yoluna gidilir. Bu aşama sonunda bir risk veritabanı oluşur. Proje yaşam döngüsü boyunca risk denetçileri risklerin etki ve sonuçlarını, riskleri önleme şekillerini gözden geçirir ve dökümanete eder. Risklerin düzenli olarak gözden geçirilmesi ve varsa değişikliklerin değerlendirilmesi gerekir. Tüm proje performansı başlangıçta planlanan durumla karşılaştırılır, başlangıçta oluşturulan duruma göre değerlendirme yapılır. Proje planı uygulanırken, plan üzerindeki teknik başarı kriterleri karşılaştırılır ve plan işleyişinde sorun olup olmadığına bakılır.

Bir risk ortaya çıktığında, bu risk beklenmeyen ve risk önleme planında yer almayan bir riskse ya da beklenenden büyük bir etkisi varsa, planlanan önlemler yetersiz kalacaktır. Bu durumda ilave bir risk önlemi planı yapılır. Riskler meydana gelse de gelmesede mutlaka dökümanante edilmeli ve risk önleme planında kapatılmalıdır” (Luu ve diğerleri,2008: 1,2).

4.5. İnşaat Projelerinde Risk Yönetimi

Ülkemizde kamu kurumlarının bütün Yapım işleri ilgili bakanlıkça belirlenmiş şekillerde yapılmaktadır. İnşaat projelerinde bayındırlık Yapım işleri şartnamelerine göre işin başlaması için yer teslimi yapıldıktan sonra iş kalemleri listesine uygun imalatların işlem sırası göz önünde bulundurularak iş programı yapılır ve kurum onayına sunulur.

İş programına göre projenin başlangıç ve bitimi bellidir projenin zamanında bitmiyor olması risklerden kaynaklanır. Bu bölümde inşaat projelerinde risk yönetimi konusu, risk yönetiminin inşaat projelerindeki önemi, risklerin projelere olan etkileri, inşaat projelerinde en çok karşılaşılan riskler, alınması gereken önlemler, bir inşaat projesi ele alınarak incelenmiştir. İnşaat sektörünün yapısından dolayı hem inşaat sektörü hem de iş verenleri yüksek risk derecesine sahip. Bununla birlikte, inşaat projeleri farklı katılımcılar tarafından gerçekleştirilen, emek yoğun, karmaşık ve teknik uzmanlık gerektiren projelerdir. İnşaat projeleri bu özellikleri nedeniyle birçok riske maruz kalmaktadır. Bu nedenle, risk yönetimi inşaat projeleri için hayati önem taşımaktadır, ancak etkin bir risk yönetimi ile projenin hedeflenen maliyet süre ve kalitede bitirilmesi sağlanabilir

4.6. İnşaat Projelerinde Ortaya Çıkan Riskler

Bir inşaat projesi için risk tanımlama ve sınıflandırma aşaması bir yapım, projesinin yapısında mevcut olan önemli risklerin, sistematik olarak, tanımlanması ve değerlendirilmesi süreçlerinden oluşmaktadır İnşaat projelerine risk; belli bir inşaat faaliyetini devam ettirirken içinde bulunan belirsizliklerin doğuracağı ekonomik ve finansal kayıp, fiziksel hasar veya proje gecikme olasılıklarından oluşmaktadır.

Porter ve Healey'e göre, inşaat sektöründeki riskler, inşaat süreçlerinde oluşan ekonomik kayıp ve kazançların kontrol edilememesinden ortaya çıkmaktadır. Yüklenici firma açısından risk, firmanın mevcut veya gelecekte sahip olacağı varlıkları tehlikeye sokabilecek bütün olaylardır. Bir inşaat projesinde ortaya çıkan riskler projenin maliyet, kalite ve zaman performansı üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. İnşaat sektörünün, birçok bilinmeyen, beklenmeyen, tahmin edilemeyen ve istenmeyen durumlar karşı karşıya olduğu kabul edilmektedir.

Kangari ve Riggs bu durumun diğer sektörlerde de ortaya çıktığını ve riskin serbest girişimcilik sisteminin bir parçası olduğunu söylemişlerdir. Buna göre riskin çeşitli varyasyonları beraberinde en son maliyet, süre ve kalitede belirsizlik yaratacaktır (Akintoe and MacLeod,1997:15,31-38) inşaat projelerinde ortaya çıkan riskler ve risklerin sınıflandırılmasını anlatan birçok çalışma yapılmıştır.

4.7. İnşaat Projelerinde Risk Yönetiminin Önemi

İNşaat sektörü uygulamalarında her geçen gün daha karmaşık ve büyük boyutlu projeler gündeme gelmektedir.

“İşletmeler arasında giderek artan rekabet, bu karmaşık projelerin sadece performansları açısından değil, süre ve maliyet açısından da değerlendirilmelerini zorunlu kılmaktadır. İşletmelerin sadece hizmet üretmeleri yetersiz kalmakta, bu hizmetleri rakiplerden daha kısa sürede ve daha uygun maliyetlerle üretmeleri önemli bir faktör olmaktadır” (Kutlu, 2001:2).

“İNşaat projelerinde amaçlar genellikle fonksiyon, maliyet, zaman ve kalite sınırları olarak belirlendiği için inşaatlarda karşılaşılan en önemli riskler bu limitlerle karşı karşıya kalma durumudur ve bu başarısızlık olarak nitelendirilir. Oysaki riskler her zaman negatif çıktılardan oluşmaz. Fırsatlar da risk olabilir ama çoğu riskin negatif çıktılardan oluşuyor olması bireyleri risklerin yalnızca negatif olduğu düşüncesine iter” (Baloi, Price, 2003: 262).

“İnşaat projelerinde pek çok risk ve belirsizlik vardır. Bunlar projelerin belirlenen bütçe ve süre içerisinde tamamlanmasını engellemekle kalmayıp, aynı zamanda kalite, güvenlik ve operasyonel ihtiyaçlar anlamında da tehdit eder” (Öztaş, Ökmen, 2005: 1244).

Risk yönetimi genellikle inşaat projelerinde güvenlik, maliyet ve zaman yönetimi alanlarında uygulanır. “Risk yönetimi bununla kalmayıp teklif kararı verme, fizibilite çalışmalarında, piyasa araştırmalarında, performans geliştirmede ve acil durum yönetiminde, proje hayat döngüsünün her aşamasında kullanılır. İnşaat projeleriyle alakalı karar verme alanlarında risk yönetimi yaygın olarak uygulanabilir” (Han ve v.d. 2008:342).

“İnşaat projelerinde risk ve belirsizlik kaynakları her zaman mevcuttur ve çoğunlukla proje planlarında gecikmelere ve maliyet aşımına neden olurlar. Risk yönetimi yöneticiler için proje yönetimindeki en önemli bilgi alanlarından biridir” (Zayed, Amer, Pan, 2008: 410).

“İnşaatlarda riskin asıl kaynağı proje süresince ortaya çıkabilecek olası değişikliklerdir. İnşaat projelerindeki değişiklikler, genellikle projelerin erken aşamalarındaki birçok belirsiz proje bilgisiyle belirsizliklerin ilişkilendirilmesinden kaynaklanır” (Motawa, Anumba, El-Hamalawi, 2006: 583).

“Risk analizi süreci olası proje risklerini analiz etmek ve risklerle başa çıkmak adına çözüm stratejileri geliştirmek ve istenilen amaçlara ulaşmak için kullanılan sistematik yöntemlerdir. İnşaat teknikleri, tasarım, sözleşme tipleri, hava durumu, yer koşulları, politik-ekonomik çevre ve birçok farklı durum her yeni projede farklı olabilir. İnşaat projeleri yöneticileri ve pek çok araştırmacı bu durumu belirsizlik veya risk olarak adlandırır ve 90’lı yılların başından beri risk yönetimi ve analizi metodlarıyla sistematik bir şekilde yönetmeye çalışırlar” (Öztaş, Ökmen, 2005: 1245).

“Yapı endüstrisinde etkili risk yönetimi yaklaşımı, performansı ve sözleşme zorunluluklarını arttırıcı yönde daha önce hiç bu kadar gerekli olmamıştır.

Yapı endüstrisi, risklerden dolayı muhtemelen diğer endüstrilerden daha fazla zarar görmekte ve sıkça maliyetin artması ve zamanın uzaması şeklinde kötü bir performansla sonuçlanmaktadır” (Carr, Tah, 2001: 847).

“Program olmadan bir inşaat projesindeki değişik işleri koordine etmek zordur. Planlarda genellikle belirsizlik söz konusudur, çünkü risk ve belirsizlikle inşaat aktivitelerinde karşılaşmak kaçınılmazdır. Olası inşaat planı gecikmelerini tahminlemek inşaat projelerinde başarı şansını arttırmak için etkili bir adımdır İnşaat projelerinde gecikmeye neden olan faktörler dokuz kategoride gruplandırılabilir. Projeye alakalı riskler, işveren sahibiyle ilgili riskler, yükleniciyle ilgili riskler, danışmanla ilgili riskler, tasarımla ilgili riskler, malzemeyle ilgili riskler, işgücüyü ilgili riskler, ekipmanla ilgili riskler, çevreyle ilgili riskler”. (Luu vd., 2008: 1,2)

“Değişiklik yönetimi, proje değişikliklerini etkileyen tüm iç ve dış etkenlerle bağlantısı olan bölünmez bir süreçtir. Proaktif değişiklik yönetimi, bir değişikliğin gerçekleşme olasılığının tahminlenmesinin yanında proje parametreleri üzerinde değişikliklerin etki derecelerinin tahminlenmesini gerektirir” (Motawa, Anumba, El-Hamalawi, 2006: 1).

“Planlardaki gecikmeler her türlü inşaat projesinin ortak sorunudur. Bu gecikmeler inşaat projelerinde kayıplara neden olur. Proje başarısında önemli rol oynadığı için inşaat proje planları proje yönetiminde başrol oynar. Bir inşaat projesini yönetirken plandaki gecikme olasılıklarının hesaplanması önemlidir” (Luu v.d. 2008: 1).

“Genel olarak firmalar riski para kaybı olarak görürler. Oysa ki riskler doğru planlandığında ve belli bir program dahilinde yürütüldüğünde çok iyi sonuçlar getirecektir ve herhangi bir problem yaşanmayacaktır. Dolayısıyla en büyük risk plansız bir çalışma yapmaktır. İnşaat projelerinde risk yönetimi, hedef görevlerin proje hayat döngüsü boyunca değişmeye eğilimli olmasından, projelerin makro çevredeki değişikliklerden, proje değer zincirinde çok sayıda takım yer almasından ve yapı sürecinin bir kereye mahsus gerçekleşiyor olmasından ötürü ortaya çıkan kontrol edilemeyen riskleri önleme hassaslığından dolayı çok çeşit senaryo olduğu için sıkıcı bir iştir”. (Dikmen v.d. 2008: 42)

“İnşaat sektöründe bir firmanın kapasitesini belirleyen önemli kriterler vardır. Bu kriterler, inşa edilen bina, baraj, yol, köprü vs. kalitesini de belirler. Deprem riskinin büyük olduğu ülkemizde kaliteli bina inşaatı önem taşımaktadır. Firmaların sahip olduğu mühendislik kapasitesi ve çalıştırdıkları nitelikli iş gücü, yapılan işlerin kalitesinin en önemli belirleyicisidir. İnşaat projeleri çok karmaşık projeler olarak nitelendirilirler çünkü belirsizlikler değişik kaynaklardan ortaya çıkmaktadır” (Miller, Lessard, 2001:19,437-443).

“Yüklenicilerin ve işverenlerin iş sırasında karşılaşılan problemleri zamanında çözmemesi, şartname ve yönetmelikleri farklı yorumlayarak standart değişiklikleri yaratmaları belirsizlik yaratır. İnşaat projeleri yüzlerce paydaşı bir araya getirir, buda networkü bütünüyle ele almayı güçleştirir.

İnşaat proje yönetimi, bir profesyonel yönetim süreci olup, ilk planlanandan işin tamamlanıp mal sahibine fiziksel olarak teslimine kadar geçen süreç içinde süre, maliyet ve kalite kontrolü için hazırlanan prosedürler bütünüdür. İnşaat proje yönetimi, işveren projedeki başarısı için, profesyonellerce oluşturulmuş bir ekip tarafından, bütünlük sistem ve prosedürlerin uygulanması anlamındadır. Bu sistem ve prosedürler, farklı uzmanlıkları ve tarafları projede etkin ve anlamlı biçimde kullanmak amacı ile tasarlanmışlardır. Bu konu bütünlük uzmanlık oluşturan bireysel uzmanlığınkinden daha fazla fayda sağlamayı hedefler Risk yönetiminin risk etkilerini ölçmenin ve önlem planını almanın en iyi yolu olduğuna değinmişlerdir. Projelerdeki en büyük eksiklik risk değerlendirme sürecindeki öznellik ve insanların baş arsızlık nedenleri konusunda bilgi vermek istememesidir” (Dikmen v.d.,2007:18,42-50).

“Yapı tedarik zincirinin her aşamasında inşaat proje riskleri bildirimleri zayıf, eksik ve tutarsızdır. Proje takım üyeleri riskleri tanımlamak için farklı terminolojileri kabul eder, risk analizi ve yönetimi için farklı metod ve teknikler kullanır, farklı çözümler üretir. Proje iletişim sistemleri ortak bir terminoloji, standart tanımlar, ölçümler için belirlenmiş metrikler ve uygun süreç ve prosedür bilgileri üstüne kurulu olmalıdır (Tah, Carr, 2001: 835).

“Gerçekleşen risklerden elde edilen sonuçlarla öğrenmenin gerçekleşebilmesi için, şirketlerin deneyimlerinden oluşan, içinde risk bilgilerinin, çözüm stratejilerinin ve risk sonuçlarını etkileyen faktörlerin yer aldığı bir risk veritabanı oluşturulabilir Bilgiyi yönetmenin iki temel yolu vardır: strateji kodlama ve strateji kişiselleştirme. İlk strateji, bilgiyi kodlama ve bunu kayıt altına almaktır. Strateji kişiselleştirme de kişisel etkileşimle bilgi paylaşımını içerir” (Dikmen v.d. 2008:43).

“Öğrenilen bilgiye olan gereksinim, proje aşamasında üretilen bilginin türüne, kurum kültürüne, proje yönetim sistemlerinin olgunluğuna, kaynaklara göre değişir” (Dikmen v.d. 2008: 44)

“İşgücünü, ekipmanları, malzemeyi, araçları ve parayı proje süresince en verimli şekilde kullanmak için etkin çalışan bir zaman yönetim sistemine ihtiyaç vardır. Doğru planlama, programlama ve koordinasyon projenin istenilen kalitede, zamanda ve öngörülen bütçe içinde tamamlanması için gereklidir Zaman ve para her türlü endüstride önemli olan kaynaklardır.

Özellikle yapı endüstrisinde rekabetçi ve kar amaçlı bir politika izlendiğinden paranın ve zamanın etkin bir şekilde yönetilmesi gerekir. Zamanı ve maliyeti iyi tahminlemek, projelerin gelişimini izlemek ve tekrar eden hatalara karşı önlemler alıp onları düzeltmek projeleri başarıya götürür. Aksaklıklar, işverenden kaynaklanan problemler, doğa olayları ve mücbir sebeplerden kaynaklanabilecek süre uzamalarına karşı, gerekli süre uzatımı ve olası zararların maliyetlerinin karşılanabilmesi doğrultusunda ciddi sözleşme yönetimi uygulamalarının yapılması gerekmektedir” (Uğur, Baykan, 2008: 84).

Herhangi bir arazi üzerindeki inşaat yapımı, müteahhide kontrat yapmayı gerekli kılar. İşveren ya da yüklenici, bu amaç için birçok farklı seçeneğe sahip.

“Bununla beraber başarılı bir sözleşme düzenleme, genellikle belirlenen bazı prosedürlerin kabulünü öngörür. “İnşaat sanayi, aralıksız olarak yapım zamanı, maliyeti ve performansı hakkındaki kötü baskıcı yaptırımlarla mücadele etmek için yeni yüklenici seçme yöntemlerini incelemektedir. Pek çok ülkede kullanılan metotlar, kontrat periyodunu azaltmaya yöneliktir” (Uğur, 2007: 8).

“Sözleşme yönetimi mal sahibine güvenlik yönetimi hizmetleri sunulması ile ilgilidir. Proje yöneticisinin güvenlik ile ilgili yükümlülüğü projelere göre değişim göstermekle birlikte inşaat proje yöneticisi ve işveren arasındaki sözleşmede açıkça belirlenir. İnşaat projelerinin başarıya ulaşabilmesi için, öncelikle üst yönetimin desteği gereklidir. Proje hedefleri detaylı ve anlaşılır biçimde belirlenmiş ve tanımlanmış olmalıdır. Belirlenen hedefler Sadece iyimser tahminlere dayanmamalıdır. Beklenmeyen durumlarda proje hedeflerini gerçekleştirilmede güçlükler yaşanacağından riskleri en aza indirmek açısından iyimser tahminler üzerinden proje hedeflerini belirlemek yanlış olur. Planlamanın doğru bir şekilde yapılmasının yanı sıra proje aşamalarının etkin bir şekilde izlenmesi, sürekli bir kontrol sağlanması projenin başarıya ulaşması açısından büyük önem taşır. Proje süreçlerinde kontrolün düzenli olarak sağlanmasıyla anında müdahaleler yapılabilecek, plandan sapmalar zamanında tespit edilerek önlenilebilecektir.

Proje ekibinin doğru seçimi projenin her aşamasında başarıyı beraberinde getiren önemli bir faktördür. Bu bağlamda proje yöneticisinin yetki ve sorumlulukları, ekibin uzmanlık alanına ve yetkinliğine bağlı olarak doğru bir şekilde dağıtması da büyük önem taşır. Proje ekip üyelerine görevler dağıtıldıktan sonra yetki ve sorumlulukların iyi açıklanmış olması, etkin iletişim sağlanması da proje başarısında etkili olacaktır. İstenilen zamanda istenilen kaynağa ulaşılabilmesi, proje kapsamında, planlarda ve sorumluluk dağılımındaki değişikliklerin titizlikle yapılması, durum değerlendirmesinin doğru bir şekilde yapılması, karar vermede uzlaşmanın sağlanabilmesi de her projede olduğu gibi inşaat projelerinde de projenin başarıya ulaşması için önemli etkenlerdir. İnşaat projelerinin planlandığı gibi yürütülememesinde işverenlerin, insan kaynakları ve sosyal çevrenin, mali sektör ve ekonomik çevrenin, siyasi ve politik çevrenin, resmi ve hukuki çevrenin rolü büyüktür. Kamu kesiminin yatırımları belirli bir düzen içerisinde olmadığından sektör için belirsizliğin kaynaklarından birini oluşturmaktadır. Altyapı yatırımı seneden seneye büyük değişiklikler gösterebilir” (Uğur, Baykan, 2008: 84).

4.8. İnşaat Projelerinde Tipik Risk ve Belirsizlikler

“İnşaat projelerinde öngörülen hedeflerin gerçekleşmeme nedeni, bazen çok tecrübeli bir yöneticinin bile öngöremeyeceği olumsuzlukların meydana gelmesidir. Bunlardan bazıları tabii felaketler, büyük makro ekonomik krizler, beklenmeyen işçi grevleri, istisnai iş kazaları, savaş hali, ambargo durumudur. Bu durumlarla ilgili belirti yoksa önlemler almak teoride mümkün olmasına rağmen henüz ortada böyle bir durum yokken bu tür çalışmalar yapmak anlamsızdır. Hedeflerin gerçekleşmemesinin genel nedenleri proje uygulama şartlarının işveren veya yüklenici tarafından yeterli derecede algılanamaması, teknik tasarım yetersizliği, sözleşmenin yetersizliği, verimsiz çalışma, iş sırasında meydana gelen öngörülmemiş durumlara işveren veya yüklenicinin yeterli müdahale edememeleri ve fiyat değişimleri gibi durumlardır. Bu durumların gerçekleşebileceği bilinsel dahili çoğu zaman ne gibi önlemler alınacağı ya da süre veya maliyet hesaplamalarına yansıtılması ihmal edilmektedir.

Bunun nedeni gerçekleşmesi kesin olmayan bu faktörlerin incelenmesinin zaman kaybı, dolayısıyla da gereksiz bir ek maliyet olduğu düşüncesidir” (Aytekin, 1999).

“İmalatlardaki kalitenin istenen düzeye yükseltilmesi, proje süresindeki gecikmelerin telafi edilmesi, yüksek düzeyde maliyete sebep olur. Bunun için, modern planlama teknikleri kullanılmalı, sürekli bilgi akışı ile kontrol sağlanmalı, gerekli durumlarda revize programlar hazırlanmalı, süre kısaltımlarında minimum ek maliyet getirecek faaliyetler belirlenip bunlar üzerinde yoğunlaşılmalıdır. Projelerde en çok soruna neden olan enflasyonun projeye olan etkisidir. Bunun yanısıra yönetimde altyapı bakımından eksikliklerin olması, üst yönetimin proje yönetimini benimsememesi, teknik bilgi veya kaynak yetersizliği de projede sorunların çıkmasına neden olur. Yapı kontrol ve denetimdeki yetersizlikler ve kusurlar, düşük kaliteli işçilik, tasarım ve mühendislik hataları, uygun olmayan veya kalitesiz malzeme kullanımı ve işveren kaynaklı gecikmeler inşaat projelerinde risk yaratabilecek unsurlardır. Projelerde yapılan en büyük hata planlamaya gerekli önemin verilmemesidir.

Planlama doğru yapılmadığı sürece kaynak sağlansa dahili istenen sonuç elde edilemez. Projenin planlanan maliyeti aşması, projenin kontrol ve izleme aşamasında yaşanan aksaklıklar, ekip çalışması gereken yerlerde yaşanan sorunlar proje ekibinin oluşturulmasında karşılaşılan sorunlar projeler yürütülürken en çok karşılaşılan sorunlardır. Bu tip sorunların çözülebilmesi için ilgili bölüm çalışanlarıyla toplantı yaparak sorunların incelenmesini sağlamak, kontrolleri arttırmak, gerekirse bir danışmana başvurmak yerinde bir karar olur. Sorunun nedeni belirlendiği takdirde çalışanlara gerekiyorsa eğitim vermek benzer sorunlarla karşılaşılmasını engelleyecektir.

Soruna çözüm bulunamıyorsa projeyi revize etmek gerekebilir. Eğer risk analizi ve değerlendirmesi sonucunda proje değerleri beklenenden olumsuz noktalarda bulunuyorsa, ilgili projenin gözardı edilmesi dahi söz konusu olabilir, proje askıya alınabilir. İnşaat projelerinde sorunların bir kısmı üretim faaliyetlerinin gezici, ürünün sabit olmasından kaynaklanır. Üretim sektöründe, ortam koşulları uygun hale getirilebildiği gibi ulaşım, işçi ve enerji olanakları da istenilen düzeyde tutulabilmektedir. Ancak inşaat sektöründe bunlar her proje için değişiklik göstermektedir. Üretim teknolojisi ve süreç seçimi için her projenin başlangıcında eniyileme çalışmaları yapmak gerekir. Üretim ve maliyet tahminlemesi inşaat projelerinde her zaman için risk teşkil eder.

Üretim dışarıda yapıldığı için dış çevre unsurlarından etkilenmektedir. Ayrıca inşaatın firma merkezinden uzak olması da yönetimin etkinliğini azaltır. İnşaatlar da karşılaşılan en büyük sorunlardan biri de arsa sahibinin inşaatla ilgili her şeyin hukuken sahibi olmasıdır. İnşaatla ilgili her türlü karar proje başlangıcında yapılan sözleşmeyle verilir. Müteahhit ve proje yöneticisi bu sözleşmeye göre hareket eder. İnşaat sahibi tarafından belirlenen koşullar altında proje yürütüleceğinden inşaat maliyetlerin yükselmesi durumu da söz konusu olabilir. İnşaat projeleri dönemsel projeler olduğu ve koşullara göre belirsizlik arz ettiği için inşaat sektöründe uzun vadeli planlamalar yapılamamaktadır. Uzun vadeli planlamalar yapılamadığı için belirsizlik fazla olduğundan bu sektörde piyasaya göre kapasite ve stok planlaması yapılamamaktadır.

İhale teklifindeki maliyet çeşitli koşullar düşünülerek hesaplanır ve şartlar her proje için değiştiğinden, her proje için yeniden hesaplama yapılır. Yüklenici planlama ve tasarım aşamasına dahil olmaması da projelerde birtakım sorunlara neden olan bir unsurdur. Bunun yanı sıra her projenin birbirinden farklı olması sebebiyle şantiye işçilerinin işi her seferinde yeniden öğrenmesi ve adaptasyon sorunuyla karşı karşıya kalınır. Ayrıca işçilerin niteliklerinin birbirinden farklı olması da projelerde işlerin planlandığı gibi gitmesine büyük engel teşkil eder. Projelerin maliyeti başlangıçta belli olmadığından işveren bütçenin üstünde bir maliyete katlanmak durumundadır. Sık karşılaşılan bütçeyi aşma durumu da projeler için risk teşkil etmektedir. Hedeflere kolayca ulaşılabileceğinin düşünülmesi ve proje yönetimi düşüncesinden uzak olunması projelerde büyük kayıplara neden olabilir. Bazı projelerin büyüklüğünden dolayı, imalat kalemlerinin fazla olması ve her kalemde gerçekleşmesi muhtemel hataların projenin genelinde yüksek maliyete neden olması da büyük projeler için risk oluşturur.

Sıradışı projelerde ise örnek teşkil edecek proje olmamasından dolayı tahminlerdeki sapmalar büyük olacaktır. İnşaat üretiminin riskler açısından özellikleri şu şekildedir: İnşaat tipi, yeri ve koşulları (toprak, iklim, ulaşım, işçi, enerji olanakları) her projede değiştiğinden, üretim yöntemleri de değişmektedir. Dolayısıyla inşaat projelerinde üretim teknolojisi ve süreci seçimi ve bu seçimde, optimizasyon büyük önem taşımaktadır. Ayrıca üretim ve maliyet tahmininde daima risk unsuru bulunmaktadır; zira genellikle açıkta üretim yapılmakta, üretim yeri dış etkilere maruz kalmakta, üretim yeri işletme merkezinin uzağında olmaktadır.

İnşaat sanayinin de üretim yeri gezici, ürün sabittir. Bu hususlar inşaat sanayinin de yönetimin etkinliğini azaltmakta, risk ve maliyeti artırmaktadır. İnşaat sektöründe üretim, yüklenicinin ihaleyi kazanması ile başlamakta, işin tipi ve büyüklüğüne bağlı biçimde sürmekte ve kendi içinde alt üretimlerden oluşmaktadır. Genellikle bu tür üretimde işletme için pazar araştırması, pazarlama ve üretim ile finansman gücünü dikkate alan uzun süreli programlar yapılamamaktadır.

Ayrıca mal sahibi tarafından saptanan süresel koşullar, inşaatta maliyetlerin yükselmesine yol açabilmekte, en güçlü işveren olan kamu kuruluşlarının, popülist politikalar nedeniyle uzun vadeli programlar yapmamaları veya yapılanlar uymamaları sonucu, ülkede inşaat piyasası saydam bir görüntü vermemektedir. Bu nedenle de yapı işletmeleri kapasite ve stoklarını piyasaya göre ayarlayamamakta ve ellerindeki proje dışında uzun vadeli faaliyet programları yapamamaktadırlar. Keşiflerde risk unsuru kaçınılmaz olduğundan bunun önemle dikkate alınması gerekmektedir. Bu risk bazen öngörülen kar oranını aşmakta ve çeşitli tahminlerdeki farklar nedeniyle birbirinden çok farklı ihale tekliflerinin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. İşveren inşaatı çeşitli yüklenicilere bölerek yaptırması, bunları bizzat seçmesi, koordine etmesi ve her türlü karar yetkisini kendinde tutması sonucu işin yürütülmesi daha da zorlaşmaktadır.

Bu arada, üretimin zaman zaman kesilmesi, durup yeniden başlayan üretimin doğurduğu kayıplar maliyet artışları olasılığı doğurmaktadır. Her zaman her türlü ihaleye girmek zorunda bulunan yüklenici aksi halde boş kapasite yaratma riski ile de karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenlerle inşaat sürecinde belirsizlik esastır.

Üretim faktörleri (insan ve makine) üretkenliğinde insan ve makine kalitesinin iş yeri, iklim, çalışma vb. koşulların her projede değerlendirilmesi gerekmektedir. Değişik deneyim ve tahminler nedeniyle, teklif fiyatlarında ortaya çıkan farklar, mal sahibi tarafından hazırlanan proje ve şartnamelerdeki belirsizliklere göre artmaktadır. Yapı işletmelerinin uzun vadeli kesin üretim programı yapamamaları ve ileriye dönük üretim miktarlarını saptayamamaları nedeniyle, genel giderlerini geçmiş yılların deneyimlerini dikkate alarak öngördükleri (yıllık) ciro oranlarına göre dağıtma olanağı bulunmamaktadır. Genellikle birim fiyat esasına göre yapılan ihalelerde kesin hesap işlemi uzun sürdüğünden, yüklenicinin kesin teminatı da (kesintileri) uzun süre bağlı kalmaktadır. Bu nedenlerle ihale tekliflerindeki tahmini maliyetler, çeşitli açılardan ve değişik koşullarda edinilen tecrübeye dayanılarak içgüdüsel belirlenebilmektedir. İnşaat sektöründe alıcı, imalat sektöründe olduğu gibi fiyat ve kaliteyi bir arada görerek seçim yapamaz. Kaliteyi her mal sahibi şartnamelerde belirlemektedir.

Fiyat ise, teklifler açılana kadar bilinemediğinden geleneksel inşaat sektöründe reklâmın bir işlevi bulunmamakta ve açık rekabet mekanizmasından da söz edilememektedir. Yüklenicinin üretim yeri ve konusunun özelliklerini dikkate alarak yapabileceği rasyonelleşme (maliyet indirimi), sınırlı olmak zorundadır. Gerçekten, yüklenici ancak mal sahibi, kredi kuruluşu veya tasarımcıdan sonra devreye girdiğinden, rasyonelleşme açısından yüklenici önlemlerinin çap ve etkinliğini, kendisinden önce gelenler belirlemektedirler. Sürekli çalışan ve şantiyeden şantiyeye gönderilen küçük çekirdek ekibin dışında kalan inşaat iş çileri, her projedeki işi ve yöntemleri yeniden öğrenmek, ekip ve yöneticilere alışmak zorundadırlar. Bu görülen öğrenme ve alışmanın yarattığı düşük üretim ve yüksek maliyet, inşaat sanayin de her projede ortaya çıkmakta, değişik yerlerden ve genellikle tarımdan gelerek büyük çoğunluğu geçici olarak çalışan çeşitli niteliklere sahip bu tür işçiler yüzünden üretkenlik, sağlıklı biçimde tahmin edilememektedir.

Ayrıca işçi izin istekleri, mevsim açısından (hasat zamanı vb.) inşaat işyeri gereksinimine uymamakta, bu işçilerin ücretleri de, bireysel üretkenlikleri dikkate alınarak hesaplanamamaktadır. İnşaat riskli bir iş kolu olduğu için, kar etmede riskleri analiz ve kontrol etmek anahtar gibi düşünülebilir.

Doğrularımızın yanlışlarımızdan çok daha sık olması için çünkü inşaat alanında risk yönetimi doğru kar etme yeteneğini belirler. İnşaat sektörü çok sayıda değişkenin olduğu bir iş kolu olduğu için, projenin geçerliliğini ve kabiliyetini değerlendirmede ve tespit etmede kullanılabilir. Normal taahhüdün bile güçlüklereden neden olduğu bir sektörde risk yönetimi ile kayıpları azaltmak için. Proje risklerini tanımlamak ve her bir riskin potansiyel maliyetini nicelendirmek ve planlar geliştirmek için veya riski hafifletme de üzerinde çalışmak için, belirli bir projede firmanın yeterli bir kar elde edip etmeyeceğini belirlemek için, risk ne kadar yüksek olursa potansiyel getirisi de o kadar çok olur.

Tatmin etmeyen projelerden kaçınmak ve kar marjlarını yükseltmek için, projelerin belirli bir bütçe ve zaman içinde bitimini güçleştiren faktörleri kontrol etmek için, sigorta primlerini kabul edilebilir düzeylerde tutmak ve kayıpları azaltmaktır.

Yüklenicilerin tümü riski maliyet, zaman ve kaliteye ilişkin proje hedefleri açısından algılasa da, risk yönetimi ihtiyacı için verilen cevaplar vurgunun maliyet ile ilişkili risklere yapıldığını göstermektedir, bu da karlılığı etkilemektedir. Proje yöneticisinin iş sahasında bulunarak koordinasyonu sağlaması, aksaklıkları zamanında görüp müdahale etmesi, mevcut riskler konusunda önlem alınması açısından önemlidir. Risk yönetim süreci, tasarlanan bir projeye ilgili bütün muhtemel risklerin belirlenmesi ile başlar. Bu süreçte, pek çok büyük kararın sıkça verildiği proje ömrünün başlangıcında başlanması gerekir. Potansiyel risklerin neler olduğu, bunların nerelerden meydana gelebileceği, etkilerinin ne olabileceği ve bunların meydana gelme ihtimaline karşı alınabilecek tedbirler belirlenir. Risklerin değerlendirilmesi, karar vermenin ve sayısal analizlerin bazı türlerinin kombinasyonudur. Farklı riskler, kategorilerine ve önem derecelerine göre sınıflandırılırlar. Olasılığa dayalı analiz yöntemleri, tahminlere anlamlı olasılıkların uygulanmasına dayanır. Normal olarak her önemli risk sadece iyimser, en muhtemel ve kötümser yaklaşımlara dayanarak gerçekçi olarak ölçülebilir. Yeniden değerlendirme, hesaplanmış olan potansiyel riskin azaltılması ve elenmesini gerektiren bir çalışmadır” (Uğur, 2007).

Anlaşıldığı üzere, detaylı bir iş programı ile proje ne kadar büyük olursa olsun riskleri görmek ve müdahale etmek kolaylaşacaktır. Kullanılacak olan malzemelerin sahaya, kullanımından iki gün önce sevki işlerin düzenli olarak yürümesini ve sevkiyattan kaynaklanan gecikmeleri engellemeyi sağlayacaktır. Bu da projenin planlanan zamanda bitirilmesine olanak sağlayacaktır. Projelerde karşılaşılan en büyük sorunlardan biri, kritik yol üzerinde bulunan aktivitelerden birinde planda olmayan bir değişiklik olmasıdır. Bu projenin sonucunu etkiler. Hem maliyet hem de süre açısından tahminlenenin dışına çıkılması projenin tahminlenen sürede ve maliyette tamamlanmamasına neden olur. Bunu, yine kritik yol üzerindeki diğer aktivitelerde gerekli düzeltmeler yaparak eski tahmin değerlerine çekmek mümkündür. Ama bu da planlananın dışında olduğu ve kritik yol üzerindeki aktivitelerde değişiklik yapılmadığı için maliyete sebep olacaktır. Kaynak artırımı bu tür bir sorun için en doğru seçenek olacaktır.

Maliyetteki sapmayı da, mümkünse kritik yol üzerinde olmayan diğer aktivitelerde düşük maliyetle iş yaparak ortadan kaldırmak uygun olacaktır. Okpala ve Aniekwu “İnşaat projelerindeki zaman ve maliyet aşımının işgücü etkinliğinin artırılmasıyla çözülebileceği görüşündedir”.

“Kaming Endonezya’daki inşaat projelerindeki zaman ve maliyet aşımına neden olan faktörleri araştırmış ve ağırlıklı olarak enflasyon, yanlış tahminler, proje karmaşıklığı, hava koşulları, yerleşim, yerel yönetmelikler olduğu sonucuna varmıştır” (Baloi, Price, 2007: 267).

“Projelerde sorun teşkil edecek diğer bir durum da işverenle proje sorumlularının yönetim anlayışlarıdır. Farklı yönetim anlayışları fikir çatışmasına neden olabilir. Fikir çatışması olmadığı takdirde proje sorumluluklarının deneyimleriyle proje başarılı bir şekilde yönetilecektir. Projelerde dikkat edilmesi gereken bir başka husus da enflasyondur. Her faaliyet için enflasyonun etkisinin hesaplanması projenin geneli için daha gerçekçi bir tahmin yapılmasını sağlayacaktır, çünkü proje üzerinde ciddi etkisi olan faaliyetler olacaktır. Firmaların inşaat yöntemlerini iyi bilmeleri ve uygulamaları, yetkin teknik elemanlar istihdam etmeleri, modern ve verimli ekipmanlara sahip olmaları başarılı yapım projeleri gerçekleştirilmesinde yeterli değildir. Ekonomik, mali, hukuki ve siyasi konuları da iyi bilip hakim davranışlarda bulunulması gerekir. Bu da ilgili konularda uzman elemanların istihdamı, danışmanlık hizmetlerinin alımı vb. uygulamaları, dolayısı ile ek maliyetleri beraberinde getirir” (Uğur, Baykan, 2008).

4.9. İnşaat Risk Yönetim Teknikleri

“Proje risk yönetimi, bazı karlara ulaşabilmek için projenin anlaşılmasını içeren bir disiplindir. Bu disiplin içinde proje risk hesaplamalarını yapabilmek için gerekli araçlar ve teknikler hakkında kapsamlı bilgiler bulunmaktadır”. ((Raflery(1994), Williams(1984), Toakley ve Ling(1991))

“İnşaat projelerinde kullanılmak üzere çeşitli risk analiz teknikleri geliştirmişlerdir. Bu teknikler risk primini, riske ayarlı iskonto oranı, öznel olasılık (subjective probability), karar analizi, duyarlılık analizi, Monte Carlo simülasyonu, stokastik üstünlük, sezgi kapsar” (Ababneh, 2000:175).

“İnşaat projelerinde riskleri kontrol etmenin bir yolu güvenilir proje tahminleri ve planlar geliştirmektir. Projelerin planlama risklerini modelleme ve aktivite sürelerindeki değişimleri ölçmek için PERT (Program değerlendirme ve gözden geçirme tekniği), PNET (Olasılık Network Değerlendirme Tekniği), NRB (Narrow Reliability Bounds) ve Monte Carlo Simülasyonu(MCS) gibi farklı yöntemler kullanılır” (Öztaş, Ökmen, 2005: 1246).

BEŞİNCİ BÖLÜM RİSK ANALİZİ UYGULAMASI

5.1 Problemin Tanımı

Çalışmanın bu bölümünde, Mevcut binanın bölgenin deprem bölgesi olması dolayısıyla güçlendirme gereği duyulmuş güçlendirme faaliyeti yapılmıştır. Projenin bitirilmesi hedeflenen sürede bitirili, bitirilemeyeceği bilinmediğinden CPM veya PERT teknikleri uygulanmak istenmiştir. Proje 33 farklı faaliyetten oluşmaktadır. Süre olarak belirsizlik içermektedir. Bu nedenden dolayı projenin tamamlanma süresinin kesin olarak belirlenebilmesi mümkün değildir.

Bunun yanı sıra, projenin ihale şartlarında belirtilmiş olan hedef süre içerisinde tamamlanarak kuruma teslim edilmesi aksi takdirde belirlenen teslim tarihinden itibaren gerçekleşen herhangi bir gecikme için, anlaşmaya varılan ihale bedeli üzerinden cezai müeyyide uygulanacağı söz konusudur. Yukarıda belirtilen şartlar altında, projenin beklenen tamamlanma süresinin tahmini ve son teslim tarihine kadar projenin tamamlanması problemi çözülmeye çalışılmıştır. Proje teslim tarihinde meydana gelebilecek muhtemel bir gecikmenin önüne geçebilmek için geliştirilen cpm şebeke diyagramı ile kritik yol tespiti yapılacaktır.

5.2 Projenin Tanımı

Bina 2 kattan oluşmaktadır. İnşaat alanı 1000m²'lik bir spor alanından oluşmaktadır. Proje 33 farklı faaliyetten oluşmuştur. Proje ve faaliyetlerle ilgili detaylı bilgi takip eden başlıklar altında verilmiştir.

5.3 Proje İçin Yapılan Kabuller

• Tablo 5.3' de belirtilmiş olduğu üzere, faaliyetlerin büyük kısmının tamamlanma süreleri ile ilgili kesin veriler yoktur. Kullanılan zaman değerleri, PERT tekniği uyarınca ilgili faaliyetin uygulama sürecinde sorumlu olan mühendisler tarafından, proje yöneticisinin koordinesi altında, sübjektif olarak tahmin edilmiştir.

• Çalışma süresi cumartesi günleride dahil olmak üzere haftada 6 gündür. Günlük çalışma saati 08:00 –12:00 ile 13:00-19:00 saatleri arasında olmak üzere günlük 10 saattir. Bir ayda toplam 26 iş günü olduğu, dolayısıyla ayda $10 \times 26 = 260$ çalışma saati olduğu kabul edilmiştir.

• Her bir faaliyetin toplam maliyeti, Bayındırlık Bakanlığının öngördüğü adam saat değerleri ile kaynak birim fiyatlarının ve bu iş kalemlerine inşaat şirketinden alınan adam saat değerleri ile kaynak birim fiyatlarının ortalaması alınarak elde edilen değerler analiz edilerek hesaplanmıştır.

Faaliyetlerin maliyet hesaplarının detaylı açıklaması ve analizi çalışmanın kapsamı dışında olduğundan, ilgili maliyet değerlerinin Tablo 5.2'nin 5. Sütunun da her faaliyet için ayrı ayrı belirtilmesiyle yetinilmiştir. Projenin analizi boyunca bu değerler veri olarak kullanılmış ve hesaplamalara dahil edilmiştir.

5.4 Proje İhalesinde Belirlenmiş Olan Şartlar ve Projenin Detayları

Üniversinin belirttiği en geç teslim tarihi 31-12-2009 dır. Ayrıca kurum, yapılan sözleşmede, belirlenen teslim tarihinde meydana gelebilecek herhangi bir gecikme için belirlenen ihale bedelinden %0,5 TL günlük cezai işlem uygulanacağı şartı koşmuştur. Projenin uygulama başlangıç tarihi (yer teslim tarihi) 23.09.2009 olarak belirlenmiştir. İstanbul Üniversitesinin ihale etmiş olduğu projenin detayları takip eden tablolarda ve ilgili açıklamalarda belirtilmiştir.

Aşağıda Kaynak tablosunda detaylar işlenmiştir.

Tablo 5.1 Kaynak Tablosu

KAYNAK	AÇIKLAMA	BİRİM
Beton	200 dozlu demirsiz beton	M3
Beton1	Demirli (b160) betonu	M3
Beton2	Bs18 (b225)betonu	M3
Boru	Düşey yağmur borusu montajı	Mt
Boya	Demir imalattan iki kat yağlı boya yap.	M2
Boya1	Badanasız sıva her yüz iki kat yağlı boya su	M2
Büz	Beton büz döşenmesi	Mt
Dere	Çatı deresi şap. Yap.	Mt
Doğrama	Isı yalıtımlı doğrama	Kg
Dolgu	Temel içi stablize dolg. Yap.	M3
Duvar	Düşey del. Fab.tug.ile duv.yap	M2
Fuga1	Bina içinde duv.mad.dil fug yap.	Mt
Kazı	El ile yum.sert.top.zem.gen der.kazı yap	M3
Kazı1	El ile yum.sert.kus.zem.gen der.kazı yap	M3
Kum	Temel tabakasına el ile kum çakıl serilmesi	M3
Mermer	Mermer denizlik yapılması	Mt
Örtü	Trapezoidal alü.lev.ile çatı örtüsü yap	M2
Profil1	Münferit profil dem.haz.	Ton
Sıva	Düz sıva	M2
Söküm	Çatı söküm	M2
Sökümü1	Çatı karkas sistemi sökümü	M2
Tespit	Demir karkas ins. Yap. Yerine tes.	Ton
Kafes	Çatı Karkas sistemi yap	M2
Yalıtım	Su yalıtımı	M2
Yalıtım1	Isı yalıtımı	M2
Yıkım1	Demirli demirsiz beton inş. Yıkılması	M3

Yukarıda kaynak tablosunda (Tablo 5.1) projedeki faaliyetleri gerçekleştirebilmek amacıyla kullanılan kaynaklar yer almaktadır. Bir faaliyet için gerekli kaynaklar bu tablodan seçilerek ilgili faaliyete atanır. Tablo üç sütundan oluşmaktadır. Birinci sütun olan ‘Kaynak’ ta kaynak kodları; ikinci sütun ‘Açıklama’ da ise ilgili kaynağa ait açıklamalar yer alır. Her bir kaynağın birimi ‘Birim’ sütununda belirtilmiştir.

Faaliyet Kod	Faaliyetler	Kaynak	Miktar	T.Mliyet-TL
1	Temel Kazısı1	Kazı	168	14,000
2	Yıkımı	Yıkım	338	10,000
3	Çatı Karkası Sökümü	Söküm1	296	1,500
4	Temel Kazısı2	Kazı1	103	10,000
5	Kanal	Büz	53	2,500
6	Temel İksası	İksa	216	4000
7	Drenaj	Büz	42	1,800
8	Temel Altı Tabakası	Kum	180	3,000
9	Kolon Sıyırma	Kazıma	218	8400
10	Temel Sıyırma	Kazıma	103	2,200
11	Çatı Sökümü	Söküm	296	1,500
12	Grobeton	Beton1	95	16,000
13	Radye Yalıtımı	Yalıtım1	17	2,400
14	Temel Betonu	Beton2	120	8,000
15	Çelik Kolonlar	Profil	5400	25,000
16	Temel içi Stablz.	Dolgu	350	7,200
17	Perde Betonu	Beton2	210	21,000
18	Çatı Karkası Yapımı	Karkas	300	12,000
19	Tabliye Betonu	Beton1	210	7,000
20	Duvar Yapımı	Duvar	500	14,200
21	Çelik Bağlantı Elem.	Tespit	240	1,100
22	Demir Boyası	Boya	420	6,000
23	Duvar Yalıtımı	Yalıtım2	700	20,000
24	Çatı Kaplaması Yap.	Örtü	500	25,000
25	Çatı Deresi	Dere	100	1,500
26	Düşey Yağmur Borusu	Boru	60	2,500
27	Mermer (Denizlik)	Mermer	100	600
28	Sıva	Sıva	2000	9,000
29	PVC Doğrama	Doğrama	3000	30,000
30	Yağlı Boya	Boya1	917	9,000
31	Dilatasyon Fugalari	Fuga	20	2,000
32	Radye Betonu	Beton2	140	14,000
33	Tesviye betonu	Beton1	94	12,000

Tablo 5.2 Faaliyet Tanımlama ve Kaynak Atama Tablosu

Faaliyet tanımlama ve kaynak atama tablosunda her bir faaliyete verilmiş olan kaynaklardan hangilerinin ne miktarlarda atandığı gösterilir. İlk sütunda faaliyetlerin kodları, ikinci sütunda ise açıklamaları yer almaktadır. Üçüncü sütun olan ‘kaynak’ sütununda, belirtilmiş olan faaliyetlere hangi kaynağın atanmış olduğu gösterilir. Dördüncü sütun olan “miktar” sütununda ise söz konusu kaynak atamasının ne miktarda yapıldığı kaynağın birimi cinsinden belirtilmiştir. Son sütun toplam maliyettir.

a	b	c	süre	Faaliyetler	Faaliyet Kodları
6	12	19	13	Temel Kazısı1	1
7	15	23	15	Yıkımı	2
2	4	6	4	Çatı Karkası Sökümü	3
4	8	12	8	Temel Kazısı2	4
1	2	3	2	Kanal	5
3	5	8	6	Temel İksası	6
1	2	3	2	Drenaj	7
1	1	1	1	Temel Altı Tabakası	8
3	4	5	4	Kolon Sıyırma	9
2	2	2	2	Temel Sıyırma	10
8	14	20	14	Çatı Sökümü	11
1	2	3	2	Grobeton	12
2	3	4	3	Radye Yalıtımı	13
5	13	19	13	Temel Beton	14
14	24	35	25	Çelik Kolonlar	15
3	5	7	5	Temel içi Stabilize Dolgu	16
6	14	22	14	Perde Beton	17
9	16	27	17	Çatı Karkası Yapımı	18
7	18	28	18	Tabliye Beton	19
9	16	24	17	Duvar Yapımı	20
8	14	20	14	Çelik Bağlantı Elemanları	21
5	6	8	7	Demir Boyası	22
5	7	10	8	Duvar Yalıtımı	23
4	12	19	12	Çatı Kaplaması Yapımı	24
3	4	6	5	Çatı Deresi	25
2	4	6	4	Düşey Yağmur Borusu	26
4	8	11	8	Mermer (Denizlik)	27
6	14	21	14	Sıva	28
8	11	18	12	PVC Doğrama	29
8	10	15	11	Yağlı Boya	30
2	4	6	4	Dilatasyon Fugaları	31
2	3	4	3	Tesviye betonu	İptal
4	9	15	10	Radye Beton	İptal

Tablo 5.3 PERT Tekniği Uyarınca Yapılan Faaliyet Tamamlanma Süresi Tahminleri

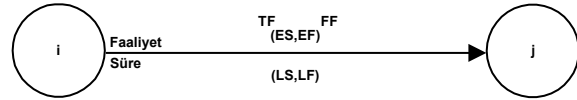
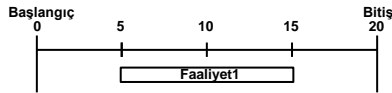
Tablo 5.3 de her faaliyetin tamamlanma süreleri için PERT tekniği uyarınca gerçekleştirilen zaman tahminleri belirtilmiştir. Her bir faaliyet için deneyime dayalı subjektif olarak gerçekleştirilen üç farklı zaman tahmini yapılmıştır. Tablo 5.3' de üçüncü, dördüncü ve besinci sütunlarda ilgili zaman tahminleri gösterilmiştir.

Faaliyet	İkincil İlişki Şekli	Bitiş-Başlangıç (Finish- Start)
1	3	FS
1	2	FS
2	5	FS
3	11	FS
5	7	FS
6	8	FS
7	9	FS
8	10	FS
9	15	FS
10	12	FS
10	13	FS
10	14	FS
11	18	FS
14	16	FS
15	21	FS
16	19	FS
16	17	FS
17	20	FS
18	24	FS
20	22	FS
20	23	FS
21	30	FS
23	28	FS
24	25	FS

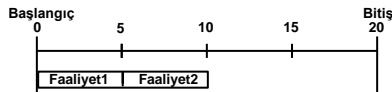
25	26	FS
26	30	FS
28	31	FS
27	29	FS
31	30	FS

Tablo 5.4 Faaliyetler Arası İlişki Tablosu

Tablo 5.4 de faaliyetlerin arasındaki mantıksal ilişkiler gösterilmiştir. Faaliyetlerin mantıksal sıraya uygun olarak birbirini takip etmeleri, bu tabloda gösterilen ilişkilerin faaliyetler arasında sağlanması ile mümkündür. Tabloda yer alan sütunların içerikleri şu şekildedir: İlk iki sütun birbirleri ile ilişki halinde olan faaliyetleri göstermektedir. “Faaliyet” sütununda yer alan faaliyetten sonra “ikincil” sütununda yer alan faaliyet gelmektedir. Yani “faaliyet” sütunundaki faaliyeti “ikincil” sütundaki faaliyet izler. Bu iki faaliyet arasındaki ilişki tipi ise son sütunda belirtilmiştir. “İlişki Şekli” sütunda belirtilmiş olan “Bitiş–Başlangıç (Finish to Start)” ifadesi, “İkincil” sütunundaki faaliyetin başlayabilmesi için “faaliyet” sütunundaki faaliyetin tamamlanmış olması gerektiğini gösterir. Yukarıdaki tablolardan sonra cpm uygulamasına geçilmiştir. Elimizdeki faaliyet süreleri ve mantıksal ilişkisi doğrultusunda ok diyagramı veya proje ağ planı çizimine geçilerek Kritik Yol belirlenmiştir. Daha önceki ikinci bölümde teorisi anlatılan cpm uygulaması bağıntıları ve mantığı kullanılacaktır. Bu bağıntılar; Şebeke ağında faaliyetler ok ile olaylar daire ile ifade edilmektedir. Aşağıda yer alan şekilde, olay ve faaliyetin Ok tipi gösterimi belirtilmektedir;



Ok Tipi Şebeke Çizim Örnekleri



Örnekteki kısaltmalara aşağıda genişçe anlatılacaktır ancak kısaca karşılıkları;

Early Finish: Bir faaliyetin bitebileceği en erken zaman

Early Start: Bir faaliyetin başlayabileceği en erken süre

Free Float: Early finishin geciktirilebileceği süre

Late Finish: Bir faaliyetin proje tamamlanma süresini geciktirmeden bitirilebileceği en geç süre

Late Start: Bir faaliyetin proje tamamlanma süresini geciktirmeden başlayabileceği en geç süre

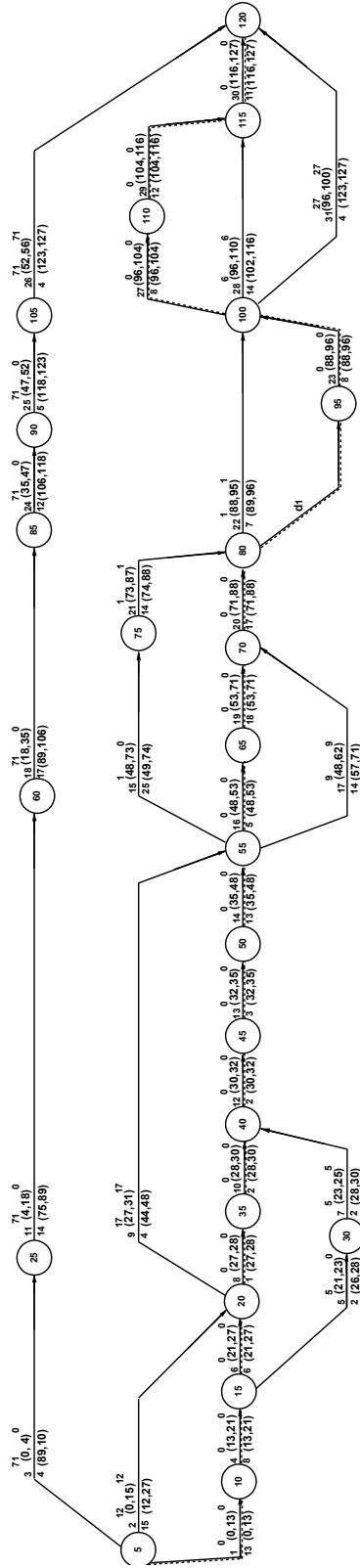
Float: Bir projenin tamamlanacağı süre ertelenmeden bir faaliyetin ertelenebileceği maksimum süre aşağıda bollukların kolay gösterimi;

$$FF = (\text{Free Float}) = \min \left(\frac{HSF}{ES} \right) - EFX \quad TF = (\text{Tree Float}) = \left(\frac{LF-EF}{LS-ES} \right) - EFX$$

Görüldüğü gibi faaliyetlerin en erken başlama (Earliest Start), en geç başlama (Latest Start), en erken bitirme (Earliest Finish) ve en geç bitirme (Latest Finish) zamanları, boşluk değerleri (Slack) ilgili anlatımlar gösterilmiştir. Aynı zamanda hangi faaliyetlerin kritik yol üzerinde bulunduğu da belirlenmiştir. Kritik yol mantık olarak yukarıdaki şekilde belirtildiği gibi iki olay arasındaki ilk olay sol üstünde faaliyet, hemen altında faaliyet süresi ve orta kısmın üstünde parantez içinde erken başlama, erken bitiş, hemen altındaki parantezde ise geç başlama geç bitiş değerleri yer alır. Üst parantezin sol üst köşesinde toplam bolluk, sağ üst köşesinde bağımsız bolluk yerleştirilmiştir. Şebeke ağını oluşturduktan sonra bu mantıkla bütün sayısal veriler üzerine işlenmiştir. Buna göre bütün faaliyetlerinden elde edilen değerler sayısal değerler aşağıdaki tablodan gösterilmiştir

Faaliyet Kod	Faaliyetler	Faaliyet Süre	(ES,EF)	(LS,LF)	TF	FF
1	Temel Kazısı1	1 3	(0,13)	(0,13)	0	0
2	Yıkımı	2 15	(0,15)	(12,27)	12	12
3	Çatı Karkası Sökümü	3 4	(0, 4)	(89,10)	71	0
4	Temel Kazısı2	4 8	(13,21)	(13,21)	0	0
5	Kanal	5 2	(21,23)	(26,28)	5	0
6	Temel İksası	6 6	(21,27)	(21,27)	0	0
7	Drenaj	7 2	(23,25)	(28,30)	5	5
8	Temel Altı Tabakası	8 1	(27,28)	(27,28)	0	0
9	Kolon Sıyırma	9 4	(27,31)	(44,48)	17	17
10	Temel Sıyırma	10 2	(28,30)	(28,30)	0	0
11	Çatı Sökümü	11 14	(4,18)	(75,89)	71	0
12	Grobeton	12 2	(30,32)	(30,32)	0	0
13	Radye Yalıtımı	13 3	(32,35)	(32,35)	0	0
14	Temel Beton	14 13	(35,48)	(35,48)	0	0
15	Çelik Kolonlar	15 25	(48,73)	(49,74)	1	0
16	Temel içi Stablize Dol.	16 5	(48,53)	(48,53)	0	0
17	Perde Beton	17 14	(48,62)	(57,71)	9	9
18	Çatı Karkası Yapımı	18 17	(18,35)	(89,106)	71	0
19	Tabliye Beton	19 18	(53,71)	(53,71)	0	0
20	Duvar Yapımı	20 17	(71,88)	(71,88)	0	0
21	Çelik Bağlantı Elem.	21 14	(73,87)	(74,88)	1	1
22	Demir Boyası	22 7	(88,95)	(89,96)	1	1
23	Duvar Yalıtımı	23 8	(88,96)	(88,96)	0	0
24	Çatı Kaplaması Yapımı	24 12	(35,47)	(106,118)	71	0
25	Çatı Deresi	25 5	(47,52)	(118,123)	71	0
26	Düşey Yağmur Borusu	26 4	(52,56)	(123,127)	71	71
27	Mermer (Denizlik)	27 8	(96,104)	(96,104)	0	0
28	Sıva	28 14	(96,110)	(102,116)	6	6
29	PVC Doğrama	29 12	(104,116)	(104,116)	0	0
30	Yağlı Boya	30 11	(116,127)	(116,127)	0	0
31	Dilatasyon Fugaları	31 4	(96,100)	(123,127)	27	27
32	Radye Beton	—	—	—	—	—
33	Tesviye betonu	—	—	—	—	—

Tablo 5.5 PERT Ağ Şeması Sayısal Sonuç Gösterimi



Şekil 5.1 KRITİK YOL AĞ ŞEMASI-PERT

Olay No	a	b	c	süre	Faaliyetler	Faaliyet Kodları
5-10	6	12	19	13	Temel Kazısı1	1
5-20	7	15	23	15	Yıkımı	2
5-25	2	4	6	4	Çatı Karkası Sökümü	3
10-15	4	8	12	8	Temel Kazısı2	4
15-30	1	2	3	2	Kanal	5
15-20	3	5	8	6	Temel İksası	6
30-40	1	2	3	2	Drenaj	7
20-35	1	1	1	1	Temel Altı Tabakası	8
20-55	3	4	5	4	Kolon Sıyırma	9
35-40	2	2	2	2	Temel Sıyırma	10
25-60	8	14	20	14	Çatı Sökümü	11
40-45	1	2	3	2	Grobeton	12
45-50	2	3	4	3	Radye Yalıtımı	13
50-55	5	13	19	13	Temel Betonu	14
55-75	14	24	35	25	Çelik Kolonlar	15
55-65	3	5	7	5	Temel içi Stablize Dolgu	16
55-70	6	14	22	14	Perde Betonu	17
60-85	9	16	27	17	Çatı Karkası Yapımı	18
65-70	7	18	28	18	Tabliye Betonu	19
70-80	9	16	24	17	Duvar Yapımı	20
75-80	8	14	20	14	Çelik Bağlantı Elemanları	21
80-100	5	6	8	7	Demir Boyası	22
95-100	5	7	10	8	Duvar Yalıtımı	23
85-90	4	12	19	12	Çatı Kaplaması Yapımı	24
90-105	3	4	6	5	Çatı Deresi	25
105-120	2	4	6	4	Düşey Yağmur Borusu	26
100-110	4	8	11	8	Mermer (Denizlik)	27
100-115	6	14	21	14	Sıva	28
110-115	8	11	18	12	PVC Doğrama	29
115-120	8	10	15	11	Yağlı Boya	30
100-120	2	4	6	4	Dilatasyon Fugaları	31
-----	2	3	4	3	Tesviye betonu	İptal
-----	4	9	15	10	Radye Betonu	İptal

Tablo 5.6 Proje Şebekesinin Planlanması ve PERT Uygulaması

5.5 PERT Uygulamasının Yorumlanması

1. Faaliyetin süresi 3, erken başlama ve bitiş süresi 0-13, en geç başlama ve bitiş süresi 0-13 ,toplam bolluk ve bağımsız bolluğukları 0 dır. 2. faaliyetin süresi 15, en erken başlama ve bitiş süresi 0-15, en geç başlama ve bitiş süresi 12-27, bollukları 12 dir.3. Faaliyetin iş süresi 4, en erken başlama ve bitiş süresi 0-4, en geç başlama ve bitiş süresi 89-10, toplam ve bağımsız bollukları 71-0 dır. 5. Faaliyetin süresi2, en erken başlama ve bitiş süresi21-23 en geç başlama ve bitiş süresi 26-28 bollukları 5-0 dır. 6. faaliyetin süresi6 en erken başlama ve bitiş en ge. Başlama ve bitiş süresleri aynı olup 21-27 bollukları 0 dır. 7. faaliyetin süresi 2 en erken başlama ve bitiş 23-25 en ge. Başlama ve bitiş süresi 28-30 bollukları 5-5 dır.8. faaliyetin süresi 1 en erken başlama ve bitiş en geç. başlama ve bitiş süresleri 27-28 dir bollukları 0-0 dır. 9. faaliyetin süresi 4 en erken başlama zamanı 27-31 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 44-48 bollukları 17-17 dır.

10. faaliyetin süresi 2 en erken başlama zamanı 28-31 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 28-30 bollukları 0-0 dır. 11. faaliyetin süresi 14 en erken başlama zamanı 4-18 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 75-89 bollukları 71-0 dır. 12. faaliyetin süresi 2 en erken başlama zamanı 30-32 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 30-32 bollukları 0-0 dır. 13. faaliyetin süresi 3 en erken başlama zamanı 32-35 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 32-35 bollukları 0-0 dır. 14. faaliyetin süresi 13 en erken başlama zamanı 35-48 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 35-48 bollukları 0-0 dır. 12. faaliyetin süresi 25 en erken başlama zamanı 48-73 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 49-74 bollukları 1-0 dır.

16. faaliyetin süresi 5 en erken başlama zamanı 48-53 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 48-53 bollukları 0-0 dır. 17. faaliyetin süresi 14 en erken başlama zamanı 48-62 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 57-71 bollukları 9-9 dır. 18. faaliyetin süresi 17 en erken başlama zamanı 18-35 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 89-106 bollukları 71-0 dır.

19. faaliyetin süresi 18 en erken başlama zamanı 53-71 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 53-73 bollukları 0-0 dır. 20. faaliyetin süresi 17 en erken başlama zamanı 71-88 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 71-88 bollukları 0-0 dır. 21. faaliyetin süresi 14 en erken başlama zamanı 73-87 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 74-88 bollukları 1-1 dır. 22. faaliyetin süresi 7 en erken başlama zamanı 88-95 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 89-96 bollukları 1-1 dır. 23 faaliyetin süresi 8 en erken başlama zamanı 88-96 en geç. başlama ve bitiş süresleri 88-96 bollukları 0-0 dır. 24. faaliyetin süresi 12 en erken başlama zamanı 35-47 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 106-118 bollukları 71-0 dır. 25. faaliyetin süresi 5 en erken başlama zamanı 47-52 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 118-123 bollukları 71-0 dır. 26. faaliyetin süresi 4 en erken başlama zamanı 52-56 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 123-127 bollukları 71-71 dır. 27 faaliyetin süresi 8 en erken başlama zamanı 96-104 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 96-104 bollukları 0-0 dır.

28. faaliyetin süresi 14 en erken başlama zamanı 96-110 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 102-116 bollukları 6-6 dır. 29. faaliyetin süresi 12 en erken başlama zamanı 104-116 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 104-116 bollukları 0-0 dır. 30. faaliyetin süresi 11 en erken başlama zamanı 116-127 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 116-127 bollukları 0-0 dır. 31 faaliyetin süresi 4 en erken başlama zamanı 96-100 ve en geç. başlama ve bitiş süresleri 123-127 bollukları 27-27 dır. Burada 31 ve 32 faaliyetlerin projenin bitiş süresine bir etkisi bulunmamaktadır.

Yukarıda ki pert şekilden anlaşılacağı üzere Buna göre ilk faaliyet 1 son faaliyet 30 ve iş bitim süresi 127 gündür. Dolayısıyla faaliyet raporuna göre iş bitim süresini 27 gün aşmıştır ve risk yaşanmıştır. Budurum yüklenicinin sözleşmesinde olan her geçen gün için belirtilmiş olan %0,5 olan ceza ödeme durumunda kalmıştır. Tablo 5.6 yaklaşık Maliyet tablosunda toplam maliyet $951.798,66 * 0,005 = 475,9$ TL gibi bir ceza ödemiştir. Kritik yol şekil 5.1 de kritik yol kesik çizgilerle görülmektedir. 1-4-6-8-10-12-13-14-15-19-20-23-27-29-30 olduğu görülür. Bu Proje yönetim tekniğinden sonra risk analizi yapılmıştır.

5.6. Bir Güçlendirme İnşaatı Projesi Risk Analizi

Çalışmada iki kat planından oluşan bir inşaat projesi üzerinde çalışılmıştır. Analiz amaçlı çalışmada somut veriler kullanılmıştır.

5.7. Uygulanan Yöntem

İnşaat sektörü dışındaki sektörlerde ve sanayide proje yönetim kavramı yeni yeni anlaşılmaktadır. Bu nedenle, risk yönetim kavramının önemi henüz anlaşılamamıştır. Diğer taraftan inşaat sektöründeki hızlı gelişme nedeniyle proje yönetim kavramı hemen hemen her inşaat projesinde uygulanmaktadır. Ancak bu sektörde de risk yönetimi rekabet koşullarının artmasıyla önem kazanmaktadır. Yapılan literatür araştırmalarında inşaat sektöründeki riskler konusunda mesleki deneyimi yüksek inşaat mühendisi ile çalışılmış, risk olabilecek iş kalemleri tespit edilerek bu risk oranları ataması yapılmıştır. Bu çalışmalarda genellikle inşaat projelerine etki eden risklerin gerçekleşme olasılıklarını, sıklıklarını ve etki büyüklüklerini ortaya koyan tahmini bilgiler elde edilmiş ve uygulanmıştır. Bu bölümde risk oranları, yazılım programının sınırlı faaliyete izin verilen 8 iş kalemi uygulaması yapılmıştır. Çalışma sonunda risk önlemine harcanan parasal değere karşın daha büyük risk kayıplarından kurtulmuş olacağı değerlendirilmesi görülecektir.

5.8. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma, projede birçok etkenin etkili olduğu risklerin özellikle çağımızın gerektirdiği bilgisayar yazılımlarının azda olsa kullanımı ve risk azaltılmasını gösterebilmektir. Bu amaçla bir inşaat projesi ele alınarak kayıpların önlenmesi amaçlanmıştır. Günümüz hızlı değişim süreçlerinde riskin kaçınılmaz olduğu gerçeğine ışık tutmak amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Zor rekabet şartları, gelişmiş teknoloji ve zor ekonomik koşullarla risk almak kaçınılmazdır. Proje yönetiminde risk analizi yönetimi, olasılıklı aksi olaylar gerçekleştikten sonra müdahale değil, bu olaylar gerçekleşmeden yapılan kısmi harcama ile zarardan kaçınmaktır.

Bu nedenle proje risklerini belirlemek ve riskleri büyük ölçüde azaltmak için stratejiler geliştirmek için projelerde risk yönetimi yapılır. Ülkemiz dünya inşaat sektöründe ilk sıralarında yer almasına karşın çok başarılı risk analizi ve yönetimi yaptığı söylenemez. Her ne kadar proje yönetimi başarıyla uygulansa da, yeterli risk yönetimi yapılmayan projelerde proje sürecinde gerçekleşen riskler nedeniyle büyük zaman ve maliyet kayıplarıyla karşı karşıya kalınmaktadır. Bu çalışmada incelenen inşaat projesinde de risk yönetimi yapılmamış olmasından dolayı, büyük kayıplar yaşanmıştır. Bu çalışmada yapılan sayısal incelemenin maddi kayıpları ortaya koyuyor olması nedeniyle, ileride gerçekleştirilecek projelere faydalı olacağı düşünülmektedir.

5.9. Çalışmanın Yöntemi

Bu çalışmanın temelini oluşturması açısından proje yönetim teknikleri (cpm, pert) proje yönetiminde risk analizleri yapılarak, inşaat sektöründeki uygulamaları konusunda çeşitli makaleler ve yayınlar incelenmiştir. Yapılan bu araştırmalarla, proje yönetiminde, risk analizinin önemi kavranmış, inşaat projelerinde en sık karşılaşılan riskler belirlenmiş, sınıflandırılmış olan bu risklerin projelere olan etkileri ve olasılıkları incelenmiş ve yapılmış olan olay analiziyle bağlantı kurularak değerlendirme yapılmıştır. Bu çalışma için, risk analizi yapmak için bir güçlendirme projesi üzerinde durulmuştur. Proje İ.Ü. Yapı İşleri ve Teknik Dairesi Başkanlığı'ndaki bir yapım projesi, Bu proje, projenin risk yönünden incelemeye uygun görülmüştür. İ.Ü. Veteriner Fakültesi ST Binası Güçlendirme inşaatı projesi, gerek projenin risk inceleme açısından mesleki ilgi alanına girmesi, gerek karşılaşılan risklerin projedeki etkisinin büyüklüğü ve verilere ulaşım imkanı yönünden ele alınıp incelenmiştir.

Literatür araştırmalarına dayanarak, inşaat projelerinde karşılan riskler konusunda ön araştırma ve yön verici olması amacıyla deneyimi yüksek inşaat mühendisleriyle çalışmış olduğum iş ortamında görüşülmüştür. Projede karşılaşılabilecek muhtemel riskler ile bunların gerçekleşme olasılık değerleri belirlenmiş, yazılım programına veri teşkil etmiştir.

5.10. Risk İçin Uygulama

Yüklenici firma olan A Firması, İ.Ü Veteriner Fakültesi St binası Güçlendirme İŖi için ihaleye giriş, ilk yaklaşık maliyet üzerinden en ekonomik fiyatı veriŖ iş kendisinden kalmıŖ olması ile sonuçlanmıŖtı, işi yapma taahhüdünü üstlenmiŖtir. Ancak yapılan alıŖmalar sonucunda, iş programının gerisinde bir sürede iş ancak bitirilebilmiŖtir.

Bu durum Ŗirkete yasal olarak KİK'e (Kamu İhale Kurumu) göre geç bitirilen her gün için Ŗartnamede belirtilmiŖ olan oranda cezai işlem uygulanma durumu ortaya ıkarılmıŖ, maliyet artıŖı olmuŖtur. Her alanda olduğu gibi İnŖaat alanında da riskler, belirsizlikler olabilmektedir. Yapılan ilk keŖif sonucundaki toplam Yaklaşık Maliyeti aŖağıdaki gibidir;

GENEL İCMAL				
İ.Ü.VETERİNER FAKÜLTESİ GÜÇLENDİRME VE ONARIM İŖİ				
GENEL İCMAL				
Sıra No	Grup Kodu	Tanımı	Tutarı	Pursantajı
1	01	İNŖAAT	828.705,63	87,07
2	03	TESİSAT	38.994,98	4,10
3	04	ELEKTRİK	84.098,05	8,84
		TOPLAM	951.798,66	100,00

Tablo 5.7. Yaklaşık Maliyet Tablosu

A firmasının ihaleyi kazanmak için büyük orandan yaklaşık maliyet düşürülmesi firmanın yaşadığı ilk risktir. Kurum Ŗartlarına ait özel fiyatlar, proje tadilatından dolayı oluşan maliyet artıŖ ve mevsim koŖulları olarak hava Ŗartları dikkate alınmadan verilen keŖif bedelleri olmuŖtur. İhaleyi kazanan A. firması ile ikinci firma arasında büyük fiyat farkı ile alınan ihalede, özel fiyatlardan dolayı fazla maliyet olması, Ŗirketi bu ihalede büyük maliyet kaybına uğratmıŖtır. Bu tür etkenlere karŖın iyi bir proje uygulama tekniği ile işin yasal süresinde 27 gün aŖarak bitirilmemiŖ olmasıdır.

Bu durum , yüklenici firmanın kurumun sözleşmesinde yer alan geçen her gün için belirlenmiş olan cezai müeyyide uygulanmasına neden olur. Proje bitim süresini geçen gün risktir. CPM ve PERT Tekniği ile bitirilebileceği süre tesbit edilmiştir. Çalışmanın kritik yol tablosu Şekil 'te yer almaktadır. Uygulamada bu teknikler uzman yönetici ve mühendisler tarafından uygulandığı taktirde işin sözleşme zamanında veya az bir zaman geçerek, biteceği ve risk etkisinin azalacağı görülecektir. Bunun yanında detaylı yazılım ortamında PERT analizinden başka risk analizi de yapılmıştır. Risk Analizi yapılırken; proje aktivitelerinin her birinde olabilecek riskler ve bu risklerin olasılık ve etkileri dikkate alınarak her bir aktivitedeki risk etkileri parasal olarak değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu şekilde risklerin sınıflandırılması ve aktiviteye olan etkilerinin daha çarpıcı bir şekilde gündeme getirilmesi amaçlanmaktadır. Veteriner fakültesi st binası güçlendirme işi Ek:1,2 Proje kapsamındaki bina İnşaatı projesi pertmaster ile model uygulanma inşaatı projesi yer almaktadır. Analiz çalışması yapılırken, inşaat projesi aktiviteleriyle ele alınmıştır. Riskler üzerinde dururken ana aktiviteler üzerinden işlem yapılmış ancak alt aktiviteler de gözönüne alınarak olası risk değerlendirmesi yapılmıştır. İlk olarak tablodan4.' ten yararlanılarak toplam maliyetlerden yola çıkılarak ana aktivitelerin maliyeti hesaplanmıştır. İnşaat işlerinin toplam maliyeti olarak verilen ilk keşif bedeli 951.798,66 TL'ye hafriyat temel kazısı, dolgu, bağ kriş ve çelik donatı imalatı dahil olduğundan öncelikle bu değerler çalışma tablosuna yazılmıştır.

Tablo 5.8. Bütün İnşaat İşleri Maliyetleri

İNŞAAT İŞLERİ	: 828.705,63 TL
TEMEL KAZISI	: 32.000 TL
KOLON VE KİRİŞ SIYIRMA	: 7.500 TL
KOLON VE KİRİŞ ANKRAJLARI	: 4.800 TL
ÇELİK DONATILARIN BAĞLANMASI	: 40.500 TL
KALIP ÇAKILMASI	: 11.250 TL
BETON DÖKÜLMESİ	: 90.000 TL
KALIP SÖKÜMÜ VE BETON KÜRÜ	: 6.000 TL
ISITMA SOĞUTMA TESİSAT YENİLENMESİ:	30.000 TL

Projenin tümüne çizelge olarak hazırlanan iş programına bakılarak, yapılan tüm inşaat işlerinin maliyetininin 828.705,63 TL olduğu hesaplanmıştır. İnşaat işleri de kendi içinde diğer ince işler, mekanik, elektrik işlerinden oluşmaktadır.

İnşaat ana aktivitelerinin kaç gün sürdüğü iş programına yazılır. Toplam 100 olduğu sözleşme ve iş programında belirtilmiştir. Risklerin her bir aktivitedeki etkinliğini anlamak için pert master yazılımı yardımı ile analiz edilecektir. Analiz tablolarında da görüleceği gibi daha sonra olası görülen riskin olasılığı ile riskin incelenen aktiviteye etkisi % olarak tahmin edilmiştir.

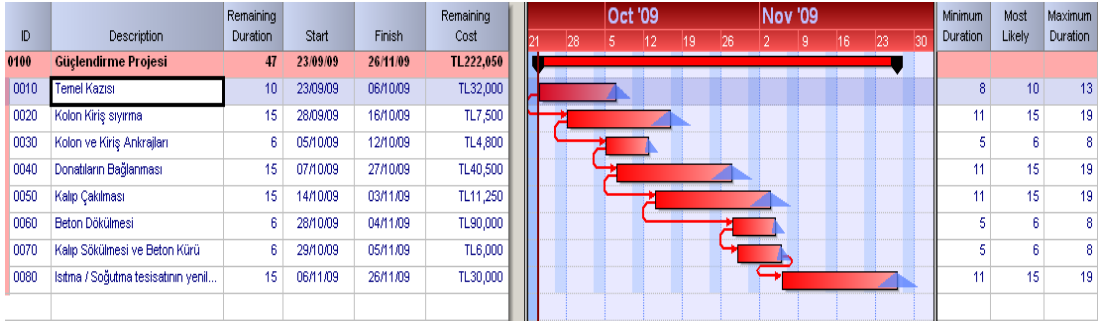
Bu iki değerini yardımı ile riskin aktiviteye etkisi parasal değer olarak tabloya işlenmiştir. Riskin gerçekleşmesi halinde projeye getireceği zamansal ve parasal yük, risk önleme ye harcama yapıldıktan sonra azalan risk etkileri tablolar ve histogramlar halinde görülecektir.

İŞ PROGRAMI										İŞ TOPLAMI 100 GÜN OLUP										İŞ TOPLAMI 100 GÜN OLUP										İŞ TOPLAMI 100 GÜN OLUP										İŞ TOPLAMI 100 GÜN OLUP																			
Sözleşmeye göre işe başlama										EYLÜL										EKİM										KASIM										ARALIK										2011 OCAK									
1.Ü. Veteriner Fakültesi Güçlendirme İşi										1-6 16-10-14										21-25 26-30 1-5 8-10 11-15 16-20 21-25 26-31										1-5 8-10 11-15 16-20 21-25 26-30										1-5 8-10 11-15 16-20 21-25 26-30										1-5 8-10 11-15 16-20 21-25 26-30									
AIAA PARSALTAI % Sİ										YILLAR										GÜNLER										GÜNLER										GÜNLER										GÜNLER									
BÖLÜM SIRA	POZ NO	İŞİN NEVİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ		PUR. % Sİ																					
1	14.0121	EL İLE YUMUŞAK-SERT TOPRAĞIN GEMİŞ DER		% 1,084481																																																							
16	16.0591A	BAŞIÇ DAYANIM SİHİPİ C30/37 (B5 30) OLAN		% 4,523020																																																							
18	18.0713	YATAÇ DELİKLİ 19*19*13,5 CM.FABR.TUĞLA		% 0,759974																																																							
20	18.139A5	TEK PROF. 40 CM AKS ARAL.12,5 MM ÇİFT K		% 0,121646																																																							
21	18.140A2	12,5 MM TEK KAT ALÇI DUVAR LEVHALARI İ		% 2,488903																																																							
22	18.185	PATLAYICISIZ DEMİRLİ DEMİRSİZ BETON İNİŞ		% 1,750955																																																							
23	18.192	HER TÜRLÜ İÇ SIVA SÖKÜLMESİ		% 0,039681																																																							
24	18.195	HER TÜRLÜ AHŞAP KAPLI.PENCERE.CAMEKAN		% 0,054256																																																							
25	18.233/10	4 CM POLİST.DOLGULU ÜST 0,70 MM TRAPE		% 8,135281																																																							
26	18.354	DÖŞEMEDE MADENİ DİLATAŞYON FUGASI YA		% 0,058670																																																							
27	19.0445	3 MM.METAL FOLYO KAPLI C.TÜLÜ TAŞ POLİ		% 1,270322																																																							
28	19.0451	3 MM C.TÜLÜ TAŞ-3,3 MM.MML.KAPLI POLİK		% 3,436415																																																							
29	19.0531	İŞ DUVARLARIDA BETONARME YÜZEYLERE İ		% 1,453592																																																							
30	19.082	YATAYDA SU TECTRİTİ YAPILMASI (1,0 MM)		% 1,122497																																																							
31	21.011	BETONARME KALIP YAPILMASI		% 1,908906																																																							
32	21.210	ÇAM KERESTEDEN AHŞAP OTURTMA ÇATI Y.		% 0,340740																																																							
33	22.009/3A	LAMİNE LEVHA KAPLAMALI İKİ YÜZLÜ KONTR		% 1,142454																																																							
34	23.015	ø 14-28 MM KALIN NERVÜRLÜ ÇELİĞİN BUKU		% 6,008251																																																							
35	23.152	KUTU PROFİLLERLE PENCERE VE KAPLI YAPIL		% 0,504388																																																							
36	23.176	ÇEŞİTLİ DEMİR İŞLERİ YAPILMASI VE YERİNE		% 6,964371																																																							
37	23.244/A1	İSİ YALITIMSIZ ALUMİNYUM DOĞRAMA İMAE		% 0,298709																																																							
38	24.064	Ø190 MM PVC YAĞMUR OLĞU TENİMİ VE YE		% 0,143954																																																							
39	25.0151	DEMİR İHALATI İ KAT AHİTİP AS 2 KAT YAĞI		% 0,559106																																																							
40	25.048/10	EKŞİ BOYALI YÜZEYLERE İKİ KAT AHİTİBAKTE		% 0,985140																																																							
41	25.048/16	YEHİ SIVA YÜZLERİNE MACUN ÇEKİLEREK 2 K		% 2,452085																																																							
42	25.416/A1	1,6mm PVC ES.YER DÖŞEME MAL.ZİLE DÖŞE		% 1,130201																																																							
43	26.702/C	3 CM KALINLIĞINDA RENKLI MERMER PLAKL		% 0,104621																																																							
44	27.501	ALT 250-ÜST 300 KG.ÇİMENTO DOZLU DÜZ Sİ		% 1,589798																																																							
45	27.532	DÜZ SIVA YAPILMASI		% 0,481613																																																							
46	MSB.111/A	SAC VEYA ASBEST ELYAFLI ÇATI ÖRTÜSÜ Sİ		% 1,055116																																																							
47	MSB.878	KOLON VE KİRİŞE EPOKSİ İLE FİLİZ EKİMİ-DEL		% 2,446274																																																							
48	ÖZEL %	16 MM KALINLIĞINDA POLİKARBONİT ÇATI ÖR		% 2,235727																																																							
49	ÖZEL %	57,184078		% 57,184078																																																							
50	TOPLAM %	İnşaat İşleri		% 57,184078																																																							
51	TOPLAM %	Mekanik Tesisat İşleri		% 42,815922																																																							

Tablo 5.9.İş Programı Tablosu

Yukarıda Uygulamamın iş kalemleri İş Programında gösterilmiştir. Maliyet kolonuna hafriyat temel kazı, kolon, kalıp, ve çelik donatılar için yüklenici firmanın iş programında yer alan maliyet bilgileri yer almaktadır. Her aktivitenin kaç gün sürdüğü, ana ve alt aktiviteler ile gantt şeması şeklinde görülmektedir. Tüm bu çalışmalar bu iş programı doğrultusunda gerçek verilerle gerçekleştirilmiştir.

Bu doğrultuda aktivitenin kaç gün sürdüğüne bağlı olarak günlük, aylık porsantaj oranları hesaplanmıştır. Ayrıca yasal iş bitim süresi 100 gün olarak programda belirtilmiştir. Programda belirtilen bu proje için harcanan toplam bütçe gün sayıları belirtilmiştir. İş programında istense günlük, aylık ilerleme oranları ve buna karşılık gelen maliyetler rahatlıkla izlenebilir, hesaplanabilir. Alt aktiviteler de dikkate alınmak suretiyle ana aktiviteler için gerçekleşmesi muhtemel riskler belirlenmiştir belirlenip yazılım yardımıyla hesaplanmıştır.



Tablo 5.10. Maliyet Tablosu Gantt Şeması

Yukarıdaki şekilde 23.09.2009 tarihinde başlayıp 26.11.2009 tarihinde tamamlanan ve toplam maliyeti 222.050 TL ye biteceği öngörülmüş olan güçlendirme projesi uygulamasında risk içeren faaliyetler sıralanmıştır. Faaliyetlerin GANTT Chart görünümü ve faaliyetlerin olası, maksimum, minimum süreleri yukarıda şekildeki gibidir.

Qualitative		Quantitative			
Risk ID	T/O	Title	Pre-Mitigation (Data Date = 23/09/09)	Mitigation	Post-mitigation
			Probability Schedule Cost	Response Title Total Cost	Probability Schedule Cost
007	T	Betonda Terleme	VH (85%) N (0) M (TL7,500)	Reduce Beton izolasyonu	TL5,000 VL (5%) N (0) VL (TL2,000) N
005	T	Beton Boşlukları	VH (85%) L (5) M (TL7,500)	Reduce Beton yerleşiminde Cihaz ve katkı malz...	TL3,000 VL (5%) VL (1) VL (TL2,000) N
004	T	Teknik İşçilik Kalitesi	VH (85%) M (11) M (TL7,500)	Reduce Mühendis Bulundurmak	TL5,000 VL (5%) L (5) VL (TL2,000) N
003	T	Kolon Kiriş hasar oluşumu	H (60%) M (11) H (TL25,000)	Reduce Uygun Ekipman Kullanımı	TL15,000 L (20%) M (11) L (TL4,000) N
002	T	Proje uygunsuzluğu	VH (85%) M (11) M (TL7,500)	Reduce Proje Tadilatı	TL3,000 L (20%) VL (1) VL (TL2,000) N
006	T	Beton Çatlakları	VH (85%) N (0) L (TL4,000)	Reduce Beton Kürü	TL3,000 L (20%) N (0) VL (TL500) N
001	T	Zayıf Zemin Koşulları	VH (85%) L (5) H (TL25,000)	Reduce Temel Proje Tadilatı	TL10,000 L (20%) VL (1) VL (TL2,500) N
008	T	Tekniğe Uygunsuz Tesisatlar	VH (85%) M (11) M (TL7,500)	Reduce Makine Müh. Kontrolü	TL5,000 L (20%) VL (1) VL (TL2,500) N

Tablo 5.11. Pertt Risk Kayıt Tablosu

Burada risk kaydı yapılır. Süreler ve maliyetlerle ilgili üç noktalı pert mantığı olan; (iyimser, en olası ve kötümser) risklerin tahmin edilmesi adının koyulması. Projede karşılaşılabilecek önemli riskler tanımlanmıştır. Tecrübeye dayalı olarak risklerin oluşabilme olasılıkları, riskler meydana geldiği takdirde ne kadar sürelik bir gecikmeye neden olacakları ve riskler meydana geldiğinde projeye maliyet yükünün ne kadar olacağı görülmektedir. Olasılık, çizelge ve maliyet faktörleriyle 1 ile 72 sayıları arasında risk skorları elde edilmektedir. Uygulanan projede her risk için elde edilen risk olasılık etki skorları tablo 5.17 da gösterilmiştir. Belirlenen risklerin etkisini azaltmak için pratik çözümcü deneyimlerden faydalanılarak risk önlem planları hazırlanmıştır. Bu planlar çerçevesinde alınan önlemlerle risklerin etkilerin olasılık, çizelge ve maliyet çerçevesinde düşürülmesi amaçlanmıştır. Her bir risk önleme faaliyetinin proje toplam bütçesine ek maliyeti vardır. Önlem faaliyetlerinin maliyetleri şekilde görülmektedir toplam maliyet 49.000 TL dir.

Report Summary	
Report Name	Risk Matrix
Date Printed	08 Feb 2010
Total Risks	8
Proposed Risks	8
Open Risks	0
High	2
Medium	6
Low	0
Negligible	0
Impacted (Closed) Risks	0
Managed (Closed) Risks	0
Rejected (Closed) Risks	0
Threats	8
Opportunities	0
Project Data	
File Name	bitirme ornek.plan
Plan Title	bitirme ornek
Total Tasks	9
Completed	0
In Progress	0
Plan TimeNow	23 Sep 2009
Deterministic Finish	26 Nov 2009
Total Deterministic Cost	TL222,050
Actual Cost to Date	TL0
Deterministic Remaining Cost	TL222,050

Tablo 5.12. Girdi Tablosu

Tablo 5.12 de projeye ait özet veriler bulunmaktadır. İşe başlama tarihi 23.09.2009 itibarı ile belirlenen risk sayısı ve bitirilmesi öngörülen tarih ve buna karşılık olan TL bazında maliyet görülmektedir.

Pre-Mitigation

	Very Low	Low	Medium	High	Very High
Very High		006 - Beton Çatlakları	007 - Betonda Terleme, 005 - Beton Bostlukları, 004 - Teknik İşçilik Kalitesi, 002 - Proje uygunsuzluğu, 008 - Tehnige Uygunsuz Tesisatlar	001 - Zayıf Zemin Kosulları	
High				003 - Kolon Kırıs hasar oluşumu	
Medium					
Low					
Very Low					

Şekil 5.2 Risk Özeti 1

Şekil 5.2’de proje risk özeti görülmektedir. Projede toplam 8 risk bulunmaktadır. Bu risklerin 2 tanesi yüksek 6 tanesi de orta dereceli risklerdir. Risk azaltma faaliyetleri öncesi risk matrisi görülmektedir. Risklerin 2 tanesi yüksek 6 tanesi de orta dereceli risklerdir.

Post-Mitigation

	Very Low	Low	Medium	High	Very High
Very High					
High					
Medium					
Low	002 - Proje uygunsuzluğu, 005 - Beton Çatlakları, 001 - Zayıf Zemin Kosulları, 008 - Tehnige Uygunsuz Tesisatlar		003 - Kolon Kırıs hasar oluşumu		
Very Low		007 - Betonda Terleme, 005 - Beton Bostlukları, 004 - Teknik İşçilik Kalitesi			

Şekil 5.3 Rapor Özeti 2

Risk azaltma faaliyetleri sonrası risk matrisi görülmektedir. Risklerin 1 tanesi orta 7 tanesi de düşük dereceli risklerdir.

Qualitative		Quantitative			
Pre-mitigated		Post-mitigated			
Risk View		Task View			
ID	T/O	Title	Quantified	Probability	Impacted Task ID(s)
001	T	Zayıf Zemin Koşulları	<input checked="" type="checkbox"/>	85%	0010
002	T	Proje uygunsuzluğu	<input checked="" type="checkbox"/>	85%	0010
003	T	Kolon Kiriş hasar oluşumu	<input checked="" type="checkbox"/>	60%	0020
004	T	Teknik İşçilik Kalitesi	<input checked="" type="checkbox"/>	85%	0030
005	T	Beton Boşlukları	<input checked="" type="checkbox"/>	85%	0060
006	T	Beton Çatlakları	<input checked="" type="checkbox"/>	85%	0070
007	T	Betonda Terleme	<input checked="" type="checkbox"/>	85%	0070
008	T	Tekniğe Uygunsuz Tesisatlar	<input checked="" type="checkbox"/>	85%	0080

Tablo 5.13 Risk Ölçüm Değerleri Tablosu

Risklere karşı önlem alınmadan önce risklerin gerçekleşme olasılıkları ile hangi faaliyetlere etki edecekleri görülmektedir.

Qualitative		Quantitative			
Pre-mitigated		Post-mitigated			
Risk View		Task View			
ID	T/O	Title	Quantified	Probability	Impacted Task ID(s)
001	T	Zayıf Zemin Koşulları	<input checked="" type="checkbox"/>	20%	0010
002	T	Proje uygunsuzluğu	<input checked="" type="checkbox"/>	20%	0010
003	T	Kolon Kiriş hasar oluşumu	<input checked="" type="checkbox"/>	20%	0020
004	T	Teknik İşçilik Kalitesi	<input checked="" type="checkbox"/>	5%	0030
005	T	Beton Boşlukları	<input checked="" type="checkbox"/>	5%	0060
006	T	Beton Çatlakları	<input checked="" type="checkbox"/>	20%	0070
007	T	Betonda Terleme	<input checked="" type="checkbox"/>	5%	0070
008	T	Tekniğe Uygunsuz Tesisatlar	<input checked="" type="checkbox"/>	20%	0080

Tablo 5.14 Risk Olasılık Değerleri Tablosu

Risklere karşı önlem alındıktan sonra risklerin gerçekleşme olasılıkları ile hangi faaliyetlere etki edecekleri görülmektedir.

Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
10% a kadar	10% dan 30%	30% dan 50%	50% den 70%	70% veya yüksek

Tablo 5.15. Risk Skor Tablosu Olasılık Ölçeği

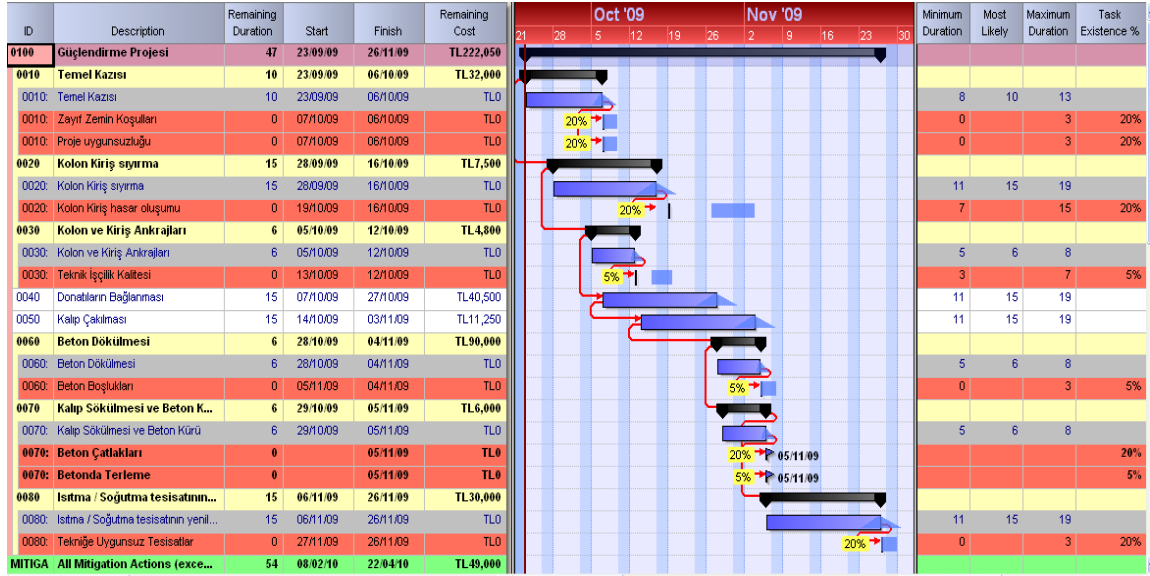
	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Çizelge	3'e kadar	3 - 7 arası	7 – 15 arası	15 – 25 arası	25 veya yüksek
Maliyet	3,000TL'ye kadar	3,000 - 5,000TL	5,000 -10,000TL	10,000 - 40,000TL	40,000 TL veya yüksek

Tablo 5.16. Etki Ölçekleri ve Tipleri

	Etki				
	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Çok Yüksek	6	12	18	36	72
Yüksek	4	7	14	28	56
Orta	3	5	10	20	40
Düşük	2	3	6	12	24
Çok Düşük	1	1	2	4	8
	5'e Kadar	5 – 23 arası		23 veya yüksek	

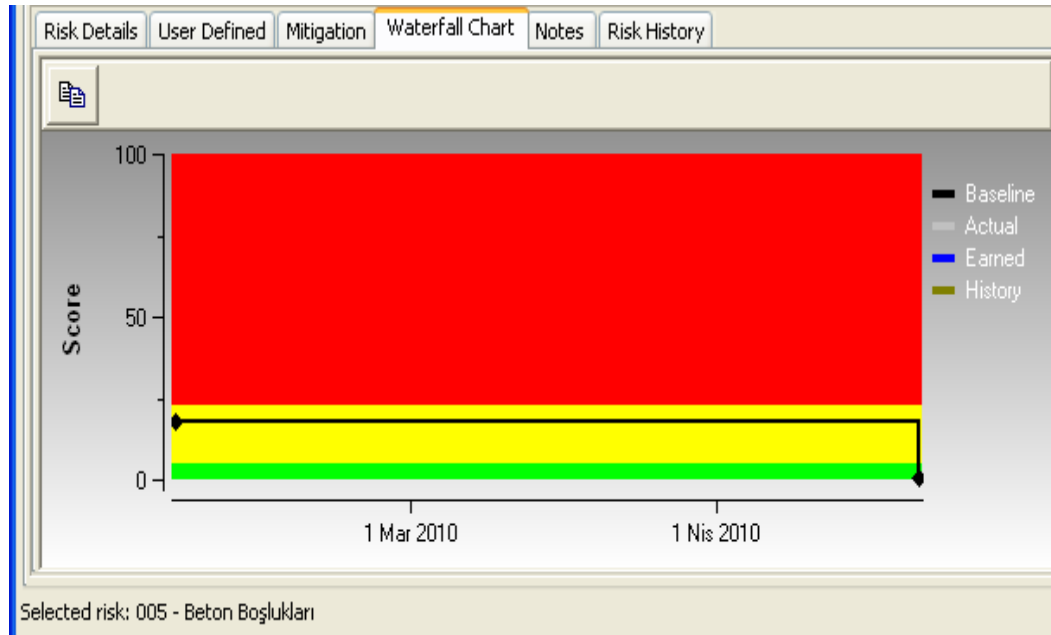
Tablo 5.17. Olasılık ve Etki Skor Tablosu (PID)

Bu tabloda risklerin olasılıklı olarak etkileri görülmektedir.



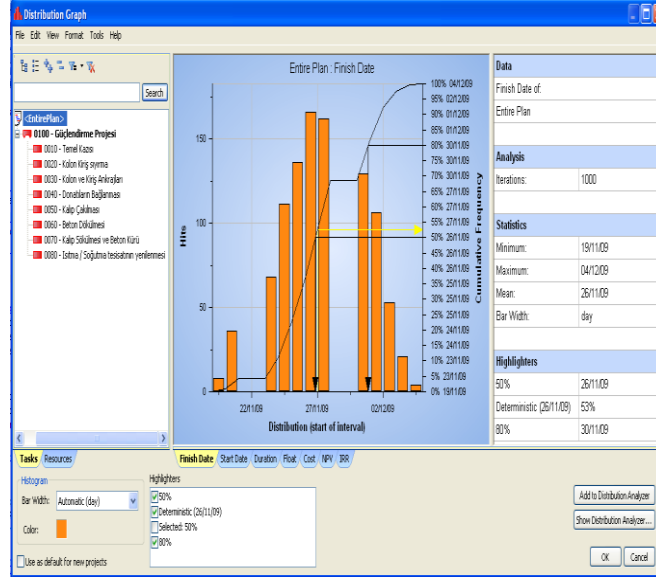
Şekil 5.4 Gantt Şeması

Faaliyetler ve başlangıç bitiş süreleri görülmektedir.



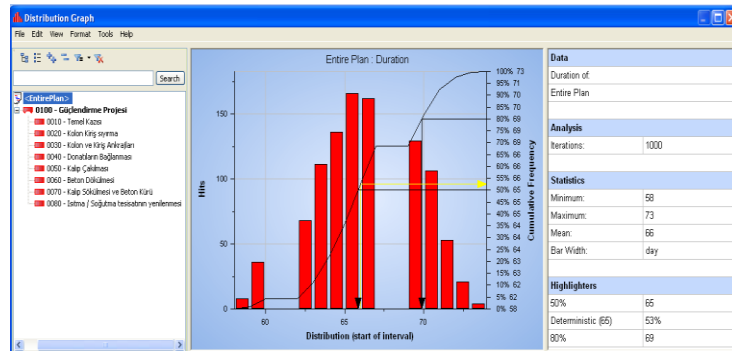
Şekil.5.5 Önlem Sonrası Risk Skor Oranı (Waterfall Çizelgesi)

Örneğin; Beton Boşlukları Riskine ait 18 olan risk skoru önlem alındıktan sonra 1'e düşmektedir. Bu bütün faaliyetler için önlem sonrası sonucu görmek mümkündür. Burada bir örnekle yetinildi.



Grafik 5.1. Zaman Dağılım Grafiği 1

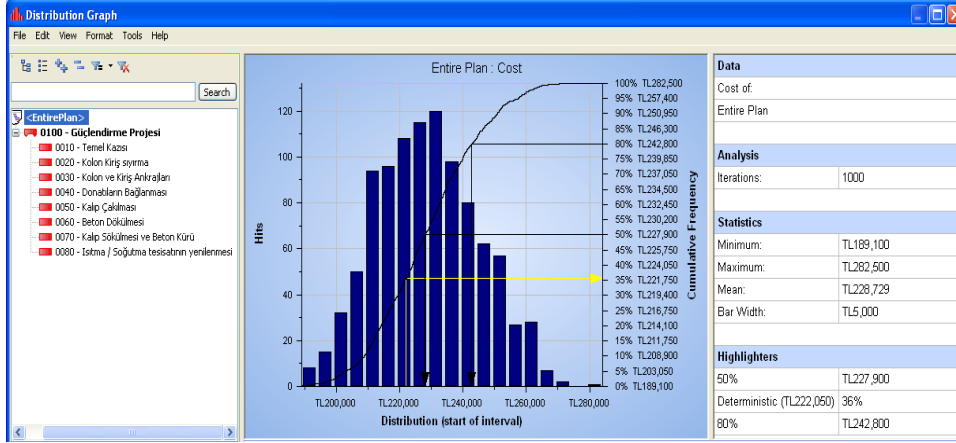
Verilen olasılıklar çerçevesinde Montecarlo simülasyonu ile 1000 iterasyon yapılmış ve iterasyon sonucunda alınan sonuçlara göre proje %50 ihtimalle 26. 11. 2009 tarihinde bitilbileceği ihtimali düşünülecek olursa proje süresinin aşılabacağı anlamına gelmektedir. Bu durum gecikme riskinin olacağı çok açık bir şekilde yorumlanabileceği gösterilmektedir.



Grafik 5.2. Zaman Dağılım Grafiği 2

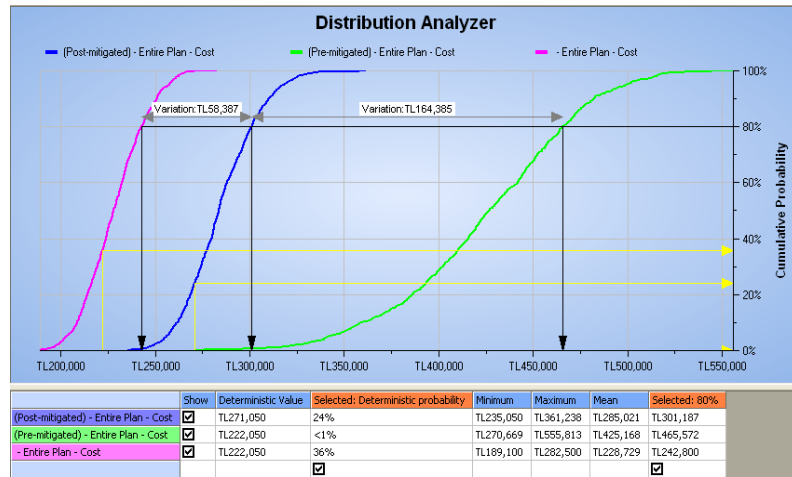
Grafikte süre dağılım grafiğini gün tabanlı olarak verilmektedir. Proje %50 ihtimalle 65 gün sürede tamamlanacaktır.

İterasyon sonucunda proje süresi maksimum 73 gün minimum 58 gün ve ortalama 66 gün olarak elde edilmiştir. Bu durum gösteriyorki yasal süre olan 100 günde bitebilme ihtimali çok yüksektir.

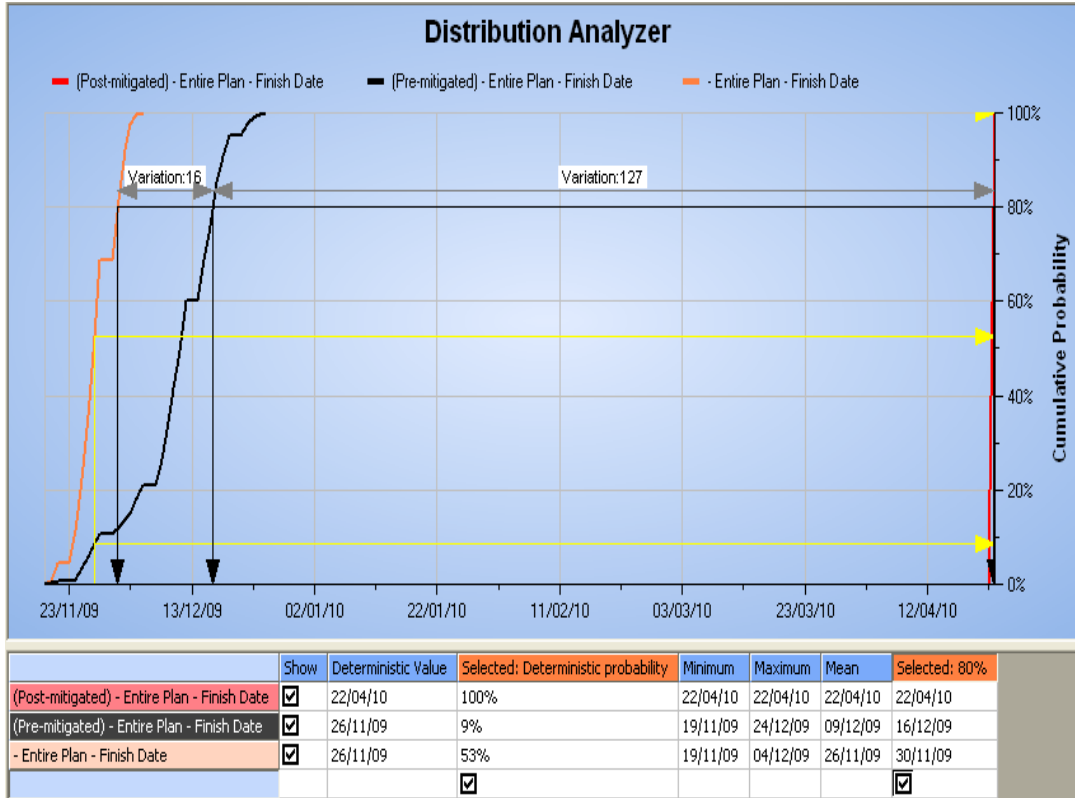


Grafik 5.3 Maliyet Dağılım Grafiği

Şekilde 5.3'te Maliyet Dağılım Grafiği görülmektedir. Çalışmada iterasyon sonucu projenin başta öngörülen maliyette tamamlanma olasılığı %36, proje maliyeti maksimum 189,100 TL, minimum 228,729 TL, ortalama olarak 282,500TL olarak elde edilmiştir. Elde edilen maliyet değerleri projede gerçekleşebilecek risklerin gerçekleşmediği varsayılarak elde edilen maliyelerdir.

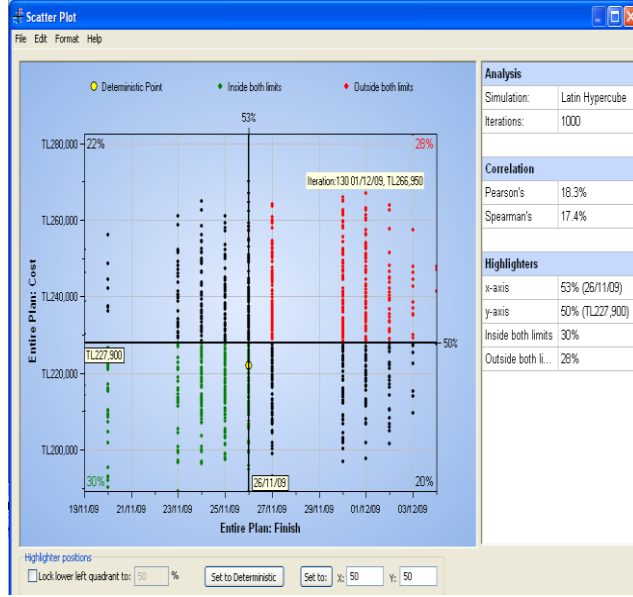


Grafik 5.4.1 Dağılım Analiz Grafiği 1



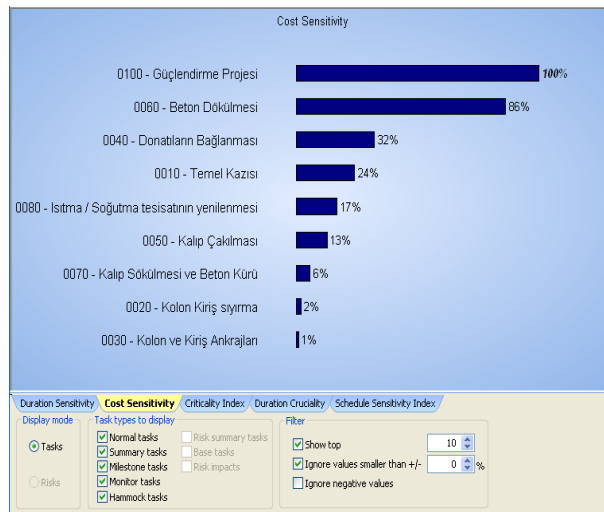
Grafik 5.4.2 Dağılım Analiz Grafiği 2

Grafik 5.4 de dağılım analizi sonuçları görülmektedir. dağılım analizi ile sınırsız sayıda maliyet/zaman risk dağılım risk raporu karşılaştırmalı olarak bir arada görülebilir. Senaryolar risk azaltma planları çeşitli maliyet/fayda oranları karşılaştırılabilir. Çalışmamda, proje risklere maruz kalmadığı varsayılırsa yani yapılan tahminlere göre tamamlanacağı düşünülürse %36 ihtimalle 222.050 TL'ye tamamlanacağı, minimum 189.100 TL, maksimum 228.729 TL ve ortalama 242.800 TL değerini almaktadır. Proje belirlenen risklere maruz kaldığı varsayılırsa 222.050 TL 'ye tamamlanma olasılığı %1'in altında bunun yanında minimum 270.669 TL, maksimum 555.813 TL ve ortalama 425.168 TL değer almaktadır. Projede maruz kalınacak risklere karşı önlem alındığı düşünülürse projenin 271.050 TL'ye bitme olasılığı %24, minimum 235.050 TL, maksimum 361.238 TL ve ortalama 285.021 TL değer almaktadır.



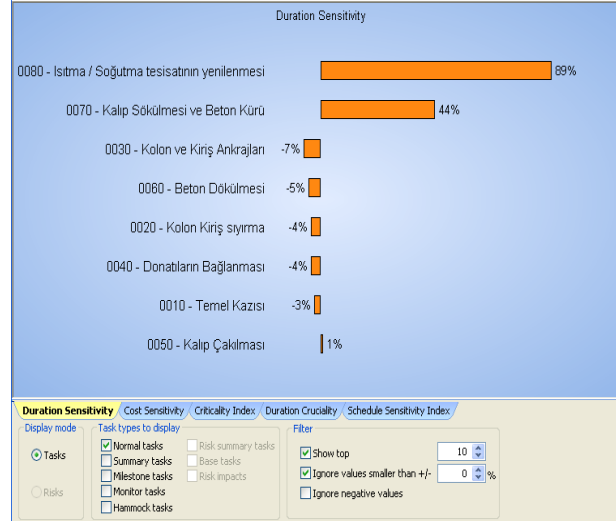
Grafik 5.5 Saçılma Dağılım Grafiği

Risk analizinin İki farklı sonucunun birbiriyle ilişkisini gösterir. Maliyet ve tarih senaryoları ile ilgili senaryolar sorgulanabilir, öngürülen bitiş tarihleri bütçe olasılıklarının bir arada görüldüğü raporda iki metrik arasındaki korelasyon anlaşılabilir. Şekilde 5.5 Scatter Plot çizelgesinde X ekseninde %50 ihtimalle projenin 227.900 TL'ye biteceği Y ekseninde de %53 ihtimalle 66 günde tamamlanacağı görülmektedir. İki ihtimalinde bu limitler dahilinde kalması %30 ve iki limiti birden aşma ihtimali de %28 dir.



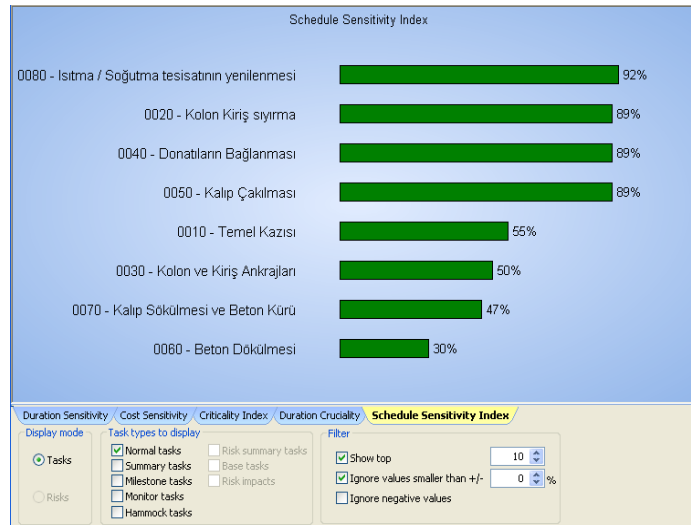
Grafik 5.6 Duyarlık Analiz Grafiği

Süre, maliyet duyarlılıkları ve kritiklik endeksini gösterir. Hangi iş kaleminin proje bitiş tarihini sapmasına yol açması ihtimalinin en yüksek olduğu görülebilir grafik.5.6 da Projeyi oluşturan faaliyetlerin maliyet açısından duyarlılı analizi sonuçları görülmektedir.



Grafik 5.7 Zaman Duyarlılık Analiz Grafiği

Projeyi oluşturan faaliyetlerin zaman açısından duyarlı olan aktiviteler persantaj olarak hassasiyet oranları açısından en duyarlı olandan başlanarak düşük olana doğru bir sıralama grafikte görülmektedir. Bu analiz sonucuna göre en duyarlı faaliyet 080 kod numaralı faaliyettir.



Grafik 5. 8 Çizelge Duyarlılık Endeksi Grafiği

Projeyi oluşturan faaliyetlerin Çizelge Duyarlılık Endeksi sonuçları görülmektedir. Uzman görüşü alınarak gerçekleşmesi muhtemel riskler için tahmin edilen değerleri gerçekleşme İhtimali (%) riskin gerçekleşmesi koşulunda aktiviteye vereceği zararı ifade etmek ve maliyet hesabı yapabilmek için riskin aktiviteye Etkisi (%) deneyime bağlı, uzman görüşü doğrultusunda olasılık değerleri risklere atanmıştır. Riskin gerçekleşmesi durumundaki parasal kayıp riskin aktiviteye etkisi TL olarak hesaplanmaktadır. Riskin gerçekleşmesi durumunda aktiviteyi ve projeyi kaç gün geciktireceği konusundaki değerleri tabolar da görülerek yorumlamalar yapılmıştır.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, proje yönetim teknikleri, CPM, PERT ve maliyet analizleri konusu işlenmiş bu yöntemlerden pert ve CPM uygulama amaçlı işlenmiş ayrıca, inşaat projelerinde faaliyetlerin proje bitim zamanı kritik yol hesabı yapılmış, ok yöntemi ile kritik yörünge belirlenerek iş bitim süresi açısından risk tesbiti yapılmıştır. Ayrıca risk yönetimini ele alıp projelerde risk yönetimi uygulamasının önemini vurgulayarak, bir uygulamayla bu düşünceyi pekiştirmek amacıyla yapılmıştır. Daha önce yapılan araştırmalar, çalışmalar bilimsel kaynaklar göz önüne alınarak riskler belirlenmiş, çalışmaya yön verilmiş, inşaat projelerinde en sık karşılaşılan riskler üzerinde durulmuştur. Bu tezle, firmaların, projelerinin her aşamasında risk yönetimiyle ilgili çalışmaları yürütmesinin gerekliliğini anlamaları hedeflenmiştir. Risk yönetiminin proje yönetiminde önemli bir yere sahip olması projelerin doğasında riski barındırmasından kaynaklanmaktadır. Her proje tektir, bir kereye mahsus gerçekleşir, birbirinden farklıdır. Dolayısıyla da öngörülebilir risklerin yanı sıra öngörülemez risklerle de karşılaşılması olasıdır. Bir risk, bir veya daha fazla sebepten olabilir ve gerçekleştiği zaman da birden fazla etkisi olabilir. Her projenin özel olması dolayısıyla projelerde risk yönetimine ihtiyaç duyulur. Projeler her aşamasında birçok aktiviteyi bünyesinde barındırmasından ve aktivite bazında risk taşıması dolayısıyla karmaşıktır. Hiçbir proje birbirinin aynısı olmadığı gibi proje sürecinde değişiklik ve revizyonların yapılması da mümkündür. Planlanan zamanda planlanan bütçeyle projenin sonlandırılabilmesi için revizyonlar, aktiviteler üzerinde değişiklikler yapılabilir.

Varsayımlar, kısıtlamalar, zorunluluklar ve işgücü proje sürecinde risk oluşmasına neden olabilmektedir. Projenin başarıyla tamamlanabilmesi istenilen amaca ulaşılabilmesi için de bu risklerin öngörülerek zamanında önlenmesi gerekmektedir. Risk yönetimiyle bu riskler belirlenecek, tanımlanacak ve oluşmadan önlenerek ya da projeye olan etkileri azaltılacaktır. Proje riskinin kaynağı projelerdeki belirsizliklerdir. Bilinen riskler belirlenebilen ve analiz edilebilen risklerdir. Bu riskler için risk yönetim süreçleri doğrultusunda planlar yapılmalıdır. Bilinmeyen riskler içinse bu tür önlemler almak mümkün değildir. Proje takımı tarafından yapılacak olan acil durum planları bilinmeyen risklerin projeye olan etkilerini en aza indirecek, zararı minimize edecektir. Projedeki fırsatlar ve tehditlerin belirlenmesi projelerde büyük önem taşır. Fırsatlar ve tehditler arasında denge olduğu takdirde riskler üstlenilebilir. İnşaat Sektörü, demir çelik, çimento, cam, seramik ve boya gibi birçok malzemeyi içeren diğer endüstriyel ürünlerin lokomotifidir. Ekonomik canlılığın en önemli göstergesidir. Projelerde risk yönetiminin önemini vurgulamak amacıyla, proje yönetiminin Türkiye'deki en yoğun kullanıldığı inşaat sektöründe bir uygulama yapılması uygun görülmüştür. Sektör olarak inşaat sektörünün tercih edilmesinin bir nedeni de karşılaşılan risklerin çokluğu ve çeşitliliğidir. Bu bağlamda yapılan risk yönetimi çalışmasının diğer sektörlerde de uygulanabilmesi mümkün olmakta, inşaat sektöründe yapılan bu çalışmanın diğer tüm projelere de ışık tutması hedeflenmektedir. Bu amaçla, tezde bir olay çalışmasına yer verilmiş, bunun için de büyük bir inşaat güçlendirme projesi ele alınmıştır. Risk yönetimi yapılmamış olmasından dolayı sonucunda büyük maddi kayıplar yaşanan bu projede olası risklerin ve olası kaybın belirlenmesi için örnek bir çalışma yapılmıştır. Risklerin belirlenmesi için geçmiş bilgilere ve uzman görüşlerine ihtiyaç duyulacağından aktivitelerde gerçekleştirilecek olası riskler literatür araştırması sonucunda belirlenmiştir. Bu çalışmayla, bir kamu binası güçlendirme inşaatında vak'a analizi yapılmıştır. Yapılan çalışmayla, tamamlanmış bir projede her bir aktivitede gerçekleşmiş olan ve gerçekleşme olasılığı bulunan riskler incelenmiştir. Dikkatli ve açık bir planlama risk yönetimindeki başarıyı artırır. Risk yönetim planlaması, bir proje için risk yönetim faaliyetlerindeki risklere nasıl yaklaşılacağına ve temas kurulacağına karar verme sürecidir.

Diğer süreçler için de önemli ve başarıyı büyük ölçüde etkileyecek bir süreçtir. Risk yönetim planlaması projenin erken aşamalarında yapılmalıdır. Risk belirleme, hangi risklerin projeyi etkileyeceğini belirler ve onların özelliklerini belgeler. Bir projede risk belirleme, ticari veritabanı ve akademik çalışmalardan yararlanılarak belirlenebileceği gibi kıyaslama ve diğer endüstriyel çalışmaları içeren basılı bilgilerle de belirlenebilir. Vak'a analizi çalışması sırasında da riskler akademik çalışmalardan yola çıkılarak belirlenmeye çalışmış ticari tabanlı yazılımın demo düzeyinde kısmi veri girişi ile ancak kullanılabilmiştir. Bu projede de ihaleye girilen her inşaat projesinde olduğu gibi daha planlama ve teklif aşamasında risklerin olduğuna değinilmiş, projenin bazı aktivitelerinde risklerle karşılaşılması üzerine proje süresi uzatma talebinde bulunulmuştur. Planlama aşaması proje yönetiminin başlangıcında olduğu gibi risk yönetimi için de büyük önem taşır. Risklerin belirlenmesinin, takibinin sağlanması açısından önemli olan bu aşamada, ele alınan projede yer verilmediği için riskler ortaya çıktığında önlemek mümkün olamamış ancak riskten kaçınmayacaksa risk azaltıcı önlemler tasarlanmıştır. Çalışanların riske bakış açıları farklı olacağından, riske karşı tutumlar belirlenerek, risklerin kimler tarafından, nasıl ele alınacağını ve ne sıklıkta risk planlama toplantılarının yapılacağını belirlenmesi gerekirdi. Bu doğrultuda yapılan her çalışma projeyi olumlu yönde etkileyecek, mümkünse riskler oluşmadan önlenmesi sağlanacaktır. Bu projede risklerin belirlenmesi için tahmine dayalı riskler belirlenmiş yazılım yardımıyla histogram ve tablolarda görülmüştür. Riskleri iyi belirlenmemiş projelerde dikkate alınmayan riskler gerçekleştiği zaman bunlara karşı alınacak tedbirler daha çok zaman ve para kaybına neden olabilirler. Risk analizlerini yaparken nitel risk analizi ile nicel risk analizi dikkatle incelenmiştir. Aktivitelerde karşılaşılması muhtemel riskler ve etkileri her aktivite için farklılık gösterir. Toplam projeye maliyeti ve etkisi düşük olan bazı aktiviteler içindeki bir riskin, olasılık etki tablosunda risk skoru büyük olmasına rağmen toplam projeye olan etkisi düşük olabilir. Diğer yandan, toplam projeye maliyeti ve etkisi yüksek olan bazı aktiviteler içindeki bir riskin, olasılık etki tablosunda risk skoru küçük olmasına rağmen toplam projeye olan etkisi daha büyük olabilir. Bu durumdan sakınmak için, bu çalışmada;

Proje aktivitelerinin her birinde olabilecek riskler ve bu risklerin olasılık ve etkileri dikkate alınarak her bir aktivitedeki risk etkileri parasal olarak değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu şekilde risklerin sınıflandırılması ve aktiviteye olan etkilerinin daha çarpıcı bir şekilde gündeme getirilmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışma tamamlanmış bir proje üzerinde gerçekleştirildiği için risk önlemleri veya azaltılmasının planlanması ile risk izleme ve kontrol aşamaları incelenmemiştir. Aynı yöntem cpm, pert proje yönetim tekniklerinde irdelenmiştir. Çalışmanın amacı, risklerin gözlemlenmesi, iyi sınıflandırılarak, aktivite için olası riskleri doğrudan inceleyerek uygulayıcıya daha etkin olacağı düşünülen parasal değerler şeklinde sunmaktır. Risk belirleme, nitel risk analizi, nicel risk analizi, risk önlemleri planlanması, risk gözleme ve kontrol süreçleri birbirleriyle bağlantılı bulunmaktadır. Çalışmada ele alınan projenin başlangıcında ve diğer aşamalarında risklerin belirlenmemiş olması ve dolayısıyla önlenememesi, risklerle karşılaşıldığında büyük kayıplara neden olmuştur. Risklerin öngörülebilmesi, işlerin aksamasına dolayısıyla da proje süresinin uzamasına neden olmuştur. Uygulama projesinde, gerçekleşen riskler, firmayı maddi zarara uğrattığı gibi yapının da gecikmesine neden olması dolayısıyla hem firmayı hem de işveren olan kurumu maddi kayıpların olması sözkonusudur. Risk yönetiminin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için risk yönetim planının yapılması, risklerin belirlenmesi, nitel ve nicel analizlerin yapılması, fırsatların değerlendirilmesi, tehditlerin önlenmesi için önlem planı hazırlanması, belirlenen risklerin izlenmesi gerekir. Bu çalışmada hesaplanan olasılık ve etki değerleri firmaların yaptıkları işlerdeki tecrübelerle göre daha gerçekçi düzeylere çekilebilir. Dolayısıyla ortaya çıkan parasal değerlere bağlı olarak önlem alınması gereken riskler hakkında daha belirgin verilere sahip olabiliriz. Riskler hakkında elde edilen parasal değerlerin kişileri, riskleri önleme konusunda daha uyarıcı bir etki yapacağı düşünülmektedir. Risk analizleri hemen her sektör için yapılarak maddi kayıpları azalmaktır. Bu durumda risk analizindeki esas amaç, riskleri önceden öngörüp risklerin oluşmasını engellemektir. Bunun için, bütün projeler düzenli olarak planlanıp bir proje yöneticisi yönetiminde bütün riskler dikkate alınıp yönetilmesini gerçekleştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- A.Ravindran, Don T.Phillips v.d.: “Operations Research rinciples and Practice,Second dition, John Wiley &Sons,Inc,”1987,112-113.
- A Victor Cabot and Donald L. Harnett, : “AnIntroduction to Management Science, Addison-Wesley Publishing Company,Inc, “ 1977, 81.
- Ababneh, W.: “An Integrated Approach Of Construction Risk Management And Evaluation, Yayinlanmış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü” 2000,12-28, 131-137, 175,176.
- Acar, Ahmet.: “Linear Programming for Managerial Decisions A Non- Algorithm, Approach with Computer Applications. Second Edition. Middle East Technical University” ,1989,340,342.
- Adnan Gülerman,,: “PERT/Maliyet Tekniği İşletmede Bir Yönetim Aracı Olarak Kullanılması, Ankara:Sevinç Matbaası”,1970,2-3.
- Akintoe and MacLeod : “Risk Analysis and Management in Construction, International Journal of Project Management, ” 1997, 15, 31-38.
- Akmut, Özdemir: “Proje Planlama ve Kontrol Yöntemleri Erzurum, Atatürk Üniversitesi Basımevi”,1976,101-104.

- Alan Dolan ve Joan Aldous: “ Networks and Algorithms An Introduction Approach, John Wiley & Sons,” 1993,376.
- Aitken William: “Planning and Controlling Projects. USA: Scitech Educational Publisher”. 2000,65.
- Albayrak, Burhan: Proje Yönetimi ve Danışmanlık. İkinci Baskı Alfa BasımYayın Dağıtım”,1998.
- Al-Bahar J. F., Crandall K.C.: “Systematic Risk Management Approach For Construction Projects, Journal Of Construction Engineering and Management”, 1990, 116, 533-546.
- Alpan, Nihat B.: “Simulation Method as Technique in Risk Analysis of Project Evaluation Process”, Yüksek lisans tezi,1994,19-52.
- Amos J., Dent P.: “Risk Analysis And Management For Major Construction Projects, The Royal Institution of Chartered Surveyors, COBRA Conference”,1997,7
- Anderson, David R., David J. Sweeney, v.d.: “Quantitative Methods for Business. Edition 8. South-Western College Publishing”, 2001 ,479,,482-484,494
- Aytekin İ.H.: “Belirsiz Ortamlarda İnşaat Projelerinin Yönetimi ve Risk Minimizasyonu”, Ç.Ü.Yüksek Lisans Tezi,1999.
- Baca Claudia: “PMP, Project Managers Spotlight on Change Management, Harbor Light Press, 2005”,8,24.

- BarryRenderveRalphM.Stair,: “ Quantitative Analysis for Management, Fifth Edition, New Jersey, Prentice Hall”, 1994,726.
- Baloi D., Price A.D.F.: “Modelling Global Risk Factors Affecting Construction Cost Performance, International Journal of Project Management”, 2003,21,261-269.
- Bernard W. Taylor,: “Introduction to Management Science, Third Edition, Boston: Allyn and Bacon,” 1990, 700.
- Billy E. Gillett, “Introduction to Operations Research A Computer – Oriented Algorithmic Approach, McGraw- Hill Book Company,” 1976,436.
- Brealey, R.A. and Myers, S.C: “Principles of Corporate Finance”, McGraw-Hill Book Company, 1988.
- Brinckloe, William D: “Managerial Operations Research, McGraw-Hill Book Company,” 1969,143-145.
- Budnick, Frank S., Richard Mojena v.d. ,: “Principles of Operations Research for Management, Richard D. Irwin, Inc”, 1977,555,556.
- Canada, John R.: ”Intermediate Economic Analysis For Management and Engineering, New Jersey, Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs”, 1971.

- Carr V., Tah J.H.M.: “ A Fuzzy Approach to Construction Project Risk Assessment And Analysis: Construction Project Risk Magement System Advances in Engineering Software”, 2001, 847-857.
- Charette, Robert N.: “Applications Strategies for Risk Analysis”, Intertext Publications, 1990”, 15.
- Cinemre, Nalan.: “Yöneylem Araştırması. İkinci Baskı. İstanbul, Beta Basım Yayım Dağıtım”, 2004,196-2001.
- Cooke, William P. : “Quantitative Methods for Management Decisions. McGraw-Hill Company”, 1985,536,545.
- Çetmeli, Enver.: “Yatırımların Planlanmasında Kritik Yörünge (CPM) ve PERT Metotları. İstanbul: Teknik Kitaplar Yayınevi,” 1982,5-6,11-13,42-47.
- Dan Brandon, : “Project Management for Modern Information Systems, Hershey, PA, USA: IRM Press”, 2005,1426.
- David R. Anderson, David J. Sweeney, v.d.: “Quantitati ve Methods for Business, 8. Edition, South-Western College Publishing”, 2001, 478.
- DeGarmo, E. Paul, William G. Sullivan v.d: “ Canada. Engineering, Economy, Seventh Edition, New York, London Macmillan Publishing Company, Collier Macmillian Publishers”, 1984,566.

- Demeulemeester, Erik L.. Project Scheduling: "A Research Handbook, Secaucus, NJ, USA, Kluwer Academic Publishers", 2002,382.
- Dikmen I., Birgönül M.T., Anac v.d.: "Learning From Risks, A Tool For Post-Project Risk Assessment, Automation in Construction" 2008,18,42-50.
- Doğan, İbrahim.: "Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları, Bilim Teknik Yayınevi", 1995,315,324.
- Douglas White, William Donaldson v.d, : "Operationa l Research Techniques Volume 1 An Introduction, London, Business Books Limited", 1969,84.
- Dyer, James S. : "Model Formulation and Solution Methods. Second Eition, John Wiley & Sons", 1981,320.
- Ece Enver ve Kovancı Ahmet,: "Proje Yönetimi ve insan Kaynakları İlişkisi", Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, Cilt. 1, Sayı. 4, (Temmuz 2004)", 84.
- Edward R. Fisk, : "Construction Project Administration, Third Edition, John Wiley & Sons," 1988,275.
- Ersar , Mehmet A.: "Risk Analysis in Constuction Business", Yüksek Lisans Tezi, 1996, 22-29.
- Eric Verzuh, : "The Portable MBA in Project Management, Hoboken, New Jersey, John Wiley&Sons,Inc.,"2003, 11.

- EVERETT, Michael D.: “A Simplified Guide To Capital Investment Risk Analysis, Planning Review, Julj” 1986, 14, 32-36,
- E. Paul DeGarmo, William G. Sullivan ve John R. : “Canada, Engineering Economy, Seventh Edition, New York, London, Macmillan Publishing Company, Collier Macmillan Publishers”, 1984,559-560.
- Fabrycky, W.J., and Thusen, G.J: “Economic Decision Analysis”, New Jersey, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, t.y.
- Filiz A. OHSAS 18001 : “İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemlerinde Risk Analizleri Eğitim Notlari, Maltepe Üniv.e-KOBİ [Dönüşüm Uzmanlik Sertifika Prog.](http://www.ikademi.com/orgut-uzmanlik-sertifika-prog.) (2005), İkademi, <http://www.ikademi.com/orgut-sosyolojisi/481-risk-yonetimi.html> , 06.10.2007
- Frank S. Budnick, Richard Mojena v.d.: “Principles of Operations Research for Management, Richard D.Irwin, Inc”,1977,5,36.
- Frederick S. Hiller ve Gerald J. Lieberman,: “Introduction to Operations Research, Eighth Edition, Mc Graw Hill”, 2005, 427.
- Gail Thornley,: “ Critical Path Analysis in Practice Collected Papers on Project Control, London, Tavistock Publications”, 1968,123.

- Gary R. Heerkens,: “Project Management, McGraw-Hill”,2002, 12.
- Gillett, Billy E.: “Introduction to Operations Research A Computer – Oriented Algorithmic Approach. McGraw- Hill Book Company”,1976,442
- Goldman, Lawrence I.: “Crystal Ball Professional introductory Tutorial”, Proceedings of 2002 Winter Simulation Conference”, 2002.
- Grey, Stephen: “Practical Risk Assessment for Project Management”, John Wiley & Sons”, 1995, 41-100.
- Gülerman, Adnan.: “PERT/Maliyet Tekniği İşletmede Bir Yönetim Aracı Olarak Kullanılması. Ankara: Sevinç Matbaası”, 1970,2,3.
- Harold Kerzner Ph. D.: “Strategic Planning for Project Management Using A Project Management Maturity Model, John Wiley&Sons,Inc.”, 2001,2.
- Hajek, Victor G: “Management of Engineering Projects. McGraw-Hill Book Company”, 1977,135,136.
- Harrison, Ian W.: “Capital Inverstment Appraisal”, Harwrđ Business Review, No:42 Jan-Feb, 1973”, 81-94.

- Han S. H., Kim D.Y., Kim .H. v.d.: “A Web-based Integrated System For International Project Risk Management, Automation In Construction”, 2008 17, 342-356.
- Heerkens, Gary.: “Project Management. Blacklick, OH, USA, McGraw-Hill Trade”,2001.
- Hershey, PA,: “Carbonara, Technology Literacy Applications in Learning Environments, USA, I nformation Sciences Publishing”, 2005,317.
- Hiller, Frederick S. and Gerald J. Lieberman. : “Introduction to Operations Research. Eighth Edition, Mc Graw Hill”, 2005, 419,420.
- Hodder, J.E.: and Riggs, H.E.: ”Pitfalls in Evaluating Risky Projects”, Harward Business Review, No:63, Jan-Feb,” 1985, 128-135.
- Jack Gido ve James P. Clements,: “ Successful Project Management, Ohio: ITP”,1999, 63
- James P. Ignizio,: “Operations Research in Decision Making, New York: Crane, Russak & Company, Inc”., 1975,140
- James S. Dyer: “Model Formulation and Solution Methods, Second Eition, John Wiley & Sons”, 1981,130.

- John C. Goodpasture: “Quantitative Methods in Project Management, USA, J. Ross Publisher”, 2003,55.
- Joseph J. Moder and Cecil R. Phillips, : “Project Management with CPM and PERT, Second Edition, Van Nostrand Reinhold Co mpany, 1976”, 184,185.
- Kangari R., Boyer L.T.: “Project Selection Under Risk, Journal Of The Construction Division”, 1981,107, 597-608.
- Karayalçın, İlhami.: “ Harekat Araştırması Yöneylem Araştırması İşletme, Faaliyetlerinin Yönetimi ve Kontrolü için Kantitatif Yöntemler. 2. Baskı İstanbul, istanbul Teknik Üniversitesi” 1979. t.y.
- Kenneth H. Rose: “ PMP, Project Quality Management, Why, What and How, J. Ross Publishing”, 2005, 6.
- Keller, Paul: “A. Six Sigma Demystified: A Self-Teaching Guide, Blacklick, OH, USA: McGraw-Hill Companies,” 2004.
- Kerzner, Harold.: “Project Management A System Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. Eighth Edition, John Wiley & Sons, Inc.”, 2003,471.
- Kargül, Doğan: “Yatırımlarda Proje Analizi, İstanbul Menkul Kıymetler Borsası”,1996,221.
- Krantz, L.: “Risk Management Through Simulation- the Underused Management tool”, Industrial Manager Data System, Sept.-Oct. 1984, 13-14.

- Kutlu, N.T.: “Proje Planlama Teknikleri ve PERT Tekniğinin İnşaat Sektöründe Uygulanması Üzerine Bir Çalışma”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 3”, 2001,2.
- Kuyucu,Elçin: “ İnşaat Projelerinde risk analizi, yöntemleri: Bir Petro kimya fabrikasında uygulaması”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü”, 2008.
- Levin Richard, Rubin S. V.d., : “Quantitative Approaches to Management, NY, USA, McGrawHill Book Company”, 1986, 782.
- Lewis P. James,: “Project planning And Scheduling And Control, Mc Grow Hill”,1996.
- Luu V.T., Kim S., Tuan N. V.d., : “Quantifying Schedule Risk in Construction Projects Using Bayesian Belief Networks, International Journal of Project Management, In Press, Corrected Proof”, 2008,1 ,2,10.
- Michael Wilkes, Operational Research: “Analysis and Applications, McGraw- Hill Book Company”,1989, 161.
- Miller R., Lessard D.: “Understanding and managing risks in large engineering projects” International Journal of Project Management”, 2001,19, 437-443.
- Motawa I. A., Anumba C.J., El-Hamalawi A.: “A Fuzzy System for evaluating the risk of Change In Construction Projects, Advances In Engineering Software”, 2006, 37(9) , 583-591.

- Nalan Cimemre,: “Yöneylem Araştırması, İkinci Baskı, İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım, 2004,180.
- Newton S., Smith V.K.: “Methods of analysing risk exposure in the cost estimates of high quality offices” Construction Management and Environment”, 1992, 10, 431-499
- Özorhon B., Arditi D., Dikmen İ.,v.d.: “Effect Of Host Country And Project conditions In International Construction Joint Ventures, International Journal Of project anagement”, 2007, 25, 799-806.
- Özkan, Şule.: “Yöneylem Araştırması Nicel Karar Teknikleri. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım,” Aralık 2005,200-201.
- Öztaş A., Ökmen Ö.: “Judgmental Risk Analysis Process Development In Construction Projects, Building and Environment”, 2005, 40, 1244-1246
- Öztürk, Ahmet.: “ Yöneylem Araştırması. 10. Baskı, Ekin Kitabevi”, 2005,553
- Öztürk, Ahmet: “Yöneylem Araştırması”, 1997, 283-300.
- Patterson F. D., Neailey K.: “A Risk Register Database System To aid The Management of Project Risk, International Journal of Project Management”, 2002, 20, 365-374.

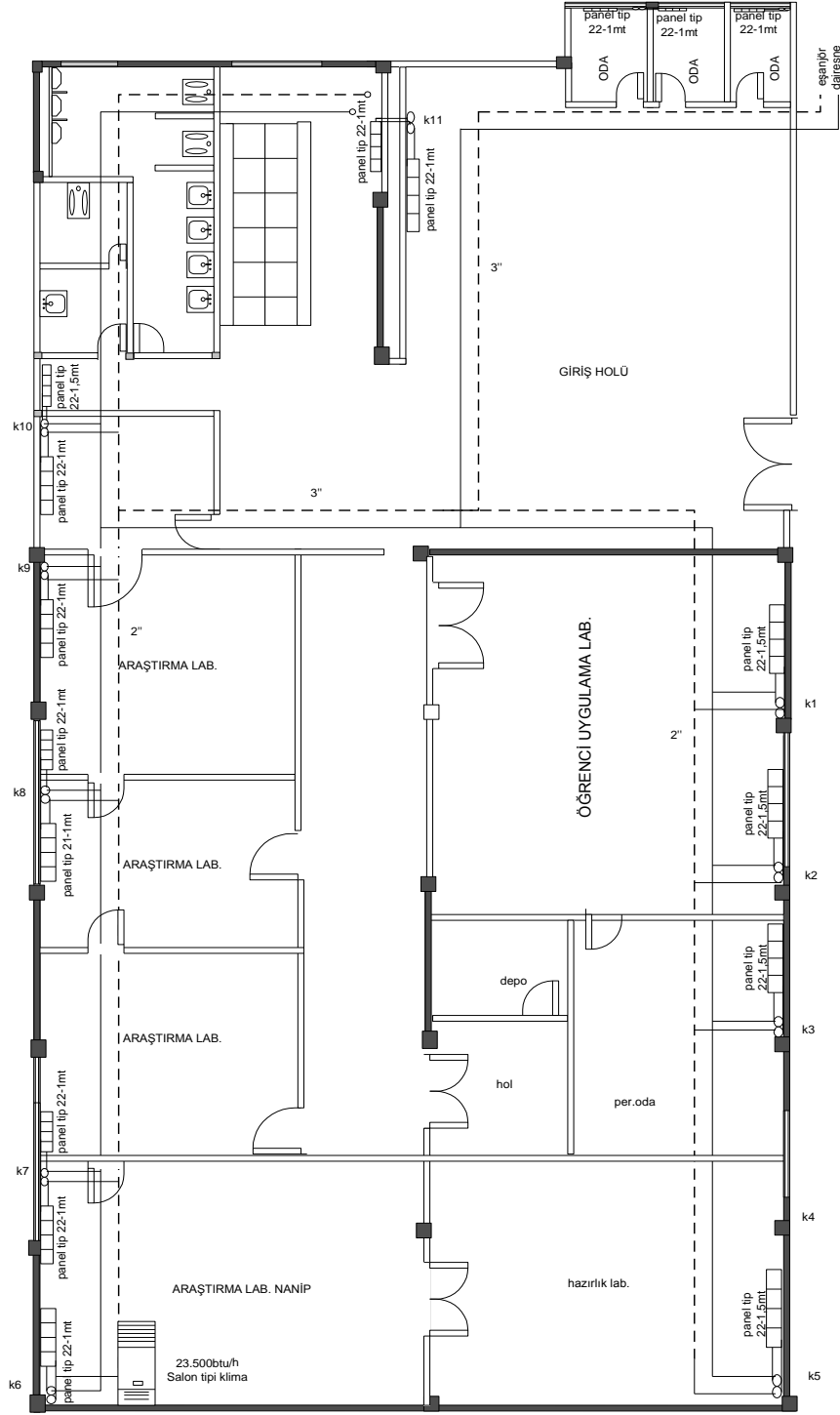
- Perminova O., Gustafsson M., Wikström K.: “Defining Uncertainty In Projects-A New Perspective”, International Journal of Project Management”, PMP Exam Study Guide, Fourth Edition”, 2008, 26, 73,74.
- Pertmaster: “www.primavera.com,2009”
- Philip E. Hicks, : “Industrial Engineering and Management, Second Edition, McGraw-Hill, Inc”, 1994,175.
- Project Management Institute, : “Practice Standard for Work Breakdown Structure,. Primavera 3.1 Project Planner, Primavera Project Planner Help, Overview: Work Breakdown Structure Codes” 2001,1
- Project Management Institute,: ”Practice Standard for Work Breakdown Structure”, 2001,1.
- Project Management Institute,: “A Guide to the Project Management Body of Knowledge, Üçüncü Baskı”, 2004,5.
- Poilquen, Lois Y.: “Risk Analysis in Project Appraisal”, World Bank Staff Occasional Papers Number Eleven”,1970.
- Ravindran, A., Don T. Phillips ve James J. Solberg: “Operations Research Principles and Practice. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc”,1987,120,1219
- Render Barry ve Ralph M. Stair.: “ Quantitative Analysis for Management. Fifth Edition. New Jersey: Prentice Hall, 1994,731-734.

- Richard, I. Levin, David S. Rubin, Stinson Soel P.: “ Quantitative Approaches Richman, Larry L. Project Management Step-by-Step. New York, NY, USA:Amacom”, 2002.107.
- Richard E. Westney: “Engineer's Cost Handbook: “Tools for Managing Project Costs, USA: Marcel Dekker publishing”, 1997,116.
- Robert J. Thierauf,: “ An Introductory Approach to Operations Research, Florida: Robert E. Krieger Publishing Company”, 1982,163.
- Robert K.Wysocki ve Rudd McGary,: “Effective Project Management, Üçüncü Baskı, Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing”, 2003,10.
- Robert K.Wysocki ve Rudd McGary, : “Effective Project Management, Üçüncü Baskı, Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2003,20.
- Rose, L.M.,: “Engineering Investment Decisions-Planning Under Uncertainty”, Elsevier Scientific Pub. Company”, 1976.
- Russell L. Ackoff ve Maurice W. Sasieni,: “Fundamentals of Operations Research, John Wiley & Sons, Inc.”, 1968,.289.
- Sağın, Salih Kaya. : “Ağ Çözümleme Yöntemleri ile Planlama ve izleme. Sistem,Yayını No:2”, 1974,7,8,9,22,23,37,38

- Samuel B. Richmond, : “Operations Research for Management Decisions, New York: The Ronald Press Company,” 1968, 487.
- Sarısan, Halil: “Risk Analysis in Project Evaluation”, A.Ü.Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, Cilt XLIV, SAYII-2, Ocak- Haziran”, 1989, 99-118.
- Springer, Mitchell L. Concise : “Guide to Program Management: Fundamental Concepts and Issues. West Lafayette, IN, USA: Purdue University Press.” 2004,98.
- Şahin, Hüseyin : “Yatırım Projeleri Analizi, 3. Baskı, Bursa: Ezgi Kitabevi Yayınları”, 2004,251,252.
- Şakar S.:
- ProjeYönetimi,Tripod,http://members.tripod.com/war_project/projeler/proje2.html”, (02.09.2007)
- Taha, Hamdy A. : “Yöneylem Araştırması. S.Alp Baray ve Şakir Esnaf (çev.), 6.Basımdan Çeviri, Literatür Yayıncılık”,2000, 258,259.
- Tah J.H.M., Carr V.:
- “Towards a Framework For Project Risk Knowledge Management In The Construction Supply Chain, Advances In Engineering Software”, 2001, 32, 835-846.
- Tam V.W.Y.,Shen L.Y.,v.d., :
- “Investigating the Intentional Quality risks In Public Foundation Projects: A Hong Kong Study, Building And Environment”, 2007, 42, 330-343.
- Taylor, Bernard W.:
- “Introduction to Management Science. Third Edition, Allyn and Bacon”, 1990,718-720.

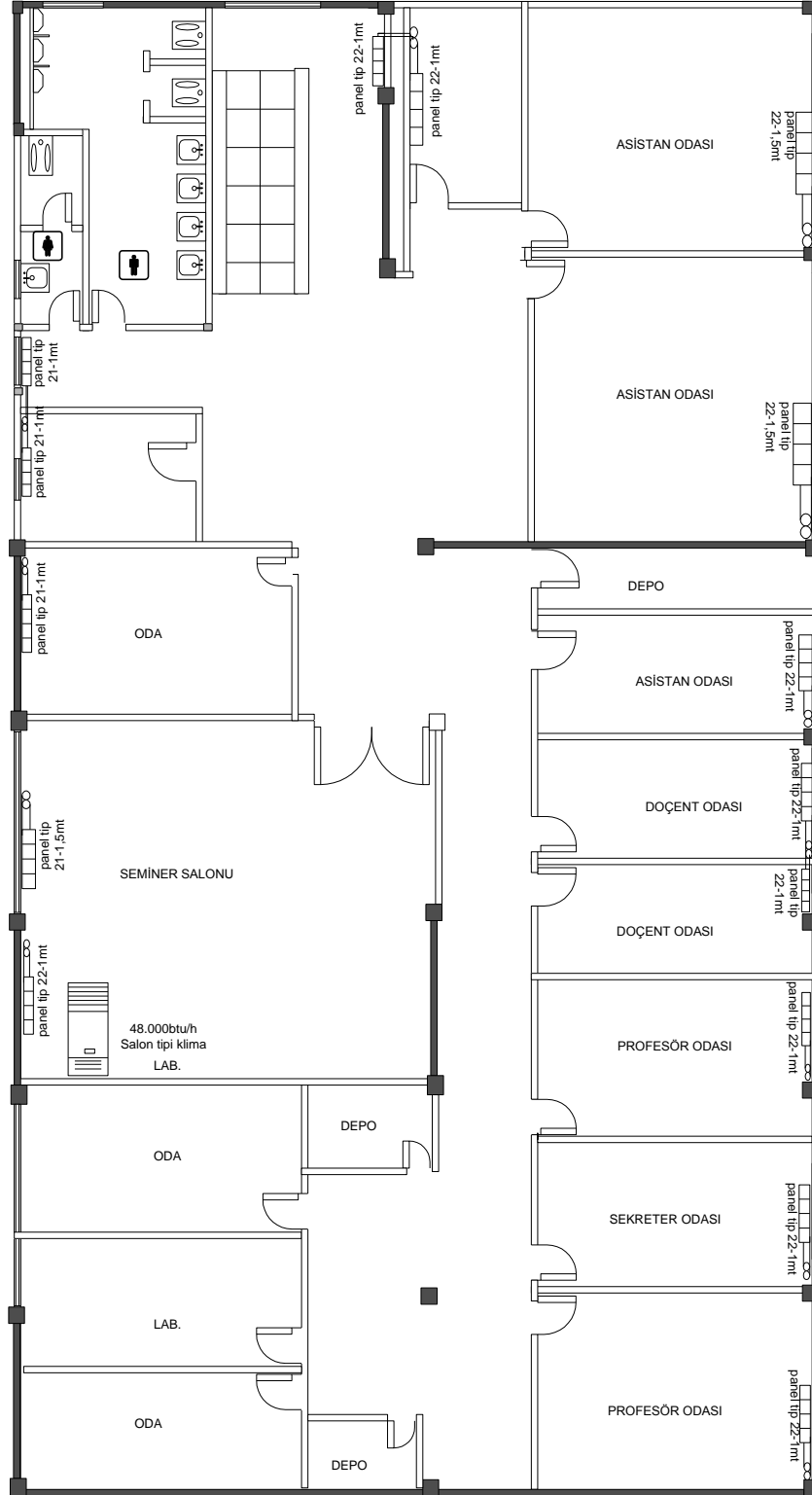
- Timor, Mehpere : “Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları, İstanbul: istanbul Üniversitesi”, 2001,357.
- Thierauf, Robert J. : “An Introductory Approach to Operations Research. Florida: Robert E. Krieger Publishing Compay”, 1982,153,154,163,166.
- Thomas Pyzdek, : “The Six Sigma Project Planner, McGraw-Hill”, 2003,30.
- Uğur, L.O.: “Türkiye Mütcaahhitler Birliği üyesi inşaat firmalarının planlama, yapı maliyeti hesaplama ve risk yönetimi yaklaşımları, Türkiye Mütcaahhitler Birliği”, www.tmb.org.tr/arastirma_yayinlar/risk_2_2007.pdf, (05.11.2007)
- Uğur L.O., Baykan U.N.: “Yüklenici Firmaların İnşaat Projelerinde Karşılaştıkları Riskler ve Risk Tutumlarının Belirlenmesi Amaçlı Bir Alan Araştırması”, Journal Of Technical-Outline, 2008,7,84.
- Uzel, Turgut.: “Harita Mühendisliğinde Yöneylem Araştırması. İstanbul: Yıldız Üniversitesi Yayınları,1986,109-111,117.
- Victor G. Hajek,: “Management of Engineering Projects, McGraw-Hill Book Company”, 1977, 137.
- Vose, David: “Risk Analysis: A Quantitative Guide, John Wiley & Sons, Second Edition”, 2000, 335-347.
- William D., Brinckloe,: “Managerial Operations Research, McGraw-Hill Book Company”, 1969, 141-142.

- Wayne L. Winston, : “Operations Research Applications and Algorithms, Third Edition, California: Duxbury Press”, 1994,416-417.
- William P. Cooke, : “Quantitative Methods for Management Decisions, McGraw-Hill Company”, 1985,532-533.
- Winston, Wayne L.: “Operations Research Applications and Algorithms Third Edition California: Duxbury Press”, 1994,422.
- Wilkes, Michael. : “Operational Research: Analysis and Applications. McGraw-Hill Book Company”, 1989,162,172.
- Zafra-Cabeza A., Ridao M. A., v.d.: “Using A Risk-Based Approach To Project Scheduling: A Case Illustration From Semiconductor Manufacturing, European Journal of Operational Research”, 2007, 190, 708-723.
- Zayed T., Amer M., Pan J.: “Assessing Risk and Uncertainty Inherent In Chinese Highway Projects Using AHP, International Journal of Project Management”, 2008, 26, 410.
- Zeyyat Hatiboğlu,: “İşletmelerde Üretim Yönetimi, İstanbul: Temel Araştırma A.Ş. Yayınları No :14, 1987”, 77.



İ.Ü VETERİNER FAKÜLTESİ ST BİNASI GİRİŞ KAT PLANI

EK .1 Kat Planı



İ.Ü VETERİNER FAKÜLTESİ ST BİNASI 1.KAT PLANI

EK. 2 Kat Planı