

T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİMDALI

**CPM VE PERT TEKNİĞİYLE İNŞAAT SEKTÖRÜNDE
BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan

SEMRA SUDE UZUNAL

Tez Danışmanı

Y.Doç. Dr. MEHMET KAHVECİ

Şubat 2009
İSTANBUL

T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

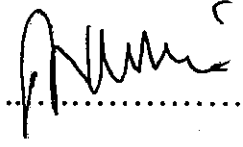
İşletme Anabilim Dalı İşletme Programı yüksek lisans öğrencisi **Sude Semra UZUNAL** tarafından hazırlanan “**CPM-PERT Tekniği ve İnşaat Sektöründe Bir Uygulama**” adlı bu çalışma jürimizce Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Tarihi : 16.07.2009

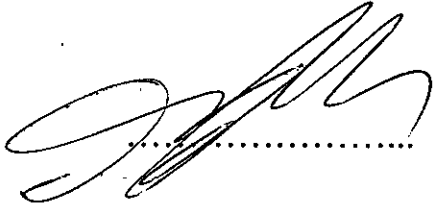
(Jüri Üyesinin Ünvanı , Adı , Soyadı ve Kurumu) :

İmzası :

Jüri Üyesi: Yrd.Doç.Dr.Mehmet KAHVECİ
Danışman-HAL.Üni. İşletme ABD Öğr.Üyesi


.....

Jüri Üyesi : Prof.Dr.İsmet Doğan KARGÜL
İst.Üniv. Öğr.Üyesi


.....

Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr.Hakan BATUR
HAL.Üni. İşletme ABD Öğr.Üyesi


.....

İÇİNDEKİLER

Önsöz.....	i
Şekil Listesi.....	ii
Özet.....	iii
Summary.....	iii
1. Giriş.....	1
2. Proje Yönetimi.....	3
2.1 Proje Özellikleri.....	3
2.2 Proje Kısıtları.....	7
2.3 Proje Yönetimi Aşamaları.....	9
2.3.1 Planlama.....	9
2.3.2 Programlama.....	11
2.3.3 Kontrol.....	12
3. Proje Planlama Teknikleri.....	15
3.1 Gantt Diyagramı (Çubuk Diyagramları).....	17
3.2 Şebeke Yöntemleri.....	20
3.2.1 Kritik Yol Yöntemi (CPM).....	27
3.2.1.1 Faaliyet Sürelerinin Belirlenmesi.....	32
3.2.1.2 Erken ve Geç Gerçekleşme Zamanları.....	33
3.2.1.3 Faaliyetler Arasındaki Bağlantı Türleri.....	34
3.2.1.4 Kritik Yolun Hesaplanması.....	36
3.2.1.5 Bolluk Kavramı.....	38
4. Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (PERT).....	40
4.1 PERT'e Genel Bakış.....	40
4.2 Faaliyetlerin Tamamlanma Süreleri.....	41
4.3 Faaliyetlerin Beklenen Tamamlanma Sürelerinin (te) ve Varyanslarının Belirlenmesi.....	43
4.4 Kritik yolun belirlenmesi ve Proje Tamamlanma Süresinin Analizi.....	44
4.5 PERT Tekniğine Yapılan Eleştiriler.....	46
4.5.1 Faaliyetlerin Ortalama Süre Ve Varyans Hesaplamalarında Kaynaklanan Hatalar.....	46
4.5.2 Projenin Tamamlanma Süresinin Hesaplama	

Sürecinde Meydana Gelen Hatalar.....	47
4.6 Beta Dağılımı.....	48
4.7 PERT' de Hızlandırma İşleminin Kullanılması.....	49
4.7.1 PERT' de Hızlandırma Sürecinin Analizi.....	50
5.CPM ve PERT Tekniğinin İnşaat Sektöründe Uygulanması Üzerine Bir Çalışma.....	55
5.1 Çalışmanın Amacı.....	55
5.2 Çalışma Hakkında Genel Bilgi.....	55
5.3 Projeye İlgili Yapılan Hesaplamalar ve Projenin Şebeke Diyagramı.....	55
5.4 Şebekedeki Yollar ve Kritik Yolun Bulunması.....	59
6.Sonuç.....	68
Kaynaklar.....	70

ÖNSÖZ

Günümüzde projelerin çok büyük ve karmaşık oluşu etkili planlama tekniklerinin oluşumuna zemin hazırlamıştır. En çok bilinen ve en gelişmiş olan proje planlama, programlama ve kontrol teknikleri CPM ve PERT'tir. Bu teknikler, proje için belirlenen hedeflerle sınırlı kaynakların optimum şekilde kullanımını sağlayarak ulaşmayı amaçlamaktadırlar. Söz konusu teknikler zaman ve maliyet faktörlerinin farklı kombinasyonları hakkında bilgi vererek proje yöneticisinin projenin uygulanması sürecinde ortaya çıkan problemlere müdahale edebilmesini, hedeflenen proje süresinin ve maliyetinin sınırladığı çerçevede projenin gerçekleştirilebilmesini sağlayacak değişiklikleri, alternatif uygulamaları yapabilmesine imkan sağlamaktadır.

Bu çalışmada CPM ve PERT tekniklerinin detaylı bir analizi yapılmaya çalışılmıştır. Ayrıca proje yönetimi, projelerin planlanması, programlanması ve kontrolü kavramları ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Bu çalışmanın yapılmasında emeği geçen değerli hocam Prof. Dr. Mehmet KAHVECİ' ye ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

2009, İSTANBUL

Semra Sude UZUNAL

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Kapsam Üçgeni

Şekil 3.1: Bir projenin iş dağılım yapısının ağaç görünümü

Şekil 3.2: Gantt Gösterimi

Şekil 3.3: AoA Tipi Şebeke Diyagramı

Şekil 3.4: Faaliyet Gösterimi

Şekil 3.5: Kukla Faaliyet Gösterimi

Şekil 3.6: Kapalı Döngü

Şekil 3.7: Başlangıç ve Bitiş Düğüm Noktasının Tekliği

Şekil 3.8: Bitiş Başlangıç İlişkisi (FS)

Şekil 3.9: Bitiş Bitiş İlişkisi (FF)

Şekil 3.10: Başlangıç Başlangıç İlişkisi (SS)

Şekil 3.11: Başlangıç Bitiş İlişkisi (SF)

Şekil 4.1 Beta dağılımının 3 değişik gösterim şekli.

Şekil 4.2 Örnek PERT şebekesi

Şekil 4.3 Örnek Pert Sebekesi

T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

CPM TEKNİĞİ VE İNŞAAT SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Hazırlayan
Semra Sude UZUNAL

Tez Danışmanı
Y.Doç.Dr Mehmet KAHVECİ

Temmuz , 2009

ÖZET

Projelerin amaçlarına zamanında ve tespit edilen maliyet sınırları içerisinde ulaşabilmesi için başarılı bir biçimde yönetilmeleri gerekmektedir. Proje yönetimi, proje planlama teknikleri sayesinde gerçekleştirilmektedir.

Çalışmada proje planlama tekniklerinden PERT ve CPM incelenmiş ve PERT Tekniğinin inşaat sektöründe uygulanmasıyla ilgili örnek olay çalışması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler; Proje Yönetimi ve Kontrolü, Proje Planlama Teknikleri, Şebeke Analizi, PERT, CPM

T.C.

HALİC UNIVERSITY

SOCIAL SCIENCES INSTITUTE

DEPARTMENT OF BUSINESS ADMINISTRATION

MASTER THESIS

CPM PERT TECHNIQUE AND AN APPLICATION IN
CONSTRUCTION SECTOR

Prepared by

Semra Sude UZUNAL

Consultant

Y.Doç.Dr Mehmet KAHVECİ

July , 2009

ABSTRACT

Projects need to be managed successfully so that they can reach their objects on time and in determined cost limits. Project management is realized by project planning techniques.

In this study, PERT and CPM, project planning techniques, are examined and a case study on application of PERT Technique has been done in constuction sector.

Key Words; Project Management and Control, Project Planning Techniques, Network Analysis, PERT, CPM.

T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

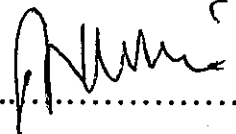
İşletme Anabilim Dalı İşletme Programı yüksek lisans öğrencisi **Sude Semra UZUNAL** tarafından hazırlanan “**CPM-PERT Tekniği ve İnşaat Sektöründe Bir Uygulama**” adlı bu çalışma jürimizce Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Tarihi : 16.07.2009

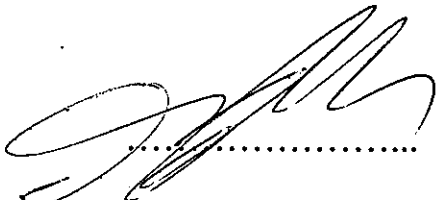
(Jüri Üyesinin Ünvanı , Adı , Soyadı ve Kurumu) :

İmzası :

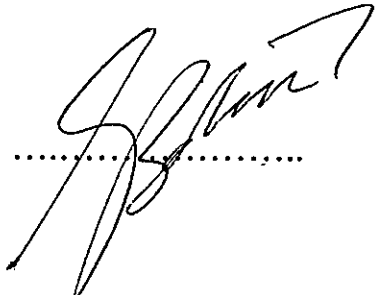
Jüri Üyesi: Yrd.Doç.Dr.Mehmet KAHVECİ
Danışman-HAL.Üni. İşletme ABD Öğr.Üyesi


.....

Jüri Üyesi : Prof.Dr.İsmet Doğan KARGÜL
İst.Üniv. Öğr.Üyesi


.....

Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr.Hakan BATUR
HAL.Üni. İşletme ABD Öğr.Üyesi


.....

1. GİRİŞ

Çağımızın popüler terimi haline gelen proje, bir çok iş koluna konu olması ve çok sayıda kişiye iş imkanı sağlaması sonucu, ülke ekonomilerine büyük katkılar sağlayan faaliyet alanları haline gelmiştir. Artan müşteri istekleri doğrultusunda, son yıllarda proje kapsamı ve tanımları sürekli gelişerek çok sayıda uzmanlık konusunu bir araya toplayan mega projeler (projeler kümesi) halini almaya başlamıştır.

Bunlara ilave olarak, artan rekabet ortamı ve küçülen pazar payları firmaların ayakta kalabilmeleri için; yeniliklere açık olmasını, kabuklarını kırmasını ve hepsinden önemlisi de farklılaşmasını mecbur kılmaktadır. Rekabet ortamına ayak uydurmak ve hayatta kalabilmek için, ülkemizdeki birçok inşaat firması da artık proje yönetimi yaklaşımını benimsemiş ve bu yaklaşımın getirmiş olduğu profesyonel düşünce tarzı ile gerek yurt içinde, gerekse yurt dışındaki projelere (yabancı sermayeli şirketlerle hem ortak girişim hem de hisse bazında birleşme türü ortaklıklarla) ilgi duyar hale gelmişlerdir.

Zamana karşı girişilen bu yarışlardaki en önemli başarı unsuru, hiç şüphesiz proje yönetimleridir. Bir projenin nasıl planlandığı, kontrol edildiği ve yönetildiği son derece önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında da, proje planlama tekniklerinin proje yönetimine katkısı irdelenmekte ve bu tekniklerden biri olan CPM'in bir proje üzerinde uygulanışı gerçekleştirilmektedir.

CPM, zaman ve maliyet değişkenlerinin etkin bir biçimde kontrol edilmesine olanak tanıyan bir yöntemdir. Bu yöntemle; iş programında meydana gelen aksaklıkların sebepleri, sıkıntının nereden kaynaklandığının tespiti ve bu tip aksaklıkların projeye yansımaları gözlenebildiği gibi, projede meydana gelebilecek gecikmelerin önlenmesi de mümkün olabilmektedir. Sağladığı bu faydalardan dolayı, inşaat sektörünün en popüler planlama ve kontrol aracı olan CPM, Marmaray Projesi'ne ait iş programlarının hazırlanmasında da vazgeçilmez bir araç olmuştur.

Bu tez çalışması, giriş ve sonuç bölümleri dahil olmak üzere altı bölümden

oluşmaktadır. Tez içeriğinin belirtildiği birinci kısımdan sonra, ikinci bölümde proje kavramı ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Proje yönetiminde başarı kriterleri, karşılaşılan kısıtlar ve proje yönetim aşamaları detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde projelerin planlama ve kontrolünde kullanılan yöntemler yer almaktadır. İlk olarak projelerin planlama aşamasının hazırlık adımı olan iş dağılım yapısı ve küçük ölçekli projelerin planlama ve kontrol aracı olan Gantt diyagramı incelenmiştir. Daha sonra ise, bu tez çalışmasının konusu CPM/PERT şebeke planlama yöntemleri ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde, proje planlama aşamasında zamandan tasarruf sağlayan ve işlemleri otomatik olarak gerçekleştiren, kritik yol analizi üzerine kurulu bilgisayar yazılımları, olumlu ve olumsuz yönleriyle ifade edilmiştir.

Tezin beşinci bölümü olan uygulama aşamasında; CPM'in kullanıldığı İMAS inşaatına ait iş programı ve bu inşaat çalışmasına ait ilerleme tabloları yer almaktadır.

Tezin altıncı ve son bölümü olan sonuç kısmında, yapılan çalışmanın genel bir değerlendirilmesi yapılarak çalışma tamamlanmıştır.

2. PROJE YÖNETİMİ

2.1. Proje ve Özellikleri

En genel ifade ile proje, bir ürünü meydana getirmek için tamamlanması gereken bir dizi faaliyetler bütünüdür. Her çalışmada olduğu gibi projelerin de bir amacının olduğu, faaliyetlerin gerçekleşmesi için kaynaklar tüketileceği ve belirli bir zaman dilimi içerisinde gerçekleştirilerek bir ürün ortaya çıkaracağı açıktır. O halde proje; bir defalık (eşsiz) bir ürün yaratmak için sınırlı kaynak tüketimi altında belirli bir zaman dilimi içerisinde gerçekleştirilen birbiri ile ilişkili faaliyetler kümesidir.

Yukarıda belirtilen kavramlar aşağıdaki gibi daha açık bir şekilde ifade edilebilir.

Bir defalık ürün

Projeler, her şeyden önce diğer günlük rutin işlerden farklı olarak o çalışmaya ait bir defalık ürünler yaratır. Her proje, bir önceki projeden ya da eş zamanlı yürütülen başka bir projeden doğası itibarıyla farklıdır. Bileşenlerinin tümü (yüklenici, işveren, taşeronlar, inşa sahası, yapım metodu, mimarisi ve çevre koşulları vs.) aynı olan bir başka proje daha yoktur. Rastlantısal olayların (tarihi kazılar gibi) varlığı bile projenin bir takım değişiklikler geçirmesine neden olabilir. Dolayısıyla her projenin kendine has özellikleri mevcuttur.

Sınırlı kaynaklar

Bir şirketin veya o projeye mahsus kurulmuş bir ortaklığın büyüklüğü ve ekonomik şartları ne olursa olsun hiçbir zaman bir projeye tahsis edilecek kaynaklar sınırsız değildir. Mesela, şirketin veya konsorsiyumun aynı anda yürüttüğü bir kaç farklı proje olabilir. Dolayısıyla şirket mevcut kaynaklarını, belirli kriterlere göre bu projelere paylaşım durumunda kalabilir. Sonuç olarak, projelere tahsis edilen kaynak miktarları sınırlı olup projenin bu kaynaklarla belirlenen zaman planı içerisinde tamamlanması amaçlanır.

Belirli bir zaman dilimi

Projeler belirli bir tamamlanma süresine sahip geçici çalışmalardır. Yani kararlaştırılmış bir başlangıç ve bitiş tarihi vardır. Projenin daha ilk faaliyetine başlanmadan önce ne zaman başlayacağı ve ne zaman bitmesi gerektiği belirlenmiştir.

Projenin ilerleyişine göre bu tarih öne çekilebilir ya da tam tersine yaşanan gecikmeler sonucu ertelenebilir. Sonuçta bu sadece tamamlanma süresinin miktarını değiştirir.

Dolayısıyla projelerin icra edileceği süre bir başka deyişle projelerin ömrü sonsuz değildir. Çok kısa süren dönemsel projeler olduğu gibi uzun yıllar süren projeler de vardır.

Er ya da geç, projeler başarılı ya da başarısız bir sonuca bağlanırlar. Bir projenin sonlandırılması üç şekilde olabilir.(Project Management Institute,2004,s:5)

1. Proje hedeflerine ulaşılması.
2. Proje hedeflerinin tutturulamayacağıının anlaşılması.
3. Projeyi geçerli kılan ihtiyaçların ortadan kalkması.

Birbiri ile ilişkili faaliyetler dizisi

Bir işi meydana getiren çok sayıdaki faaliyetler topluluğunun elbette ki tam olarak, birbirinden bağımsız olduğu düşünülemez. Buradaki bağımlılık kavramı faaliyetler arasındaki mantıksal ilişkileri ifade etmektedir. Bazı faaliyetlerin başlayabilmesi için bir grup faaliyetin tamamlanmış olması (çıktı oluşturmaları) gerekir.Yani proje faaliyetleri arasında fiziksel bir sıra söz konusudur. (Duvarın örülmesinin ardından sıva çekilmesi ve sonra da boya yapılması gibi.)

Projeler, ölçeklerine ve kapsamlarına göre değişen belirli düzeydeki karmaşıklık yapısına sahiptir. Artan faaliyet sayıları ve bunlar arasındaki ilişkiler projeleri daha da karmaşık hale getirmektedir. İlerleyen teknoloji ve bilgisayar paket programları yardımıyla bu karmaşık yapının üstesinden gelinmeye çalışılmaktadır.

Projeler; belirli bir amaca hizmet etmek, bir takım eksiklikleri gidermek ve beklentilere cevap vermek üzere icra edilmektedir. Tüm işlerde olduğu gibi projelerin de planlanan en kısa sürede, tatminkar kalitede ve en düşük

maliyetle sonuçlandırılması beklenir. İşveren için en az kaynakla işin tamamlanması, yüklenici için de en çok kazancı elde etme önemli iki parametredir. 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. (Project Management Institute,2004,s: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, s.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 dışardan etki eden tehditlerin belirlenmesi ve azaltılması için yürütülen sistematik bir yönetim şeklidir. (Eric Verzuh,2003,s: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

çıkılmaktadır. Başarı göreceli bir kavram olduğu için tam olarak bir başarı tanımı yapmak zordur. En genel olarak zaman-bütçe-kalite üçgeni çerçevesinde bakarsak; planlanan süre içerisinde bütçesini aşmadan istenilen kalite düzeyinde tamamlanan projeleri başarılı olarak nitelendirmek mümkündür. Müşteri memnuniyeti de başarı için göz ardı 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.

Peki bir projedeki başarı şansı nasıl arttırılabilir ya da bir projede başarılı olmak için neler yapılmalıdır? Herşeyden 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 icra sistemi üzerine oturtulmuş olması ve iyi bir şekilde yönetilmesi gerekir.

Bunun dışında başarılı bir proje yönetimi için kaynakların mümkün olabildiğince 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,2004,s: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;(Gido ve Clements,1999,s:63)

1. Proje hedeflerinin açıkça ortaya konması
2. Üst yönetimin desteği
3. Yetenekli proje yöneticisi
4. Yetenekli proje ekibi
5. Kaynakların yeterliği
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 kullanımınıdır.

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

Genellikle, bir projede başarısızlık olarak nitelendirilebilecek durumlar:

- Gecikmeler
- Bütçe aşımı
- İmzalanmış kontrata, anlaşmaya uygun teslimatın yapılamaması

(tarif

edilen ürünün ortaya istenildiği gibi çıkarılamaması)

- Öngörülen kalitenin yakalanamaması
- Müşteri memnuniyetinin sağlanamaması

2.2. Proje Kısıtları

Proje faaliyetleri gerçekleştirilirken, proje kapsamının dışına çıkmadan, planlanan kaynaklar ile belirlenen maliyet ve zaman dilimleri içerisinde tamamlanmaları amaçlanır. Yani, bir takım sınırlamalar mevcuttur. Bunun dışında projeler yeterli bir kalite düzeyinde tamamlanmak zorunda olduğundan performans

(kalite) da bir kısıt olarak düşünülebilir. Bu sınırlamalardan dolayı söz konusu kavramlar projenin kısıtları olarak adlandırılırlar. O halde bir proje için çoğunlukla kabul edilen beş adet kısıt vardır;

1. Maliyet: Projenin en önemli kalemidir.

2. Zaman: Projenin tamamlanmasına kadar işlerin icra edildiği süredir.

3. Kapsam: Proje dahilinde yapılacak olan işlerin tamamı projenin kapsamını oluşturur. Başka bir deyişle kapsam, projenin sınırlarını çizer. Projeler uygulandıkları süre boyunca bir çok değişime uğrar. Proje kapsamının ne zaman ve nasıl bir değişim geçireceği çoğu zaman öngörülemez.

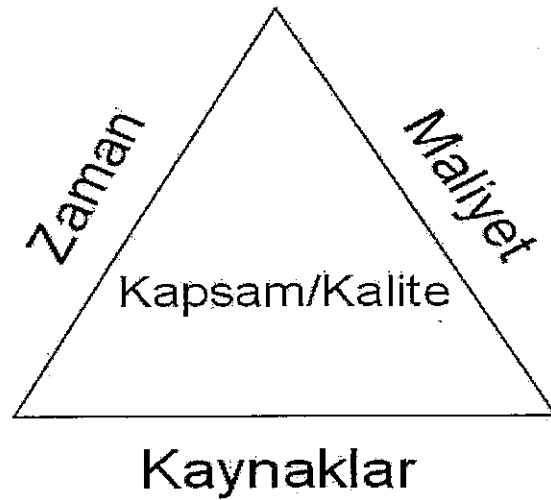
4. Kaynaklar: İşlerin yapılması için gerekli olan her türlü şey kaynaktır.

Bir projedeki kaynaklar;

- İnsan – işgücü
- Makine – ekipman
- Malzeme – materyal
- Teknoloji

olarak tanımlanabilir.

5. Performans: Projenin belirli bir zaman aralığında tamamlanması gereken ve projenin yürütülmesinde önemli bir yeri olan her faaliyetin, projenin belirlemiş olduğu kalite kriterlerine uyup uymadığının ölçütüdür. Bu kısıtlar birbiriyle yakından ilişkili olup birçok kaynaktan da belirtildiği gibi bir üçgen ile ifade edilebilir.



Şekil 2.1: Kapsam Üçgeni

(Wysocki ve McGary, 2003, s.10.)

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;

$$\text{Maliyet} = f(\text{kalite, kapsam, zaman})$$

şeklinde yazılabilir.

Yukarıda belirtilen kısıtlar arasındaki etkileşimler göz önüne alınarak bir bütün halinde değerlendirildiği takdirde projelerin başarılı olma şansları artar. 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.(Rose,2005,s:6)

2.3. Proje Yönetimi Aşamaları

Proje yönetimi üç aşamada gerçekleştirilir;

- Planlama: Kuralların konulması ve düzenin kurulması (Projenin ne şekilde hayata geçirileceği)
- Programlama: Planın takvime dönüştürülmesi
- Kontrol: Proje süreçlerinin ve performansının izlenmesi

2.3.1. Planlama

Planlama, projenin mümkün olduğunca detaylı bir şekilde çözümlendiği aşamadır.(Heerkens,2002,s:12) 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.

Proje planı bize; nerede ve hangi zamanda, hangi işlerin kimler tarafından yapılması gerektiğini gösterir. Yani plan için, proje süresince izleyeceğimiz yol haritasıdır diyebiliriz.

Projenin zaman ve maliyet analizleri, planlama aşamasında hazırlanan iş programı üzerine kurulacağı için şirketlerin planlamaya oldukça hassasiyet göstermesi gerekir. Henüz hayata geçirilmemiş, hazırlık aşamasındaki bir projede yapılacak herhangi bir yanlış yorumlama veya değerlendirme projenin tüm yaşamına da etki edecektir. Proje bütünü oluşturulan işlerin, hiçbir zaman tam olarak planlandığı gibi gerçekleşmesini beklemesek de, yapılan planlama bize muhtemel sonuçları öngörebilmemizde yardımcı olur.(Wysocki, s.20.)

Sağlıklı bir planlama yapılabilmesi için şirketin mevcut kaynak durumunun iyi bilinmesi ve bunlara ek olarak birimler arası etkin bir bilgi akışının sağlanması gerekir.

Bunun dışında planlama işinden sorumlu personelin bilgi ve deneyimi de projenin başarısında 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 maharet gerektiren bir iştir. Burada proje ekibinin en büyük kılavuzu, hiç kuşkusuz yol gösterici olması açısından eski uygulamalar olacaktır.

Projenin büyüklüğüne göre, projelerin planlama çalışmalarını yürütecek birim farklılık gösterebilir. Bazen ayrı bir planlama departmanı kurulması gerekirken, bazen de planlama işi her departmanın kendi içinde yürütebileceği bir ana görev haline gelebilmektedir.

Planlamada meydana gelen hatalar çoğunlukla faaliyetlere kaynak atanması ve faaliyet sürelerinin belirlenmesi sırasında yaşanır. Bunun dışında çevre ve hava koşullarındaki değişiklikler, malzeme tedarikinde yaşanan gecikmeler ve olağanüstü

durumlar da planların zorunlu olarak değişmesine neden olabilir.

2.3.2. Programlama

Programlama, planın zaman ile birleşimi olarak düşünülebilir. Planlama safhasında projede yer alacak faaliyetlerin belirlenmesi, programlama safhasında ise bu faaliyetlerin başlama ve bitiş zamanlarının belirlenmesi gerçekleştirilir. Yani programlama işlerin bir zaman planına bağlanmasıdır.

Programlama, 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,s:24)

Planlama ve programlama aşaması birbiriyle iç içedir. 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

2.3.3. Kontrol

Proje kontrolü, hayata geçmiş (zaten başlamış olan) bir projenin gidişatının; planlama ve programlama safhaları göz önüne alınarak yorumlandığı aşamadır. Bu aşamada projenin bileşenleri; genel kabul görmüş ve günümüzde proje yöneticileri tarafından da sıklıkla kullanılan süre, maliyet ve performans değişkenleri açısından değerlendirilir.

En yalın anlamıyla kontrol, yapılan işin iş programına ne kadar uygun olduğunun takip edilmesidir. Kısacası yapılan işlerin takibidir. Projenin belirlenen tarihler arasında öngörülen kalitede kazasız tamamlanabilmesi için iyi bir planlama ve programlama kadar yapılacak işin 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/öngörülmeven 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.

Proje kontrolünün etkili bir şekilde yapılabilmesi için, projenin yürütüldüğü süre boyunca belirli aralıklarla (haftalık, aylık gibi) bitirilen ve

devam etmekte olan işlemlerin süreleri, bitirilme oranları ve işlemlerle ilgili olarak gerçekleşen maliyetlerin raporlar halinde elde edilmesi ve bunların planlanmış değerlerle karşılaştırılmaları gerekir.(Kandiller,2005,s:43) 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 departmanlarının, projenin gidişatından 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.

Özetlemek gerekirse, bir projede kontrol faaliyetleri ile (Kerzner,2001,s:1);

- İş ilerlemesinin takibi
- Öngörülen ve gerçekleştirilen işlerin mukayesesi
- Etkinin analiz edilmesi ve varsa problemin ortaya çıkarılması
- Gerekli değişikliklerin yapılması (revizyon)

sağlanır.

Projenin planlama, programlama ve kontrol faaliyetleri icra edilirken proje planlama tekniklerinden yararlanır. Her ne kadar gelişen teknoloji ile planlama, programlama ve kontrol faaliyetleri bir takım bilgisayar programlarıyla 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; teknoloji ve bilgisayar programlarının kullanımı ise sadece zamandan tasarruf ve pratik olmayı sağlar.

Başarılı bir proje planlaması için, planlamacının her şeyden önce proje konusuna tam olarak hakim olması gerekir. Aksi halde sadece yazılımı bilen bir bilgisayar kullanıcısından farkı kalmayacaktır. O halde 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 sıkça yararlanılan bir yöntemdir. Projelerin büyüklükleri ne olursa olsun, hangi planlama yöntemi kullanılırsa kullanılsın mutlaka Gantt diyagramından da yararlanılmaktadır.

3. PROJE PLANLAMA TEKNİKLERİ

Projelerin hayatsal 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.

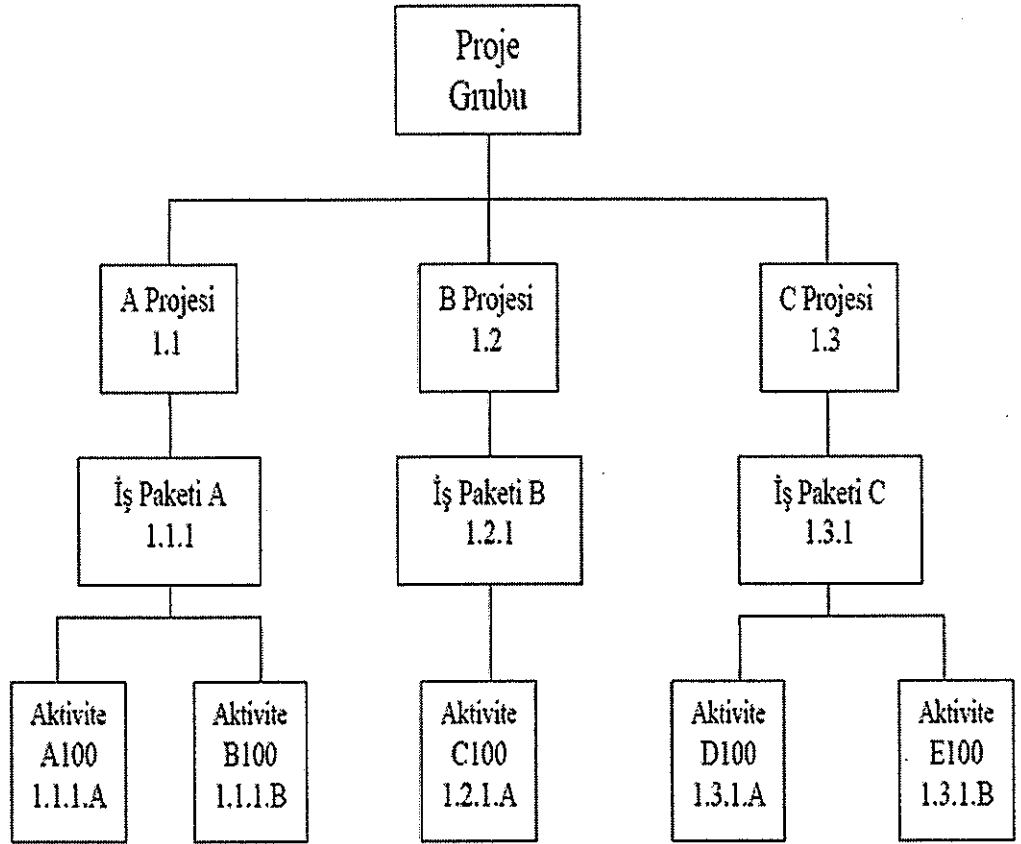
Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, bir projenin planlama aşamasında ilk olarak projenin iş dağılım yapısını oluşturmak da fayda vardır. İş dağılım yapısı, proje için bir indeks özelliği taşır.

İş Dağılım Yapısı (WBS)

Projenin ana kapsamı tanımlanır tanımlanmaz projenin ilk aşamalarında yer alan en önemli kısım, WBS' i oluşturmaktır.(Project management institute,2001,s: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 (bağımsız) 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 3.1'de olduğu gibi, bir projenin iş dağılım yapısı ağaç görünümünde ifade edilebilir.



Şekil 3.1: Bir projenin iş dağılım yapısının ağaç görünümü

(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 işler (ana aşamalar), 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,s:30)

3.1. Gantt Diyagramı (Çubuk Diyagramları)

En eski proje planlama ve kontrol tekniklerinden olup dünyaca kabul görmüş standart bir metottur. 1915 yılında Amerikalı Henry Gantt tarafından bulunan Gantt diyagramı, bir projenin genel görünümü ve gidişatı hakkında bilgi verme amacıyla tasarlanmış bir proje yönetim aracıdır. Son derece yalın gösteriminin verdiği avantajla, günümüzde iş programlarının hazırlanmasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Gantt diyagramı, proje yönetimi konusunda popüler bir anlayışı belirterek ortak bir dilde, herkesin anlayacağı tarzda hitap eder. Bu yöntemin değeri; kendine özgü sade yapısı ile önemli bilgileri açık ve özlü bir şekilde ortaya koyma becerisinden kaynaklanır.(Dikbaş,2001,s:21)

Gantt diyagramında çok fazla detaya yer verilmez, sadece faaliyetler ve faaliyetler arasındaki ilişkiler gösterilir. Diyagramı oluşturabilmek için bir kağıt ve kalem yeterli olsa da pratik olması açısından bilgisayar kullanımını alternatif olarak düşünülebilir. Bu yöntemin herhangi bir ek maliyet doğurmaması en büyük artılarındanadır.

Planlama aşamasında ilk olarak projede yer alan tüm faaliyetlerin belirlenmiş olması gerekir. Herşeyden önce işgücü, mali durum vb. şirketin mevcut olanakları eksiksiz olarak bilinmelidir. Buna göre, faaliyetlere gerekli kaynak atamaları yapılarak faaliyetlerin tamamlanma süreleri belirlenir. Faaliyet süreleri belirlendikten sonra her faaliyet sırasıyla diyagrama yerleştirilir. Son adım olarak da faaliyetler arasındaki ilişkiler diyagrama yansıtılır. Böylece proje verileri grafiksel hale dönüştürülmüş olur.

Gantt diyagramı, yatay ve dikey eksenler ile bu eksenlerin belirlediği bölgede yer alan çubuklardan oluşan grafiksel bir gösterimdir. Yatay eksen zamanı belirtir ve programın zamana yayılışına göre zaman birimi olarak gün, hafta ya da ay seçilebilir.

Bütünlük sağlaması ve anlamlılık açısından tüm faaliyetler için ortak bir zaman birimi kullanılmasına dikkat etmek gerekir. Grafikte yer alan çubuklar ise faaliyetleri simgelemektedir. Çubukların boyları faaliyet süreleri ile orantılı olacak büyüklükte çizilir. Çubuklar, faaliyetlerin başlangıç ve bitiş zamanları ile faaliyet sürelerini gösterir.

Çubukların eksen üzerindeki ilk izdüşümü faaliyetin başlangıç anını, son izdüşümü ise faaliyetin sonlandığı anı gösterir. İlk ve son nokta arasındaki fark (çubuğun boyu) faaliyet süresini verir. Aşağıda Gantt diyagramı ile hazırlanan bir bina inşaatına ait iş programı yer almaktadır.

No	Faaliyet	OCAK	ŞUBAT	MART	NISAN	MAYIS	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	
1	Arsanın Hazırlanması	←→								
1.1	Üstündeki Yapıların Yıkılması	■								
1.2	Temel Çukurunun Kazılması	■								
2	Yapı Temelinin Hazırlanması	←→								
3	Beton Dökülmesi	←→								
3.1	Kalıp İşleri	■								
3.2	Beton İşleri	■								
4	Ana Şebekeden Yapıya Altyapı İşleri (Su, Elektrik, Doğalgaz)	←→								
4.1	İzinlerin Alınması	■								
4.2	Tesisatların Yapılması	■								

Şekil 3.2: Gantt Gösterimi

Yukarıda görüldüğü gibi sağ taraftaki grafikte faaliyet durum çubukları, sol tarafta ise bu çubukların simgelediği faaliyetler yer almaktadır. Sağ tarafta yer alan çubuklar, sol tarafta yer alan her bir faaliyetin başlangıç ve bitiş zamanlarını, tamamlanma süresini ve faaliyetlerin birbirleri ile olan ilişkilerini göstermektedir.

Şekil 3.2'ye göre; ocak ayında arsadaki mevcut yapıların yıkımı ile başlayan binanın inşaat süreci, ağustos ayında altyapı tesisatlarının yapılmasının ardından yaklaşık 7 aylık bir sürede tamamlanmaktadır.

Gantt diyagramında basit bir şekilde hiç bir ekstra işlem yapmadan projenin kontrol edilmesi mümkündür. Kontrol aşaması, planlanan ile yapılan iş (gerçekleşen) arasındaki ilişkinin mukayesesi üzerine kuruludur. Yapılan iş, çubukların içleri doldurularak (boyanarak) belirtilir. Boyanan kısmın uzunluğu, işin tamamlanan bölümüyle orantılı olacak şekildedir. Böylece bir işin ne kadarlık bir kısmının tamamlanmış olduğu, işin geri kalan kısmının tamamlanması için (boş kısım kadar) ne kadarlık bir zamana ihtiyaç duyulduğu kolaylıkla görülebilir. Bunun dışında verilen bir süre zarfında plandan ne kadar geri kalındığı ya da plandan ne kadar ileride bulunduğu da öğrenilebilir.

Son derece basit ve kullanışlı olmasının yanı sıra, Gantt diyagramının bir takım eksiklikleri bulunmaktadır. Bu yöntemin en büyük eksikliklerinden biri, faaliyetler arasındaki tüm mantıksal bağlantıların gösterilememesidir. Dolayısıyla bu diyagramlar; bir safhadaki gecikmenin diğer safhalara nasıl bir etki yapacağını göstermez.(Albayrak,2001,s:136) Ayrıca bu yöntem ile planlama dışında, sadece kısıtlı miktarda kontrol faaliyetleri yürütülebilmektedir. Bu da sadece projedeki faaliyetlerin tamamlanma yüzdelerinden ibarettir. Bunun dışında hangi faaliyetlerin zamanında tamamlanması gerektiği, her bir faaliyetin proje süresindeki ağırlığı gibi rapor bilgilere ulaşmak mümkün değildir. Herhangi bir işin uygulama süresinde bir değişiklik olması halinde, tüm şemanın yeniden en baştan çizilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak çubuk diyagramları yine de, sınırlı sayıda faaliyetten oluşan projeler için kullanımı son derece basit; etkili bir planlama, programlama, kontrol ve raporlama aracıdır.(Goodman ve Love,1980,s:142) Projelerin karmaşıklığı arttıkça Gantt diyagramı detayları göstermede yetersiz kaldığından dolayı daha detaylı gösterim ve işlem olanağına imkan veren yöntemlere ihtiyaç duyulmuş ve yapılan çalışmalar sonucunda da şebeke yöntemleri geliştirilmiştir.

3.2. Şebeke Yöntemleri

Bu yeni özellikler arasında, şebeke yöntemlerinde tüm faaliyetler arasındaki ilişkilerin gösterilebiliyor olması, şebeke diyagramlarının esnek ve sürekli güncellenebiliyor olması sayılabilir. Tüm bu özelliklerin yansımaları olarak, şebeke yöntemlerinde Gantt diyagramına oranla daha fazla sayıda veri çözümlemesine gereksinim olması, bu verileri doğru değerlendirebilecek kalifiye elemanlara sahip olunması gerekliliği ve doğal olarak bunun da ekstra bir yük getirmesi kaçınılmazdır.

O halde şebeke yöntemleri için, genellikle büyük ölçekli karmaşık yapıdaki projelerin planlanması ve kontrolünde kullanılan, Gantt diyagramına oranla daha profesyonel bir proje yönetim tekniği demek mümkündür. Şebeke yöntemlerinin uygulanış türü; projenin büyüklüğüne, uygulanacak firmanın ihtiyaç ve beklentilerine göre el ile ya da bilgisayar paket programları olmak üzere farklılık gösterebilir.

Şebeke yöntemlerinin en önemli özelliği, projeyi oluşturan tüm faaliyetlerin ve bunlar arasındaki mantıksal ilişkilerin bir bütün olarak diyagrama yansıtılabilmesi ve proje yönetim faaliyetlerinin bu diyagram üzerinden yürütülebilmesidir.

Şebeke yöntemlerinin bir başka özelliği de proje ilerlemelerinin anında görüntülenebilmesi, takip edilebilmesi ve değerlendirilebilmesine olanak vermesidir. Faaliyetlerdeki bir gecikmenin projeye etkisi, faaliyetlerin kapsamındaki bir değişiklik, faaliyetlerin iptali ya da yeni faaliyetlerin eklenmesi, tüm proje programına otomatik olarak yansır. Böylece şebeke yöntemleri, sürekli güncel ve esnek bir proje kontrol sistemi sağlamış olur.

Şebeke yöntemleri arasında en çok bilinen ve tercih edilen iki yöntem CPM ve PERT dir. Bu iki yöntem ana hatlarıyla birbirinin aynısı olsa da uygulama alanları bakımından CPM ve PERT'in farklılık gösterdiği öne sürülmektedir. PERT'in çok fazla belirsizliğe sahip olan araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) projelerine daha uygun olduğu, CPM'in ise bina inşaatı örneğinde olduğu gibi süre ve maliyetlerin tahmin edilebildiği projelerde daha faydalı olduğu düşünülse de bu farklar son zamanlarda gitgide azalmış, hatta ortadan kalkmıştır. (Martino, 1965, s:16)

Bu iki yöntem arasındaki en belirgin fark faaliyet sürelerinin belirlenme esasıdır. CPM'de faaliyet sürelerinin kesin olarak belirlenebildiği varsayılır. PERT'de ise faaliyet süreleri bir takım olasılık hesaplamaları yardımıyla bulunur. Bunun dışında; şebeke diyagramının oluşturulması, kritik yolun hesaplanması ve projenin toplam süresinin belirlenmesi iki yöntem için de aynıdır. Bu yüzden bazı kaynaklarda bu iki yöntem CPM/PERT adı ile de anılmaktadır.

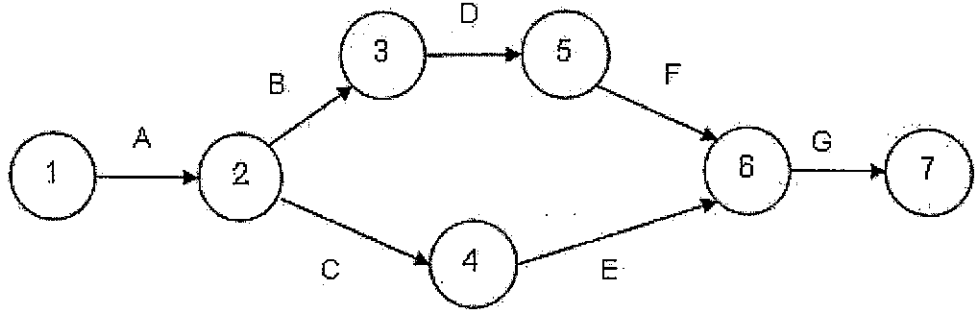
CPM/PERT iş hayatında; başarılı bir uygulamacının işini daha iyi yapmasına yardımcı olan araçlar olmasının yanısıra, amaca uygun olmayan veya yanlış uygulamalarla ise hiç bir işe yaramayan araçlardır. (O'Brien, 1971, s:290)

CPM ve PERT planlamaları, şebeke kavramı üzerine kurulduğundan ilk önce şebekenin ne olduğunun, ardından da şebeke diyagramında yer alan kavramların neler olduğunun bilinmesi gerekir.

Projeyi oluşturan faaliyetler ve bu faaliyetler arasındaki ilişkileri gösteren şemaya şebeke adı verilir. Şebeke diyagramı, projenin hangi işlerden meydana geldiğini, işler arasındaki öncelik sırasını ve projenin başlangıç ile bitiş olaylarını gösterir. Şebeke diyagramlarında her faaliyet için, bu faaliyetin öncesinde tamamlanmış olması gereken faaliyetler ile bu faaliyetin tamamlanmasının ardından icra edilecek faaliyetleri kolayca görmek mümkündür.

Şebeke diyagramları ok ve düğümlerin bir araya gelmesiyle oluşan resimdir. Olaylar ve faaliyetler, ok ve düğümler vasıtasıyla simgelenir. Şebeke diyagramları; ok ve düğümlerin tanımlanmasına bağlı olarak iki farklı şekilde çizilebilir. İki gösterimde de hesaplamalar açısından herhangi bir farklılık yoktur.

1. AoA (Activity on Arrow) Şebeke Gösterimi: Faaliyetlerin oklar ile simgelendiği, olayların ise düğümlerle gösterildiği şebeke gösterim türüdür.



Şekil 3.3: AoA Tipi Şebeke Diyagramı

Yukarıdaki şebeke A, B, C, D, E, F ve G olmak üzere yedi faaliyetten oluşmaktadır. 1, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 ile numaralandırılmış daireler olayları göstermektedir. A, ilk tamamlanması gereken faaliyeti gösterirken, G faaliyeti tamamlandığında işin tamamı bitmiş olacaktır.

2. AoN (Activity on Node) Şebeke Gösterimi: Faaliyetlerin düğümler aracılığıyla gösterildiği şebeke gösterim türüdür. Oklar ise faaliyetler arasındaki öncelik ilişkilerini belirtir.

Faaliyet; kaynak tüketen ve dolayısıyla bir maliyeti olan belirli bir zamanda tamamlanan eylemlerdir.

Kuruoğlu ise faaliyeti; içinde belli bir ekip veya makine gücü barındıran ve belirli miktarda kaynak tüketimine yol açan iş kalemi olarak tanımlamaktadır. (Kuruoğlu,2002,s:10)

Bir projedeki faaliyet sayısına planlama aşamasında, planlamacılar tarafından karar verilir. Projenin başında hazırlanan master iş programındaki faaliyet sayısı zamanla yapılan revizyonlar sonucu değişebilir. Özellikle üçbin, beşbin gibi çok sayıdaki faaliyeti ilişkilendirmek ve programlamak kolay değildir. Olayların sırasını belirlemek için, her departmanın bir kaç önde gelen isminin bir araya toplanıp; neyin, ne zaman tamamlanacağını inceleyerek aralarındaki ilişkileri tartışması ve değerlendirmesi gerekir.(Dinsmore ve Brewin,2006,s:83)

Faaliyetleri, mantıksal sıralamalarına göre öncül, ardıl ya da paralel olmak üzere üç grupta toplayabiliriz.

i) *Öncül Faaliyet (Predecessor)*: Bir işin başlayabilmesi için, onun öncesinde başlaması veya tamamlanması gereken faaliyetlerdir.

ii) *Ardıl Faaliyet (Successor)*: Bir işin başlaması veya tamamlanmasının ardından icra edilebilecek faaliyetlerdir.

iii) *Paralel Faaliyet*: Aynı anda gerçekleştirilmesinde bir engel olmayan faaliyetlerdir.

Olaylar ise, faaliyetlerin başlangıç ve bitiş anlarını gösterir. İki olay arasında yalnız ve yalnızca bir faaliyet olduğu unutulmamalıdır.

AoA tipi şebeke diyagramında işlemler için okların, işlemlerin başlangıç ve bitiş noktalarını tanımlamak için ise düğümlerin kullanıldığını söylemiştik. Şebekeyi anlamlı hale getirmek için, ilk olarak faaliyetlerin başlangıç ve bitişlerini gösteren düğüm noktalarının numaralandırılması gerekir.

İki düğüm noktası arasında sadece bir faaliyet olacağı için her düğüm noktasına farklı bir numara verilmesi gerekir. Karışıklık yaşanmaması için numaralandırma işleminde, başlangıç düğümünden şebekedeki son düğüm noktasına kadar artan numaraların verilmesinde fayda vardır.

Son olarak iki düğüm noktası arasında birden fazla işlem bulunamamasının faaliyetler için ayırt edici bir özellik olduğunu söylemek mümkündür. Bunun bir sonucu olarak numaralandırma işlemi tamamlandıktan sonra, şebekedeki her faaliyet başlangıç ve bitiş düğüm noktalarının numaraları ile adlandırılabilirler. Böylece düğüm noktalarına atanan numaralar faaliyetler arasındaki mantıksal ilişkileri de yansıtmış olur. Örneğin;

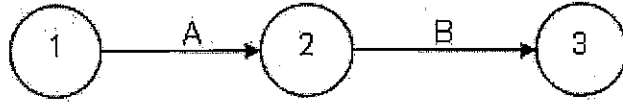
1-2 A faaliyeti

1-3 B faaliyeti

2-4 C faaliyeti

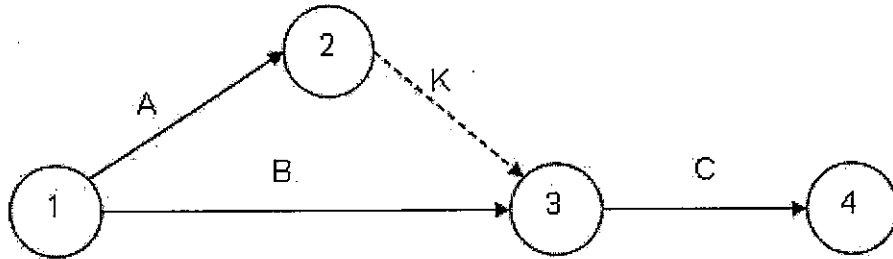
olmak üzere üç faaliyet olsun. Buradaki numaralandırma sistemi; A ile B faaliyetleri arasında bir ilişki olmadığını ve A faaliyetinin C'nin öncül faaliyeti olduğunu söylemektedir.

Şebeke kurma mantığına ek olarak faaliyetlerin şebekeye dizilişleri sırasında da bir takım kurallara uyulması gerekir. Bu kurallardan bazıları şunlardır:



Şekil 3.4: Faaliyet Gösterimi

En temel gösterim şeklidir. İki işlemden oluşan bu şebeke, B faaliyetinin başlayabilmesi için A faaliyetinin tamamlanmış olması gerektiğini ifade eder. Şebekede iki düğüm noktası arasında birden fazla faaliyetin bulunamayacağını söylemiştik. İki düğüm noktası arasında birden fazla faaliyetin yer alabilmesi için, mantık hatasını önlemek adına kukla faaliyetler kullanılır. Kukla faaliyet, kaynak kullanımı gerektirmeyen ve zaman ihtiyacı göstermeyen faaliyetlere denir ve kesik çizgili oklar ile gösterilir. Dolayısıyla herhangi bir tamamlanma süreleri olmadığından kukla faaliyetlerin kullanılmasının şebekeye bir etkisi yoktur.

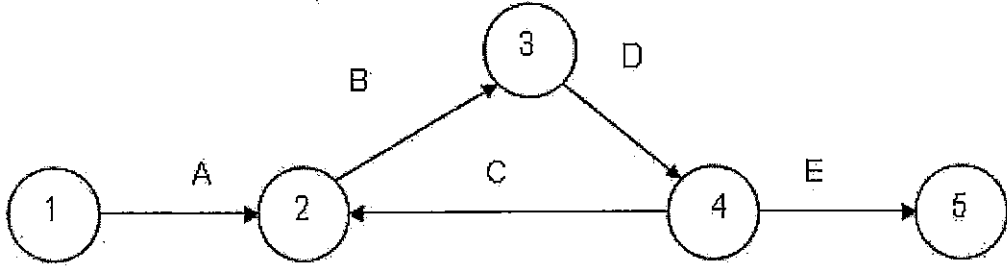


Şekil 3.5: Kukla Faaliyet Gösterimi

Yukarıda 2 ve 3 düğüm noktaları arasında sıfır faaliyet süresine sahip K kukla faaliyeti kullanılmıştır.

Bunların dışında kapalı döngü oluşmamasına da dikkat edilmesi gerekir. Kapalı

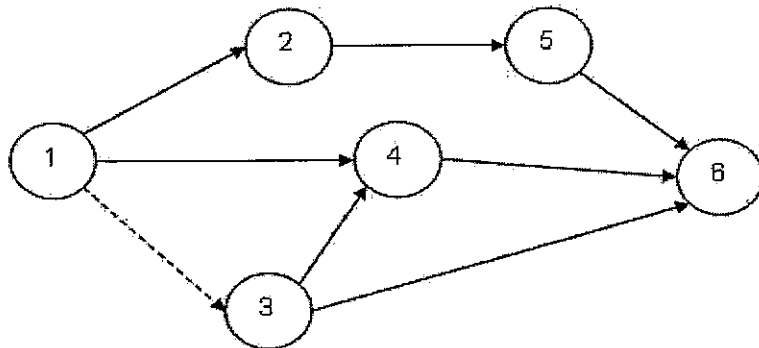
döngü bir faaliyetin, kendinden önce gelen başka faaliyetlerin (öncüllerinin) başlangıç düğüm noktalarına bağlanması sonucu oluşur.



Şekil 3.6: Kapalı Döngü

Şekilde de görüldüğü gibi C, B ve D faaliyetleri arasında bir anlam karmaşası vardır. Hangi faaliyetin öncül olduğu bilinmemektedir. Bir yandan C faaliyetinin B ve D faaliyeti tamamlandıktan sonra başladığı görülse de, diğer yandan yine C faaliyetinin B faaliyeti daha başlamadan bittiği görülmektedir.

Şebeke diyagramları ilk düğümden son düğüme kadar sürekli bir akış yapısına sahiptir. Bu sürekliliğin bir sonucu olarak, başlangıç ve bitim düğümleri hariç her düğüm noktası kendinden önce ve sonra yer alan başka bir düğüm noktasına bağlı olmak zorundadır. Aksi takdirde başlangıç ve bitiş düğüm noktalarının tekliği kuralı bozulmuş olur. Başlangıç veya bitiş düğüm noktalarına bağlanan kukla faaliyetler yardımıyla bu durumdan kurtulunulabilir.



Şekil 3.7: Başlangıç ve Bitiş Düğüm Noktasının Tekliği

Şekilde de görüldüğü gibi 3 numaralı düğüm noktası, kukla faaliyet ile başlangıç(1) düğüm noktasına bağlanmıştır.

Bu kurallar ışığında; projede yer alan faaliyetleri ve bu faaliyetler arasındaki öncelik ilişkileri bilinen her projenin şebeke diyagramı kolaylıkla çizilebilir. Bir şebekenin çözümü için, şebeke diyagramının kurulmuş olması ve faaliyet sürelerinin bilinmesi yeterlidir. Şebeke yöntemlerinin çözümü kritik yol üzerine kurulmuştur. Kritik yol hesaplamaları, basit toplama ve çıkarma işlemlerine dayandığından bu yöntemle küçük uygulamalar el ile de çözülebilmektedir. Fakat karmaşık ve kapsamlı projelerin çözümü için fazla zaman harcanmasını önlemek ve kolaylık olması açısından bilgisayar kullanımı gerekmektedir. Zamanla bilgisayarlara duyulan bu ihtiyaçların artması sonucu bu konuda profesyonelleşme sağlanmış ve bu hesaplamaları kendiliğinden yapabilen bilgisayar paket programları geliştirilmiştir. Bu programlardan birini kullanan bir personelin, verileri programa yüklemesi istenilen rapor bilgilere ulaşılması için yeterlidir.

Gelişmiş bir CPM/PERT yazılımı; zaman, bütçe ve kaynak kullanımı arasındaki ilişkileri gösteren tam bir modelleme yapılabilmesine olanak sağlar.(Frame,2002,s:40)

Artan rekabet ortamında zamandan tasarruf sağlanması ve iş yükünün azaltılması açısından bilgisayar paket programları son derece önemlidir. Bu programlar yardımıyla şebekeler sürekli güncellenmekte ve proje yöneticilerini ağır bir iş yükünden kurtarmaktadır.(Tekir,2006,s:61) Ayrıca bu programlar sayesinde farklı türdeki çok sayıda rapor bilgiler çabucak hazırlanarak diğer personelin kullanımına sunulabilmektedir. Bu programları seçerken en önemli kriter yazılımın proje ihtiyaçlarını karşılayacak nitelikte olmasıdır.

Şuana kadar anlatılan kısımda şebeke yönteminin genel özelliklerine değinildi. Çalışmanın bundan sonraki kısmında CPM ve PERT ayrı ayrı ele alınacaktır. Belirtildiği gibi bu iki yöntem faaliyet sürelerinin belirlenmesi esası dışında, ana hatlarıyla ortak özelliklere sahiptir. Dolayısıyla bu tez

çalışmasının uygulama konusu olan CPM üzerinde detaylı anlatımlar yapıldıktan sonra, PERT genel özellikleri ile incelenecektir.

3.2.1. Kritik Yol Yöntemi (CPM)

Kritik Yol Yöntemi çok aktiviteli, karmaşık yapılı projelerin planlama ve kontrolleri için geliştirilmiş ve uluslararası alanda kabul görmüş popüler bir yöntemdir. Bu yöntem ilk olarak 1950 yılında Du Pont ve Remington Rand Ortak Girişimi tarafından tesis bakım projelerinde kullanılmıştır.

Esasında CPM, faaliyetler arasında tanımlanmış olan öncelik ilişkileri aracılığıyla, işlerin ne zaman yapılacağını belirleyen bir süreçtir.(Levine,2002,s:76) Zamanla CPM mantığı, bir takım yeni seçeneklerle donatılmış ve kullanıcıların farklı isteklerine cevap verecek fonksiyonlar sunan kompleks yapıdaki bilgisayar yazılımlarını meydana getirmiştir. Günümüzde şebeke planlama ve kontrol aracı olarak kullanılan yazılımların bir çoğu hesaplamalarını CPM ilkelerine göre yapmaktadır.

Kritik Yol Yöntemi, inşaat sektöründe oldukça sık kullanılan bir proje planlama yöntemidir. İnşaat projeleri, çok sayıda faaliyeti bünyesinde barındıran kompleks yapılı çalışmalar olup zamana karşı yapılan bir yarışır. İnşaat sektöründe, projelerin bütçesini aşmadan, zamanında, öngörülen kalitede ve kazasız tamamlanması amaçlanır. Herhangi bir faaliyetteki gecikme, ilişkili olduğu diğer faaliyetleri ve belki de projenin tamamlanma süresini etkileyeceği için faaliyetler arasındaki etkileşimin sürekli kontrol altında tutulması gerekir.

Bunun dışında hedef tarih veya ara termin (milestone) olarak adlandırılan, bir projenin önemli dönüm noktalarını belirtmek için kullanılan ve genelde bir grup faaliyetin tamamlanma zamanını temsil eden faaliyetler vardır.(Westland,2006,s:60) Projenin aksamadan yürütülmesi için, bu hedef tarihlerin de gerçekleşme zamanlarının yakından takip edilmesi gerekir.

CPM, zamana ve maliyete odaklanarak kritik yol üzerinden etkin bir proje yönetimine imkan sağladığından, inşaat projeleri için oldukça faydalı bir yöntemdir.

İnşaat sektöründeki uygulamalarda; kritik yol şebekeleri ve bünyesinde yer alan zaman, kaynak ve maliyet analizleri bir projenin planlaması ve kontrolünde halen kullanılmakta olan en güçlü analitik araçlardır.(Barrie ve Paulson,1992,s:266)

Daha önceden de belirtildiği gibi CPM, tamamlanma süreleri öngörülebilir faaliyetlerin programlanmasında kullanılmaktadır. Her ne kadar inşaat projelerinde doğasından ötürü bazı belirsizlikler var olsa da, genel olarak her faaliyetin tamamlanması için gerekli olan zaman ve para miktarı gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edilebilir.

CPM'in şebeke kavramı üzerine kurulduğu önceden de belirtilmişti. CPM şebekeleri, projede yer alan faaliyetlerin ve bu faaliyetler arasındaki ilişkilerin grafiksel gösterimleridir. Bunlara ek olarak şebeke üzerinde, faaliyet ilişkilerinden yola çıkarak hesaplanan, her faaliyetin erken ve geç başlangıç ile erken ve geç bitiş tarihleri de bulunmaktadır. Dolayısıyla CPM şebekesine bir bakışta projenin tüm elemanlarını, ilişkileri ve zaman bilgileri ile birlikte aynı çerçevede bir bütün halinde görmek mümkündür. CPM'in son aşaması olan kontrol safhasında, periyodik ilerlemeler değerlendirilirken şebeke diyagramı ve faaliyetlerin başlangıç ve bitiş zamanlarından oluşan bu zaman tablosu kullanılır.(Pyzdek,s:47)

Kritik yol yöntemi uygulanmasına karar verilen bir projede izlenecek adımları şu şekilde sıralamak mümkündür:

1. *Proje Faaliyetlerinin Belirlenmesi*: Planlama aşamasının ilk ve en önemli adımıdır. Şebeke, seçilen bu faaliyetler üzerine kurulacağından iyi bir analiz şarttır. Çok sayıda faaliyet içinden projeyi en iyi temsil edecek, istenilen detaydaki faaliyetlerin belirlenmesi gerekir. Faaliyetlerin belirlenmesi sırasında WBS'ten yararlanılabilir.

2. *Faaliyetler Arasındaki İlişkilerin, Sıranın Belirlenmesi*: Projede yer alan faaliyetlerin tamamlanma sıralarına göre, birbirleri ile olan ilişkilerinin (öncül, ardıl yada paralel) belirlenmesi gerekir.

3. *Şebeke Diyagramının Oluşturulması*: Faaliyetler ve aralarındaki öncelik ilişkileri belirlendikten sonra şebeke diyagramları rahatlıkla çizilebilir.

4. *Faaliyetlere Kaynak ve Maliyet Atanması*: Bunun için projenin mevcut koşullarının çok iyi bir şekilde bilinmesi ve kısıtlı kaynaklar ile maliyetin, her faaliyete en iyi şekilde dağıtılması gerekir.

5. *Faaliyet Sürelerinin Hesaplanması*: Bir önceki adım olan faaliyetlere kaynak ve maliyet atanması, faaliyet sürelerinin belirlenmesinde kullanılacak en önemli kıstaslardan biridir. Faaliyet sürelerinin belirlenme esasları 3.2.1.1 nolu bölümde detaylı olarak anlatılacaktır.

6. *Şebekedeki En Uzun Yolun (Kritik Yol) Hesaplanması*: Faaliyetler arasındaki ilişkiler ve faaliyet süreleri belirlendikten sonra ileriye ve geriye doğru hesaplamalar yapılarak, kritik faaliyetlerden oluşan kritik yol ve proje süresi bulunabilir. Proje süresinin hesaplanmasında, her bir faaliyetin erken başlama ve tamamlanma zamanları ile geç başlama ve tamamlanma zamanları kullanılır. Çalışmanın 3.2.1.4 nolu bölümünde, kritik yolun hesaplanması ayrı bir konu olarak ele alınacaktır.

7. Son olarak kritik yolun hesaplanmasından sonra şebekenin, proje kontrolünde kullanılması.

CPM'in temel prensibi projenin kritik yolunun belirlenerek, projenin bu kritik yol üzerinden yürütülmesidir. Dolayısıyla projenin geleceğiyle ilgili kararlar verebilmek ve projeyi daha iyi yönetebilmek için ilk olarak kritik yolun tespit edilmesi gerekir.

Kritik yol, projenin tüm faaliyetlerinin tamamlanması için gerekli olan en uzun yoldur. Aynı zamanda bu, bir projenin tamamlanabileceği en kısa süredir. Kritik yol üzerinde bulunan faaliyetlere kritik faaliyetler adı verilir. Kritik faaliyetlerin planlandığı sürede tamamlanmaları gerekir. Aksi takdirde iş programında sarkmalar meydana gelir ve bu sarkmalar projenin gecikmesine neden olur. Dolayısıyla arzu edilmeyen durumlarla karşılaşmamak için kritik faaliyetler çok iyi bir şekilde etüt edilmeli ve kontrol altında tutulmalıdır.

Genel olarak teoride, kritik faaliyetler bolluğu olmayan görevler olarak tanımlanır. Yani bolluğu sıfır olan faaliyetler kritik faaliyetlerdir. Bir başka deyişle kritik faaliyetlerin erken ve geç başlama zamanları aynıdır. Fakat uygulamada programı yapan kişinin inisiyatifine göre, kritik faaliyetlerin bolluk miktarları sıfırdan farklı kabul edilebilir. İşin kapsam ve önemine göre, programı yapan kişinin tercihine bağlı olarak bolluk miktarı

on gün ya da yirmi gün olan faaliyetler de kritik faaliyetler olarak tanımlanabilirler. Kompleks yapıdaki projelerde, kritik yol ve kritik faaliyetler bilgisayar destekli programlarda yer alan filtrelemeler yardımıyla kolaylıkla görüntülenebilir.

Zamanla, proje ilerledikçe kritik faaliyetlerin tamamlanması veya bazı faaliyetlerdeki gecikmelerin proje süresini etkilemesi durumunda, projenin mevcut kritik hattı değişebilir. Dolayısıyla oluşabilecek yeni kritik yolların erken teşhisi için, kısa ve düzenli aralıklarla faaliyetlerin bolluk miktarlarını kontrol etmekte fayda vardır.

Kritik olmayan faaliyetlerde ise erken ve geç başlama zamanları arasında bolluklar bulunduğu için, faaliyetlerin gecikme toleransları vardır. Yani, bu faaliyetlerdeki gecikmeler proje süresini etkilemez. Kritik olmayan faaliyetler projenin tamamlanma süresine etki etmeden, yeniden planlanabilir ve bu faaliyetlerin kaynakları da yeniden atanabilir. Bazı projelerde, kritik olmayan faaliyetlerdeki kaynakların kritik faaliyetlere aktarılması da düşünülebilir. Böylece zaman opsiyonu kullanılarak, kaynakların değerlendirilmesi ve kritik faaliyetlere tedbir alınması sağlanır.

Bunun dışında kritik olmayan faaliyetlere ek kaynak atayarak;

- Boşa çıkmış (atıl) kaynakların değerlendirilmesi
- Gecikme riskinin azaltılarak, kritik olmaya aday faaliyetlere

önlem alınması amaçlanabilir.

Genellikle inşaat işlerinde, hakedişler bir kısım ana kalemler ya da ara hedefler tamamlandıktan sonra ödenir. Zamanında tamamlanamayan hedefler için ise cezalar söz konusu olabilmektedir. Dolayısıyla bir ürün planlandığından ne kadar geç ortaya çıkarsa, bir iş planlandığından ne kadar geç tamamlanırsa, işi yapan kişinin (yüklenicinin) o derece zararlıdır ve arzu edilmeyen bir durumdur. Bu yüzden bazen iş sahipleri projenin geciken ya da ileride gecikebilecek kısımlarının daha kısa sürede tamamlanabilmesi için daha fazla maliyeti ve ek kaynak kullanımını göze alabilir. Buna sıkıştırma (crashing) adı verilir. Bir başka deyişle sıkıştırma, ek kaynak kullanımı ile faaliyet sürelerinin azaltılmasıdır.

Sıkıştırma işleminin amacı, en az maliyetle mevcut iş programı üzerinde

mümkün olan en büyük sıkıştırmayı gerçekleştirmektir.(Heldman,2002,s:257)

Faaliyetlerin tamamlanma zamanlarını öne çekmek için her faaliyete ek kaynak ataması düşünülse de bu yüksek maliyetlere yol açar. Bunun yerine en mantıklı adım, kritik yol üzerindeki faaliyetlere ek kaynak atanmasıdır. O halde proje süresinin kısaltılması için, kritik faaliyetlerde kaynak artırımı yapılarak kritik faaliyet sürelerinin azaltılması gerekir.

Unutulmaması gereken, eldeki kaynaklar sınırsız olsa bile kaynak artırımının bir yere kadar yapılabileceği gerçeğidir. Örneğin ekipmanı ele alırsak, iki iş makinesinin aynı anda çalıştırılması işin doğası gereği veya iş sahasının elverişsizliğinden dolayı mümkün olmayabilir. Ya da işgücü olarak bakarsak yüz kişinin aynı anda bir odada çalışamayacağını veya günlük mesai saatlerinin sınırlı olduğunu göz önüne almak gerekir.

Bunun dışında bazı kaynaklarda hızlı takip (fast tracking) olarak geçen, iş programında yer alan iki faaliyetin, yeni bir düzenlemeyle aynı anda birbirine paralel olarak yürütülmesi düşünülebilir. Faaliyetlerin başarıyla tamamlanabileceği düşünülürse, süre kazanımı olacağı açıktır. Fakat bunun tersine, kar sağlanamadığı gibi aşırı kaynak yüklemesi sonucu bazı işlerin becerilemeyip tekrardan yapılması da gerekebilir.

Sonuç olarak sıkıştırma ve hızlı takip işlemleri; daha hızlı üretim çabası gerektiren, maliyet artışına neden olan, işlerin yeniden yapılma ve erken tarihlerin kaçırılma olasılıklarını artıran, yüksek riskli tekniklerdir.(Dinsmore ve Cabanis-Brewin, s.87)

Bu iki yaklaşımdan başka, proje süresini azaltabilmenin bir başka yolu da işin kapsamını değiştirmek olabilir. Bunu da daha çok küçülme olarak nitelendirmek mümkündür.

Projenin kontrol faaliyetleri de kritik yol üzerinden yapılır. Kritik yol üzerindeki faaliyetlere yoğunlaşarak bu faaliyetlere önlemler alınması ve projenin gecikmeden tamamlanması amaçlanır. Kritik yol üzerinde yer alan faaliyetlere atanan kaynakları bilerek ve izleyerek, projenin bitiş tarihini etkileyen görevler ve projenin zamanında bitirilip bitirilemeyeceği belirlenebilir.

CPM kendisinden sonra gelen hemen hemen tüm programlama ve iş süreç

yöntemlerinin temelini oluşturan bir yöntem olma özelliği taşır.(Cagle,2005,s:2)

3.2.1.1. Faaliyet Sürelerinin Belirlenmesi

Şebeke oluşturulduktan sonra kritik yolu hesaplayabilmek için, öncelikle her bir faaliyet süresinin bilinmesi gerekir. Faaliyet süresi, faaliyetlerin tamamlanmasına kadar geçen icra süreleridir. Projenin tamamlanma süresi hesaplanırken faaliyet süreleri baz alınacağı için, bu sürelerdeki herhangi bir yanlış hesaplama proje süresine de etki edecektir. Dolayısıyla gereğinden fazla iyimser ya da kötümser süre tahminlerinin yapılması, projenin tamamlanma zamanının yanlış hesaplanmasına yol açacağı için gerçeğe en yakın tahminleme yapılmasına özen göstermek gerekir.

Faaliyetlerin tamamlanma süreleri direkt olarak bunlara atanmış olan insan gücü, makine ve malzeme gibi kaynaklara bağlıdır. Bu yüzden hesaplama işleminde, işletmelerin mevcut tüm kaynakları ve bu kaynakların kullanıma hazır olma koşulları göz önüne alınmalıdır. Hiç bir proje için kaynak kullanımı sınırsız değildir ve önemli olan kaynakların miktarından çok, ihtiyaç anında kullanılıp kullanılamamasıdır.

Kaynakların bir kısmı depolanmadığı, bir kısmı limit aşımı (insanların verimli çalışabileceği saat miktarının sınırlı olması) ve bazısı da sadece ihtiyaç anında sahada bulunması gerektiğinden (iş makineleri gibi) kaynak kullanımı sorunu yaşanmaması için etkin bir kaynak yönetimi şarttır.

Zamanında temin edilemeyen, kullanılamayan

kaynaklar faaliyetlerin planlanan zamanda tamamlanamamasına yol açar.

Bu da projedeki bazı işlerin ya da projenin gecikmesine neden olur.

Faaliyet sürelerinin belirlenmesi sırasında önceden belirlenmiş kısıtlamalar ve kaynak kıtlığı göz önüne alındığında, kaynak atama sorunu ile karşılaşılabilir.

Faaliyet süreleri belirlenirken temel prensip, kaynakların faaliyetlere en verimli şekilde dağıtılarak faaliyet sürelerini en küçük değerde tutmaktır.

Planlama aşamasında, faaliyet sürelerini hesaplarken aşağıdaki faktörleri bir

bütün olarak değerlendirmek gerekir.

- Metraj (işin miktarı)
- Kaynak (işgücü, makine, malzeme, para)
- Yapım metodu
- Mevsim şartları

Bunlara ilave olarak süre tespitinde; projenin ilerleyişine bağlı olarak ortaya çıkabilecek aksaklıkları da hesaba katmak gerekir. Örneğin; malzeme tedarikinde gecikme, makinelerin arıza yapması, elverişsiz saha koşulları gibi öngörülemeyen olaylar faaliyet sürelerinde bir takım sapmalara yol açar.

Faaliyet sürelerinin belirlenmesindeki en önemli başarı unsuru hiç kuşkusuz tecrübeler olacaktır.

3.2.1.2. Erken ve Geç Gerçekleşme Zamanları

Faaliyet süreleri belirlendikten sonra her faaliyetin başlangıç ve bitiş zamanları hesaplanabilir. Her faaliyet için, erken başlama zamanı (EST), erken bitiş zamanı (EFT), geç başlama zamanı (LST) ve geç bitiş zamanı (LFT) olmak üzere dört tane gerçekleşme zamanı söz konusudur.

Erken Başlama Zamanı (EST): Bir faaliyetin mümkün olduğunca çabuk başlamasıdır.

Erken Bitiş Zamanı (EFT): Bir faaliyetin erken başlangıç zamanına faaliyet süresinin eklenmesiyle bulunur.

$$EFT(x) = EST(x) + \text{Faaliyet Süresi}$$

Geç Başlama Zamanı (LST): Projenin tamamlanma zamanını değiştirmemek kaydıyla bir faaliyetin başlayabileceği en geç zamandır.

Geç Bitiş Zamanı (LFT): Bir faaliyetin kendinden sonra gelen faaliyetlerin, projenin tamamlanma zamanı içinde bitirilmesine olanak verecek şekilde tamamlanabileceği en geç zamandır.

3.2.1.3. Faaliyetler Arasındaki Bağlantı Türleri

Elbette her işin doğası gereği tüm faaliyetlerin aynı anda gerçekleştirilmesi düşünülemez. Örneğin, bir bina inşaatında kalıp ve donatılar kurulmadan, beton dökülememesi gibi. Dolayısıyla bazı faaliyetler, ancak bir takım faaliyetler tamamlandıktan sonra başlayabilir.

Bazı durumlarda ise, işin doğası gereği bir takım işlerin aynı anda yapılması gerekir. Aksi takdirde iş ve zaman kaybı olabilir. Örneğin, tünel delme makinesi (TBM) ile kazı yapılırken, tünelin çeperine yerleştirilecek olan segmanların nakliyesinin de yapılıyor olması gerekir. (TBM belirli bir miktar kazı yaptıktan sonra, kazdığı kısımlara segmanları yerleştirmeye başlar ve tünelin yapımı bu şekilde tamamlanır.)

Dolayısıyla projeyi meydana getiren faaliyetler arasında bir takım öncelikli gerçekleştirmeler söz konusudur. Proje yazılımları da, faaliyetler arasındaki bu öncelik ilişkilerini yansıtmak amacıyla faaliyetler arasında dört farklı bağlantı türünün kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Bunlar:

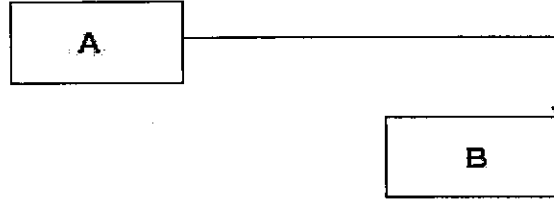
1. Bitiş - Başlangıç (Finish to Start) - FS: Bir faaliyetin başlayabilmesi için, öncül faaliyetinin tamamlanmış olması gerekir. En sık karşılaşılan ilişki türü olup şematik gösterimi aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.8: Bitiş Başlangıç İlişkisi (FS)

Örnek: Odanın duvarı örüldükten sonra sıvanın yapılabilmesi, duvar boyasının sıva bitirilmeden başlayamaması gibi.

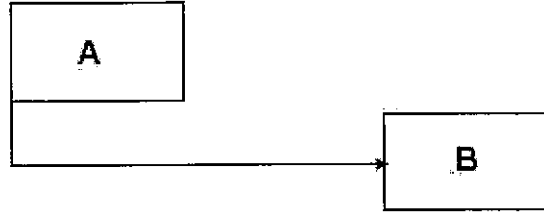
2. Bitiş - Bitiş (Finish to Finish) - FF: Bir faaliyetin öncül faaliyeti ile aynı anda tamamlanması gerektiğini ifade eder.



Şekil 3.9: Bitiş Bitiş İlişkisi (FF)

Örnek: Mutfak dolabının montajı ile genel daire içi temizliğinin yapılması

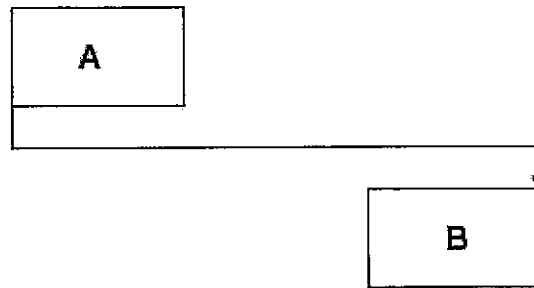
3. Başlangıç - Başlangıç (Start to Start) – SS: Öncül faaliyet ile ona bağlı faaliyetin aynı zamanda başlayabileceğini gösterir.



Şekil 3.10: Başlangıç Başlangıç İlişkisi (SS)

Örnek: A Blok 3. kat betonu dökülmeye başlanırken B Blok 3. kat döşeme kalıpları yapımına başlanması.

4. Başlangıç - Bitiş (Start to Finish) - SF: Bir faaliyetin, öncül faaliyeti başlamadan tamamlanamayacağını ifade eder. Uygulamada çok fazla kullanılmayan bir bağlantı türüdür.



Şekil 3.11: Başlangıç Bitiş İlişkisi (SF)

Ara Zaman (Lag): Öncül ve ardıl faaliyet arasında tanımlanan zaman farkıdır. Ara zaman, yukarıda sayılmış olan dört ilişki türüne de uygulanabilmektedir.

Örnek: 3. katın döşeme beton dökümü bittikten 7 gün sonra 4. katın kolon kalıplarının yerleştirilmeye başlanması. (İki faaliyet arasında FS ilişkisi tanımlanmıştır ve faaliyetler arasındaki lag 7 gündür.)ü

3.2.1.4. Kritik Yolun Hesaplanması

Şebeke diyagramı oluşturulduktan sonra, faaliyet sürelerinin de belirlenmesi ile artık kritik yolun hesaplanması işlemine geçilebilir. Kritik yol hesaplamalarında iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi, faaliyetlerin erken başlama ve erken tamamlanma zamanlarının hesaplanmasını sağlayan ileriye doğru hesaplama yöntemi, bir diğeri ise geç başlama ve geç tamamlanma zamanlarını bulmaya yönelik geriye doğru hesaplama yöntemidir.

Her iki yöntemde de erken ve geç zamanların hesaplanmasında, faaliyetler arasında tanımlanmış olan öncelik ilişkileri baz alınır.

İlk olarak ileriye doğru hesaplama yöntemi ile son faaliyetin erken bitiş süresi belirlendikten sonra geriye doğru hesaplama yöntemine geçilir.

İleriye Doğru Hesaplama (Forward Pass): Bu yöntemde sırasıyla şebekedeki her bir faaliyetin beklenen erken başlama ve erken tamamlanma zamanları bulunur. Bu hesaplamalar sırasında göz önünde bulundurulması gerekenler şunlardır;(Barrie ve Paulson, s.277)

1. Öncülü olmayan her bir faaliyetin erken başlama zamanı, projenin başlangıç zamanı olarak kabul edilen sıfırdır.

2. Bir faaliyetin başlayabilmesi için tüm öncül faaliyetlerinin tamamlanmış olması gerektiğinden, bu faaliyetin erken başlangıç zamanı tüm öncül faaliyetlerinin erken tamamlanma zamanlarının maksimumuna eşittir.

$$EST(x) = \text{Maksimum (EFT(x'in öncül faaliyetleri))}$$

3. Bir faaliyetin erken tamamlanma zamanı, erken başlama zamanı ile faaliyet süresinin toplamına eşittir.

$$EFT(x) = EST(x) + \text{Faaliyet süresi}$$

Son olarak şebekedeki en son faaliyetin erken başlama zamanı ile faaliyet süresinin toplamı bir başka deyişle en son faaliyetin erken tamamlanma zamanı projenin tamamlanma süresini verir.

Geriye Doğru Hesaplama (Backward Pass): İleriye doğru hesaplamalar sonucu proje süresi belirlendikten sonra, son adımdan ilk adıma doğru her faaliyetin geç başlama ve tamamlanma zamanlarının hesaplanması işlemidir. Şebekede yer alan en son faaliyetin geç başlama zamanı, projenin toplam süresinden bu faaliyetin süresi çıkartılarak bulunur. İlk adıma kadar sırasıyla bu işlemler tekrarlanarak tüm faaliyetler için geç başlama zamanları belirlenir. Faaliyetlerin geç başlama zamanları;

$$LST(x) = LFT(x) - \text{Faaliyet süresi}$$

şeklinde hesaplanır.

Tüm faaliyetler için erken ve geç gerçekleşme zamanları bulunduktan sonra artık kritik faaliyetler ve dolayısıyla projenin kritik yolu belirlenebilir. Erken ve geç başlama ya da erken ve geç tamamlanma zamanları birbirine eşit olan faaliyetler kritik faaliyetlerdir. Bir başka deyişle, kritik faaliyetlerin erken ve geç başlama ya da erken ve geç tamamlanma zamanları arasındaki fark sıfırdır denilebilir. Kritik faaliyetler belirlendikten sonra bunların sırasıyla başlangıç düğümünden son düğüme kadar birleştirilmesiyle kritik yol elde edilir.

İleriye ve geriye doğru hesaplamalar sonucu kritik yol belirlendikten sonra,

projenin düzeltici faaliyetlerinde kullanılacak olan bolluk miktarlarının hesaplanmasına geçilebilir.

3.2.1.5. Bolluk Kavramı

Projedeki herhangi bir faaliyetin, projenin bitiş tarihini etkilemeden geciktirilebileceği maksimum zaman miktarıdır. O halde kritik faaliyetler, başlama ve tamamlanma zamanlarının esnek olmaması nedeniyle en baştan bu tanımın dışında kalır. Dolayısıyla bolluk için, kritik olmayan faaliyetlerdeki tolerans süreleridir demek mümkündür.

En sık kullanılan bolluk türleri toplam ve serbest bolluktur. Toplam bolluk, bir faaliyetin projenin tamamlanma süresini değiştirmeden, geciktirilebileceği maksimum süre miktarını gösterir. Toplam bolluk, şebekedeki bir faaliyetin erken ve geç başlama zamanları ya da erken ve geç tamamlanma zamanları arasındaki farka eşittir. Toplam bolluk,

$TF(x)$: Herhangi bir x faaliyeti için toplam bolluk olmak üzere;

$$TF(x) = LFT(x) - EFT(x)$$

ya da

$$TF(x) = LST(x) - EST(x)$$

şeklinde hesaplanır.

Serbest bolluk ise bir faaliyetin; kendinden sonra gelen faaliyetlerin (ardıl faaliyetlerinin) erken başlama zamanına etki etmeyecek şekilde geciktirilebileceği maksimum süredir. Bir faaliyetin birden fazla ardıl faaliyeti olduğu düşünülürse, erken başlama zamanı olarak bu faaliyetlerden en erken başlama zamanına sahip olanı baz alınır. Serbest bolluk; bir faaliyetin ardıl faaliyetleri içinden en erken başlama zamanına sahip olandan, bu faaliyetin erken tamamlanma zamanının çıkarılmasıyla bulunur. Bir başka deyişle;

FF(x) : Herhangi bir x faaliyeti için serbest bolluk olmak üzere;

$$FF(x) = \text{Minimum (EST(x' in ardıl faaliyetleri))} - EFT(x)$$

şeklinde gösterilir. Serbest bolluk her zaman ya toplam bolluktan küçük ya da toplam bolluğa eşit olmak zorundadır.

Bolluk analizi; faaliyetlerin bolluk miktarlarının hesaplanmasına, kritik faaliyetlerin tespitine ve faaliyetlerde meydana gelen gecikmelerin proje üzerindeki etkilerini gözlemeye yarar.(Burrill ve Ellsworth,1980,s:344) Faaliyetlerin bolluk miktarları kullanılarak, kaynak dengeleme ve proje süresinde kısaltma yapmak mümkündür. Bolluk analizi, düzenli aralıklarla sağlıklı bir şekilde yapıldığı takdirde büyük fayda sağlar.

Kaynak dengeleme ile proje süresine dokunmadan, kritik olmayan faaliyetlerdeki kaynak kullanım yoğunluğunun azaltılarak kaynak kullanımının zamana yayılması amaçlanır.

Proje süresini kısaltmak için ise kritik faaliyetlerin sürelerinin azaltılması gerekir. Bunun için de aciliyet gerektirmeyen, yani tamamlanma zamanları arasında bolluk bulunan (kritik olmayan) faaliyetlerdeki kaynaklar kritik faaliyetlere aktarılarak, kritik faaliyetlerin beklenenden daha kısa sürede tamamlanması sağlanabilir.

4. PROJE DEĞERLENDİRME VE GÖZDEN GEÇİRME TEKNİĞİ (PERT)

4.1. PERT' e Genel Bir Bakış

1950'li yıllarda CPM' in Ramington Rond firmasından J.E. Kelly ve Dupont firmasından M.B Walker tarafından geliştirilmesinden çok kısa bir süre sonra, CPM ile alakalı çalışmalardan tamamen bağımsız ve habersiz olarak, Amerikan Deniz Kuvvetleriyle, Booz ve Ailen & Hamilton adlı danışmanlık şirketlerinin Polaris Denizaltı Füze Projesi (Polaris Missile Project) dahilinde gerçekleştirdikleri çalışmalar sonucu PERT ortaya çıkmıştır. (Haga,doktora tezi,1998)

Polaris Projesi ile alakalı yapılan ilk fizibilite çalışmalarında en önemli sorunun teknik alanlarda ortaya çıkacağı düşünülürken, daha sonraları asıl önemli sorunun teknik konularda değil, projenin planlanması, eşgüdümü ve bütün kaynakların denetlenmesi alanlarında ortaya çıkacağı anlaşılmıştır. Polaris Projesi kapsamında 250 farklı müteahhit ve 9000 taşeron firma birlikte çalışmışlardır. Bunlardan herhangi birinin belirlenen görevi süresinde gerçekleştirememesi, gerekli hammadde ve ekipmanı belirlenen sürelerde sevk edememeleri vb. gibi, projenin ilerlemesini engelleyebilecek problemlerin önüne geçebilmek ve hedeflere hangi tarihlerde varılacağını önceden tahmin edebilmek amacıyla geliştirilen PERT sayesinde, Polaris Projesi ilk planlandığı tarihten yaklaşık olarak 2 yıl önce tamamlanabilmiştir.(Çetneli, a.g.e., s.5)

PERT tekniğinin askeri alanlarda kullanılmasında gösterdiği başarı, işletme yönetiminin sorunlarını da çözebileceği fikrini uyandırmış ve bu alanlarda da uygulanmıştır. PERT 1959'dan sonra özellikle endüstri alanında yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan araştırmalara göre, bu tarihlerde Amerika'daki şirketlerin üçte biri bu tekniği kullanmıştır. Bu şirketlerin %66'sı savunma projelerinde, %19'u ticari ve sınai projelerde, %15'i de her ikisinde birden PERT'i uygulamıştır. Daha sonraları PERT gelişmekte olan ülkeler tarafından da kullanılmıştır.(Akmut, a.g.e, s.23)

CPM tekniğinde şebekeyi oluşturan bütün faaliyetlerin tamamlanma sürelerinin kesin olarak bilindiği kabul edilmektedir. Özellikle ilk defa

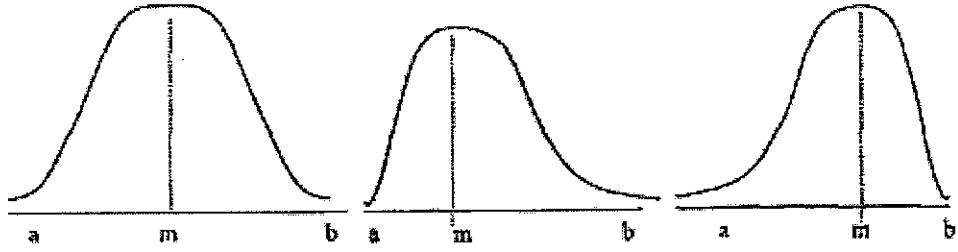
uygulanan projelerde şebekeyi oluşturan faaliyetlerin tamamlanma süreleri tam olarak bilinemez yani projedeki faaliyet süreleri deterministik bir yapıda değildir. Bu gibi durumlarda CPM yerine PERT tekniğinin kullanılması gerekir.

4.2. Faaliyetlerin Tamamlanma Süreleri

PERT tekniğinde, faaliyetlerin tamamlanma süreleri CPM de olduğu gibi deterministik yapıya sahip kesin veriler olarak değil, olasılıksal bir yapıya sahip ve Beta dağılımı sergileyen rassal değişkenler olarak kabul edilirler.

Programlama aşamasında, proje yöneticisinin faaliyetlerin tamamlanma sürelerini belirlemesi gerekir. Bu belirleme işlemi, en iyimser süre (a), en kötümser süre (b) ve gerçekleşmesi en muhtemel süre (m) tahminleri olarak ifade edilirler. Burada 'a' ve 'b' değerleri faaliyetin tamamlanma süresinin dağılımının alt ve üst sınırları 'm' ise Beta dağılımının mod değerini temsil ettiği düşünülür. Ayrıca 'm' değeri 'a – b' aralığında herhangi bir yerde olabilir, 'm' in pozisyonu ile ilgili karar tamamen faaliyetin uygulanmasında sorumlu teknik yetkiliye aittir. (mühendis, tekniker vb.)(Malcolm ve diğerleri,1956,s:646-669)

PERT' te her bir faaliyetle ilgili olarak yapılan süre tahminlerinin, iyimser (a) ve kötümser (b) tahmin aralığında olmasına dikkat edilmelidir. Tahmin değerlerinin dağılım aralığı (b-a)'dır. En muhtemel sürenin (m), dağılımın orta değeri olan $(a+b)/2$ değerine eşit olması gerekmez. Şekil 4.1 'de Beta dağılımının 3 değişik şekli gösterilmektedir. Çizim de de görüldüğü gibi, Beta dağılımı, simetrik, sola çarpık veya sağa çarpık olabilmektedir.(Halaç, a.g.e, s.202)



Şekil 4.1 Beta dağılımının 3 değişik gösterim şekli.

En iyimser Süre (a)

Projede planlanan her şey yolunda gittiği durumda, bir faaliyeti tamamlayabilmek için düşünülen en kısa süredir. Bir faaliyeti, en iyimser süreden daha kısa sürede tamamlama ihtimalinin %1'den büyük olmadığı varsayımına dayanmaktadır. En iyimser süre, bu çalışmada 'a' harfi ile ifade edilecektir. (Kerzner,2003,s:468)

En Kötümser Süre (b)

Bir faaliyeti tamamlayabilmek için düşünülen en uzun süredir. Kötümser tahmin, faaliyette bütün muhtemel gecikmelerin ve aksaklıkların bulunduğu bir ortamı varsayar. Kısacası bu süre, proje için gerekli bütün şartların kötü gitmesi halinde projenin bitirilebileceği süredir ve uygulamada gerçekleşme ihtimali yüzde bir olarak kabul edilmiştir. En iyimser süre, bu çalışmada 'b' harfi ile ifade edilecektir.(Kerzner,2003,468)

En Olası Süre (m)

En muhtemel süre, projeye alakalı planlanan her şeyin normal şartlar altında gerçekleştiği durumda ve ilgili faaliyetin uygulama süreci ile alakalı geçmiş deneyimler ışığında tahmin edilen, faaliyetin tamamlanabileceği en olası (muhtemel) süredir. En iyimser süre, bu çalışmada 'm' harfi ile ifade edilecektir.

Proje yöneticisi ilgili süre tahminlerini gerçekleştirirken, her faaliyete tahsis edilebilecek gerçek işgücünü, kaynağı ve ekipmanı dikkate almalı ve uygulama sürecinde hızlandırma işlemi gibi çok özel durumlar söz konusu olmadıkça işgücünde, kaynak ve ekipman tahsisinde önemli bir değişiklik düşünmemelidir. Ayrıca proje yöneticisi, proje süresince teknolojik

olanaklarda ve üretim tekniğinde önemli değişiklik olup olmayacağını bilmelidir. Söz konusu tahminler sübjektif yargıya dayalı olduğundan dolayı, tahmin sürecinde çok hassas ve gerçekçi olmalıdır.

Projenin programlama aşamasında, her faaliyetin beklenen tamamlanma süresi için gerçekleştirilen 3 farklı süre tahmini kullanılır Bu aşamadan sonra her bir faaliyetin beklenen tamamlanma süreleri (t_e) kullanılarak analizler gerçekleştirilir.

4.3. Faaliyetlerin Beklenen Tamamlanma Sürelerinin (t_e) ve Varyanslarının Belirlenmesi

PERT tekniğinde, projenin programlama sürecinde kullanılmak üzere belirlenen beklenen tamamlanma süresi (t_e), proje yöneticisi tarafından sübjektif olarak gerçekleştirilen iyimser, kötümser ve en olası tamamlanma sürelerinin ağırlıklı ortalaması alınarak elde edilir.

Projede, a,b, ve m değerlerinin ağırlıklı ortalamaları alınırken dağılımın orta noktası olan [$(a + b) / 2$] değeri 1 derece ağırlık katsayısı ile çarpılırken , dağılımın mod değeri olarak varsayılan en olası süre 'm' değerinin 2 derece ağırlık kat sayısı ile çarpılması gerektiği kabul edilmiştir.(Stanton,1987,s:278)

Bir başka deyişle, dağılımın sınır değerleri olan a ve b 1 derece ağırlıklandırılırken, dağılımın mod değerine karşılık gelen m değeri 4 derece ağırlıklandırılmalıdır.

Buna göre a,b, ve m tahmini değerlerinin dağılımın ortalama değeri (t_e)' ye dönüşümünü :

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

olarak ifade edilir.(Malcom ve diğerleri; a.g.e, s 650)

Eşitlik (4.1) 'in teorik olarak yeterliliğinin ispatı yapılamamakla birlikte, bir çok deneysel çalışma sonrası elde edilen sonuçlar ışığında m değerinin, $a + 0,13 \cdot (b-a)$ ile $a + 0,87 \cdot (b-a)$ aralığına tekabül eden tahminleri için formülün, dağılımın ortalama değeri ve mode (m) değeri

arasındaki ilişkiyi yeterli düzeyde ifade edebildiği ve makul sonuçlar verebildiği belirlenmiştir. (Stanton, a.g.e, s:289)

Bilindiği üzere normal dağılım eğrisinde σ 'nın dağılım aralığının %99,83 üne tekabül ettiği kabul edilmektedir. Standart dağılımdan esinlenerek, formüldeki (a,b) aralığının dağılımının 6 standart sapması (σ) ile kapatılacağı varsayılmıştır. Buna göre PERT tekniğinde faaliyetlerin tamamlanma sürelerinin dağılımının standart sapması $6\sigma = b-a$ olduğu kabul edilerek, standart sapma (σ) hesaplamaları formül 4.2 'de gösterildiği gibi yapılmaktadır. (Malcom ve diğerleri; a.g.e, s 651)

$$\sigma_{t_i} = \frac{b - a}{6} \quad (4.2)$$

(a,b) aralığının öngörüldüğü şekilde dağılımın 6 standart sapması ile kapatılamayacağı durumlarda, yani gerçek standart sapmanın $(b-a) / 6$ dan daha küçük değerlere tekabül ettiği d(a,b) aralığının öngörüldüğü şekilde te (ortalama süre) nin tahmini için alternatif formüller geliştirilmiştir. (Farnum and Stanton , a.g.e , s: 288)

4.4. Kritik yolun belirlenmesi ve Proje Tamamlanma Süresinin Analizi

PERT tekniğinde kritik yolun belirlenebilmesi için ilk önce projenin başlangıcından bitimine kadar giden yollarda yer alan faaliyetlerin tamamlanma süreleri hesaplanır. Bu yollar içinde en yüksek değere sahip olan yol kritik yol olarak isimlendirilir. Kritik yolda yer alan faaliyetlerin tamamlanma süreleri toplamı (μ) projenin beklenen tamamlanma süresi ve kritik yoldaki faaliyetlerin varyansları toplamının projenin varyansını (σ^2) temsil ettiği kabul edilir. (Öztürk, a.g.e, s:582) Yani,

$$\text{Projenin beklenen tamamlanma süresi , } \mu = \sum t_i \text{ (4.3)}$$

$$\text{Projenin varyansı , } \sigma^2 = \sum \sigma_i^2 \text{ (4.4) olacaktır.}$$

PERT tekniğinin en önemli avantajı, istatistik teorisinin kullanılabilmesine olanak tanınmasıdır.

Dağılım şekli ne olursa olsun $n \geq 30$ rassal değişkenin toplamının normal dağılıma sahip bir rassal değişken olduğunu merkezi limit teoremine göre söyleyebiliriz.(Saraçoğlu,1995,s:465).Bu teorem uyarınca kritik yol üzerindeki faaliyetlerin tamamlanma sürelerinin toplamının yani projenin tamamlanma süresinin normal dağılım sergilediğini söyleyebiliriz ve standart normal dağılım eğrisini kullanarak, hedef sürenin gerçekleşme ihtimalini hesaplayabiliriz.(Trahan,1977,s:15)

Projenin tamamlanması için belirlenmiş bir hedef sürenin (T_s) gerçekleşme ihtimalini hesaplamak için kritik yolun varyans değeri kullanılarak, dağılımın standart sapması belirlenir. Aşağıdaki formül uyarınca standart sapmanın, standart 'z' puanının kullanımına olanak tanıyacak şekilde dönüşümü gerçekleştirilir.(Meredith ve Mantel,1995,s:349)

$$Z = (T_s - T_e) / S \quad (4.5)$$

Burada T_s projenin tamamlanması için belirlenmiş hedef süreyi, T_e ise projenin ortalama tamamlanma süresini temsil eder. Belirlenen Z değeri, normal dağılım eğrisi üzerinde hedef süre (T_s)' ye varma ihtimalini belirleyen ihtimal değerine karşılık gelir.

Öte yandan, kritik yolun tamamlanma süresinin normal dağılım sergilediği ve ortalama süre değerinin normal dağılımın ortalamasına tekabül ettiği hatırlanacak olursa ($z = 0$) projenin ortalama tamamlanma süresi içerisinde tamamlanma ihtimalinin de %50 olduğu görülebilir. Bir başka ifadeyle, projenin kritik yolunun, ortalama tamamlanma süresi içerisinde tamamlanamama (gecikme) ihtimali % 50 dir.(Meredith ve Mantel;a.g.e, s. 351)

4.5. PERT Tekniğine Yapılan Eleştiriler

PERT'in gelişiminden kısa bir süre sonra, kullandığı varsayımlar ve bu varsayımların neden olabileceği hatalarla alakalı bir çok kritik yapılmıştır. Bunlardan en önemlileri sırasıyla şu şekilde ifade edilebilir.

4.5.1. Faaliyetlerin Tamamlanma Süreleri ve Varyans Hesaplamalarından Kaynaklanan Hatalar

Proje yöneticisi tarafından gerçekleştirilen süre tahminleri (a,b ve m) sübjektif yargıya dayalı tahminler olup hataya açıktırlar. Özellikle uç sınır değerler olan a ve b'nin tahmin sürecinde, herhangi bir tecrübeye sahip olmaksızın sağlıklı tahminlerde bulunabilmek çok zordur.(Zhang,1995,s:20)

Literatürde bu probleme alternatif çözüm olarak sunulan görüşler arasında, a ve b sınır değerlerinin derecesini 00.1 ve 0.99 dan 00.5 ve 0.95 veya daha düşük seviyelere çekmek ön plana çıkanlar arasındadır. Bir diğer görüş ise 3 farklı süre tahmininin (a,b,m) yetersiz olduğu ve dolayısıyla tahmin sayısının 5 ile 7 şeklinde artırılması gerektiği görüşüdür. Bu görüş tahmin sayısının artırılarak tahminin yeterliliğinin geliştirilebileceğini savunur.(Y.Zhang ,a.g.e. ,s: 26)

Beta dağılımı sergilediği kabul edilen beklenen süre değerinin ve varyansının belirlenmesinde kullanılan formüller, 3 farklı parametreyi (a,b,m) göz önünde bulundurur. Ancak gerçekte Beta dağılımı iki aralık ve iki sekil parametresi olmak üzere dört farklı parametreye sahiptir. Dolayısıyla formüller ortalama değerin sadece a,b,m değerlerinin bir fonksiyonu olduğunu kabul ederek Beta dağılımında geçerli olan dördüncü bir parametreyi ihmal etmişlerdir ve dolayısıyla hataya açıktırlar.(Copertari,2002,s:9)

Literatürde,yukarıda bahsedilen hatalara ilişkin yapılan araştırmalar sonucu a,b,m 'in hata sınırı $\pm \%20$, ortalama sürelerin hesaplanması işleminde hata sınırı $\pm \%30$ ve standart sapmanın hata sınırı ise $\pm \%15$ olarak belirlenmiştir.(W. Haga, a.g.e , sayfa:16)

4.5.2. Projenin Tamamlanma Süresinin Hesaplanma Sürecinde Meydana Gelen Hatalar

Kritik yolun belirlenmesi aşamasında PERT, faaliyetlerin olasılık dağılımlarını yok sayarak olasılıksal modeli deterministik modele indirger. Bundan dolayı sadece bir tek kritik yolun varlığı öngörülür. Ancak uygulamada, bir sebekede birden fazla kritik yolun oluşması mümkündür ve faaliyetlerin olasılık dağılımları göz önünde bulundurulduğu süre, kritik olmayan bir yolu oluşturan faaliyetlerin olasılık değerlerinin farklı kombinasyonları içerisinde, söz konusu yolun kritik hale gelme ihtimali vardır. (W. Haga, a.g.e, sayfa:7) Örneğin ; paralel gerçekleşen ve farklı olasılık dağılımlarına sahip olan iki ayrı faaliyeti düşünelim. İlk faaliyetin aynı olasılık değerine sahip 5-8 gün arasında gerçekleşmesi muhtemel tamamlanma sürelerine sahip olduğunu ($t_1 = (5,8)$), ikinci faaliyetin ise tamamlanma süresinin gerçekleşme olasılıkları denk olacak şekilde 6 yada 7 gün olduğunu düşünelim. PERT tekniği uyarınca söz konusu faaliyetlerin ortalama süreleri kullanılmalıdır ve dolayısıyla birinci faaliyetin ortalama (beklenen) süresi $(5+8) / 2 = 6,5$ gün ve ikinci faaliyetin ortalama süresi $(6+7) / 2 = 6,5$ gün olarak dikkate alınacak ve faaliyetlerin bitiş noktasını teşkil eden olayın gerçekleşme süresi $\text{Max}(\mu_1, \mu_2) = \text{Max}(6,5, 6,5) = 6,5$ gün olarak belirlenecektir. Ancak faaliyetlerin tamamlanma süreleri tesadüfî değişken olarak dikkate alındığı süre, ilgili düğüm noktasının gerçekleşme süresi $\text{Max}(t_1, t_2)$ için 4 farklı süre kombinasyonu mümkündür. Bunlar : $\text{Max}(5,6) = 6$; $\text{Max}(5,7) = 7$; $\text{Max}(8,6) = 8$ ve $\text{Max}(8,7) = 8$ dir. Ve gerçek ortalama süre bu değerlerin ortalaması olarak değerlendirilmelidir, $\mu_{\text{teorik}} = (6+7+8+8) / 4 = 7,25$ gün. Ve görüldüğü üzere PERT tekniğiyle yapılmış olan tahminin değeri, faaliyetlerin gerçek olasılık dağılımları dikkate alınmadığı için, gerçekte olması gereken değerden düşük çıkmıştır. (Copertari, L.F.; a.g.e, s:18-19)

Literatürde, proje tamamlanma süresinin merkezi limit teoremi uyarınca normal dağılım sergilediği kabulünün, proje yöneticisinin iyimser tahminlerde bulunmasına neden olduğunu ifade eden bir çok çalışma mevcuttur. Yani, normal dağılım altında yapılan tahminler, olması gerekenden daha kısa tamamlanma sürelerini sonuç verir. (W. Haga, a.g.e ,

sayfa:15) Bu problemin nedeni olarak, proje tamamlanma süresine ilişkin alt ve üst sınırların tahmin sürecinin olmaması gösterilebilir. Projeyi oluşturan faaliyetler, beta dağılımı sergileyen ve dağılımları alt ve üst değerlerle (a,b) sınırlandırılmış olan rassal değişkenler olarak tanımlandıktan sonra faaliyetlerin ortalama süre değerlerinin toplanması ile elde edilen proje tamamlanma sürem, sınırlandıramamıs bir dağılıma sahip olduğunu öngörmenin yanlış olduğu ve dolayısıyla alt ve üst sınır değerleri olmayan normal dağılımın kullanımının hataya neden olduğu kabul edilmektedir.(Copertari, L.F.; a.g.e, s : 8)

Pert 'in kabulleri ve kullandığı tahmin yöntemleriyle ilişkili yukarıda değinilen eleştiriler yöneylem alanında kullanılan kaynak kitaplarda ve yazılım programlarında göz önüne alınmamaktadır.Dolayısıyla PERT' e ilişkin yapılan kritikler akademik düzeyde kalmakta ve çok özel çalışmalar hariç, uygulamada klasik yöntem kolaylığı ve anlaşılrlığı sebebiyle aynen kullanılmaktadır .

4.6. Beta Dağılımı

Beta dağılımı, özellikle sınırlı dağılım aralıklarının söz konusu olduğu proje uygulamalarında, zengin bir dağılım ailesi sunabildiği için sıklıkla kullanılan bir dağılım çeşididir. Bunun yanı sıra bir çok çalışmada kullanılan gerçek veriler için beta dağılımının yeteri düzeyde değişkenlerin olasılık dağılımını ifade edebildiği kaydedilmiştir.(Bannett,2001,s:513)Önceki kısımlarda, projeyi oluşturan faaliyetlerin tamamlanma sürelerin beta dağılımına uyan bir dağılışı gösterdiğinden bahsetmiştik. Genel beta olasılık yoğunluk fonksiyonu 0 ve 1 aralık değerleri için şu şekilde ifade edilir:

$$f(x) = \frac{(\alpha + \beta + 1)!}{\alpha! \beta!} x^\alpha (1 - x)^\beta \quad 0 < x < 1$$

(4.6)

Beta Dağılımının ortalama değer ve varyans tahminleri için kullanılan teorik

formülleri ve dağılımın mod değerini ifade eden eşitlik ise şu şekildedir:

$$E(x) = \mu = \frac{\alpha + 1}{\alpha + \beta + 2} \quad (4.7)$$

$$\sigma^2 = \frac{(\alpha + 1)(\beta + 1)}{(\alpha + \beta + 2)^2(\alpha + \beta + 3)} \quad (4.8)$$

$$m = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \quad (4.9)$$

Bahsedildiği üzere, PERT formüllerinde kullanılan m ‘en olası süre’ değeri faaliyetin olasılık dağılımının mod değerine karşılık geldiği varsayılmaktadır. Dağılımın ortalaması ve varyansı sırasıyla eşitlik (4.1) ve (4.2) ‘ de verilmiştir.

4.7. PERT’ de Hızlandırma İşleminin Kullanılması :

Bölüm 3’de anlatıldığı üzere hızlandırılma işlemi, projenin kritik yolunu teşkil eden faaliyetlerin tamamlanma sürelerinin, yüksek maliyetlerde ek kaynak, ekipman ve iş gücü tahsisi ile kısaltılması amacıyla gerçekleştirilir. Hızlandırma işleminin uygulanabileceği her faaliyetin tanımlanmış bir süre maliyet fonksiyonu mevcuttur. Faaliyetlerin hızlandırma sürecinde, projenin kritik yolu üzerindeki, birim süre için minimum hızlandırma maliyetine sahip faaliyetler belirlenir.

Belirlenen faaliyetlerin ortalama süreleri (te) belirlenen miktarlarda hızlandırılır ve proje sebekesi tekrar analiz edilir. Bu işlem bütün projenin tamamlanma süresi (μ) hedeflenen süre değerine kadar hızlandırılıncaya dek yada hızlandırılan faaliyetlerin müsaade edilen en kısa sürelerine ulaşınca kadar sürdürülür.

Buraya kadar bahsedilen şekliyle PERT’ de uygulanan hızlandırma işlemi,

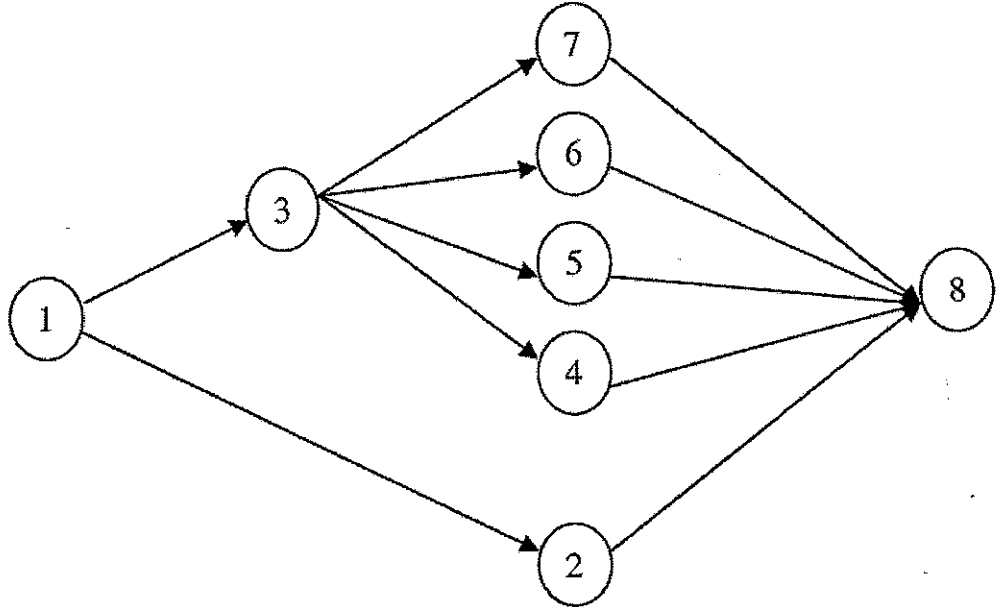
mantık olarak CPM' deki gibidir. Tek fark, faaliyetlerin tamamlanma süreleri kesin değerler ifade etmediğinden, işlemlerde her faaliyet için belirlenen te ortalama süresinin kullanılmasıdır.

Ancak PERT şebekesinin olasılıksal yapısından kaynaklanan bir takım özel durumlar, dikkat edilmesi gereken hususlar, uygulamada açığa çıkan bir takım farklılıklar vardır. PERT' de hızlandırma işlemi sürecinde tüm bu farklılıklar göz önünde bulundurulmalıdır.

4.7.1. PERT' de Hızlandırma Sürecinin Analizi

Bahsedildiği üzere, PERT tekniğinde proje şebekesinin sadece bir tek kritik yolunun olduğu varsayılmaktadır. Ancak uygulamada birden fazla kritik yolun aynı anda ortaya çıkması söz konusu olabilmektedir. Bu problem kritik yol üzerinde olduğu kabul edilen faaliyetler için öngörülen hızlandırma işlemini gereksiz kılabilir.

Örneğin(W.Haga ; a.g.e ; s : 9): şekil deki şebeke diyagramının kritik yolunun X12 ; X28 olduğu ve proje tamamlanma süresinin 52 hafta olduğunu varsayalım.



Sekil 4.4 Örnek PERT şebekesi

Aynı şekilde diğer muhtemel 4 yolun tamamlanma sürelerinin 50 ser hafta olduğunu kabul edelim.

PERT tekniği geleneksel olarak X12 ; X28 faaliyetlerini hızlandırma işlemi için seçecek ve faaliyetlerin birim hızlandırma maliyetleri göz önünde bulundurularak 2 haftalık bir hızlandırma işlemi gerçekleştirilecektir.

Ancak dikkat edilmesi gereken bir nokta ; eğer X13 faaliyeti belirlenen sürede tamamlanmasa (ki belirlenen değerler ortalama değerlerdir ve kesinlik içermezler) bu faaliyetin başlangıç teskil ettiği 4 faaliyetin gecikmesi söz konusudur. Bu durumda projeyi programlanan şekilde devam ettirebilmek için 4 faaliyetin hızlandırma işlemine tabi tutulması gerekecektir. PERT tekniğinde bu problem, programlama aşamasında öngörülememektedir. Dolayısıyla uygulamada başta planlanandan çok farklı bir durumla karşı karşıya kalınacak, planlanan bütçe ve her faaliyet için tahsis edilen kaynak, is gücü ve ekipman ile alakalı ciddi sıkıntılar meydana gelebilecektir.

Projenin beklenenden erken tamamlanması durumunda, projenin ilk safhalarında yapılan hızlandırma işlemi kaynak kaybına ve maliyet artışına neden olabileceğini ifade eden bir başka durum da şöyle açıklanabilir.

Örneğin(W. Haga, a.g.e, s: 11):



Sekil 5.4 Örnek Pert Sebekesi

şekil 5.4 deki proje şebekesini oluşturan faaliyetlerin ortalama tamamlanma süreleri 5'er haftadır. Dolayısıyla projenin beklenen süre değeri 45 hafta olacaktır. Hedef sürenin 44 hafta olduğu düşünülerek 1 haftalık hızlandırma işlemi gerçekleştirilmelidir. Tablo 4.1 dikkate alınarak hızlandırma işleminin uygulanacağı faaliyet olarak birim hızlandırma maliyeti en düşük olan X 1,2 faaliyeti ilk olarak seçilecektir.

FAALİYET	HIZLANDIRMA MALİYETİ
(1,2)	5000
(2,3)	9000
(3,4)	8000
(4,5)	7500
(5,6)	9500
(6,7)	8000
(7,8)	7000
(8,9)	6000
(9,10)	5500

Tablo 4.1 Örnek şebeke için Hızlandırma maliyetleri

Bunun yanı sıra X 9,10 faaliyetinin hızlandırma maliyeti X 1,2 den çok az bir farkla fazladır. Uygulama sürecinde bir veya daha fazla faaliyetin beklenen süresinden daha erken tamamlanma olasılığı göz önünde bulundurularak, hızlandırma işleminin X 9,10 faaliyetine kadar bekletilmesi ve hala gerekliliği devam ediyorsa bu faaliyette gerçekleştirilesi daha akılcı olacaktır. Bu şekilde, eğer öngörüldüğü gibi beklenenden erken tamamlanan faaliyet veya faaliyetler olur ve hızlandırma işlemine gerek kalmaz ise, dikkate değer miktarda bir maliyet tasarrufu sağlanmış olur.

Probleme farklı bir yaklaşımda şu şekilde olabilir:

Aynı şebeke için hedef sürenin 45 hafta ve hızlandırma maliyetlerinin tablo 4.2 deki gibi olduğu düşünülürse ;

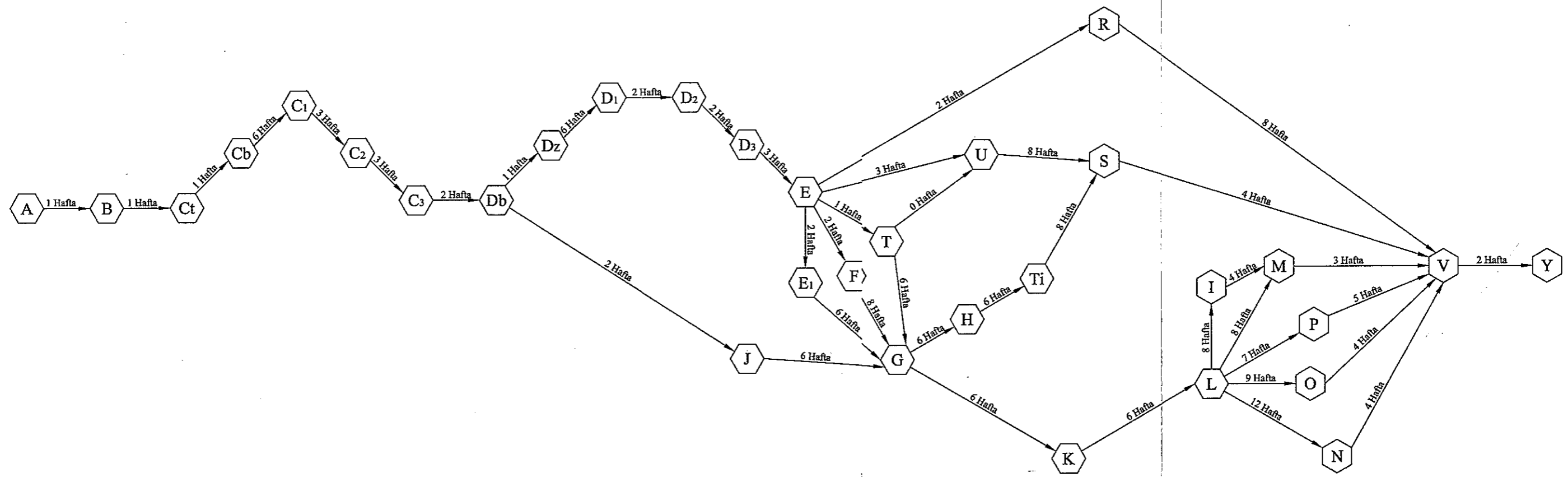
FAALİYET	HIZLANDIRMA MALİYETİ
(1,2)	2000
(2,3)	3000
(3,4)	4000
(4,5)	5000
(5,6)	6000
(6,7)	7000
(7,8)	8000
(8,9)	9000
(9,10)	10000

Tablo 4.2 Alternatif hızlandırma işlemi maliyetleri

Görüldüğü üzere hedeflenen süre olan 45 hafta beklenen süreye eşittir ve dolayısıyla herhangi bir hızlandırma işlemine gerek yoktur. Ancak projenin ilerleyen aşamalarında bir veya birkaç faaliyetin beklenen tamamlanma sürelerinden daha geç bir sürede tamamlanma ihtimali her süre

söz konusudur. Böyle bir problemin gerçekleşmesi durumunda, projenin kalan kısmının programlanan şekilde sürdürülebilmesi için hızlandırma işleminin uygulaması gerekmektedir. Klasik yöntemden farklı olarak, planlama aşamasında, böyle bir problemin meydana gelme ihtimaline binaen, hızlandırma maliyeti en düşük olan X 1,2 faaliyeti hızlandırma işlemine tabi tutulabilir.

Böylece projenin ilerleyen safhalarında yapılacak bir hızlandırma işleminin maliyetinden çok daha düşük bir maliyetle problem aşılmış olacaktır.



NETWORK DİYAGRAMI

5. CPM VE PERT TEKNİĞİNİN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

5.1. Çalışmanın Amacı

Çalışmanın teorik kısmında da belirtildiği gibi PERT ve CPM özellikle inşaat sektöründe kullanılan tekniklerdir. İnşaat projelerinde her bir faaliyet için deterministik süre tahmini yapmanın, gerçekçi sonuçlar alınamamasına neden olabileceği düşünülerek, çalışmada PERT Tekniğinin kullanılması daha uygun görülmüştür. Çalışmanın amacı, bir hastane inşaatı projesinde karşılaşılabilecek olası problemlerin tanımlanarak, alternatif çözüm yollarının araştırılmasıdır. Olası problemler:

- Kritik olmayan faaliyetlerden kritik faaliyetlere yapılabilecek kaynak dağılımının incelenmesi.
- Projedeki faaliyetlerin hızlandırılmasının maliyetler üzerindeki etkisinin incelenmesi (süre-maliyet ilişkisi).
- Projenin gecikmesine neden olabilecek alternatif kritik yolların araştırılması.

5.2. Çalışma Hakkında Genel Bilgi

Çalışmada bir bodrum kat 1 zemin kat ve 3 kattan oluşan, 8 daireli, 1111 m²'lik bir bina inşaatında PERT'in kullanılmasıyla, söz konusu projedeki faaliyetlerin en erken ve en geç başlama ve bitiş süreleri, gecikme süreleri, projenin kritik yolu ve standart sapması ve PERT'e göre tamamlanma süresi bulunmuştur. Bina inşaatının inşaat mühendislerinden alınan bilgilere göre, söz konusu projenin tamamlanma süresi 16 aydır. Bu inşaat projesinde, faaliyetlerin C_B, C_T, C₁, C₂, C₃, D_B, D_T, D₁, D₂, D₃ vs. şeklinde ifade edilmesi, bodrum kat, zemin kat, 1. ,2. ve 3. katlara ilişkin faaliyetleri göstermek için yapılmıştır. Uygulamada süreler gün olarak hesaplanmıştır.

5.3. Projeye İlgili Yapılan Hesaplamalar Ve Projenin Şebeke Diagramı

Projede bütün katlara ilişkin olarak yapılan tüm faaliyetler ayrı işçi grupları tarafından yürütülmektedir. Projede yapılması gereken faaliyetler

ve bu faaliyetler arasındaki öncelik ilişkileri, inşaat mühendislerinden alınan bilgilere göre şöyledir:

Faaliyetler

- A- Mobilizasyon(şantiye ekip ekipmanının getirilmesi)
- B- Temel Faaliyetleri
 - Kazılacak alanın işaretlenmesi.Tolero yapılması
 - Bina gelecek alanın projeye uygun olarak kazılması.
- C- Kaba İnşaat Faaliyetleri
 - C_T Temel kalıbının yapılması.
 - Temel demirlerinin döşenmesi.
 - Beton dökülmesi
 - C_B Bodrum kat kalıbının yapılması.
 - Bodrum kat demirlerinin döşenmesi
 - Elektrik borusunun döşenmesi
 - Beton dökülmesi
 - C₁ 1.kat kalıbının yapılması.
 - 1.kat demirlerinin döşenmesi
 - Elektrik borusunun döşenmesi
 - Beton dökülmesi
 - C₂ 2.kat kalıbının yapılması.
 - 2.kat demirlerinin döşenmesi
 - Elektrik borusunun döşenmesi
 - Beton dökülmesi
 - C₃ 3.kat kalıbının yapılması.
 - 3.kat demirlerinin döşenmesi
 - Elektrik borusunun döşenmesi
 - Beton dökülmesi
- D- Dış ve İç Duvarların Yapılması
 - D_B Sığınak,Su deposu vs. Oluşturulması.
 - D_Z Zemin kat dairenin oluşturulması
 - D₁ 1.kat dairelerinin oluşturulması

- D₂ 2.kat dairelerinin oluşturulması
D₃ 3.kat dairelerinin oluşturulması
E- Su Tesisatı İşleri
Ana su kolonunun çekilmesi
E₁ Projeye göre daire içleri su tesisatlarının döşenmesi
F- Elektrik Tesisatı İşleri
G- İç Sıva Faaliyetleri
H- Şap işleri
I- Seramik
J- Çatı
K- Kartonpiyer İşleri
L- Boya
M- Mobilya İşleri (Mutfak dolapları ,Banyo dolapları ,Kapılar)
N- Vitrifiye Montajı (Klozet ,musluklar vs)
O- Elektrik Anahtarları montojı
P- Parke Montajı
R- Asansör
S- Pencere
T- Mermer İşleri(Dış Cephe için mermer işleri)
T_i İç mermer işleri
U- Dış Cephe İşleri
V- Şantiyenin sökülmesi
Y- Bitiş

<u>Faaliyet</u>	<u>Adı</u>	<u>Süresi (+) gün</u>
A-B	Mobilizasyon (şantiye ekip ekipmanlarının getirilmesi)	7
B-Ct	Temel Faaliyetleri	7
Ct-Cb	Temel kalıbının yapılması Temel demirlerinin döşenmesi	7
Cb-C ₁	Bodrum kat kalıbının yapılması	42
C ₁ -C ₂	1.kat kalıbının yapılması	21

C ₂ -C ₃	2.kat kalıbının yapılması	21
C ₃ -Db	3.kat kalıbının yapılması	14
Db-Dz	Sığınak, su deposu...	14
Db-J	Çatı malzemesinin hazırlanması	14
Dz-D ₁	Zemin kat dairenin oluşması	14
D ₁ -D ₂	1.kat dairenin oluşması	14
D ₂ -D ₃	2.kat dairenin oluşması	14
D ₃ -E	3.kat dairenin oluşması	21
E-E ₁	Su tesisatı projelendirilmesi	7
E-F	Elektrik projelendirilmesi	14
J-G	Çatının yapılması	42
E ₁ -G	Projeye uygun su tesisatının döşenmesi	42
F-G	Projeye göre elektirik tesisatının bit.	56
E-T	Mermer hazırlıkları (taşın seçimi)	7
E-U	Dış ceğhe malzeme hazırlıkları ve detay çözümleri	21
E-R	Asansör malzeme tedariki ve projelendirilmesi	14
T-G	Mermerlerin döşenmesi	42
T-U	Kukla faaliyet	0
G-K	İç sıva faaliyetlerinin bitmesi	42
G-H	İç sıva faaliyetlerinin bitmesi	42
H-Ti	Şap işlerinin bitmesi	42
Ti-S	İç mermerlerin döşenmesi	56
U-S	Dış cephe işlerinin bitmesi	56
K-L	Kartonpiyer işlerinin bitmesi	42
L-I	Boya alt hazırlığının hazırlanması	56
I-M	Seramik döşenmesi	28
L-M	Boya alt hazırlığının tamamlanması	56
L-P	Boya alt hazırlığının tamamlanması	56
L-O	Boya alt hazırlığının tamamlanması	56
L-N	Boya alt hazırlığının tamamlanması	56
R-V	Asansörün yapılması	56

S-V	Pencerelerin takılması	28
M-V	Mobilyaların takılması	84
P-V	Parke montajı	56
O-V	Elektrik anahtarı montajı	7
N-V	Vitrifiye montajı	7
V-Y	Şantiyenin sökülmesi	14

5.4. Şebekedeki Yollar ve Kritik Yolun Bulunması

<u>Olay</u>	<u>Önce Gelen Olay</u>	<u>En Erken Başlama zamanı</u>	<u>+ Faaliyet Zamanı</u>	<u>= En Erken Bitirme</u>
A	0	0	0	0
B	A	0	7	7
Ct	B	7	7	14
Cb	Ct	14	7	21
C1	Cb	21	42	63
C2	C1	63	21	84
C3	C2	84	21	105
Db	C3	105	14	119
Dz	Db	119	14	133
D1	Dz	133	14	147
D2	D1	147	14	161
D3	D2	161	14	175
E	D3	175	21	196
E1	E	196	14	210
F	E	196	14	210
T	E	196	7	203
J	Db	119	14	133

G	J	133	42	175
	E1	210	42	252
	F	210	56	266
	T	203	42	245

U	T	203	0	203
	E	196	21	<u>217</u>
R	E	196	14	210
H	G	266	42	308
Ti	H	308	42	350
S	U	217	56	273
	Ti	350	56	<u>406</u>
K	G	266	42	308
L	K	308	42	350
I	L	350	56	406
M	I	406	28	<u>434</u>
	L	350	56	406
P	L	350	49	399
O	L	350	63	413
N	L	350	84	434
V	R	210	56	266
	S	406	28	434
	M	434	21	455
	P	399	35	434
	O	413	28	441
	N	434	28	<u>462</u>
Y	V	462	14	476

En erken başlama zamanı olarak gidişde olay için maximum değer alınmaktadır.

<u>Olay</u> <u>Zamanı</u>	<u>Sonra Gelen</u> <u>Olay</u>	<u>En Geç</u> <u>Bitirme zamanı</u>	<u>- Faaliyet</u> <u>Zamanı</u>	<u>= En Geç</u> <u>Başlama</u>
Y	-	476	0	476
V	Y	476	14	462
N	V	462	28	434
O	V	462	28	434
P	V	462	35	427
M	V	462	21	441
S	V	462	28	434
R	V	462	56	406
I	M	441	28	413

L	I	413	56	357
	M	441	56	385
	P	427	49	378
	O	434	63	371
	N	434	84	350

K	L	350	42	308
Ti	S	434	56	378
H	Ti	378	42	336
U	S	434	56	378

G	H	336	42	294
	K	308	42	266

T	U	378	0	378
	G	266	42	224

J	G	266	42	224

F	G	266	56	210
E1	G	266	42	224

E	E1	224	14	210
	F	210	14	<u>196</u>
	T	224	7	217
	U	378	21	357
	R	406	14	392

D3	E	196	21	175
D2	D3	175	14	161
D1	D2	161	14	147
Dz	D1	147	14	133

Db	Dz	224	14	210
	J	133	14	<u>119</u>

C3	Db	119	14	103
C2	C3	105	21	84
C1	C2	84	21	63
Cb	C1	63	42	21
Ct	Cb	21	7	14
B	Ct	14	7	7
A	B	7	7	0

En geç bitirme zamanı olarak olay için minimum değer alınmaktadır.

<u>Olaylar</u>	<u>En erken Bitirme zamanı</u>	<u>En Geç Başlama Zamanı</u>	<u>Kritik</u>
<u>Yörünge</u>			
A	0	0	0
B	7	7	0
Ct	14	14	0
Cb	21	21	0
C1	63	63	0
C2	84	84	0
C3	105	105	0
Db	119	119	0
Dz	133	133	0
D1	147	147	0
D2	161	161	0
D3	175	175	0
J	133	224	-
E	196	196	0
E1	210	224	-
F	210	210	0
T	203	224	-
U	217	378	-
R	210	406	-
G	266	266	0
H	308	336	-
Ti	350	378	-
S	406	434	-
K	308	308	0
L	350	350	0
I	406	413	-
M	434	441	-
N	434	434	0
O	413	434	-

P	399	427	-
V	462	462	0
Y	476	476	0

Bundan sonra kritik yörüngemizi şöyle yazabiliriz;

A-B-Ct-Cb-C₁-C₂-C₃-Db-Dz-D₁-D₂-D₃-E-F-G-K-L-N-V-Y

A – B	=	7
B – Ct	=	7
Ct – Cb	=	7
Cb – C ₁	=	42
C ₁ – C ₂	=	21
C ₂ – C ₃	=	21
C ₃ – Db	=	14
Db – Dz	=	14
Dz – D ₁	=	14
D ₁ – D ₂	=	14
D ₂ – D ₃	=	14
D ₃ – E	=	21
E – F	=	14
F – G	=	56
G – K	=	42
K – L	=	42
L – N	=	84
N – V	=	28
V – Y	=	14

Böylece kritik yörüngeden elde ettiğimiz değer sonucunda projenin en erken bitirilebilme süresi 476 gündür.

Aynı olayı birde pert tekniğiyle ele alacak olursak.

<u>Faaliyetler</u>	<u>a</u> (iyimser süre)	<u>m</u> (normal süre)	<u>b</u> (kötümser süre)	<u>x</u>	<u>s²</u>
A-B	6	7	8	7	0,11
B-Ct	6	7	8	7	0,11
Ct-Cb	6	7	8	7	0,11
Cb-C ₁	40	42	44	42	0,44
C ₁ -C ₂	20	21	22	21	0,11
C ₂ -C ₃	20	21	22	21	0,11
C ₃ -Db	12	14	16	14	0,44
Db-Dz	12	14	16	14	0,44
Db-J	12	14	16	14	0,44
Dz-D ₁	12	14	16	14	0,44
D ₁ -D ₂	12	14	16	14	0,44
D ₂ -D ₃	12	14	16	14	0,44
D ₃ -E	20	21	22	21	0,11
E-E1	6	7	8	7	0,11
E-F	12	14	16	14	0,44
J-G	40	42	44	42	0,44
E1-G	40	42	44	42	0,44
F-G	54	56	58	56	0,11
E-T	6	7	8	7	0,11
E-U	20	21	22	21	0,11
E-R	12	14	16	14	0,44
T-G	40	42	44	42	0,44
T-U	0	0	0	0	0
G-K	40	42	44	42	0,44

G-H	40	42	44	42	0,44
H-Ti	40	42	44	42	0,44
Ti-S	54	56	58	56	0,11
U-S	54	56	58	56	0,11
K-L	40	42	44	42	0,44
L-I	54	56	58	56	0,44
I-M	26	28	30	28	0,11
L-M	54	56	58	56	0,44
L-P	54	56	58	56	0,44
L-O	54	56	58	56	0,44
L-N	54	56	58	56	0,44
R-V	54	56	58	56	0,44
S-V	26	28	30	28	0,44
M-V	80	84	88	84	1,77
P-V	54	56	58	56	0,44
O-V	6	7	8	7	0,11
N-V	6	7	8	7	0,11
V-Y	12	14	16	14	0,44

$$\text{Ortalama} = \bar{x} = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$\text{Varyans} = S^2 = \frac{(b-a)^2}{6}$$

Projenin varyansı

$$S^2 = 0,11 + 0,11 + 0,11 + 0,44 + 0,11 + 0,11 + 0,44 + 0,44 + 0,44 + 0,44 + 0,44 + 0,11 + 0,44 + 0,11 + 0,44 + 0,44 + 0,44 + 0,11 + 0,44 = 5,72$$

Standart sapma = S = 2,39 gündür

Projenin 475 günde veya daha az sürede tamamlanma olasılığı?

$$Y = 475$$

$$U = 476$$

$$S = 2,39$$

$$Z = \frac{T_s - T_e}{S} = \frac{475 - 476}{2,39} = -0,346$$

6. SONUÇ

Proje planlama teknikleri, gerçek hayatta karşılaşılan problemleri basit bir şekle indirgeyerek çözmeye çalışmaktadır. Bu teknikler özellikle sağladıkları bakış açılan ve problem yapısını kurmada sağladıkları kolaylıklar açısından proje yöneticilerine oldukça yardımcı olmaktadır. Tekniklerin sağladıkları farklı zaman-maliyet kombinasyonları proje yöneticilerine optimum veya optimuma yakın alternatifleri seçme imkanı tanımaktadır.

Proje planlama teknikleri, projelerin planlanması, programlanması ve kontrolünde kullanılmaktadır. Proje planlama teknikleri sayesinde, yöneticiler, planlanan veya beklenmedik değişimlerin gelecekteki etkilerini tahmin edebilmekte ve gerekli önlemleri almaktadır. Bu teknikler sayesinde, proje yöneticisi, projedeki faaliyetlerin süresini belirleyerek, projenin gerisinde kalan faaliyetleri ve bunların projenin gidişatı üzerindeki etkilerini tespit edebilmektedir. Proje planlama teknikleri, kaynakların zaman ve maliyet faktörleri açısından değerlendirilmesine imkan vererek, proje kontrolünü sağlamaya yardımcı olmaktadır. Projenin gerçekleştirilmesi sırasında, bazı faaliyetler planlananın gerisinde, bazıları da ilerisinde olabilir. Bu durumda, planlanandan ileri düzeyde olan faaliyetlerden, planlananın gerisinde olan faaliyetlere bir kaynak aktarımı yapılarak, projenin gecikmesi önlenebilir. Bunun için de öncelikle proje çalışmaları sırasında sorun yaratabilecek alanların, planlananın ilerisinde ve gerisinde olan faaliyetlerin tespit edilmesi gerekmektedir.

Çalışmada da incelendiği gibi, PERT ve CPM arasındaki temel fark, süre tahminlerinde görülmektedir. CPM, faaliyet sürelerinin daha önce yapılmış çalışmalara dayanarak tahmin edilebildiği durumlarda, PERT ise, özellikle faaliyet sürelerini tahmin etmede belirsizliklerin söz konusu olduğu durumlarda kullanılmaktadır.

CPM ve PERT teknikleri sayesinde, projenin tamamlanma süresini etkileyen kritik faaliyetler ve kritik yollar, bulunarak, kritik faaliyetlere, kritik olmayan hangi faaliyetlerden kaynak aktarımı yapılabileceği ve projenin tamamlanma süresi tespit edilmeye çalışılabilir.

Çalışmada, CPM'in kullanılmasıyla projenin tamamlanma süresi 476 gün olarak bulunmuştur. Projenin kritik yolu, A-B-Ct-Cb-C1-C2-C3-Db-Dz-D1-D2-D3-E-F-G-K-L-N-V-Y , kritik faaliyetleri de A-B-Ct-Cb-C1-C2-C3-Db-Dz-D1-D2-D3-E-F-G-K-L-N-V-Y olarak bulunmuştur. Bu faaliyetlerdeki herhangi bir gecikme, tüm projenin gecikmesine neden olabilir. Projenin standart sapması, kritik faaliyetlerin standart sapmalarının toplanmasıyla bulunan, 2.39 gündür. Yani projenin toplam beklenen zamanı ay sapma gösterebilir. Ayrıca projede Pert tekniği kullanılarak çalışmanın standart sapması 2.39 gün olarak bulunmuştur. Projenin tamamlanma süresinden yani 475 günden daha kısa sürede tamamlanıp tamamlanamayacağına bakılmış fakat sonuç olumsuz çıkmıştır. Projenin kritik yolları ve kritik faaliyetleri tespit edilmiştir. Bulunan kritik faaliyetler sayesinde, proje yöneticisi, hangi faaliyetlerde hiç aksama yapılmamasına ve üzerinde önemle durulması gerektiğine karar verebilir.

KAYNAKÇA

Barutçugil, İ. S. (1984) "Büyük Ölçekli Yatırım Projelerinin Yönetimi", *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5/2:162

Barutçugil, İ. S. (1988) "Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri" *Uludağ Üniversitesi Yayınları*, 2.Baskı, 239-240

Cottrell, D. (1999) "Simplified Program Evaluation and Review Technique", *Journal of Construction Engineering and Management*, Jan/Feb, 125/1:17

Çimen, S. (1994) *Projelerde Başarıyı Belirleyen Faktörler ve Kamu Kuruluşlarında Bu Faktörlere Yaklaşımın Belirlenmesi*, Yayınlanmamış Uzmanlık Tezi, DPT Uzmanlık Tezleri.

Dunne, E. J. ve Klementowski, L.J. (1982) "An Investigation of The Use of Network Techniques in Research and Development Management", *IEEE Transactions On Engineering Management*, 29/3, August:77.

Grow, T.A. (1915) *Construction: A Guide For The Profession*, Prentice-Hall, Inc.,

Halaç, O. (1995) *Kantitatif Karar Verem Teknikleri*, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.

Hillier F. S. and Lieberman, G.J. (1995) *Introduction To Operations Research*, McGraw Hill Inc.

Hoare, H.R. (1973) *Project Management Using Network Analysis*, McGraw Hill Company.

İpeköz, B. (1994) *PERT Analizi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Krajewski, L.J. and Thompson, H.E. (1981) *Management Science: Quantitative Methods in Context*, John Wiley & Sons, Inc.

Krajewski, L. J. and Ritzman, L.P. (1996) *Operations Management: Strategy and Analysis*, 4th Edition, Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

Levin, R. I. and Kirkpatrick, C.A. (1973) PERT ve CPM İle Planlama Ve Denetim, *ODTÜ, İdari Bilimler Fakültesi*, 2.Baskı, Yayın: 12, Ogun Kardeşler Matbaası.

Monks, J. G. (1996) *Schaum's Outline of Theory and Problems of Operations Management*, 2nd Edition, McGraw-Hill Inc.

Öcal, M.E. (1991) *Yapı Projelerinde Kullanılan Kaynakların Planlama ve Kontrolünde Şebeke Analizi ve Çubuk Diyagrama Dayalı Karma Bir Model Önerisi ve Uygulaması*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Rowe, K. (1975) *Management Techniques For Civil Engineering Construction*, Applied Science Publishers Ltd.

Sauls, E. (1978) "The Use of GERT", *IEEE Engineering Management Review*, 6/12, June:30.

Schleip, W and Schleip, R. (1972) *Planning and Control in Management: The German RPS System*, Peter Peregrinus Ltd., England.

Stevenson, W. J. (1996) *Production/Operations Management*, IRVVIN, Inc.

Halaç, O. (1995) *Kantitatif Karar Verem Teknikleri*, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.

Hillier F. S. and Lieberman, G.J. (1995) *Introduction To Operations Research*, McGraw Hill Inc.

Hoare, H.R. (1973) *Project Management Using Network Analysis*, McGrawv Hill Company.

İpeköz, B. (1994) *PERT Analizi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Krajewski, L.J. and Thompson, H.E. (1981) *Management Science: Quantitative Methods in Context*, John Wiley & Sons, Inc.

Krajewski, L. J. and Ritzman, L.P. (1996) *Operations Management: Strategy and Analysis*, 4th Edition, Addison-VVesley Publishing Company, Inc.

Levin, R. I. and Kirkpatrick, C.A. (1973) PERT ve CPM İle Planlama Ve Denetim, ODTÜ, İdari Bilimler Fakültesi, 2.Baskı, Yayın: 12, Ongun Kardeşler Matbaası.

Monks, J. G. (1996) *Schaum's Outline of Theory and Problems of Operations Management*, 2nd Edition, McGraw-Hill Inc.

Öcal, M.E. (1991) *Yapı Projelerinde Kullanılan Kaynakların Planlama ve Kontrolünde Şebeke Analizi ve Çubuk Diyagrama Dayalı Karma Bir Model Önerisi ve Uygulaması*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Rowe, K. (1975) *Management Techniques For Civil Engineering Construction*, Applied Science Publishers Ltd.

Sauls, E. (1978) "The Use of GERT", IEEE Engineering Management Review, 6/12, June:30.

Schleip, W and Schleip, R. (1972) *Planning and Control in Management: The German RPS System*, Peter Peregrinus Ltd., England.

Stevenson, W. J. (1996) *Production/Operations Management*, IRVVIN, Inc.