



Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü  
İşletme Anabilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı

## **ŞEBEKE ANALİZİ İLE PROJE YÖNETİMİ**

Emre Hayri Baraz

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı  
Yrd. Doç. Dr. Hüdaverdi Bircan

Sivas  
2008



# ŞEBEKE ANALİZİ İLE PROJE YÖNETİMİ

Emre Hayri Baraz

Cumhuriyet Üniversitesi  
Sosyal Bilimler Enstitüsü

Lisansüstü Eğitimi, Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin İşletme Anabilim  
Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

Sivas  
Ekim 2008

## KABUL VE ONAY

Emre Hayri Baraz'ın hazırlamış olduğu “Şebeke Analizi ile Proje Yönetimi” başlıklı bu çalışma, 17.10.2008 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından “İşletme Anabilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı”nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

---

Prof. Dr. Mahmut KARTAL, (Başkan)

İmza

---

Yrd. Doç. Dr. Hüdaverdi BİRCAN, (Danışman)

İmza

---

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali ALAN

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum. ..../..../....

İmza

Prof. Dr. Zafer CİRHİNLİOĞLU

Enstitü Müdürü

## ÖZET

BARAZ, Emre Hayri, Şebeke Analizi ile Proje Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, Sivas, 2008.

Bir proje çalışmasından maksimum ölçüde başarı sağlamak için, öncelikle projeyi oluşturan faaliyetlerin, bunların birbirlerine olan bağımlılıklarının ve öncelik ilişkilerinin en iyi şekilde tanımlanması gerekmektedir. Tüm bunlar ise CPM ve PERT Analizi tekniklerindeki faaliyetleri ve olayları gösteren şebeke diyagramları sayesinde sağlanabilmektedir.

Çalışmada, proje planlama teknikleri kısaca anlatılmış, proje planlama teknikleri olan CPM ve PERT'in tarihsel gelişimleri, özellikleri ve amaçları anlatılmıştır. Ve çalışmanın dördüncü bölümünde bir inşaat projesine PERT tekniği uygulanmıştır. Projenin kritik yolu ve bitiş süresi planlanmaya çalışılmıştır.

### **Anahtar Sözcükler**

Proje Yönetimi, Proje Planlama Teknikleri, Şebeke Analizi, PERT, CPM

## **ABSTRACT**

BARAZ, Emre Hayri, Şebeke Analizi ile Proje Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, Sivas, 2008.

In order to obtain maximum benefits from a project study, firstly, the activities comprise the project, dependence of each others and indispensable relations have to be defined well. For this purpose, system diagrams were used in order to determine the events and activities in the CPM and PERT analysis techniques.

In this study, the project planning techniques called CPM and PERT's historic improvements, features and aims were explained. In the fourth part, PERT technique has been implemented to a building project and also tried to plan the project's critical path and the final time.

### **Key Words**

Project Management, Project Planning Techniques, Network Analysis, PERT, CPM

**İÇİNDEKİLER**

Sayfa No

<b>ÖZET</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>III</b>
<b>TABLO ve ÇİZİMLER DİZİNİ</b> .....	<b>VI</b>
<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>

**BİRİNCİ BÖLÜM**

<b>PROJE ve PROJE YÖNETİMİ KAVRAMI</b> .....	<b>4</b>
1.1. Proje Kavramı.....	4
1.2. Proje Yönetimi Kavramı.....	6
1.2.1. Proje Yönetimini Gerekli Kılan Nedenler.....	9
1.2.2. Proje Türleri ve Aşamaları.....	11
1.3. Proje Yönetiminin Yararları ve Maliyetleri.....	14
1.4. Projelerin Planlanması, Programlanması ve Kontrolü.....	16
1.4.1. Proje Planlama.....	16
1.4.2. Proje Programlama.....	19
1.4.3. Proje Kontrolü.....	22

**İKİNCİ BÖLÜM**

<b>PROJE PLANLAMA ve KONTROL TEKNİKLERİ</b> .....	<b>24</b>
2.1. Proje Kontrol Tabloları.....	26
2.2. GANTT Şemaları.....	28
2.3. Şebeke Analizi.....	30
2.4. Proje Planlama Diyagramları.....	31

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

<b>ŞEBEKE ANALİZİ, CPM, PERT KAVRAMLARI.....</b>	<b>32</b>
3.1. Şebekeyi Oluşturan Temel Kavramlar.....	36
3.1.1. Faaliyetler.....	36
3.1.2. Olaylar.....	37
3.1.3. Kritik Yol.....	38
3.1.4. Kukla Faaliyetler.....	38
3.2. Şebeke Diyagramı.....	39
3.2.1. Şebeke Diyagramının Oluşturulması.....	39
3.2.1.1. <i>Şebeke Diyagramı Oluşturulmasında Uyulması Gereken Temel Kurallar</i> .....	39
3.2.1.2. <i>Şebeke Diyagramı Çizilmesinde Karşılaşılan Bazı Durumlar ve Açıklamaları</i> .....	40
3.2.1.3. <i>Şebeke Diyagramının Oluşturulmasında Yapılabilecek Bazı Hatalar</i> .....	43
3.2.1.4. <i>Faaliyetlerin Numaralandırılması</i> .....	44
3.2.2. Şebeke Diyagramında Faaliyetlerin ve Olayların Zamanlandırılması.....	45
3.3. CPM Tekniği.....	48
3.3.1. CPM'in Tarihsel Gelişimi ve Özellikleri.....	48
3.3.2. CPM'in Avantajları ve Eksik Yönleri.....	49
3.4. PERT Tekniği.....	51
3.4.1. PERT Çalışmalarının Verimliliği İçin Bazı Kurallar.....	51
3.4.2. Şebeke İskeletinin Kurulması.....	52
3.4.3. Şebeke Planlaması ve Çizimi.....	52
3.4.4. PERT'te Faaliyet Sürelerinin Hesaplanması ve Projenin Beklenen Süresinin Bulunması.....	54
3.4.5. PERT Şebekesinin Değerlendirilmesi.....	59

**DÖRDÜNCÜ BÖLÜM**

<b>PERT TEKNİĞİNİN GEMEREK MESLEK YÜKSEKOKULU</b>	
<b>İNŞAAT PROJESİNE UYGULANMASI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA</b>	<b>60</b>
4.1. Proje ve Çalışma Hakkında Genel Bilgi.....	61
4.2. Projede Yapılması Gereken Ön Tanımlamalar ve Hesaplamalar.....	61
4.3. Şebekedeki Yollar.....	67
<b>SONUÇ.....</b>	<b>71</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>72</b>

<b>TABLO ve ÇİZİMLER DİZİNİ</b>	<b>Sayfa No</b>
<b>ÇİZİM 1.1.</b> Proje Yönetiminin Safhalarının Şematik Olarak Gösterimi.....	7
<b>ÇİZİM 1.2.</b> Proje Yönetimi Akış Şeması.....	8
<b>ÇİZİM 2.1.</b> Projenin Aşamaları Boyunca Zaman Maliyet Belirsizliği.....	25
<b>ÇİZİM 2.2.</b> Proje Kontrol Tablosu.....	27
<b>ÇİZİM 2.3.</b> Basit Bir GANTT Şeması.....	29
<b>ÇİZİM 3.1.</b> Üç Farklı Faaliyetin Gösterimi.....	38
<b>ÇİZİM 3.2.</b> Üç Farklı Faaliyetin Kukla Faaliyetle Bağlanması.....	38
<b>ÇİZİM 3.3.</b> Şebeke Diyagramının Çiziminde Karşılaşılan Bazı Durumlar	
Durum 1.....	40
<b>ÇİZİM 3.4.</b> Şebeke Diyagramının Çiziminde Karşılaşılan Bazı Durumlar	
Durum 2.....	40
<b>ÇİZİM 3.5.</b> Şebeke Diyagramının Çiziminde Karşılaşılan Bazı Durumlar	
Durum 3.....	41
<b>ÇİZİM 3.6.</b> Şebeke Diyagramının Çiziminde Karşılaşılan Bazı Durumlar	
Durum 4.....	41
<b>ÇİZİM 3.7.</b> Şebeke Diyagramının Çiziminde Karşılaşılan Bazı Durumlar	
Durum 5.....	41
<b>ÇİZİM 3.8.</b> Şebeke Diyagramının Çiziminde Karşılaşılan Bazı Durumlar	
Durum 6.....	42
<b>ÇİZİM 3.9.</b> Şebeke Diyagramının Çiziminde Karşılaşılan Bazı Durumlar	
Durum 7.....	42
<b>ÇİZİM 3.10.</b> Şebeke Diyagramının Çiziminde Karşılaşılan Bazı Durumlar	
Durum 8.....	43
<b>ÇİZİM 3.11.</b> İlmik Hatası.....	43
<b>ÇİZİM 3.12.</b> Askı Hatası.....	44

<b>ÇİZİM 3.13.</b> Beta Dağılımları.....	55
<b>ÇİZİM 3.14.</b> Şebeke Diyagramı.....	57
<b>ÇİZİM 3.15.</b> Projenin Normal Dağılışa Göre İhtimali.....	59
<b>ÇİZİM 4.1.</b> Projenin Şebeke Diyagramı.....	66
<b>TABLO 3.1.</b> Faaliyetlerin Tahmini Süreleri.....	56
<b>TABLO 3.2.</b> Faaliyetlerin Varyans ve Ortalamaları.....	58
<b>TABLO 4.1.</b> Faaliyet Süreleri.....	64
<b>TABLO 4.2.</b> Faaliyetlerin Varyans ve Ortalamaları.....	65
<b>TABLO 4.3.</b> Faaliyetlerin Boşluk Süreleri.....	69

## GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte insanlar, firmalar ve kurumlar yapılan bütün işlerde hız, düşük maliyet ve minimum hataya daha da önem vermeye başlamışlardır. Bunun için ise yapılacak bütün çalışmalarda proje hazırlamanın önemi artmıştır. Proje; önceden belirlenmiş spesifik amaçlara belirli bir zaman diliminde optimum bir şekilde ulaşmak üzere kaynakların nasıl ve ne şekilde kullanılacağını gösteren planlamalardır.

Yapılan projeler sayesinde iş yapılmadan önce işin maliyeti ve süresi ile ilgili tahminler yapılabilecek, işin gidişatı esnasında meydana gelen aksaklıklar daha kolay tespit edilebilecek veya olası aksaklıklar önceden tespit edilerek gerekli önlemler alınabilecektir. İş tamamlandığında ise geriye dönük kontroller yapılarak işin başarısı denetlenebilecek ve gelecekteki işler için kalıcı tedbirler alınabilecektir.

Projelerin tespit edilen süre içinde tamamlanması ve projede belirlenen amaçların istenen düzeyde gerçekleşmesi, proje yönetimi sayesinde sağlanmaktadır. Proje yönetimi; projelerin planlanması, programlanması ve kontrolüyle gerçekleştirilmektedir. Proje yönetiminin önemi burada kendisini göstermektedir. Çünkü bir işin yapılmasında oluşturulacak projeler etkin bir şekilde yönetilmezlerse başarısız olacak, buda işin başarısızlığına sebep olacaktır.

Uygarlığın gelişimiyle paralel olarak gelişen inşaat sektörü; geçmişten bu zaman kadar, faaliyet sürekliliği ve ekonomik hacmi bakımından en önemli sektörlerden biri olmuştur. Dünya nüfusunun artışı ve insanların barınma ihtiyacının sürekli olması, bu sektörün gelecekte de bu önemini artırarak devam ettireceğini göstermektedir.

Rekabetin iyice yoğunlaştığı günümüzde, üretimin daha verimli hale getirilebilmesi ve bu sayede rekabet gücünün artırılması bütün endüstri sektörlerinde olduğu gibi inşaat sektöründe de benimsenmiştir. Bu sebeple projelerin tespit edilen zamanda bitirilmesi; gerek maliyetlerin en alt düzeyde tutulabilmesi ve gerekse müşteri (kişi veya kurum) memnuniyeti açısından son derece önemlidir. Günümüzdeki modern inşaat projeleri; temel kazılmasıyla başlamakta ve beton, demir, duvar işleri, izolasyon, sıva, döşeme, duvar kaplamaları gibi faaliyetlerle devam etmekte ve çatı işleri ile son bulmaktadır. Hatta inşaat firmalarının müşterileri

ile yaptıkları anlaşmalara bağlı olarak çevre düzenlemesi ve bazı altyapı faaliyetleri de projeye dahil olabilmektedir. Bu faaliyetlerin her birisi de kendi içerisinde asansör, elektrik, paratoner tesisatları gibi birçok detayı barındırmaktadır. Yukarıda sayılan faaliyet aşamalarında kullanılan malzeme, işçi ve makine gibi unsurların maliyetleri (ücretler, kiralama ve alternatif maliyetler) ve yapılan anlaşmalar ile belirlenen teslim tarihi gibi kısıtlamalar göz önüne alındığında bir inşaat projesinde zamanlamanın ne kadar önemli olduğu daha açık olarak görülebilmektedir.

Projelerin tespit edilen süre içinde tamamlanması ve projede belirlenen amaçların istenen düzeyde gerçekleşmesi, proje yöntemi sayesinde sağlanmaktadır. Proje yönetimi; projelerin planlanması, programların oluşturulması ve kontrolüyle gerçekleştirilmektedir. Bu sayılan aşamaların yerine getirilebilmesi içinde “Şebeke Analizi” gibi teknik yöntemlere başvurulmaktadır.

Bu çalışmada, proje yönetiminin gerçekleştirilmesini sağlayan şebeke analizi teknikleri ele alınacak ve bir inşaat projesi şebeke analizi yöntemlerinden PERT yöntemi ile yönetilmeye çalışılacaktır.

Proje, belirli başlangıç ve bitiş noktası olan; amacı, kapsamı ve bütçesi açıkça tanımlanmış ve bir defaya mahsus gerçekleştirilen aktivitelerin bütünüdür.

Proje yönetimi bir projenin gerçekleştirilmesi için gerekli eylemlerin önceden belirtilen koşullara uygun biçimde yerine getirilmesinin sağlanması; proje kapsamında ortaya çıkabilecek sorunların ve aksaklıkların öngörülmesi ve bu doğrultuda gerekli önlemlerin ve tedbirlerin alınması için yapılır. Bir proje çalışmasından maksimum ölçüde başarı sağlamak için, öncelikle projeyi oluşturan faaliyetlerin, bunların birbirlerine olan bağımlılıklarının ve öncelik ilişkilerinin en iyi şekilde tanımlanması gerekmektedir. Tüm bunlar ise CPM ve PERT Analizi tekniklerindeki faaliyetleri ve olayları gösteren şebeke diyagramları sayesinde sağlanabilmektedir.

Çalışmada şebeke analizi (proje yönetimi) tekniklerinden CPM (Critical Path Method) ve PERT (Project Evaluation and Review Technique)’e ağırlık verilecektir. Şebeke analizi teknikleri ile ilgili çalışmalar genel olarak düşünüldüğünde, 20. yüzyılın başlarına kadar dayanmaktadır. Modern anlamdaki şebeke analizi sistemlerinin gelişimi, II. Dünya Savaşı sonrasına rastlar. İlk başlarda inşaat ve mühendislik alanlarında kullanılan bu teknikler günümüzde uygulama alanlarını

genişleterek bilişim, sağlık, eğitim, savunma, medya ve bankacılık gibi pek çok alanda etkin bir biçimde kullanılmaktadır

Çalışmanın amacı, şebeke analizi tekniklerinin, bu tekniklerin proje ve proje kaynaklarını programlarken kullanılışlarının incelenmesi ve PERT Tekniğinin bir inşaat projesine uygulanarak, projenin mümkün olan en kısa zamanda bitirilmesine çalışılması ve bu esnada projede karşılaşılabilecek olası problemlerin tanımlanarak alternatif çözüm yollarını araştırılmasıdır.

Araştırmada, inşaat projesinde özellikle zaman ve maliyet bilgilerini sağlamak amacıyla ölçüm ve değerlendirmeler yapılacaktır. Bunun için inşaat projesinin şantiye, lojistik ve finans konuları üzerinde daha fazla durulması gerekmektedir. Bu konular üzerinden gerekli verileri elde edebilmek için tahmini ve teknik bilgilere başvurulacaktır. Bu gibi bilgilerden elde edilen veriler (projenin seyrine göre değişebilir) “şebeke Analizi” tekniklerinde kullanılmak üzere derlenecek ve yorumlanarak proje yönetimi için hazır hale getirilecektir.

Bu işlemler esnasında projenin seyrine göre ortaya çıkacak ihtiyaçlar doğrultusunda; kaynak kitaplardan, tecrübeli kişilerden, daha önceden bu konu üzerine yapılmış çalışma ve analizlerden ve gerek görüldüğü yerlerde bilgisayar programlarından faydalanılacaktır.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### PROJE VE PROJE YÖNETİMİ KAVRAMI

Bu bölümde proje ve proje yönetimi kavramları açıklanacak ve proje yönetiminin aşamaları hakkında bilgi verilecektir.

#### 1.1. PROJE KAVRAMI

Basit bir ifade ile proje, belirli başlangıç ve bitiş noktası olan; amacı, kapsamı ve bütçesi açıkça tanımlanmış ve bir defaya mahsus gerçekleştirilen aktivitelerin bütünüdür.

Proje kavramı literatürde birbirinden farklı şekillerde açıklanmıştır ama hepsinde anlatılmak istenen aynıdır. Bu tanımlardan birkaçını saymak gerekirse;

Belirlenmiş bir hedefi gerçekleştirmek için belirli bir sırada uygulanması gereken, birbiri ile öncelik – sonralık ilişkisine sahip faaliyetlerin bütünü olarak tarif edilebilir. Söz konusu faaliyetler birbiri ile mantıksal bir sıra içinde ilişki halindedir. Yani bazı faaliyetler, bazı faaliyetler tamamlanmadan başlayamazlar.<sup>1</sup>

Diğer bir tanımı ile proje; belli bir amaca ulaşmak için, uygun kaynakları kullanarak, belirli süre ve maliyet sınırları içinde tamamlanması gereken faaliyetler dizisidir.<sup>2</sup>

Başka bir tanımda ise proje; hedeflenen belli bir amacı gerçekleştirmek için birbiri ile ilişkili olan faaliyetler dizisinin oluşturduğu iş grupları şeklinde ifade edilmektedir. Baraj inşaatları, yeni geliştirilecek olan bir ürünün fikir olarak ortaya atılmasından pazara sunulmasına kadar yürütülen çalışmalar projeye örnek olarak gösterilebilir.<sup>3</sup>

Bir projenin temel özellikleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir:<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup>Copertari, L.F., Time, Cost and Performance Tradeoffs in Project Management, Yayınlanmış Doktora Tezi, McMaster University, Ocak 2002, s.2.

<sup>2</sup>Monks, Joseph G., **Schaum's Outline of Theory and Problems of Operations Management**, 1996, McGraw-Hill Inc., 2.b., 1996, s.352.

<sup>3</sup>Yamak, Oygur, **Üretim Yönetimi**, 1.b., Alfa Basım Yayın Dağıtım, 1994, İstanbul, s.259.

<sup>4</sup>Taha, H.A., **Operations Research, Development of Industrial Engineering**, University of Arkansas, Macmillan Publishing co. inc., New York, 1976, s.354.

— Her proje sonludur; proje bir hedefin belirlenip açıkça tanımlanmasıyla başlar. Hedef, yeni bir ürün geliştirmek, bir işletmenin re-organizasyonunu yaparak modernize etmek gibi çeşitli şekillerde açıklanabilir. Hedefin gerçekleştirilmesiyle proje tamamlanmış olur.

— Proje özgürdür; bir projenin özgürlüğü, o projenin daha önce yapılmamış olması ya da daha önce yapılmış olsa bile aynı koşulların birebir oluşturulmasının olanaksız olması gerektiğidir.

— Proje tekrar edilebilir; bir proje gerek uygulama aşamasında gerekse uygulamaya başlanmadan önce, projenin dahilinde ve haricindeki etkenlerin gerektirdiği doğrultuda yeniden yapılanmaya, yeniden düzenlenmeye uygun esnek bir oluşumdur.

— Proje faaliyetler bütünüdür; proje önceden belirlenmiş çok sayıda faaliyetin yapılmasıyla gerçekleşir. Faaliyetler bir projenin yapı taşlarıdır.

— Proje karmaşıktır; faaliyetler arasında mantıksal ilişkiler mevcuttur. Bu ilişkiler, projenin başlangıcı ile bitişi arasındaki akış yapısını oluşturur.

Yukarıdaki sayılan özelliklerden başka bir projenin teknik ve yönetim açısından da bazı ortak özellikleri mevcuttur. Her proje için geçerli olan bu özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Projelerin teknik özellikleri:<sup>5</sup>

— Her projenin belli bir başlangıcı ve bitişi vardır,

— Bir proje faaliyetlerden ve olaylardan oluşur,

— Faaliyetler; proje içinde birbirini izleyen ve birbirleri ile ilişkili işlemlere denir ve her birinin belli bir süresi vardır. Her bir faaliyetin başlangıç ve bitiş noktasında olaylar yer alır. Olaylar zaman içinde aniden gerçekleştiklerinden süreleri sıfırdır. Projedeki faaliyetler öncelik ilişkilerine göre sıralanırlar.

Projelerin yönetim açısından önem taşıyan özellikleri ise:<sup>6</sup>

— Projeler belli bir bütçe ile belli bir zaman içinde istenen amaca ulaşmayı hedeflediklerinden, önemli kaynakların kullanımını gerektirirler ve örgütsel yapıları değiştirirler, bu yüzden karmaşık çabalardır,

<sup>5</sup>Yamak, a.g.e., s.260.

<sup>6</sup>Barutçugil, İsmet, **Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri**, Uludağ Üniversitesi Yayınları, 2.b., 1984,

— Proje ilerledikçe, özelliklerinde birtakım değişiklikler görülebilir. Her aşamada kaynakların harcama hızı değişebilir. Projeye katkıda bulunan insanlar, örgütler ve diğer kaynaklar ve gereksinim duyulan bilgi ve becerilerin niteliği her aşamada farklılaşır. Bu nedenle örgütlerin, bu farklılaşmaya uygun olarak ve esnek bir yapıda oluşturulmaları gerekmektedir,

— Projenin bitiş noktalarına doğru maliyet, zaman ve teknik koşullarla ilgili belirsizlikler giderek azalır, proje tamamlandığında ise bu belirsizlik tamamen ortadan kalkar. Her faktördeki belirsizlik, birbirine bağlı aşamaların tamamlanmasıyla giderek kaybolur. Ulaşılmak istenen hedefe olabildiğince erken ve doğru bir şekilde ulaşmayı sağlayan proje planlama ve kontrol sistemlerine ve yöntemlerine, projelerin bu özelliğinden dolayı gereksinim duyulmaktadır,

— Proje hızlandırma çalışmalarının maliyeti, sonuca yaklaştıkça daha çok artmaktadır. Kaybedilen zamanın kazanılması aşamalarda ilerleme kaydedildikçe daha pahalıya mal olduğundan, tüm aşamalarda bütünleşmiş bir kontrol sisteminin kurulması gerekmektedir. Projedeki aşamalar birbirine bağlı olduğundan dolayı, ilk aşamada alınan kararların, daha sonraki aşamaların zaman ve maliyet faktörlerini etkilemesi söz konusu olduğundan, proje yöneticilerinin başlangıç kararlarında oldukça dikkatli davranmaları gerekmektedir.

## 1.2. PROJE YÖNETİMİ KAVRAMI

Proje yönetimi; büyük ölçekli yatırım projelerinin, uygun maliyetlerle, tespit edilen süre içinde tamamlanmasını ve projede belirlenen amaçların istenen düzeyde gerçekleşmesini sağlamaktadır. Proje yönetimi, başarılı bir şekilde uygulandığı takdirde, kaynakların boşa harcanması, zaman kaybı ve maliyet artışları önlenmiş olacaktır. Proje yönetimi ulaşmak istenen belli bir sonucu elde etmek için kullanılan maddi ve beşeri kaynakların ortak faaliyetlerini planlama, örgütleme, yürütme ve denetleme çalışmalarıdır.<sup>7</sup> Yani proje yönetiminde amaç ulaşmak istenilen sonuca eldeki kaynakların optimum kullanımı ile ulaşmaktır. Proje yönetimi ile projenin

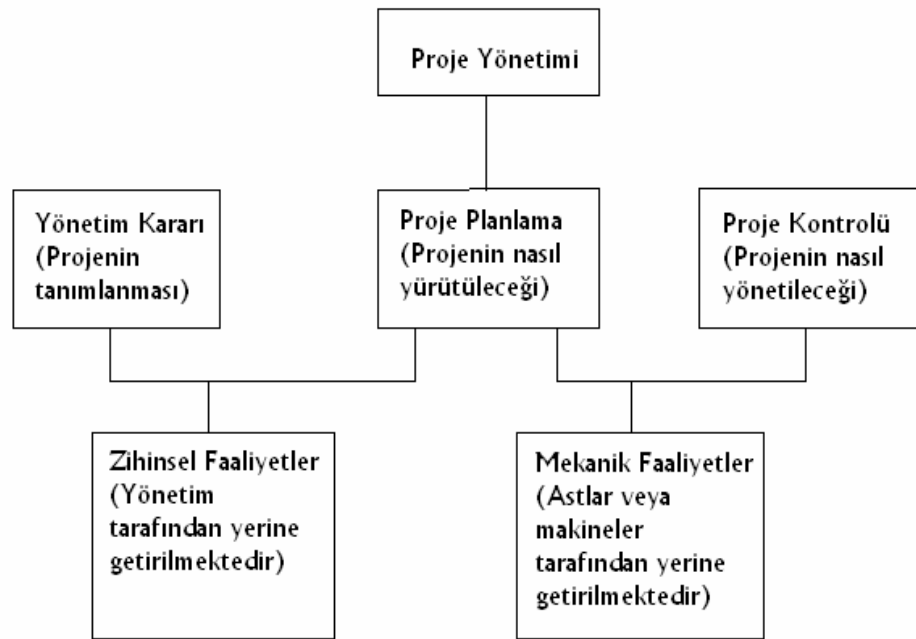
---

<sup>7</sup>Barutçugil, 1984, a.g.e., s.155.

kontrolü ve projenin hesaplanan sürede eldeki kaynakların optimum kullanımı ile tamamlanması sağlanır.

Projelerin başarılı bir şekilde yürütülmesi için uygun teknoloji kullanımı ve gerekli kaynakların tahsisinden başka, etkin ve başarılı bir proje yönetiminin de gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Bu noktada proje yönetiminin safhaları Çizim 1.1.'de gösterildiği gibi özetlenebilir.<sup>8</sup>



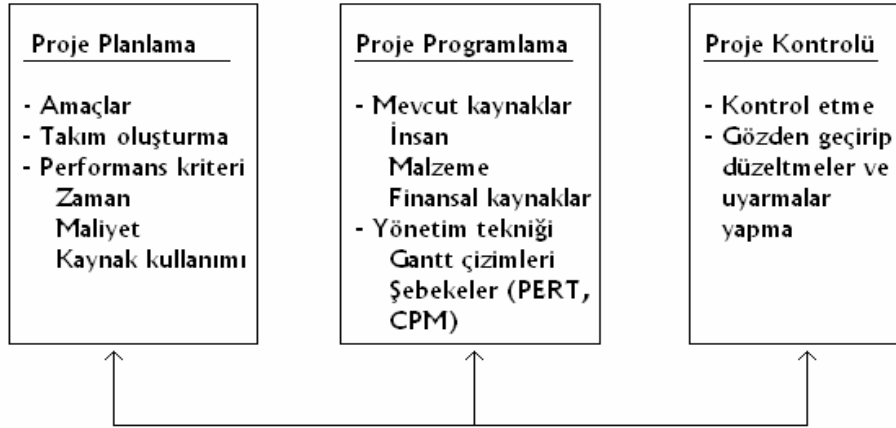
### Çizim 1.1. Proje Yönetiminin Safhalarının Şematik Olarak Gösterilmesi

Çizimde de görüldüğü gibi proje yönetimi; yönetim kararının verilmesi yani projenin tanımlanması, daha sonra projenin planlanması yani projenin nasıl yürütüleceğinin belirlenmesi ve proje kontrolü yani projenin yönetilmesi aşamalarından oluşmaktadır. Bu çizimde; yönetim kararı ve proje planlaması zihinsel faaliyetleri yani yönetim tarafından yerine getirilecek faaliyetleri, proje planlama ve proje kontrolü ise mekanik faaliyetleri yani astlar veya makineler tarafından yerine getirilecek faaliyetleri göstermektedir. Çizim proje yönetimi safhalarını, bu

<sup>8</sup>Burman, PJ, **Precedence Networks For Project Planning and Control**, Second Edition, McGraw Hill, 1972, s.5.

safhalarda yapılacak işleri ve bu işlerin kimler tarafından yerine getirileceğini açıkça göstermektedir.

Proje yönetiminin uygulanmasında akış şeması ise Çizim 1.2.'de gösterildiği gibi gösterilebilir;<sup>9</sup>



**Çizim 1.2.** Proje Yönetimi Akış Şeması

Çizimde de görüldüğü gibi proje yönetimine başlamak için önce proje planlaması yapmak gerekmektedir. Bunun için amaçlar belirlenmeli, bu amaçları gerçekleştirilecek takımlar oluşturulması ve performans kriterleri belirlenmelidir. Proje planlaması yapıldıktan sonra proje programlanmalıdır. Yani mevcut kaynaklar (insan, malzeme, finansal kaynaklar) doğru bir şekilde tespit edilmeli ve uygulanacak yönetim tekniği belirlenmelidir. Proje yönetiminin son aşamasında yani proje kontrolü aşamasında ise, işlemekte olan projenin mevcut durumu ile planlanan durumu karşılaştırılmalı ve gerekiyorsa düzeltici önlemler alınmalıdır.

Proje yönetiminin amacı; projenin en kısa zamanda ve minimum maliyetle tamamlanmasını sağlayacak faaliyetlerin yönetilmesidir. Proje yönetimi sayesinde proje denetimi yapılabilir. Denetim sayesinde proje, belirlenen zaman ve hesaplanan bütçe dahilinde tamamlanabilir. Bunun gerçekleşmesi için iki önemli unsurun yerine getirilmesi gerekir. Bunlardan ilki, projedeki tüm faaliyetleri ve çabaları bütünleştirecek bir proje yöneticisinin atanması, diğeri ise proje planlama ve denetim tekniklerinin uygulanması ve bu yöntemlerden etkin bir biçimde yararlanılmasıdır.<sup>10</sup>

<sup>9</sup>Monks, **a.g.e.**, s.352.

<sup>10</sup>Akmut, Özdemir, "Proje Planlama ve Kontrol Yöntemleri", **Atatürk Üniversitesi Yayınları:470**, Atatürk Üniversitesi Basımevi, Erzurum, 1976, s.1.

### 1.2.1. Proje Yönetimini Gerekli Kılan Nedenler

Proje yönetimi sürecinde yeni organizasyon yapılarının ve son derece özel, karmaşık planlama – kontrol tekniklerinin geliştirilmesinin temel nedeni, geleneksel organizasyon yapılarının ve yönetim tekniklerinin projelerin sorunlarını çözmede etkin ve başarılı olamamasıdır.

Projeler ilgili kişi ve kuruluşlar için geçici faaliyetlerdir ve ömürleri genellikle altı ay ile beş yıl arasındadır. Yönetim, organizasyon ve bilgi sistemleri her proje için yeniden oluşturulur. Genellikle bir proje işini üstlenen işletmeler ya da bunların alt bölümleri, aynı anda çeşitli projeler üstünde çalışmakta olabilirler. Bunların her biri de projelerin yaşam dönemlerinin farklı bir aşamasında bulunabilirler. Bir proje işi, bu nedenle katılan işletmeler veya bölümler arası bağımlılıklar açısından bakıldığında oldukça karmaşık bir görünüm sergiler. Bu durum, ister istemez farklı mesleklerden, değişik faaliyet alanlarından, bölümlerden ve işletmelerden kişilerin oluşturduğu karmaşık bir yapıyı gerektirir. Ayrıca, bu ilişkiler ve bağımlılıklar sürekli olarak gelişir ve değişirler. Genellikle, bir projenin başlangıcında işin ağırlığı “etüt – araştırma”dadır. Bu önem ve ağırlık, daha sonra sırasıyla tasarım, tedarik ve oradan da inşa (gerçekleştirme) ile doğrudan sorumlu işletmeye veya bölüme geçer. İş, son olarak deneme, teslim ve işletmeye veya kullanıma açma ile ilgili bölümlere aktarılır. Bu durum, bir projeye katkıda bulunan fonksiyonel bölümlerin yada işletmelerin hiçbirinin projenin yaşam döneminin tamamı üzerinde en önemli olma durumuna geçemeyeceklerini gösterir. Dolayısı ile, hiçbir bölüm veya işletme yöneticisinin tek başına bir proje için yürütme görevini üstlenen bir yönetici durumunda olamayacağı da ortaya çıkmaktadır.<sup>11</sup>

Projelerin, kendine özgü, tek olarak yürütülen taahhütler olması nedeniyle işin tanımlanması, organizasyonu, yetki ve sorumlulukların dağıtılması, planlama, bütçeleme ve kontrolün sağlanması, iletişim ve koordinasyon önemli sorunlar yaratacaktır. Bu sorunların tümü, yönetim fonksiyonunun başarılı bir biçimde yerine getirilmesi durumunda çözüme kavuşturulabilecek ve projenin amaçları gerçekleştirilebilecektir.

---

<sup>11</sup>Barutçugil, İsmet, **Proje Yönetimi**, Kariyer Yayıncılık, 1.b., 2008, İstanbul, s.25.

Proje organizasyonlarının yönetim fonksiyonunu ihmal etmelerinin ve yönetime gereken önemi vermemelerinin bazı nedenleri şöyle belirtilebilir:<sup>12</sup>

— Proje organizasyonları genellikle gerekenden az eleman çalıştırır. Bu durumda bazı önceliklerin belirlenmesi sorunu ortaya çıkar. Genellikle işin fiilen yürütülmesine yönelik teknik fonksiyonlara ağırlık verme eğilimi görülür ve planlama, organizasyon, yöneltme, koordinasyon ve kontrol gibi yönetim fonksiyonlarının yerine getirilmesinin önemi tehlikeli bir biçimde küçümsenir,

— Proje ile ortaya konulacak ürünün veya hizmetin benzersizliği, geleneksel süreçlere dayalı organizasyonlardaki yönetimin alışlagelmiş uygulamalarının güvenilirliğini ve yararlılığını azaltmaktadır. Proje organizasyonunun kendine özgü karmaşık yapısına ve işleyişine uygun tasarlanmış ve geliştirilmiş bir yönetim sistemi, karlılık ve başarı için vazgeçilmez bir önkoşuldur. Ancak, bu ihtiyaç, çoğu proje organizasyonu tarafından yeterince anlaşılamamaktadır,

— Bazı durumlarda, proje organizasyonları, küçük ölçekli olmakta, tek veya az sayıda girişimcinin mülkiyeti ve yönetimi altında faaliyet göstermektedir. Bu girişimciler, çoğu kez bir firmada uzman ya da yönetici olarak çalışırken parlak bir fikir, bilgi, beceri ve çabaları sonucu mülkiyete ve yöneticiliğe ulaşmışlardır. Başlangıçta, yönetim fonksiyonları kendileri için öncelik taşımadığından veya gerekli görülmediğinden yönetimin önemini kavrayabilmeleri çok geç ve güç olmaktadır.

Ancak günümüzde, proje organizasyonlarının yönetim fonksiyonuna giderek daha fazla önem vermelerini gerektirecek yönde gelişmeler yaşanmakta, yeni koşullar ortaya çıkmaktadır.

Her şeyden önce, proje organizasyonlarında ölçek büyümekte, bir projenin başlatılabilmesinden tamamlanmasına kadar geçen süre giderek artmaktadır. Dolayısıyla, proje için ayrılan parasal kaynaklarda önemli seviyelere ulaşmaktadır. Ayrılan zamanın ve kaynakların kullanımı konusunda giderek daha az esnek olma eğilimi ortaya çıkmaktadır. Hızla gelişen teknoloji nedeniyle daha fazla uzmanlaşmış işgücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bütün bunlar dikkate alındığında, teknolojik ve ticari anlamda çok yoğun bir rekabetin söz konusu olduğu pazarlarda başarılı

---

<sup>12</sup> Barutçugil, 2008, **a.g.e.**, s.26.

olabilmek için etkili proje yönetimi tekniklerine ve uygulamalarına çok büyük bir ihtiyaç bulunduğu açıkça ortaya çıkmaktadır.

Proje içinde planlama ve kontrol çalışmalarına büyük önem verilmelidir. Birçok proje, yetersiz ve uygun olmayan planlama ve kontrol sistemleri nedeniyle gecikmekte ve öngörülen bütçenin çok üstünde harcamalarla tamamlanmaktadır. Proje çalışmalarında iletişimin, koordinasyonun ve kontrolün etkinliğini sağlamak için proje işine özgü bilgi sistemlerine gerek duyulur. Bu sistemler, geleneksel yönetim – organizasyondaki sistemlerden farklı olmak zorundadırlar. Projelerin büyümesi ile birlikte, katkıda bulunan işletmelerin ve bölümlerin sayılarının artması ve faaliyetlerin karmaşıklaşması nedeniyle iletişim ve koordinasyon giderek daha da fazla önem kazanmaktadır.

Son olarak, bir projenin içerdiği geçici, karmaşık ilişkilerin ve yönetim tarzlarının projeye katkıda bulunan, amaçları ve yöntemleri farklılık gösteren çeşitli birimler ve insanlar arasında bir takım sorunlara yol açması kaçınılmazdır. Bu insanlar ve oluşturdukları gruplar arasında bir çatışma eğilimi her zaman olacaktır. Bu nedenle, geleneksel yönetim – organizasyon tekniklerinin ve uygulamalarının değiştirilmesi ve proje yönetimine uygun tekniklerin ve uygulamaların geliştirilmesi gerekmektedir.

Proje yönetimi kavramı, basit bir tanımlama ile projeye katılan farklı grupların işlerinin koordinasyonunu ifade eder. Geniş anlamda proje yönetimi ise proje faaliyetlerine katkıda bulunan tüm grupların etkin işleyen bir organizasyon içinde bütünleştirilmesidir. Bu nedenle, proje yönetimi günümüzde yönetim biliminde ayrı ve önemli bir uzmanlık alanını oluşturmaktadır. Bu alanda geliştirilen özel tekniklerin başarılı olmak isteyen tüm organizasyonlar tarafından bilinmesi, benimsenmesi ve uygulanması kaçınılmaz bir zorunluluktur.<sup>13</sup>

### **1.2.2. Proje Türleri ve Aşamaları**

İşletmeler ve organizasyonlar tarafından yürütülen birçok proje türü bulunmaktadır.

---

<sup>13</sup> Barutçugil, 2008, **a.g.e.**, s.26.

Bu projeler hedefledikleri amaçlara göre çok çeşitli şekillerde sınıflandırılabilirler. Mesela projeler, sektörler göre sınıflandırılabilirler. Madencilik sektörü, enerji sektörü, ulaştırma sektörü gibi.... Projeler niteliklerine göre de sınıflandırılabilirler. Bu sınıflandırma:<sup>14</sup>

- Tevsii projeleri,
- İdame ve yenileme projeleri,
- Modernizasyon projeleri,
- Yeni projeler.

Tevsii projelerinde amaç, mevcut tesislerin üretim (mal veya hizmet) kapasitesini arttırmaktır. İdame ve yenileme projeleri ise, üretim kapasitesine dokunmadan tesisteki üretim donanımlarının yenilenmesidir. Bu yenilenme işlemi eskimiş ve kullanılmayacak durumda olan donanımların değiştirilmesiyle ilgili işlemlerdir. Yine üretim kapasitesi esas alınmadan teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmış donanımların değiştirilme işlemleri ile süreçte modernizasyona da gidilebilir. Yeni projeler ise faaliyet halindeki mevcut tesislerden bağımsız olan yeni proje organizasyonlarıdır.

Projeler işlerine göre sınıflandırıldıkları zaman ise:<sup>15</sup>

- Ticari projeler,
- Ar-ge ve mühendislik projeleri,
- İnşaat ve sabit sermaye yatırım projeleri,
- Bilgi sistemleri ve yönetim projeleri.

Bu proje türlerini kısaca açıklamak gerekirse;

Ticari projeler: Belirli bir müşteri talebini karşılamak amacıyla yürütülen ve mühendislik faaliyetleri gerektiren projelerdir. Bunlar teknik, pazarlama ve imalat bakımından oldukça karmaşık olup birçok bağımsız örgütün işbirliğini gerektirirler.

Ar-ge ve mühendislik projeleri: Bu projelerin amacı yeni ürün veya üretim teknolojileri geliştirmek veya mevcut ürün ve teknolojilerde bir takım değişiklikler yapmaktır. Önemli derecede belirsizlikler içerirler.

<sup>14</sup>Çimen, Selahattin, "Projelerde Başarıyı Belirleyen Faktörler ve Kamu Kuruluşlarında Bu Faktörlere Yaklaşımların Belirlenmesi", **DPT Uzmanlık Tezleri**, 1994, s.5.

<sup>15</sup>Barutçugil, İsmet, **Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri**, Uludağ Üniversitesi Yayınları, 2.baskı, 1988, s.237 - 239

İnşaat ve sabit sermaye yatırım projeleri: Bunlar arazi, bina ve makine teçhizat satın alımı, kiralanması veya inşa edilmesi amacıyla yürütülen çalışmalardır.

Bilgi sistemleri ve yönetim projeleri: İşletme tarafından yürütülen projenin örgütlenmesini, işletme içindeki haberleşmeyi sağlayan ve yönetimi etkin bir şekilde yürütmek amacıyla gerçekleştirilen projelerdir.

Proje türlerini inceledikten sonra projelerin gerçekleştirilebilmeleri için izlenmesi gereken süreci de incelemekte fayda var. Dünya üzerinde yapılan çok safhalı bütün işlerde olduğu gibi projelerde bazı aşamalar vardır. Bu aşamalar projenin oluşturulmasında izlenmesi gereken yollar olabileceği gibi projenin uygulanması esnasında yapılması gereken sıralı işlerde olabilirler.

Projelerin genellikle birbiri içine girerek sürüp giden aşamalarında faaliyetlerin niteliği ve ölçeği sürekli olarak değişir. Bir proje devresi, yeni bir ürün ya da hizmet için bir talebin açıklanmasıyla ya da bir pazar talebinin varlığının tahmini ile başlar. Bu aşamada, geçmiş projelerden devreden kayıtlar ve deneyimler ile yeni olanakları ortaya koyan araştırma sonuçları da hareket noktası oluştururlar. Nitelik, güvenilirlik ve kaynak açısından farklı olan bu üç bilgi birikimi, yeni bir projenin etüt aşaması için bir araya getirilirler. Bu üç bilgi kaynağının göreceli önemleri, önerinin içerdiği yenilik derecesine ve tasarımda ne kadar yenilik ve uygulama gerektireceğine bağlı olarak değişir. Fakat bu üç bilgi kaynağının da gerekli ve önemli olduğu açıktır.

Proje devresinin daha sonraki aşamasında önerilerin değerlendirilmesine ve öngörülen maliyetleri ve tahmin edilen kazançların (beklenen faydaların) karşılaştırılmasına geçilir. Proje; siyasal nedenler, ulusal çıkarlar ya da askeri gerekçelerle çok önemli veya acil olarak kabul edildiğinde bu aşamada gerekli hesaplamalar yapılır ancak dikkate alınmaz. Eğer, organizasyonun elinde aralarında seçim yapabileceği alternatif projeler bulunuyorsa hangi projenin amaçları daha iyi gerçekleştirebileceğini belirlemek için değerlendirme üzerinde özellikle ve önemle durulur. Hesaplamalar, tahminlere dayalı olarak yapıldığı için sonuç şüphesiz kesin olamayacaktır. Sonucun güvenilirliği kullanılan bilgilerin niteliğine bağlıdır. Proje önerisinin yeniliği ve bu projenin incelenmesi, araştırılması için ayrılan kaynakların büyüklüğü de bu güvenilirliği etkiler.

Bir bakıma, yapılabirlik çalışması olarak nitelendirilebilecek bu aşamanın sonunda proje önerisinin kabul veya ret edilmesine ilişkin kesin bir karara varılır. Devam kararının alınması durumunda tasarım aşamasına ve bağı olarak yeni sorunların incelendiği, maliyet ve fayda tahminlerinin yeniden ele alındığı geliştirme aşamalarına geçilir. Tasarım ve geliştirme, aslında bir projenin gerçek maliyetini ve faydalarını belirleyici çalışmalardır.

Projenin döngüsü üzerinde gösterilen sözleşme anlaşması, izleyen aşamalara geçiş için bir bakıma biçimsel yetkinin verildiği aşamadır. Üstlenici firmalar ile sözleşmelerin veya alt üstlenicilerle çeşitli iş veya alım-satım anlaşmalarının yapılması bu aşamada gerçekleşir. Ayrıca, işletme içinde işgücü, malzeme ve fonların kullanımına yetki veren iş emirleri sisteminin işletilmesi de yine bu aşamada başlar.

Bunu faaliyetlerin en büyük ölçeğe ulaştığı inşa (yapım-gerçekleştirme) aşaması izler. Bu aşamada fiziksel çaba yoğunlaşır, faaliyetler geniş bir çeşitlilik kazanır ve karmaşık ilişkiler artar.

Daha sonra bu çalışmalar sonuçlandırılarak elde edilen ürün veya hizmet teslim edilir ve kullanıma sunulur. Böylelikle, proje döngüsü, nihai aşamaya ulaşmış ve öngörülen amaçlar elde edilmiştir. Bundan sonra, faaliyetlerin geneç bir değerlendirilmesinin yapılması, elde edilen bilgi ve deneyim birikiminin gözden geçirilerek kaydedilmesi ve ortaya çıkabilecek teknik veya yönetsel sorunların izlenmesi gerekir.<sup>16</sup>

### **1.3. PROJE YÖNETİMİNİN YARARLARI VE MALİYETLERİ**

Yapılan bütün işlerin bir maliyeti vardır. Ama insanlar bu işleri yaparken o işten bir fayda beklentisi içerisindeyler. Yani insanoğlu ihtiyaçlarını karşılamak için bazı eylemlerde bulunur ve bu eylemlerin maliyetlerine katlanır. Bu maliyet para veya vakit şeklinde olabilir. Eğer yapılan bu işten elde edecek fayda işin oluşturduğu maliyete değmeyecek ise bu iş yapılmaz. Yani her işin maliyeti vardır. Bu maliyetlerin yanı sıra bu işin daha az zamanda daha az maliyetle ve daha niteliksel

---

<sup>16</sup>Barutçugil, 2008, a.g.e., s.22-24.

yapılmasını sağlayacak tedbirler almakta mümkündür. Bu tedbirler işin veya projenin yürütülmesine doğrudan olumlu katkı sağlar. Mesela, yapılacak bir proje için proje yönetimi yaklaşımının benimsenmesi bu projenin normal işletilmesi halinden daha az zamanda ve düşük maliyetle sonuçlanmasını sağlar.

Proje yönetimi yaklaşımını başarılı bir biçimde uygulamanın sağlayacağı önemli bir üstünlük, tüm çabaları yalnızca ulaşılabılır teknik, zaman, güvenlik ve maliyet amaçlarına yöneltmesidir. Diğer bir üstünlük ise her projenin kendi özel durumuna göre planlanmasını, programlanmasını ve kontrol edilmesini ve böylelikle amaçların daha kolay elde edilmesini sağlamasıdır.

Bir proje yöneticisinin atanmasıyla, diğer bir ifadeyle tek bir bütünleştirici sorumluluk noktasının tanımlanmasıyla elde edilecek yararlar şunlardır:<sup>17</sup>

- Projenin tüm genel sonuçlarından tek bir kişi sorumludur,
- Kararlar, projeye katkıda bulunan bölümler veya işletmelerden birinin veya diğerinin yararına değil, projenin genelinin başarısı ve yararı gözetilerek alınır,
- Projeye katkıda bulunan bölümlerin ve işletmelerin aralarındaki koordinasyon kolaylaşır,
- Bütünleşik planlama ve kontrol sistemi ve bunun ortaya çıkardığı bilgiler daha doğru ve kolay kullanılır,
- Projeye katkıda bulunan her bölümün ve her işletmenin faaliyetlerinin projenin gerçek ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde planlanmasını ve yürütülmesini güvence altına alır,
- Projedeki belli bir işe diğerlerine göre daha fazla önem vermenin etkilerinin ve sonuçlarının doğru bilinmesini sağlar,
- Projenin başarıyla tamamlanmasını engelleyebilecek sorunları erken fark etme ve bu sorunları önleyici ya da çözücü etkin eylemi zamanında gerçekleştirme olanağı sağlar.

Tüm bu yararlarına ve sağladığı üstünlüklere karşın etkin bir proje yönetimi uygulamasının doğuracağı bir takım maliyetler söz konusu olmaktadır. Bu maliyetlerin düzeyi; projenin tipine, büyüklüğüne, coğrafi konumuna, teknik niteliklerine ve ana işletmenin özelliklerine bağlı olarak büyük değişiklikler

---

<sup>17</sup>Barutçugil, 2008, **a.g.e.**, s.22-24.

gösterebilir. Ancak, yapılan çeşitli gözlemler, bu maliyetin bir projenin toplam doğrudan maliyetlerinin yüzde biri ile beşi arasında bir oranda kaldığını göstermiştir.<sup>18</sup>

Bir proje yönetiminde ortaya çıkan en önemli maliyet kalemi, proje yöneticisinin ve varsa yardımcı kadrosunun maaş ve ücretleri, sosyal hakları ve seyahat masraflarıdır. Bunun dışında, merkezi planlama ve kontrol süreçlerinin ve sözleşmelerin yönetiminin neden olduğu maliyetlerinde dikkate alınması gerekir. Ayrıca, iletişim ve bilgi teknolojileri ile ilgili yazılım/donanım giderleri de proje yönetimi maliyetlerinin kapsamındadır. Şüphesiz, maliyete duyarlı bir yönetim anlayışı ve uygulanabilecek bazı kontrol teknikleri bu maliyetlerin kabul edilebilir düzeylerde kalmasını sağlayacaktır.<sup>19</sup>

#### **1.4. PROJELERİN PLANLANMASI, PROGRAMLANMASI VE KONTROLÜ**

Proje yönetimi anlayışında da her yönetim anlayışında olduğu gibi planlama, programlama ve kontrol aşamaları mevcuttur. Proje yönetiminin başarılı olabilmesi ve projenin amacına ulaşabilmesi için bu planlama, programlama ve kontrol aşamalarının etkili bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

##### **1.4.1. Proje Planlama**

Kelime anlamı olarak planlama: amaçları belirleme, bu amaçları gerçekleştirmek için çeşitli seçenekleri araştırma, geliştirme, değerlendirme ve en uygununu seçme sürecidir.<sup>20</sup>

Bu anlam ışığında proje yönetiminin ilk aşaması olan proje planlama; proje amacının belirlenmesi, bu amacı gerçekleştirmek için çeşitli seçeneklerin araştırılması, geliştirilmesi, değerlendirilmesi ve en uygun seçeneğin seçilerek

<sup>18</sup>Barutçugil, 2008, **a.g.e.**, s.32.

<sup>19</sup>Barutçugil, 2008, **a.g.e.**,s.32.

<sup>20</sup> [Karaman.meb.gov.tr/abdosyaları/PROJE%20NEDİR.doc](http://Karaman.meb.gov.tr/abdosyaları/PROJE%20NEDİR.doc)

yapılması gereken bütün faaliyetlerin neler olduğunun belirlenmesi, bu faaliyetlerin birbirleriyle olan mantıksal ilişkilerinin belirlenerek kaynakların göz önüne alınıp projenin gerçekleşmesi için gerekli düzenin kurulması olarak ifade edilebilir. Tüm projelerde kısıtlı bir süre içinde belirlenmiş faaliyetler yapılmakta ve kaynaklar yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bunun için ayrıntılı bir planlama yapmak gerekir.

Planlama proje süresi boyunca yalnızca bir kere yapılan ve proje sonuna kadar hiç değişikliğe uğramadan uygulanan bir nitelikte değildir. Proje planı, proje süresince yapılan kontroller sonucunda elde edilen bilgiler ve değişen dış etkenler uyarınca, devamlı olarak değerlendirme, gözden geçirme ve yenilenme süreçleri içerisinde bulunur. Böylece plan, zamanla uygulanamaz bir nitelik kazanmak yerine, sürekli güncellenerek proje tamamlanan kadar uygulanabilirliğini korur.<sup>21</sup>

Proje süresince doğru kararlar alınması ve buna uygun faaliyetlerin yürütülebilmesi için, projelerin mutlaka planlama aşamasından geçmeleri gerekir. Planlama yapılmadığı takdirde gelecekteki fırsatları ve tehlikeleri görmek mümkün olmayacağından bu konuda gerekli önlemlerde alınamayacaktır. Böylece denetimde bir anlam taşımayacaktır. Planlama yapılmadığı takdirde tüm işlere aynı anda başlamak istenecektir. Böylece projeyi bir an önce bitirmek gibi bir hataya düşülmektedir. Fakat tüm faaliyetleri aynı anda yapmaya çalışmak, bir çok hatanın ardı ardına sıralanmasına neden olmakta, projeyi erken bitirmek mümkün olmadığı gibi, hiçbir faaliyet tam olarak yerine getirilememektedir.<sup>22</sup>

Projeler olağandışı faaliyetler olduklarından kendilerine özgün tasarım, planlama ve örgütlenme faaliyetlerini gerektirirler. Neyin, niçin nasıl ve ne zaman yapılacağını tanımlayan, projedeki işlerin yürütülmesini ve projede çalışanların yönetimini sağlayan planlama çalışmaları yapılmaksızın, projenin başarılı bir şekilde yürütülmesi ve sonuçlandırılması mümkün değildir.<sup>23</sup>

Bir projeye başlanmadan önce şu faktörler tanımlanmalıdır:<sup>24</sup>

— Projenin alanı (kapsamı): Bu kavram, projenin sonunda meydana getirilecek çıktıyı ve işbirliği yapan farklı grupların ve firmaların sorumluluklarını

<sup>21</sup>Sarıca, İbrahim, “CPM ve PERT Teknikleriyle Proje Planlama ve Bir İşletmede Uygulanması”, **Uludağ Üniversitesi SBE**, Bursa, 2006, s.22.

<sup>22</sup>Barutçugil, 1984, **a.g.e.**, s.162.

<sup>23</sup>Barutçugil, 1984, **a.g.e.**, s.239.

<sup>24</sup>Naylor, John, **Operations Management**, M&E Pitman Publishing, Great Britain, 1996, s.343.

göz önünde bulundurarak, işin nasıl yapılacağını belirten bir planın yapılmasını içerir,

- Projenin tamamlanacağı süre,
- İşin yapılması için gerekli bütçe.

Bir projenin planlama aşaması, belirlenen amaçlara göre projeyi oluşturan faaliyetlerin birbirleriyle olan mantıksal ilişkilerinin, tamamlanma sürelerinin ve maliyetlerinin göz önünde tutularak yapılmasıyla oluşur. Yani projenin planlama aşamasında gereksinim duyulan verilerin elde edilmesi için bazı sorulara cevap aranması çok önemlidir. Mesela; proje hangi faaliyetlerden oluşmaktadır?, bu faaliyetlerin birbirleriyle olan ilişkileri nasıldır?, her faaliyet ne tür teçhizat gerektirmektedir?, her faaliyet için hangi özelliklerde ve ne kadar insan gücü gerekmektedir? vb gibi.

Planlama sürecinde izlenmesi gereken aşamalar:

- Projenin tanımlanması: Öncelikle proje tanımlanarak, unsurlarına ayrılır. Görev ve sorumluluklar belirlenerek, iş kısımlarının birbirleriyle ve bütün projeye olan ilişkisi ortaya konur.

- Faaliyetler ile faaliyetlerin yürütülmesi için gerekli kaynakların karşılaştırılması: Burada işin yapılması için gereken maddi ve beşeri kaynaklar sağlanarak, proje ekibi oluşturulur. Yapılacak görevler doğrusal sorumluluk tabloları oluşturularak belirlenir.

- Planlama ve kontrol dokümanlarının hazırlanarak proje dosyasının oluşturulması: Bu aşamada projedeki zaman ve maliyet sapmaları ve teknik başarı düzeyi saptanır; zaman çizelgeleri, görevlendirme tabloları ve bütçeler hazırlanır. Bunlar proje ana planı ve bütçesiyle bütünleştirilir.

- Şebeke diyagramının hazırlanması: Bu diyagram, olaylar arasındaki mantıksal sıraya göre oluşturulur. Şebeke diyagramı sayesinde, projenin bitirilebileceği en erken süre ve kritik faaliyetler belirlenir.

- Kaynakların görevlere dağıtılması: Her bir görevin gereksinim duyduğu kaynaklar belirlenerek, mevcut kaynaklar bu belirlemeye göre dağıtılır. Ayrıca bu aşamada ana görev ve unsurlarının maliyet tahminleri yapılır.

Bu unsurların iyi kullanılması, proje modelinin bazı özelliklerine bağlıdır. Bunlar; kayıtların nasıl isimlendirildiği, tutulduğu, modelin şekilsel olarak nasıl ifade

edildiği ve programın nasıl geliştirildiği gibi özelliklerdir. Dikkatli isimlendirme, grafik standartları ve değişikliklerle ilgili bilgiler başarılı bir proje planının hazırlanmasında oldukça önemlidir. Tüm bunların proje yaşam döneminin nasıl başlayacağı, süreceği ve analiz edileceği ile ilgili yazılı yöntemlerle birleştirilmesi, proje yöneticisinin zamandan tasarruf etmesini ve proje çalışmaları sırasında bir krizle karşılaşmamasını sağlar.<sup>25</sup>

Yukarıdaki bilgilerin ışında proje planlama safhasını özetlemek gerekirse; proje ana faaliyet gruplarına ayrılarak her grup içindeki temel faaliyetler tespit edilir, her bir faaliyetin tamamlanma süresi ve faaliyet için gerekli kaynak miktarları belirlenir. Bu işlemde sonra faaliyetlerin birbirleri ile olan mantıksal ilişkileri değerlendirilerek faaliyet sıraları belirlenir ve tüm proje, bu mantıksal sıralamanın yardımıyla bir bütün olarak ifade edilir. Daha sonra proje şebekesi tamamlanarak, projenin programlanma aşamasına geçiş için her şey hazırlanmış olur.

#### 1.4.2. Proje Programlama

Proje programlama, kaynak gereksiniminin ve tahmin edilen süre içinde projenin gidişatının programlanmasıdır. Projenin şebeke biçiminde ortaya konup, her faaliyetin en erken(ES) ve en geç başlama(LS) ve en erken bitme(EF) ve en geç bitme(LF) zamanlarının bu şebeke üzerinde gösterilmesini içerir. Bu şekilde projenin zamanında bitirilebilmesi için dikkat edilmesi gereken ve zaman açısından kritik olan faaliyetlerin tanımlamaları yapılır. Ayrıca kritik olmayan faaliyetlerin sahip oldukları boş zamanların belirlenmesi, sınırlı kaynakların, olabildiğince projenin daha kritik olan faaliyetlerine dağıtılabilmesi imkanını sağlar.

Programlanma aşamasında her faaliyetin başlama ve bitiş zamanını gösteren bir zaman diyagramı hazırlanır.<sup>26</sup> Proje programı, proje açısından önem arz eden

---

<sup>25</sup>Jensen, Lynwood A. And D.C. Montgomery, **Operation Research in Production Planning, Scheduling and Inventory Control**, John Wiley & Sons, Inc., 1994, s.66-67.

<sup>26</sup>Halaç, Osman, **Kantitatif Karar Verme Teknikleri**, 4.b., Alfa Basım Yayın Dağıtım, 1995, İstanbul, s.184.

kritik faaliyetleri göstererek, faaliyetlerin gecikme miktarı ve serbestlik süreleri bir fikir vermelidir.<sup>27</sup>

Programlama aşamasında kritik yolun tanımlanmasıyla projenin beklenen süresi belirlenebilir. Herhangi bir işi hızlandırmanın maliyeti tahmin edilerek işgücü ve diğer kaynaklar programlanabilir. Projeyi tespit edilen sürede bitirmenin mümkün olup olmadığı incelenerek, minimum süre ve maksimum karlılık tespit edilir.

Bir proje programı şu unsurlar hakkında bilgi vermelidir:<sup>28</sup>

- Proje adı,
- Ayrıntılarla ilgili bilgiler (ayrıntı derecesi),
- Faaliyet sayısı,
- Faaliyet süreleri ile ilgili minimum ve maksimum tahminler,
- Hedef süreyle ilgili kısıtlamalar ve mantıksal ilişkiler,
- Kaynak ve maliyet kısıtlamaları,
- İyileştirme yöntemleri,
- Rapor verme.

Projenin programlanma aşaması tamamlandıktan sonra, kritik yol üzerinde önemle durulması gereken bir özellik kazanır. Proje yöneticisinin projeyi olası en kısa sürede ve en düşük maliyetle tamamlayabilmesi için kritik yolun üzerinde faaliyetlere hızlandırma işlemi uygulaması ve projenin tamamlanma süresinin hedef süreye uygun şekilde ayarlanması gerekir.

Proje planlaması süresince, göz önünde bulundurulması gereken hususlar şöyle ifade edilebilir:<sup>29</sup>

- İşin genel sıralaması,
- Proje süresi içinde, gerekli insan gücü, makine, hammadde, malzeme ve olanakların (ar-ge vb.) varlığı,
- Kıt ve özel yetenek ve kaynaklara olan gereksinim,
- Aynı kaynak için farklı veya çatışan talepler,
- İmal etme, montaj veya satın alma arasında seçim,

<sup>27</sup>Monks, **a.g.e.**, s.352.

<sup>28</sup>Jensen, **a.g.e.**, s.66.

<sup>29</sup>Gülerman, Adnan, "PERT/Maliyet Tekniği (İşletmede Bir Yönetim Aracı Olarak Kullanılması)", Ankara, **İ.T.İ.A.**, 1970, Yayın No:37, s.33.

- Sermaye ve özkaynak sınırlılığı,
- İşgücüne prim, fazla çalışma ücreti ve serbest zamanın en aza indirilmesi,
- Hammadde, makine, malzeme ve aletlerden en fazla yararlanmak,
- Aynı kaynağı kullanacak olan faaliyetlerde kullanma sırasının programlanması.

Proje programlamanın birçok avantajı vardır. Bu avantajlardan faydalanabilme için programlamanın dikkatle yapılması, içermesi gereken bilgileri içermesine özen gösterilmesi ve faaliyetler arasındaki ilişkilere ve kritik faaliyetlere dikkat edilmesi gerekmektedir.

Bu avantajları sıralamak gerekirse:<sup>30</sup>

- Tüm projeyi ve birbirleri ile ilişkili faaliyetleri koordine eder,
- Tüm faaliyetlerin mantıklı bir biçimde planlanmasını sağlayarak işlerin organize edilmesini kolaylaştırır,
- Öncelik ilişkilerini ve özellikle kritik olan faaliyetlerin sırasını tanımlar,
- Gerçek değerlerle karşılaştırma yapabilmek için projenin tamamlanma süresinin (veya maliyetinin) tahminiyle ve bu konudaki standartlarla ilgili bilgileri sağlar,
- İnsan gücü, malzeme ve mali alanda yer değiştirilebilecek kaynakları tanımlayarak, kaynakların daha iyi kullanılmasını sağlar.

Kısaca özetlemek gerekirse, proje programlamasında ilk aşama belirlenmiş ve kategorize edilmiş faaliyetler için gerekli süreyi belirlemektir. Bu süreyi belirlerken daha önce yapılmış aynı veya benzer faaliyetler referans alınabilir. Ayrıca bu süreler belirlenirken gecikmeye neden olabilecek koşullar belirlenmeli ve süre gerekli ise daha uzun tutulmalıdır. Gecikmeye sebep olabilecek koşullar; mesela bir inşaat projesinde hava şartları faaliyetlerin zamanları üzerinde direk etkilidir. Programlama aşamasının nihai amacı, faaliyetlerin sıralamasını ve her bir faaliyet için başlama ve bitiş sürelerini gösteren bir diyagram hazırlamaktır. Bu diyagram ayrıca kritik olmayan faaliyetleri ve bunlardaki boş zamanları da göstermelidir. Bu faaliyetlerde yapılacak geciktirmeler projenin kritik faaliyetlerinin daha kısa sürede ve daha az

---

<sup>30</sup>Monks, a.g.e., s.354.

maliyetle tamamlanmasına olanak sağlar. Bu olan ise projeyi maliyet ve zaman açısından daha kazançlı bir proje haline dönüştürebilir.

### 1.4.3. Proje Kontrolü

Proje kontrolü, projedeki faaliyetlerin durumunu değerlendirmek, projenin durumunu planlanan durumla karşılaştırmak ve eğer gerekiyorsa düzeltici önlemler almak için yapılan faaliyetlerdir. Proje kontrolü sayesinde, projenin yürütülmesi sırasında sorun yaratabilecek kritik ve yarı kritik faaliyetler üzerinde yoğunlaşmak mümkündür.<sup>31</sup>

Proje yönetiminde; maliyetlerin, işin zaman içindeki akışının ve teknik başarı düzeyinin belirlenen ilkelere ve sınırlamalara göre kontrol edilmesi gerekmektedir. Başarılı bir proje kontrolü için öncelikle uygun planların yapılması ve belirli standartların geliştirilmesi gerekmektedir. Daha sonra, projenin yaşam dönemi boyunca beklenen ve gerçekleşen başarısının karşılaştırılması anlamında izlenmesine olanak sağlayacak bir bilgi sisteminin kurulması gerekli olmaktadır. Öncelikle, planlama çabalarının başarılı olarak yürütülmesi, proje ve görev planlarının, çizelgelerin ve bütçelerin doğru belgelendirilmesi gerekir. Ancak bu durumda, iş, zaman ve maliyet açısından proje üzerinde etkin ve kolay bir kontrol sağlanabilecektir.<sup>32</sup>

Kontrol aşamasında, projenin planlanan şekilde gelişip gelişmediğini tespit edecek çalışmalar yapılır. Mevcut durumun tespit edilmesi, bu durumun standartlarla karşılaştırılması ve farklılıkların olması durumunda düzeltici önlemlerin alınması, kontrol aşaması sırasında yapılan çalışmalar arasındadır. Kontrol aşamasında performans, maliyet ve zaman faktörleri üzerinde yoğunlaşılır. Ayrıca proje sahibi, kuruluş için önem taşıyan başka konularda da kontrol yapabilir. Neyin kontrol edilmesine karar verirken proje planından yararlanır.<sup>33</sup>

Sonuç olarak kontrol aşaması sayesinde projenin amaçlarına ulaşılmaktadır. Ancak kontrol çalışmalarında denge oldukça önemlidir. Çünkü kontrol aşamasında

<sup>31</sup>Monks, **a.g.e.**, s.354.

<sup>32</sup>Barutçugil, 2008, **a.g.e.**, s.111.

<sup>33</sup>Hill, Terry, **Production/Operations Management**, 2.b., Prentice – Hall Inc., 1991, s.236.

gereğinden fazla detayla ilgilenmek maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Dengeli bir kontrol sisteminde;<sup>34</sup>

- Düşük maliyet,
- Projenin amaçlarına ulaşmaya yardım etme,
- Aşırıya kaçmama

özellikle önem verilmesi gereken konulardır.

Proje kontrolü sırasında yapılan faaliyetler:<sup>35</sup>

— Faaliyetlerin planlanması: Faaliyetlerin planlanması, planlama aşamasının bir sonucudur. Bunlar farklı şekillerde olabilir, fakat hepsinin ortak özelliği vardır; her bir faaliyetin ne zaman başlamasının ve ne zaman bitmesinin gerektiği ve herhangi bir gecikmeye izin verilir verilemeyeceği gösterilmeye çalışılmaktadır.

— Gözden geçirme (inceleme) ve güncelleştirme: Hiçbir faaliyet planı, faaliyet boyunca ortaya çıkabilecek tüm ihtimalleri göstermez. Bu yüzden, projenin plana uygun olarak ilerleyip ilerlemediğini veya planın ne kadar ilerisinde veya gerisinde olduğunu belirlemek sürekli gözden geçirme önemlidir. Güncelleştirme (updating), inceleme sonucunda elde edilen bilgilerle, projede gerekli düzeltmeleri (değişiklikleri) yapmaktır.

— Faaliyet: İnceleme sürecinin plandan sapmayı göstermesinden sonra, faaliyeti planlanan şekilde yeniden düzeltmek gerekmektedir. Bu ekstra işler, ilave kaynakla ve yöneticinin kullanabileceği diğer araçlarla mümkündür. Yapılacak faaliyetle, planın yeniden gözden geçirilmesi ve kontrolü sağlanmaktadır.

Etkili bir proje kontrolü gerçekçi standartlar gerektirir ve gerçek performansla standartlar arasında karşılaştırma yapmaya imkan veren bilgi sistemlerine bağlıdır. Bunun için kontrole gerekli bilgiler zamanında ve doğru bir şekilde sağlanmalıdır. Günümüzde birçok kurum ve firma kontrolün önemini iyice anlamıştır ve gereken dikkati göstermektedirler.

---

<sup>34</sup>Çimen, a.g.e., s.45.

<sup>35</sup>Burman, a.g.e., s.6-7.

## İKİNCİ BÖLÜM

### PROJE PLANLAMA VE KONTROL TEKNİKLERİ

Bu bölümde proje planlama ve kontrol teknikleri içerisinde, günümüzde en çok tercih edilen ve kullanılan dört tanesi yukarıda anlatılan proje planlama ve kontrolü konusundan daha farklı bir yaklaşımla yani teknik boyutlarıyla incelenecektir. İncelenecek bu dört teknik Proje Kontrol Tabloları, GANTT Şemaları, Şebeke Analizi ve Proje Planlama Diyagramları'dır.

Çalışmanın uygulama bölümünde Şebeke Analizi yöntemlerinden faydalanılacağı için diğer tekniklerin incelenmesi ve anlatılması örneklerle açıklanmayacak; özellikleri ve uygulanış metotlarına değinilecektir.

Günümüzde artan rekabet, projelerin tespit edilenden daha kısa sürede ve kaynakların etkin kullanımıyla gerçekleştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Proje yönetimi de, rekabet ortamında projeyi yürüten firmaların daha başarılı olmasını sağlamaktadır. Projede belirlenen amaçların istenen düzeyde gerçekleşmesini proje yönetimi, projelerin planlanması, programlanması ve kontrolünden oluşmaktadır.<sup>36</sup>

Proje planlama teknikleri, kaynakların zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesine imkan vererek, yöneticilerin proje kontrolünü sağlamalarına yardımcı olur.<sup>37</sup>

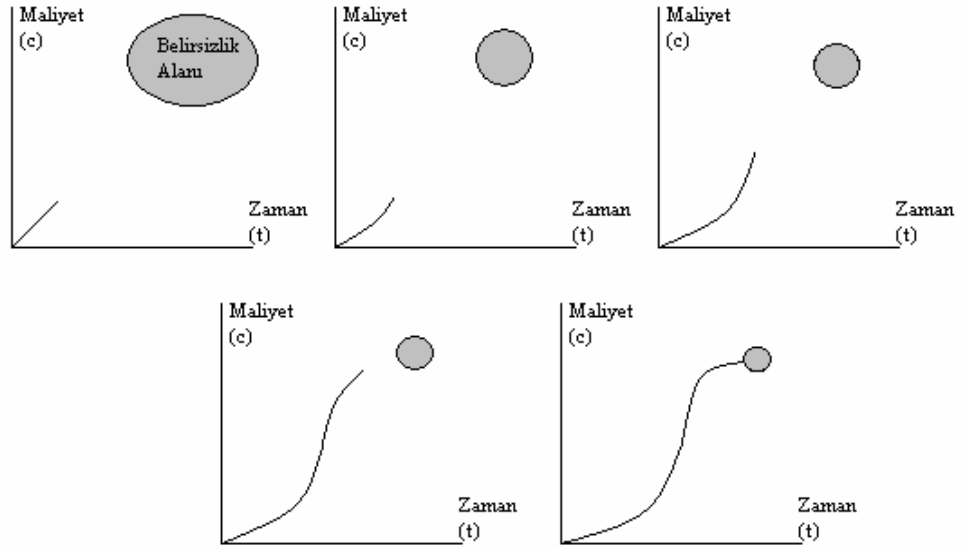
Günümüzde, çok çeşitli proje planlama – kontrol teknikleri geliştirilmiş bulunmaktadır. Bunların her birinin kendine özgü üstünlükleri ve sakıncaları söz konusudur. Herhangi bir tekniğin her yerde ve her koşulda diğerlerine göre daha üstün veya daha kullanışlı olduğunu iddia etme olanağı yoktur. Büyük olasılıkla, bir projenin farklı gelişme aşamalarında farklı tekniklerin uygulanması ile daha başarılı sonuçların sağlanması da beklenebilir.<sup>38</sup> Bütün projeler başlangıç aşamasında büyük bir belirsizlik alanı taşırlar. Proje ilerledikçe bu belirsizlik giderek azalır. Bu açıklamayı bir çizimle daha iyi anlatabilmek için aşağıdaki Çizim 2.1'e bakmak gerekir.

---

<sup>36</sup>Kutlu, Nurcan Temiz, "Proje Planlama Teknikleri ve PERT Tekniğinin İnşaat Sektöründe Uygulanması Üzerine Bir Çalışma", **Dokuz Eylül Üniversitesi SBE Dergisi**, No: 3/2, 2001 s.1.

<sup>37</sup>Krajewski, Lee, L. P. Ritzman; **Operations Management: Strategy and Analysis**, 4.b., Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1996, s.788.

<sup>38</sup>Barutçugil, 2008, **a.g.e.**, s.111.



**Çizim 2.1.** Projelerin Aşamaları Boyunca Zaman Maliyet Belirsizliği

Şekilde görüldüğü gibi zaman ve proje ilerledikçe projedeki belirsizliklerin toplamını gösteren alan giderek küçülmekte ve projenin sonlarına doğru neredeyse yok olmaktadır. Ama bilindiği gibi bir projedeki belirsizliğin tamamen ortadan kalması için projenin tamamen bitmesi gerekir. Yani proje tamamlanana kadar son aşamalarında çok az da olsa bazı belirsizlikler vardır. Şimdi bu belirsizlikler ile projede kullanılacak teknikleri bağdaştırmak gerekirse;

Örneğin, ilk planlama aşamasında belirsizliklerin yoğun olması nedeniyle ileri düzeyde karmaşık ve geliştirilmiş tekniklerin kullanılması uygun olmayacaktır. Ancak, daha sonra projenin ayrıntıları açıklık kazandıkça bu tekniklerin kullanılması olanağı doğacaktır. Örneğin, bir inşaat projesinin başlangıcında basit bir GANTT şeması, planlama ve kontrol açısından yeterli olurken, yürütülecek görevlerin, bunların sürelerinin ve maliyetlerinin daha belirgin olarak ortaya çıktığı ileri aşamalarda PERT ve CPM türü şebeke analizlerine geçilebilecektir. Ayrıca, projelerin özel gereklerine uygun olduğu sürece çeşitli tekniklerin bir arada kullanılması da planlama ve kontrolün etkinliğini artıracaktır.

Sonuç olarak, hangi teknik kullanılırsa kullanılsın bir projenin başarılı sayılabilmesi için üç temel kriterde aynı derecede önem taşımaktadır. Bunlar; zaman, maliyet ve teknik başarıdır. Bir ürünün (ürün; projenin amacı) üstün teknik başarı sağlaması istenirse maliyet artacak ve proje zamanı uzayacaktır. Eğer zaman

kısıtılmak istenirse maliyetler artacak, maliyet düşürülmek istenirse teknik başarı düşecek ve zaman uzayacaktır.

## 2.1. PROJE KONTROL TABLOLARI

Proje yöneticileri, kullanacakları kontrol sisteminin öncelikle aşağıdaki üç konuda kendilerine bilgi sağlamasını isterler:<sup>39</sup>

- Yerine getirilecek her görevin gerektireceği zaman ve maliyetler,
- Öngörülen programın gerisinde kalan görevler ve bunların projenin genel gelişimi üzerindeki muhtemel etkileri,
- Planlanan maliyet ve öngörülen bitiş süresi ile karşılaştırmalı olarak belirlenen projenin gelişme düzeyi.

Eğer uygun bir planlama sistemi kurulmuş ise ilk iki konu sorun yaratmayacaktır. Burada yalnızca, her görev için olanla olması gerekenin karşılaştırılması yapılacaktır. Eğer bir farklılık belirlenirse yönetici, çözüm için bir karar alma durumunda kalacak; kaynakların yeniden dağıtılmasını, yeni kaynakların sağlanmasını veya son bir çözüm olarak planın yeniden gözden geçirilmesini isteyecektir.

Yönetici, aynı zamanda projenin bir bütün olarak genel gelişme seyrini de izlemek durumundadır. Bunu yaparken sağlayabildiği tüm bilgileri kullanacaktır. Projenin bir kısmı planlananın ilerisinde, bir kısmı gerisinde kalabilir. Bir kısmı, önceden tahmin edilenin daha fazlasına, bir kısmı da çok daha düşük bir maliyetle gerçekleştirilebilir. Bunlar şüphesiz, zaman içinde belirli bir noktadaki genel teknik gelişme düzeyi ve toplam harcama rakamlarının planla karşılaştırılması yoluyla anlaşılabilir. Ancak, belirli bir dönem boyunca trendin incelenmesi, projenin nasıl geliştiğinin görülmesi bakımından çok daha yararlıdır. Bu veriler, bir yöneticiye en uygun biçimde;<sup>40</sup>

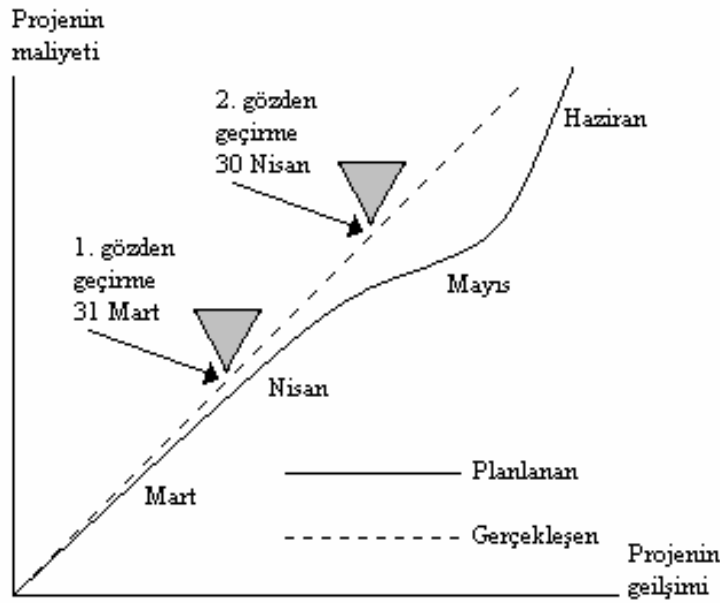
- zaman ve toplam maliyetler,
- maliyetler ve teknik gelişme,

<sup>39</sup>Barutçugil, 2008, **a.g.e.**, s.166.

<sup>40</sup>Barutçugil, 2008, **a.g.e.**, s.166.

— zaman ve teknik gelişmenin birlikte gösterildiği Proje Kontrol Tabloları yardımıyla sunulabilir.

Aşağıdaki Çizim 2.2’de<sup>41</sup> bir proje kontrol tablosu örneği verilmiştir. Bu tablo incelendiği zaman; yukarıda sayılan üç temel bilginin proje kontrol tablosu ile nasıl bir arada sunulduğu daha iyi anlaşılacaktır.



**Çizim 2.2.** Proje Kontrol Tablosu

Proje kontrol tablolarında bir projenin, maliyet ve teknik gelişme durumunu kümülatif değerlerle ifade ederek bir özet proje raporu çıkarma olanağı bulunmaktadır. Çizim 3,2’de gösterilen böyle bir tablo, aylık olarak hazırlanmış olmakla birlikte, raporlama süreleri bakımından istenen esneklik sağlanabilmektedir. Bu tablosunun yorumlanması durumunda;

— Birinci dönemin sonunda (31 Mart) maliyetlerin teknik gelişmelere uygun ve planlandığı şekilde gerçekleştiği,

— İkinci dönemin sonunda (30 Nisan) maliyetlerin teknik gelişmelerin önüne geçtiği ve iki doğru arasındaki dikey fark kadar bir maliyet artışı olduğu belirtilebilir.

<sup>41</sup>Barutçugil, 2008, a.g.e., s.170.

## 2.2. GANNT ŞEMALARI

Proje planlama ve kontrol amacıyla kullanılan en basit teknik GANTT şemalarıdır. Doğrudan işin parçalanmış yapısına bağlı olan bu şema, yatay ekseninde zaman birimlerine (gün, hafta veya ay gibi) ayrılmış bir ölçeğin ve dikey ekseninde de proje unsurlarının sıralanmasının bulunduğu iki boyutlu bir grafikdir. Her proje unsurunun süresini, durumunu, çubuklar, çizgiler ve diğer semboller yardımıyla, zaman ölçeği ile ilişkili olarak planlama ve izleme olanağını sağlar. Bu şemalar, genellikle mevcut zamanı ve toplam işi gösteren bir özet raporlama tekniği ile birlikte, projenin tamamlanması için gerekli basamakların yönetici tarafından izlenmesini kolaylaştırır.

1900'lerde Henry L. Gantt tarafından geçirilen ilk şemalarda faaliyetleri ve görevleri tamamlamak için önem verilen faktör, işçilerin ve makinelerin kapasiteleri idi. "Gelişme Şeması", "İnsan ve Makine Kayıt Şeması" ve "Yük Şeması" gibi isimler alan bu ilk şemalardaki ayırım, hem belirli bir zamanı ve hem de bu zamanda yapılması gereken iş miktarını göstermekteydi. Şema üzerindeki yatay hatlar, belirli bir zaman aralığında tamamlanan işin miktarı ile programlanan miktar arasındaki ilişkiyi gösterirdi.

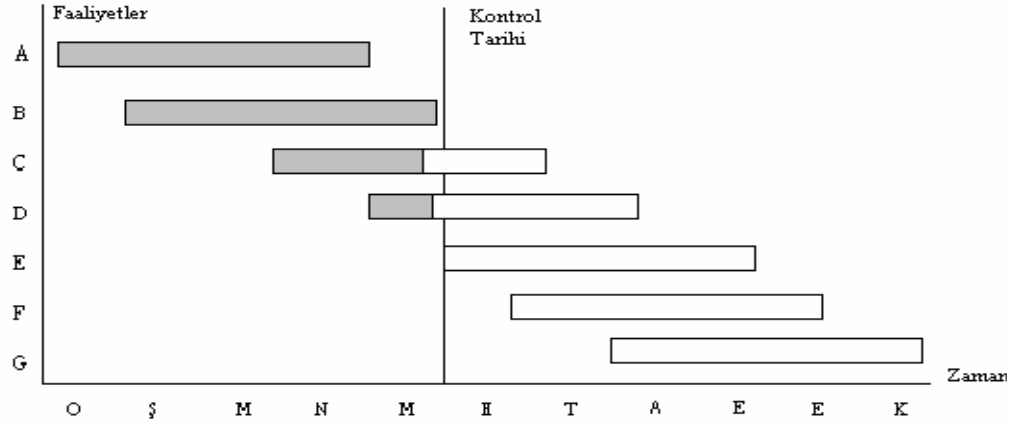
Bu tekniklerin uygulamasının yaygınlaşması üzerine, özellikle bazı projelerde, zamanın kaynaklardan daha önemli bir faktör olduğu ortaya çıkmıştır. Böyle durumlarda, projenin olabildiğince kısa bir zamanda tamamlanabilmesi için kaynaklar belirli sınırlar içerisinde sağlanabiliyordu. Bu nedenle, projenin planlama ve kontrolünde kullanılacak GANTT şemalarında faaliyetlerin zaman içindeki gelişme düzeylerinin izlenmesi, daha fazla önem ve ağırlık kazanan bir amaç olmuştur.

Aşağıdaki Çizim 2.3'de GANTT şemasına bir örnek verilmiştir.<sup>42</sup>

Bu çizim incelendiği zaman GANTT şemasının gösterdiği simgeler ve şemadan alınabilecek bilgiler daha açık olarak anlaşılacaktır.

---

<sup>42</sup>Barutçugil, 2008, **a.g.e.**, s.172.



**Çizim 2.3.** Basit Bir GANTT Şeması

Çizime bakıldığı zaman; dikey eksendeki A, B, C gibi harfler ardı ardına sıralanmış faaliyetleri simgelemektedir. Yatay eksendeki O (Ocak), Ş (Şubat), M gibi harfler ise eksen bölünmüş zamanlar göstermektedir. Bu örnek şemada eksen aylara bölünmüştür. Dikey eksendeki harflerin karşısına denk gelen kalın çubuklar karşısında olduğu harfin simgelediği faaliyeti göstermektedir. Kalın çubukların boy olarak başladığı ve bittiği yer ise o faaliyetin başlaması gereken tarihi ve bitmesi gereken tarihi göstermektedir. Çubuklardan içi dolgu olanlar ise o faaliyetin bittiğini göstermektedir. İçi yarı dolu çubuklar ise o faaliyetin bitmiş kısmını simgelemektedir. Ortadaki dikey çizgi ise kontrol noktasını göstermektedir ve bu şemaya göre proje o noktada kontrol edilmiştir.

Mesela, A faaliyeti Ocak ayında başlayıp Mart ayının ortasında bitmesi gerekmektedir. B faaliyeti ise Ocak ayının ortasında başlayıp Mayıs ayının ortasında bitmelidir. A ve B faaliyetleri kontrol noktasında incelendiğinde programa uygun olarak tamamlanmışlardır. C faaliyeti ise Mart ayının ortasında başlayıp Mayıs ayının ortasında bitmelidir. Kontrol noktasında bakıldığı zaman C faaliyetinin programa göre kontrol tarihindeki tamamlanma derecesinden biraz geride olduğu görülmektedir. D faaliyetinde de çok az bir eksiklik vardır. Diğer faaliyetler ise programa göre henüz başlamamışlardır.

GANTT şemaları yönetim için önemli yararlar sağlamakla birlikte bazı temel bilgileri içermemektedir. Bir projenin etkin planlanması, programlanması ve kontrol edilmesi açısından ek ve daha sağlıklı bilgilere gerek duyulmaktadır. Örneğin,

tasarım, mühendislik, tedarik, inşaat, tesis ve teslim gibi faaliyetler arasındaki ilişkiler gösterilmemekte ve aşağıdaki sorulara cevap bulunamamaktadır;<sup>43</sup>

— Bu işlerin hangi kısımları aynı zamanda, paralel olarak yapılabilir?

— Her işin hangi kısımlarının diğer işlerin başlamasından önce bitirilmesi gerekmektedir?

— Projenin zamanında bitirilmesini sağlamak için belirli işlere veya işlerin belirli kısımlarına öncelik verilmeli midir?

— Bazı işlerin veya bu işlerin bazı kısımlarının başlangıç ve sonuçlanma tarihleri isteğe bağlı olarak değiştirilebilir mi? Bu isteğe bağlı tarihler nelerdir?

GANTT şemaları günümüze kadar yapılan çeşitli değiştirme ve iyileştirmeler ile önemini ve yararlılığını korumuştur. Yönetime projenin durumunu açıklıkla özetleyebildiği için son derece yararlı bir iletişim aracı olmuş ve proje kontrolünde etkinliği artmıştır. Ancak, projelerin ölçeği büyüdükçe ve karmaşıklığı arttıkça GANTT şemalarının yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu şemaların gözden geçirilmesi ve içerdiği bilgilerin güncelleştirilmesi son derece güç ve uzun zaman gerektiren bir uğraş olmaktadır.

### 2.3. ŞEBEKE ANALİZİ

Şebeke analizi de, sayılan yöntemler gibi proje planlama tekniklerinden bir tanesidir. Hatta güncel projelere bakıldığında en çok kullanılan tekniklerden bir tanesidir denilebilir.

Bu çalışmada; hem tercih edilir bir yöntem olması, hem de çalışmanın uygulama kısmında kullanılacak yöntemlerin şebeke analizi yöntemleri olması sebebiyle bu yönetime üçüncü bölümde ayrı bir yer verilmiştir.

---

<sup>43</sup>Barutçugil, 2008, **a.g.e.**, s.174.

## 2.4. PROJE PLANLAMA DİYAGRAMLARI

Bu yöntem 1970'lerden bu yana bilinen ve kullanılan bir yöntemdir. Özellikle karmaşık, büyük ölçekli, ve risk unsurunun ağır bastığı projelerin yönetiminde kullanılan bir tekniktir.

Bilgi işlem sistemleri ile programlanabilen bir akış diyagramına dayanan Proje Planlama Diyagramları, yazılması ve okunması basit bir tekniktir. Diyagram, dikey olması nedeniyle daha az yer gerektirir ve açıklıkla görülür. Yöneticinin planının gerçekte ne olduğunu daha net görmesine ve açık düşünmesine yardımcı olur. Proje yöneticisi ile fonksiyonel yöneticiler arasındaki iletişimi ve proje ekibinin üyelerinin kendi aralarındaki işbirliğini kolaylaştırır. Yöneticinin, projenin malzeme, teçhizat ve insan gücü ihtiyaçlarını genel hatlarıyla görmesine de olanak sağlar.<sup>44</sup>

---

<sup>44</sup>Barutçugil, 2008, **a.g.e.**, s.174.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### ŞEBEKE ANALİZİ, CPM, PERT KAVRAMLARI

Şebeke için şu tanımı yapabiliriz; programın amacına ulaşmak için gereken faaliyetler ve olaylardan meydana gelen, faaliyet ve olayların birbirleri ile olan planlama gereği bağlantı ve ilişkilerini gösteren şekil veya diyagrama denir. Veya kısaca söz konusu olan işin tamamlanması için gerekli tüm işlemler (operasyonlar) ağının belirlenmesi ve bağlantılarının bir diyagram şeklinde gösterilmesidir diye tanımlayabiliriz.<sup>45</sup>

Başka bir tanımlamayla şebeke; bir projenin gerçekleşmesi için gerekli faaliyetler ve olaylar arasındaki karşılıklı ilişkileri gösteren şemadır.<sup>46</sup>

Şebeke analizi ise; bir planlama tekniği olup genellikle büyük ölçekli projelerin planlanması, bir noktadan diğer noktaya olan en kısa yolun bulunması, inşaat planlaması, yeni ürünlerin pazarlamasının programlanması, belirli sistemlerdeki maksimum akışın (örneğin trafik akışı, sıvı akışları) gibi çalışmaların yürütülmesinde kullanılır.

Proje planlama teknikleri yani şebeke analizi teknikleri; köprü, otoyol, bina, baraj yapımı gibi mühendislik faaliyetlerinde, uzay projelerinin tasarımında ve gemi yapımında, yeni mamul tasarımı, üretimi ve pazarlamasında, fabrika düzenlemesi ve üretim sürecinin tasarımında, büyük ve karmaşık yatırım projelerinin hazırlanmasında ve değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.<sup>47</sup>

Herhangi bir proje yönetimi, birbirleri ile ilgili birkaç faaliyetin sınırlı olanaklarda planlama, koordinasyon ve kontrolünü gerektirir. Bu sınırlı olanaklar; insanlar, para ve zamandır. Bundan başka proje yönetimi, başlangıçta oluşturulan plandaki herhangi bir değişikliğin plana dahil edilmesini ve bu değişikliğin etkisinin hemen bilinmesini gerektirir. Bu nedenle yöneticiler, en iyisi sadece plan ve listeleme olmayacak dinamik bir planlama ve listelemeye dayanmaya mecburdurlar. Bu ise dinamik koşullardaki değişikliğin ani etkilerini yeterli ölçüde

<sup>45</sup>Doğan, İbrahim, **Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları**, BilimTeknik Yayınevi, 1.b., 1995, İstanbul, s.309.

<sup>46</sup>Karayalçın, İlhan, **Hareket Araştırması, Yöneylem Araştırması, İşletme Faaliyetlerinin Kontrolü İçin Kantitatif Yöntemler**, 2.b.,1979, Fatih Yayınevi, İstanbul, s.300.

<sup>47</sup>Özgen, Hüseyin, **Üretim Yönetimi**, Bizim Büro Basımevi, 1987, Ankara, s.190.

karşılayamayabilecek ve orijinal plan ve listelemede uygun değişikliklerin yapılmasını gerektirecektir. Şebeke analizindeki son yıllardaki gelişmeler, bir eşit sistem veya teknik olarak araştırmalara öncülük etmektedir. Şebeke analizi bunlara temel bir çatı hazırlamaktadır. Bunlar;<sup>48</sup>

- Yapılabilen işleri tanımlamak,
- İşleri, tutarlı ardı ardına gelen bir zaman ve sonuç içinde toparlamak,
- Planın ilerlemesinde dinamik bir kontrol sistemini etkili tutmak.

Şebeke analizi tekniklerinden en önemlileri ve en çok kullanılanlar CPM (Critical Path Method) yani “Kritik Yol Yöntemi” ve PERT (Project Evaluation and Review Technique) yani “Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği” yöntemleridir.

Şebeke analizi tekniklerine ilk sistematik yaklaşım I. Dünya Savaşındaki askeri uygulamalardan kaynaklanan GANTT diyagramıdır. CPM ve PERT teknikleri de bu konuda geliştirilen temel yöntemler arasındadır. GANTT diyagramı daha sonraları geliştirilmiş ve uygulama alanları daha da genişletilmiştir. Bu yaklaşıma aynı zamanda çubuk diyagramı yaklaşımı da denilmektedir. Ancak GANTT diyagramı faaliyetler arasındaki öncelik ilişkilerini ve projenin zamanında bitirilmesi için hangi faaliyetlerin önemli olduğunu göstermediğinden dolayı birtakım eksiklikleri olan bir yöntemdir. Fakat PERT ve CPM tekniklerinin her ikisinde de projeye, birbirleriyle ilişkili faaliyetlerden oluşan bir bütün olarak bakılmaktadır. Bu yöntemler, düğüm ve oklardan oluşan şebeke diyagramı sayesinde, faaliyetler arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Şebeke diyagramı ile çalışmak, yöneticilere hangi faaliyetlerin gecikmesinin, tüm projenin gecikmesine neden olacağı konusunda bilgi vermektedir.<sup>49</sup>

Şebeke diyagramı, göze hitap etmesinden ve faaliyetler arasındaki ilişkiyi somut bir şekilde göstermesinden dolayı anlaşılması ve açıklanması kolaydır.<sup>50</sup>

Her iki teknikte hemen hemen aynı tarihlerde (1956 – 1958) farklı iki araştırma grubu tarafından geliştirilmiştir. PERT ve CPM projeler için zamana göre program belirlemeye öncülük eden zaman esaslı yöntemlerdir. Her iki yöntem de

<sup>48</sup>Doğan, **a.g.e.**, s.309.

<sup>49</sup>Krajewski, 1996, **a.g.e.**, s.788.

<sup>50</sup>Karayalçın, **a.g.e.**, s.303.

bağımsız olarak geliştirilmelerine rağmen sonuçta birbirinin aynı gibidir.<sup>51</sup> İki teknik arasındaki en önemli fark PERT tekniğinde faaliyetlerin süreleri olasılıksal varsayılmış; yani en iyimser süre, en kötümser süre ve en olası süre, CPM tekniğinde ise faaliyetlerin süreleri belirli varsayılmıştır.

Proje yöneticileri projenin seyrini takip ve kontrol etmek zorundadırlar. Çünkü proje devam ettiği esnada bazı faaliyetler planlananın gerisinde giderken bazı faaliyetler planlanan sürenin önüne geçmiş olabilirler. Yada bazı faaliyetlerin maliyeti planlanandan düşük çıkarken bazılarının maliyetleri planlananın üzerinde çıkabilir. Bu gibi durumlar projenin ve dolayısı ile proje yöneticisinin başarısını etkiler. Proje yöneticisi, projesinde başarılı olmak istiyorsa proje planlama yani şebeke analizi yöntemlerinin sağladığı bilgilerden faydalanarak projesini takip edebilir ve gerektiği yerlerde gereken önlemleri alabilir.

Şebeke analizi yöntemleri uygulanırken bazı aşamaların yerine getirilmesi gerekmektedir. Bu aşamalar:<sup>52</sup>

- Öncelikle projedeki her bir faaliyetin şebeke üzerinde yeri belirlenir,
- Daha sonra kritik faaliyetler tespit edilir,
- Süre ve maliyet kriterlerini karşılayacak biçimde, kaynakların görevlere tahsisi yapılır,
- Son olarak projenin gelişmesi izlenerek eğer gerek varsa kaynak dağıtımı yeniden düzenlenir.

Projenin farklı gelişme aşamalarında farklı planlama ve kontrol teknikleri kullanılabilir. Mesela, ilk planlama aşamasında belirsizlikler dolayısı ile karmaşık planlama teknikleri kullanılmamalıdır. Proje ilerledikçe hangi tekniğin kullanılmasının gerekli olduğu açıklık kazanmaktadır. Örneğin, bir inşaat projesinin başlangıcında GANTT şemalarının kullanılması, planlamayı ve kontrolü sağlamada yeterli olurken, görevlerin, süre ve maliyetlerin daha belirgin olarak ortaya çıktığı ilerleyen aşamalarda, PERT ve CPM gibi tekniklerin kullanılması söz konusu olacaktır. Başarılı bir proje planlama ve kontrol tekniğinin en önemli özelliği; süre, maliyet ve teknik başarı düzeyi arasındaki dengeyi sağlamasıdır. Bir proje çalışması

---

<sup>51</sup>Doğan, a.g.e., s.309.

<sup>52</sup>Barutçugil, 1988, a.g.e., s.244.

yürütülürken söz konusu çalışmanın en az sürede, en düşük maliyette gerçekleştirilmesi ve sonuç olarak elde edilen teknik başarının en üst düzeyde olması hedeflenir. Ancak bu 3 faktör aynı zamanda birbirleriyle çelişki içerisindeyler. Mesela sürenin kısaltılması, maliyetlerde bir artışa neden olabilir. Veya maliyetleri azaltıp süreyi azaltmak ise teknik başarı düzeyini düşürebilir. Burada etkin ve başarılı bir proje planlama tekniğinden beklenen bu 3 faktör arasındaki dengeyi sağlamasıdır.<sup>53</sup>

Kompleks projelerde şebeke yöntemlerinin kullanılması, yöneticilere projenin gidişatı hakkında bilgi vermesi ve tüm projenin farklı faaliyetleri arasında koordinasyonu sağlamaya yardımcı olması bakımından oldukça önemlidir. Yöneticiler projenin zamanında tamamlanmasında önemli olan faaliyetlerden bu şebeke sayesinde haberdar edilirler. Genel olarak geniş ölçekli proje şebekeleri yönetime projeye ilgili etkili karar vermede yararlı olabilecek bilgileri sağlarlar.<sup>54</sup>

Eğer bir projeye şebeke analizi teknikleri başarılı bir şekilde uygulanırsa, hangi faaliyetlerin kritik olduğu kolaylıkla tespit edilebilir. Bu kritik faaliyetlerin doğru tespiti kaynakların da doğru bir şekilde faaliyetlere dağıtılmasını sağlar. Hangi faaliyetlerde gecikme yapılmasının mümkün olduğu ve hangi faaliyetlerdeki gecikmelerin bütün projeyi geciktireceği kolaylıkla görülebilir. Böylelikle gecikmesi bütün projeyi geciktirecek faaliyetlerdeki gecikmeler engellenebilir. Ayrıca bu teknikler sayesinde eş zamanlı olarak yürütülebilecek faaliyetleri de görmek mümkündür. Bu ise zamandan ve maliyetten kazanç sağlar.

Faaliyetler tüm ayrıntıları ile tanımlandığından, bu faaliyetlerin gerektireceği süre ve kaynak ihtiyacı ile ilgili bilgiler sağlanabilmektedir. Bu nedenle bu konulardaki yanılma olasılığı oldukça düşüktür. Faaliyetlerin gerçekleşme sıraları, öncül ve ardıları ayrıntılı bir biçimde tanımlandığından dolayı, aksamaya neden olabilecek faaliyetler derhal tespit edilebilmekte, sapmaların görülmesi halinde gerekli önlemler hemen alınabilmektedir. Faaliyetlerin gecikme sürelerinin belirtilmesiyle, kaynakların hangi faaliyetlere daha çok aktarılmasının gerekli olduğu

---

<sup>53</sup>Barutçugil, İsmet, "Büyük Ölçekli Yatırım Projelerinin Yönetimi", **Uludağ Üniversitesi İİBF Dergisi**, 1984, No:5/2, s.165-166.

<sup>54</sup>Krajewski, Lee, H.E. Thompson, **Management Science: Quantitative Methods in Context**, John Wiley & Sons, Inc, 1981, s.264.

tespit edilebilmektedir. Böylece projenin tamamlanmasında, süre, maliyet ve kaynak etkinliği sağlanabilmektedir.

Bu olumlu özelliklerin yanında, proje planlama tekniklerine birtakım eleştirilerinde yöneltilmektedir. Bunlardan biri, özellikle büyük çaplı projelerde şebeke diyagramlarının kullanılmasının bilgisayar desteğini gerektirmesi, diğeri ise, bu tekniklerin hazırlanması, uygulanması ve izlenmesi için işletmede bu konularda yetişmiş uzman elemanlara gereksinme göstermesidir.<sup>55</sup>

Şebeke analizi yöntemleri olan CPM ve PERT yöntemlerini ayrıntılı olarak ele almadan önce şebeke analizinde kullanılan bazı temel kavramları inceleyelim.

### 3.1. ŞEBEKEYİ OLUŞTURAN TEMEL KAVRAMLAR

Şebeke analizinde kullanılan şebeke diyagramını çizebilmek için kullanılan iki temel kavram vardır. Bunlar faaliyetler ve olaylardır. Şimdi bunların ne olduklarını inceleyelim.

#### 3.1.1. Faaliyetler

Bir işin tamamlanması için zaman ve kaynak harcanımı gerektiren bir işlemdir.<sup>56</sup> Daha geniş bir tanımla faaliyet; bir projede olayın gerçekleşmesini sağlayan, belli bir başlangıç ve bitiş noktası olan, zaman ve kaynak tüketen işlemlerdir.<sup>57</sup>

Faaliyetler birbirine bağımlı oldukları gibi, paralel de olabilirler. Şebeke diyagramında aynı yol üzerindeki faaliyetler birbirine bağımlı faaliyetlerdir. Yani bu faaliyetlerin biri bitmeden diğere başlanamamaktadır. Paralel faaliyetler ise, eş-anlı olarak da yürütülebilen faaliyetlerdir.<sup>58</sup>

---

<sup>55</sup>Öcal, M. Emin, “Yapı Projelerinde Kullanılan Kaynakların Planlama ve Kontrolünde Şebeke Analizi ve Çubuk Diyagrama Dayalı Karma Bir Model Önerisi ve Uygulaması”, Yayınlanmış Doktora Tezi, **Çukurova Üniversitesi SBE**, 1991, s.97.

<sup>56</sup>Doğan, **a.g.e.**, s.310.

<sup>57</sup>Özgen, **a.g.e.**, s.191.

<sup>58</sup>Kutlu, Nurcan Temiz, “Proje Planlama Teknikleri ve PERT Tekniğinin İnşaat Sektöründe Uygulanması Üzerine Bir Çalışma”, **Mustafa Kemal Üniversitesi SBE**, Hatay, 2001, s.21.

Şebekedeki faaliyetlerin iki türlü ifade edilme şekli vardır. Bunlar ok diyagramları ve kutu diyagramları. Uygulamada kutu diyagramları nadir kullanıldığı için ve bu çalışmanın uygulama kısmında ok diyagramları kullanılacağı için bu kısımda da sadece ok diyagramlarına değinilecektir.

Faaliyetler CPM ve PERT teknikleri için hazırlanan şebeke diyagramlarında okla gösterilirler. Okların yönü olayların akış yönündedir ve okların uzunluğu faaliyetlerin süresinden bağımsızdır. Şebekedeki okların üzerine faaliyetin adı, altına ise süresi yazılır. Diyagram içindeki faaliyetlerin zaman birimleri aynı olmalıdır. Yani diyagram içindeki bir faaliyet süreyi ay olarak ifade ediyorsa diğer faaliyetlerde ay olarak ifade etmelidirler. Bu süre biriminin seçimi hazırlanmakta olan programın detayına bağlı olarak seçilebilir. Mesela çok detaylı bir program hazırlanıyorsa süre gün olarak seçilirken faaliyetler ve olaylar detaylı değil ve uzun süreli ise zaman birimi hafta yada ay olarak seçilebilir. Faaliyet için seçilen süre, o faaliyetin başladığı andan bittiği ana kadar geçen süredir.

### 3.1.2. Olaylar

Bir faaliyetin bir zaman içerisinde belli bir anda belli bir sonuca bağlanması durumudur. Projenin başlangıç ve bitiş anında birer olay olarak nitelenir ve her olaya şebekede bir numara verilir. Şebekede tüm faaliyetler oklar ile ve tüm olaylar da daire ile gösterilir.<sup>59</sup>

Olay, zaman içerisinde meydana gelirler, bir veya birden fazla paralel faaliyetin başladığı yada sonuçlandığı durumu gösterirler ve gerçekleşmesi için hiçbir kaynak veya zaman kullanımı gerektirmezler.<sup>60</sup>

Şebeke diyagramlarının oluşturulması sırasında olaylarla ilgili bir takım kabuller göz önünde bulundurulmaktadır:<sup>61</sup>

- İki olay direkt olarak en fazla bir faaliyet ile bağlanabilir,
- Her olay numarası en fazla bir defa kullanılmalıdır,

<sup>59</sup>Doğan, **a.g.e.**, s.310.

<sup>60</sup>Sezen, K., “Tel Sepet Üretim Sürecinde PERT Uygulaması”, **Uludağ Üniversitesi İİBF Dergisi**, No: 15/1-2, Yayınlanmış Makale, Bursa, 1994, s.185.

<sup>61</sup>Winston W.L., **Operation Research-Applications and Algorithms**, 2004, s.433.

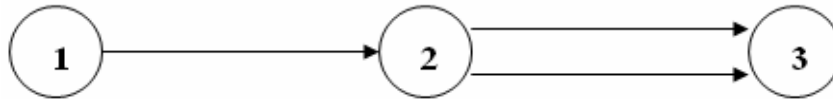
— Bir şebeke diyagramı sadece bir başlangıç ve bir sonuç olayına sahip olabilir. Olaylar şebeke içerisinde genelde daire şekli ile ifade edilirler.

### 3.1.3. Kritik Yol

Şebeke üzerinde en uygun yolu oluşturan ve böylece projenin tamamlanması için en uygun süreyi belirleyen faaliyetler serisidir.

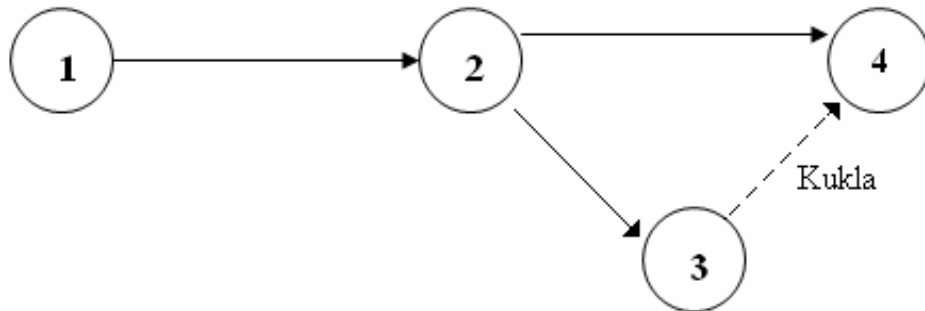
### 3.1.4. Kukla Faaliyetler

Herhangi bir faaliyetin veya olayın, şebekedeki diğer faaliyet ve olaylarla olan mantıksal bağlantılarının açıklanabilmesi için bazen kukla faaliyetlerin kullanımı gereklidir. Kukla faaliyetler, gerçekleşmesi için zaman ve kaynak kullanımı gerektirmeyen faaliyetlerdir. Kukla faaliyetlerin şebeke diyagramı oluşturulması sürecinde farklı şekillerde kullanımı söz konusudur. Örneğin, kendilerinden hemen önce ve hemen sonra gelen olaylar aynı olan A ve B gibi iki faaliyet ele alınacak olursa bu durumu ifade etmesi gereken çizimin aşağıdaki gibi olması gerekir:



**Çizim 3.1.** Üç farklı faaliyetin gösterimi.

Fakat yukarıdaki çizim şebeke kurallarına uymamaktadır. Bunun yerine aşağıdaki çizim kullanılmalıdır:



**Çizim 3.2.** Üç farklı faaliyetin kukla faaliyetle bağlanması

Görüldüğü gibi 3 ile 4 arasındaki faaliyet kukla faaliyettir. Kukla faaliyetin süresi sıfırdır ve süresi en kısa olan faaliyetten sonra gelir. Bu sayede en uzun tamamlanma sürelerine sahip faaliyetlerin oluşturduğu yol yani kritik yol üzerinde kukla faaliyet bulunma olasılığı azalmış olur.

### 3.2. ŞEBEKE DİYAGRAMI

Şebeke diyagramı faaliyetler ve olaylar olmak üzere iki temel unsurdan oluşur. Bu iki unsurda yukarıda açıklanmıştır. İşte bu unsurların belirli kurallara göre bir araya getirilmesiyle oluşan iş akış şemasında da şebeke diyagramı denilir.

Şebeke diyagramı, tüm faaliyetlerin mantıksal bir sıraya dizilmesi ile çizilir. Hiçbir faaliyet kendinden öncekiler tamamlanmadan başlatılamaz. Aynı yol üzerindeki faaliyetler, birbirini izleyen ve birbirine bağımlı faaliyetlerdir. Paralel faaliyetler ise farklı yollar üzerindedirler ve aralarında bağımlılık yoktur.<sup>62</sup>

Şimdi şebeke diyagramının nasıl oluşturulduğunu ve şebeke diyagramı oluşturulması esnasında uyulması gereken kuralları inceleyelim.

#### 3.2.1. Şebeke Diyagramının Oluşturulması

Şebeke diyagramı oluşturulması proje planlamanın ilk aşamasıdır.

##### 3.2.1.1. Şebeke Diyagramı Oluşturulmasında Uyulması Gereken Temel

###### *Kurallar*

Yukarıda da belirttiğim gibi şebeke diyagramı olayların faaliyetlerle birbirlerine mantıksal bir sıralama içinde bağlanmasından oluşur. Bu bağlanma işlemleri yapılırken uyulması gereken bazı kurallar vardır. Bu kuralları aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:<sup>63</sup>

- Her bir faaliyet şebekede yalnız bir okla gösterilmelidir.
- Bir faaliyet kendisinden önceki faaliyetler bitmeden başlayamaz.

<sup>62</sup>Barutçugil, 2008, **a.g.e.**, s.174.

<sup>63</sup>Doğan, **a.g.e.**, s.310.

- Başlama düğümü aynı olan iki faaliyet, aynı bitme olayı ile gösterilemez.
- Bir okun uzunluğunun önemi yoktur. Ancak yönünün önemi vardır.
- İki olay en fazla bir faaliyet ile direkt olarak bağlanabilir.
- Her olayın bir numarası olmalıdır.
- Bir şebekede yalnız bir başlama ve yalnız bir bitme olayı bulunmalıdır.

Şebeke diyagramında öncelik ilişkilerinin doğruluğundan emin olmak için yeni faaliyetler eklendikçe; “Bir faaliyet başlamadan önce hangi faaliyet tamamlanmalıdır?”, “Bu faaliyeti hangi faaliyetler izlemelidir?”, “Bu faaliyetlerle hangi faaliyetler paralel yürütülmelidir?” gibi sorulara cevap verilmelidir.

### 3.2.1.2. Şebeke Diyagramının Çizilmesinde Karşılaşılan Bazı Durumlar ve Açıklamaları

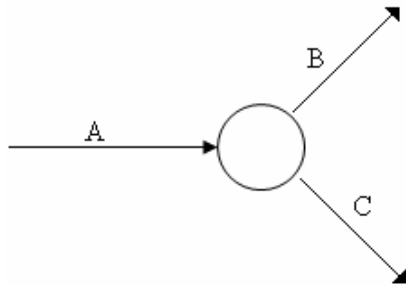
Şebeke diyagramı çizilirken yukarıdaki kurallara uyulması gereklidir. Ama yukarıda sayılan bu kurallar şebeke diyagramını oluşturmayı anlamak için tek başına yeterli değildir. Bunun için karşılaşılan bazı genel durumları incelemek gerekmektedir. Bu durumları sırasıyla inceleyelim.

Durum 1) A faaliyeti B faaliyeti başlamadan önce tamamlanmalıdır.



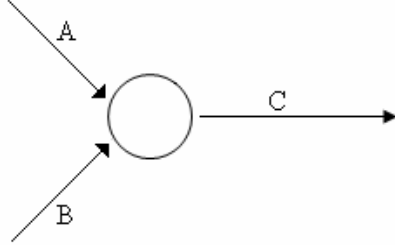
**Çizim 3.3.** Durum 1.

Durum 2) B ve C faaliyetleri, A faaliyeti bitinceye kadar başlayamaz.



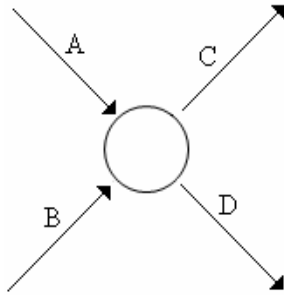
**Çizim 3.4.** Durum 2.

Durum 3) C faaliyeti, A ve B faaliyetlerinin her ikisi de tamamlanıncaya kadar başlayamaz.



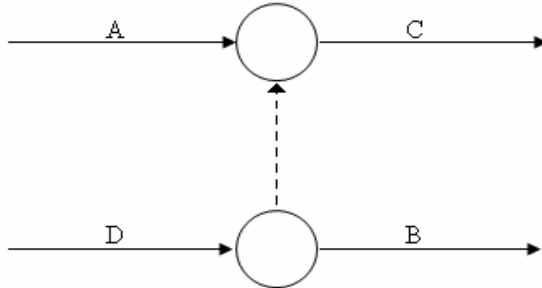
**Çizim 3.5.** Durum 3.

Durum 4) C ve D faaliyetleri A ve B faaliyetlerinin her ikisi de bitinceye kadar başlayamaz.



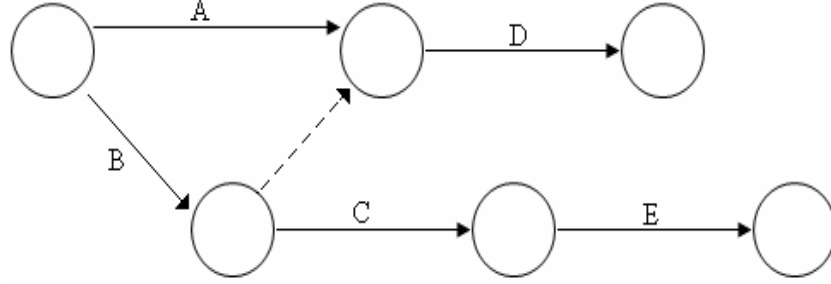
**Çizim 3.6.** Durum 4.

Durum 5) A ve B faaliyetleri, C faaliyeti başlamadan tamamlanmalıdır. D faaliyeti başlamadan önce B faaliyeti tamamlanmalıdır.



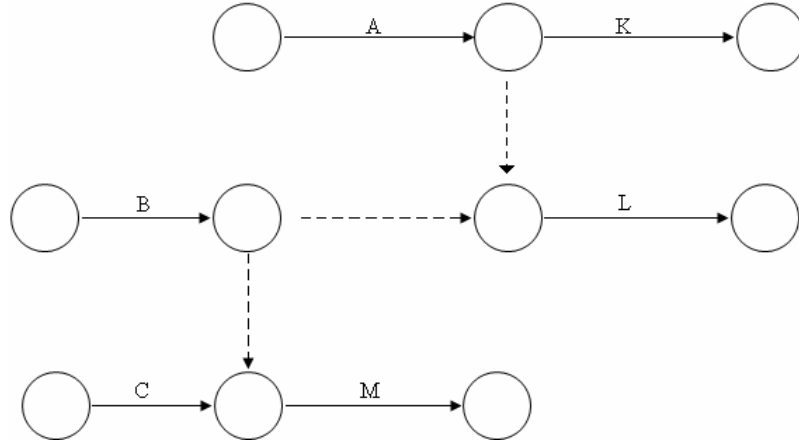
**Çizim 3.7.** Durum 5.

Durum 6) D faaliyeti, A ve B tamamlandıktan sonra, E faaliyeti ise B ve C faaliyetleri tamamlandıktan sonra başlar.



**Çizim 3.8.** Durum 6.

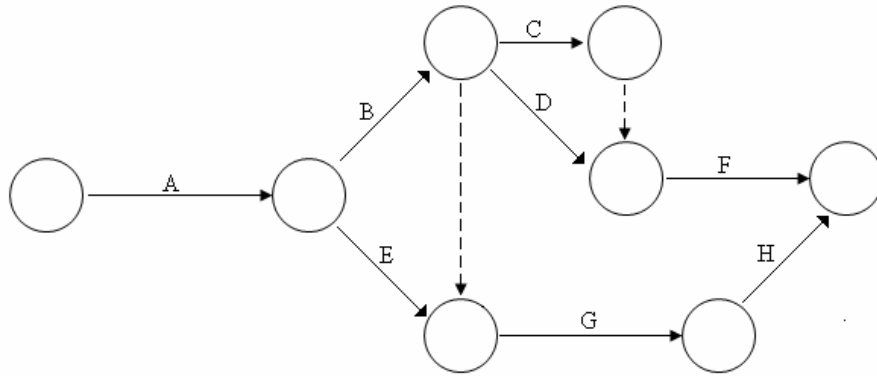
Durum 7) K faaliyeti A'dan sonra, L faaliyeti A ve B'den sonra, M faaliyeti ise B ve C'den sonra başlar.



**Çizim 3.9.** Durum 7.

Durum 8)

- A ilk faaliyettir,
- B ve E, A'dan sonra aynı anda başlar,
- C ve D aynı zamanda başlayıp biten faaliyetler olup, B'den sonra başlar,
- G faaliyeti E'yi takip ediyor ama başlaması için B'nin tamamlanması gerek
- F ve H son faaliyetler. F, C ve D'den, H ise G'den sonra başlamakta.

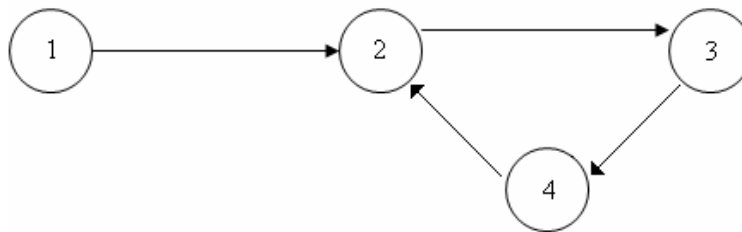


**Çizim 3.10.** Durum 8.

### 3.2.1.3. Şebeke Diyagramının Oluşturulmasında Yapılabilecek Bazı Hatalar

Şebeke diyagramı oluşturulurken bir takım hatalar yapılabilir. Ama bunların içinde yapılması en muhtemel iki hata tipi vardır. Bu hata tipleri kendi içlerinde değişik isimlerle adlandırılırsalar da mantıksal temelleri aynıdır. Bunlardan ilki “ilmik (looping) veya kısır döngü” olarak adlandırılan hata tipidir. İkinci tip ise “askı (dangling) veya sarkıtma” denilen hata tipidir. Şimdi bu hata tiplerini görelim.

İlk hata tipi ilmik denilen hata tipidir. Bu hata tipi aşağıdaki şekilde şöyle gösterilmiştir;<sup>64</sup>



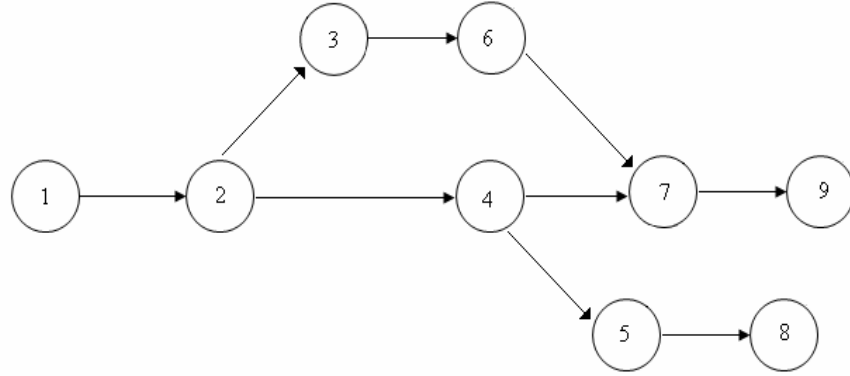
**Çizim 3.11.** İlmik hatası.

Burada (2,3) işleminin başlaması (1,2) ve (4,2) işlemlerinin tamamlanmasına, onun başlaması da yine (2,3) işleminin tamamlanmasına bağlıdır. Şu halde (2,3) işleminin başlayabilmesi için daha önce bitirilmiş olması gerekir. Bunun mantık dışı olduğu açıktır.

İkinci hata tipi olan askı hatasının aşağıdaki şekilde gösterebiliriz;<sup>65</sup>

<sup>64</sup>Lockyer, K.G., “An Introduction to CPM”, Pitman Publishing, s.13.

<sup>65</sup>Doğan, a.g.e., s.310.



**Çizim 3.12.** Askı hatası.

Şekilde; eğer (5,8) faaliyetine dikkat edilirse, onun arada bulunan herhangi bir olayla veya son olayla bağlantılı olmadığı görülür ve bu nedenle projenin tamamlanması bu faaliyetin yönüne değil, başka türlü gerçekleşecektir. Şebekedeki bu tür hata sallandırma (askı) olarak adlandırılır ve bu durumdan kaçınılmalıdır. Bu da aşağıdaki yollarla sağlanabilir;

- Bütün olaylar (ilk ve son olaylar hariç) en az bir faaliyete girmeli ve bir olay tarafından da bırakılmalı,
- Bütün faaliyetler bir olay ile başlamalı ve bitmelidir.

#### **3.2.1.4. Faaliyetlerin Numaralandırılması**

Şebeke diyagramının oluşturulmasında üzerinde durulması gereken en önemli çalışmalardan birisi de faaliyetlerin numaralandırılmasıdır. Projenin sağlıklı bir şekilde ilerleyebilmesi, faaliyet zamanlarının tespitinin doğru yapılabilmesi ve işleyebilmesi ve sonrasında yapılan matematiksel işlemlerin doğru olabilmesi için faaliyetlerin doğru bir şekilde numaralandırılması gerekir.

Literatürde en çok kabul gören ve kullanılan numaralandırma yöntemleri şöyledir:<sup>66</sup>

Faaliyetlerin başlangıç ve bitişindeki düğüm noktaları bir i ve j harfine tekabül ettirilir, i harfi okun başlangıcını, j harfi ise bitişini gösterir.

Faaliyet numaralandırmada iki farklı metot vardır;

- 1) j'nin daima i'den büyük olduğu sistem;

<sup>66</sup>Sarıca, a.g.e., s.40.

- Numaralama 0, 1, 2, 3,... şeklinde arada hiçbir tam sayı atlanılmadan yapılabilir,

- Numaralandırma 0, 5, 15, 20,... gibi j'nin i'den yüksek olmasından başka hiçbir koşul gözetmeksizin yapılır. Bunun avantajı şebekeye sonradan bir faaliyet ilave etmek gerektiğinde aradaki kullanılmamış tam sayılardan faydalanarak bu işlemin rahatça yapılabilmesidir.

2) j'nin i'den büyük veya küçük olmamasının hiçbir şey fark ettirmediği numaralama metodu. Bu metot bilgisayarların gelişmesi sonucu meydana çıkmıştır.

Şebeke diyagramındaki faaliyetler, başlangıç ve bitişlerindeki olay numaraları ile (1-2, 4-6 gibi) isimlendirildikleri gibi harflerle de kodlanabilirler. Bu harflerin yanına (ya da ok çizgisinin altına) faaliyet süreleri parantez içinde yazılır. Olayları ifade eden dairelerin üzerine konulacak iki bölmeli dikdörtgenlerin içine faaliyetlerin en erken başlangıç ve en geç bitiş tarihleri yazılır. Eğer boş zamanların da gösterilmesi istenirse üç bölmeli dairelerden bu amaçla yararlanılabilir.<sup>67</sup>

### 3.2.2. Şebeke Diyagramında Faaliyet ve Olayların Zamanlandırılması

Projedeki faaliyetlerin yönetiminde, tüm projenin programlanan tamamlanma süresini etkilemeden, her bir faaliyetin ne kadar erken, ne kadar geç başlayacağını veya biteceğini bilmek yararlıdır. Şebeke diyagramında yapılan bu hesaplamalar sayesinde müşteriye teslim süresi hakkında gerekli bilgiler verilebilir. Faaliyet sürelerini tespit edebilmek için eski kayıtlardan yararlanmak veya bu süreleri tahmin etmeye çalışmak oldukça önemlidir.

Şebeke diyagramında hesaplamaların temel amacı, projenin toplam süresini belirleyerek müşteriye kesin bir teslim tarihinin verilebilmesini sağlamak veya projenin zamanında bitirilebilmesi için gerekli değişikliklerin neler olabileceğini ortaya koymaktır.

Bu hesaplamaların yapılabilmesi için, öncelikle projeyi temsil eden faaliyetler ağının belirlenmesi ve daha sonra bu ağdaki tüm faaliyetlerin sürelerinin verilmesi gerekir. Şebeke diyagramı, yalnızca bir araçtır. Değeri, tümüyle dayandığı

---

<sup>67</sup>Barutçugil, 2008, a.g.e., s.185.

bilgilere ve bunların nasıl kullanıldığına bağlıdır. Dolayısı ile faaliyet sürelerinin tahmin edilmesi (ya da eski kayıtlardan çıkarılması) büyük önem taşır.<sup>68</sup>

Her faaliyetin en erken ve en geç başlama süreleriyle ilgili olarak 4 tür hesaplama yapılmaktadır;<sup>69</sup>

— En Erken Başlama Süresi (Earliest Start Time: EST): Bir faaliyetin kendisinden önce gelen tüm faaliyetler de en erken başlama zamanlarında başlamaları koşuluyla, başlayabileceği en erken süredir. Projede ilk faaliyetin başlama süresi sıfır olarak alınmakta ve bu da ilk faaliyetin en erken başlama zamanı olmaktadır.

— En Erken Bitirme Süresi (Earliest Finish Time: EFT) : Bu süre en erken başlama süresine faaliyet süresinin eklenmesiyle bulunmaktadır ve bir faaliyetin bitebileceği en erken süreyi göstermektedir.

$$EFT = EST + \text{FAALİYET SÜRESİ}$$

En erken başlama ve en erken bitme süreleri başlangıçtan bitişe kadar ileriye doğru bir harekette bulunmaktadır. Yani bu hesaplamalar soldan sağa doğru yapılmaktadır. Her düğüm noktasında olayların en erken gerçekleşme zamanları hesaplanmaktadır. Bu yöntem, en erken başlama ve en erken bitme sürelerinin bulunmasında kullanılmaktadır.

Her faaliyet için en erken başlama süresi, şebekenin başlangıcından hareket ederek, bu faaliyetten önce gelen tüm faaliyetlerin sürelerinin toplanmasıyla elde edilmektedir. Bir olaya ulaşan faaliyet sayısının 2 veya daha fazla olması durumunda, sonraki faaliyet, kendisinden önce gelen faaliyetlerin hepsi tamamlanmadan başlayamayacağı için, bu faaliyetler ilerisinde en geç biten faaliyetin süresi, bir sonraki faaliyetin başlangıcını belirlemektedir. Kısacası en erken başlama süresini hesaplarken, başlangıçtan sona doğru toplamlar alınmakta ve kavşak noktalarındaki en büyük sayılar dikkate alınmaktadır.<sup>70</sup>

— En Geç Bitirme Süresi (Latest Finish Time: LFT) : En geç bitirme süresi, bir faaliyetin tüm projeyi geciktirmeden bitebileceği en geç süredir. Bu sürenin hesaplanması için, projenin sonundan başlanır, yani şebekede sağdan sola doğru

<sup>68</sup>Barutçugil, 2008, **a.g.e.**, s.185.

<sup>69</sup>Doğan, **a.g.e.**, s.310.

<sup>70</sup>Öztürk, Ahmet, **Yöneylem Araştırması**, 4.b., Ekin Kitabevi Yayınları, 1994, Bursa, s.186.

hareket edilmektedir. Bu yöntem geriye doğru hesaplama yöntemi denir. Projenin bitiş süresinden faaliyet süreleri çıkarılarak hesaplamalar yapılır. İki veya daha fazla faaliyetin bir olayda karşılaşması durumunda bunlardan, süresi en erken olan faaliyetin süresi (yani en küçük olanı), önceki faaliyetler için en geç bitiş süresini belirlemektedir.

— En Geç Başlama Süresi (Latest Start Time: LST) : Bu süre bir faaliyetin, tüm projeyi geciktirmeden, başlayabileceği en geç süredir. En geç başlama süresi, her faaliyetin en geç bitme süresinden bu faaliyetlerin sürelerinin çıkarılmasıyla bulunmaktadır. Bir olayda, iki veya daha fazla faaliyetin bitleşmesi durumunda, minimum süreye sahip olan faaliyet esas alınmaktadır. Çünkü bu yol, gecikme süresinin en az olduğu yoldur.

$$LST = LFT - \text{FAALİYET SÜRESİ}$$

Şebekede faaliyet süreleri belirlendikten sonra belirlenmesi gereken bir süre de boşluk süreleridir. Bu süreyi de açıklayalım.

- Toplam Boşluk ve Serbest Boşluk Süresi: Bir faaliyetin toplam boşluğu, boş zaman gibi belirlenir. Bu planın gerçekleşmesi için projenin tamamlanmasında faaliyetin geciktirilmemesi gerekir. Kritik faaliyetler için, şüphesiz toplam boşluk sıfır olacaktır. Şebeke analizindeki önemli fonksiyonlardan biri, projenin planlanması ve kontrolü için boş zamanın belirlenmesi ve kullanılmasıdır. Bir faaliyetin toplam boşluğu, başlangıç zamanı veya bitiş zamanına göre farklı hesaplanır. Bu hesaplamalar;<sup>71</sup> Toplam boşluk = LST – EST

$$= LFT - EFT$$

Bir faaliyetin serbest boşluğu, şebekede mümkün olduğu kadar erken başlayan, birbirini izleyen tüm faaliyetler olduğu zaman bir faaliyet için mevcut veya gevşek zaman miktarıdır. Yani birbirini izleyen faaliyetlerin en erken başlangıç zamanları etkili değildir. Bir faaliyetin toplam bir boşluğa sahip olabildiğine fakat serbest bir boşluğa sahip olamadığına dikkat edilmelidir ve bu serbest boşluk toplam boşluktan daima daha az veya eşittir.

---

<sup>71</sup>Doğan, a.g.e., s.310.

### 3.3. CPM TEKNİĞİ

Türkçe literatürde Kritik Yol Yöntemi olarak bilinen tekniğin ismi, İngilizce “Critical Path Method” kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. CPM faaliyet sürelerinin kesin olduğu bir yöntemdir. Çalışma boyunca kritik yol yöntemi yerine kısaltması olan CPM kullanılacaktır.<sup>72</sup>

#### 3.3.1. CPM'nin Tarihsel Gelişimi ve Özellikleri

CPM, 1956'da, DuPont Firmasının inşaat bölümüyle, Remington Rand adlı firmanın bilgisayar uzmanlarının birlikte çalışmaları sonucu bir ortak girişim stratejisi olarak gelişmiştir. Bu teknik, ilk kez, kimyasal maddeler üreten bir firmanın inşasında ve bakımında kullanılmıştır. Bu tarihten sonra CPM'nin kullanımında büyük bir artış olmuştur. Bu yöntemle ilgili ilk açıklama 1959'da Birleşik Doğu Bilgisayar Konferansında Kritik Yol Planlaması ve Programlanması başlığı altında yapılmıştır. Tekniğin dayandığı temel düşünce, toplam proje maliyetini minimize edecek programın belirlenmesidir. CPM 1959'da Dr. Mauchly tarafından basitleştirilerek, endüstride de uygulanabilir hale getirilmiştir.<sup>73</sup>

CPM'de hem her bir faaliyetin tamamlanması için gereken sürenin, hem de bu faaliyetin maliyetinin kesin olarak bilindiği varsayılmaktadır. CPM, projenin tamamlanabileceği en kısa süre, her faaliyetin en erken ve en geç başlama ve bitiş süreleri ve kritik faaliyetler hakkında gerekli bilgileri vermektedir. Şebekenin kuruluşunda ve işleyişinde, planlanmasında ve çiziminde, en erken ve en geç başlama ve bitiş sürelerinin bulunmasında yapılan işlemler PERT'le aynıdır. CPM'in kullanım alanları arasında bina ve karayolu inşaatı, yeni bir ürünün planlanması, bilgisayar sisteminin kurulması, gemi inşaatının ve onarımının programlanması gibi işler bulunmaktadır.<sup>74</sup>

---

<sup>72</sup>Öztürk, a.g.e., s.186.

<sup>73</sup>Johnson, Lynwood A. And D.C. Montgomery, **Operations Research in Production Planning Scheduling and Inventory Control**, John Willey & Sons, 1974, s.349.

<sup>74</sup>Halaç, a.g.e., s.56.

CPM çok yararlı bir planlama tekniğidir. Bu yararlar şu şekilde sıralanabilir:<sup>75</sup>

- Projelerin planlanması, projede geçerli olan faaliyetlerin birbirine olan ilişkilerini göstermek bakımından önemlidir,
- Şemanın çizilmesi olanaklı faaliyetlerin unutulmamasını sağlar,
- Kritik faaliyetler ortaya çıktığında bu faaliyetlerde gecikme olmayacağını gösterir ve gerektiğinde bu faaliyetlerde fazla işgücü kullanılarak projeyi tamamlama zamanının kısaltılabileceğini gösterir.

CPM uygulaması sonunda her bir faaliyetin başlama ve tamamlanma tarihlerini veren bir program elde edilmelidir. Farklı faaliyetlerin birbirini etkilemesi nedeniyle başlama ve bitiş zamanlarının belirlenmesi özel hesaplar gerektirir. Hesap sonuçlarına göre faaliyetler kritik ve kritik olmayanlar olmak üzere ikiye ayrılır. Bir faaliyetin başlama zamanında bir gecikme tüm projenin tamamlanma tarihinde bir gecikmeye sebep oluyor ise o faaliyete kritik faaliyet denir. Diğer taraftan kritik olmayan faaliyetler için projede hesaplanan en erken başlama ve en geç bitiş tarihleri arasındaki zaman, faaliyetin gerçek süresinden daha büyüktür. O halde kritik olmayan bir faaliyet, gecikme veya serbestlik süresine sahiptir. CPM tekniğinin uygulanışı ve kritik yolun bulunuşu PERT tekniği ile benzer olduğu için, çalışmada PERT tekniğine bir örnek verilecek ve bu örnek içerisinde CPM tekniği ile ilgili gerekli kısımlarda açıklamalar yapılacaktır.

### 3.3.2. CPM'in Avantajları ve Eksik Yönleri

Herhangi bir problem programlanırken karşılıklı ilişkili faaliyetler organize edilmelidir. Programlamayı kısıtlayan sadece faaliyetler arasındaki sırasal ilişkiler ile faaliyetin sürdürülmesini sağlayan kaynaklardır. Bir faaliyetin başlayabilmesi için bir önceki faaliyetin bitirilmiş olması gerekir ki, buda bazı faaliyetler arasında öncelikli tanımlama ilişkisinin olduğunu gösterir.

CPM, maliyeti ve süreyi optimize etmeye yardımcı olan bir tekniktir. Bu teknik, çalışmaların, başlangıç aşamasından, tamamlanma aşamasına kadar,

---

<sup>75</sup>Doğan, a.g.e., s.327.

planlanmasıyla ilgili sorunların çözümünde kullanılmaktadır. Yönetimin önemli sorunlar üzerinde yoğunlaşmasıyla, işgücünün ve mali kaynakların daha doğru bir şekilde kullanılması sağlanmaktadır.

CPM, planlama ve programlama disiplini sağlar. Ayrıca firmanın farklı bölümleri arasındaki iletişimi ve koordinasyonu düzenler. Bu teknik, projenin tüm safhalarının analitik olarak ve mantıklı bir biçimde düşünülmesini sağlar. Tek bir faaliyette meydana gelecek değişikliklerin, tüm proje üzerindeki etkisini, sürenin, faaliyetlerdeki değişikliklerin maliyetinin ve zorunlu gecikmelerin kantitatif olarak değerlendirilmesini sağlar.<sup>76</sup> CPM'in bu avantajlarının yanında dikkat edilmesi gereken bazı yönleri de vardır. Bu teknik, çok dikkatli ve doğru bir planlama yapılmasını gerektirir. Ayrıca tekniğin uygulanabilmesi için, yönetimin tam bir desteği ve işi yürüten insanların aktif katılımı gerekmektedir. Maksimum etkinlik sağlamak için, CPM, sadece projenin başlangıcındaki planlama aşamalarıyla sınırlandırılmamalıdır. Projenin kontrolü için, faaliyetlerin başlangıcından tamamlanmasına kadar kullanılmalıdır.<sup>77</sup>

CPM'de faaliyet sürelerinin kesin olarak bilindiği farz edilmektedir. Fakat üretim sürecinde birçok faktör etkili olmaktadır. Bu yüzden, faaliyet sürelerinin kesin olarak tahmin edilebileceğinin varsayılması, CPM'nin zayıf yönünü oluşturmaktadır. Ancak CPM, daha önceden yapılmış, tekrarlanan projelerde uygulandığından, bu tür projelerde süre tahminindeki yanılma payının çok düşük olacağı kabul edilmektedir.<sup>78</sup> Bu yüzden CPM tekniği kullanılırken, arşivlere bakılması, geçmiş projeleri yürütenlerle bilgi alış verişinde bulunması projenin gidişatı açısından oldukça önemli çalışmalardır.

---

<sup>76</sup>Antill M., R.W. Woodhead, **Critical Path Methods In Construction Practice**, 2.b., John Willey & Sons, 1970, s.333.

<sup>77</sup>Horowitz, Joseph, **Critical Path Scheduling: Management Control Through CPM and PERT**, The Ronald Pres Company, 1967, New York, s.12.

<sup>78</sup>Öcal, a.g.e., s.98.

### 3.4. PERT TEKNİĞİ

PERT, İngilizce, Project Evaluation and Review Technique kelimelerinin baş harflerinden oluşmuş bir sözcük olup, Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği anlamına gelmektedir.<sup>79</sup>

PERT'in tarihsel gelişimi incelendiğinde, GANTT cetvellerinin PERT'e temel teşkil ettiği görülmektedir. Ancak GANTT cetveli, yapılacak işin safhaları arasındaki ilişkiyi bir dereceye kadar gösterdiğinden, bir takım eksiklikleri olan bir yöntemdir.<sup>80</sup>

Daha çok projenin maliyeti ile ilgili bilgileri ortaya koyan ve bunları açıkça göstermeye yarayan bir şebeke gösterme şeklidir. Üretimdeki gecikmeleri, takılmaları ve türlü çatışmaları en düşük düzeye indirgeyen, işin bütününe türlü parçalarını eş gücün ve eş zamanlayan, projelerin tamamlanmasını hızlandıran bir yöntemdir. İstenilen amaca ulaşabilmek için gerekli iş çabalarının planlanması, eş güdümü ve kontrolü yaklaşımıdır.

#### 3.4.1. PERT Çalışmalarının Verimliliği İçin Bazı Kurallar

Her işte olduğu gibi PERT tekniğinin uygulanmasında da bazı noktalara dikkat edildiği zaman alınacak sonuçta pozitif yönlü değişimler olacağı kesindir. Dikkat edilmesi gereken bu noktalar kuşkusuz hazırlık aşamasından son aşamaya kadar herhangi bir safhada olabilir. Uyulacak bu kurallar sayesinde, proje yöneticisinden uygulamadaki bütün kişilere kadar, kişilerin işlerini rahatlatarak, verimliliği arttıracak ve yapılması olası hataları yapma riskinin azaltacaktır.

Bu kuralları sıralamak gerekirse;<sup>81</sup>

— PERT; genel müdür, kısım müdürleri, planlamacılar, kontrolörler, proje müdürleri gibi çeşitli kişilere hizmet eden bir araçtır. Bu kişiler PERT'in farklı tarafları ile ilgilenirler. Bu bakımdan, ya bütün kişilere gerekli olan bilgi ve işaretleri içermeli veya her ilgili için PERT'in türevleri hazırlanmalıdır.

<sup>79</sup>Kutlu, 2001, Bursa, **a.g.e.**, s.3.

<sup>80</sup>Levin, R.I., and Kirkpatrick, C.A., **PERT ve CPM İle Planlama ve Denetim**, ODTÜ, İdari Bilimler Fakültesi, 2.b., Yayın:12, Ogun Kardeşler Matbaası, 1973, s.10.

<sup>81</sup>Doğan, **a.g.e.**, s.341-344.

— Esas olarak; olay yönlü, işlem yönlü, zaman yönlü, maliyet yönlü ve kaynak yönlü PERT hazırlanabilir ve her birisi ayrı mesuliyet grupları için daha fazla kıymet taşır.

— Olayı belirten yuvarlaklardan, bir işlemin son mu yoksa başlangıcı mı olduğu belirtilmelidir. Böylece olaylarla işlemler arasındaki ilişkiler daha iyi görülebilir. Başlama B harfi ile tamamlanma T harfi ile gösterilmelidir.

— Yuvarlaklar içine veya civarına konacak kod, yazı ve işaretler en gerekliler olmalı ve ayrıca kolay anlaşılır olmalıdır. Her yerde aynı işaret ve kodların kullanılmasına dikkat edilmelidir.

— Oklar, üzerine konacak kod, rakam veya işaretler ile iyice tanımlanmalı ve olanaklar el verdikçe standartlaştırılmalıdır.

### **3.4.2. Şebeke İskeletinin Kurulması**

Bir çok durumda işlem ve iş sayısı ve özellikle yan işlerin sayısı o kadar fazla olabilir ki; zaten bunların hepsini bir şebekede göstermek fazla bir şey ifade etmez. Bu bakımdan başlangıç çalışmalarında olduğu gibi ileri çalışmalarda da detaysız bir şebeke iskeletiyle veya temel şebeke iskeletiyle çalışmak faydalı olur.

Böyle bir şebeke iskeleti üzerinde esas meseleler çözülür ve incelenecek politika saptanır. Uygulama projelerine geçilirken de tam detaylı şebekeler hazırlanır.<sup>82</sup>

### **3.4.3. Şebeke Planlaması ve Çizimi**

Şebekenin planlanmasında ve sonra çiziminde aşağıdaki aşamaları izlemek kolaylık sağlar;<sup>83</sup>

— Amaç olay iyice tanımlanmalı ve bu olay şebekenin son olayı olacak şekilde hesaba katılmalıdır.

---

<sup>82</sup>Doğan, a.g.e., s.345.

<sup>83</sup>Doğan, a.g.e., s.346.

— Bundan sonra yan olaylar tanımlanmalı ve bu yan olaylarla son olay arasında basit bir şebeke kurulmalıdır.

— Her yan olayı hazırlayacak işlemlerin analizi yapılmalıdır.

— Son olaydan geriye doğru çalışılarak başlama olaylarına gelinir. Bazı durumlarda başlangıç olaylarından hareket edilerek amaç olaya doğru planlama yapılabilir.

— Baştan sona veya sondan başa çalışmaların her ikisinde de temel yolların teker teker analizi, bir kaçının bir arada ele alınmasından daha kolay olmaktadır.

— Projelerde daha çok başkalarına bağlı olan veya proje yöneticilerinin kontrolü dışında olan olaylar ve işlemler içeren yolların önce ele alınması da durumu daha başta aydınlatması bakımından faydalı olmaktadır.

— Her olay için;

- bu olayı hazırlayan işlem ve olaylar,

- bu olayın tesir edeceği veya hazırlayacağı işlem ve olaylar,

- bu olaya paralel olarak gelişen işlem ve olaylar nelerdir gibi soruların cevapları olanaklar içinde, yine grafikler şeklinde veya matrisler halinde saklanmalıdır.

— Bütün bu temel çalışmalar yapıp, ilk şebeke ortaya çıktıkça ve daha iyi planlara yaklaşıldıkça da çeşitli bilgiler standartlar ve işlem analizleri bakımından detaya inilir.

— Şebekenin detaylandırılma derecesi projeden projeye değişir. Detaylar proje yürüyüşünde önemli rol oynuyorsa veya detay işlemlerin bazıları ilk defa yapılan, dolayısı ile tamamen kontrol altında bulunmayan işlemlerde detaylı şebeke hazırlamak faydalıdır.

— Akılda kalması gereken çok önemli bir nokta da; şebekenin çeşitli yönlerinin dinamik, şartlara göre değişen hatta değiştirilmesi gereken bir model olduğudur.

— Bazı hallerde okların kalınlığı ve olay işaretlerinin değişik şekillerde çizilmesi faydalı, hatta gerekli olabilir.

### 3.4.4. PERT’te Faaliyet Sürelerinin Hesaplanması ve Projenin Beklenen Süresinin Bulunması

PERT tekniğinde faaliyetlerin süreleri CPM’de olduğu gibi kesin verilere dayanmamaktadır. Bunun yerine her faaliyet için 3 tahmini süre hesaba katılmaktadır.

Kesin olarak bilinmeyen faaliyet süreleri beta dağılımına uyan rassal değişkenler olarak kabul edilir. Bunun için programlama aşamasında faaliyetlerin tamamlanma süreleri; en iyimser süre (a), en kötümser süre (b) ve en muhtemel süre (m) tahminleri olarak ifade edilir. Şimdi bu sürelerin biraz daha detayla inceleyelim.

— En İyimser Süre (Optimistic Time); her şeyin yolunda gitmesi durumunda, faaliyetin bitebileceği en erken süredir. Fakat tüm işlerin yolunda gitmesi oldukça düşük bir ihtimaldir. Buna rağmen yine de böyle bir durumun gerçekleşmesi söz konusu olabilir. Bu yüzden en iyimser sürenin gerçekleşme olasılığı %1 olarak kabul edilmektedir. Bu süre “a” harfi ile gösterilmektedir.<sup>84</sup>

— En Kötümser Süre (Pessimistic Time); bu süre ise, hiçbir şeyin yolunda gitmemesi durumunda, faaliyetin tamamlanacağı en uzun süreyi gösterir. Mesela, havalanın kötü olması, projedeki birçok aksaklık, arızalar çıkması gibi durumlar projenin geç tamamlanmasına neden olabilir. Böyle bir durumun gerçekleşme olasılığı da oldukça düşüktür. Bu yüzden bu sürenin gerçekleşme olasılığı da %1 olarak kabul edilir ve “b” harfi ile gösterilmektedir.<sup>85</sup>

— En Olası Süre (Most Likely Time); bu süre, tahminde bulunan kişinin kanısına göre, aynı iş aynı koşullar altında birçok kez tekrarlandığında, en çok karşılaşılma olasılığı olan süredir. “m” harfi ile gösterilmektedir.<sup>86</sup>

Bir projede her faaliyetin tamamlanması için bir zaman planlanması yapmak gerekmektedir. Ar-ge projelerinde daha önceden tekrarlanmış faaliyetler çok azdır. Bu yüzden proje yöneticisi, bir takım tahminlerde bulunur. Böylece faaliyetlerin tamamlanma süreleri için bir olasılık söz konusu olur. Yönetici bu tahminleri yaparken gerçekçi olmalıdır. Çünkü daha sonra yapılacak planlar ve kaynak tahsisleri bu 3 süre tahminine dayanılarak yapılır. Bu yüzden tahminde bulunurken, her

<sup>84</sup>Akmut, **a.g.e.**, s.32.

<sup>85</sup>Karayalçın, **a.g.e.**, s.300.

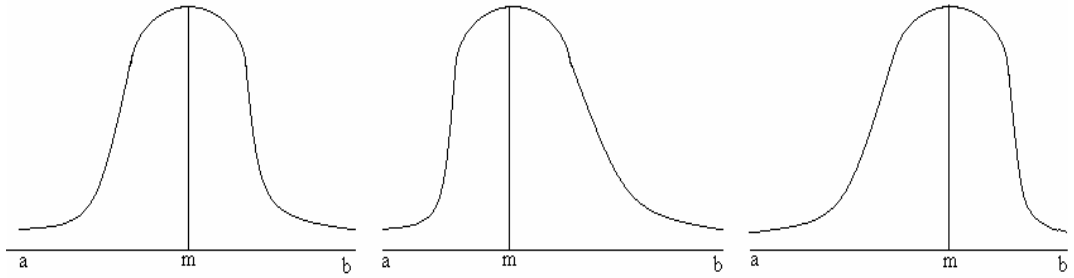
<sup>86</sup>Öztürk, **a.g.e.**, s.189.

faaliyete ayrılabilir gerçek ve potansiyel işgücü dikkate alınmalı ve bu süre içinde işgücünde önemli bir değişiklik düşünülmemelidir. Proje yöneticisi, proje süresince teknolojik olanaklarda ve üretim tekniğinde önemli değişiklikler olup olmayacağını bilmelidir. Zaman tahminleri bütçe olanaklarına uygun olmalıdır.<sup>87</sup>

Her faaliyet için üçlü süre tahmini yapıldıktan sonra, tüm proje boyunca kullanılabilir bir değer elde etmek gerekmektedir. bu değer istatistikçilerin bulmuş oldukları bir ağırlıklı ortalama kullanılarak bulunur. Bu ortalama hesaplanırken, m'ye diğer iki süreden yani a ve b'den daha fazla ağırlık verilir. Çünkü projenin olası sürede tamamlanma olasılığı, a ve b'de tamamlanma olasılığından daha fazladır.

Tüm faaliyetler için a, b ve m değerleri tahmin edildikten sonra, beta dağılımı kullanılarak ortalamalar ve standart sapmalar hesaplanır.

Bu süreler için beta dağılımı aşağıdaki şekilde olduğu gibi gösterilebilir;<sup>88</sup>



**Çizim 3.13.:** Beta Dağılımları

Beta dağılımında faaliyetlerin ortalama beklenen süresi ( $\mu$ ) hesaplanırken en olası süre ( $m$ ) 1 olarak ağırlıklanır, dağılımın orta noktasını  $((a+b)/2)$  yarım ağırlamak gerektiği varsayılmaktadır. Faaliyetlerin beklenen süresi ( $\mu$ ), en olası süresi ( $m$ ) ile orta noktanın  $((a+b)/2)$ , sırasıyla 2 ve 1 olarak ağırlıklandırılmasıyla elde edilen ağırlıklı ortalamasının bir sonucudur. Aşağıdaki formülde  $\mu$  hesaplaması gösterilmiştir.<sup>89</sup>

$$\mu = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (1)$$

<sup>87</sup>Akmut, **a.g.e.**, s.33.

<sup>88</sup>Halaç, Osman, **Kantitatif Karar Verme Teknikleri**, 4.b., Alfa Basım Yayın Dağıtım, 1995, İstanbul, s.56.

<sup>89</sup>Kutlu, 2001, Bursa, **a.g.e.**, s.4.

Aşağıdaki formülle de dağılımın standart sapması ve varyansının hesaplanması gösterilmiştir;

$$\sigma^2 = \left[ \frac{b-a}{6} \right]^2 \quad \sigma = \frac{b-a}{6} \quad (2)$$

Formülde de görüldüğü gibi standart sapma varyansın kareköküne eşittir. b ve a arasındaki farkın büyük olması varyans değerini büyük ölçüde etkilemektedir. Varyans değerinin büyük olması faaliyetin o sürede tamamlanmasında belirsizlik olduğunu gösterir.<sup>90</sup>

Ortalama ve standart sapmalar hesaplandıktan sonra, standart normal dağılım tablosu kullanılarak, projenin tamamlanma süresi hesaplanmaktadır. Projenin beklenen süresi kritik faaliyetlerin ortalama sürelerinin toplanmasıyla elde edilmektedir. Projenin başlangıcından bitimine kadar olan yollar içerisinde, ortalama beklenen zaman ( $\mu$ ) ve varyansı ( $\sigma^2$ ) en büyük olan yol kritik yoldur.

#### ÖRNEK:

8 olay ve 11 faaliyetten oluşan bir projede, faaliyetlerin her biri için tahmini süreler aşağıdaki tabloda gösterildiği gibidir. Bu süreler gün olarak ifade edilmektedir.

<b>Faaliyetler</b>	<b>a</b>	<b>m</b>	<b>b</b>
<b>1 – 2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
<b>1 – 3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>2 – 4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>2 – 5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
<b>3 – 7</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>4 – 6</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>5 – 6</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>5 – 7</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>6 – 7</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
<b>6 – 8</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
<b>7 – 8</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Tablo 3.1.:** Faaliyetlerin Tahmini Süreleri

<sup>90</sup> Öztürk, a.g.e., s.201.

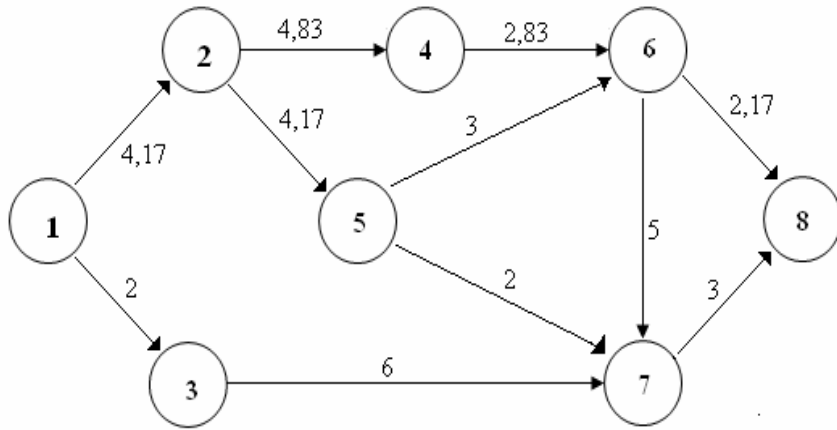
Bu veriler doğrultusunda bulunması istenenler şunlardır;

- Projenin şebeke diyagramının çizimi,
- Her faaliyetin ortalama beklenen zamanının ve varyansının bulunması,
- Projenin kritik yolunun bulunması,
- Projenin toplam beklenen zamanını gösteren dağılımın standart sapmasının

hesaplanması,

- Projenin 19 günde veya daha az sürede tamamlanma olasılığının bulunması,

Projenin şebeke diyagramını faaliyetlerin başlama sırasına göre çizimi aşağıdaki çizim 3.2'deki gibidir. Burada 1. olay projenin başlangıcını, 8. olay da bitimini göstermektedir.



**Çizim 3.14.** Şebeke Diyagramı

Projedeki faaliyetlerin ortalama beklenen zamanı ve varyansları formül (1) ve formül (2) yardımıyla bulunur. (1-2) faaliyetinin ortalama beklenen zamanını ve varyansını bulalım ve diğerlerini tabloya yerleştirelim.

$$\mu = \frac{3 + 4 * 4 + 6}{6} \cong 4,17$$

$$\sigma^2 = \left[ \frac{6 - 3}{6} \right]^2 = 0,25$$

Faaliyetler	$\mu$	$\sigma^2$
1 – 2	4,17	0,25
1 – 3	2	0,11
2 – 4	4,83	0,25
2 – 5	4,17	0,25
3 – 7	6	0,11
4 – 6	2,83	0,25
5 – 6	3	0,44
5 – 7	2	0,11
6 – 7	5	0,44
6 – 8	2,17	0,25
7 – 8	3	0,11

**Tablo 3.2.** Faaliyetlerin Varyans ve Ortalamaları

Kritik yol; 1 – 2 – 4 – 6 – 7 – 8' dir.

Projenin toplam beklenen zamanı;  $\mu = 4,17+4,83+2,83+5+3 = 19,83$  gündür.

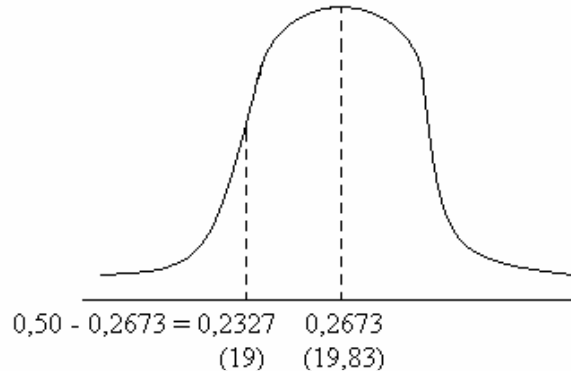
Projenin varyansı;  $\sigma^2 = 0,25+0,25+0,25+0,44+0,11 = 1,3$  gündür.

Projenin standart sapması =  $\sqrt{1,3} = 1,14$  gündür.

$T = 19$  gün,  $T_c = 19,83$  gün ve  $\sigma = 1,14$  verilerinin doğrultusunda projenin 19 günde veya daha az sürede tamamlanma olasılığı;

$$Z = \frac{T - T_c}{\sigma_c} = \frac{19 - 19,83}{1,14} = -0,728 \cong -0,73$$

Standart normal dağılım tablosunda -0,73'e karşılık gelen değer 0,2673'dür. Bu verilerin grafik üzerinde gösterimi çizimdeki gibidir.



**Çizim 3.15.** Projenin Normal Dağılışa Göre İhtimali

Çizimde projenin 19 günde veya daha az sürede tamamlanma olasılığının %23 olduğu görülmektedir.

### 3.4.5. Pert Şebekesinin Değerlendirilmesi

PERT'in gerçek görevi, gerçekten ilk kez şebekeyi başlatacak çizimi yapmak, bütün zaman değerleri ve kritik yolu belirlemektir. Kritik yol üzerine düşmeyen faaliyetler, eğer çizimin gerisinde kalıyorsa olaya herhangi bir etkide bulunmayacaklardır. Bununla beraber, kritik yol üzerindeki veya kritik yol üzerine düşebilen faaliyetlerin etkisi kayda değer olabilmektedir. Bu nedenle orijinal planlarda ayarlamalar ve düzeltmeler gerekli güvenliği sağlayabilmektedir ki proje planlanan tarih içinde tamamlanabilmektedir. Eğer tüm zamanlar tatmin edici değilse, mevcut plan birkaç yöntem ile düzenlenebilir. Bu yöntemlerden biri kritik olmayan yoldan kritik yola işçi, makine ve malzeme değişimi yapmaktır. Diğer şebeke düzenlemesi, faaliyetlerin yeniden düzeltilmesidir. Birlikte çalışan faaliyetlerin aynı zaman rastlaması da olasıdır. Bundan başka, şebekenin yeniden planlanması ve düzenlenmesi için yapılan uğraş ek esneklik sağlar. Bu nedenle projenin tamamlanma süresinin düzenlenmesi için kritik yolun düzenlenmesi gibi uygun birkaç alternatif vardır. Genellikle en erken, en geç beklenen zamanın, boş ve kritik yolların yeniden gözden geçirilmesi gerekecektir.<sup>91</sup>

<sup>91</sup> Doğan, a.g.e., s.345.

## **DÖRDÜNCÜ BÖLÜM**

### **PERT TEKNİĞİNİN GEMEREK MESLEK YÜKSEKOKULU İNŞAAT PROJESİNE UYGULANMASI ÜZERİNE ÇALIŞMA**

Bu bölümde PERT tekniğinin Gemerek Meslek Yüksekokulu inşaatı projesine uygulanması üzerine bir çalışma yapılmıştır. Daha öncede belirtildiği gibi PERT ve CPM teknikleri özellikle inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Benim çalışmada ki projede GANNT, üstlenici inşaat firması ihale şartnamesine uygun, GANTT şemasına benzeyen bir “iş programı” ile projeyi yönetmektedir. Ama bu iş programı PERT veya CPM teknikleri gibi detaylı bilgiler sunmamaktadır. Bu bilgileri proje planlama – programlama ve yönetme tekniklerinden almak yerine firmada çalışan teknik elemanların ve kendisinin daha önceki deneyimlerinden temin etmektedir. Tabii ki bu bilgilerde kuşkusuz çok değerli ve kullanışlıdır ama proje planlama teknikleriyle daha çok veri ve esneme olanakları aynı anda göz önüne getirilebilecektir. Bu proje planlama – programlama ve yönetim tekniklerinde de gerekli bilgiler teknik elemanların tecrübelerine ve bilgi birikimlerine dayanılarak elde edilmektedir. Fakat, sonuçların daha açık ve net görülebilmesi, kuşkusuz insan zihnindeki bilgi birikimlerinin plansız duruşu ve küçük kağıtlara alınmış notlardan daha kullanışlı ve faydalıdır. Benim bu çalışmada PERT tekniğini tercih etme sebepim ise; inşaat sektöründe her bir faaliyet için deterministik bir süre tahmini yapmanın, gerçekçi sonuçlar alınamamasına neden olabileceğinin düşünülmesidir. Bu sebeple çalışmanın bu bölümünde PERT tekniği CPM tekniği yerine tercih edilmiştir. Çalışmanın amacı; okul binası inşaatı projesinde karşılaşılabilecek olası problemleri tanımlamak, alternatif çözüm yollarını araştırmaktır. Bu olası problemler;

- Kritik olmayan faaliyetlerden kritik faaliyetlere yapılabilecek kaynak dağılımının incelenmesi,

- Projedeki faaliyetlerin hızlandırılmasının maliyetler üzerindeki etkisinin incelenmesi,

- Projenin gecikmesine neden olabilecek alternatif kritik yolların araştırılması.

#### **4.1.PROJE VE ÇALIŞMA HAKKINDA GENEL BİLGİ**

Proje, 1 blok ve 3 kattan oluşan, 20 derslik, laboratuvarlar ve personel odalarını içeren 17,000 m<sup>2</sup> alana yapılan inşaat projesidir. İnşaat zemin kat, 1. kat ve 2. kat olmak üzere toplam üç kattan oluşmaktadır. Ama çalışmada simgelemelerde kolaylık olması için zemin kat 1. kat sayılmış ve 2. kat 3. kat diye devam edilmiştir. Yani simgelemelerde 1 zemin katı, 2 1. katı ve 3 2. katı gösterecektir. Katlara ilişkin yapılan faaliyetlerde işçiler katlarda gruplar halinde çalışmaktadırlar. Süreler ise haftalık olarak alınmış ve 1 hafta = 6 işgünü olarak kabul edilmiştir.

PERT tekniği ile yapılacak çalışmada projedeki faaliyetler tanımlanmış, öncelik sıraları belirlenmiş, şebeke diyagramı oluşturulmuş ve en erken başlama (ES), en erken bitme (EF), en geç başlama (LS) ve en geç bitme (LF) süreleri hesaplanmıştır. Daha sonra gecikme süreleri (toplam boşluk süreleri) hesaplanmış ve PERT'e göre projenin tamamlanma süresi bulunmuştur.

#### **4.2. PROJEDE YAPILMASI GEREKEN ÖN TANIMLAMALAR VE HESAPLAMALAR**

Bu bölümde ve bundan sonraki tüm tanımlama ve hesaplamalarda gerekli bilgiler inşaat teknisyenlerinden, mühendislerden ve iş programından sağlanmıştır. Aşağıda inşaat projesinde yapılacak faaliyetler tanımlanmış ve kodlanmıştır. Mesela A kodu zemin faaliyetlerini göstermektedir. Veya C kodu beton / demir faaliyetlerini göstermektedir. Bazı harf kodlarının yanındaki rakamlar ise o harf koduna ait faaliyetin hangi kata ait olduğunu göstermektedir. Mesela C<sub>1</sub>, birinci kata ait C faaliyetini simgelemektedir. Sıralama aşağıda gösterilmiştir.

**Faaliyetler**

- A - Zemin Faaliyeti
- B - Temel Faaliyetleri
- C - Beton / Demir (kaba işaat) Faaliyetleri
- D - Duvar (tuğla + yalıtım) Faaliyetleri
- E - İç Sıva Faaliyetleri
- F - Dış Sıva Faaliyetleri
- G - İç Döşeme / Boya Faaliyetleri
- H - Dış Boya Faaliyetleri
- I - Çatı (örtü + yalıtım + oluklama) Faaliyetleri
- J - Doğrama (pencere / kapı / cam) Faaliyetleri
- K - İç Donatım Faaliyetleri
- L - Sıhhi Tesisat Faaliyetleri
- M - Elektrik Tesisat Faaliyetleri
- N - Kanalizasyon + Temiz Su Bağlama Faaliyetleri
- O - Çevre Düzenleme (yol / otopark / perde duvar) Faaliyetleri
- P - Bitiş (harfiyat ve tesfiye / nakliye) Faaliyeti

Bu işlem tamamlandıktan sonra faaliyetlerin öncelik ilişkisine göre sıralanması gerekmektedir. Bu sıralama aşağıda yapılmıştır.

<u>Faaliyetler</u>	<u>Öncelik İlişkileri</u>
A	-
B	A
C <sub>1</sub>	B
C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>
C <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>
D <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>
D <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>
D <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>
E <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> , L, M
E <sub>2</sub>	D <sub>2</sub> , L, M
E	D <sub>3</sub> , L, M
F	D <sub>3</sub>
G <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>
G <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>
G <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>
H	F
I	F
J <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>
J <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>
J <sub>3</sub>	G <sub>3</sub>
K	J <sub>1</sub> , J <sub>2</sub> , J <sub>3</sub>
L	D <sub>3</sub>
M	D <sub>3</sub>
N	L
O	B, H, I, K, N
P	O

Bu ilişkiler belirlendikten sonra ise yapılması gereken iş, PERT analizinde kullanılacak üçlü süre tahminlerinin yapılmasıdır. Hatırlatmak gerekirse bu süreler;

“En İyi Süre (a)”, “En Olası Süre (m)” ve “En Kötü Süre (b)” dir.

Faaliyetler	En İyimser Süre (a)	En Olası Süre (m)	En Kötümser Süre (b)
A	1	2	4
B	1	2	4
C <sub>1</sub>	0,6	1	2,2
C <sub>2</sub>	0,6	1	2,2
C <sub>3</sub>	0,6	1	2,2
D <sub>1</sub>	0,7	1	2,1
D <sub>2</sub>	0,7	1	2,1
D <sub>3</sub>	0,7	1	2,1
E <sub>1</sub>	0,7	1	2
E <sub>2</sub>	0,7	1	2
E	0,7	1	2
F	1,5	2	3,33
G <sub>1</sub>	0,8	1	2,2
G <sub>2</sub>	0,8	1	2,2
G <sub>3</sub>	0,8	1	2,2
H	2	3	4
I	1,5	2	3,33
J <sub>1</sub>	1	1,5	3
J <sub>2</sub>	0,8	1,3	2,4
J <sub>3</sub>	0,6	1	1,5
K	2	3	4
L	6	9	14
M	10	15	23
N	1	2	4
O	1	2	4
P	0,6	1	1,5

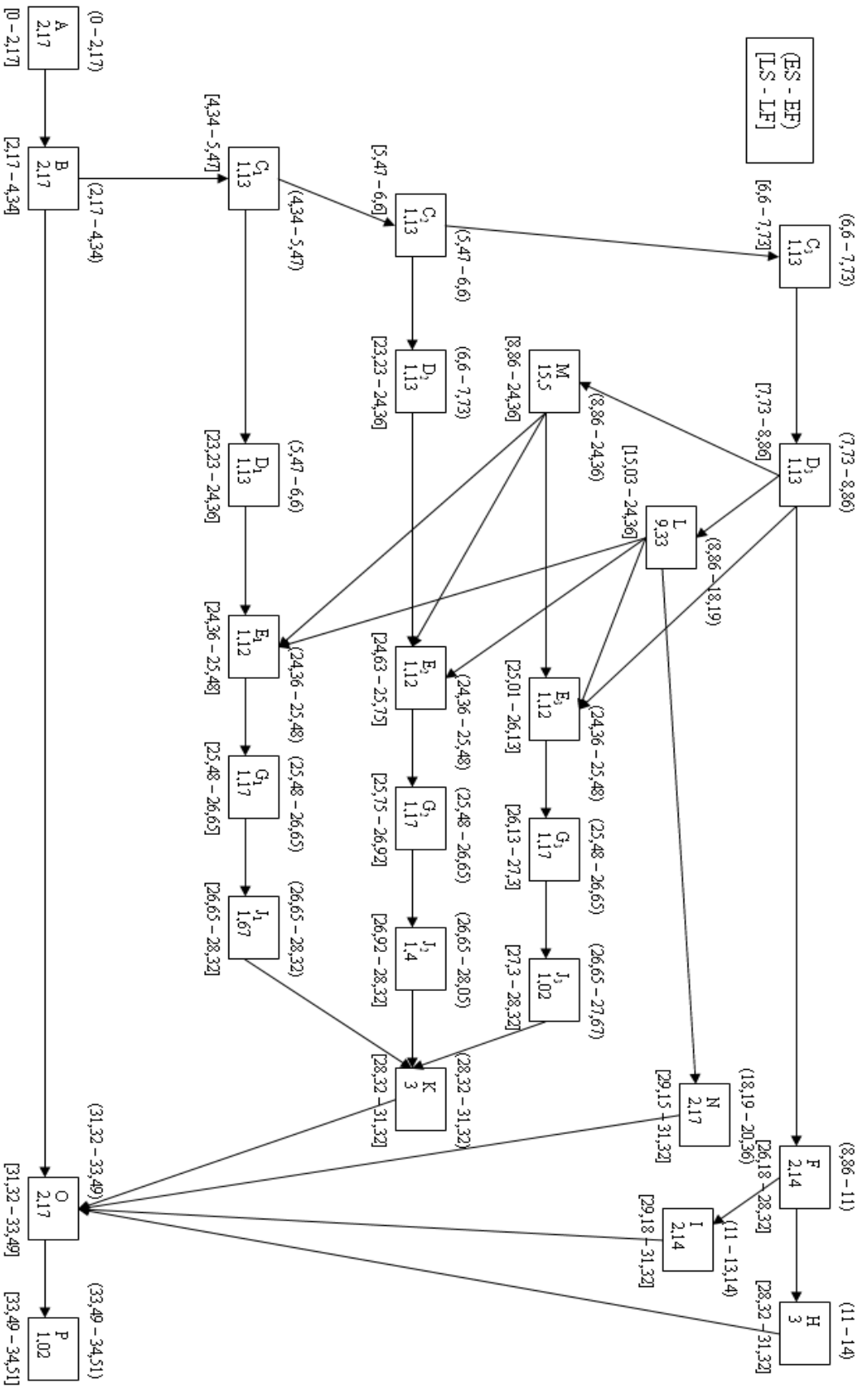
**Tablo4.1.** Faaliyet Süreleri

Bu işlemlerde tamamlandıktan sonra her bir faaliyetin hesaplanan ortalama beklenen süresi ve varyans ve standart sapmaları Tablo4.2.'de gösterilmiştir.

Faaliyetler	Varyanslar	Standart Sapmalar	Beklenen Süreler
A	0,2500	0,5000	2,1667
B	0,2500	0,5000	2,1667
C <sub>1</sub>	0,0711	0,2667	1,1333
C <sub>2</sub>	0,0711	0,2667	1,1333
C <sub>3</sub>	0,0711	0,2667	1,1333
D <sub>1</sub>	0,0544	0,2333	1,1333
D <sub>2</sub>	0,0544	0,2333	1,1333
D <sub>3</sub>	0,0544	0,2333	1,1333
E <sub>1</sub>	0,0469	0,2167	1,1167
E <sub>2</sub>	0,0469	0,2167	1,1167
E	0,0469	0,2167	1,1167
F	0,0930	0,3050	2,1383
G <sub>1</sub>	0,0544	0,2333	1,1667
G <sub>2</sub>	0,0544	0,2333	1,1667
G <sub>3</sub>	0,0544	0,2333	1,1667
H	0,1111	0,3333	3,0000
I	0,0930	0,3050	2,1383
J <sub>1</sub>	0,1111	0,3333	1,6667
J <sub>2</sub>	0,0711	0,2667	1,4000
J <sub>3</sub>	0,0225	0,1500	1,0167
K	0,1111	0,3333	3,0000
L	1,7778	1,3333	9,3333
M	4,6944	2,1667	15,5000
N	0,2500	0,5000	2,1667
O	0,2500	0,5000	2,1667
P	0,0225	0,1500	1,0167

**Tablo 4.2.** Faaliyetlerin Varyans ve Ortalamaları

Şimdi faaliyetlere ilişkin şebeke diyagramı oluşturulmalı ve her bir faaliyete ilişkin en erken başlama (ES), en erken bitme (EF), en geç başlama (LS) ve en geç bitme (LF) süreleri hesaplanmalıdır. Bu işlemlerin sonucu aşağıdaki Çizim 4.1.'de gösterilmiştir.



### 4.3. ŞEBEKEDEKİ YOLLAR

Çizilen şebeke diyagramına göre şebekedeki yollar aşağıdaki gibidir;

1. Yol - A-B-C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-D<sub>3</sub>-F-H-O-P
2. Yol - A-B-C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-D<sub>3</sub>-F-I-O-P
3. Yol - A-B-C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-D<sub>3</sub>-E<sub>3</sub>-G<sub>3</sub>-J<sub>3</sub>-K-O-P
4. Yol - A-B-C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-D<sub>3</sub>-L-E<sub>3</sub>-G<sub>3</sub>-J<sub>3</sub>-K-O-P
5. Yol - A-B-C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-D<sub>3</sub>-L-E<sub>2</sub>-G<sub>2</sub>-J<sub>2</sub>-K-O-P
6. Yol - A-B-C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-D<sub>3</sub>-L-E<sub>1</sub>-G<sub>1</sub>-J<sub>1</sub>-K-O-P
7. Yol - A-B-C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-D<sub>3</sub>-L-N-O-P
8. Yol - A-B-C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-D<sub>3</sub>-M-E<sub>3</sub>-G<sub>3</sub>-J<sub>3</sub>-K-O-P
9. Yol - A-B-C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-D<sub>3</sub>-M-E<sub>2</sub>-G<sub>2</sub>-J<sub>2</sub>-K-O-P
10. Yol - A-B-C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-D<sub>3</sub>-M-E<sub>1</sub>-G<sub>1</sub>-J<sub>1</sub>-K-O-P
11. Yol - A-B-C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>-E<sub>2</sub>-G<sub>2</sub>-J<sub>2</sub>-K-O-P
12. Yol - A-B-C<sub>1</sub>-D<sub>1</sub>-E<sub>1</sub>-G<sub>1</sub>-J<sub>1</sub>-K-O-P
13. Yol - A-B-O-P

Bu yollara ait sürelerin hesaplanması aşağıda gösterilmiştir;

$$1. \text{Yol} = 2,17 + 2,17 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 2,14 + 3 + 2,17 + 1,02 = 17,19 \text{ hafta.}$$

$$2. \text{Yol} = 2,17 + 2,17 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 2,14 + 2,14 + 2,17 + 1,02 = 16,33 \text{ hafta.}$$

$$3. \text{Yol} = 2,17 + 2,17 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 1,12 + 1,17 + 1,02 + 3 + 2,17 + 1,02 = 18,35 \text{ hafta.}$$

$$4. \text{Yol} = 2,17 + 2,17 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 9,33 + 1,12 + 1,17 + 1,08 + 3 + 2,17 + 1,02 = 27,68 \text{ hafta.}$$

$$5. \text{Yol} = 2,17 + 2,17 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 9,33 + 1,12 + 1,17 + 1,4 + 3 + 2,17 + 1,02 = 28,07 \text{ hafta.}$$

$$6. \text{Yol} = 2,17 + 2,17 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 9,33 + 1,12 + 1,17 + 1,67 + 3 + 2,17 + 1,02 = 28,33 \text{ hafta.}$$

$$7. \text{Yol} = 2,17 + 2,17 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 9,33 + 2,17 + 2,17 + 1,02 = 23,55 \text{ hafta.}$$

8.Yol = 2,17 + 2,17 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 15,5 + 1,12 + 1,17 + 1,02 + 3 + 2,17 + 1,02 = 33,85 hafta.

9.Yol = 2,17 + 2,17 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 15,5 + 1,12 + 1,17 + 1,4 + 3 + 2,17 + 1,02 = 34,23 hafta.

**10.Yol = 2,17 + 2,17 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 15,5 + 1,12 + 1,17 + 1,67 + 3 + 2,17 + 1,02 = 34,51 hafta.**

11.Yol = 2,17 + 2,17 + 1,13 + 1,13 + 1,13 + 1,12 + 1,17 + 1,4 + 3 + 2,17 + 1,02 = 17,60 hafta.

12.Yol = 2,17 + 2,17 + 1,13 + 1,13 + 1,12 + 1,17 + 1,67 + 3 + 2,17 + 1,02 = 16,73 hafta.

13.Yol = 2,17 + 2,17 + 2,17 + 1,02 = 7,53 hafta.

Görüldüğü üzere en çok zaman alan yol (yani kritik yol) 10. yoldur. Bu işlemlere göre projenin tamamlanma süresi 34,51 hafta, yani yaklaşık 207 iş günüdür.

Kritik yol önceki bölümlerde de açıklandığı gibi en uzun süreye sahip olan yoldur. Bu projenin kritik yolu 34,51 haftalık bir tamamlanma süresine sahip olan A-B-C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>- C<sub>3</sub>-D<sub>3</sub>-M- E<sub>1</sub>-G<sub>1</sub>-J<sub>1</sub>-K-O-P yoludur. Projenin ikinci kritik yolu ise 34,23 hafta ile A-B-C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>- C<sub>3</sub>-D<sub>3</sub>-M- E<sub>2</sub>-G<sub>2</sub>-J<sub>2</sub>-K-O-P yoludur.

Projenin standart sapması, kritik faaliyetlerin standart sapmalarının toplamıyla elde edilir. Buda, 0,5 + 0,5 + 0,2667 + 0,2667 + 0,2667 + 0,2333 + 2,1667 + 0,2167 + 0,2333 + 0,3333 + 0,3333 + 0,5 + 0,15 = 5,9667 hafta olarak bulunmuştur.

Projedeki kritik yolu, en erken ve en geç başlama ve bitiş sürelerinin bulunması suretiyle de bulmak mümkündür. Gecikme sürelerinden yola çıkılarak bulunması yöntemi aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Burada gecikme süresi 0 olan faaliyetler kritik faaliyetlerdir.

					<b><u>TOPLAM BOŞLUK</u></b>	
					<b><u>SÜRELERİ</u></b>	
	ES	EF	LS	LF	LS - ES	LF - EF
A	0	2,17	0	2,17	0	0
B	2,17	4,34	2,17	4,34	0	0
C <sub>1</sub>	4,34	5,47	4,34	5,47	0	0
C <sub>2</sub>	5,47	6,6	5,47	6,6	0	0
C <sub>3</sub>	6,6	7,73	6,6	7,73	0	0
D <sub>1</sub>	5,47	6,6	23,23	24,36	17,76	17,76
D <sub>2</sub>	6,6	7,73	23,23	24,36	16,63	16,63
D <sub>3</sub>	7,73	8,86	7,73	8,86	0	0
E <sub>1</sub>	24,36	25,48	24,36	25,48	0	0
E <sub>2</sub>	24,36	25,48	24,63	25,75	0,27	0,27
E	24,36	25,48	25,01	26,13	0,65	0,65
F	8,86	11	26,18	28,32	17,32	17,32
G <sub>1</sub>	25,48	26,65	25,48	26,65	0	0
G <sub>2</sub>	25,48	26,65	25,75	26,92	0,27	0,27
G <sub>3</sub>	25,48	26,65	26,13	27,3	0,65	0,65
H	11	14	28,32	31,32	17,32	17,32
I	11	13,14	29,18	31,32	18,18	18,18
J <sub>1</sub>	26,65	28,32	26,65	28,32	0	0
J <sub>2</sub>	26,65	28,05	26,92	28,32	0,27	0,27
J <sub>3</sub>	26,5	27,67	27,3	28,32	0,8	0,65
K	28,32	31,32	28,32	31,32	0	0
L	8,86	18,19	15,03	24,36	6,17	6,17
M	8,86	24,36	8,86	24,36	0	0
N	18,19	20,36	29,15	31,32	10,96	10,96
O	31,32	33,49	31,32	33,49	0	0
P	33,49	34,51	33,49	34,51	0	0

**Tablo 4.3.** Faaliyetlerin Boşluk Süreleri

Çizelgede de görüldüğü gibi gecikme süresi 0 olan faaliyetler; A, B, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, D<sub>3</sub>, M, E<sub>1</sub>, G<sub>1</sub>, J<sub>1</sub>, K, O ve P faaliyetleri kritik faaliyetlerdir. Kritik yol ise A - B - C<sub>1</sub> - C<sub>2</sub> - C<sub>3</sub> - D<sub>3</sub> - M - E<sub>1</sub> - G<sub>1</sub> - J<sub>1</sub> - K - O - P yoludur. Çizelgede gecikme süreleri sütunundaki sayılar, projenin bitirilmesi için gerekli olan 34,51 haftayı geçirmeden her bir faaliyetin ne kadar geç başlayabileceğini göstermektedir. Örneğin; E<sub>3</sub> faaliyetinin başlaması 0,65 hafta gecikse de projenin bitirme süresini etkilemeyecektir.

Projede en çok gecikme süresine sahip olan faaliyet 18,18 hafta ile I faaliyetidir. I faaliyetinden sonra 17,76 hafta gecikme süresi ile D<sub>1</sub> faaliyeti gelmektedir. Bu faaliyetler diğer faaliyetlere göre daha çok gecikme süresine sahip olduklarından; bu faaliyetlerden diğer faaliyetlere özellikle de kritik faaliyetlere zaman ve işgücü şeklinde kaynak aktarımı yapılması mümkündür. Mesela I (çatı faaliyetleri) faaliyetinde çalışacak olan bir grup işçinin I faaliyetini herhangi bir aksatmaya uğratmaksızın B, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> ... gibi kritik faaliyetlerden birisinde çalışması mümkündür.

## SONUÇ

Proje planlama teknikleri; bir projenin planlanması, programlanması ve kontrolünde kullanılmaktadır. Bu teknikler sayesinde proje yöneticileri projeyi bir bütün halinde basit bir şekilde görebilmekte ve bu sayede projede oluşabilecek aksaklıkların büyük bir kısmını öngörerek gerekli önlemleri alabilmektedirler.

Proje planlama tekniklerinden olan CPM ve PERT teknikleri günlük hayatta birçok proje için kullanılırdırlar. Mesela bu çalışmada olduğu gibi inşaat projeleri, bilişim, üretim savunma gibi alanlarda kullanılmakta ve projedeki verimliliği artırmaktadırlar. Bu teknikler projelerin; kaynak, maliyet ve zaman açısından değerlendirilmesini sağlayarak bunların olumlu yönde değiştirilerek kullanılmasına imkan vermektedirler. Mesela kaynak ve maliyeti aynı tutarak teknik başarı açısından hiçbir farklılık olmadan zaman faktörünün daha da kısaltılması sayesinde zaman faktörü üzerinde proje açısından olumlu değişiklikler yapılabilmektedir.

Bu çalışmada inşaat projesi inşaat konusundaki teknik elemanların ve projenin teknik belgelerinin yardımıyla değerlendirmeden geçirilmiştir. Bu değerlendirmeden sonra projede yapılması gereken işler PERT analizine uygun olarak faaliyetlere bölümlendirilmiş ve faaliyetlerin öncelik sırası belirlenmiştir.

Projede inşaatın 42,5 haftada bitirileceği belirtilmişken, yapılan PERT analizinde bu projenin hiçbir ek maliyet gerektirmeden eldeki kaynaklar daha planlı ve düzenli olarak kullanıldığında 34,51 haftada bitirilebileceği görülmüştür. Bunun için izlenmesi gereken kritik yol A - B - C<sub>1</sub> - C<sub>2</sub> - C<sub>3</sub> - D<sub>3</sub> - M - E<sub>1</sub> - G<sub>1</sub> - J<sub>1</sub> - K - O - P yoludur ve bu yolun tamamlanma süresi en uzun süre olan 34,51 haftadır. Projedeki en gevşek yol ise A-B-O-P yoludur. Bu yolun tamamlanma süresi 7,53 haftadır.

## KAYNAKÇA

AKMUT, Özdemir, “Proje Planlama ve Kontrol Yöntemleri”, Atatürk Üniversitesi Yayınları, Yayın no: 470, Atatürk Üniversitesi Basımevi, 1976, :Erzurum

ANTILL M., R.W. Woodhead, **Critical Path Methods In Construction Practice**, 2.b., John Willey & Sons, 1970

BARUTÇUGİL, İsmet, Büyük Ölçekli Yatırım Projelerinin Yönetimi, Uludağ Üniversitesi İİBF Dergisi, 1984, No:5/2

BARUTÇUGİL, İsmet, **Proje Yönetimi**, Kariyer Yayıncılık, 1.b., 2008, İstanbul

BARUTÇUGİL, İsmet, **Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri**, Uludağ Üniversitesi Yayınları, 2.b., 1984

BARUTÇUGİL, İsmet, **Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri**, Uludağ Üniversitesi Yayınları, 2.b., 1988

BURMAN, PJ, **Precedence Networks For Project Planning and Control**, Second Edition, McGraw Hill, 1972

COPERTARI, L.F., Time, “Cost and Performance Tradeoffs in Project Management”, Yayınlanmış Doktora Tezi, McMaster University, Ocak 2002

ÇİMEN, Selahattin, “Projelerde Başarıyı Belirleyen Faktörler ve Kamu Kuruluşlarında Bu Faktörlere Yaklaşımın Belirlenmesi”, DPT Uzmanlık Tezi, 1994

DOĞAN, İbrahim, **Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları**, BilimTeknik Yayınevi, 1.b., 1995, İstanbul

GÜLERMAN, Adnan, **PERT/Maliyet Tekniği (İşletmede Bir Yönetim Aracı Olarak Kullanılması)**, Ankara, İ.T.İ.A., 1970, Yayın No:37

HALAÇ, Osman, **Kantitatif Karar Verme Teknikleri**, 4.b., Alfa Basım Yayın Dağıtım, 1995, İstanbul

HILL, Terry, **Production/Operations Management**, 2.b., Prentice – Hall Inc., 1991

HOROWITZ, Joseph, **Critical Path Scheduling: Management Control Through CPM and PERT**, The Ronald Pres Company, 1967, New York

JOHNSON, Lynwood A. And D.C. Montgomery, **Operations Research in Production Planning Scheduling and Inventory Control**, John Willey & Sons, Inc., 1974,

[Karaman.meb.gov.tr/abdosyalari/PROJE%20NEDİR.doc](http://Karaman.meb.gov.tr/abdosyalari/PROJE%20NEDİR.doc)

KARAYALÇIN, İlhami, **Harekat Araştırması, Yöneylem Araştırması, İşletme Faaliyetlerinin Kontrolü İçin Kantitatif Yöntemler**, 2.b., Fatih Yayınevi Matbaası, 1979

KRAJEWSKI, Lee, H.E. Thompson, **Management Science: Quantitative Methods in Context**, John Wiley & Sons, Inc, 1981

KRAJEWSKI, Lee, L. P. Ritzman; **Operations Management: Strategy and Analysis**, 4.b., Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1996

KUTLU, Nurcan Temiz, “Proje Planlama Teknikleri ve PERT Tekniğinin İnşaat Sektöründe Uygulanması Üzerine Bir Çalışma”, Mustafa Kemal Üniversitesi SBE Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 2001

KUTLU, Nurcan, “Temiz, Proje Planlama Teknikleri ve Pert Tekniğinin İnşaat Sektöründe Uygulanması Üzerine Bir Çalışma”, D.E.Ü. S.B.E. Dergisi, Cilt:3, Sayı:2, 2001, Bursa

LEVIN, R.I., and Kirkpatrick, C.A., **PERT ve CPM İle Planlama ve Denetim**, ODTÜ, İdari Bilimler Fakültesi, 2.b., Yayın:12, Ongun Kardeşler Matbaası, 1973

MONKS, Joseph G., **Schaum’s Outline of Theory and Problems of Operations Management**, 1996, McGraw-Hill Inc., 2.b., 1996

NAYLOR, John, **Operations Management, M&E Pitman Publishing**, Great Britain, 1996

ÖCAL, M. Emin, “Yapı Projelerinde Kullanılan Kaynakların Planlama ve Kontrolünde Şebeke Analizi ve Çubuk Diyagrama Dayalı Karma Bir Model Önerisi ve Uygulaması”, Çukurova Üniversitesi, SBE, Yayınlanmış Doktora Tezi, 1991

ÖZGEN, Hüseyin, **Üretim Yönetimi**, Bizim Büro Basımevi, 1987, Ankara

ÖZTÜRK, Ahmet, **Yöneylem Araştırması**, 4.b., Ekin Kitabevi Yayınları, 1994, Bursa

SARICA, İbrahim, “CPM ve PERT Teknikleriyle Proje Planlama ve Bir İşletmede Uygulanması”, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi S.B.E., 2006, Bursa

SEZEN, K., “Tel Sepet Üretim Sürecinde PERT Uygulaması”, Uludağ Üniversitesi İİBF Dergisi, No: 15/1-2, Yayınlanmış Makale, Bursa, 1994

TAHA, H.A., **Operations Research, Development of Industrial Engineering**, University of Arkansas, Macmillan Publishing co. inc., New York, 1976

WINSTON W.L., **Operation Research-Applications and Algorithms**, 2004

YAMAK, Oygur, **Üretim Yönetimi**, 1.b., Alfa Basım Yayın Dağıtım, 1994, İstanbul

