

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SAYISAL YÖNTEMLER BİLİM DALI

73882

PROJE PLANLAMASINDA PERT VE CPM
TEKNİKLERİNİN YERİ VE
BİR PROJENİN BİLGİSAYAR UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan
Özgür COŞKUNER

F 73882

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Tevfik TATAR

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM ENSTİTÜSÜ
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Ankara - 1998

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Özgür Coşkuner'e ait Proje Planlamasında PERT ve CPM Tekniklerinin Yeri ve Bir Projenin Bilgisayar Uygulaması adlı çalışma, jürimiz tarafından Sayısal Yöntemler Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan Prof. Dr. Tenzile Talar

Üye Prof. Dr. Serim Üreten

Üye Doç. Dr. Abdullah Ersoy

Prof. Dr. Tenzile Talar

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın amacı, büyük ölçekli projelerde yapılacak işlerin planlamasında ve denetiminde kullanılan tekniklerden PERT (Project Evaluation and Review Technique, Proje Değerlendirme ve Yenileme Tekniği) ve CPM (Critical Path Method, Kritik Yol Metodu)' ı incelemek ve bu tekniklerin önemini ortaya koymaktır.

Genel olarak proje planlaması ve yöntemleri incelendikten sonra, ağ modelleri hakkında detaylı bilgi verilmektedir. Ayrıca günümüzde bilgisayar kullanımı her alanda görülmektedir. Bilgisayar teknolojisindeki ilerleme ile birlikte, planlama yöntemlerinde daha önce elle yapılan işlemleri artık bilgisayar gerçekleştirmektedir. Ancak bu tekniklerin temelini bilmek, bu tip programların mantığını anlamada çok yararı bulunmaktadır. Zira her zaman programları değerlendirecek ve karar verecek olan insan olmaktadır.

Yaptığım bu çalışma sırasında bilimsel açıdan destek sağlayan Sayın Prof. Dr. Tevfik Tatar'a ve her zaman bana destek olan sevgili aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
TABLolar LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
1. GİRİŞ	1
2. PROJE YÖNETİMİ	3
2.1. Proje Yönetiminin Amaçları	4
2.2. Proje Yönetiminin İşlevleri	6
2.3. Tarihsel Gelişim	11
3. PROJE PLANLAMASI	14
3.1. İş ayırımı	16
3.2. İşlem Sıralarının Belirlenmesi	17
3.3. Kaynakların Kullanımı ve Dağıtımı	18
3.4. Kontrol	21
4. PROJE PLANLAMA YÖNTEMLERİ	22
4.1. Çubuk Tablo Yöntemi	22
4.2. Ağ Model Yöntemi	25
4.2.1. Ok Diyagramları	25
4.2.1.1. Numaralandırma	36
4.2.2. Öncelik Diyagramları	37
4.2.3. Zaman Ölçekli Ağ Modelleri ve Bağlantılı Çubuk Tablolar	40

5. PERT ve CPM TEKNİKLERİ	42
5.1. PERT Tekniği	42
5.1.1. PERT Ağ Modelinin Oluşturulması	43
5.1.2. Normal ve Beta Dağıllımları	44
5.1.2.1. Normal Dağılım	44
5.1.2.2. Beta Dağılımı	46
5.1.3. Zaman Tahminleri ve Hesapları	47
5.1.4. PERT Ağ Modeli Üzerinde Zaman Hesaplarının Yapılması	53
5.1.4.1. Beklenen En Erken Süre (T_E)	53
5.1.4.2. Kritik Geçit	55
5.1.4.3. Beklenen En Geç Süre (T_S)	56
5.1.4.4. Boşluk ve Kaynak Aktarma	57
5.2. CPM Tekniği	64
5.2.1. CPM'de Zaman ve Maliyet	65
5.2.2. Sıkışık Maliyet Grafikleri	65
5.2.3. Projenin Sıkıştırılması ve Gevşetilmesi	68
5.3. PERT ve CPM Tekniklerinde Doğrusal Programlamanın Kullanımı	76
5.4. PERT ve CPM Tekniklerinin Değerlendirilmesi	84
6. İÇMESUYU ARITIM TESİSİ, İSALE HATTI ve DAĞITIM ŞEBEKESİ İNŞAAT PROJESİNİN BİLGİSAYAR UYGULAMASI	87
7. SONUÇ	95

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 5.1	43
Tablo 5.2	58
Tablo 5.3	60
Tablo 5.4	69
Tablo 5.5	74
Tablo 5.6	75
Tablo 5.7	80
Tablo 5.8.	81
Tablo 6.1	92

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1	3
Şekil 2.2	5
Şekil 2.3	8
Şekil 3.1	19
Şekil 3.2	20
Şekil 4.1	24
Şekil 4.2	25
Şekil 4.3	26
Şekil 4.4	27
Şekil 4.5	27
Şekil 4.6	27
Şekil 4.7	28
Şekil 4.8	28
Şekil 4.9	28
Şekil 4.10	29
Şekil 4.11	30
Şekil 4.12	31
Şekil 4.13	31
Şekil 4.14	31
Şekil 4.15	32
Şekil 4.16	33
Şekil 4.17	33
Şekil 4.18	34
Şekil 4.19	35
Şekil 4.20	35

Şekil 4.21	37
Şekil 4.22	39
Şekil 4.23	41
Şekil 4.24	41
Şekil 5.1	44
Şekil 5.2	45
Şekil 5.3	46
Şekil 5.4	48
Şekil 5.5	49
Şekil 5.6	50
Şekil 5.7	52
Şekil 5.8	54
Şekil 5.9	55
Şekil 5.10	57
Şekil 5.11	60
Şekil 5.12	61
Şekil 5.13	62
Şekil 5.14	62
Şekil 5.15	66
Şekil 5.16	67
Şekil 5.17	68
Şekil 5.18	68
Şekil 5.19	69
Şekil 5.20	70
Şekil 5.21	70

Şekil 5.22	71
Şekil 5.23	71
Şekil 5.24	72
Şekil 5.25	72
Şekil 5.26	73
Şekil 5.27	73
Şekil 5.28	79
Şekil 5.29	82



1. GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca insanların isteği sınırsız ancak kaynakları kısıtlı olmaktadır. Durum böyle olduğundan, genelde ÷lkelerin ya da toplumların ellerindeki kaynaklar ile sınırsız ihtiyaçlarını karşılama çabalarında akılcı davranmaları mevcut kaynaklarını optimal kullanmaları zorunluğu ortaya çıkmaktadır. Optimal kaynak kullanımı mevcut sınırlılıklar ve koşullar içinde eldeki kaynaklar ile en y÷ksek verim ve faydayı elde etmek veya elde edilmek istenen faydayı en az kaynak kullanımı ile elde etmektir. Optimal kaynak kullanımını sağlama çabalarında planlama önemli ve temel bir ekonomik yaklaşım biçimi olarak benimsenmektedir.

Planlama ve denetim ihtiyacının önemi, gelişen teknoloji ve zamanın değeri artması ile günümüzde artmaktadır. Bu tip planlama ve denetim çalışmaları hemen hemen her işte ve sektörde kullanılabilir. Bilgisayar sistemlerinin gelişmesi ile en karmaşık sistemlerin planlanması ve denetlenmesi daha hızlı yapılabilir, gerektiğinde değişiklikler yapılabilir, sonuç olarak uygulanabilir.

Ortaya ıkarılan bu tez çalışmasının 2. Bölümünde proje yönetiminin tanımı, amaçları ve işlevleri ile projenin tarihsel gelişimi hakkında bilgi verilmekte ve sonraki bölümlerin temelini oluşturan noktalara değinilmektedir.

3. bölümde proje planlama adımlarına yer verilmektedir. Ayrıca konu ile ilgili tanım ve kavramlar açıklanmaktadır.

4. Bölümde proje planlama yöntemleri incelenmektedir. Bu bölümde proje planlama yöntemlerinden çubuk tablo yöntemi, ağ model yöntemi, öncelik diyagramları yöntemi hakkında bilgi verilmektedir. Ağ modeli yönteminin oluşturulması ve kuralları sonraki bölümde incelenecek konunun anlaşılmasında yardımcı olmaktadır.

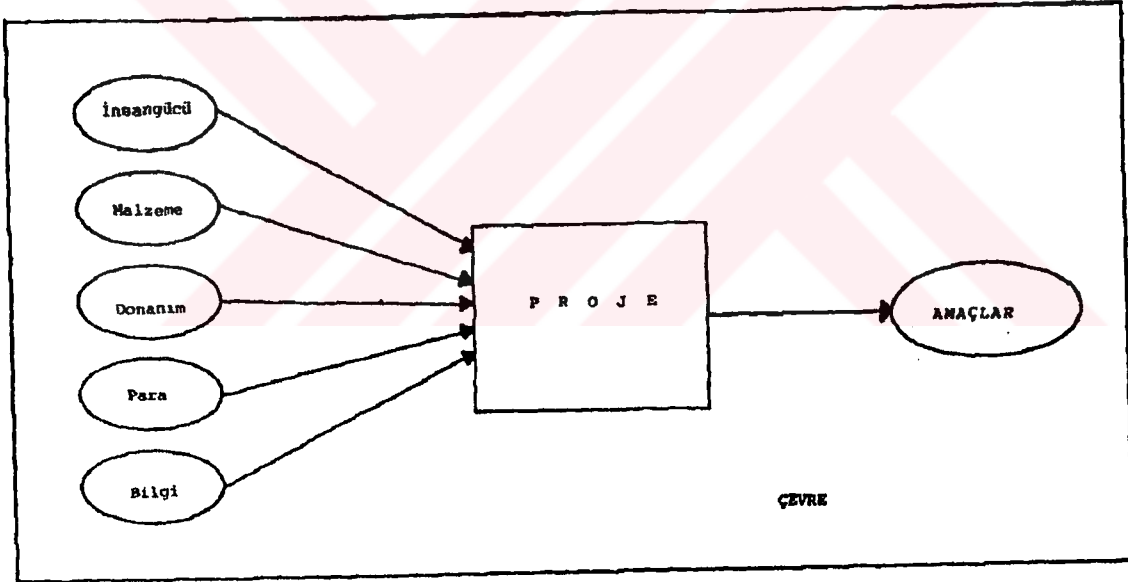
5. bölümde ağ model yöntemi olan PERT ve CPM Teknikleri incelenmektedir. PERT Tekniğinin kavramları açıklanmakta, PERT ağ modelinin oluşturulması örnek üzerinde incelenmektedir. Bunun yanında PERT' i ilgilendiren normal ve beta dağılımlar hakkında bilgiler verilmektedir. PERT Tekniğine özgü olan zaman tahminleri incelenmekte ve bu zaman hesaplarının PERT ağ modeli üzerinde bir örnek vasıtası ile adım adım yapılması bulunmaktadır.

5.bölümde ele alınmakta olan diğer konu CPM Tekniğidir. CPM Tekniğinde zaman maliyet, sıkışık zaman ve maliyet incelemesi yapılmaktadır. CPM ağ modelinde projenin toplam süresini optimum maliyet ile kısaltmak için yapılabilecek sıkıştırma ve gevşetme işlemleri örnek üzerinde açıklanmaktadır. Ayrıca PERT ve CPM tekniklerinin değerlendirilmesi bulunmaktadır.

6. bölümde, temel özellikleri belirtilen proje planlama tekniklerinden faydalanarak, Microsoft Project 98 adlı bilgisayar programı kullanarak müteahhitliğini MNG firmasının üstlendiği Bandırma İçmesuyu Arıtma Tesisi, İsale Hattı ve Dağıtım Şebekesi İnşaatı'nda bir uygulama yapılmaktadır.

2. PROJE YÖNETİMİ

Proje yönetimi belirli bir amaca ulaşabilmek için plan, program, doğru kaynak dağıtımı ve zamanlamanın yapılmasıdır¹. Belirli bir amacı gerçekleştirmek için oluşturulmuş her örgüt bir üretim eyleminde bulunmaktadır. Proje tipi üretim en genel biçimi ile, belirli bir çevre içinden aldığı insangücü, malzeme, donanım (makina-teçhizat), para ve bilgiler aracılığı ile, belirlenmiş ve kendine özgü amaçlara varmak için sürdürülen, bir tek kez uygulanan ve büyük ölçekli üretim eylemi olarak tanımlanabilmektedir. Bu tanım şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1

Bu açıklamalardan sonra, kavram olarak, proje yönetimini şöyle tanımlamak da mümkündür: "Varolan çevre koşulları içinde, projenin yaşam

¹ Tefvik Tatar: Yatırımların Seçimi ve Değerlendirme Teknikleri (Ankara,1993), 3

döngüsü boyunca, projeye ayrılan kaynakların belirlenen amaçlara varabilmek için en iyi (optimum) biçimde kullanılmasıdır². Bu amaçlar projeye göre farklılık göstermekle beraber temel olarak aşağıdaki gibi olmaktadır.

2.1. Proje Yönetiminin Amaçları

Bir projenin yöneticilerinin ana amaçları, proje amaçlarının gerçekleşmesini sağlamaktır. Burada da öncelik, genellikle, çevrenin zorunlu kıldığı (üst yönetimin zorunlu kıldığı da bunun içindedir) kısıtlamalar altında, tüm proje ürünlerinin tamamlanmasıdır.

Proje yönetiminin amaçlarını birincil amaçlar ve ikincil amaçlar olarak sınıflandırmak mümkündür.³ Proje yönetiminin birincil amaçları, projenin

- Bitirme planına göre veya daha önce (süre kısıtlı) tamamlanmasıdır. Örneğin bir binadaki dış duvarların tuğla örülmesi 30 gün öngörülmüş ise, tuğla örülmesi işinin 30 gün süre içinde veya daha önce tamamlanmasıdır.

- Ayrılmış kaynakları aşmadan (kaynak kısıtlı) tamamlanmasıdır. Burada kaynak işgücü, malzeme, para gibi değerler olmaktadır. Yukarıda adı geçen duvar örme işinde gerekli olacak malzeme olan tuğlanın öngörülen

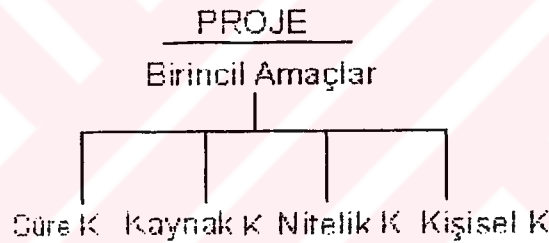
² M.Tamer Özsu: Proje Planlama ve Denetim Teknikleri (Ankara, 1984), 3.

³ M.Tamer Özsu: a.g.e., 3

miktardan fazla olmaması gerekmektedir. Bu kısıt optimum maliyet için kaynak kullanımını ayarlamaktadır.

- Hazırlanan spesifikasyonlara uygun olarak (nitelik kısıtı) tamamlanmasıdır. Yapılan işin belirlenmiş kalitede de olması gerekmektedir. Yukarıda adı geçen duvar örülmesi işinin kalitesi de önemli olmaktadır.

- En az çelişki ve karışıklıkla (kişisel ilişkiler kısıtı) tamamlanmasıdır. Projelerin başındaki kişilerin bu ortak amaçlara ulaşabilmek için beraber çalışabilmeleri gerekmektedir. Bunun için kişisel çelişkinin en aza indirilmesi, görev ve sorumlulukların tanımlanması gerekmektedir.



Şekil 2.2

Birincil amaçların yanında, daha az önemli, ancak proje yönetiminin göz önüne alması gereken amaçlar olabilmektedir. Bunlara da ikincil amaçlar adı verilir. Her projeye göre değişmekle birlikte, aşağıdakiler örnek olabilir:

1-Ülke dışından sağlanan kaynaklardan çok yerel kaynaklardan yararlanılmaya ağırlık verilmesi. Özellikle döviz ve işsizlik sıkıntılarının büyük olduğu durumlarda bu amaç önem kazanmaktadır.

2-Düzgün bir ilerleme hızının sağlanması. Bu amaç, çalışma yoğunluğunun az olduğu dönemler ile fazla olduğu dönemler arasındaki dalgalanmaları önlemeyi amaçlamaktadır. Böyle dalgalanmalar, çalışma yoğunluğunun fazla olduğu dönemlerde daha çok kaynak kullanılması, çalışma yoğunluğunun daha az olduğu dönemlerde ise bu kaynaklardan bir kısmının boş kalması ve dolayısı ile gereksiz yere harcanması sonucunu doğurmaktadır.

Adlarından da anlaşabileceği gibi birincil amaçlar ikincil amaçlardan daha yüksek bir önceliğe ve öneme sahip olmaktadır. Yani, öncelikle birincil amaçlar gerçekleştirilmeye çalışılmakta, daha sonra ikincil amaçlar dikkate alınmaktadır.

Aslında, birincil amaçlar da, ikincil amaçlar da kendi içlerinde bir öncelik sıralamasına sokulmaktadır. Bu öncelik sıralaması, o projenin kendi özel durumuna, çevre koşullarına ve üst yönetimin istek ve baskılarına göre değişmektedir. Zaman içerisinde, herhangi bir projenin öncelik sıralaması da değişebilmektedir.

2.2. Proje Yönetiminin İşlevleri

Yönetim kavramı, kendi tanımı içerisinde bazı işlevleri belirlemektedir. Bunlar kısaca, planlama, koordinasyon, denetim ve değerlendirme olarak sıralanabilmektedir. Bu işlevleri proje yönetimi açısından irdeleyip somuta indirgediğimizde, projenin amaçları; zamanında bitirme, optimum kaynak

kullanımı, spesifikasyona uygun nitelikli, açısından aşağıdaki işlevlerin yerine getirilmesinin önemli ve gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır.⁴

1-Proje amaçlarının belirlenmesi:

Proje yönetiminde yapılması gereken ilk iş proje amaçlarının belirlenmesidir. Bu işlevde, proje amaçlarının açık, kesin ve uygulama açısından anlam taşıyan bir biçimde ortaya konması gerekmektedir. Örnek olarak proje amacı kompleks bir cerrahi müdahalenin tamamlanması veya bir fabrikanın başka bir şehire nakil işleminin tamamlanması verilebilir. Proje amaçlarına ulaşıldığının anlaşılması için iyi tanımlanması ve bu tanımların ölçülebilir olması gerekmektedir.

2-Projenin belirlenmesi:

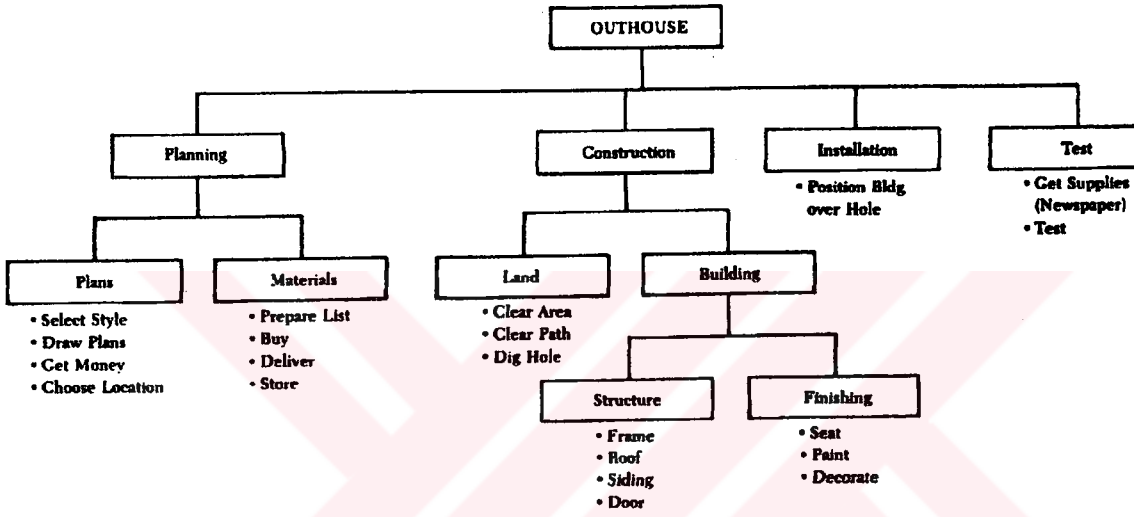
Bu işlevde, projenin kendi çevresi ile üst düzeydeki ilişkilerinin ortaya konulması gerekmektedir. Burada, projenin çevresini oluşturan kişi ve kuruluşlarla iletişimin sağlayıp, her birinin projeye katkısına göre yetki ve sorumluluklarının neler olacağını belirlenerek kendilerine duyurulması sağlanmaktadır.

3-Planlama:

Bu işlev, projenin önceki bölümde belirtilen amaçlarına erişmesini sağlayacak sürecin göz önünde canlandırılmasını, anlatılmasını ve ayrıntılı olarak belirlenmesini kapsamaktadır. Bu işlev proje yönetiminde ilk adım

⁴ Constantin G.SOUMELIS: Project Evaluation Methodologies and Techniques(Paris,1977),19

olmaktadır. Proje oluşturan işlerin, birbirleri ile olan ilişkilerine bağlı kalarak, çizelgelenmesini ve her iş için gerekli hazırlıkların yapılmasını kapsamaktadır. Proje ne kadar büyük ve karmaşık ise, projeyi tamamlamak için gerekli işlerin listesini çıkarmak da aynı ölçüde zor olmaktadır. Proje ekibi tarafından geliştirilmesi gereken iş listesi, beyin fırtınası veya iş ayırımı tekniği uygulayarak ortaya çıkarılmaktadır (şekil 2.3)⁵. Bundan sonraki adım ise hazırlanan iş listesine göre modelin oluşturulmasıdır.



Şekil 2.3

4-Örgütlenme, yönlendirme ve koordinasyon:

Bu işlev, projenin yürürlüğe konması, personelin yönlendirilmesi ve türlü eylemlerin koordinasyonu ile ilgili işlemleri kapsamaktadır. Bunu sağlamak için adım adım aşağıdaki işler yapılmaktadır;

⁵Jack GIDO: An Introduction to Project Planning (New York, 1985), 9

- Örgütlenme
- Personel Alımı
- Donanım Alımı
- Malzeme Alımı
- İş Dağıtımı
- Eşgüdüm

Proje örgütleri yalnızca proje süresi boyunca varolan örgütlerdir. Bu örgütlerde asıl önemli olan başarıdır. Diğer bir deyişle, proje örgütleri proje süresi boyunca gerekli kaynakların gerektiği zamanda gereken yerde olmalarını sağlamak ve üst yönetime proje kaynakları konusunda bilgi vermektedir.⁶

5-Denetim:

Plan hazırlayıp proje yürümeye başladığında uygulamanın plana uygunluğunu sağlamak için denetim bir zorunluk halini almaktadır. Denetimin başta gelen çabası, plarlardan sapmaları saptayıp, düzeltici önlemleri almak yönündedir.⁷

Projenin ana ağ modeli ve zaman planı oluşturulduktan sonra, projenin proje süresi boyunca periodik olarak ağ yenilenmesi gerekmektedir. Bu gereklilik, planlanan ilerleme ile gerçekleşen ilerleme arasında karşılaştırma olanağı sağlamaktadır. Ayrıca eğer gerçekleşen ilerleme, planlanmış ilerlemeden geri kalmış ise ağ tekrar planlanabilmektedir.

⁶M.Tamer ÖZSU: a.g.e. ,9

⁷Harold KERZNER: A System Approach to Planning, Scheduling and Controlling (New York, 1979), 22

Bu periodik ağ yenilemesi aşağıdaki maddelerden oluřur⁸;

- Gerçekleşen zamanların raporlanması:
 - Gerçek başlama zamanı
 - Gerçek bitiş zamanı
- Projenin son durumunu belirlemek için zaman analizi
- Ağın tekrar planlanması;
 - Potensiyel negatif boşlukların yok edilmesi için karar alınması
 - Ağ mantığının yeni işlemler ilavesi ile veya işlemlerin silinmesi ile ve/veya işlemlerin tekrar sıralandırılması ile gözden geçirilmesi.
 - İşlemin süresi hakkında daha doğru bilgi ve verinin elde edilmesi durumunda işlem süresinin yenilenmesi
- Gerçek ilerleme ve yeniden planlamayı gösteren yenilenmiş zaman programının yapılması

6-Değerlendirme:

Bu işlev, belirlenen amaçlara ulaşma yönünden uygulamanın başarı ölçüsünü belirlemek için gerekmektedir. Bu işlevi yerine getirirken adım adım aşağıdaki işler yapılmaktadır;⁹

⁸Jack GIDO: a.g.e., 63

⁹Constantin G. SOUMELIS: a.g.e., 23

- Performans standartları ve ölçüleri belirlenir
- Belirlenen ölçülere göre projenin gerçek performansı ölçülür
- Belirlenen standartlar ve gerçek performans değerleri karşılaştırılır
- Karşılaştırma sonuçları yorumlanır ve bilgiler ileride kullanılmak üzere özetlenir.

2.3. Tarihsel Gelişim

Proje işletmeciliği son elli yıldır endüstriyel projelerde uygulanmasına rağmen yaygın hale gelmesi ve öneminin anlaşılması son on yılda gerçekleşmiştir. İnşaat, bankacılık, sanayi, sağlık, satış, ulaşım, araştırma ve geliştirme çalışmalarında kullanılır olmaktadır.¹⁰

Proje işletmeciliği uygulamaları savunma sanayi ile ilgili projelerde başlamıştır. Bu alanda II. Dünya Savaşı sırasında önemli gelişmeler sağlanmıştır. İlk ve en önemli gelişmelerden biri Manhattan Projesinde elde edilmiştir. Proje 1940'lı yıllarda General Leslie başkanlığında atom bombasının geliştirilmesi olup General Leslie'nin ilk proje yöneticisi olarak tanınmasını sağlamıştır.

II. Dünya Savaşından sonra yatırım projelerinde parasal ve boyutsal gelişmeler kaydedilmiştir. Bu savaş sonrası ekonomik büyümenin bir getirisi

¹⁰Tevfik TATAR: a.g.e., 12

olmuştur. Avrupa'da yeniden yapılanma çabası sonucunda yatırım projeleri artmış, proje yönetim çalışmaları da hız kazanmıştır.

Ellili yılların sonlarında geliştirilen CPM (Kritik yol yöntemi) ve PERT (Proje değerlendirme ve geliştirme tekniği) proje planlamasında büyük değişikliklere ve gelişmelere yol açmıştır.

1957 yılında amaçları zaman ve maliyet açısından optimum bir proje planlaması yapabilmek olan Dupont firması Remington Rang ile birlikte CPM'i geliştirmişlerdir.¹¹ Bu teknik sayesinde firma birkaç sene içinde milyonlarca dolar tasarruf sağlamıştır.

1958 yılında ise Amerikan Deniz Kuvvetleri tarafından benzer bir metod olan PERT geliştirilmiştir. Polaris¹² adında bir füze sisteminin programlanmasına çalışan Amerikan donanması projenin başarıyla bitirilmesi için bu tekniği yaratmıştır. Bu teknik sayesinde proje tahmin edilen zamandan iki sene önce tamamlanmış ve ilk füzenin fırlatılması gerçekleştirilmiştir.

1957 Yılında İngiltere'de de Merkezi Elektrik İdaresi'nin Yöneylem Araştırması bölümü "Olayların kısaltılmayan en uzun sırası" (Longest irreducible sequence of events) adı verilen bir yöntem geliştirilmiş ve 1958 yılında bu yöntemin denenmek üzere uygulandığı, büyük bir santralin revizyon süresi %42 oranında kısaltılabiliştir¹³.

¹¹Robert W. MILLER: Schedule, Cost, and Profit Control with PERT (Lexington, 1963), 21

¹²Adnan GÜLERMAN: Pert / Maliyet Tekniği (Ankara, 1970), 8

¹³Salih Kaya SAĞIN: Ağ Çözümleme Yöntemleri ile Planlama ve İzleme (Ankara,1974), 2

Yine aynı yıllarda Fransa' da da MPM (Metra-Potential-Methode) diye tanınan yöntem ortaya konmuştur¹⁴.

Altmışlı yıllar yatırım projelerinin en çok hız kazandığı yıllar olmuştur. Ofisler, havaalanları, güç santralleri, kimyasal santraller, tatil merkezleri, yeni fabrika vb. inşaatlarında artış meydana gelmiştir.

Yetmişli yıllarda bu büyüme enflasyonla birlikte devam etmiştir. Uluslararası büyük projeler de artış başlamıştır.

Bu ekonomik büyüme 1981-82' ye kadar devam etmiş ancak ondan sonra yavaşlamıştır. Bu yıllarda endüstriyel fabrika kapasite kullanımı %85'ten %70'lere düşmüştür¹⁵. Bu sonuç yöneticilerin proje yönetiminin önemini farketmelerini ve optimum çözümü aramaları ihtiyacını daha da arttırmıştır. Seksenlerde, teknoloji alanında bir pazar genişlemesi olmuştur. Elektronik, yabancı otomobil, yiyecek, biyoteknik gibi alanlarda pazar artışı gözlenmiştir. Buna bağlı olarak yatırım pazarlarında bir azalış ve daha ziyade uzmanlaşma meydana gelmiştir. Dolayısıyla yatırım alanında daha detaylı proje programlama metodları gerekli hale gelmiştir. Bilgisayar sektörünün gelişmesi ile de kompleks projelerin plan ve programlanması, üzerinde değişiklikler yapılması hız kazanmıştır.

Proje yönetiminin tarihsel gelişimi, proje yönetimi sırasında ani değişikliklerle karşılanabileceğini göstermektedir. Proje yönetimi bu değişikliklerle başa çıkabilmelidir. Bu yüzden, proje yönetimi için değişimin farkında olmak, ve değişime ayak uydurabilmek için esnek olmak gerekmektedir.

¹⁴ Salih Kaya Sağın, a.g.e., 2

¹⁵ Robert W. MILLER: a.g.e. , 21

3. PROJE PLANLAMASI

Proje yönetiminin belirli bir amaca ulaşabilmek için plan, program, doğru kaynak dağıtımı ve zamanlamanın yapılması olduğu önceki bölümde tanımlanmıştı. Bu bölümde proje yönetiminde planlama fonksiyonu hakkında bilgi verilmektedir.

Proje planlaması sistematik bir proje yönetimi için ilk adım olmaktadır. Proje planlama işlevi, projeyi oluşturan işlerin , birbirleriyle olan ilişkilerine bağlı kalarak, çizelgelenmesini ve her iş için gerekli hazırlıkların yapılmasını kapsamaktadır. Proje planlaması üç seviyede gerçekleşmektedir. Bunlar stratejik planlama, işlemsel planlama ve altsınıf personel planlaması olarak tanımlanabilmektedir.¹

- Stratejik planlama

Üst yönetimin ya da stratejik planları yapmak için atanmış kişilerce projenin amaçlarının belirlenmesidir.

- İşlemsel planlama

Stratejik planlara ulaşmak için detaylı planların yapılmasıdır.

- Altsınıf personel planlama

İşlemsel plan belirli bir zaman süreci içine sokmakta ve projenin yürümesini sağlamaktadır.

¹Milton D. ROSENAU: Successful Project Management (Belmont, 1981), 32

Her proje, o projenin amaçlarına varması için gerçekleştirilmesi gereken bir takım işlemlerden oluşmaktadır. Proje planlamasının ilk adımı, bu işlemleri son ürün üzerinde görüldükleri biçimde değil, bir zaman boyutunda birbirleriyle nasıl ilişkili olduklarına göre biraraya getirmektir.² Dolayısıyla bu işlemlerin birbirleriyle ilişkilerini zaman boyutu üzerinde göstermek gerekmektedir. İlişkilerin zaman boyutu üzerinde gösterilmesi de projenin planlama açısından mantıksal yapısını oluşturmaktadır.

Proje programlaması, yapılacak olan işler için bir zaman tablosu oluşturulmasıdır. Bütün yapılacak işler projenin başlama ve bitiş tarihleri arasındaki zaman sürecine yerleştirilmektedir. Program, sadece gerekli iş ya da işlemlerin listelenmesini ve süreçlerini değil, aynı zamanda birbirlerine olan bağımlılık ilişkilerini de içermek durumundadır.

Projeyi planlarken projeyi modellendirmek gerekmektedir.³ Proje planlamada kullanılan bazı modellerden bahsetmekte de yarar bulunmaktadır. Bir projeyi planlarken çubuk tablo yöntemi ya da daha gelişmiş ağ modellerinden CPM (Kritik yol yöntemi) ve PERT (Proje değerlendirme ve geliştirme tekniği) gibi yöntemler kullanılabilir.⁴ Bu modellemenin ilk adımı da iş ayrımının yapılmasıdır.

²Jack GIDO:a.g.e.,5

³Tevfik TATAR: a.g.e., 34

⁴CPM ve PERT ağ modelleri hakkında ilerleyen bölümlerde bilgi verilmektedir.

3.1. İş Ayırımı

Proje iş ayırımı yapılırken, önce projeyi oluşturan öğeler belirlenmektedir.⁵ Daha sonra bu öğeler alt ögelere, ya da daha küçük ögelere bölünmektedir. Bu alt öğeler de daha ayrıntılı bir bölünme ile iş kalemlerine ve sonuçta işlemlere ayrılmaktadır. İşlemler her iş kaleminin yapılması için gerekli olan işleri ifade etmektedir. Bunun yanında işlemlerin zaman içerisinde gerçekleştirilecekleri sıraya göre dizilmeleri de gerekmektedir.

Projenin ögelere bölünmesi yaklaşımı karmaşık projelerde çok avantajlı olmaktadır. Yapılacak bir çok iş, tanımlanacak bir çok görev varken ve bunlar belli bir sıraya koyulacakken büyük kolaylık sağlamakta, bunun yanında, bir çok iş aynı anda yürürken bir takım detayların da gözden kaçmadığından emin olunmasını da sağlamaktadır. Projenin ögelere bölünmesi aşağıda belirtilen yararları da beraberinde getirmektedir,⁶

- İşlem listelerini ayrıntıları ile hazırlanması,
- Süre, maliyet, kaynak gereksinimi gibi her ögenin özellikleri konusunda standartlar ve tahminler hazırlanması,
- Projenin denetimine ve yönlendirilmesine yardımcı olacak dönüm noktası olayların hazırlanması,

⁵Albert LESTER: Project Planning and Control (Oxford, 1991), 5

⁶M.Tamer ÖZSU:a.g.e., 14

- Yönetim kadrosunun projenin tamamlanmasındaki sorumluluk türünün ve düzeyini saptanması.

3.2. İşlem Sıralarının Belirlenmesi

İşlemlerin süreçleri ve işlemlerin birbirlerine bağımlılıkları göz önünde bulundurularak sıraları belirlenmektedir. Bunu yapmadan önce bireysel görevlerin öncelik sırasının belirlenmesinde fayda vardır. Birbirini takip edecek işler de belirlendikten sonra bütün veriler biraraya getirilerek genel proje programı oluşturulmaktadır.

Proje programlanmasına göre bazı kilometre taşları⁷ belirlenmektedir. Bu kilometre taşları sıfır süreli görevler olup bazı süreçlerin başlama ve bitişlerini göstermektedirler. Projede elde edilen başarıların, tamamlanan işlemlerin göstergesidirler. Proje yöneticilerine projenin nasıl gittiği, herhangi bir aksaklık, gecikme olup olmadığı konusunda bilgi vererek yardımcı olmaktadır.

⁷Kilometre taşları, projede stratejik noktaları belirtmektedir.

3.3. Kaynakların Kullanımı ve Dağıtımı

Proje progranmasında kaynaklar da gözden geçirilmektedir. Kaynaklar projenin gerçekleşmesi için gerekli olan insan, makine araç ve gereçler olarak tanımlanabilmektedir. Projenin amacına ulaşabilmesi için kaynakların doğru kullanımı ve dağıtımı gerekmektedir. Herhangi bir gecikme ya da yoğunluk, sıkışıklık yaşanmaması için, kaynakların zaman olarak da programı yapılmaktadır .Kaynak yönetiminde sadece elde bulunan kaynaklar değil kullanılacak bütün kaynaklar değerlendirilmektedir.⁸

Programlama sırasında, proje için gerekli olan kaynakların kısıtlayıcı bir etken olmadığı varsayılmaktadır. Diğer bir deyişle, bütün gerekli kaynakların ihtiyaç olduğu anda temin edilebileceği varsayılmaktadır. Ancak proje işlemlerini gerçekleştirmek için sınırlı sayıda kaynak bulunuyorsa, iki türlü yaklaşım izlenebilmektedir. Birinci ve yaygın olanı ağ modeli ve işlemler arası ilişkileri oluştururken kaynakların sınırlılığını göz önünde bulundurmadır.⁹ Ağ modeller en azından teknik kısıtlamaları gösterecek biçimde hazırlanmaktadır. Başka bir deyiş ile, işlemler ağ modelde seri ilişkilerine göre yerleştirilmektedir, zira teknik olarak ancak bu şekilde gerçekleşebilmektedirler. Örneğin bir ev inşaatı için üç işlem; (1) binanın iskeletinin inşaatı, (2) binanın dışı, ve (3) binanın çatısının inşaatı ard arda seri halinde takip edilip tamamlanması gereken işlemlerdir. Teknik olarak, bu işlemler birbiri ardına tamamlanması gerekmektedir, binanın önce çatısının sonra iskeletinin inşaatı düşünülemez.

⁸Jack GIDO: a.g.e., 75

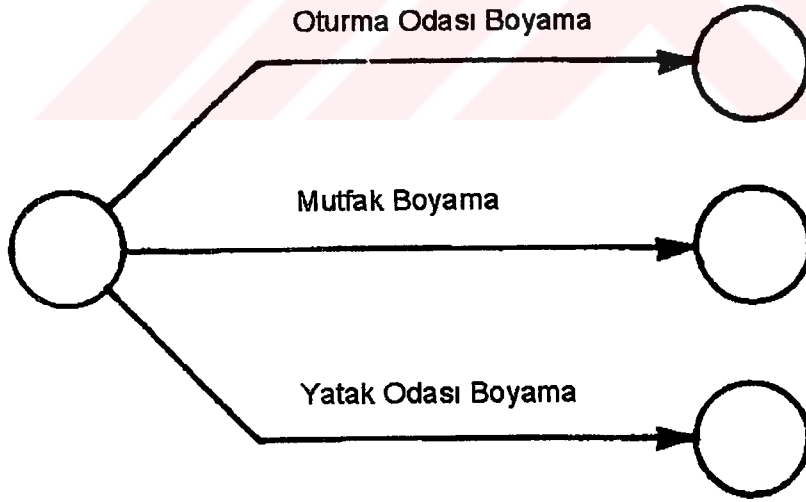
⁹Jerome D. WIEST: A Management Guide to PERT/CPM (New Jersey, 1977), 43

Ağ modelde işlemler arası teknik kısıtlamaların yanısıra, kaynak kısıtlamaları da bulunmaktadır. Diğer bir deyişle, mantık ilişkisi içerisinde çizilen işlemler hem teknik hem de kaynak kısıtlamalarına göre ayarlanabilmektedir.

Örneğin bir ev inşaatı için yapılan proje planında aşağıdaki işlemler bulunabilir;

- (1) Oturma odasının boyanması
- (2) Mutfak boyanması
- (3) Yatak odasının boyanması

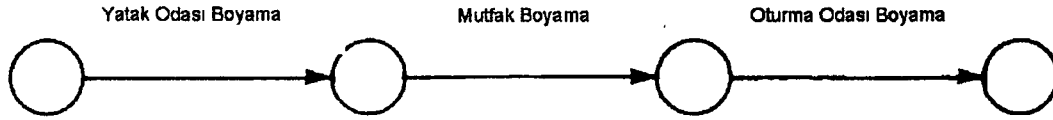
Teknik açıdan bu üç işlem aynı anda yürütülebilecek işlemlerdir. Teknik olarak işlemler birbirlerine bağlı değildir; bir işleme başlamak için bir diğerinin tamamlanması gerekmemektedir. Bu durum şekil 3.1 gösterilmektedir.



Şekil 3.1

Ancak boyama işini yapacak olan sadece bir kişi varsa, bu bir kaynak kısıtlamasını gündeme getirmektedir. Bu da teknik olarak mümkün olmasına

rağmen yeterli kaynak olmayacağı için işlemlerin birbiri ardına sıralanmasını gerektirmektedir. Bu kaynak kısıtlaması nedeni ile yeni şekil 3.2 ortaya çıkmaktadır. Bu işlemler arasında hangi odanın önce boyanacağı kişisel tercihe bağlıdır. Bu örnek ağ modelde işlemler arası mantıksal ilişkilerin belirlenmesinde kaynakların nasıl göz önünde bulundurulabileceğini göstermektedir. Burada ağ modeli oluşturan kişinin kaynakların miktarını, modeli çizerken göz önüne alacağı varsaymaktadır.



Şekil 3.2

Kaynakların değerlendirilmesinde ikinci ve biraz daha karmaşık bir yaklaşım bulunmaktadır. Bu yaklaşımda genellikle bilgisayar kullanılmaktadır. Kullanıcı, kaynakların miktarı, hangi işlem için ne kadar kaynağın gerekli olduğu, projenin toplam süresi boyunca ne kadar kaynağın elde bulunacağı gibi bilgilere sahip olmalıdır. Bu metoddaki işlemler arası teknik kısıtlamalara dayanarak bir ağ modeli oluşturulmaktadır.

Proje planlaması ve kaynak dağıtımını yapılırken işlemlerin ve kaynakların maliyetleri de belirlenmektedir. Projenin bütçesi belirlenirken, karşılaşılabilecek beklenmeyen maliyetler de düşünülmektedir.

Bütün bu aşamalardan sonra proje planı tekrar gözden geçirilmekte ve projeye ilgisi olan personelin fikirleri ve onayları alınmaktadır.

3.4. Kontrol

Proje yönetiminde son aşama projenin kontrolüdür. Kontrolün amacı, projenin periodik olarak belirlenmiş programa uygun olarak devam edip etmediğini saptamaktır.¹⁰ Eğer işler programın gerisinde kalmışsa, gecikmenin nedeninin anlaşılması için araştırma yapılmaktadır. Daha sonra yönetim, projenin ne şekilde devam etmesi gerektiği konusunda karar vermektedir. Yönetim bu aşamada yeni bir plan geliştirilmesine de karar verebilmektedir.



¹⁰J. CHRISTOPHE, M. MALAIZE, Y. EVRARD: Le Pert et La Construction (Paris, 1969), 36

4. PROJE PLANLAMA YÖNTEMLERİ

Bu bölümde proje planlama yöntemlerinden çubuk tablo yöntemi ve ağ model yöntemi incelenmektedir. İlerleyen bölümlerde ağ model yönteminin en önemlileri olan PERT ve CPM teknikleri incelenmektedir.

4.1. Çubuk Tablo Yöntemi

Proje planlama yöntemlerinin en eskisi çubuk tablolar bir başka adıyla Gannt Şemalarıdır¹. Endüstri mühendisi Henry L.Gannt tarafından II. Dünya Savaşında üretim ve operasyonların programlanmasında kullanılmak üzere geliştirilmişlerdir.

Çubuk tablolarda, süreleri gösteren bir yatay ve işlemleri gösteren bir düşey şema üzerinde işlemlerin alacakları süreler işaretlenmektedir.

Çubuk tablolar basit ve az işlemlili projeler için yeterli ve hatta çok iyi bir planlama yöntemi olabilmektedir². Ancak, bugün ele alınan projeler genellikle o kadar karmaşık ve büyük boyutludur ki çubuk tablolar artık yeterli planlama araçları olarak kabul edilmemektedir.

¹ Dennis H. BUSCH: The New Critical Path Method (Chicago, 1991), 12

²Jay HEIZER, Barry RENDER: Production and Operations Management (Massachusetts,1990), 32

Çubuk tabloların üstünlükleri şöyle sıralanabilmektedir;³

- 1- Hazırlanması, anlaşılması ve gerektiğinde değişiklik yapılması da kolay olan ve düşük maliyetli bir yöntemdir. Son derece basit olmaları nedeniyle, kullanıcılar programcı olmasalar dahi işlemlerin alacakları süreleri kolayca görebilmektedir.
- 2- Bir zaman ekseni üzerinde gösterildiklerinden herhangi bir zaman diliminde gerekecek kaynakların hesaplanabilmesi için son derece uygun olmaktadır.

Bu üstünlüklerin yanısıra bazı sakıncaları da vardır;

- 1- Çubuk tablolarda işlemlerin birbirleriyle olan ilişkileri açıkça görülememektedir. Bu nedenle de gereğince bir planlama yapma olasılığı yoktur. Örneğin Şekil 4.1'de D işleminin başlayabilmesi için C işleminin tümü ile bitmesi mi gerektiği, yoksa B işleminin başladıktan sonra 35 gün geçmesi mi gerektiği açık değildir. Bu seçeneklerden başka iki yorum daha geçerlidir. D işleminin başlayabilmesi için A işleminin bitişinden sonra belirli bir süre geçmesi gerekebileceği gibi, D işleminin A, B ve C işlemine hiç bağımlı olmayabilir.

³ M.Tamer ÖZSU: a.g.e.,15

İşlem Kodu	İşlem Adı	Günler													
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
A	İşlem A	■	■												
B	İşlem B			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
C	İşlem C							■	■	■	■	■	■	■	■
D	İşlem D											■	■	■	■

Şekil 4.1

2- İlişkiler gösterilmediğinden tabloyu hazırlayan kişi işlemleri bir bir ele alırken o işlemden önce sonuçlandırılması gereken işlemleri düşünmek zorunda değildir. Dolayısıyla bazı işlemlerin unutulması son derece olasıdır.

3- Çubuk tablolarla herhangi bir işlemde ortaya çıkacak gecikmelerin projenin toplam süresini ne şekilde etkileyeceğini görmek olanağı yoktur. Diğer bir deyiş ile bu tablolar işlemlerin en erken başlangıç ve en geç bitişleri arasındaki ilişkiyi tam açıklıkta ortaya koyamadığından projede kritik yol saptanamamaktadır.

4- Çubuk tablolar yeterli detay gösteremediklerinden kompleks projelerde yetersiz kalmaktadırlar.

Bütün bu sakıncaları nedeniyle bugün çubuk tablolar yerlerini daha iyi planlama yöntemleri olan ağ modellerine bırakmışlardır.⁴

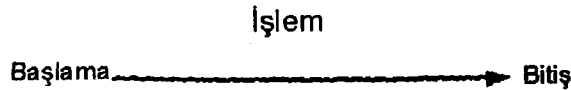
⁴Richard I.LEVIN, Charles A.KIRKPATRICK: PERT ve CPM ile Planlama ve Denetim Çev.O.D.T.Ü. İ.İ.F İşletme Bölümü öğretim üyeleri (Ankara, 1967), 22

4.2. Ağ Model Yöntemi

Ağ modeller kompleks ve birbiriyle bağlantılı işler içeren projelerin planlama, programlama ve kontrolünde kullanılan bir tekniktir.⁵ Temel olarak ağ bir işlemler dizisinin oluş sırasını gösteren diyaframdır. Ağ modelde işlemlerin sıralanışı, birbirleriyle olan ilişkileri ve temel olaylarla bağlantılı olarak gösterilmektedir. Ağ modelleri çeşitli şekilde gösterilmektedir. Bunlardan Ok diyagramları en önemlisidir.⁶

4.2.1. Ok Diyagramları

Belli bir olayı tamamlamak için gereken çalışmaya işlem denmektedir.⁷ Ağ modelde işlemler oklarla temsil edilmektedir. Her işlem sadece bir okla temsil edilebilmektedir. Okun kuyruğu işlemin başlangıcını ucu ise işlemin bitişini göstermektedir. Okun uzunluğunun ve eğiminin işlemin süresi ya da önemiyle ilgisi yoktur. Bu özelliği ile ağ model, çubuk tablodan farklılık göstermektedir.



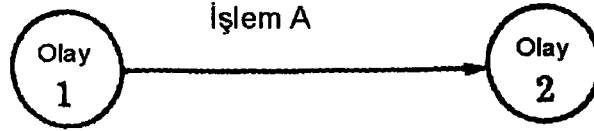
Şekil 4.2

⁵Jack GIDO: a.g.e., 10

⁶Jack GIDO: a.g.e., 10

⁷Tevfik TATAR: a.g.e, 43

Olay, bir ya da birden fazla işlemin başlangıç ya da bitişine olay adı verilmektedir⁸. Diğer bir deyişle, bir işin zaman içerisinde belli bir noktada belirli bir sonuca bağlanmasıdır. Olaylar işlemleri birbirlerine bağlamaktadır. Olaylar için zaman kullanımı söz konusu değildir, dolayısıyla zaman içinde bir nokta olarak değerlendirilmektedir. Olaylar ağ modelde dairelerle temsil edilmektedir.



Şekil 4.3

İşlemin başlangıcındaki olay başlangıç olayı bitişindeki olay da bitiş olayı olarak adlandırmaktadır.

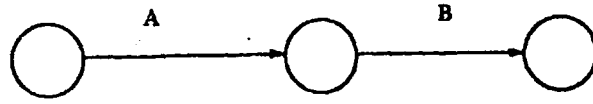
Temel kurallar⁹

Ağ gösterimlerinde uyulması gereken bazı temel ve basit kurallar mevcuttur.

- 1- Ağ modelde işlemler arasında öncelik gösterimleri söz konusudur. B işleminin başlangıç olayı A olayının bitiş olayı ise A işlemini tamamlanmadan B işlemine başlanamaz.

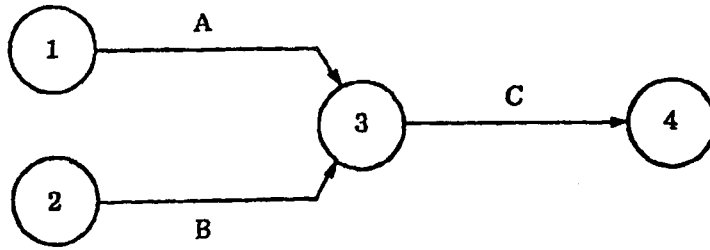
⁸ Tefvik TATAR: a.g.e., 14

⁹ Edward W.DAVIS: Project Management with CPM,PERT and Precedence Diagramming (New York, 1983), 27



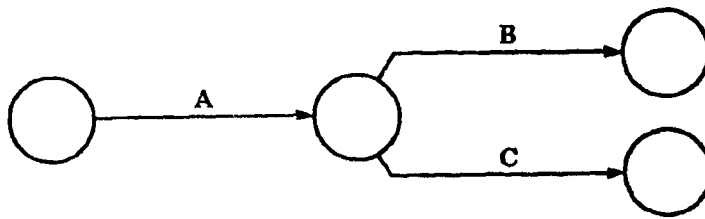
Şekil 4.4

Bunun yanısıra şekil 4.5,4.6 ve 4.7 de işlemlerin ağ modelde paralel bir şekilde çizilebilecekleri de gösterilmektedir.



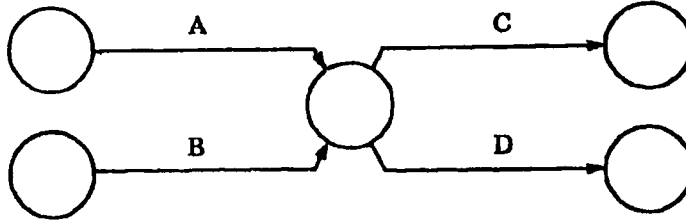
Şekil 4.5

Şekil 4.5' de A ve B işlemlerinin paralel gösterimi yer almaktadır. Bir bakıma A ve B işlemleri birbirlerinden bağımsız işlemlerdir. Bu şekil A,B ve C arasındaki ardışıklık ilişkisini göstermektedir. Buna göre C işlemine başlanabilmesi için A ve B işlemlerinin sonuçlandırılması gerekmektedir.



Şekil 4.6

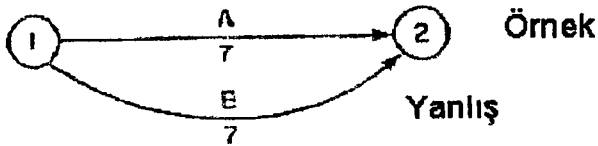
Şekil 4.6'da B ve C işlemlerinin paralel gösterimi söz konusudur. B ve C işlemlerine başlanmasından önce A işleminin bitirilmesi gereklidir.



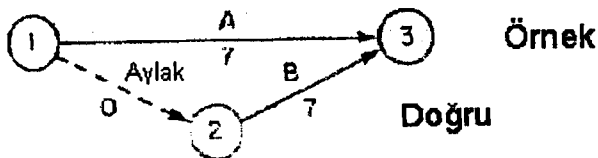
Şekil 4.7.

Şekil 4.7. A ve B işlemlerinin paralel gösterimi yer almaktadır. C ve D işlemlerine başlanabilmesi için A ve B işlemlerinin her ikisinin de tamamlanması gerekmektedir.

2- Her işlem farklı başlangıç ve bitiş olay numarasına sahip olmalıdır. İki işlemin başlama ve bitiş olaylarının aynı olmasında problem yaratan şekil 4.8' deki durum ortaya çıkmakta ve bu örnek ağ modele prensiplerine göre doğru olmamaktadır.



Şekil 4.8

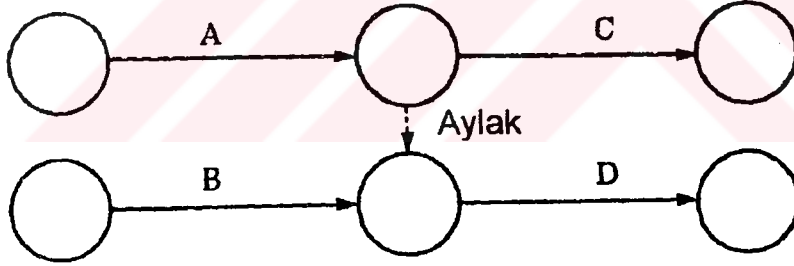


Şekil 4.9

Şekil 4.10 da işlem A ve B nin başlangıç ve bitiş olaylarının aynı numaralardan oluştuğu görülmektedir ki bu ağ modelde yanlış bir gösterimdir. Çünkü olay 1 ve 2' den bahsedilirken bunun işlem A' mı yoksa B ile mi ilgili olduğu anlaşılmamaktadır. Bir işlemin eklenmesiyle bu sorun çözümlenmektedir.

Kukla işlemler ağ modelde işlemler arası mantıksal ardışıklık ilişkisinin kurulması için de kullanılmaktadır.

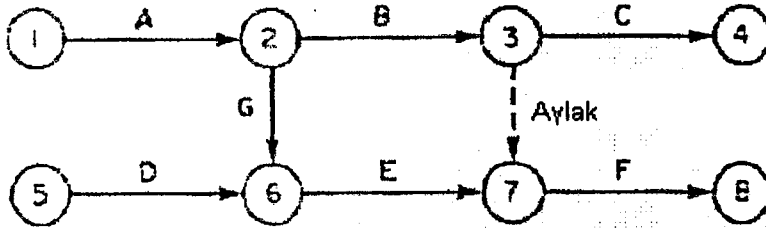
Örneğin A,B,C,D işlemlerini düşünelim. A ve B işlemleri aynı anda gerçekleştirilebilir (paralel gösterim). C işlemine A işlemi bitirildikten sonra başlanabilmektedir. Ancak D işlemine başlanabilmesi için hem A hem de B işlemlerinin sonuçlandırılması gerekmektedir. İşlemler arasındaki bu ilişki, kukla işlem eklenilerek gösterilebilmektedir.



Şekil 4.11

Bu kukla işlemin süresi sıfırdır ve projenin mantığını ve toplam süresini etkilememektedir.

3- İki ayrı işlem zinciri birbirleri ile bağlantılı ise bu iki zinciri bağlayıcı bir işlem veya kukla işlemi ile bağlamak mümkündür

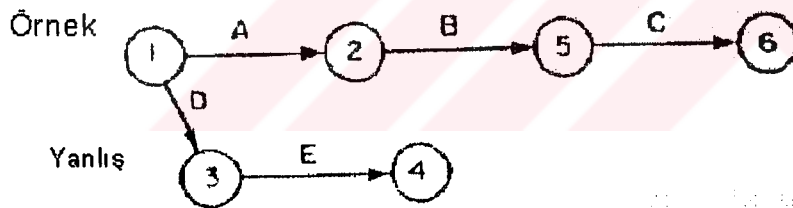


Şekil 4.12

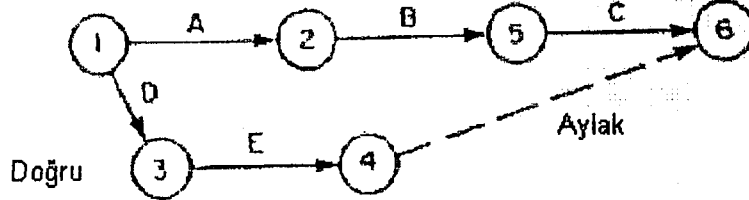
Kukla işlemin görevi kendinden önce başlayan bütün işlemleri yani şekil 4.12' de gösterilen 1-2(A) ve 2-3(B) belirtmektedir. Tamamlandıktan sonra 7-8(F) işlemi başlayabilmektedir. Aynı şekilde 5-6(D),6-7(E) ve 2-6(G) tamamlandıktan sonra 7-8(F) başlayabilmektedir (Şekil 4.12).

4) Her işlem (en sonuncu dışında) diğer işleme doğru devam etmelidir.

Bu olmadığı takdirde anlamsız bir son ortaya çıkmaktadır (şekil 4.13).



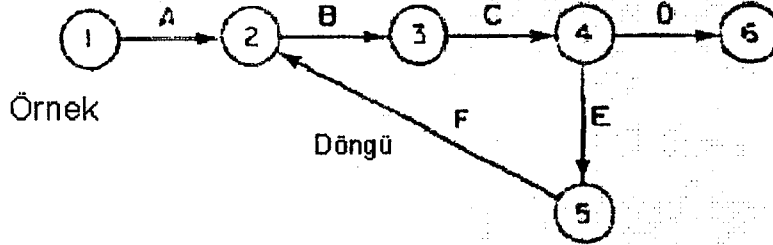
Şekil 4.13



Şekil 4.14

Anlamsız son sorununu ortadan kaldırmak için boştaki işlem analizinin tamamlanması için son olaya bağlanmalıdır (Şekil 4.14).

5) Son işlemin ilk işleme bir etkisi olmaması için, hiç bir işlem zincirinin döngü kurmasına izin verilmemektedir.

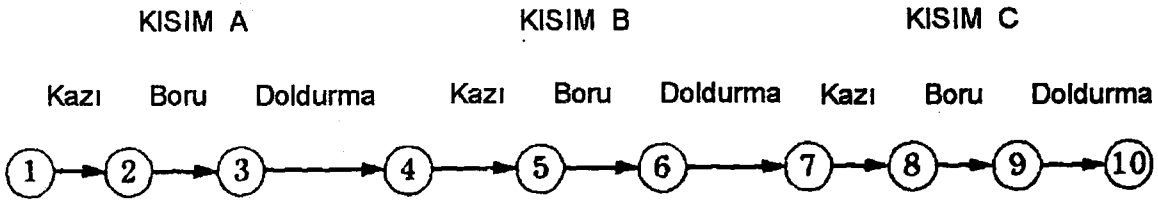


Şekil 4.15

Şekle göre B,C ve E,F işleminden önce bitirilmelidir. Ama F işlemi bitmeden B başlayamaz (Şekil 4.15). Bu tip bir sıra bu modelin doğasına ve analizine aykırıdır.

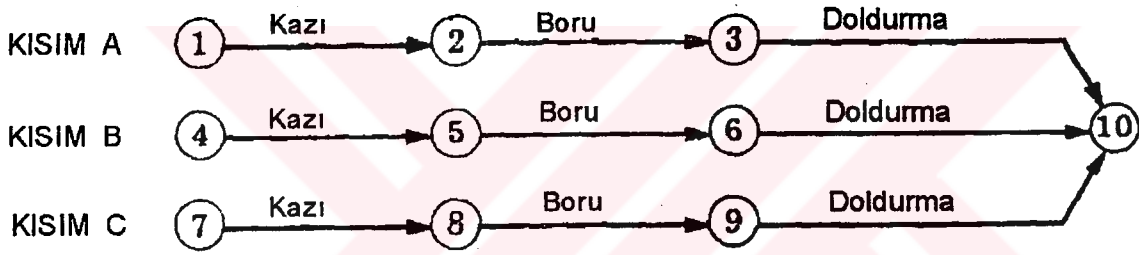
Merdiven yöntemi

Bazı projelerde bir kaç kez tekrarlanan işlemlerle karşılaşmak mümkün olmaktadır. Örnekte 300 m'lik bir alan için kazı, boru döşeme ve kazılan bölgenin tekrar kapanması işlerini içeren bir proje ele alınmaktadır. Proje her 100 m için 3 aşamada gerçekleştirilecek olup, proje için 3 iş takımı bulunmaktadır. Her iş için kazı, döşeme ve kapama 1'er takım görevlendirilecektir.



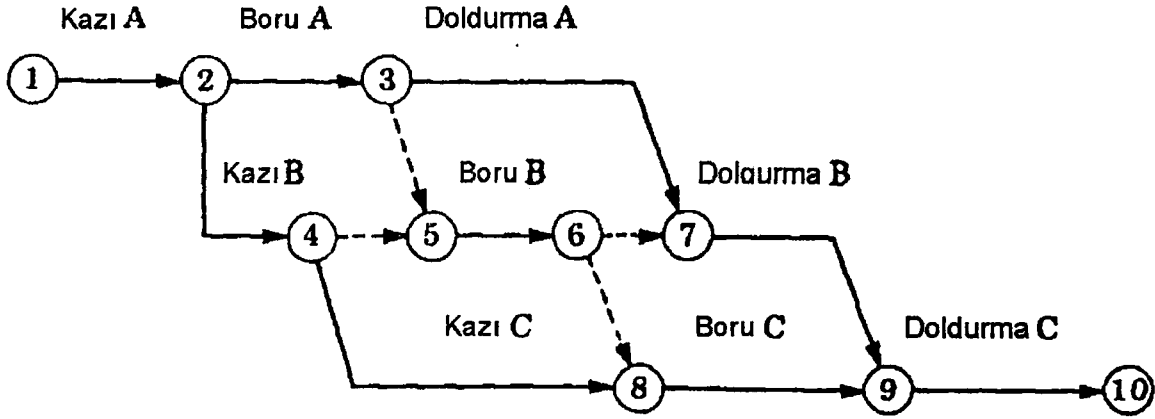
Şekil 4.16

Proje için şekil 4.16' daki gibi bir ağ model oluşturulabilmektedir. Ama şekil 4.16' da tüm işlemler seri halinde sıralanmıştır. Bu da bir takım çalışırken diğer iki takımın boş durması anlamına gelmektedir.



Şekil 4.17

Proje için şekil 4.17' deki gibi bir ağ model de düşünülebilirdi. Ancak bu da pek mümkün olmayan bir gösterimdir; çünkü her iş için sadece görevlendirilenebilecek bir takım mevcuttur.



Şekil 4.18

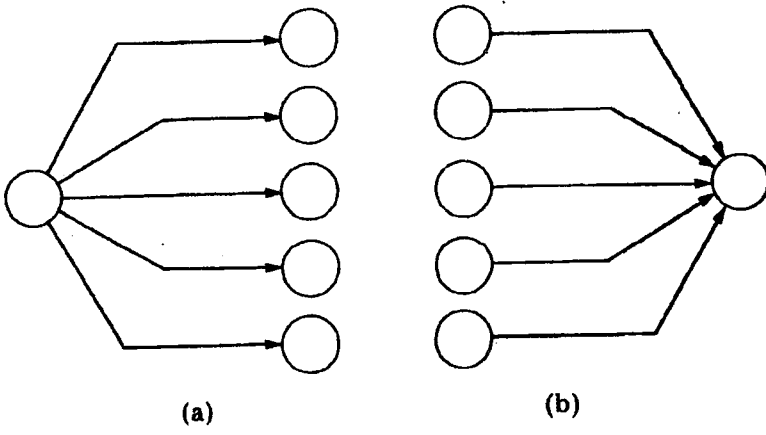
Şekil 4.18 aşamayı paralel bir gösterimde birleştirmişse de kukla işlemler kullanımı ile bu paralel yollar birbirlerinden bağımsız hale getirilmiştir. Kukla işlemler sayesinde projenin mümkün olan en kısa zamanda ve kaynakların en verimli kullanımıyla bitirilmesi sağlanmıştır. Şekil 4.18' de gösterilen tekniğe merdiven yöntemi adı verilmektedir.¹³

Anahat Yöntemi

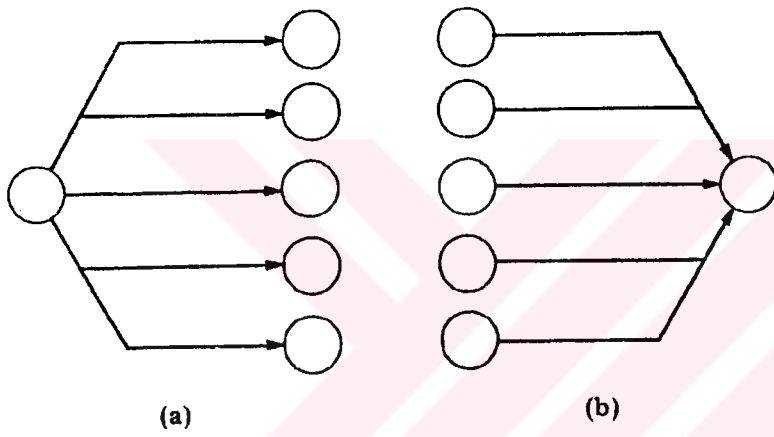
Bazı işlemler için aynı başlangıç ya da aynı bitişi olan oklar çizilmesi gerekebilme ve bu da karmaşık bir gösterime neden olabilmektedir (Şekil 4.19 a ve b). Anahat tekniği bu karmaşık gösterimi sadeleştirmek için kullanılmaktadır. Bu teknik bir olaydan çıkan ya da o olayda birleşen tüm okların sadece bir okla ifade edilmesine izin vermektedir (Şekil 4.20 a ve b)¹⁴.

¹³Albert LESTER:a.g.e.,13

¹⁴Jack GIDO:a.g.e., 16



Şekil 4.19



Şekil 4.20

4.2.1.1. Numaralandırma

Ağ hazırlanmasının diğer adımı olayların numaralandırmasıdır.¹⁵ Analiz metoduna göre aşağıdaki Şekil 4.21 kullanılabilir. Buna göre numaralandırma sistemi üç ana başlık altında incelenebilmektedir.

- Rastgele Numaralandırma Sistemi

Bu metotta, adından da anlaşılacağı gibi, hiç bir tekniğe dayanmadan her olaya farklı numara verilmektedir. Bu numaralama sisteminde her zaman için daha önceden verilmiş bir numaranın başka bir olaya da verilmesi riski bulunmaktadır.

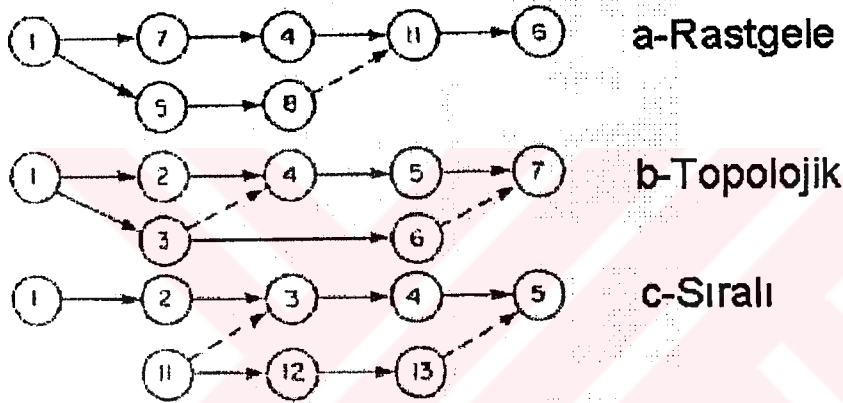
- Topolojik Numaralandırma Sistemi

Bu metotta, bir işlemin başlangıç olayı numarası mutlaka bitiş olayı numarasından küçük olmalıdır prensibi bulunmaktadır. Bu metod uygulanırsa projenin sonuna doğru ilerledikçe olayların numarası artmaktadır. Döngüleri otomatik olarak engellediği için ağ analizinde yeni olanlara yardımcı olmaktadır. Ancak çok zaman alıcı ve tekrar tekrar geri dönüp işlem atlanmadığından emin olmak gerekmektedir. Bu metodun esas dezavantajı ağa bir işlem eklendiğinde veya çıkarıldığında ortaya çıkmaktadır. Zira ağdaki bütün olayların numaralarının değiştirilmesi gerekmektedir. Bu yüzden pratikte pek uygun olmamaktadır.

¹⁵Albert LESTER:a.g.e., 8

•Sıralı Numaralandırma Sistemi

Analiz yönünden bakıldığında rastgele numaralandırmaya benzemektedir. Ancak numaralar benzer işlemlerin bulunduğu bloklara, benzer numaralar verilmektedir. Dolayısı ile bir işlem grubunun tanımlanmasını kolaylaştırmaktadır. Bu metod kullanması basit ve hızlı bir numaralandırma metodudur.



Şekil 4.21

4.2.2. Öncelik Diyagramları

Bazı planlayıcılar işlemler arasındaki ilişkileri işlem kutuları ve onları bağlayan çizgiler ile göstermeyi tercih etmektedirler. İşlem süreleri kutulara yazıldığından kukla işlemlere gerek kalmamaktadır. Diğer bir anlamda her

bağlantı çizgisi zamansız olduğunda bir nevi kukla işlemdir. Bu şekilde hazırlanmış ağa öncelik diyagramı adı verilmektedir.¹⁶

Öncelik diyagramının ok diyagramına göre bir dizi avantajı vardır.¹⁷

1-Aylak işleme gerek yoktur.

2-Akım şemaları ile daha önce çalışmış olan kişilerce kolayca tatbik edilebilir.

3-İşlemler tek bir numara ile (2 numara yerine) tanımlanabilir. Ayrıca daha sonradan araya bir işlem diğer olayların numarasını değiştirmeden rahatça yerleştirilebilir.

Analiz ve boşluk hesaplamaları ok diyagramındaki gibidir ve kutu yeterince büyük ise en erken ve en geç başlangıç ve bitiş zamanları yazılabilir. Tipik bir öncelik diyagramı şekil 4.22'deki gibidir. Bu şekilde harfler işlem numarası veya tanımını ifade etmektedir. İşlem zamanı yukarı orta, en erken ve en geç başlama ve tamamlama zamanları kutunun köşelerinde verilmektedir. Kutunun en üst sırasında en erken başlama (EB), zaman (Z) ve en erken tamamlanma zamanı (ET) gösterilmektedir. Bu durumda;

$$ET=EB+Z$$

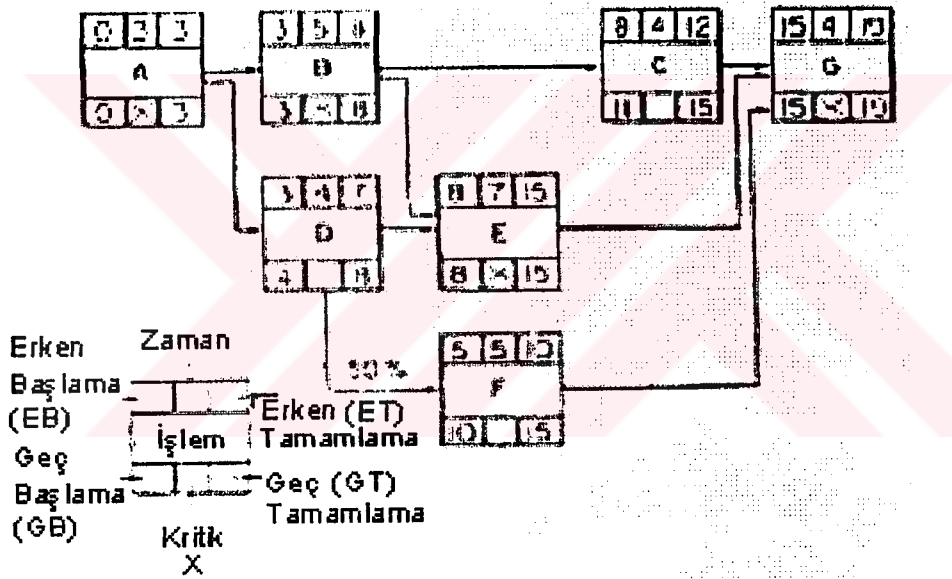
¹⁶Dennis H. BUSCH:a.g.e., 58

¹⁷Edward W.DAVIS:a.g.e., 33

Kutunun en alt satırı en geç başlama (GB), ve en geç tamamlama (GT) zamanın gösterir. Bu durumda;

$$GB=GT-Z$$

EB bir önceki işlemin en büyük ET'si olmaktadır. Yani E işleminin EB zamanı bir önceki işlem olan B işleminin ET'sidir. GT ise bir önceki işlemin en düşük GB'si olmaktadır. Aşağıdaki örneğe göre A işleminin GT'si B işleminin GB'sinden gelmektedir.



Şekil 4.22

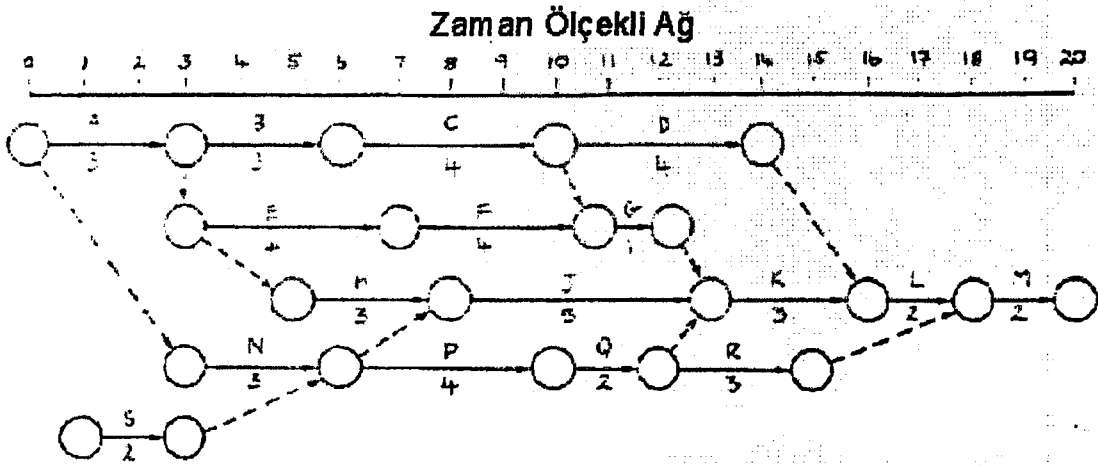
4.2.3 Zaman Ölçekli Ağ Modelleri ve Bağlantılı Çubuk Tablolar

Bir programın değişme ihtimali az ise ağ ve çubuk tablo özellikleri zaman ölçekli ağ çizimleri ve bağlantılı çubuk tablo şeklinde birleştirilebilmektedir.¹⁸

Zaman ölçekli ağ çiziminde işlemlerin sürelerine göre ölçekli olarak oklar çizilmektedir. Aslında bütün ağ her karenin belli bir zaman (gün, hafta, ay) gösterdiği kareli bir zemine çizilebilmektedir. İşlemleri belli bir ölçeğe, ve en erken başlama zamanına göre çizilmesi bir çeşit çubuk tablo ortaya çıkarmaktadır. Bu sistem geleneksel çubuk tablodan bazı işlemlerin aynı yatay çizgide yer alması ile farklıdır. Bunun en önemli dezavantajı herhangi bir işlemin süresinin değişmesinde bütün tabloların yeniden yazılması gerekebilmesidir. Ancak raporlama için açık ve anlaşılabilir ideal bir yöntem olmaktadır.

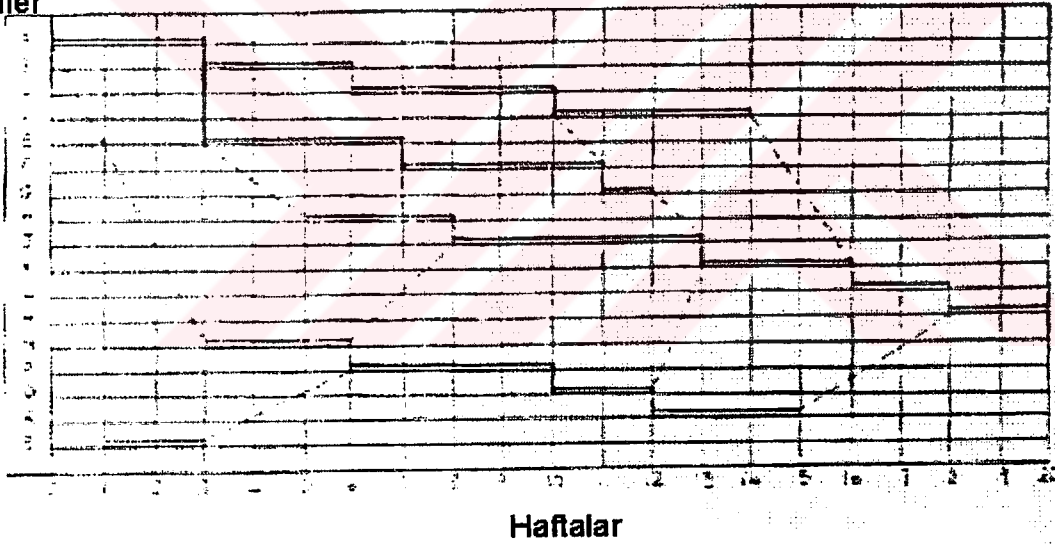
Bağlantılı çubuk tablo normal çubuk tabloya benzemektedir. Yani her işlem ayrı bir yatay hatta çizilmekte ve farklı olarak işlem bağlantıları yapılmaktadır. Bu örnekler şekil 4.23 ve 4.24'de gösterilmektedir.

¹⁸Albert LESTER:a.g.e., 20



Şekil 4.23

İşlemler



Şekil 4.24

5. PERT VE CPM TEKNİKLERİ

Bu bölümde ağ modellerinden en önemlileri olan CPM ve PERT teknikleri incelenmektedir. PERT ve CPM teknikleri bir projenin ne zaman tamamlanabileceği, kritik işlem ve görevlerin neler olduğu, kritik olmayıp geç kalınmasından dolayı projenin genel tamamlanma zamanını etkilemeyen işlemlerin neler olduğu gibi sorulara cevap vermektedir.¹ Bunun yanında projenin ilerleme hızı, kaynakların kullanımı hakkında bilgi vermektedir.

Bundan önceki bölümde incelenmiş olan ağ modeli yöntemi kuralları hem CPM hem de PERT tekniğinde ağ oluşturulması için de geçerli olmaktadır. Bu bölümde ilk olarak PERT tekniği, daha sonra CPM tekniği incelenecek ve her iki tekniğin bir değerlendirmesi yapılacaktır.

5.1. PERT Tekniği

Ağ model yöntemlerinden PERT tekniği, programın amacına erişebilmesi için yapılması gereken işlemler ve olaylardan meydana gelmiş, işlemlerin ve olayların birbirleri ile olan mantıksal ve planlama gereği bağlantı ve ilişkilerini gösteren bir çözüm tekniğidir.² Bu ağ model çözüm tekniğinde işlemler ve olaylar tanımlanmaktadır.

¹G. David TURNER: Project Planning and Control in Construction Industry (New York, 1975), 33
²J. CHRISTOPHE, M.MALAIZE, Y.EVRARD:a.g.e., 5

5.1.1. Pert Ağ Modelinin Oluşturulması

PERT ağ modeli, önceki bölümde incelenen ağ model prensip ve kurallarına göre çizilmektedir. İş ayırımı yapıldıktan sonra, işlemler ve olaylar öncelik sırasına ve birbirleri ile olan ilişkilerine göre şemadaki yerlerini almaktadır. Bu konuyu bir örnek üzerinde incelemekte fayda bulunmaktadır.

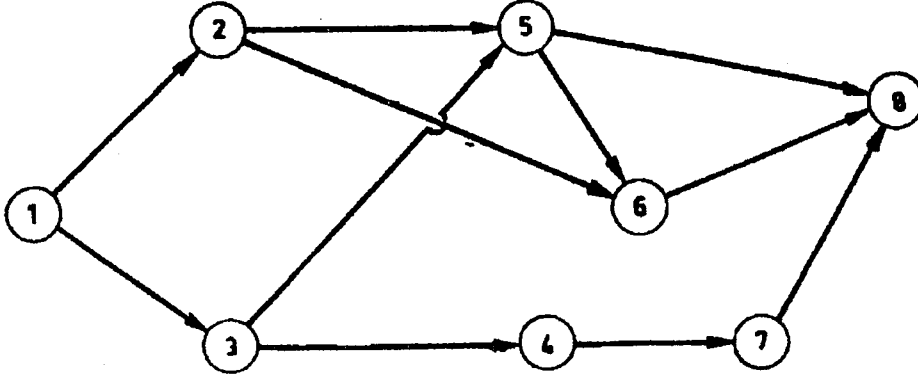
Örnek olarak aşağıda tablosu verilen işlemler dizisinin ağ modeli şekil 5.1 'deki gibi olmaktadır.

İşlemler	Başlangıç olayı	Bitiş olayı
1-2	1	2
1-3	1	3
2-5	2	5
2-6	2	6
3-5	3	5
5-6	5	6
3-4	3	4
4-7	4	7
5-8	5	8
6-8	6	8
7-8	7	8

Bitiş Olayları	Bitirdiği İşlemler	Baş. Olayları	Başlattığı İşlemler
2	1-2	1	1-2,1-3
3	1-3	2	2-5,2-6
4	3-4	3	3-5,3-4
5	2-5,3-5	4	4-7
6	2-6,5-6	5	5-8,5-6
7	4-7	6	6-8
8	5-8,6-8,7-8	7	7-8

Tablo 5.1

İlk işlem (Başlangıç olayı): 1 Son işlem (Bitiş olayı): 8



Şekil 5.1

5.1.2. Normal ve Beta Dağılımları

Pert yöntemi açısından önemli olan dağılımlar ise Normal ve Beta dağılımlarıdır.³ Bu nedenle bu dağılımlar hakkında bilgi vermek gerekmektedir.

5.1.2.1. Normal Dağılım

Normal dağılım, doğadaki olayların bir çoğunun uyduğu bir dağılımdır. Esas itibarı ile ifade ettiği gerçek, değerlerin büyük bir çoğunluğunun bir ortalama değer etrafında kümelendiği, ancak bu ortalamadan küçük ve büyük değerlerin de bulunduğudır. Üstelik, ortalamadan küçük değerler ile büyük değerler birbirlerine eşittirler. Normal dağılımın ortaya çıkışını modern

³Richard I.LEVIN, Charles A.KIRKPATRICK:a.g.e., 32

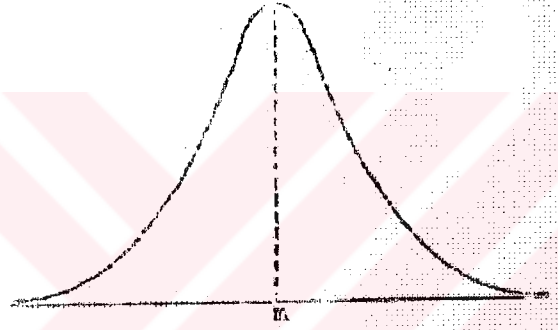
istatistiğin başlangıcı olarak kabul edenler bile vardır. Bunun sonucu oluşan eğriye çan eğrisi adı verilmektedir (şekil 5.2)⁴.

Normal dağılımın olasılık fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$f(x) = (1/\sigma\sqrt{2\pi}) \exp \left(- 1/2\sigma^2(x-\mu)^2 \right)$$

μ : Ortalama değer

σ^2 : Varyans

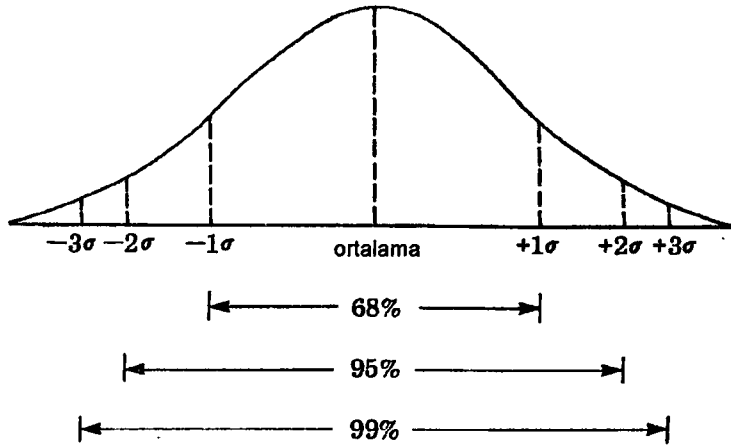


Şekil 5.2

Normal dağılım simetriktir. Yani μ değerinin solunda kalan alan ile sağındaki alan birbirine eşit olmaktadır. Normal dağılımın aşağıdaki özellikleri de çok önemlidir.

1. Normal dağılımda, değerlerin %68'i ortalamadan +/- 1 standart sapma uzaklıktaki iki nokta arasında bulunmaktadır.
2. Değerlerin %95'i +/- 2 standart sapma içinde bulunmaktadır.
3. Değerlerin %99'u ise +/- 3 standart sapma içinde yer almaktadır.

⁴Sheldon R. ROSS:a.g.e., 96



Şekil 5.3

5.1.2.2. Beta Dağılımı

Beta dağılımı, PERT yönteminde yaygın olarak kullanılan bir dağılımdır. Bunun nedeni de dağılımın hem bakışlımlı hem de bakışlımsız olabilmesinden ve a ve b iki nokta arasında tanımlanmasındadır. Normal dağılımda ise $-\infty$ ile $+\infty$ arasında tanımlanmaktadır.

Eğer Beta rastlantısal değişkenin $[0,1]$ aralığında değiştiği kabul edilirse, olasılık fonksiyonu;

$$f(x) = \frac{x^{\alpha_1-1} \cdot (1-x)^{\alpha_2-1}}{B(\alpha_1, \alpha_2)}$$

formülü ile gösterilmektedir.

$B(\alpha_1, \alpha_2)$: Beta fonksiyonudur ve aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$B(\alpha_1, \alpha_2) = \int_0^1 x^{\alpha_1-1} (1-x)^{\alpha_2-1} dx$$

$$\text{Ortalama değer } \mu = \alpha_1 / (\alpha_1 + \alpha_2)$$

$$\text{Varyans } \sigma^2 = \alpha_1 \alpha_2 / ((\alpha_1 + \alpha_2)^2 (\alpha_1 + \alpha_2 + 1))$$

5.1.3. Zaman Tahminleri ve Hesapları

PERT yönteminde her işlem için üç süre tahmini yapılmaktadır;⁵

1. En iyimser zaman (t_o): En olumlu şartlar altında, bir faaliyetin tamamlanabilmesi için kullanılacak en kısa zamanın tahmindir. İyimser tahmin, ideal bir ortamda, normal gecikmelerin ve aksaklıkların bile mevcut olmadığı varsayımına dayanmaktadır.
2. En kötümser zaman (t_p): Bir faaliyeti tamamlanabilmesi için düşünülen en uzun zamandır. Kötümser tahmin, faaliyette bütün muhtemel gecikmelerin ve aksaklıkların bulunduğu bir ortamı varsaymaktadır.
3. En olası zaman (t_m): İyimser ve kötümser zaman tahminleri arasında bir zaman tahminidir. Faaliyette normal bir ortam ve durum kabul edilmektedir. Normal sayılabilecek gecikmelerin ve aksaklıkların olabileceği, yolunda giden işlerin de normal sayıda olacağı, aşırı olmayan normal bir faaliyette bulunduğu kabul edilmektedir.

⁵Robert W. MILLER:a.g.e., 41

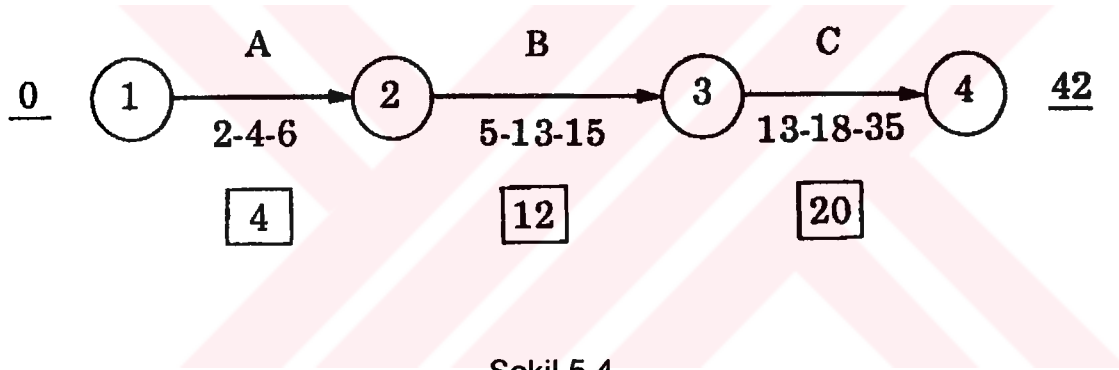
Bu iyimser, olası ve kötümser zaman tahminleri yapıldıktan sonra ve bu tahminlerin Beta dağılımında oldukları düşünülürse beklenen zaman (t_e) aşağıdaki formül ile hesaplanabilmektedir.⁶

$$t_e = \frac{t_o + 4 t_m + t_p}{6}$$

Bu dağılımın varyansı ise aşağıdaki formülü ile ifade edilmektedir.

$$S^2 = ((t_p - t_o)/6)^2$$

Şekil 5.4'deki ağ model aşağıda incelenmektedir.



Her işlem için t_e hesap tablosu aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

İşlem		t_e
A	$(2+4(4)+6)/6$	4 gün
B	$(5+4(13)+15)/6$	12 gün
C	$(13+4(18)+35)/6$	20 gün
Toplam		36 gün

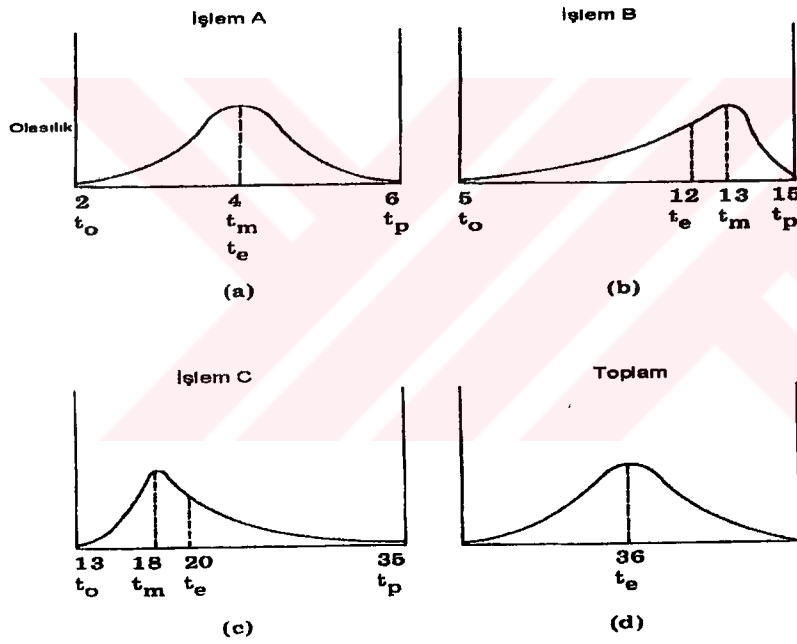
⁶Jack GIDO:a.g.e., 27

Ağ modelin varyans ve standart sapması ise aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

İşlem		σ^2
A	$((6-2)/6)^2$	0.444
B	$((15-5)/6)^2$	2.778
C	$((35-13)/6)^2$	13.444
Toplam		16.666

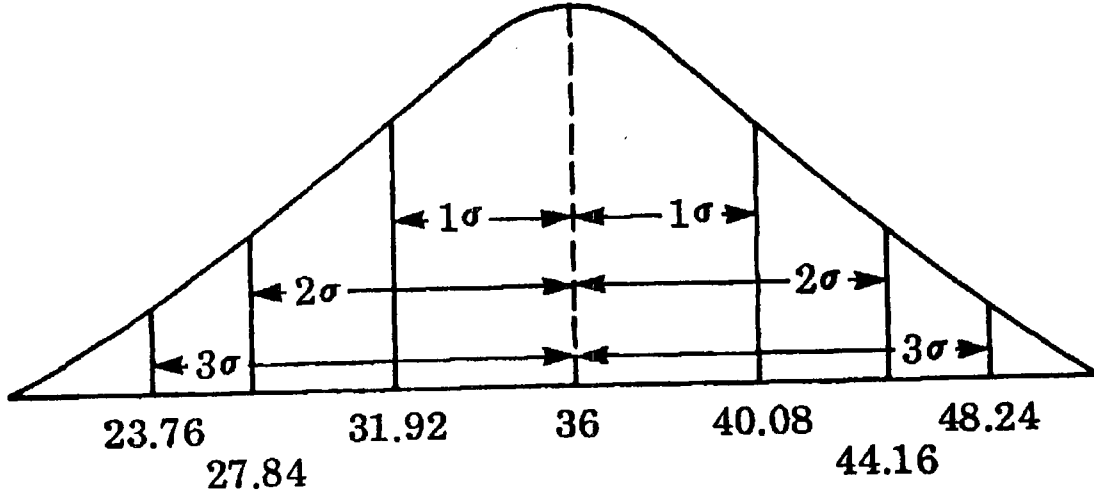
Standart sapma = 4.08 gün olarak hesaplanmaktadır.

Şekil 5.4'deki ağ modelinin olasılık fonksiyonu Şekil 5.5'deki gibi oluşmaktadır.



Şekil 5.5

Yukarıda hesaplanan standart sapmaya göre çizilen olasılık grafiği şekil 5.6' da verilmektedir.



Şekil 5.6

Şekil 5.6'dan aşağıdaki sonuçları çıkarmak mümkündür.

Projenin 31.92 gün ile 40.08 gün arasında tamamlanma olasılığı %68'dir.

Projenin 27.84 gün ile 44.16 gün arasında tamamlanma olasılığı %95'dir.

Projenin 23.76 gün ile 48.24 gün arasında tamamlanma olasılığı %99'dur.

Projenin 23.76 günden önce veya 48.24 günden sonra tamamlanma olasılığı ise % 0.5'dir.

Olasılığın Hesaplanması

Projenin bitirilmesi beklenen en erken süre kritik yol yöntemi ile belirlenmektedir. Bu değer programlanmış başlama zamanı artı işlemlerin beklenen sürelerine eşittir.

Bir projenin programlanmış zamandan önce bitmesi ihtimali %0.5'dir. Çünkü normal dağılım eğrisinde beklenen değer in öncesinde ve sonrasında kalan alan toplam alanın yarısına eşittir. Programa göre bitişin zamanı da bilindiğinden projenin zamanından önce bitirilmesi olasılığı hesaplanabilmektedir. Bunu bulabilmek için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.⁷

$$Z = (ST - ET) / \text{standart sapma}$$

ST: İşlem için programlanmış zaman

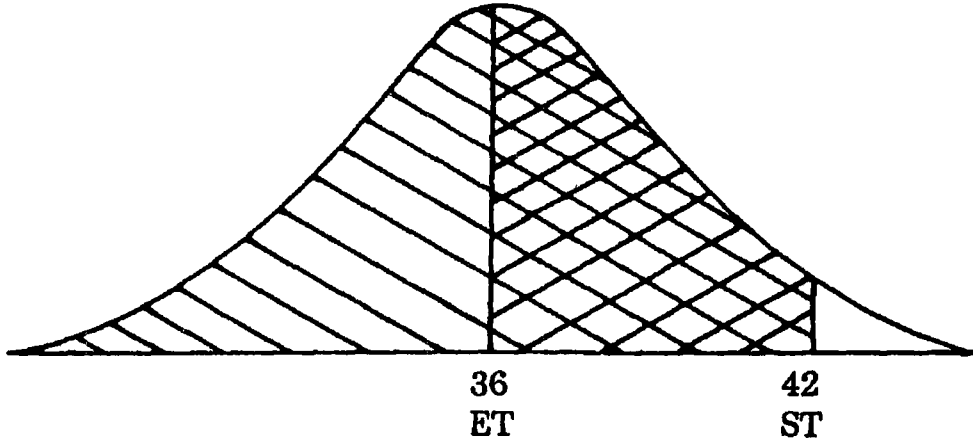
ET: Normal dağılımın ortalama değeri (işlemin en erken gerçekleşme zamanı)

Standart sapma: En uzun yolda bulunan işlemlerin toplam dağılımlarının standart sapması

Formülden bulunan Z değeri normal dağılım ET ve standart sapma değerleri arasındaki standart sapmaların bir ölçüsüdür. Bu Z değeri ET ve ST değerleri arasındaki alana çevrilmektedir.

Şekil 5.4'de hesaplanan örnek ele alındığında şekil 5.7'deki durum ortaya çıkmaktadır;

⁷Harold KERZNER:a.g.e., 57



Şekil 5.7

En erken gerçekleşme zamanı 36, programlanmış zaman ise 42 idi. ST'nin solunda kalan alan projenin 42 günden az bir zamanda bitirilme olasılığını vermektedir.

$$Z = (ST - ET) / \text{st.sap} = 42 - 36 / 4.08 = 1.47$$

Bu Z değeri 1.47 ET ve ST arasında standart sapma olduğunu göstermektedir. Ancak Z değeri ET ve ST arasında kalan alanın toplam alanın ne kadarı olduğunu direk göstergesi olmamaktadır. Bu alanı bulabilmek için Z tablosundan⁸ 1.47'ye karşılık gelen alan değerine bakmak gerekmektedir.

Tablo, ilk sütun ve ilk sıra 0.01 önemlilik derecesi için aranan Z değerinin bulunmasını sağlamaktadır. 0.47 için ilk sütundan 1.4'e daha sonra bu sırada 0.07 sütununun altında kalan sayıya bakılmaktadır. Bu sayı 42922' dir. Bu

⁸Z-Tablosu Ek 1'dedir.

değer, ST ve ET arasında kalan alanın toplam alanın 0.42922'si (%42.922) olduğunu göstermektedir.

Projeyi 36 ile 42 gün arasında bitirme olasılığı ise; $0.5+0.42922$ yani 0.92922 (%92.922) olarak hesaplanmaktadır.

5.1.4. Pert Ağ Modeli Üzerinde Zaman Hesaplarının Yapılması

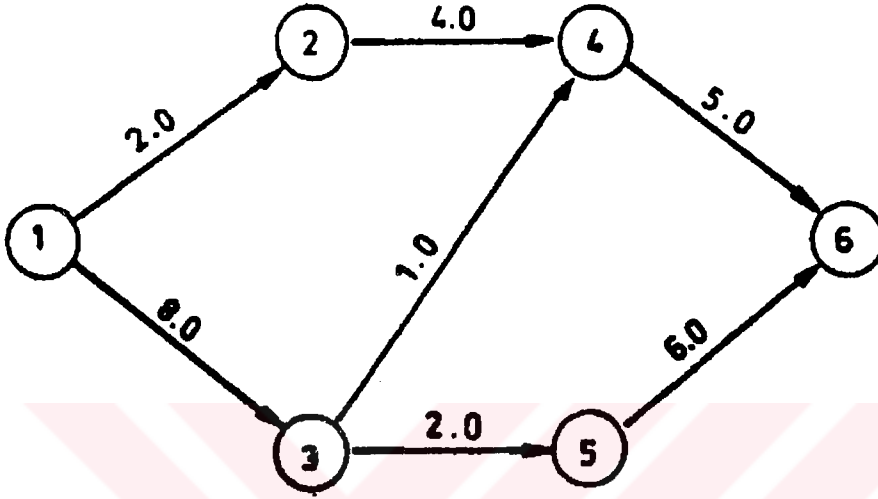
Pert ağ modelinin çizilmesi 5.1.1 numaralı bölümde örnek ile anlatılmaktadır. Bu bölümde zaman faktörünün ağ modeli üzerinde gösterimi yapılmakta ve T_E (Beklenen en erken süre), T_S (Beklenen en geç süre), kritik yol ve boşluk kavramları açıklanmaktadır.

5.1.4.1. Beklenen En Erken Süre (T_E)

T_E bir Pert kavramı olup, belirli işleri yapmak için gerekli zaman süresini ifade etmektedir.⁹ Konunun açıklanmasında bir örnekten faydalanmakta yarar bulunmaktadır.

⁹Richard I.LEVIN, Charles A.KIRKPATRICK:a.g.e., 56

Şekil 5.8'deki ağ modelinin en erken tamamlanma süresi hesaplanacaktır. İlk olarak ağ modeldeki her geçitin tamamlanması için gerekli süre hesaplanmaktadır.



Şekil 5.8

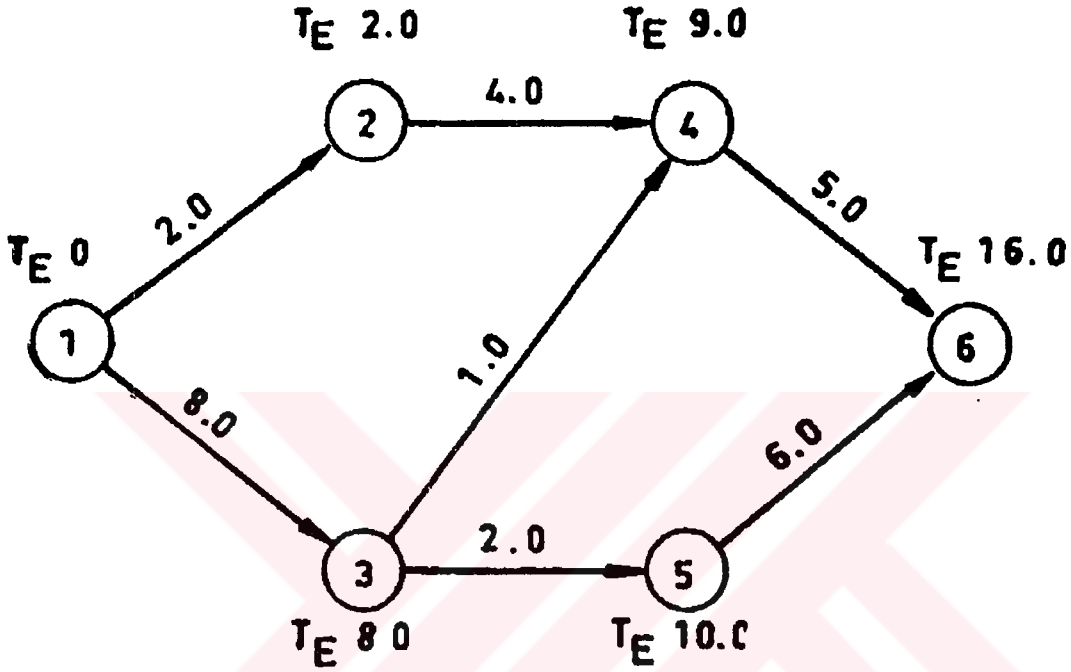
1-2-4-6 geçidi : $2+4+5= 11$ hafta

1-3-4-6 geçidi: $8+1+5= 14$ hafta

1-3-5-6 geçidi: $8+2+6= 16$ hafta

Projenin beklenen en erken tamamlanma süresi (T_E), başlangıçtan itibaren 16 hafta olmaktadır. Daha kısa sürede tamamlanan geçitler olmak ile beraber burada en önemli yol en uzun olan yol olmaktadır. Çünkü, kısa yoldaki işlemler bitse bile, projenin tamamlanması için uzun yoldaki işlemlerin bitmesini beklemek gerekmektedir. Projenin T_E 'sinin hesaplanmasından sonra her işlemin T_E 'sinin hesaplanması gerekmektedir. Bu durumda da yine ilgili işleme giden en uzun yol, o işlemin T_E 'sini vermektedir.

Buna göre 4 numaralı olayın T_E 'si: 1-3-4 geçidi : $8+1= 9$ olmaktadır.
Diğer olayların hesaplanmış tüm T_E 'leri şekil 5.9'da görülebilmektedir.



5.1.4.2. Kritik Geçit

Beklenen en erken tarih aynı zamanda ağ modelinin en uzun yolunun tamamlanma süresi olmaktadır¹⁰. Bu uzun geçide kritik geçit adı verilmektedir. Diğer bir deyiş ile, Kritik geçit ağ modelin başından sonuna dek

¹⁰Richard I.LEVIN, Charles A.KIRKPATRICK:a.g.e., 64

gerçekleştirilmesi için en uzun süreye ihtiyaç duyulan geçit olmaktadır¹¹. Şekil 5.8'deki ağ modelde kritik geçit 1-3-5-6 geçididir.

5.1.4.3. Beklenen En Geç Süre (T_s)

Bir olayın, ağ modelin tamamının bitiş tarihini etkilemeden gerçekleşebileceği en son tarihe en geç süre (T_s) adı verilmektedir.¹²

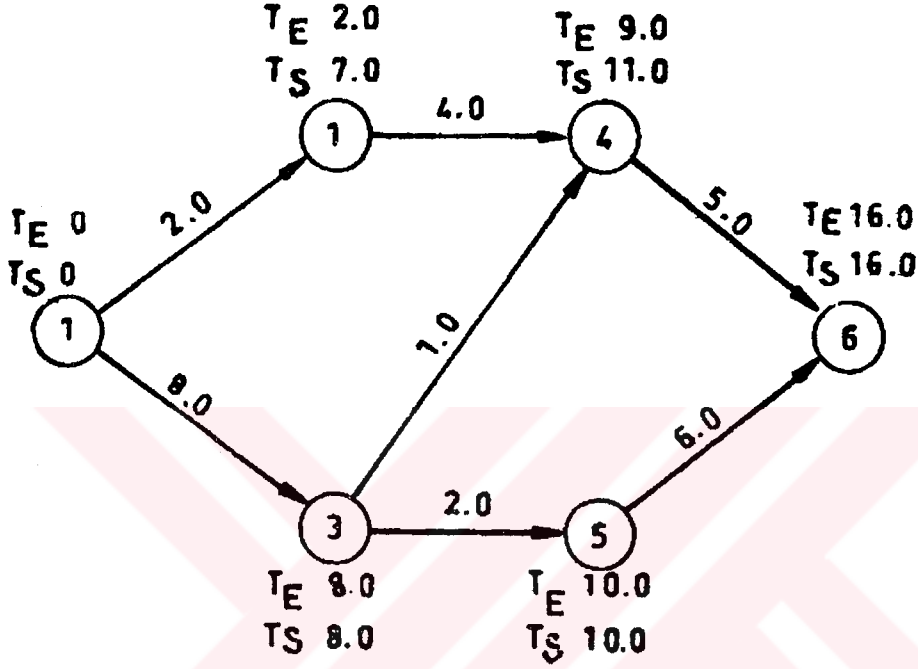
Hesaplama tekniğine örnek olması açısından şekil 5.8'deki ağ modelinde olay 4 incelenmektedir. 4 numaralı olayın T_E 'si 9 haftadır, diğer bir deyiş ile 4. Olayın, işe başlanmasından 9 hafta sonra biteceği beklenmektedir (Şekil 5.9). 4. Olayın bitiminden hemen sonra 4-6 işlemine başlanacak olursa, 6 numaralı olayın da işin başlamasından 14 hafta sonra bitmesi beklenir. Ancak, başka geçitler üzerindeki işlemlerden dolayı, 6. Olay işin başlamasından sonra en erken 16 hafta sonunda tamamlanabilmektedir. Bu da, 4. Olayı 9 haftada bitirmemizin gerekli olmadığını göstermektedir. 4. Olay 11 haftada dahi bitirilse, proje genel bitiş son tarihi olan 16 haftayı aşmamaktadır. Bu durumda 4. olayın T_s 'si 11 olmaktadır (Şekil 5.10)

Şekil 5.8 ve 5.9'da verilen örneğin T_s 'leri hesaplandığında şekil 5.10 ortaya çıkmaktadır.

¹¹Tevfik TATAR: a.g.e., 89

¹² Richard I.LEVIN, Charles A.KIRKPATRICK:a.g.e., 65

Bu teknik sayesinde, bir yandan proje ile ilgili hangi işlemlerde zaman kazanılabileceğini ve geç kalmak istenmiyorsa hangi işlemlerin hızlandırılması gerektiğini, öte yandan da bunda bir fayda görüldüğü takdirde hangi işlemlerde geç kalınabileceği açıkça görülmektedir.



Şekil 5.10

5.1.4.4. Boşluk ve Kaynak Aktarma

Bu bölümde son olarak boşluk diğer bir deyiş ile boş zaman kavramı ve kaynakların aktarılması incelenmektedir.

Boşluk, adından da anlaşılacağı üzere boş geçen zamanı ifade etmektedir¹³. Diğer bir deyiş ile, işlemin belli bir süre gecikmesinin toplam işin bitmesi üzerine etkisi olmadığı süre olarak da tanımlanabilmektedir¹⁴. Kritik geçitte boşluk bulunmamaktadır. Zira kritik geçitteki gecikme toplam süreyi de aynı oranda uzatmaktadır.

Boş zaman aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir.

$$B = T_S - T_E$$

Formül basit olarak, işlemin son tarihinden en erken tarihini çıkararak boş zamanın bulunmasını ifade etmektedir. Bu formül şekil 5.8'deki örneğe uygulandığında aşağıda bulunan tablo 5.2'deki sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Olay	T_S	T_E	Boş Zaman B
1	0	0	0
2	7	2	5
3	8	8	0
4	11	9	2
5	10	10	0
6	16	16	0

Tablo 5.2

¹³ Harold KERZNER: a.g.e., 53

¹⁴ Constantin G. SOUMELIS: a.g.e., 37

Yukarıdaki tabloda toplam olarak 7 hafta boşluk bulunduğu görülmektedir. Buradan 2 ve 4 numaralı olayların bitirilmesinde geç kalırsa dahi, projenin toplam sona erme süresinin değişmeyeceği anlaşılmaktadır.

Pratik açıdan, boş bir zaman olması demek, belki de çeşitli kaynakları (işçi, malzeme, makina gibi) kritik geçide aktararak projenin tümünün bitiş zamanını kısaltabileceğimizi belirtmektedir. Bu da Pert'in temeli ve bu yöntemin kullanılmasının gerçek nedeni olmaktadır.

Bu noktadan sonra işlemler arası kaynak aktarımı yaparak projenin boşluğunun en aza indirmeye çalışılmaktadır. Projede hiç boşluk kalmaz ise, ağdaki her yol kritik yol olmuş demektir. Yani herhangi bir işlemdeki gecikme projenin sona erme süresini değiştirmekte ve geciktirmektedir.

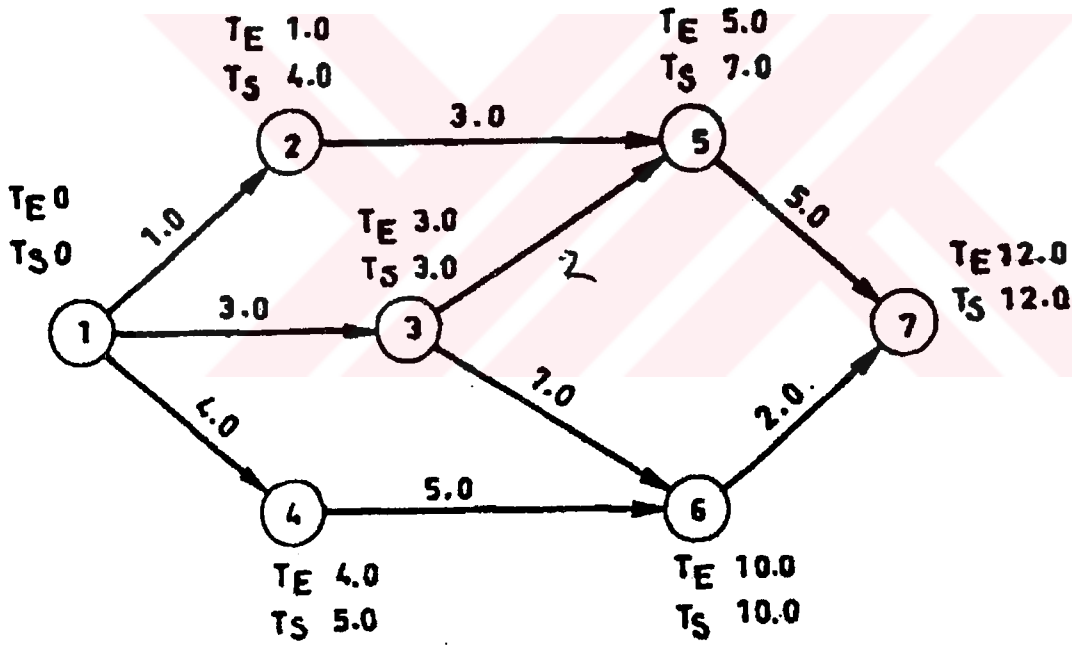
Bu konu aşağıda bir örnek üzerinde incelenmektedir. Örnekte, bu projenin sadece iş gücü kaynağı olduğu varsayılmakta ve bu varsayıma göre işlemler arası kaynak aktarımı yapılmaktadır. Örnek proje modeli, T_s ve T_E değerleri şekil 5.11'de gösterilmektedir. Bu değerlere göre boşluk hesap tablosu tablo 5.3'deki gibi oluşmaktadır.

Ağda toplam olarak 6 hafta boşluk bulunmaktadır. Ağda 4 geçit bulunmaktadır.

Kaynak Aktarmadan önce	1-2-5-7:	9 hafta
	1-3-5-7:	10 hafta
	1-3-6-7:	12 hafta (kritik geçit)
	1-4-6-7:	11 hafta

Olay	T_s	T_E	Boş Zaman B
1	0	0	0
2	4	1	3
3	3	3	0
4	5	4	1
5	7	5	2
6	10	10	0
7	12	12	0

Tablo 5.3



Şekil 5.11

Ağdaki işlerde kullanılacak tek girdi emek olduğuna göre, işçi başına haftalık çalışma zamanlarının toplamı, işlemler arasında geçmesi beklenen

zamanın toplamına eşit olmaktadır. Örnekte bu 32 haftadır. Kaynak aktarmadaki amaç aynı toplam işgücü ile işi daha çabuk bitirmektir.

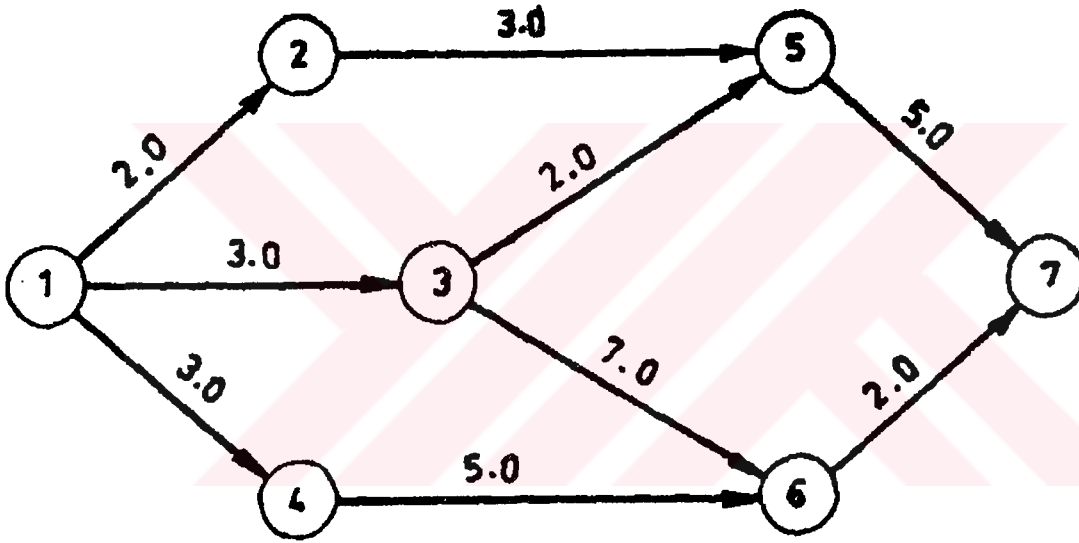
1.Adım: İşlem 1-2'den işlem 1-4'e kaynak aktarıldı. (Şekil 5.12)

1-2-5-7: 10 hafta

1-3-5-7: 10 hafta

1-3-6-7: 12 hafta

1-4-6-7: 10 hafta



Şekil 5.12

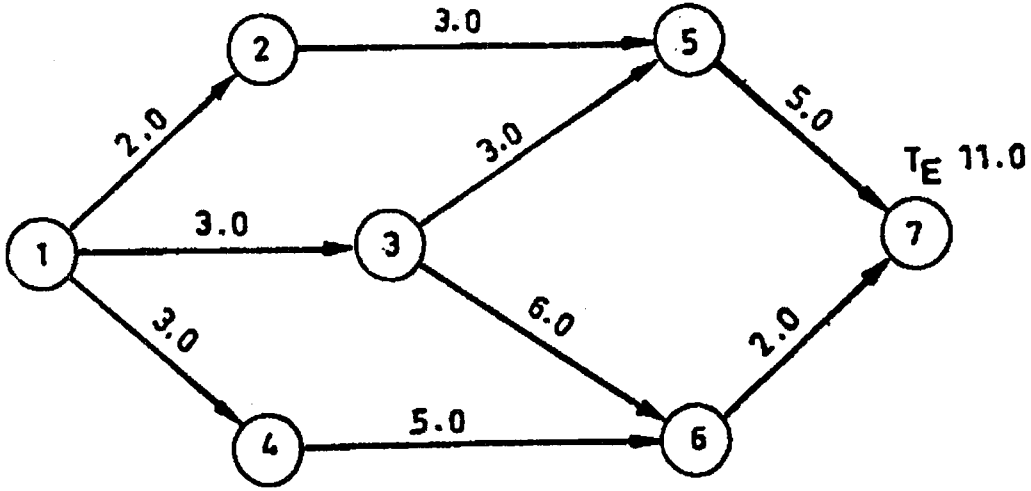
2.Adım: İşlem 3-5'den işlem 3-6'e kaynak aktarıldı. (Şekil 5.13)

1-2-5-7: 10 hafta

1-3-5-7: 11 hafta

1-3-6-7: 11 hafta

1-4-6-7: 10 hafta

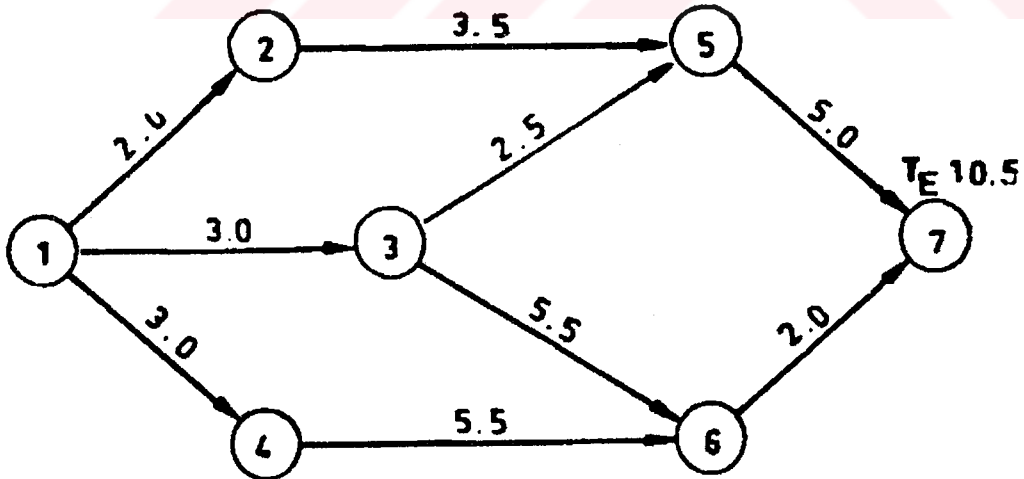


Şekil 5.13

3.Adım: İşlem 2-5' ve 4-6'dan işlem 3-5 ve 3-6'ya kaynak aktarıldı.

(Şekil 5.14)

1-2-5-7:	10.5 hafta
1-3-5-7:	10.5 hafta
1-3-6-7:	10.5 hafta
1-4-6-7:	10.5 hafta



Şekil 5.14

Bu aktarma işi, işgücü cinsleri aynı hatta benzer olduğu takdirde problem olmadan yapılmaktadır. Ancak, bir işlemdeki işgücünün diğer bir işleme aktarılması her zaman doğrusal bir ilişki vermemektedir. Ayrıca bir işlemin tamamlanması için kaynak aktarımı yapılsa dahi hiçbir zaman sıfır olamamaktadır.¹⁵



¹⁵ Adnan GÜLERMAN: a.g.e., 88

5.2. CPM Tekniği

Bu bölümde CPM tekniği hakkında bilgi verilmektedir. CPM tekniği, proje planlama ve denetiminde PERT' den sonra en çok kullanılan bir ağ model tekniği olmaktadır¹⁶.

CPM tekniği ağ model oluşturması PERT'in ağ modelinin oluşturulma ilkeleri ile aynı olmaktadır ve önceki bölümde bu konu ile bilgi verilmektedir.

Ağ modellerinde projenin başlangıcından sonuna giden bir sürü yolun olduğu görölmektedir. Karmaşık projelerde başlangıçtan sonuca giden yol sayısının çok fazla olmakta ve projenin gerçekteşme süresini de bu yollardan en uzununu belirlemektedir. Diğer bir deyişle, projenin gerçekteşme süresi, bu yollardan en uzununun süresine eşit olmaktadır. Dolayısı ile ağların zaman çözümlenmesinde söz konusu olan süresi en uzun yolun bulunmasıdır ki buna kritik yol adı verilmektedir¹⁷. Eğer projenin gerçekteşme süresinde bir sapma olması istenmemekte ise, kritik yol üzerindeki işlemlerde hiçbir gecikme olmaması gerekmektedir. Zira, işlemlerden birisinin süresinin uzaması, en uzun yolun süresinin de uzamasına neden olmakta ve projenin bitişini geciktirmektedir.

¹⁶ Tefvik TATAR:a.g.e., 93

¹⁷ Jason KELLEY: Critical Path Planning and Scheduling (Boston, 1973), 39

5.2.1. CPM'de Zaman ve Maliyet

CPM ve PERT arasındaki en önemli fark süre tahminlerinde ve maliyette ortaya çıkmaktadır¹⁸. PERT'te 3 zaman tahmini (iyimser, kötümser, olası) yapılmakta iken CPM'de ise geçmiş tecrübelerle dayanarak her işlem için normal ve sıkışık zaman ve maliyet tahmini yapılmaktadır. Normal zaman tahmini PERT'teki olası zaman tahminine benzemektedir. Normal maliyet ise projenin normal süresinde bitmesindeki maliyeti ifade etmektedir. Sıkışık zaman ise, projenin süresini kısaltmak için hiç bir masraftan kaçınılmadığı zaman ortaya çıkan süreyi belirtmektedir. Sıkışık maliyet ise, bir projenin bitiş süresinin en aza indirilmesi için işlerin en sıkışık şekilde yapılması ile ortaya çıkacak maliyet olmaktadır¹⁹.

5.2.2. Sıkışık Maliyet Grafikleri

Önceki bölümde de bahsedildiği gibi sıkışık maliyet, projenin sona erme süresinin en aza indirilmesi için projedeki işlerin en az zaman kullanılarak yapılması sonucu ortaya çıkacak maliyet olarak tanımlanmaktadır²⁰.

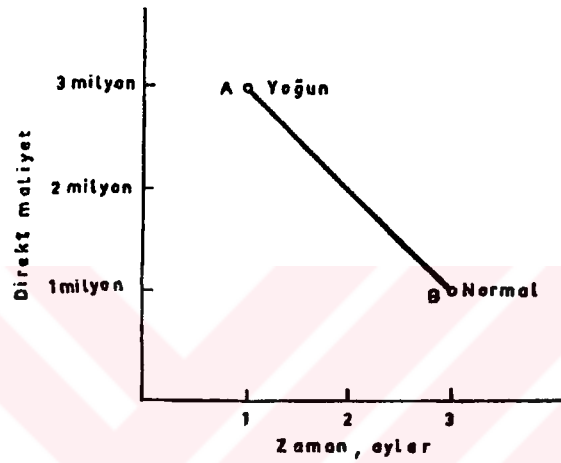
Sıkışık maliyet işin cinsine göre değişiklik göstermektedir. Bu değişiklikler grafikler üzerinde incelenmektedir. İlk olarak şekil 5.15'deki grafik ele

¹⁸ Jay HEIZER, Barry RENDER:a.g.e., 701

¹⁹ Dennis H. BUSCH:a.g.e., 75

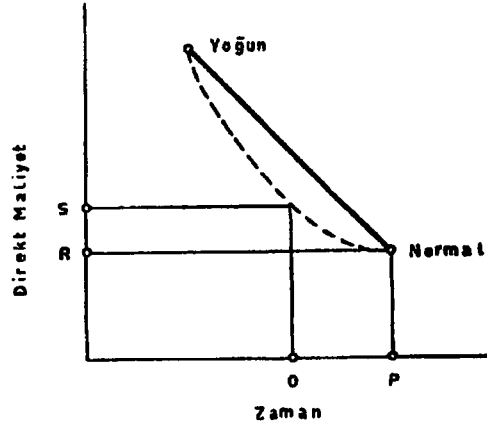
²⁰ Richard I.LEVIN, Charles A.KIRKPATRICK:a.g.e.,117

alınmaktadır. Bu grafikte normal zaman ve normal maliyet tahminleri 3 ay ve 1 milyon birim, sıkışık zaman ve sıkışık maliyet ise 1 ay ve 3 milyon birim olarak varsayılmaktadır. Şekil 5.15'deki A ve B noktalarını doğru ile birleştirilmekte ve bu doğruya yaklaşık zaman-maliyet doğrusu adı verilmektedir. Zira işlem üzerinde daha geniş araştırma ve maliyet analizi yapmadan, gerçek zaman-maliyet ilişkisi tam olarak bilinmemektedir.



Şekil 5.15

Şekil 5.16'da gerçek zaman-maliyet eğrisi kırık çizgi ile, yaklaşık eğri ise düz çizgi ile gösterilmektedir. Bu durumda projenin tamamlanma zamanı P noktasından O noktasına kadar düşürüldüğünde, maliyet R noktasından S noktasına yükselmektedir. İlk başlarda maliyetteki artış zamandaki azalmayla karşılaştırılınca önemsiz olduğundan, bu işlem hızlandırılabilen ve tamamlanma zamanı oldukça kısaltılabilmektedir.

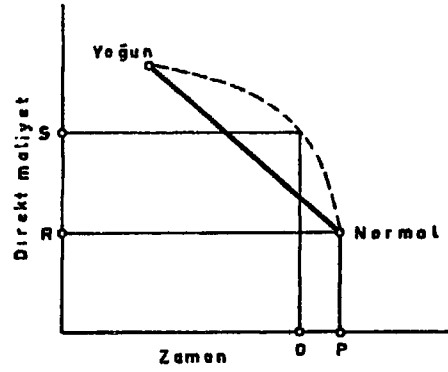


Şekil 5.16

Gerçek maliyet hesaplarını yaparken, özellikle pekçok kalemin muhasebesini dikkate almak durumunda, zorluklar ile karşılaşmaktadır. Bundan dolayı eğriyi çizmek için doğrusal yaklaşıma başvurulmaktadır²¹. Doğal olarak bu yöntem hata doğurmaktadır ancak oluşan bu hata genellikle önemli olmamaktadır.

Zaman-maliyet ilişkisini yansıtan diğer örnek şekil 5.17'de gösterilmektedir. Buradaki durum şekil 5.16'daki durumun tam tersi olmaktadır. Zamanı P noktasından O noktasına gelecek şekilde kısaltabilmek için, maliyeti R noktasından S noktasında çıkarmak gerekmektedir. Zamandaki artış, maliyetteki artışa göre çok yüksektir. Bu durumda, işlemin hızlandırılmasının maliyeti pahalı veya işlemin süresinin azaltılması pahalı sonucuna varılmaktadır.

²¹ Richard I.LEVIN, Charles A.KIRKPATRICK:a.g.e.,118

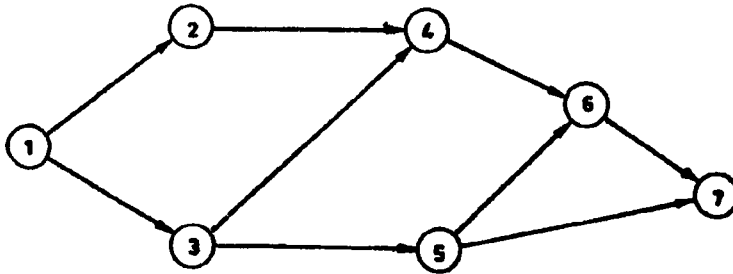


Şekil 5.17

5.2.3. Projenin Sıkıştırılması ve Gevşetilmesi

Projenin sıkıştırılması ve genişletilmesi, projenin optimum zaman ve maliyetlerini saptamakta kullanılan bir yöntem olmaktadır²². Konunun daha iyi açıklanabilmesi için aşağıdaki örnek incelenmektedir.

Örnek ağ, şekil 5.18'deki gibi oluşturulmuş olup, normal ve sıkışık zaman ve maliyetleri tablo 5.5'de verilmektedir.



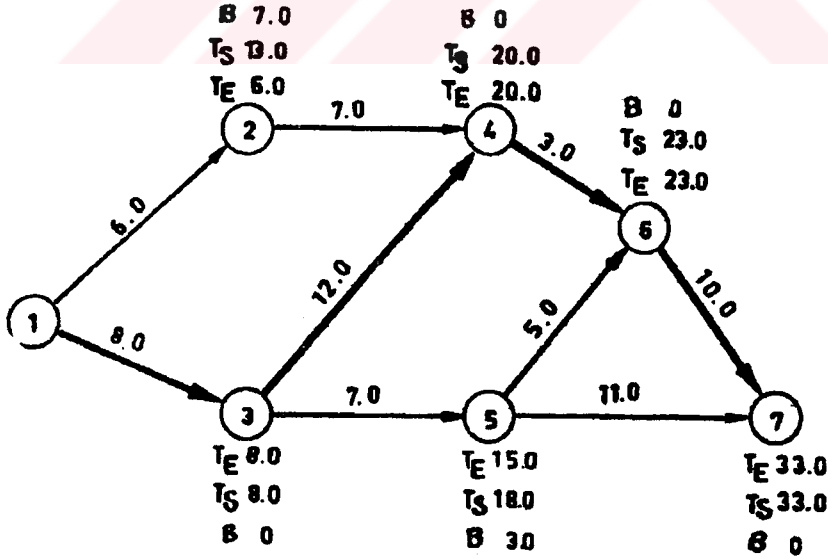
Şekil 5.18

²² M.Tamer ÖZSU:a.g.e., 118

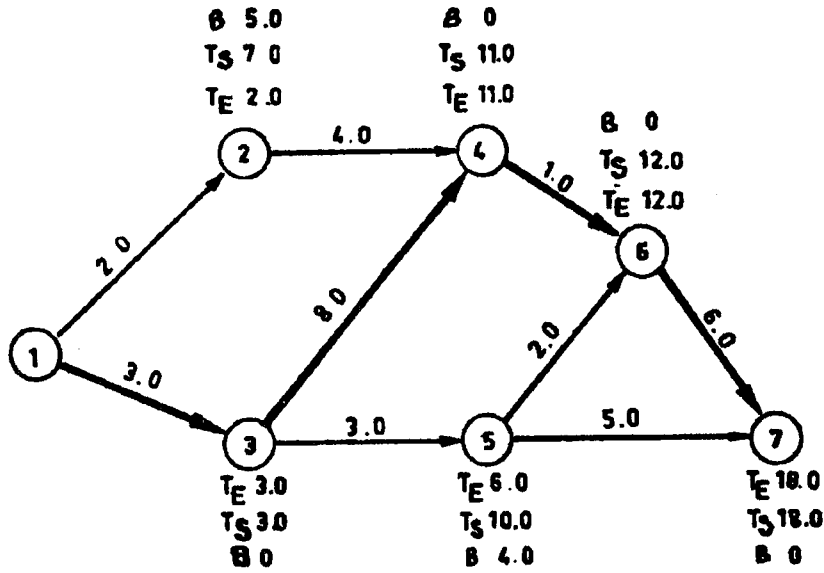
İşlem	Zaman (Hafta)		Maliyet		Hızlandırmanın Haftalık Maliyeti
	Normal	Sıkışık	Normal	Sıkışık	
1-2	6	2	4000	12000	2000
1-3	8	3	3000	6000	600
2-4	7	4	2800	4000	400
3-4	12	8	9000	11000	500
4-6	3	1	10000	13000	1500
5-6	5	2	4900	7000	700
3-5	7	3	1800	5000	800
5-7	11	5	6600	12500	900
6-7	10	6	4000	8400	1100
			46100	78900	

Tablo 5.4

Tablo 5.4'de görülebileceği gibi işlemler normal süresinde ve normal maliyet ile yapıldıklarında, toplam proje 33 haftada tamamlanmakta ve maliyeti 46100 birim olmakta, işlemler sıkışık sürede ve sıkışık maliyet ile yapıldıklarında, toplam 18 haftada tamamlanmakta ve proje maliyeti 78900 birim olmaktadır. Her iki ağ şekil 5.19 ve 5.20'de gösterilmektedir.

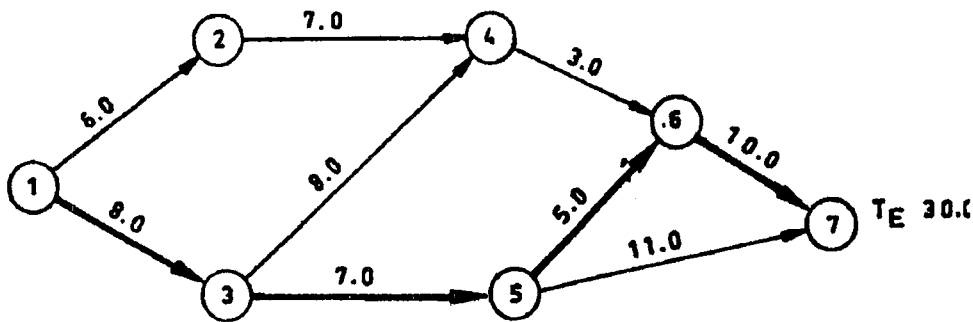


Şekil 5.19 Normal Süre, Normal Maliyet



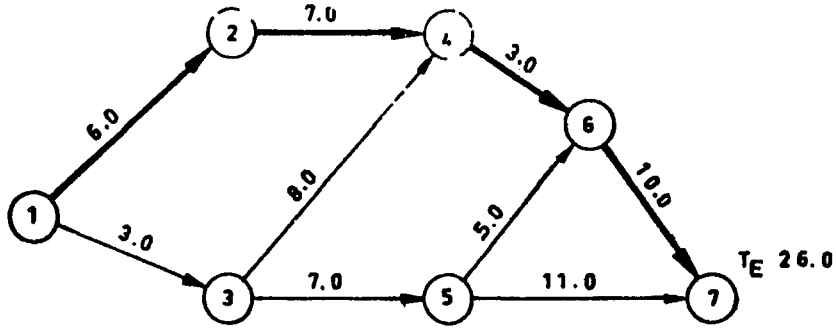
Şekil 5.20 Sıkışık Süre, Sıkışık Maliyet

Amaç olan, proje süresini optimum maliyet ile en aza indirmektir. Bunun için adım adım gidilmekte ve ilk önce normal ağdaki kritik yolda en ucuz sıkıştırma maliyeti olan işlemde başlayarak sıkıştırmaya başlanmaktadır. Şekil 5.19'daki kritik geçit 1-3-4-6-7 ve sıkıştırılması en ucuz olan işlem 3-4 işlemi olmaktadır. Bu işlemin en düşük zamanı olan 8 haftaya 2000 birim maliyet ile sıkıştırılmaktadır. Oluşan yeni durum şekil 5.21'de gösterilmektedir.



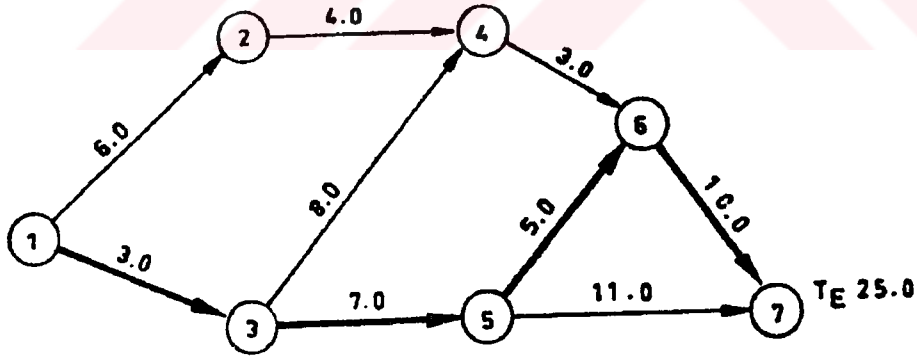
Şekil 5.21, 3-4 Sıkıştırması

Yeni kritik geçit 1-3-5-6-7 geçidi olup, toplam zaman 30 haftadır. Yeni kritik geçit üzerinde sıkıştırılması en ucuz olan işlem 1-3'tür ve 3000 birim maliyet ile 3 haftaya sıkıştırılmaktadır. Oluşan yeni durum Şekil 5.22'de gösterilmektedir.



Şekil 5.22, 1-3 Sıkıştırması

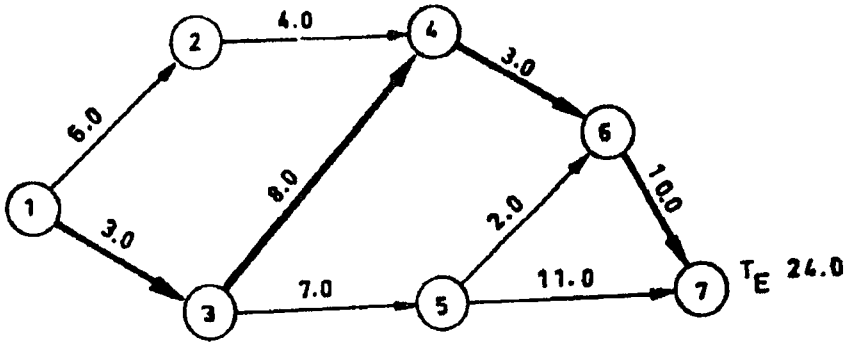
Yeni kritik geçit 1-2-4-6-7 geçidi olup, toplam zaman 26 haftadır. Yeni kritik geçit üzerinde sıkıştırılması en ucuz olan işlem 2-4'tür ve 1200 birim maliyet ile 4 haftaya sıkıştırılmaktadır. Oluşan yeni durum Şekil 5.23'de gösterilmektedir.



Şekil 5.23, 2-4 Sıkıştırması

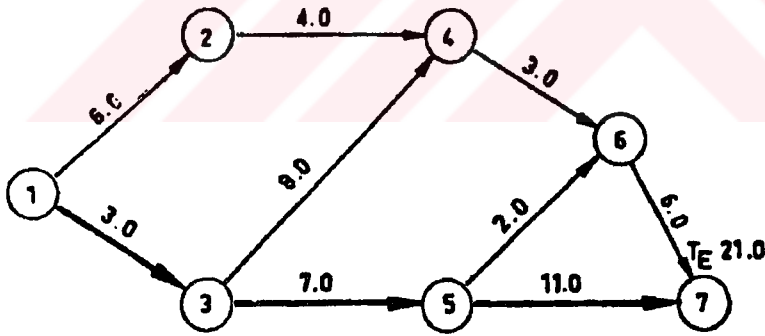
Yeni kritik geçit 1-3-5-6-7 geçidi olup, toplam zaman 25 haftadır. Yeni kritik geçit üzerinde sıkıştırılması en ucuz olan işlem 5-6'dır ve 2100 birim

maliyet ile 2 haftaya sıkıştırılmaktadır. Oluşan yeni durum şekil 5.24'de gösterilmektedir.



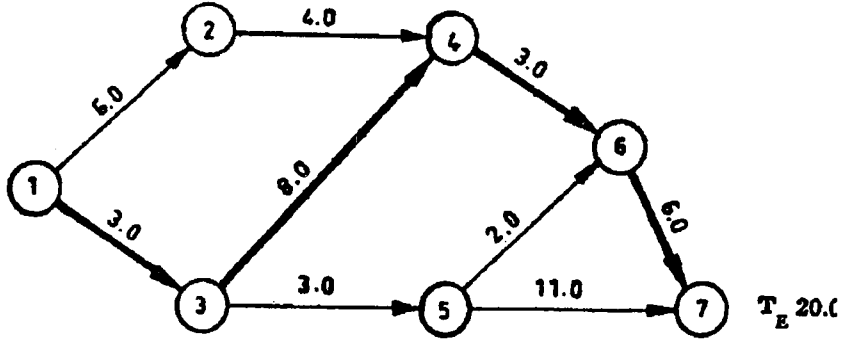
Şekil 5.24, 5-6 Sıkıştırması

Yeni kritik geçit 1-3-4-6-7 geçidi olup, toplam zaman 24 haftadır. Yeni kritik geçit üzerinde sıkıştırılması en ucuz olan işlem 6-7'dir ve 4400 birim maliyet ile 6 haftaya sıkıştırılmaktadır. Oluşan yeni durum şekil 5.25'de gösterilmektedir.



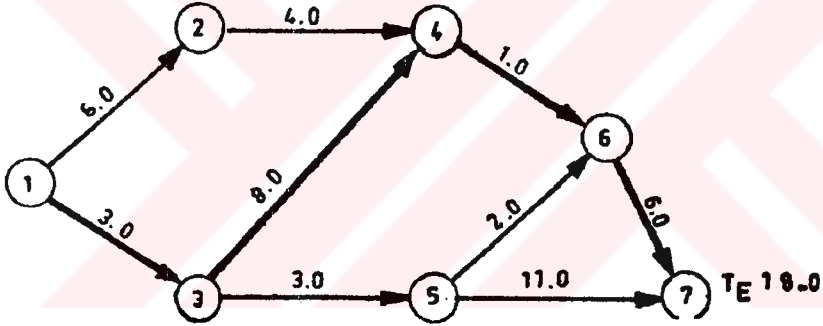
Şekil 5.25, 6-7 Sıkıştırması

Yeni kritik geçit 1-3-5-7 geçidi olup, toplam zaman 21 haftadır. Yeni kritik geçit üzerinde sıkıştırılması en ucuz olan işlem 3-5'dir ve 3200 birim maliyet ile 3 haftaya sıkıştırılmaktadır. Oluşan yeni durum şekil 5.26'da gösterilmektedir.



Şekil 5.26, 3-5 Sıkıştırması

Yeni kritik geçit 1-3-4-6-7 geçidi olup, toplam zaman 20 haftadır. Yeni kritik geçit üzerinde sıkıştırılmamış tek işlem 4-6'dır ve 3000 birim maliyet ile 1 haftaya sıkıştırılmaktadır. Oluşan yeni durum şekil 5.27'de gösterilmektedir.



Şekil 5.27, 4-6 Sıkıştırması

Bu noktada kritik geçitte sıkıştırılmamış işlem kalmamaktadır. Dolayısı ile sıkıştırma işlemi sona ermekte ve projenin toplam süresinin 18 haftadan aşağı çekilmesi mümkün olmamaktadır. Bundan sonra yapılması gereken sıkıştırma işlemleri için ne kadar para harcanmış olduğuna bakmaktır. Tablo 5.5'den de görülebildiği gibi toplam proje için 65000 birim harcanmaktadır.

Başlangıçtaki Normal Proje Maliyeti	46100
3-4 işleminin 8 haftaya sıkıştırılması	2000
1-3 işleminin 3 haftaya sıkıştırılması	3000
2-4 işleminin 4 haftaya sıkıştırılması	1200
5-6 işleminin 2 haftaya sıkıştırılması	2100
6-7 işleminin 6 haftaya sıkıştırılması	4400
3-5 işleminin 3 haftaya sıkıştırılması	3200
4-6 işleminin 1 haftaya sıkıştırılması	3000
Sıkıştırılmış projenin toplam maliyeti	65000

Tablo 5.5

Projenin her işlemi sıkıştırıldığında ortaya çıkacak olan maliyetin altında, 65000 birim maliyetle, toplam 18 hafta sonunda proje tamamlanabilecektir. Ancak, 18 haftalık süreyi değiştirmeden, sıkıştırılmış bazı işlemleri gevşeterek proje maliyetinde yeni indirimler sağlanabilmektedir.

Kritik geçitte gevşetme yapılamayacağından, diğer geçitlerdeki sıkıştırma yapılmış işlemlerden sıkıştırma maliyeti en fazla işlemde başlayarak gevşetme yapılmaktadır²³. Ancak gevşetme yapılabilecek tüm işlemler 18 haftayı geçmeyecek şekilde gevşetildiği zaman optimum bir çözüme ulaşılmış demektir.

Gevşetme sonuçları tablo 5.6'da özetlenmektedir.

²³ Richard I.LEVIN, Charles A.KIRKPATRICK:a.g.e.,135

Kritik geçit dışındaki işlemler	Gevşetme halinde haftalık kazanç	Alınan tedbir	Gevşetme ile sağlanan kazanç
1-2	2000	Sıkıştırılmamıştı	0
5-7	900	Sıkıştırılmamıştı	0
3-5	800	1 hafta gevşetildi, daha fazla gevşetilemez zira kritik yolun sũresini geçer.	800
5-6	700	Normal sũresine çıkarıldı.	2100
2-4	400	1 hafta gevşetildi, daha fazla gevşetilemez zira kritik yolun sũresini geçer.	400

Tablo 5.6

Kritik olmayan işlemlerin gevşetilmesinden (uzatılmasından) elde edilen toplam kazanç 3300 birim olarak hesaplanmaktadır. Ortaya çıkan son ağ şekil 5.28'de gũsterilmektedir ve toplam maliyeti 61700 birim (65000 birim -3300 birim) olmaktadır.

Sıkıştırma ve gevşetme işlemleri uezellikle projenin belli bir zamandan ueznce bitirilmesi gerektiğinde maliyeti dũřũrmek için kullanılmaktadır²⁴. Bu işlemler bittikten sonra taahhũdũn sona ermesi için vakit varsa ilave gevşetme yaparak maliyet biraz daha dũřũrũlebilmektedir.

²⁴ Tefvik TATAR: a.g.e., 98

5.3. PERT ve CPM Tekniklerinde Doğrusal Programlama Kullanımı

Bu bölümde doğrusal programlama tekniği hakkında sonraki ifadenin anlaşılması için bilgi verilmektedir.

Doğrusal Programlama (DP) tekniği bazı problemlerin optimum çözümüne götüren bir çeşit sıralı işlemler dizisidir²⁵. Farklı DP teknikleri bulunmaktadır. Bunlardan bazıları özel amaçlar, diğerleri ise genel amaçlar içindir.

DP modelleri yöneticilerin farklı alanlarda karar vermelerine yardımcı olmak için kullanılmaktadır. Kıt kaynakların dağıtımı, atama problemleri, ulaşıma problemleri, karışım problemleri ve diğerleri. Görüldüğü üzere DP' nin çok çeşitli uygulama alanı bulunmakta ve bütün bu uygulamalarda DP kullanımı optimum çözümü garanti etmektedir.

DP'nin matematiksel ifadesinin özelliği 2 grup altında ele alınabilmektedir; bileşenler ve varsayımlar. 4 bileşen DP modelinin yapısını oluşturmaktadır²⁶.

1. Amaç fonksiyonu
2. Karar değişkenleri
3. Kısıtlar
4. Parametreler

²⁵ William J. STEVENSON. Production/Operations Management. (Chicago, 1996) , 219

²⁶ William J. STEVENSON. a.g.e. , 219

Genel olarak 2 adet amaç fonksiyonu bulunmaktadır. Bunlar maksimizasyon ve minimizasyondur. Maksimizasyonu kar, gelir, etkinlik veya verimlilik, minimizasyon ise gider, maliyet, zaman, uzaklık gibi kavramları değerlendirmektedir. Karar değişkenleri karar vericinin seçeneklerini temsil etmektedir. Kısıtlar ise karar vericinin seçeneklerini azaltan kısıtlamalardır. Küçük eşit (\leq), büyük eşit (\geq) ve eşit ($=$) olmak üzere üç tip kısıt bulunmaktadır. Bir DP modelinde amaç fonksiyonu ve kısıtlar için matematiksel ifade bulunmaktadır. Matematiksel ifadede karar değişkenleri ve sayısal değerleri temsil eden semboller bulunmaktadır. Bu sembollere parametre denmektedir.

DP modelinin efektif olarak kullanımı için bazı varsayımlar gerçekleşmelidir. Bunlar;

1. Doğrusallık
2. Bölünebilirlik
3. Kesinlik
4. Negatif olmamak

Yukarıdaki bilgiler ışında genel bir DP modelinin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibi oluşmaktadır²⁷.

x_1, \dots, x_n	karar değişkenleri
Maks ya da Min ($c_1x_1 + \dots + c_nx_n$)	amaç fonksiyonu
$a_{11}x_1 + \dots + a_{1n}x_n (\leq, \geq, =) b_1$	kısıtlar
\vdots	
\vdots	
$a_{m1}x_1 + \dots + a_{mn}x_n (\leq, \geq, =) b_m$	
x_1, \dots, x_n	negatif olmaması

²⁷ Gerard SIERKSMA. Linear and Integer Programming. (New York, 1996), 8

Toplam işareti olan " Σ " ile ifadesi aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$\text{Maks } \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\begin{aligned} \text{kısıtlar} \quad & n \\ & \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad i = 1, \dots, m. \\ & j = 1, \dots, n. \\ & x_j \geq 0 \end{aligned}$$

Matris ile gösterimi ise daha da kısa olmaktadır. Üssel "T" vektörün transpozunu ifade etmektedir.

$$\mathbf{c} = [c_1 \dots c_n]^T \in \mathcal{R}^n,$$

$$\mathbf{b} = [b_1 \dots b_m]^T \in \mathcal{R}^m,$$

$$\mathbf{x} = [x_1 \dots x_n]^T \in \mathcal{R}^n \text{ ve}$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \in \mathcal{R}^{m \times n}, \text{ olduğu düşünülürse}$$

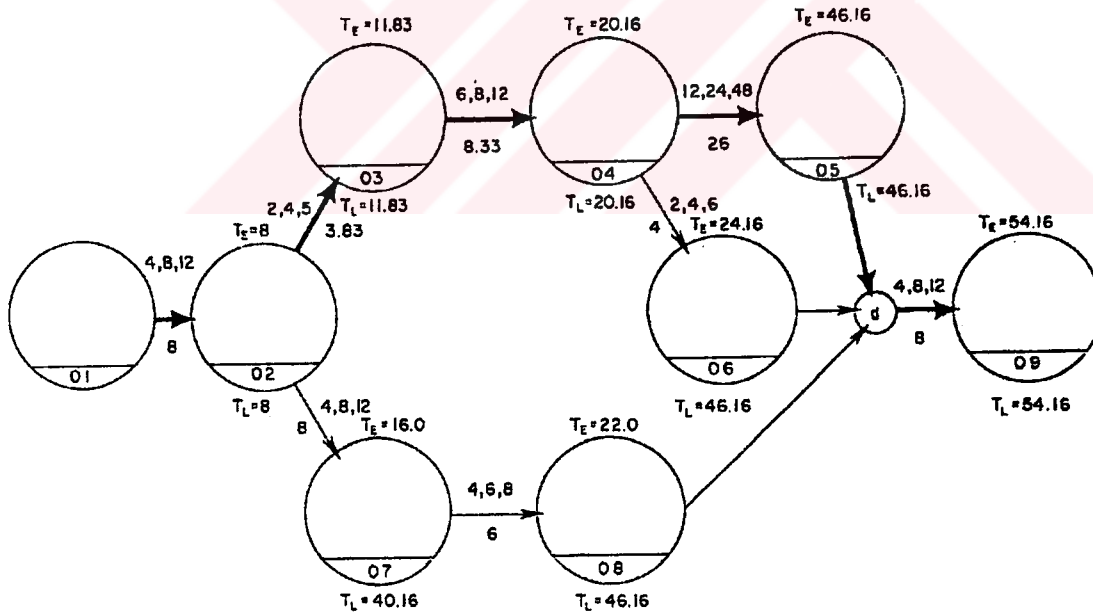
A matrisi katsayıları matrisi, **c** matrisi amaç vektörü, ve **b** ise modelin sağındaki vektörü ifade etmektedir. O zaman;

$\text{maks } \{ \mathbf{c}^T \mathbf{x} \mid \mathbf{A} \mathbf{x} \leq \mathbf{b}, \mathbf{x} \geq 0 \}$ olarak matris ifadesi mümkün olmaktadır.

Bu matematiksel ifadenin çözümü için grafik ve simpleks gibi çözüm yöntemleri kullanılabilir. Ancak günümüzde bu kadar çok değişkenin el ile çözülmesi çok vakit aldığından bilgisayar programları ile kolaylıkla çözülmektedir.

DP'nin ana hatlarından bahsedildikten sonra DP'nin PERT ve CPM'de kullanılabilecek noktaları ele alınmaktadır.

DP , PERT ve CPM ağ model tekniği ile oluşturulduğundan ve ağ model birbirleri ile bağlantılı işlemlerden oluştuğundan dolayı, kritik yol veya en uzun yolun bulunması için kullanılabilir. Çok işlemlerli ağlarda kritik yolun tespiti zor olabilmektedir. Bundan dolayı ağ model DP modeline adapte edilmekte ve en uzun yol bulunabilmektedir. Örnek olarak aşağıdaki PERT ağ modeli incelenmektedir (şekil 5.28)²⁸.



Şekil 5.28

²⁸ Filmore E.BENDER, Gerald KAHAN, Charles MYLANDER, Optimization for Profit, A Decision Maker's Guide To Linear Programming, (New York, 1992), 248

Bu ağ modeli öncelikle tablo 5.7'deki gibi optimum çözümü elde edilebilmektedir. DP amaç fonksiyonu maksimize edilerek en uzun yol bulunabilmektedir. Tablo 5.7 'deki ilk sırada 1 rakamı olan işlemler kritik yolu tarif etmektedir. Buna göre kritik yol şekil 5.28'den de izlenebileceği gibi 1-2-3-4-5-9'dir.

```

;LP PERT
;st:Unique OPTIMAL Basic Solution
;max ;OPT. VALUES 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0
;rv ;[]
54.16 time a12 a23 a34 a45 a46 a59 a69 a27 a78 a89 <->. RHS1
0 n1 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1
0 n2 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0
0 n3 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 0
0 n4 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 0
0 n5 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 0
0 n6 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 0
0 n7 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 0
0 n8 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 0
0 n9 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
;en

```

Tablo 5.7

DP' nin bir diğer uygulama alanı CPM'de maliyet sıkıştırma işlemleri olmaktadır. Sıkıştırma işleminin amacı ek kaynaklar kullanarak projenin normal süresini kısaltmaktır. DP zaman ve maliyet arasındaki optimum düzeyi belirlemeyi alternatif bir metod ile sağlamaktadır²⁹. Bu konuda aşağıdaki örnek incelenmektedir. Tablo 5.8'da verilen ağ model şekil 5.29'daki gibi oluşturulmaktadır.

²⁹ Joelee OBERSTONE, Management Science, Concepts, Insights and Applications, (St. Paul, 1990), 474

İşlem	Beklenen zaman (hafta)	Önceki İşlem	Normal Maliyet	Sıkışık Maliyet	Normal Zaman (Hafta)	Sıkışık Zaman (hafta)	Sıkıştırmanın haftalık Maliyeti
1	6	**	350.000	500.000	6	4	75.000
2	4	1	20.000	20.000	4	4	**
3	4	2	50.000	95.000	4	2	22.500
4	6	**	40.000	60.000	6	2	5.000
5	0	3	0	0	0	0	**
6	2	4,5	8.000	8.000	2	2	**
7	3	3	30.000	30.000	3	3	**
8	0	7	0	0	0	0	**
9	4	6,8	100.000	100.000	4	4	**
10	6	7	25.000	50.000	6	4	12.500
11	8	7	100.000	140.000	8	6	20.000
12	0	10	0	0	0	0	**
13	3	9	30.000	30.000	3	3	**
14	2	9	55.000	55.000	2	2	**
15	0	14	0	0	0	0	**
16	1	11,12,13,15	25.000	25.000	1	1	**
17	11	3	150.000	240.000	11	8	30.000
			983.000	1.353.000			

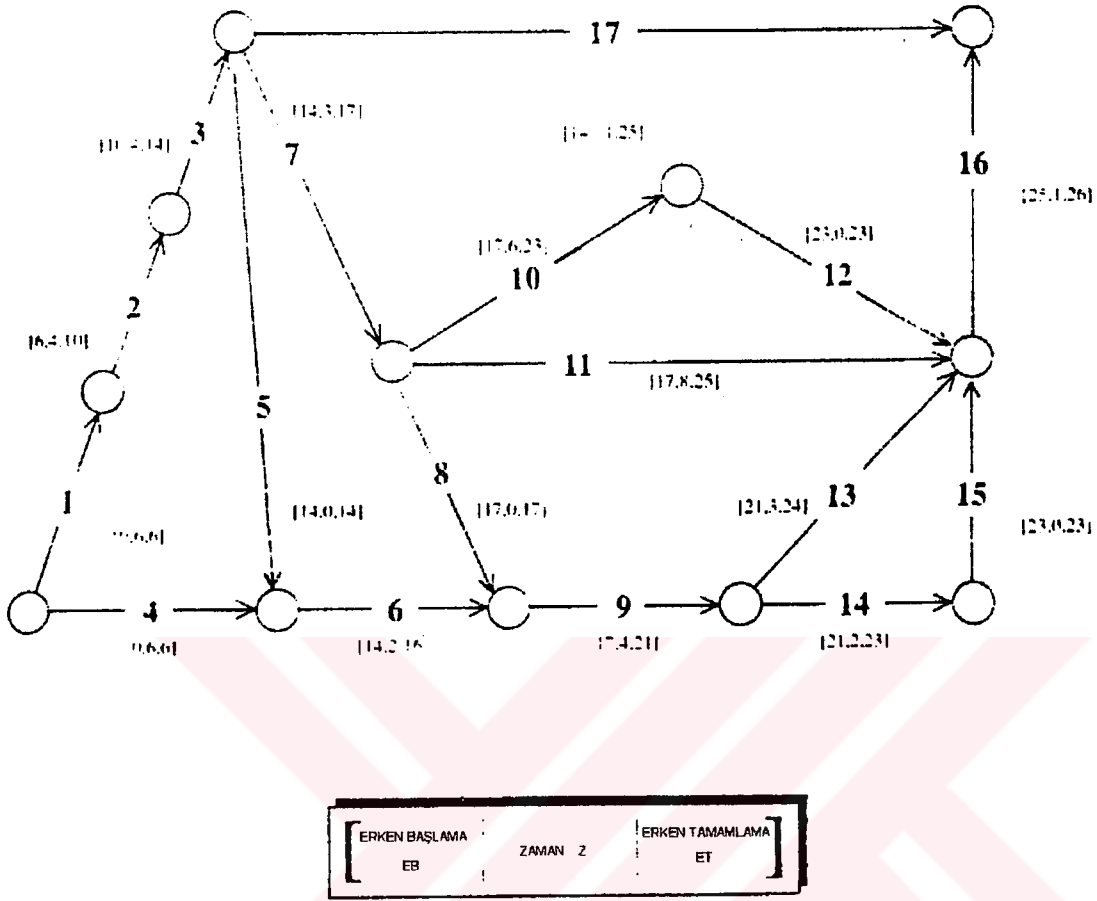
Tablo 5.8

Şekil 5.29'da beklenen bitirme süresi 26 hafta olarak görülebilmektedir. Ancak proje süresininin kısaltılmasının ne kadar ek maliyet getireceği bilinmek istendiğinde DP kullanılabilir. Bu durumda ağ modelin DP modeline dönüştürülmesi gerekmektedir. Karar değişkenleri tanımlanmalıdır. Ancak burada işlemler tamamı ile sıkıştırılmayabilmektedir. Bu neden de dolayı iki set karar değişkenleri tanımlanmaktadır.

1. Her olayın başlama zamanı $x_j =$ j'inci olayın başlama zamanı
 $j=A,B,C...L$
2. Her işlemin sıkıştırma miktarı $y_i =$ i işleminin sıkıştırma miktarı $i=1,...,17$

Bu durumda DP projenin belirli bir sürede tamamlanması için minimum maliyeti belirlemektedir. Bu durumda amaç fonksiyonu;

$$\text{Min } Z = 75000y_1 + 22500y_3 + 5000y_4 + 12500y_{10} + 20000y_{11} + 30000y_{17}$$



Şekil 5.29

Bundan sonra kısıtlar dikkate alınmaktadır. Önceki işlem kısıtı matematiksel olarak

$x_j - x_{j-1} - y_i = t_i$ şeklinde ifade edilmektedir.

x_j : Sona erdiren j olayının başlama zamanı

x_{j-1} : Başlatan j-1 (j olayından önceki) olayının başlama zamanı

y_i : i işleminin sıkıştırılma zamanı

t_i : işlem süresi

Olay A: $x_A=0$ Proje başlangıcı

Olay B: $x_B-x_A+y_1 \geq 6$

Olay C: $x_C-x_B+y_2 \geq 4$

Olay D: $x_D-x_C+y_3 \geq 4$

.....

Olay L: $x_L-x_D+y_{17} \geq 11$ ve $x_L-x_K \geq 1$

Diğer bir kısıt ise sıkıştırma kısıtıdır. Buna göre;

$$\begin{array}{cccccc}
 y_1 \leq 2 & y_2 \leq 0 & y_3 \leq 0 & y_4 \leq 4 & y_5 \leq 0 & y_6 \leq 0 \\
 y_7 \leq 0 & y_8 \leq 0 & y_9 \leq 0 & y_{10} \leq 2 & y_{11} \leq 2 & y_{12} \leq 0 \\
 y_{13} \leq 0 & y_{14} \leq 0 & y_{15} \leq 0 & y_{16} \leq 0 & y_{17} \leq 3 &
 \end{array}$$

Son kısıt ise proje süresi kısıtıdır.

$$x_L \leq 25$$

Bundan sonra yapılması gereken DP çözümdür. Bulunacak sonuç projenin 25 haftada bitirilmesi sonucu oluşacak minimum maliyeti verecektir. x_L kısıtı değiştirilerek projenin değişik sürelerde bitirilmesi sonucu oluşacak maliyet bulunabilmektedir.

5.4. PERT ve CPM Tekniklerinin Değerlendirilmesi

PERT ve CPM teknikleri, proje planlama ve denetiminde en sık kullanılan teknik olmaktadır. Her iki teknikte benzer noktalar bulunmaktadır. Bu ortak altı adım aşağıda belirtilmektedir³⁰.

1. Projenin, belli işlemlerin ve görevlerin tanımlanması
2. İşlemler arası bağlantıların geliştirilmesi, işlemlerin sıralarının belirlenmesi
3. İşlemlerin ağ model oluşturularak birleştirilmesi
4. Her işlem için zaman ve maliyet hesaplarının yapılması
5. Ağ modele göre en uzun zaman yolunun seçiminin yapılması (CPM'de)
6. Ağ modelin planlama programlama ve kontrolde kullanılması

Pert ve CPM terminoloji ve ağ modelin oluşturulmasında farklılık gösterebilir ama amaçları bakımından aynı olmaktadır. Başlıca farkları PERT'in zaman tahmininde 3 zaman tahmininin gerekmesidir³¹. Her tahmin için bir gerçekleşme olasılığı söz konusu olmaktadır. Bu olasılıklar beklenen değerler ve standart sapmanın hesaplanmasında kullanılmaktadır. Oysa, CPM'de işlemlerin süreçlerinin, geçmiş tecrübelerle dayanarak, kesin olarak bilindiğini varsayılmaktadır³². Bunun yanında, maliyet kavramı CPM'de PERT'e göre daha yoğun olarak bulunmaktadır.

³⁰ Dennis H. BUSCH:a.g.e., 403

³¹ İyimser, kötümser ve olası zaman

³² Albert LESTER:a.g.e., 140

PERT ve CPM yöneticilerinin farkında olması gereken bazı avantajları ve kısıtlamaları bulunmaktadır³³.

Avantajlar

1. Proje yönetiminin birçok aşamasında özellikle programlama ve kontrol aşamalarında PERT ve CPM kullanımı çok faydalı olmaktadır.
2. Açık şematik ve matematiksel dolayısı ile karmaşık olmayan bir yapıdadırlar.
3. Ağ modelleri bir grafik gösterim işlemler arasındaki bağlantının hemen göze çarpmasını sağlamaktadır.
4. Kritik yol ve artık zaman analizleri hangi işlemlerin dikkatle incelenmesi gerektiğine dikkat çekmektedir. Bu da kaynak dağıtım kararlarında kolaylık sağlamaktadır.
5. Geniş bir endüstri alanında ve birçok projede kullanılabilirler.
6. Sadece programın değil maliyetinde göz önüne serilmesi için faydalı olmaktadır.

Dezavantajlar

1. İşlemler açıkca tanımlanmalıdır, birbirlerinden bağımsız olmalıdırlar ve ilişkilerinde tutarlılık olmalıdır.
2. Ardışıklık ilişkileri belirlenmeli ve ağ modelle oturtulmalıdır. Bazen işlemler arası ardışıklık sırasını belirlemek kolay olmayabilir ve bazı hatalar ile karşılaşılabilir.
3. PERT'te zaman işlemleri BETA dağılımı göstermektedir. Kullanıcılar

³³ Jerome D. WIEST:a.g.e., 502

için her işlemin bu dağılımı izleyip izlemediğine karar vermek zor olabilmektedir.

- 4.Zaman tahminlerinin subjektif olduğu yönünde de bir eleştiri olabilmektedir. Zaman tahminleri yöneticiler tarafından yapılmakta ve onlartın iyimser ya da kötümser bakış açılarına göre belirlenmektedir.
- 5.Bazen seçilen kritik en uzun yol fazlası ile uzun olmuş olabilmektedir. Bu yüzden yaklaşık kritik yollar da dikkate alınmalıdır.

Proje planlama ve denetim teknikleri CPM ve PERT, planlama ve programlamaya disiplin getirmektedir. İşletmelerde amaca ulaşmak için, hangi faaliyetlerin, hangi sıra ile yapılacağı, sürelerinin ne olacağı, projenin süresini uzatmaksızın faaliyetlerin ne kadar geciktirilebileceği bu tekniklerin uygulanmasından sonra daha etkin bir şekilde belirlenmektedir. Bunun yanında, yöneticinin, projeyi etkileyecek önemli sapmalar üzerinde durmasını sağlamaktadır. PERT ve CPM teknikleri projeye esneklik kazandırmakta, böylece karşılaşılabilecek her yeni duruma göre karar ve tedbir almak mümkün olmaktadır. Kaynaklar en uygun bir şekilde kullanılması ile beraber zaman ve giderlerden tasarruf sağlamaktadır³⁴.

³⁴ Adnan GÜLERMAN:a.g.e. 136

6. İÇMESUYU ARITIM TESİSİ, İSALE HATTI ve DAĞITIM ŞEBEKESİ İNŞAAT PROJESİNİN BİLGİSAYAR UYGULAMASI

İlk beş bölümde temel özellikleri belirtilen proje planlama ve denetim yöntemleri kullanılarak bir uygulama yapılmaktadır. Bu uygulamada karmaşık projelerde bilgisayar kullanımı incelenecek ve Microsoft Project 98 bilgisayar programı vasıtası ile müteahhitliğini MNG İnşaat A.Ş. firmasının üstlendiği, Bandırma İçmesuyu Arıtım Tesisi, İsale Hattı ve Dağıtım Şebekesi İnşaatı'nda bilgisayar uygulaması yapılacaktır.

Proje planlaması sırasında pekçok işlemin zaman, maliyet ve diğer hesaplarının yapılması gerekmektedir. Ancak işlem sayısı arttıkça bu işlemlerin elle yapılması çok zaman almakta ve hata yapma ihtimalini arttırmaktadır. Bu amaçla, hesapların hızlı ve hatasız yapılabilmesi için, piyasada çeşitli bilgisayar programları bulunmaktadır.

Bilgisayar, planlama ve kontrol fonksiyonlarının ne yerini almakta, ne de yöneticinin karar verme yetisinin yerine geçmektedir. Aslında, zamanlama için aritmetik hesaplar yapmakta, değişik yapılarda raporları yöneticilerin karar vermesi için sunmaktadır. Bilgisayar işlemleri insandan daha hızlı ve hatasız yapmasına rağmen tek başına bilgisayar kullanımı için neden olmamaktadır. Aşağıdaki noktalar da dikkate alınmalıdır.

1. Ağ modelin boyutu: Ağ modeldeki işlem sayısı en önemli kriter olmaktadır. Bunun için belirli bir sayı bulunmamaktadır. Ancak ne kadar çok işlem bulunmakta ise, bilgisayar kullanımı da o kadar gerekli olmaktadır.

2. Ağ modelin karmaşıklığı: İşlemlerin birbirleri ile olan ilişkilerinin karmaşıklığı diğer belirleyici faktör olmaktadır.
3. Yenileme sıklığı: Projedeki yenileme ve değişiklik yapma gereği de diğer belirleyici bir faktör olmaktadır. Çok sık yenileme gerekmekte ise, bilgisayar kullanımı gerekli olmaktadır.

Bilgisayar kullanımın kararı için yukarıdaki üç faktörün birarada olması gerekmemektedir. Faktörlerin herhangi bir kombinasyonunu bilgisayar kullanılmasına veya kullanılmamasına karar vermede rol oynamaktadır.

Bilgisayar kullanımını avantajlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkün olmaktadır.

1. Hesaplamalarda hız ve hatasızlık, planlama ve kontrolün maliyetlerini düşürmektedir.
2. Planlamada uzman olmayan kişiler dahi rahatlıkla sistemi çalıştırabilmektedir.
3. Her an yeni bilgi girişi ve yenileme mümkün olmaktadır.
4. Çeşitli yapılarda, farklı birimler için rapor almak mümkün olmaktadır.

Ancak tüm bu avantajlarına rağmen insan faktörü, karar vermede, sonuçları değerlendirmede önemini korumaktadır.

MNG firmasının müteahhitliğini üstlendiği proje ile ilgili bilgiler firmada çalışan mühendisler tarafından verilmiştir. Ancak detaylı veri elde etmemiz şirket prensiplerinden dolayı mümkün olamamaktadır. Dolayısı ile tahmin edilen

süre ve toplam maliyet verileri ile optimum proje süresi ve maliyet hesaplanmaktadır.

Bilgisayar uygulamasında ilk önce ilgili iş tanımlarının veri girişi yapılmaktadır. Bu veri girişlerinden sonra programlanan ve tahmini zamanların belirlenip bilgisayara yüklenmesi gerekmektedir. İlk veri girişi, işlemler olmaktadır. Bu projedeki işlemler 6 ana grupta, aşağıda belirtilmektedir.

Genel

1. İşe başlama emrinin verilmesi: İşin başlaması için talimat veriliyor.
 2. Avansın alınması: İlgili makamdan belli bir miktar başlangıç avansı alınıyor.
 3. Şantiye kurulması: Şantiye kurulması için çalışma yapılıyor, gerekli malzeme, personel tedariki yapılıyor.
 4. Zemin etüdlerinin yapılması: İşin yapılacağı alanda zemin analizi yapılıyor, topografisi belirleniyor.
 5. Proje çalışmaları: Projenin gerektirdiği çizimler, sorumluluklar ve plan belirleniyor.
 6. Altyapı işleri
 7. Geçici kabul: İşin bitmesinde öncelikle geçici kabul yapılıyor.
 8. Bakım süresi (geçici kabulden sonra 1 yıl): Geçici kabulden sonraki sene bakım süresi olarak adlandırılıyor. Bu sürede yapılan işin tüm bakımları MNG tarafından karşılanıyor.
 9. Kesin kabul: Bakım süresinin sonunda müteahhit tüm yükümlülüklerini yerine getirdikten sonra kesin kabul yapılıyor.
- Aritma Tesisi, Pompa İstasyonları, Depolar**
10. Hafriyat yapılması: Kazı yapılarak zemin hazırlanıyor.

11. Ünitelerin yapımı: Arıtma tesisi, pompa istasyonları ve depolar için ana üniteler yapılıyor.
12. Yardımcı binaların yapılması: Arıtma tesisi, pompa istasyonları ve depolar için yardımcı binalar yapılıyor.
13. Proses ünitelerinin ekipman temini: Arıtma tesisi, pompa istasyonları ve depolar için projeye uygun kapasitede proses ekipmanlarının araştırılması ve ikmali yapılıyor.
14. Elektrik ekipman temini: Uygun elektrik ekipmanlar araştırılıp sipariş ediliyor.
15. Isıtma ve havalandırma ekipman temini: Uygun ısıtma ve havalandırma ekipmanları araştırılıp sipariş ediliyor.
16. Isıtma ve havalandırma ekipman montajı: Alınan ekipmanların ilgili yerlere montajı yapılıyor.
17. Proses ünitelerinin ekipman montajı: Alınan ekipmanların ilgili yerlere montajı yapılıyor.
18. Elektrik ekipman montajı: Alınan ekipmanların ilgili yerlere montajı yapılıyor.
19. İşletmeye alma: Sistem gerekli kontrollardan sonra çalıştırılmaya başlanıyor.

İsale Hattı

20. Boru temini: Uygun nitelikte boru araştırılıp siparişi veriliyor.
21. Hafriyat yapılması: Boruların yerleştirileceği bölgenin kazılması yapılıyor.
22. Boru yerleştirilmesi: Alınan borular yerlerine yerleştiriliyor.
23. Test yapılması: Yerleştirilen borular test ediliyor.

Göl Geçişi

24. Mobilizasyon, hafriyat, dolgu yapılması: Mobilizasyon, hafriyat ve dolgu yapılıyor.

25. Boru temini: Uygun nitelikte boru araştırılıp siparişi veriliyor.

26. Boru yerleştirilmesi: Alınan borular yerlerine yerleştiriliyor.

27. Test yapılması: Yerleştirilen borular test ediliyor.

Tünel İnşaatı

28. Hafriyat yapılması: Tünel inşaatı için kazı yapılıyor.

29. Tünel inşaatının yapılması: Tünel inşaatı yapılıyor.

Ana Dağıtım Şebekesi

30. Hafriyat yapılması: Ana dağıtım şebekesi için kazı yapılıyor.

31. Boru temini: Uygun nitelikte boru araştırılıp siparişi veriliyor.

32. Boru yerleştirilmesi: Alınan borular yerlerine yerleştiriliyor.

33. Test işleri ve dolgu yapılması: Yerleştirilen borular test ediliyor ve dolgu yapılıyor.

İşlemler tanımlandıktan sonra, bu işlemlerin birbirleri ile olan ilişkileri ve süreleri belirlenmekte ve işlemlerin önceki işlemlere bağlanma şekli tarif edilmektedir. İlk verilere göre projenin toplam süresi 1724 gün ve toplam maliyeti 89.875.000 Amerikan Doları olarak görülmektedir. Tablo 6.1.'de bu ilişkiler gösterilmektedir. Bu noktada MNG firmasında çalışan inşaat mühendislerinden bilgi alınarak işlemlerin mantık sıralaması sağlanmıştır. Tablo 6.1.'de önceki işlemler kolonunda ilgili işlemin bağlandığı işlemler belirtilmektedir. Örnek olarak proses ünitelerinin ekipman temini işlemi, ünitelerin ve yardımcı binaların yapımı işlemine ve kesin kabul işleminin bakım süresi işlemine bağlandığı görülmektedir. Bu işlem sıralamasına göre oluşturulan Gantt tablo da Ek 2 'de verilmektedir. Ek 2' de süre, başlama ve bitiş zamanları da bulunmakta olup, bu süreler projenin optimum değerleri olmaktadır. Buna göre projenin optimum beklenen bitiş süresi 1593 gün olmaktadır. Diğer bir deyiş ile projenin 29.6.1998'de başladığı varsayılırsa, bitiş tarihi 4.08.2004 olacağı söylenebilmektedir.

İŞLEM NO	İŞLEM	ZAMAN (gün)	ÖNCEKİ İŞLEMLER	MALİYET (\$)
	GENEL	1724		10.200.000
1	İşe başlama emrinin verilmesi	1	**	0
2	Avansın alınması	29	1	0
3	Şantiye kurulması	29	1	7.000.000
4	Zemin etüdlerinin yapılması	125	2,3	2.100.000
5	Proje çalışmaları	389	4	200.000
6	Altyapı işleri	510	5	500.000
7	Geçici kabul	15	17,18,16,22,23,27,29,38,6	250.000
8	Bakım süresi	365	19	100.000
9	Kesin kabul	15	8	50.000
	Arıtma tesisi, pompa istasyonları, depolar	1148		11.235.000
10	Hafriyat yapılması	380	5	320.000
11	Ünitelerin yapımı	625	10	1.560.000
12	Yardımcı binaların yapımı	280	11	500.000
13	Proses ünitelerinin ekipman temini	390	10,11	5.000.000
14	Elektrik ekipman temini	390	10,11	1.500.000
15	Isıtma ve havalandırma ekipman temini	330	10,11	750.000
16	Isıtma ve havalandırma ekipman montajı	590	15	155.000
17	Proses ünitelerinin ekipman montajı	530	13	1.040.000
18	Elektrik ekipman montajı	560	14,17	310.000
19	İşletmeye alma	30	7	100.000
	İsale Hattı	725		28.720.000
20	Boru temini	90	5	20.000.000
21	Hafriyat yapılması	630	5	2.100.000
22	Boru yerleştirilmesi	645	20,21	5.120.000
23	Test yapılması	630	22	1.500.000
	Göl Geçişi	685		8.660.000
24	Mobilizasyon, hafriyat, dolgu yapılması	535	5	2.100.000
25	Boru temini	60	5	4.000.000
26	Boru yerleştirilmesi	405	25	1.560.000
27	Test yapılması	150	26,24	1.000.000
	Tünel İnşaatı	825		5.185.000
28	Hafriyat yapılması	710	5	2.060.000
29	Tünel İnşaatı	750	28	3.125.000
	Ana dağıtım şebekesi	775		25.875.000
30	Hafriyat yapılması	740	5	10.280.000
31	Boru temini	60	5	12.000.000
32	Boru yerleştirilmesi	710	31	3.085.000
33	Test işleri ve dolgu yapılması	705	31,32,36	510.000

Tablo 6.1.

Optimizasyon sonucu oluşan bilgisayar çıktısı Ek 3'de sunulmaktadır. Ek 3'de verilen tabloda sabit maliyet, toplam maliyet ve işlemlerin bağlantılı hali bulunmaktadır. Her işlem için tek maliyet verilmekte olup, alt maliyet ve kaynak grupları belirlenebilmektedir. Ancak bu çalışmada her işlem için toplam maliyet verilmektedir. Bu tablo, her iş için alt maliyet tabloları ile detaylandırılabilir. Sonuçta projenin optimum maliyeti 88.700.000,- Amerikan Doları olarak ortaya çıkmaktadır.

Bilgisayar programında girilen verilere çeşitli raporlama formları bulunmaktadır. Bu raporlardan yönetici için bir tanesi Ek 4'de sunulmaktadır. Bu raporda ana işlerin ne zaman başladığı, ne zaman bitirileceği, işlerin yüzde kaçının tamamlandığı ve maliyetinin ne olduğu özet olarak görülebilmektedir. Bu tip programların çeşitli yönetici kademeleri ve birimleri için değişik raporlama formları bulunmaktadır.

Ek 5'de projedeki kritik işlemler hakkında bilgi özeti bulunmaktadır. Bu işlemlerin bağlandığı işlemleri, sürelerini, başlama ve bitiş tarihlerini ve boşluklarını göstermektedir. Kritik işlemlerin gecikmesi projenin toplam süresini uzattığından bu tablo daha fazla önem kazanmaktadır.

Ek 6'da projenin bütününe kaydırabilecek işlemler raporlanmaktadır. Bu işlemler aynı zamanda kritik işlemler olup, projenin başlama tarihini değiştirebilecek işlemler olmaktadır. Aynı şekilde bu işlemlerin başlama ve bitiş tarihleri, boşlukları hakkında bilgi verilmektedir.

Ek 7'de raporlama örneklerinden bir diğeri bulunmaktadır. Burada işlemlere göre haftalık maliyetler gösterilmektedir. Bütün proje süresi boyunca

günlük, haftalık, aylık raporlar almak mümkündür. Bu raporlamanın maliyet kalemlerinin detaylandırılması mümkündür. Bunun yanında tek tek her işlem için maliyet analiz tabloları düzenlenebilmektedir.

Diğer bir raporlama örneği Ek 8' de gösterilmiştir. Ek 8' deki raporda işlemlerin başlama ve bitiş tarihleri, geç başlama ve geç bitirme tarihleri belirlenmiş olup, işlemlerin boşlukları gösterilmektedir.

Ek 9' da ise girilen işlem bilgilerine göre oluşturulmuş optimum PERT diagramı bulunmaktadır. Diyagram üzerinde işlemlerin isimleri, süreleri, başlama ve bitiş zamanları ve işlemlerin birbirleri olan ilişkileri açık olarak gösterilmektedir. Kırmızı oklar kritik işlemleri ifade etmektedir. Ayrıca özet olarak ana işlem grupları hakkında bilgi bulunmaktadır.

Proje verileri değiştirildiğinde, diğer bir deyiş ile işlem ilave edilmesinde veya çıkarılmasında, veya işlem sürelerinin değiştirilmesinde, veya maliyet değişikliklerinde bilgisayar otomatik olarak proje yenileme işlemleri yapmakta ve yeni optimum çözümü sunmaktadır.

Sonuç olarak bu uygulamada MNG' nin müteahhitliğini üstlendiği proje üzerinde çalışma yapılmış olup, projenin optimizasyonu sonucu, proje toplam süresi 1724 günden 1593 güne ve maliyeti 89.875.000 Amerikan Dolarından 88.700.000 'e indirilebileceği görülmektedir.

7. SONUÇ

1950'li yılların sonuna doğru geliştirilen PERT ve CPM ağ model teknikleri, kısıtlı kaynakların optimum şekilde kullanımına yardımcı olmalarından dolayı pekçok alanda uygulama imkanı bulmaktadır. Planlama ve denetim ihtiyacı, gelişen teknoloji ve zamanın değerinin artmasına bağlı olarak, günümüzde daha fazla önem kazanmaktadır. Planlama ve denetim için yapılan çalışmaların, projenin belirli bir zamanda belirli hedeflere ulaşmasında önemli payları bulunmaktadır.

Ülkeler makro düzeyde planlar yapmaktadır. Yapılan bu planlar makro düzeyde kontrol edilmektedir. Bu planlar doğrultusunda ülkenin kıt kaynakları ile en üst düzeyde fayda elde etmesine çalışılmaktadır. Aynı zamanda birey olarak bizler de kendi işlerimizde bu tip çalışmalar ile bireysel faydayı en üst düzeye taşımaya çalışmaktayız. İşletmeleri de ekonomik alanda birey olarak kabul edersek, faaliyet alanlarında onların da kendi fayda oranlarını üst düzeye taşımak için faaliyetlerinde planlama ve denetim yapmaları gerektiği kaçınılmaz bir gerçek olmaktadır. Tabanda oluşan faydayı kıt kaynakların kullanımı ile arttırma çabası planlama ve denetim çalışmalarının yapılması ile gerçekleşmekte, bu durum da makro düzeyde ülke ekonomisinde olumlu yansımalar oluşmaktadır.

Her sektör kendi çalıştığı alanda, temelde benzer fakat kendi durumuna özel planlar geliştirme ihtiyacı hissetmekte ve proje yönetimi yapmaktadır. Proje yönetimi, varolan çevre koşulları içinde projenin yaşam döngüsü boyunca, projeye ayrılan kaynakların belirlenen amaçlara varabilmek için en iyi yani

optimum biçimde kullanılması olarak tanımlanabilmektedir. Proje yönetiminin işlevlerini, projenin ve proje amaçlarının belirlenmesi, planlamanın yapılması, örgütlerin oluşturulması, denetim ve değerlendirme olarak tanımlamak mümkündür. Bu tip projelerin planlamasında en çok kullanılan ağ model yöntemleri olmaktadır.

Ağ model planlaması, proje planlamasında, zaman programının yapılmasında ve kontrolunda kullanılan bir sayısal yöntem olmaktadır. Planlama fonksiyonu, proje amaçlarının belirlenmesi ile başlamaktadır. Bu amaçların açık, kesin ve anlaşılabilir olması gerekmektedir. Daha sonra bu amaçlara ulaşmak için işlemler listelenmekte ve bu işlemlerin hangi sıra ile, sürelerinin ne olacağı ve projenin süresini uzatmaksızın işlemlerin ne kadar geciktirilebileceği etkin bir şekilde belirlenmektedir. Son olarak da grafik olarak önceliklerine göre ağ model oluşturulmaktadır.

Zaman programlama fonksiyonu, ağdaki her işlem için zaman tahminleri yapmakla başlamaktadır. Bu tahminlere göre projenin en erken sona erme süresi hesaplanmaktadır. Ağ model, aynı zamanda belirsizliği de değişik zaman tahminleri vasıtası ile hesaba katmaktadır. İstatistikte yer alan olasılık hesapları ile iyimser, kötümser ve olası süre tahminlerine göre beklenen süre ortaya çıkmaktadır. Böylece projenin belirli bir tarihte ve en az giderle tamamlanmasını sağlamaktadır.

Kontrol fonksiyonu, zaman programının dolayısı ile projenin son durumunun analizini yapmak için ve zaman programının planlandığı gibi ilerlemesi için yeniden planlama yapılmasında önemli rol oynamaktadır. Bunun yanında projede işlemlerin gerçek zaman bilgileri toplanmaktadır. Son olarak, tamamlanmamış veya geriye kalan proje bölümlerinin yenilenmesi ve

güncelleştirilmesi yapılarak gerçek ilerleme sağlanmaktadır. Projelere esneklik sağlayarak, karşılaşılabilecek her yeni duruma göre süratle karar ve tedbir almak, hızla gerekli değişiklikleri yapmak ve bunları uygulamak mümkün olmaktadır. Ağ modelinin belirlenen amaçlara ulaşmadaki başarısı değerlendirilmektedir. Değerlendirmede, önceden konmuş kriterlerle sonuçlar karşılaştırılmaktadır. Çıkan sonuçlar aynı zamanda projenin kontroluna yardımcı olmaktadır.

Ağ model yöntemi, genellikle geleneksel ve ilk planlama tekniği olan çubuk tablolar ile karşılaştırılmaktadır. Ağ model yöntemi, çubuk tablodaki gibi zaman ölçekli olmamaktadır. Dolayısı ile ağ model, görsel olarak işlemlerin birbirleri ile olan ilişkileri hakkında bilgi vermektedir. Çubuk tablolarda işlemler sadece ileri doğru, yani erken başlamaya ve erken tamamlanmaya göre düzenlenmiş olup, geç başlama ve geç tamamlanma hakkında bilgi vermemektedir. Bu durumda çubuk tablolarda boşluk hesaplanamamaktadır. Çubuk tablolar durağan bir teknik olarak kabul edilmektedir. Oysa, ağ model dinamik bir teknik olup, projeyi sürekli izleme ve kontrol etme imkanını vermektedir. Bu nedenlerden dolayı, çubuk tablolar günümüzde ele alınan karmaşık projelerde yeterli bir planlama aracı olarak kabul edilmemektedir.

Ağ model yöntemi bir sistem yaklaşımıdır. Zira her parçayı veya alt sistemi bütünleştirmekte ve kullanıcının bütün proje veya sistem için planı ve zaman programını görmesini sağlamaktadır.

Ağ model yöntemi aslında bir yönetici yardım aracı olmakta ve karar verme işleminin yerini almamaktadır. Diğer bir deyiş ile, projedeki problem çözme veya karar verme gerektiren noktaları yöneticiye göstermektedir. Bunun

yanında yöneticinin görevlerini yerine getirmesinde önemli olmayan sapmaların üzerine eğilmeyerek, projeyi etkileyecek önemli sapmalar üzerinde durmasını sağlamaktadır.

Ağ planlama çok çeşitli düzeylerde kullanılabilir. Ana planın geliştirilmesinden projenin ilerlemesinin tam kontrolüne kadar çeşitli bölümlerde kullanılabilir. Her proje bir plana ihtiyaç duymaktadır ve ağ modeli yöntemi işlemler arasındaki ilişkiler diğer bütün tekniklerden daha iyi gösterdiğinden başarı ile uygulanabilir.

Bu tekniğin en önemli avantajlarından bir diğeri de ağ modeli geliştirirken sistematik ve mantıksal düşünceye zorlaması olmaktadır. Planlama ve programlamaya bir disiplin getirmektedir. Model geliştirilirken başta göz önüne alınmayan yaklaşımlar gelişebilmekte ve detaylar gözden kaçmamaktadır. Bunun yanında, yönetim kadrosunun projenin tamamlanmasındaki sorumluluk türü ve düzeyi saptanmaktadır.

Pek çok proje planlama ve zaman programlama işleri bilgisayar programları sayesinde, detaylı ve doğru olarak ele alınmaktadır. Ağ ile ilgili gerçekleşen, beklenen ve ilerleme zamanları ve proje durumu ile ilgili çeşitli raporları almak mümkün olmaktadır. Projelerde, planlama, programlama ve kontrol işleri için bilgisayar kullanılması hız ve tasarruf sağlamaktadır.

Ağ modeli temel olarak zaman ile ilgili olmasına rağmen, kaynak planlamasında da kullanılabilir. Değişik plan senaryoları ve erken başlama ve geç başlama zamanları göz önüne alınarak kaynak ihtiyacı belirlenebilir. Bunun yanında, ağ modeli işlemler arasında kaynak

aktarımını, proje ilerlerken ihtiyaç duyulan bölgelere yapma imkanını vermektedir. Mevcut kısıtlı kaynakların en uygun bir şekilde kullanılması ile zaman ve giderlerden tasarruflar sağlamaktadır.

Ağ planlamasının diğer bir yararı da proje ile ilgili olan kişilerin iletişim aracı gibi kullanılarak koordinasyonu artırılmasıdır. Raporların hangi kanallardan üst kademe yöneticilerine ulaşacağı belirtilmektedir.

Ağ modelinin kullanımını sınırlayan en önemli etken doğru ve güvenilir veri bulmaktır. Çünkü gerçekçi olmayan zaman tahminleri projenin ilerlemesi sırasında yanlış sonuçlar doğurmaktadır. Diğer bir zorluk ise zaman raporlarının tam anlaşılmasından kaynaklanabilmektedir. Zaman raporlarının yanlış yorumlanması sonucu yanlış kararlar verilebilmektedir. Bunun yanında ağ modelinin geliştirilmesi, revize edilmesi için projenin başında ne kadar uzun zaman harcansa da, ağ modelinin uzun vadeli sonuçları ve yararları düşünüldüğünde buna değdiği görülmektedir.

Bu çalışmada en yaygın olarak kullanılan PERT ve CPM teknikleri incelenmiştir. Bu tekniklerin temel prensipleri, kavramları açıklanmış olup, konunun sayısal boyutunun da görülebilmesi için örnekler verilmiştir. Bu iki teknik birbirlerine çok benzemektedir. Bu benzerliklerin ilki ağ modelin oluşturulması ilkeleri, yani işlemlerin tanımlanması, işlemlerin birbirleri ile ilişkilendirilmesi, her işlem için zaman ve maliyet tahminlerinin yapılması ve ağ modeldeki en uzun yolun belirlenmesi olarak sıralanabilmektedir. En uzun yolun belirlenmesi projede dikkat edilmesi gereken işlemlere işaret etmekte ve bu işlemlerin gecikmesinin proje süresinin uzamasına neden olacağını ifade etmektedir.

Bu teknikler geniş bir endüstri alanında ve pekçok projede kullanım imkanı bulmaktadır. Her iki teknik de sadece programlamayı değil aynı zamanda maliyeti de göz önüne sermektedir.

PERT ve CPM teknikleri arasındaki en önemli fark zaman tahminlerinde ortaya çıkmaktadır. PERT tekniğinde iyimser, kötümser ve olası zaman tahminleri yapılmaktadır. Buna göre beklenen süre olasılık fonksiyonu vasıtası ile hesaplanmaktadır. CPM tekniğinde ise normal zaman ve sıkışık zaman tahminleri yapılmaktadır. Ayrıca CPM tekniği maliyet ile PERT tekniğine nazaran daha fazla önem vermektedir. Her

Proje planlamasında ağ model teknikleri önemli bir araç olmaktadır. Ancak uygulamasındaki insan faktörü planlamanın başarısını belirlemektedir. Proje planlamada sayısal yöntemler kullanılması, projenin en uygun sürede ve en uygun maliyet ile tamamlanmasını sağlamaktadır. Bu şekilde projelerde tasarruf sağlanarak kaynakların verimli şekilde kullanılması sağlanmış olmaktadır.

KAYNAKÇA

BENDER, Fimore E., KAHAN, Gerald, MYLANDER, Charles, Optimization for Profit, A Decision Maker's Guide To Linear Programming, New York, 1992

BUSCH, Dennis H. The New Critical Path Method. Chicago, 1991.

CHRISTOPHE, J., MALAIZE, M., EVRARD, Y. Le Pert et La Construction. Paris, 1969.

DAVIS, Edward W. Project Management with CPM, PERT and Precedence Diagramming. New York, 1983.

GIDO, Jack. An Introduction to Project Planning. New York, 1985.

GÜLERMAN, Adnan. Pert / Maliyet Tekniği. Ankara, 1970.

HEIZER, Jay, RENDER, Barry. Production and Operations Management Massachusetts, 1990.

KELLEY, Jason. Critical Path Planning and Scheduling. Boston, 1973.

KERZNER, Harold. A System Approach to Planning, Scheduling and Controlling. New York, 1979.

LESTER, Albert. Project Planning and Control. Oxford, 1991.

LEVIN, Richard I., KIRKPATRICK, Charles A. PERT ve CPM İle Planlama ve Denetim. Çev.O.D.T.Ü. İ.İ.F İşletme Bölümü öğretim üyeleri Ankara, 1967.

MILLER, Robert W. Schedule, Cost, and Profit Control with PERT. Lexington, 1963.

OBERSTONE, Joelee, Management Science, Concepts, Insights and Applications. St. Paul, 1990

ÖZSU, M.Tamer. Proje Planlama ve Denetim Teknikleri. Ankara, 1984.

SAĞIN, Salih Kaya. Ağ Çözümleme Yöntemleri ile Planlama ve İzleme. Ankara, 1974.

SIERKSMA, Gerard, Linear and Integer Programming, New York, 1996

SOUMELIS, Constantin G. Project Evaluation Methodologies and Techniques. Paris, 1977

STEVENSON, William J. Production/Operations Managements, Chicago, 1996

TATAR, Tefik. Yatırımların Seçimi ve Değerlendirme Teknikleri. Ankara, 1993.

TURNER, G. David. Project Planning and Control in Construction Industry. New York, 1975.

WIEST, Jerome D. A Management Guide to PERT/CPM. New Jersey, 1977.

ÖZET

Çalışmanın amacı, büyük ekonomik projelerin planlanmasında ve kontrolunda kullanılan PERT ve CPM Tekniklerinin incelenmesi ve planlamadaki yerinin araştırılmasıdır.

İlk bölümde proje yönetimi konusu incelenmiştir.

İkinci bölümde proje planlaması ve yöntemleri incelenmiştir. Ağ model diyagramlarının oluşturulması konusunda inceleme yapılmaktadır.

Üç ve dördüncü bölümlerde ağ model tekniklerinden PERT ve CPM Teknikleri örnek çözümler ile beraber incelenmiş ve karşılaştırmaları yapılmıştır.

Uygulama içmesuyu arıtma tesisi, isale hattı ve dağıtım şebekesi inşaatı projesi üzerine Microsoft Project 98 programı ile kullanılarak yapılmıştır.

SUMMARY

The purpose of this work is to examine the PERT and CPM Techniques which are used in planning and control of huge economical projects, and to investigate the importance of them.

In the first chapter, the project management is examined.

In the second chapter, the project planning and methods are examined. Network diagram's preparing is also examined.

In the third and fourth chapter, PERT and CPM which are network planning techniques, are examined together with examples and solutions and there is a comparaision of these techniques.

In the application part, the project of the construction of drinkingwater treatment plant and outpouring lines is examined with the help of Microsoft Project 98 software.

EK 1

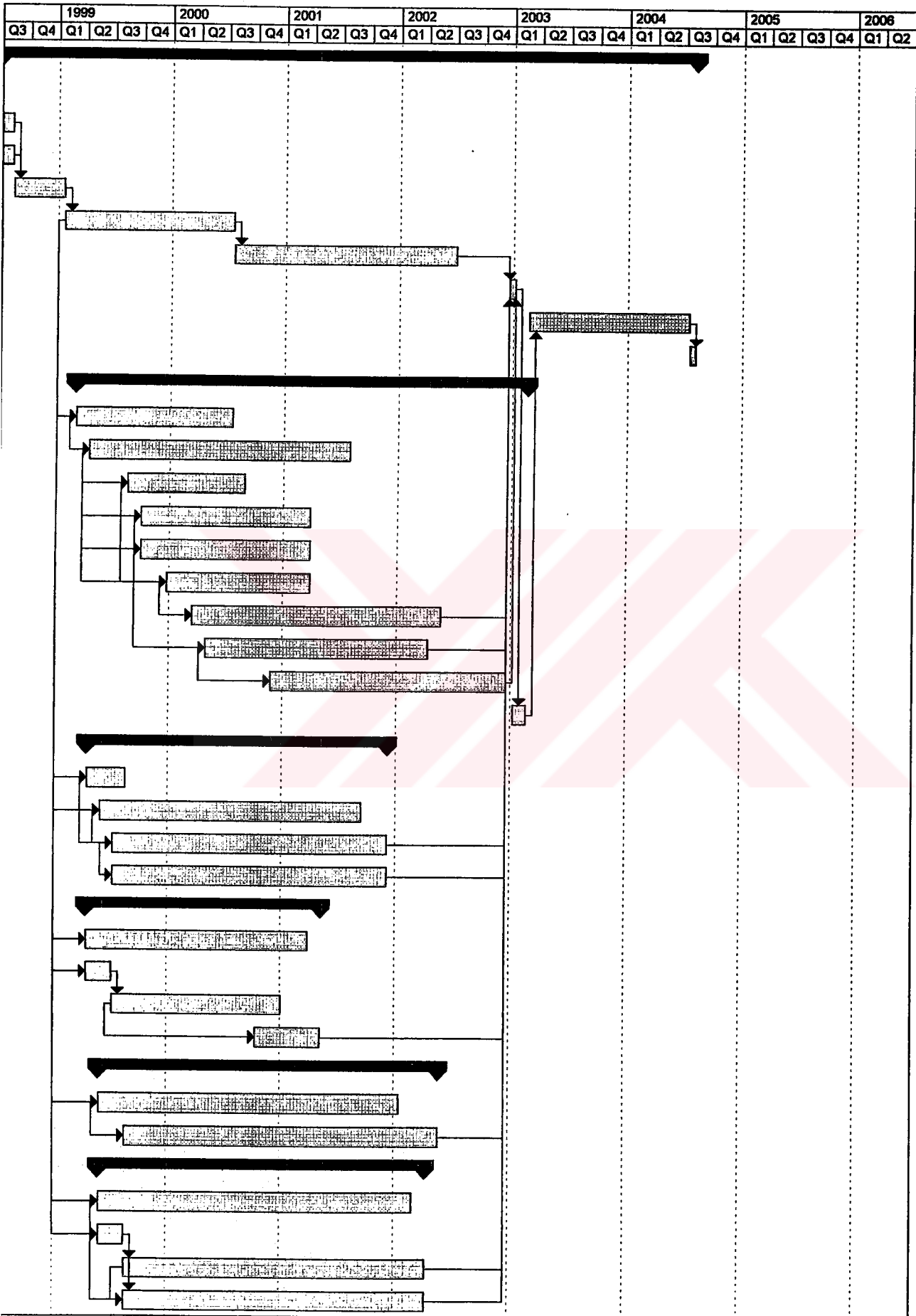
TABLE OF AREAS OF THE NORMAL CURVE BETWEEN THE MAXIMUM ORDINATE AND VALUES OF z (FACTOR 10^{-5} OMITTED)

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	00000	00399	00798	01197	01595	01994	02392	02790	03188	03586
0.1	03983	04380	04776	05172	05567	05962	06356	06749	07142	07535
0.2	07926	08317	08706	09095	09483	09871	10257	10642	11026	11409
0.3	11791	12172	12552	12930	13307	13683	14058	14431	14803	15173
0.4	15542	15910	16276	16640	17003	17364	17724	18082	18439	18793
0.5	19146	19497	19847	20194	20540	20884	21226	21566	21904	22240
0.6	22575	22907	23237	23565	23891	24215	24537	24857	25175	25490
0.7	25804	26115	26424	26730	27035	27337	27637	27935	28230	28524
0.8	28814	29103	29389	29673	29955	30234	30511	30785	31057	31327
0.9	31594	31859	32121	32381	32639	32894	33147	33398	33646	33891
1.0	34134	34375	34614	34850	35083	35314	35543	35769	35993	36214
1.1	36433	36650	36864	37076	37286	37493	37698	37900	38100	38298
1.2	38493	38686	38877	39065	39251	39435	39617	39796	39973	40147
1.3	40320	40490	40658	40824	40988	41149	41309	41466	41621	41774
1.4	41924	42073	42220	42364	42507	42647	42786	42922	43056	43189
1.5	43319	43448	43574	43699	43822	43943	44062	44179	44295	44408
1.6	44520	44630	44738	44845	44950	45053	45154	45254	45352	45449
1.7	45543	45637	45728	45818	45907	45994	46080	46164	46246	46327
1.8	46407	46485	46562	46638	46712	46784	46856	46926	46995	47062
1.9	47128	47193	47257	47320	47381	47441	47500	47558	47615	47670
2.0	47725	47778	47831	47882	47932	47982	48030	48077	48124	48169
2.1	48214	48257	48300	48341	48382	48422	48461	48500	48537	48574
2.2	48610	48645	48679	48713	48745	48778	48809	48840	48870	48899
2.3	48928	48956	48983	49010	49036	49061	49086	49111	49134	49158
2.4	49180	49202	49224	49245	49266	49286	49305	49324	49343	49361
2.5	49377	49396	49413	49430	49446	49461	49477	49492	49506	49520
2.6	49534	49547	49560	49573	49585	49598	49609	49621	49632	49643
2.7	49653	49664	49674	49683	49693	49702	49711	49720	49728	49736
2.8	49744	49752	49760	49767	49774	49781	49788	49795	49801	49807
2.9	49813	49819	49825	49831	49836	49841	49846	49851	49856	49861
3.0	49865	49869	49874	49878	49882	49886	49889	49893	49897	49900
3.1	49903	49906	49910	49913	49916	49918	49921	49924	49926	49929
3.2	49931	49934	49936	49938	49940	49942	49944	49946	49948	49950
3.3	49952	49953	49955	49957	49958	49960	49961	49962	49964	49965
3.4	49966	49968	49969	49970	49971	49972	49973	49974	49975	49976
3.5	49977	49978	49978	49979	49980	49981	49981	49982	49983	49983
3.6	49984	49985	49985	49986	49986	49987	49987	49988	49988	49989
3.7	49989	49990	49990	49990	49991	49991	49992	49992	49992	49992
3.8	49993	49993	49993	49994	49994	49994	49994	49995	49995	49995
3.9	49995	49995	49996	49996	49996	49996	49996	49996	49997	49997
4.0	49997	49997	49997	49997	49997	49997	49998	49998	49998	49998

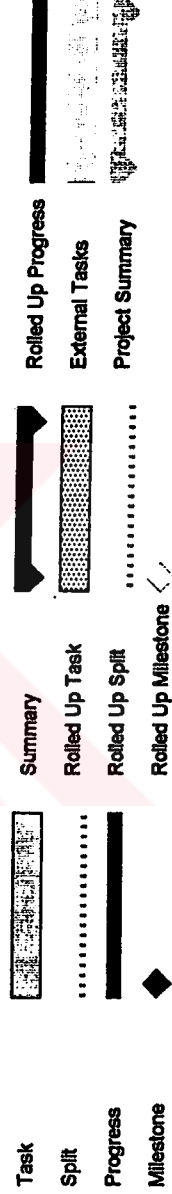
$Z + 10^{-5}$

12	HARFİYAT YAPILMASI	360 days	Thu 04.03.99	Wed 19.07.00	6SS+29 days
13	ÜNİTELERİN YAPIMI	600 days	Thu 15.04.99	Wed 01.08.01	12SS+30 days
14	YARDIMCI BİNALARIN YAPIMI	270 days	Thu 19.08.99	Wed 30.08.00	13SS+90 days
15	PROSES ÜNİTELERİNİN EKİPMAN TEMİNİ	390 days	Thu 30.09.99	Wed 28.03.01	13SS+120 days;14SS-
17	ELEKTRİK EKİPMAN TEMİNİ	390 days	Thu 30.09.99	Wed 28.03.01	13SS+120 days;14SS-
19	ISITMA VE HAVALANDIRMA EKİPMAN TEMİNİ	330 days	Thu 23.12.99	Wed 28.03.01	13SS+180 days;14SS-
20	ISITMA VE HAVALANDIRMA EKİPMAN MONTAJI	570 days	Thu 16.03.00	Wed 22.05.02	19SS+60 days
16	PROSES ÜNİTELERİNİN EKİPMAN MONTAJI	510 days	Thu 27.04.00	Wed 10.04.02	15SS+150 days
18	ELEKTRİK EKİPMAN MONTAJI	540 days	Thu 23.11.00	Wed 18.12.02	16SS+150 days
21	İŞLETMEYE ALMA	30 days	Thu 09.01.03	Wed 19.02.03	8
22	İSALE HATTI	690 days	Thu 15.04.99	Wed 05.12.01	
24	BORU TEMİNİ	90 days	Thu 15.04.99	Wed 18.08.99	6SS+59 days
23	HARFİYAT YAPILMASI	600 days	Thu 27.05.99	Wed 12.09.01	6SS+89 days
25	BORU YERLEŞTİRİLMESİ	630 days	Thu 08.07.99	Wed 05.12.01	23SS+30 days;24SS+
26	TEST YAPILMASI	630 days	Thu 08.07.99	Wed 05.12.01	25SS
27	GÖL GEÇİŞİ	540 days	Thu 16.04.99	Wed 08.06.01	
28	MOBİLİZASYON HARFİYAT DOLGU YAPILMASI	510 days	Thu 15.04.99	Wed 28.03.01	6SS+59 days
29	BORU TEMİNİ	60 days	Thu 15.04.99	Wed 07.07.99	6SS+59 days
30	BORU YERLEŞTİRİLMESİ	390 days	Thu 08.07.99	Wed 03.01.01	29
31	TEST YAPILMASI	150 days	Thu 12.10.00	Wed 09.05.01	30SS+330 days
32	TÜNEL İNŞAATI	780 days	Thu 27.06.99	Wed 22.06.02	
33	HARFİYAT YAPILMASI	690 days	Thu 27.05.99	Wed 16.01.02	6SS+89 days
34	TÜNEL İNŞAATININ YAPILMASI	720 days	Thu 19.08.99	Wed 22.05.02	33SS+60 days
35	ANA DAĞITIM ŞEBEKESİ	750 days	Thu 27.06.99	Wed 10.04.02	
36	HARFİYAT YAPILMASI	720 days	Thu 27.05.99	Wed 27.02.02	6SS+89 days
37	BORU TEMİNİ	60 days	Thu 27.05.99	Wed 18.08.99	6SS+89 days
38	BORU YERLEŞTİRİLMESİ	690 days	Thu 19.08.99	Wed 10.04.02	37
39	TEST İŞLERİ VE DOLGU YAPILMASI	690 days	Thu 19.08.99	Wed 10.04.02	37;38SS;36SS+60 day

EK 2



ID	Task Name	1999				2000				2001				2002				2003				2004			
		Q2	Q3	Q4	Q1	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	
1	GENEL																								
2	İŞE BAŞLAMA EMRİNİN İ																								
3	AVANSIN ALINMASI																								
4	ŞANTIYE KURULMASI																								
5	ZEMİN ETÜDLERİNİN YA																								
6	PROJE ÇALIŞMALARI																								
7	ALTYAPI İŞLERİ																								
8	GEÇİCİ KABUL																								
9	BAKIM SÜRESİ (GEÇİCİ İ																								
10	KESİN KABUL																								
11	ARITMA TESİSİ, POMPA İSTA																								
12	HARFIYAT YAPILMASI																								
13	ÜNİTELERİN YAPIMI																								
14	YARDIMCI BİNALARIN YA																								
15	PROSES ÜNİTELERİNİN																								
17	ELEKTRİK EKİPMAN TEA																								
19	ISITMA VE HAVALANDIR																								
20	ISITMA VE HAVALANDIR																								
16	PROSES ÜNİTELERİNİN																								
18	ELEKTRİK EKİPMAN MOI																								
21	İŞLETMEYE ALMA																								
		Fixed Cost	0,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	7.000,00 TL	2.000,00 TL	200,00 TL	500,00 TL	250,00 TL	100,00 TL	50,00 TL	0,00 TL	300,00 TL	1.500,00 TL	500,00 TL	5.000,00 TL	1.500,00 TL	750,00 TL	150,00 TL	1.000,00 TL	300,00 TL	100,00 TL		
		Total Cost	10.100,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	7.000,00 TL	2.000,00 TL	200,00 TL	500,00 TL	250,00 TL	100,00 TL	50,00 TL	0,00 TL	300,00 TL	1.500,00 TL	500,00 TL	5.000,00 TL	1.500,00 TL	750,00 TL	150,00 TL	1.000,00 TL	300,00 TL	100,00 TL		
		Remaining	10.100,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	7.000,00 TL	2.000,00 TL	200,00 TL	500,00 TL	250,00 TL	100,00 TL	50,00 TL	11.100,00 TL	300,00 TL	1.500,00 TL	500,00 TL	5.000,00 TL	1.500,00 TL	750,00 TL	150,00 TL	1.000,00 TL	300,00 TL	100,00 TL		



ID	Task Name	Duration	Start	Finish	% Comp.	Cost	Work
1	GENEL	1693 days	Mon 29.06.98	Wed 04.08.04	0%	10.100,00 TL	0 hrs
11	ARITMA TESİSİ, POMPA İSTASYON	1035 days	Thu 04.03.99	Wed 19.02.03	0%	11.100,00 TL	0 hrs
22	İSALE HATTI	690 days	Thu 16.04.99	Wed 05.12.01	0%	28.500,00 TL	0 hrs
27	GÖL GEÇİŞİ	540 days	Thu 16.04.99	Wed 09.06.01	0%	8.500,00 TL	0 hrs
32	TÜNEL İNŞAATI	780 days	Thu 27.06.99	Wed 22.06.02	0%	6.000,00 TL	0 hrs
35	ANA DAĞITIM ŞEBEKESİ	760 days	Thu 27.06.99	Wed 10.04.02	0%	25.500,00 TL	0 hrs

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	GENEL	1593 days	Mon 29.06.98	Wed 04.08.04	
2	İŞE BAŞLAMA EMRİNİN VERİLMESİ VE İŞE BAŞLANMASI	1 day	Mon 29.06.98	Mon 29.06.98	
	ID Successor Name Type Lag				
3	AVANSIN ALINMASI	0 days			
4	ŞANTIYE KURULMASI	0 days			
3	AVANSIN ALINMASI	29 days	Tue 30.06.98	Fri 07.08.98	2
4	ŞANTIYE KURULMASI	29 days	Tue 30.06.98	Fri 07.08.98	2
5	ZEMİN ETÜDLERİNİN YAPILMASI	119 days	Mon 10.08.98	Thu 21.01.99	3,4
6	PROJE ÇALIŞMALARI	369 days	Fri 22.01.99	Wed 19.07.00	5
7	ALTYAPI İŞLERİ	0 days			
12	HARFIYAT YAPILMASI	29 days			
23	HARFIYAT YAPILMASI	89 days			
24	BORU TEMİNİ	59 days			
28	MOBİLİZASYON HARFIYAT DOLGU YAPILMASI	59 days			
29	BORU TEMİNİ	59 days			
33	HARFIYAT YAPILMASI	89 days			
36	HARFIYAT YAPILMASI	89 days			
37	BORU TEMİNİ	89 days			
8	GEÇİCİ KABUL	15 days	Thu 19.12.02	Wed 06.01.03	16;18;20;25;26;31;34;38;39;
9	BAKIM SÜRESİ (GEÇİCİ KABULDEN SONRA 1 YIL)	365 days	Thu 20.02.03	Wed 14.07.04	21
10	KESİN KABUL	15 days	Thu 15.07.04	Wed 04.08.04	9
11	ARITMA TESİSİ, POMPA İSTASYONLARI, DEPOLAR	1036 days	Thu 04.03.99	Wed 19.02.03	
12	HARFIYAT YAPILMASI	360 days	Thu 04.03.99	Wed 19.07.00	6SS+29 days
13	ÜNİTELERİN YAPIMI	600 days	Thu 15.04.99	Wed 01.08.01	12SS+30 days
	ID Successor Name Type Lag				
14	YARDIMCI BİNALARIN YAPIMI	90 days			
15	PROSES ÜNİTELERİNİN EKİPMAN TEMİNİ	120 days			
17	ELEKTRİK EKİPMAN TEMİNİ	120 days			
19	İSTİMA VE HAVALANDIRMA EKİPMAN TEMİNİ	160 days			

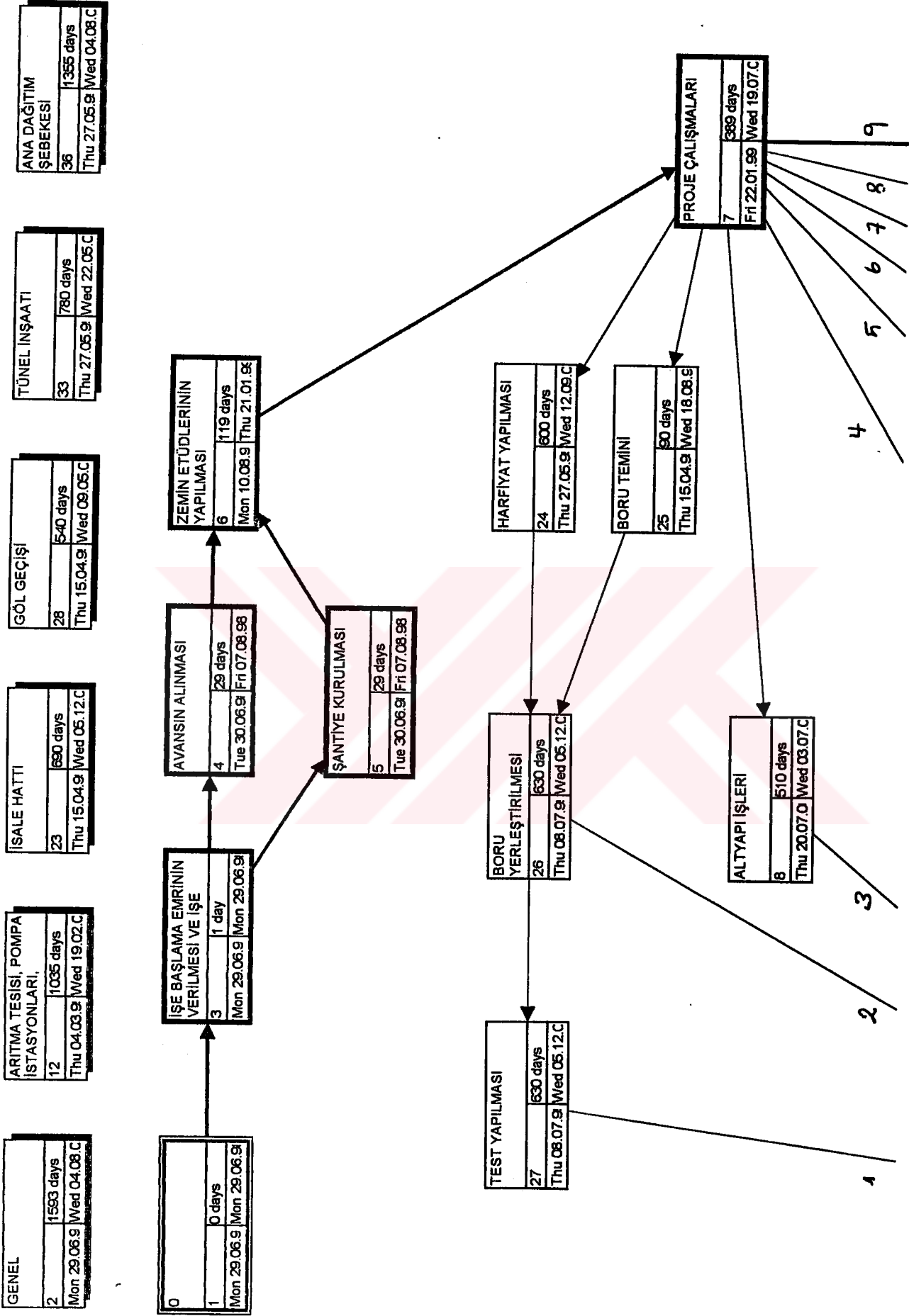
ID	Task Name	Start	Finish	Baseline Start	Baseline Finish	Start Var.	Finish Var.
1	GENEL	Mon 29.06.98	Wed 04.08.04	Mon 29.06.98	Thu 23.12.99	0 days	1204 days
3	AVANSIN ALINMASI	Tue 30.06.98	Fri 07.08.98	Mon 29.06.98	Thu 06.08.98	1 day	1 day
	ID Successor Name	Type	Lag				
5	ZEMİN ETÜDLERİNİN YAPILMASI	FS	0 days				
4	ŞANTIYE KURULMASI	Tue 30.06.98	Fri 07.08.98	Mon 29.06.98	Thu 06.08.98	1 day	1 day
	ID Successor Name	Type	Lag				
5	ZEMİN ETÜDLERİNİN YAPILMASI	FS	0 days				
5	ZEMİN ETÜDLERİNİN YAPILMI	Mon 10.08.98	Thu 21.01.99	Mon 29.06.98	Thu 10.12.98	30 days	30 days
	ID Successor Name	Type	Lag				
6	PROJE ÇALIŞMALARI	Fri 22.01.99	Wed 19.07.00	Mon 29.06.98	Thu 23.12.99	149 days	149 days
	ID Successor Name	Type	Lag				
7	ALTYAPILAR	FS	0 days				
12	HARFIYAT YAPILMASI	SS	29 days				
23	HARFIYAT YAPILMASI	SS	89 days				
24	BORU TEMİNİ	SS	59 days				
28	MOBİLİZASYON HARFIYAT DOLGU YAPILMASI	SS	59 days				
29	BORU TEMİNİ	SS	59 days				
33	HARFIYAT YAPILMASI	SS	89 days				
36	HARFIYAT YAPILMASI	SS	89 days				
37	BORU TEMİNİ	SS	89 days				

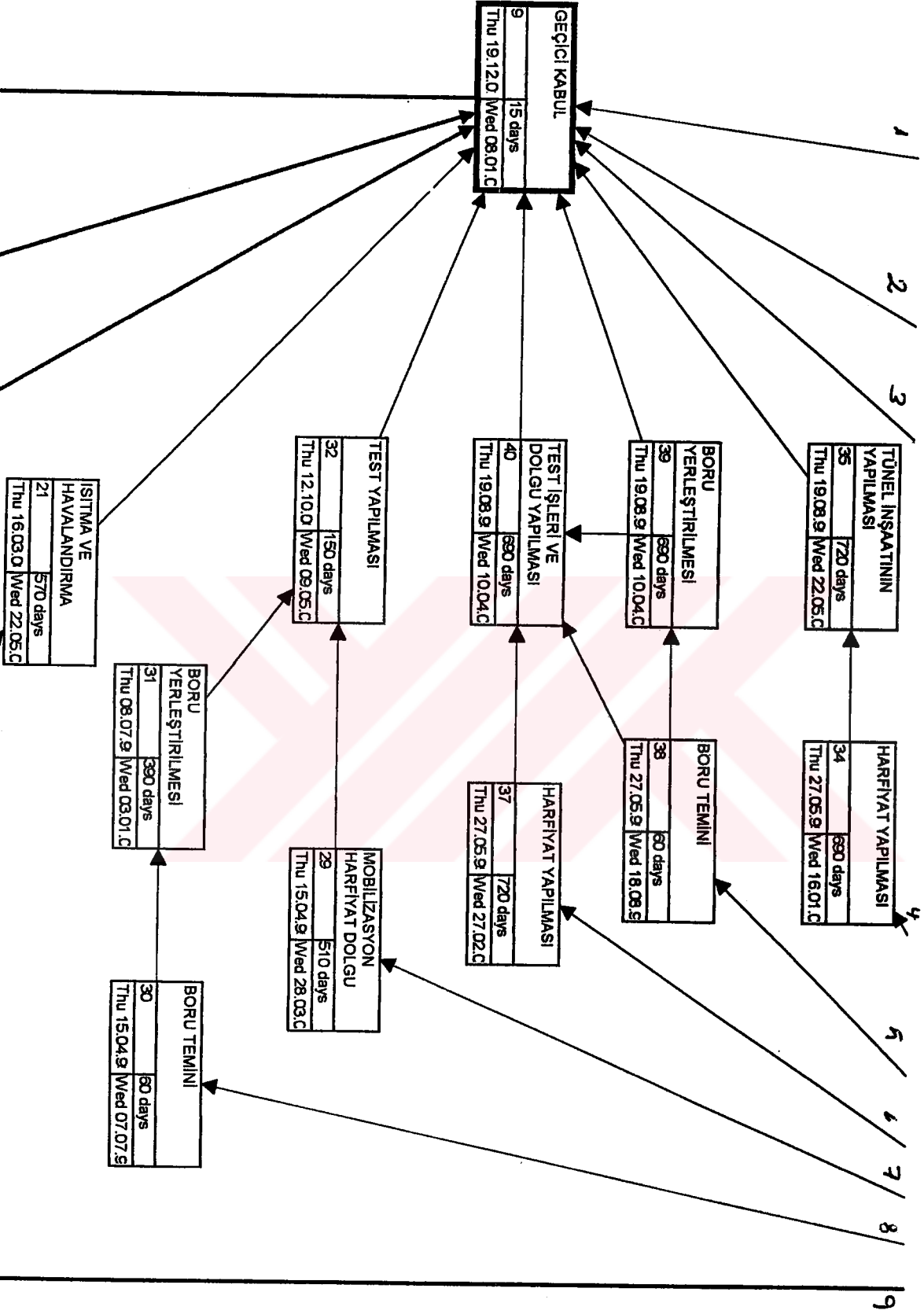
EK 7

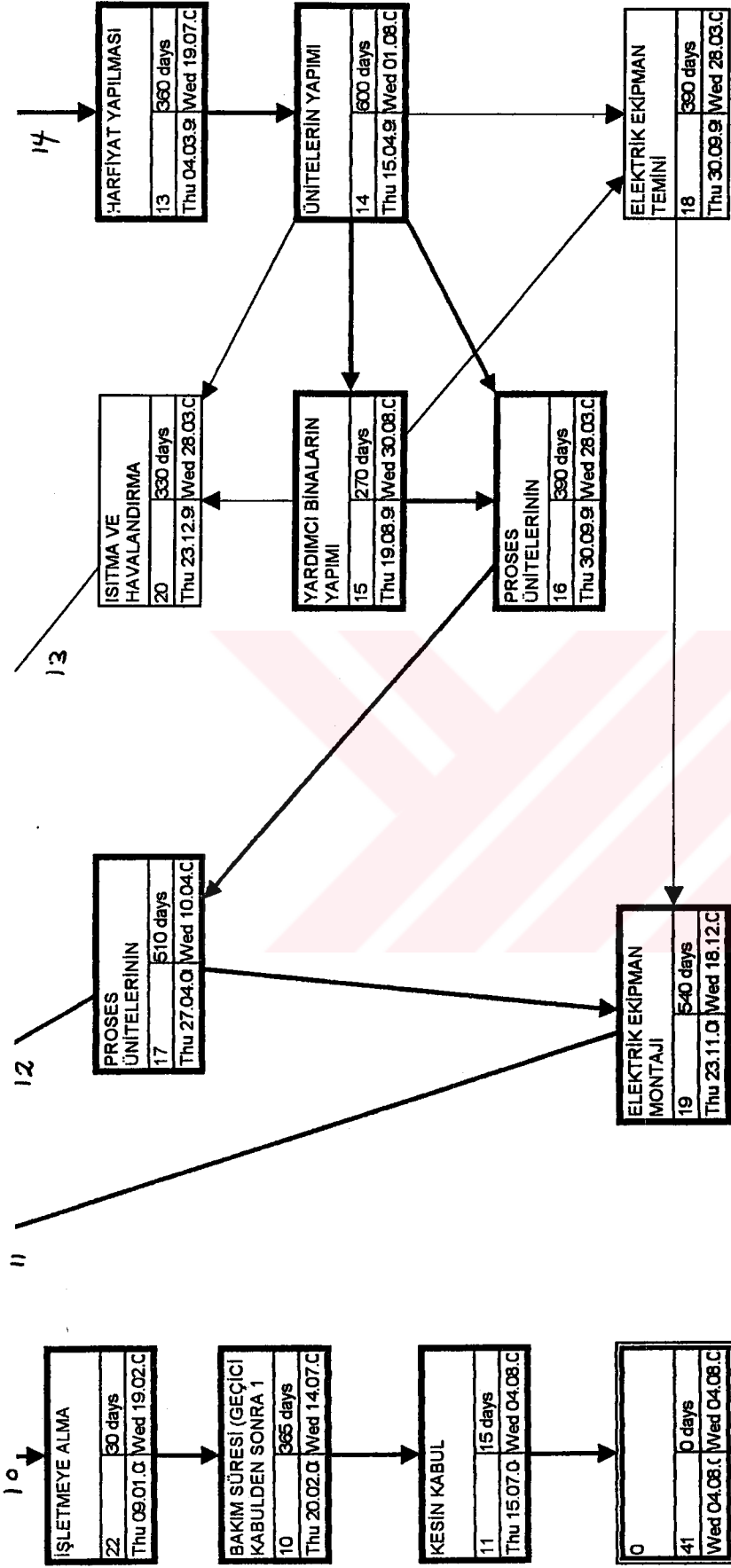
	24.04.00	01.05.00	08.06.00	16.06.00	22.05.00	29.05.00	06.06.00	12.06.00
GENEL								
İŞE BAŞLAMA EMRİNİN VERİLMESİ VE İŞE BAŞLANMASI								
AVANSIN ALINMASI								
ŞANTIYE KURULMASI								
ZEMİN ETÜDLERİNİN YAPILMASI								
PROJE ÇALIŞMALARİ	2,57 TL	2,57 TL	2,57 TL	2,57 TL	2,57 TL	2,57 TL	2,57 TL	2,57 TL
ALTYAPI İŞLERİ								
GEÇİCİ KABUL								
BAKIM SÜRESİ (GEÇİCİ KABULDEN SONRA 1 YIL)								
KESİN KABUL								
ARITMA TESİSİ, POMPA İSTASYONLARI, DEPOLAR								
HARFIYAT YAPILMASI	4,17 TL	4,17 TL	4,17 TL	4,17 TL	4,17 TL	4,17 TL	4,17 TL	4,17 TL
ÜNİTELERİN YAPIMI	12,50 TL	12,50 TL	12,50 TL	12,50 TL	12,50 TL	12,50 TL	12,50 TL	12,50 TL
YARDIMCI BİNALARIN YAPIMI	9,26 TL	9,26 TL	9,26 TL	9,26 TL	9,26 TL	9,26 TL	9,26 TL	9,26 TL
PROSES ÜNİTELERİNİN EKİPMAN TEMİNİ	64,10 TL	64,10 TL	64,10 TL	64,10 TL	64,10 TL	64,10 TL	64,10 TL	64,10 TL
PROSES ÜNİTELERİNİN EKİPMAN MONTAJI	3,92 TL	9,80 TL	9,80 TL	9,80 TL	9,80 TL	9,80 TL	9,80 TL	9,80 TL
ELEKTRİK EKİPMAN TEMİNİ	19,23 TL	19,23 TL	19,23 TL	19,23 TL	19,23 TL	19,23 TL	19,23 TL	19,23 TL
ELEKTRİK EKİPMAN MONTAJI								
ISITMA VE HAVALANDIRMA EKİPMAN TEMİNİ	11,36 TL	11,36 TL	11,36 TL	11,36 TL	11,36 TL	11,36 TL	11,36 TL	11,36 TL
ISITMA VE HAVALANDIRMA EKİPMAN MONTAJI	1,32 TL	1,32 TL	1,32 TL	1,32 TL	1,32 TL	1,32 TL	1,32 TL	1,32 TL
İŞLETMEYE ALMA								
İSALE HATTI								
HARFIYAT YAPILMASI	16,67 TL	16,67 TL	16,67 TL	16,67 TL	16,67 TL	16,67 TL	16,67 TL	16,67 TL
BORU TEMİNİ								
BORU YERLEŞTİRİLMESİ	39,68 TL	39,68 TL	39,68 TL	39,68 TL	39,68 TL	39,68 TL	39,68 TL	39,68 TL
TEST YAPILMASI	11,90 TL	11,90 TL	11,90 TL	11,90 TL	11,90 TL	11,90 TL	11,90 TL	11,90 TL
GÖL GEÇİŞİ								
MOBİLİZASYON HARFIYAT DOLGU YAPILMASI	19,61 TL	19,61 TL	19,61 TL	19,61 TL	19,61 TL	19,61 TL	19,61 TL	19,61 TL
BORU TEMİNİ								
BORU YERLEŞTİRİLMESİ	19,23 TL	19,23 TL	19,23 TL	19,23 TL	19,23 TL	19,23 TL	19,23 TL	19,23 TL
TEST YAPILMASI								
TÜNEL İNŞAATI								
HARFIYAT YAPILMASI	14,49 TL	14,49 TL	14,49 TL	14,49 TL	14,49 TL	14,49 TL	14,49 TL	14,49 TL
TÜNEL İNŞAATININ YAPILMASI	20,83 TL	20,83 TL	20,83 TL	20,83 TL	20,83 TL	20,83 TL	20,83 TL	20,83 TL
ANA DAĞITIM ŞEBEKESİ								
HARFIYAT YAPILMASI	69,44 TL	69,44 TL	69,44 TL	69,44 TL	69,44 TL	69,44 TL	69,44 TL	69,44 TL
BORU TEMİNİ								
BORU YERLEŞTİRİLMESİ	21,74 TL	21,74 TL	21,74 TL	21,74 TL	21,74 TL	21,74 TL	21,74 TL	21,74 TL

EK 8

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Late Start	Late Finish	Free Slack
1	0	0 days	Mon 29.06.98	Mon 29.06.98	Mon 29.06.98	Mon 29.06.98	0 days
2	GENEL	1693 days	Mon 29.06.98	Wed 04.08.04	Mon 29.06.98	Wed 04.08.04	0 days
3	İŞE BAŞLAMA EMRİNİ	1 day	Mon 29.06.98	Mon 29.06.98	Mon 29.06.98	Mon 29.06.98	0 days
4	AVANSIN ALINMASI	29 days	Tue 30.06.98	Fri 07.08.98	Tue 30.06.98	Fri 07.08.98	0 days
5	ŞANTIYE KURULMASI	29 days	Tue 30.06.98	Fri 07.08.98	Tue 30.06.98	Fri 07.08.98	0 days
6	ZEMİN ETÜDLERİNİN	119 days	Mon 10.08.98	Thu 21.01.99	Mon 10.08.98	Thu 21.01.99	0 days
7	PROJE ÇALIŞMALARI	389 days	Fri 22.01.99	Wed 19.07.00	Fri 22.01.99	Wed 19.07.00	0 days
8	ALTYAPI İŞLERİ	510 days	Thu 20.07.00	Wed 03.07.02	Thu 04.01.01	Wed 18.12.02	120 days
9	GEÇİCİ KABUL	15 days	Thu 19.12.02	Wed 08.01.03	Thu 19.12.02	Wed 08.01.03	0 days
10	BAKIM SÜRESİ (GEÇİCİ)	365 days	Thu 20.02.03	Wed 14.07.04	Thu 20.02.03	Wed 14.07.04	0 days
11	KESİN KABUL	15 days	Thu 15.07.04	Wed 04.08.04	Thu 15.07.04	Wed 04.08.04	0 days
12	ARITMA TESİSİ, POMPA İS	1035 days	Thu 04.03.99	Wed 19.02.03	Thu 04.03.99	Wed 19.02.03	0 days
13	HARFİYAT YAPILMASI	360 days	Thu 04.03.99	Wed 19.07.00	Thu 04.03.99	Wed 19.07.00	0 days
14	ÜNİTELERİN YAPIMI	600 days	Thu 15.04.99	Wed 01.08.01	Thu 15.04.99	Wed 01.08.01	0 days
15	YARDIMCI BİNALARIN	270 days	Thu 19.08.99	Wed 30.08.00	Thu 19.08.99	Wed 30.08.00	0 days
16	PROSES ÜNİTELERİNİN	390 days	Thu 30.09.99	Wed 28.03.01	Thu 30.09.99	Wed 28.03.01	0 days
18	ELEKTRİK EKİPMAN T	390 days	Thu 30.09.99	Wed 28.03.01	Thu 27.04.00	Wed 24.10.01	150 days
20	ISITMA VE HAVALANC	330 days	Thu 23.12.99	Wed 28.03.01	Thu 20.07.00	Wed 24.10.01	0 days
21	ISITMA VE HAVALANC	570 days	Thu 16.03.00	Wed 22.05.02	Thu 12.10.00	Wed 18.12.02	150 days
17	PROSES ÜNİTELERİNİN	510 days	Thu 27.04.00	Wed 10.04.02	Thu 27.04.00	Wed 10.04.02	0 days
19	ELEKTRİK EKİPMAN N	540 days	Thu 23.11.00	Wed 18.12.02	Thu 23.11.00	Wed 18.12.02	0 days
22	İŞLETMEYE ALMA	30 days	Thu 09.01.03	Wed 19.02.03	Thu 09.01.03	Wed 19.02.03	0 days
23	İSALE HAĞI	690 days	Thu 15.04.99	Wed 05.12.01	Thu 27.04.00	Wed 18.12.02	270 days
25	BORU TEMİNİ	90 days	Thu 15.04.99	Wed 18.08.99	Thu 27.04.00	Wed 30.08.00	0 days
24	HARFİYAT YAPILMASI	600 days	Thu 27.05.99	Wed 12.09.01	Thu 08.06.00	Wed 25.09.02	0 days
26	BORU YERLEŞTİRİLM	630 days	Thu 08.07.99	Wed 05.12.01	Thu 20.07.00	Wed 18.12.02	0 days
27	TEST YAPILMASI	630 days	Thu 08.07.99	Wed 05.12.01	Thu 20.07.00	Wed 18.12.02	270 days
28	GÖL GEÇİŞİ	640 days	Thu 15.04.99	Wed 09.05.01	Thu 23.11.00	Wed 18.12.02	420 days
29	MOBİLİZASYON HARF	510 days	Thu 15.04.99	Wed 28.03.01	Thu 23.11.00	Wed 08.11.02	0 days
30	BORU TEMİNİ	60 days	Thu 15.04.99	Wed 07.07.99	Thu 23.11.00	Wed 14.02.01	0 days
31	BORU YERLEŞTİRİLM	390 days	Thu 08.07.99	Wed 03.01.01	Thu 15.02.01	Wed 14.08.02	0 days
32	TEST YAPILMASI	150 days	Thu 12.10.00	Wed 09.05.01	Thu 23.05.02	Wed 18.12.02	420 days
33	TÜNEL İNŞAATI	780 days	Thu 27.05.99	Wed 22.05.02	Thu 23.12.99	Wed 18.12.02	160 days
34	HARFİYAT YAPILMASI	690 days	Thu 27.05.99	Wed 16.01.02	Thu 23.12.99	Wed 14.08.02	0 days
35	TÜNEL İNŞAATININ Y	720 days	Thu 19.08.99	Wed 22.05.02	Thu 16.03.00	Wed 18.12.02	150 days
36	ANA DAĞITIM ŞEBEKESİ	1356 days	Thu 27.05.99	Wed 04.08.04	Thu 03.02.00	Wed 04.08.04	0 days
37	HARFİYAT YAPILMASI	720 days	Thu 27.05.99	Wed 27.02.02	Thu 03.02.00	Wed 06.11.02	0 days
38	BORU TEMİNİ	60 days	Thu 27.05.99	Wed 18.08.99	Thu 03.02.00	Wed 26.04.00	0 days
39	BORU YERLEŞTİRİLM	690 days	Thu 19.08.99	Wed 10.04.02	Thu 27.04.00	Wed 18.12.02	0 days
40	TEST İŞLERİ VE DOLC	690 days	Thu 19.08.99	Wed 10.04.02	Thu 27.04.00	Wed 18.12.02	180 days
41	0	0 days	Wed 04.08.04	Wed 04.08.04	Wed 04.08.04	Wed 04.08.04	0 days









Project: MNG Date: Mon 29.06.98	
Name	
ID	Duration
Start	Finish
Critical	Noncritical
Critical Milestone	Noncritical Milestone
Critical Summary	Noncritical Summary
Critical Subproject	Noncritical Subproject
Critical Marked	Noncritical Marked