

46345

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİSTON MERKEZİ**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİNDE AĞ PLANLAMA TEKNİKLERİNİN
YERİ VE ÖNEMİ - PRİMAVERA İLE BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. YÜKSEL ARICANLI

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Haziran 1995

Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Haziran 1995

Tez Danışmanı : Prof. Dr. A. Fahri ÖZOK

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Gönül YENERSOY

: Prof. Dr. Nahit SERARSLAN

HAZİRAN 1995

ÖNSÖZ

PERT ve CPM bugün proje yönetiminde kullanılan başlıca sebeke analizi teknikleridir. Sebeke analizi tekniklerini kullananların çoğu sadece bu tekniklerin bilgisiyle dahi başarılı olmuşlardır.

Gerçekte sebeke analizi teknikleri, daha genel bir disiplin olan çizge kuramının bir parçasıdır. Daha karmaşık uygulamalar için, sebeke analizi tekniklerini kullananlar çizge kuramının ana prensiplerini bilmenin faydalı ve önemli olduğunu bilirler.

Günümüzde büyük kapsamlı projelerin planlanması, uygulaması ve kontrolü göz önüne alındığında sebeke analizi tekniklerinin önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Bu metot sayesinde birçok yeni programlar geliştirilmektedir. Bunlardan biri olan Primavera günümüzde oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Bu program özellikle inşaat sektöründe büyük projelerin planlanmasında büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bu gözlemim ve değerli hocam Prof. Dr. Ahmet Fahri ÖZOK'un teşviki beni bu çalışmaya yöneltmiştir. Çalışmalarımı sürekli ve büyük bir titizlikle kontrol eden ve beni yönlendirerek değerli yardımlarını esirgemeyen hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet Fahri ÖZOK'a ve çalışmalarımda bana yardımını esirgemeyen Astaldi şirketi çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İCİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
SEMBOL LİSTESİ.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	V
TABLO LİSTESİ.....	Viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY.....	x
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. SİSTEM VE SİSTEM KAVRAMLARI.....	4
2. 1. Sistem Kavramı.....	4
2. 2. Sistem Modeli ve Kavramı.....	6
2. 2. 1. Model Kurma Asamaları.....	8
2. 2. 2. Modellerin Sınıflandırılması.....	9
2. 2. 2. 1. İşlediği Konuya Göre.....	9
2. 2. 2. 2. Değişkenlerin özelliğine Göre.....	10
2. 2. 2. 3. Kullanılan Matematik Tekniğine Göre.....	10
2. 2. 2. 4. Çözüme Elverişlilik Bakımından.....	10
2. 2. 2. 5. Sistemin Ayrıntılarına İnme Derecesi Bakımından.....	11
2. 2. 2. 6. Kapsadığı Zaman Aralığı Bakımından.....	11
2. 2. 2. 7. İncelediği Sistemin Genişliğine Göre.....	11
2. 2. 2. 8. Sonuçların Niteliğine, Kullanılış Sekline Göre Sınıflandırılması.....	12
2. 3. Bir Sistemin Şebeke Modeli.....	12
BÖLÜM 3. ÇİZGE KURAMI, GANTT DİYAGRAMI.....	16
3. 1. Çizge Kuramı.....	16
3. 1. 1. Euler Çizgeleri.....	29
3. 2. Gantt Diyagramı.....	33

BOLUM 4. PERT - CPM İLE PROJE PROGRAMLAMA.....	36
4. 1. Proje Programlama	36
4. 2. Sebeke Diyagramı	40
4. 3. Kritik Yol Hesaplanması.....	44
4. 3. 1. Kritik Yol Belirlenmesi.....	45
4. 3. 2. Faaliyet Serbestlik Sürelerinin Belirlenmesi.....	49
4. 4. Zaman Diyagramı ve Kaynak Seviyeleme	54
4. 5. Proje Programlamada Olasılık.....	62
4. 6. Proje Programlamada Maliyet.....	71
SONUÇLAR.....	86
KAYNAKLAR.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	89



SEMBOL LİSTESİ

A	Ağac
a, a_i	Ayrıt sayısı
a_i	i ninci ayrıt sayısı
$C(d, a)$	Cizge
C	Çizge
$\sum C$	Tümlerçizge
$D(d)$	Dolu çizge
D_i, j	Dolası
$ D_i, j $	Dolası uzunluğu
d, d_i	Düğüm sayısı
d_i	i ninci düğüm
E	Euler çizgesi
G_i, j	Gezi

$ G_{i,j} $	Gezi uzunluğu
K	En büyük kerte değeri
k	En küçük kerte değeri
k_i	i ninci düğümün kertesini
$Y_{i,j}$	Yol
$ Y_{i,j} $	Yol uzunluğu
Δ	Düğüm kümesi
π_{Δ_0}	Δ_0 ın ırgıttığı altcizge
$T(d)$	İlkel tümleyen
$\emptyset$	Bos çizge
Ψ	Ayrıt kümesi
Ω	d_i nin yöresi
$\tilde{\Omega}$	d_i nin kapalı yöresi

SEKİL LİSTESİ

- Sekil 2. 1. Ok diyagramı
- Sekil 2. 2. Sebeke diyagramı
- Sekil 2. 3. Zincir
- Sekil 2. 4. Zincir
- Sekil 2. 5. Çevrim
- Sekil 2. 6. Ağaç
- Sekil 2. 7. Yönlendirilmiş hat
- Sekil 3. 1. $C(4,5)$ çizgesinin çizimsel gösterimi
- Sekil 3. 2. Sözde çizgeye örnek
- Sekil 3. 4. Kösut ve dizi bağılı ayrıtlara örnek
- Sekil 3. 5. Çoğul çizgeye bir örnek
- Sekil 3. 6. Altçizge ve tümlealtçizge kavramlarının açıklanması
- Sekil 3. 7. Dolu çizgelere örnek

- Sekil 3. 8. Bitişiklik
- Sekil 3. 9. Dolasının açıklanması
- Sekil 3. 10 Königsberg Köprüleri
- Sekil 3. 11 (a) Bir Euler çizgesi
(b) Euler olmayan bir çizge
- Sekil 3. 12 Königsberg köprülerine ilişkin çizge
- Sekil 3. 13. 5 düğümlü ağaçlar
- Sekil 4. 1. (i,j) faaliyetinin tipik bir temsiline örnek
- Sekil 4. 2. Dummy (kukla) faaliyete bir örnek
- Sekil 4. 3. Örnek 4. 1. deki verilere göre şebeke diyagramı
- Sekil 4. 4. Örnek 4. 2. deki verilere göre şebeke diyagramı
- Sekil 4. 5. Örnek 4. 2. deki faaliyet serbestliğine ilişkin grafik
- Sekil 4. 6. Örnek 4. 2. ye ait zaman diyagramı
- Sekil 4. 7. (a) Kritik olmayan faaliyetlerin en erken zamana programlanması
(b) Kritik olmayan faaliyetlerin en geç zamana programlanması

- Sekil 4. 8. İyileştirilmiş programlamaya göre kaynak dağılımı
- Sekil 4. 9. Beta dağılımına ait üç şekil
- Sekil 4. 10. Tipik bir doğrusal maliyet-süre fonksiyonu
- Sekil 4. 11. Doğrusal olmayan maliyet-süre fonksiyonu
- Sekil 4. 12. Farklı programların maliyetleri ve maliyet süre fonksiyonları
- Sekil 4. 13. Örnek 4. 5. e ait şebeke diyagramı
- Sekil 4. 14. Örnek 4. 5. e ait 1. yeni program
- Sekil 4. 15. Örnek 4. 5. e ait 2. yeni program
- Sekil 4. 16. Örnek 4. 5. e ait 3. yeni program
- Sekil 4. 17. Örnek 4. 5. e ait hızlı program
- Sekil 4. 18. Örnek 4. 5. e ait proje doğrudan(direkt) maliyet fonksiyonu.

TABLO LİSTESİ

- Tablo 3. 1. Tezgah çalışma durumunu gösterir Gantt diyagramı
- Tablo 4. 1. Örnek 4. 2. deki verilere göre hesaplanan TF_{ij} ve FF_{ij} değerleri
- Tablo 4. 2. Örnek 4. 2. deki her faaliyet için insangücü gereksiniminin gösterimi
- Tablo 4. 3. Örnek 4. 2. deki sebeke için faaliyetlerin tahmin süreleri (a, b, m)
- Tablo 4. 4. Örnek 4. 2. deki sebeke için faaliyetlerin ortalama $\bar{D}_{ij}$ ve varyans V_{ij} değerleri
- Tablo 4. 5. Örnek 4. 2. deki sebeke için faaliyetlerin gerçekleşme olasılık tablosu
- Tablo 4. 6. Şekil 4. 13. deki sebeke için faaliyetlerin normal ve hızlı süre ve maliyet tablosu
- Tablo 4. 7. Şekil 4. 13. deki verilerle hesaplanmış faaliyetlerin maliyet-süre eğimleri

OZET

Her değerli proje boyunca planlama, programlama ve kontrol çalışması iyi bir yönetim için önemlidir. Üzerinde çalıştığımız proje oldukça karmaşık, elimizdeki imkanlarda sınırlı olabilir. Böyle bir durumda elimizdeki sınırlı kaynakları en etkin ve yararlı şekilde kullanmak için şebeke analizi tekniklerinden faydalanabiliriz.

PERT ve CPM bugün proje yönetiminde kullanılan başlıca şebeke teknikleridir. Biz her ikisini de ve daha çok her ikisininde alt kümelerini inceleyeceğiz. Özellikle projenin tahmini tamamlanma tarihini ayrıntılı saptamak , projenin yapılışındaki özel faaliyetler için gerekli başlan-başlangıç ve bitiş tarihlerini saptamak, kritik işleri belirlemek, eğer programlandığı gibi bitmemisse gecikmiş projenin bitişini hesaplamak için kullanılan PERT ' in nasıl olacağını görecekiz.

Yönetim projeye daha fazla kaynak tahsis etmek istediğinde projenin tamamlanma zamanının nasıl azaltılacağını (sıkıştırılacağını) ayrıntılı görecekiz.

PERT ve CPM şebeke analizi tekniklerinin kavramları açıklanmıştır. Sebekenin her aktivitesi için erken başlangıç, erken bitiş, gec başlangıç ve gec bitiş zamanlarını içeren gelişen bir şebeke analizi için verilen bütün işlemler tanımlanmaktadır. Kritik yolun bulunması ve faaliyetlerin serbest zamanlarının hesaplanması tanımlanmaktadır.

Şebeke analizi tekniklerinin incelenmesinden sonra bu tekniklerin bir uygulaması olan PRIMAVERA ile bir proje sunulmaktadır.

SUMMARY

SPACE AND IMPORTANCE OF NETWORK PLANNING TECHNIQUES IN INDUSTRIAL ENGINEERING

New techniques have evolved to facilitate the timely completion of project activities within time, cost and quality standards of the project plan. Some of the most often used scheduling and control techniques will be presented.

PERT (Program Evaluation and Review Technique) and CPM (Critical Path Method) are the two primary project management network techniques used today.

The critical path method (CPM) is today an important project-planning and control technique. Program evaluation and review technique (PERT was developed at about the same time as CPM by the Navy Special Projects office in cooperation with management consulting firm Booz. PERT and CPM are alike in most respects, except for a new refinements incorporated into PERT and not found in CPM.

CPM is designed for projects with many activities where on-time completion is imperative . Where the planning and control charts of the previous section offered overall macrocontrol. CPM is designed to provide intense microcontrol. In its original form, time performance was considered paramount.

CPM today is typically combined with other project cost control system such as the charts of the previous section. The combination of macrocontrol from control charts and microcontrol from CPM offers management both the big picture and minute detailed control.

CPM is not a scheduling and controlling system that is done once, set on the shelf, and never used again. Conversely the system is dynamic. CPM continues to provide management with periodic reports as the project progresses. Project managers update their original time estimates for completing each activity as time passes, and computerized CPM system supplies management with current project management information : new estimates of project duration, a new list of critical activities, new activity estimates, and exception reports.

An activity is a task or a certain amount of work required in the project, and an event just signals the beginning or ending of an activity. Activities require time to complete; events do not. Activities are represented by straight (not curved) arrows. Events are represented by circles. The first event of a project is always " the project is begun, " and the last event of a project is ended. "

The first activities (arrows) of a project are always drawn from the first event (circle), and the last activities of a project are always drawn to end in the last event.

A dummy activity involves no work and no time ; it simply shows the precedence relationship, or the order of activities.

For all activities that begin a project, their ECs are their durations. For instance, the EC of Activity a is 20 which is its duration, because it begins the project. For all other activities, an activity's EC is the EC of its immediate predecessor activity plus its duration (D). Note that when an activity has two or more immediate predecessor activities, the largest EC among the immediate predecessor activities must be used in computing its EC.

LC represents the latest elapsed time from the beginning of the project that we can finish an activity. The LC for all activities that end in the last event will always be greatest EC of the project.

LC for any other activity is computed by subtracting the immediate successor activity's (the activity to its immediate right in the network) duration (D) from the immediate successor activity's latest completion (LC). Note that when an activity has more than one immediate succeeding activity (activities to its immediate right in the network), its LC is computed by comparing the values of LC-D for all of the immediate succeeding activities. The smallest LC -D value is then used as its LC.

For each activity , $S = LC - EC$. For each activity, subtract its EC from LC and write the value of s,

The activities with zero slack are the activities on the critical path. If any activities on the critical path are delayed, the project completion time will also be delayed by the same amount of time .

PERT is almost identical to CPM in regard to its functions network diagrams, internal calculations, and resulting project management reports. The minor exceptions surround the activity time estimates.

In CPM an activities duration is based on a single time estimate. In PERT three time estimates are made for each activity. Pessimistic time (b), bad luck were encoured; most likely time (m), the consensus best estimate; and optimistic time (a), if all goes well . From these three time estimates amean (D) and variance (V) are computed for each activity ;

$$D = \frac{a + 4m + b}{6} \quad \text{and} \quad V = \left[\frac{b - a}{6} \right]^2$$

CPM ve PERT are designed to offer project managers planning, scheduling, and control aimed at only one project performance dimension - time performance. Most organizations today, whether goods - producing or service-producing private industry or government, must also plan and control for another project performance dimension-cost

or project expenditures.

CPM and PERT is widely used across a great variety of organizations. But it tends to be used across a narrow range of applications. Project planning and control dominates all other applications, while production planning and control and maintenance planning and control account for the remainder of the uses of PERT / CPM.

Activity Cost - Time Trade-offs

Project managers occasionally may have the options of crashing, or accelerating, activities - spending extra money to compress an activity's duration by using overtime, subcontracting, expediting materials, and so on. If any projects are in danger of running over the allowable project duration, managers often consider crashing as a viable alternative.

Given that managers have several activities in the project that can be crashed or accelerated, how does one decide which activities to crash, if any, and in what order? The general rules are :

1. Crash only critical activities - activities on the critical path, those activities with zero slack.
2. Crash activities with lowest crashing cost per unit of time first until the desired project duration is achieved.
3. When parallel critical paths exist, each of the parallel paths must be compressed. Accelerating only one of the paths will not reduce the project duration.

As a result, CPM / PERT forms a family of techniques that are used widely in organizations today. These techniques help operations managers to structure projects so that it is understood what activities must be done and when they must be done, to identify corrective actions that must be

taken, to assign responsibilities for activities, to control costs, and to plan and control time performance. The bottom line is that they work well for operations managers in spite of their shortcomings, and that is the reason they are used so widely. The fact that so many low - cost CPM / PERT computer software packages are available today also supports their continued use.



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Her değerli proje boyunca planlama, programlama ve kontrol çalışması, yetenekli bir yönetim için ihtiyaç duyulan bir görevdir. Yüzlerce hatta binlerce ayrı birbiriyle ilişkili aktiviteyi içeren proje son derece karmaşık olabilir. İşletme yöneticileri, ellerinde bulunan kıt kaynakları optimum şekilde kullanmak, bu kaynakları etkin ve yararlı yatırımlara dönüştürmek, ileriye dönük politikalarını saptamak, plan ve programlarını uygulamak üzere yöneylem araştırma tekniklerine başvururlar. Bir sistemin problemlerine çözüm getirmek amacı ile kullanılan yöneylem araştırma teknikleri arasında bulunan şebeke analiz teknikleri yaygın bir kullanma alanı kazanmıştır. Bunun başlıca nedenleri: Şebeke analizi tekniklerinin, sistem analizi sürecinin en kritik aşaması olan model kurma çalışmalarını basitleştirmesi, sistemin belirgin özelliklerini tartışmak, incelemek ve geliştirmek için uygun bir haberleşme aracı olması, analiz için gerekli verilerin

saptanmasına yardımcı olması ve nihayet sistem analizi ve planlaması için iyi bir başlangıç noktası olusturmasıdır. Butun bu nedenlerin yanında, sebeke analizi tekniklerinin geliştirilmesi sonucu, çok farklı sistemlere uygulanabilir bir araç sekline getirilmesi, bu tekniklerin daha da yaygın olmasına neden olmuştur.

Temel yaklaşım, problemlerin belirlenmesinden hemen sonra model geliştirilmesini gerektirir. Bu modeller sistem hakkında deney yapmamızı, niteliklerini anlamamızı ve onları kontrol etmemizi sağlayan önemli bir araçtır. Bu nedenle sistem ve model kavramları ele alınmıştır.

Sebeke analizi tekniklerinin uygun başlangıcı çizge kuramıdır. Sebeke analizi tekniklerini kullananların çoğunun ilerlemeleri, çizge kuramındaki birikimler ile hızlanmıştır. İlk olarak bir projedeki bütün faaliyetleri bir zaman ölçütü içinde gösteren GANTT diyagramları geliştirilmiştir. Faaliyetlerin durumunu göstermek, programın arkasında veya önünde olduğunu belirtmekte etkin olan GANTT diyagramları, faaliyetlerdeki gecikmelerin diğer faaliyetler üzerine olan etkisini kontrol edememektedir. Bu yüzden çalışmalar, bağımsız bir takım faaliyetler değil, projenin tümü içerisinde bir faaliyetin diğerleri ile olan

iliskilerini arastirmaya yönelmiştir. Böylece faaliyetlerdeki gecikmenin diğer faaliyetlere ve tüm projeye olan etkisini çıkarabilecek kritik faaliyetleri belirleyecek CPM ve PERT şebeke analizleri ortaya çıkmıştır.

CPM ve PERT analizleri şebekedeki tüm faaliyet ve olayların deterministik olduğu varsayımı ile yapıılıyordu. PERT tipi şebekede belirtilen belirsizlik sadece faaliyet süreleri ile ilgili bir belirsizlik değildi. Üretim, ekonomi ve benzeri sistemlerde mantıki olaylar ve birçok belirsiz faaliyetler söz konusu olduğundan bu sistemlerin analizi için PERT ve CPM tipi deterministik modeller yetersiz kalmıştır. Bu şebekelerdeki olasılık kavramı kullanılarak projeyi temsil eden alternatif şebekelerin bulunabileceği önerilmiştir. Bu genelleştirmeye " probabilistik PERT " adı verilmiştir. Alternatif yollarla ilgili benzer gelişme Growton ve Thomson tarafından önerilmiş ve " Decision CPM " adı verilmiştir. Daha sonraları Elmaghraby çok parametrelili dal ve yeni düğüm tanımlamaları ile şebeke yapısında yeni bir notasyon geliştirilmiştir. Genelleştirilmiş faaliyet şebekeleri (GAN) sözcüğünü bu tür şebekeleri tanımlamak için kullanmıştır.

BÖLÜM 2

SİSTEM VE SİSTEM KAVRAMLARI

Bir sistemin özelliklerinin incelenmesi, tanıtılması ve genişletilmesinde sebekeler modellerinin yeri büyüktür. Bu nedenle sebekeler modellerine geçmeden sistem ve sistem modeli kavramlarına kısaca göz atmak gerekmektedir.

2 . 1. SİSTEM KAVRAMI

Sistem kelimesinin son derece geniş bir anlamı vardır. Her meslek grubunda sistem kelimesi ayrı anlamlara gelir. Örneğin iktisatçı için sistem, bir takım ekonomik kurumlar ve bunların arasındaki ilişkilerdir, bir elektronikçi için sistem, bir takım devreler ve dirençlerdir. Günlük yaşamımızda sistem kelimesi sık sık kullanılır. (Ulaştırma, haberleşme sistemi gibi)

Sistem bir birlik veya organik bütün oluşturacak biçimde birbiriyle ilişkili, bağlantılı elemanlar kümesi, mantıklı

bir plan gösteren düzenli biçim halinde sıralanmış ilkel, kurallar kümesidir. Ancak bu tanım çok geniştir, daha sınırlı bir tanım için sistem; birbirleri ile karşılıklı ilişki ve bağımlılık gösteren bileşkenlerin kümesidir.

Sistem aralarında ilişki veya bağımlılık bulunan elemanlardan oluşan bir yapı veya organik bütün, birbirleri ile olan ilişki ve bağımlılıkları göz önüne alınarak mantıklı bir plana göre düzenlenmiş bir olaylar, kurallar düşünceler topluluğudur.

Yukarıdaki tanımların ışığı altında sistem herhangi bir amaca veya hedefe varabilmek için birlikte çalışan ve birbirlerini karşılıklı etkileyen parçaların bir araya gelmesinden oluşan bir bütündür.

Sistem tek bir amaca sahip olmayabilir ve birçok bileşene sahip olabilir. Bu bileşenler arasındaki ilişkiler sınırsız olabilir, bu yüzden sistem karmaşık bir yapı gösterir.

Sistemi etkileyen her şey sistemin parçası olmayabilir. Örneğin üretim sisteminde makineler, hammadde veya ara mamullerin, işçilerin üretim işlemleri, sistemin sınırları içinde; sistemin kontrolünde kontrolümüzün altında olmasına

rağmen tüketici istekleri sistemin dışında çevrenin bir parçasıdır.

Sistem birçok alt sistemin birlesimidir. Örneğin, makina ve işçilerden oluşan iş istasyonu, atelyenin; atelye imalat sisteminin, imalat sistemi ise fabrikanın alt sistemini olusturur.

2. 2. SISTEM MODELİ KAVRAMI

Bir sistemin değişen şartlar altındaki davranışlarını incelemek, kontrol etmek ve geleceği hakkında tahminlerde bulunmak amacı ile elemanlar arasındaki bağıntıları kelimeler ve matematik terimlerle belirleyen ifadeler topluluğuna model denir.

Daha genel ve kısa bir tanım yaparsak modeller rasyonel yollardan incelenebilen sistemlerin temsilcisidir.

Sistem modeli kurulmasında dikkat edilecek husus modelin hem gerçek sistemi yeterince temsil etmesi hem de kontrol edebilme özelliklerine sahip olmasıdır. Gerçek ortamın çok karmaşık olması sebebiyle bu çok güçtür. Bu karmaşıklıktan kurtulmak için amaca yönelik olmayan bileşenler

ihmal edilerek gercek sistem basite indirgenmis olacaktir. Bunu yaparken modelin yetersiz kalmamasina ozen gosterilmelidir. Urnegin, ekonomik modellerde en onemli ozellik davranislarin belirsiz olmasi ve olaylarla ilgili faktorerler arasında cok yonlu karmaşik iliskinin bulunmasi gibi.

Modelin amaci sistemin belirli sartlar altında davranislarini aciklamak veya tahmin etmektir. Sistemi basite indirirken bazı bileşenleri ihmal edilmis olacaktir. Bu yuzden tahminlerin belli hata paylari icermesi dogal olacaktir. Bu hatalarin ihmal edilip edilmeyecegi model kurucunun kararina baglidir. Eger hata ihmal edilemez araliginda ise model tekrar gozden gecirilmelidir ve yeni bileşenleri modele katmak gerekir.

Bir modelin basarisı, tahminlerde gosterdigi hassasiyetle olculur. Bu duyarlılık baslıca iki faktore baglidir.

- 1) Modelin dayandigi teoriler ve cozum tekniği
- 2) Modelde kullanilan verilerin gercege uygunluk derecesi

Model kurucunun basarisı elemanlari ve elemanlar arasi iliskiye iyi tanimlamasi ile olculur.

2. 2. 1. Model Kurma Aşamaları

Model kurmada kapsayacak konu önceden tesbit edilmeli, asırı derecede basite indirgmeden ve lüzumundan fazla ayrıntılara inmeden kurulmalıdır. Model kurma aşamalarını aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

- 1) Amacın belirlenmesi,
- 2) Bağımlı ve bağımsız değişkenler ile katsayıların seçimi ve tanıtılması,
- 3) Sistemi mümkün olduğu kadar basite indirmek, değişkenlerin kontrol altına alınıp alınamıyacağına göre ayırımı,
- 4) Değişkenler arası bağlantının kurulması,
- 5) Matematik forma getirilen modelin çözümü,
- 6) Modelin test edilerek gerçek verilerle kontrol edilmesi
- 7) Test sonucu varsa modelde bulunan aksaklıkların geriye dönülerek giderilmesi.

Bir sistemin modelinin kurulması aşağıdaki şartlarda kolaylaşabilir.

- 1) Sisteme ait fiziksel yasa biliniyorsa,
- 2) Sistemin resim ve grafiği çizilebiliyorsa,

3) Sistem girdileri, elemanlar ve çıktılarındaki değişkenlik kontrol altına alınabiliyorsa.

Kantitatif olarak ifade edilen model değişik teknikler ile çözülebilir. Bu teknikler:

- 1) Analitik çözüm teknikleri,
- 2) Nümerik çözüm teknikleri,
- 3) Simulasyon çözüm teknikleri.

Bir modelin çözümü için problemin modeli kurulduktan sonra en uygun tekniğin seçilmesi gerekmektedir.

2. 2. 2. Modellerin Sınıflandırılması

Modeller isledikleri konu, değişkenlerin özelliği, kullanıldığı matematik teknikler gibi kriterlere göre sınıflandırılabilirler.

2. 2. 2. 1. Islediği Konuya Göre

- a) Stok kontrol,
- b) Yatırım,
- c) Üretim programlama,
- d) İsgücü planlama

2. 2. 2. 2. Değişkenlerin Özelliğine Göre

- a) Deterministik değişkenler (ölçülebilir ve belirlidir),
- b) Stokastik değişkenler (tesadüfi değerler alırlar).

Gerçekte sadece deterministik veya sadece stokastik bir model kurmak güçtür, genellikle modeller her iki tip değişkenin etkisi altındadır.

2. 2. 2. 3. Kullanılan Matematik Tekniğe Göre

- a) Lineer,
- b) Geometrik,
- c) Konkav,
- d) Aralıklı lineer.

2. 2. 2. 4. Çözüme Elverişlilik Bakımından

Basit sistemlerin modellerini matematiksel formüllerle temsil etmek mümkündür. Ancak ekonomik sistemlerde değişken sayısı fazla ve bağlantılarda belirsizlikler olduğundan kesin bir çözüme ve formulasyona gitmek güçtür. Bu nedenle çeşitli varsayımlarla sistemin muhtemel davranışlarını simüle eden modeller kurulur.

2. 2. 2. 5. Sistemin Ayrıntılarına İnme Derecesi Bakımından

a) Tanımsal(Descriptive). Yalnızca girdi-cıktı ilişkisini inceler, girdi - çıktı arasında cereyan eden olaylarla ilgilenmez.

b) Analitik. Bir sistemin bünyesindeki değişmeler ve davranışları anlamak için analitik modeller kullanmak gerekir

2. 2. 2. 6. Kapsadığı Zaman Aralığı Bakımından

- a) Kısa vadeli,
- b) Uzun vadeli.

Bunu ayırt etmek kapsadığı zaman aralığı kadar olayların tekrarlanma sıklığına bağlıdır.

2. 2. 2. 7. İncelediği Sistemin Genişliğine Göre

- a) Makro,
- b) Mikro.

2. 2. 2. 8. Sonuçların Niteliğine, Kullanılış Sekline Göre Sınıflandırılması

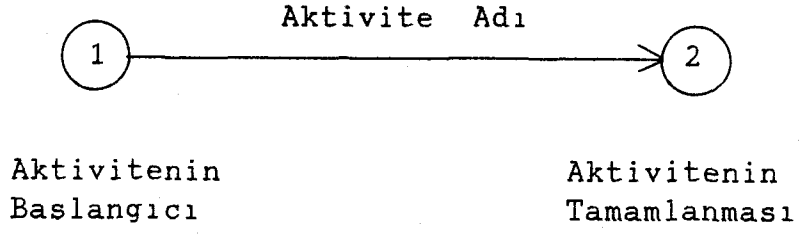
Bazı modeller yukarıdaki sınıflardan birkaçına girebilir, onun için modeli isimlendirirken önemli özelliğine göre veya tüm özelliğini içeren bir kelime ile isimlendirmek yerinde olur.

2. 3. BİR SİSTEMİN SEBEKE MODELİ

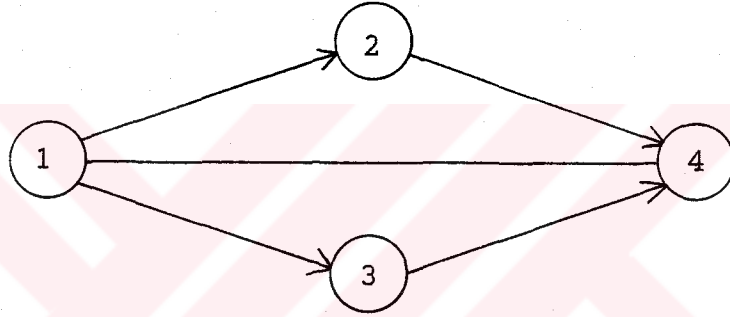
Ulaşım hatları, haberleşme şebekeleri, enerji taşıma hattı gibi kavramları günlük hayatımızda kullanırız. Bu türdeki deyimlerde şebeke kavramı ile simgelenmektedir.

Sebeke, düğüm ve hat kümesidir. Hat ise iki düğümü birleştiren çizgidir. Sebeke planlaması, planın programdan ayrılması ve ayrı yapılması temeline dayanıyor. Mantık zinciri ve aktivitelerin birbiriyle olan ilişkileri ok diyagramlarıyla gösterilir. Her aktivite bir ok ile gösterilmiştir. (GEZICI, 1977)

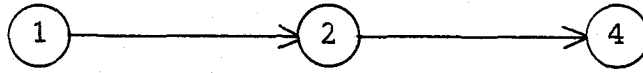
Sebeke diyagramlarında daireler düğümleri, iki daireyi birleştiren çizgide bir hattı temsil etmektedir. Herhangi iki düğümü birbirine bağlayan hat sırasına zincir adı verilir.



Sekil 2. 1. Ok Diyagramı



Sekil 2. 2. Sebeke Diyagramı



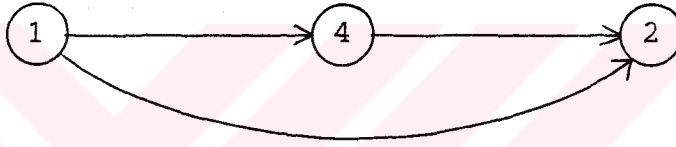
Sekil 2. 3. Zincir

Sekil 2. 3. de 1 ve 4 düğümlerini birbirine birleştiren bir zincirdir. Örnek olarak diğer bir zincir Sekil 2. 4. de verilebilir.



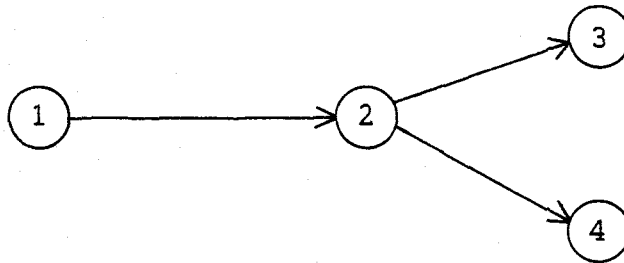
Sekil 2. 4. Zincir

Bir düğümü tekrar kendisine birleştiren hatların oluşturduğu zincire ise **cevrin(loop)** adı verilir. Sekil 2. 5. (1-4-2-1) sırası ile bir çevrimi vermektedir.



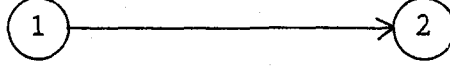
Sekil 2. 5. Cevrim

Herhangi bir çevrim ihtiva etmeyen ve her bir düğüm diğer her düğümüne bir hat ile bağlı olan bir sebekeye **ağac** adı verilir. Ağac için örnek Sekil 2. 6. verilebilir.



Sekil 2. 6. Ağac

Bu hat aşağıdaki gibi bir okla gösterilirse,



Sekil 2. 7. Yönlendirilmiş Hat

yönlendirilmiş hat adı verilir.

BOLUM 3

CIZGE KURAMI, GANTT DIYAGRAMI

3. 1. CIZGE KURAMI

Elimizde, ayrıtlar ve düğümler olarak adlandıracağımız iki ayrı öğeler kümesi bulunsun. Ayrıtların oluşturduğu kümeyi Ψ , düğümlerin oluşturduğu kümeyi ise Δ ile gösterelim. Bu kümelerdeki öğelerin sayısı,

$$a = |\Psi|$$

ve

$$d = |\Delta|$$

olsun. Her $a_j \in \Psi$ için, Δ kümesinde karşılıklı tek bir düğüm çifti $(d_j, d_k) \in \Delta$ varsa, bu karşılıklı ilişkisine, a ayrıtı ile d_j ve d_k düğümleri arasındaki **cakışım ilişkisi** diyeceğiz. Cakışım ilişkisini böylece açıkladıktan sonra, $C(d,a)$ çizgesini aşağıdaki gibi tanımlayabiliriz.

3. 1. 1. Tanım: Δ ve Ψ kümeleri arasındaki bir çakışım ilişkisinin tanımladığı yapıya, d sayıda düğümü ve a sayıda ayrıtı olan $C(d,a)$ çizgesi denir.

Tanım 3. 1. 1. de olduğu gibi tanımlanan her soyut çizgeye ilişkin, somut bir çizimsel gösterimin varolacağı gözden kaçmamalıdır. Örneğin,

$$\Psi = (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5)$$

ve

$$\Delta = (d_1, d_2, d_3, d_4)$$

kümeleri arasındaki çakışım ilişkisi,

$$a_1 \text{ --- } (d_1, d_2)$$

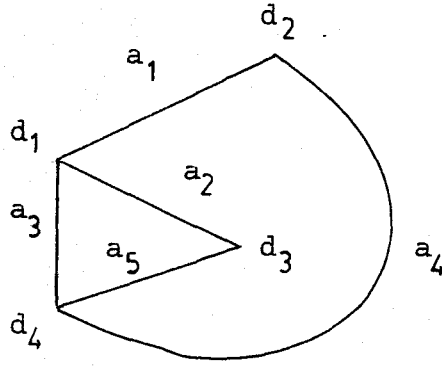
$$a_2 \text{ --- } (d_1, d_3)$$

$$a_3 \text{ --- } (d_1, d_4)$$

$$a_4 \text{ --- } (d_2, d_4)$$

$$a_5 \text{ --- } (d_3, d_4)$$

olsun. Bu soyut $C(4,5)$ çizgesinin, somut çizimsel gösterimi Sekil 3. 1. de verildiği gibi bulunabilir.

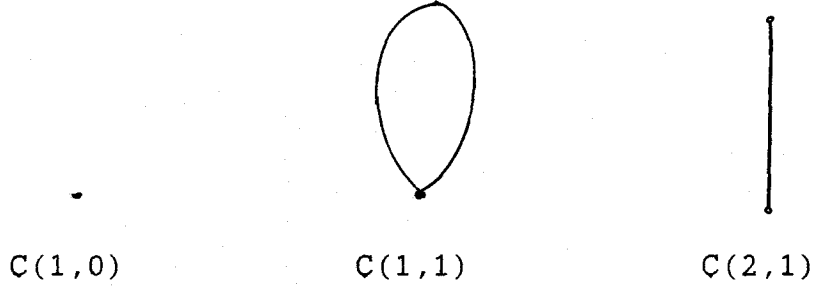


Sekil 3. 1. $C(4,5)$ Cizgesinin çizimsel gösterimi

Her somut gösterime karşılık gelen soyut bir gösterim de bulunabileceği için, bundan böyle $C(d,a)$ cizgesinin soyut veya somut bir gösterim olduğuna ilişkin herhangi bir ayırımda bulunmayacağız. Cizgede, bir düğüme bağlı olan bütün ayırımların oluşturduğu kümeye, o düğümün tanımladığı cakışım kümesi diyeceğiz. Örneğin, Sekil 3. 1. deki $C(4,5)$ cizgesi için,

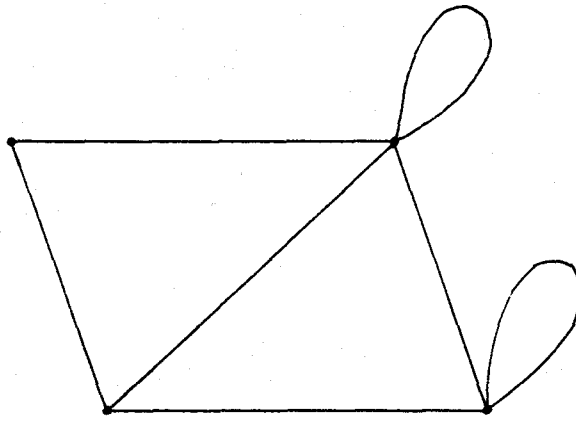
$$(a_1, a_2, a_3), (a_1, a_4), (a_2, a_5) \text{ ve } (a_3, a_4, a_5)$$

sırasıyla d_1, d_2, d_3 ve d_4 düğümlerinin tanımladığı cakışım kümeleridir. Sekil 3. 1. de gösterilen $C(1,0)$ (tek düğüm) ve $C(1,1)$ (tek çevre) ve $C(2,1)$ (tek ayırıt) cizgelerine kısaca ilkel cizge denir.



Sekil 3. 2. İlkel Cizgeler

Bir ayrıtın cakısıık olduğu düğüm çiftine, söz konusu ayrı-
 tın **uç düğümleri** denir. Uç düğümleri cakısıık olan ayrıt-
 ların çizgede tekçevreler oluşturaçağı gözden kaçmamalıdır
 Tekçevreleri de içeren çizgelere **sözdecizge** denir. Sekil
 3. 3. de, sözdecizgeye bir örnek gösterilmiştir.

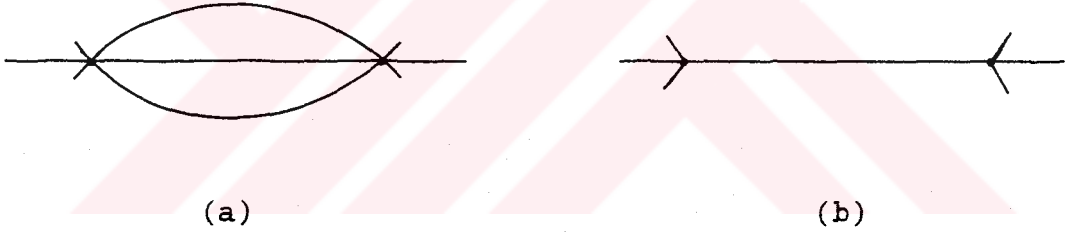


Sekil 3. 3. Sözdecizgeye örnek

3. 1. 2. Tanım: Aynı düğüm çiftine cakisık olan ayrıtlara **kosut bağılı ayrıtlar** denir.

3. 1. 3. Tanım: Bir düğüm yalnız iki ayrıt bağılı ve bu ayrıtların öbür uç düğümleri birbirlerinden değişik ise, bu ayrıtlara **dizi bağılı ayrıtlar** denir.

Sekil 3. 4. (a) ve (b) de, sırasıyla kosut ve dizi bağılı ayrıtlara örnek gösterilmiştir.



Sekil 3. 4. Kosut ve Dizi Bağılı Ayrıtlara Örnek

Kosut bağılı ayrıtları içeren çizgelere **çoğulcizge** denir.

Sekil 3. 5. de, çoğulcizgeye bir örnek gösterilmiştir.

Tekçevreleri ve kosut bağılı ayrıtları birlikte içeren çizgelere ise **karmaşık çizge** denir. Kosut bağılı ayrıtları veya tekçevreleri içermeyen çizgelere **yalın çizge** denir.

Cizgeyi, ayrıtların oluşturduğu bir küme olarak düşünersek, küme kuramında kullandığımız küme işlemlerini çizgelere de uygulayabiliriz. Bu işlemlerin çizgelere uygulanmasını açıklamak için, orta ayrıt ve düğümleri bulunan C ve C çizgelerini düşünelim :

a) Birleşim işlemi : $C_0 = C_1 \cup C_2$

C_0 çizgesi C_1 ve C_2 de bulunan bütün ayrıtları içerecektir.

b) Kesisim işlemi : $C_0 = C_1 \cap C_2$

C_0 çizgesi yalnız C_1 ve C_2 ye ortak olan ayrıtları içerecektir.

c) Çıkartım işlemi: $C_0 = C_1 - C_2$

C_0 çizgesi C_1 in C_2 de bulunan ayrıtlarının dışında kalan ayrıtlarını içerecektir.

d) Cembersel toplam işlemi :

$$C_0 = C_1 \oplus C_2$$

$$\triangleq (C_1 \cup C_2) - (C_1 \cap C_2)$$

C_0 çizgesi C_1 ile C_2 nin birleşiminden, C_1 ile C_2 nin kesisiminin çıkartımına esittir.

e) Duğum çıkartım işlemi :

$$C_0 = C_1 - (d_1, d_2, \dots, d_i)$$

C_0 çizgesi en az bir uç duğumu

$(d_1, d_2, \dots, d_i)$ kümesindeki duğumler-

den biri olan ayrıtların C_1 den cı-

kartımına esittir.

3. 1. 4. Tanım: $C(0,0) = \emptyset$ olarak gösterilen, ayrıt ve duğumleri bulunmayan çizgeye **bos çizge** denir.

C_1 çizgesi C_2 deki ayrıtların bir bölümünden olussun. Baska bir deyişle, C_1 in bütün ayrıtları, C_2 ninde ayrıtları olsun. Bu ilişkiyi,

$$C_1 \subseteq C_2$$

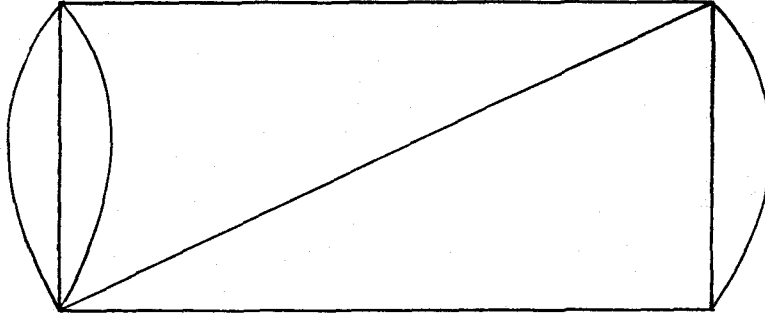
simgesi ile gösterebiliriz.

3. 1. 5. Tanım: $C_1 \subseteq C_2$ ilişkisini sağlayan çizgilerden:

a) C_1 , C_2 nin **altçizgesi**,

b) C_2 ise, C_1 in **ustçizgesi** dir.

3. 1. 6. Tanım: $C_1 \subset C_2$ koşulunu sağlayan, C_1 ve C_2 çizgeleri için, $C_1^T = C_2 - C_1$ olarak tanımlanan C_1^T çizgesine, C_1 in C_2 ye göre **tümleyeni** denir.



Sekil 3. 5. Coğul Cizgeye Bir Örnek

3. 1. 6. Tanım dan C_1, C_2 nin altcizgesi ise, C_1^T nin de C_2 nin bir tümleraltcizgesi olduğu anlaşılır. Bu tanımlara göre:

$$C_1 \cup C_1^T = C_2$$

$$C_1 \cap C_1^T = \emptyset$$

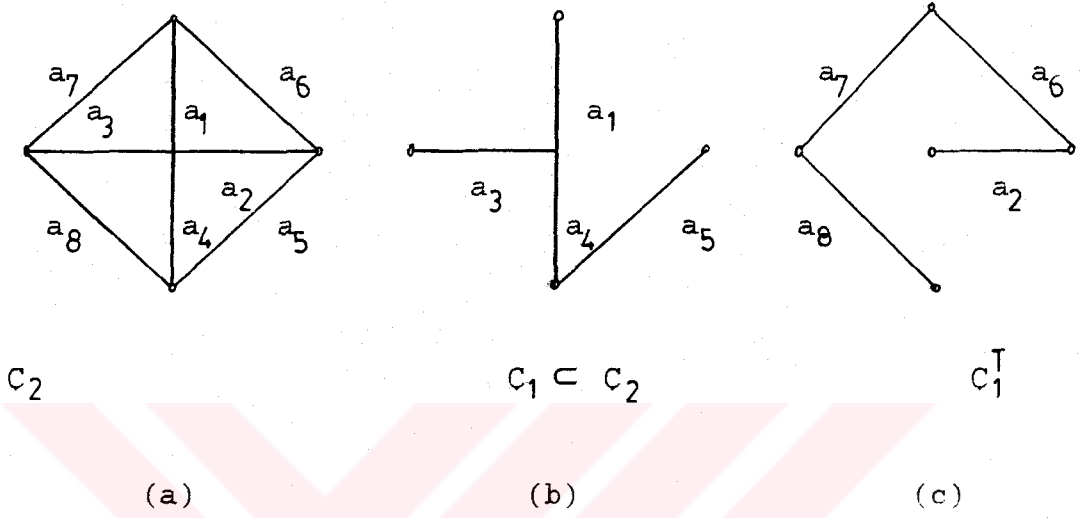
$$C_1 \oplus C_2 = C_1^T$$

olduğu gözden kaçmamalıdır. Sekil 3. 6. da, C_2 çizgesinin bir altcizgesi C_1 ve C_1 e ilişkin tümleraltcizgesi C_1^T gösterilmiştir.

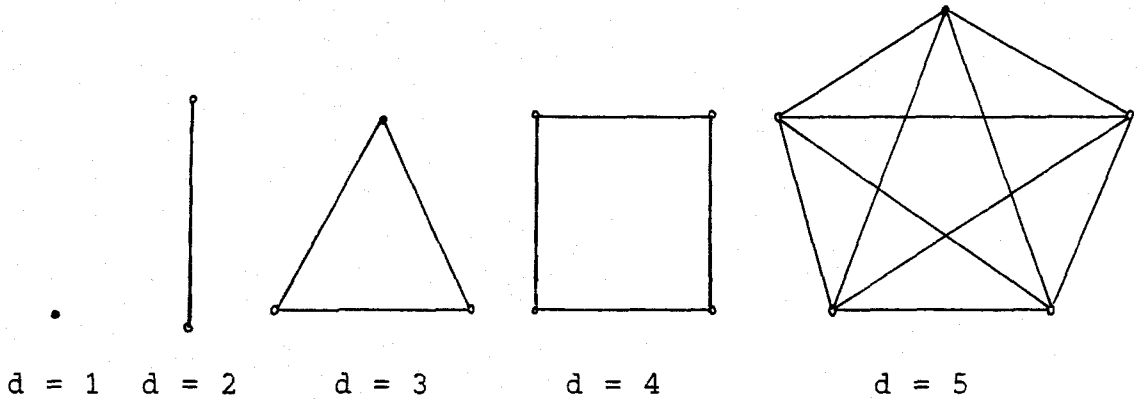
3. 1. 7. Tanım: Her düğüm çifti arasında bir ayrıtı bulunan çizgeye dolu çizge denir.

d sayıda düğümü bulunan dolu çizgeyi $D(d)$ olarak

göstereceğiz. Şekil 3. 7. de, değişik sayıda düğüm içeren dolu çizgelere örnek verilmiştir. $D(3)$ çizgesine genellikle **Üçgen** denir.



Sekil 3. 6. Altçizge ve tümaleraltçizge kavramlarının açıklanması



Sekil 3. 7. Dolu Çizgelere Örnek

Dolu çizgeler için ayrıt sayısının,

$$a = 1/2 d (d-1)$$

olacağı hemen görülecektir. Öyleyse, yalın çizgilerin ayrıt sayısı a ,

$$0 \leq a \leq 1/2 d (d-1)$$

esitsizliğini sağlayacaktır.

3. 1. 8. Tanım: $\tilde{C}(d, \tilde{a})$ olarak gösterilen ve $C(d, a)$ nın, $D(d)$ ye göre tümleyeni olan çizgeye **tümlercizge** denir.

Tümlercizgedeki ayrıt sayısı,

$$\tilde{a} = 1/2 d (d-1) - a$$

esitliğinden bulunabilir.

3. 1. 9. Tanım: $\tilde{a} = 0$ olan ve $T(d)$ simgesi ile gösterilen tümlercizgeye **ilkel tümleyen** denir.

Dolu çizgenin tümlercizgesi bir ilkel tümleyendir.

3. 1. 10. Tanım: Cizgedeki bütün düğümleri içeren altcizgelere kapsar altcizge denir.

İlkel tümleyen bir kapsar altcizgedir. Ayrıca, tümlercizge dolu çizgenin bir kapsar altcizgesi olarak da düşünülebilir.

3. 1. 11. Tanım: Δ_0 , Δ nın bir altkumesini gösterebilir. U_0 düğümleri Δ_0 nın içinde olan ayrıtların tanımladığı ve Π_{Δ_0} olarak gösterilen altcizgeye Δ_0 nın irtittiği irtitilmiş altcizge denir.

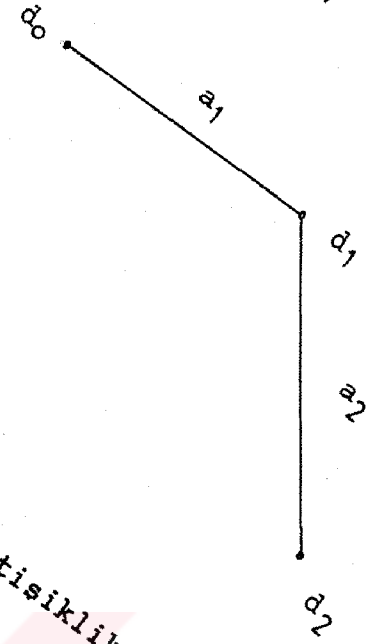
3. 1. 12. Tanım: (a) Aralarında bir ayrıt bulunan düğümler bitisiktir.

b) Ortak bir düğümü bulunan ayrıtlar bitisiktir.

Örneğin, Şekil 3. 9. da a_1 ve a_2 ayrıtları; d_1 ve d_2 düğümleri bitisiktir.

3. 1. 13. Tanım: d_i düğümüne bitisik olan düğümlerin tanımladığı $\mathcal{N}_i$ düğüm kümesine, d_i düğümünün yöresi denir.

3. 1. 14. Tanım: $\tilde{\mathcal{N}}_i = \mathcal{N}_i \cup d_i$ olarak tanımlanan düğüm kümesine, d_i düğümünün kapalı yöresi denir.



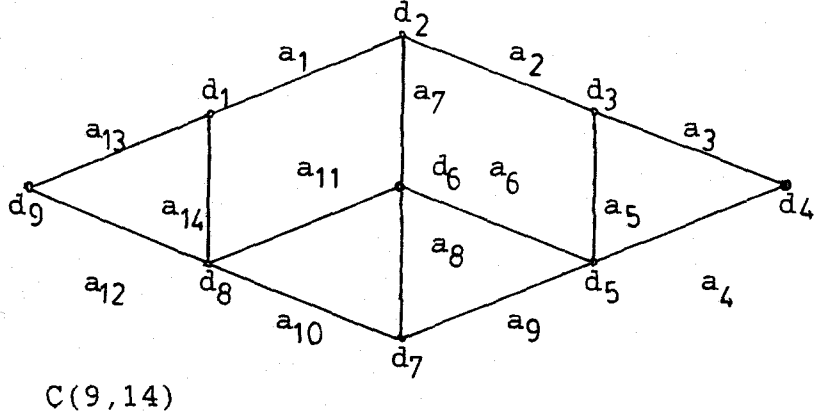
Sekil 3. 8. Bitisiklik.

3. 1. 15. Tanım: $C(d,a)$ çizgesindeki düğümlerin bir alt kümesi, her düğüm istenildiği kadar yinelenerek $(d_0, d_1, \dots, d_n)$ biçiminde dizilsin öyle ki, $1 \leq i \leq n$ için, d_{i-1} ve d_i düğümleri arasında bir a_j ayrıtı bulunsun. Bu düğüm dizisine ilişkin a_j ayrıtlarının oluşturduğu

$D_{1,n} = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ dizisine, $C(d,a)$ çizgesi içindeki bir dolası denir.

3. 1. 16. Tanım: Yalnız tekkatli ayrıtlardan oluşan dolasıya gezi $(G_{i,j})$ denir.

Dolasıda olduğu gibi $G_{i,j}$ gezisi için de; uç düğümler, açık gezi, kapalı gezi ve gezi uzunluğu ($|G_{i,j}|$) kavramları benzer olarak tanımlanır.



Sekil 3. 9. Dolaşının açıklanması

Sekil 3. 9. daki $C(9,14)$ çizgesine göre,

$$G_{1,5} = (a_1, a_7, a_{11}, a_{10}, a_8, a_6, a_4, a_3, a_5)$$

uç düğümleri d_1 ve d_5 , uzunluğu ise 9 olan bir gezidir.

3. 1. 17. Tanım: Bir düğüme çakışık olan ayrıtların sayısına, düğümün kertesı denir.

d_i düğümünün kertesini k_i ile gösterelim. Her ayrıt yalnız iki düğüme çakışık olabileceğinden,

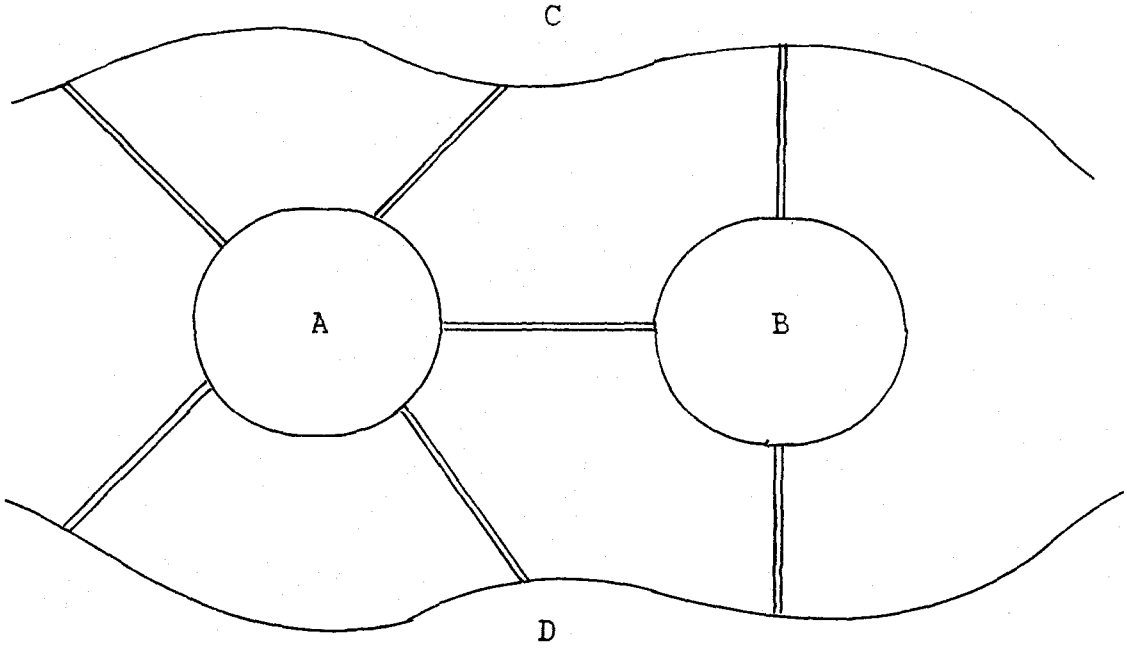
$$2a = \sum_{i=1}^d k_i$$

esitliđi hemen yazabiliriz. (CEYHUN, 1976)

3. 1. 1. EULER CİZGELERİ

Cizge kuramı, doğusunu ve ilk gelişimini bir yerde bulmacalara borçludur. Bunlardan en basta geleni de " Königsberg Köprüleri " diye adlandırılanıdır. Königsberg (bugünkü Kaliningrad) kentindeki Pregel ırmağında, Sekil 3. 1. de gösterildiği gibi, iki ada ve bu adaları birbirlerine ve kıyılara bağlayan yedi köprü vardır. Sorun A, B, C ve D ile gösterilen herhangi bir kara parçasından başlayarak ve yeryuvarlağının çevresinde dolanmadan veya uçmadan, bu yedi köprünün her birinden yalnız bir kez geçerek başlangıç yerine geri gelmekti. Euler bu bulmacanın çözümünü ararken, bugün Euler çizgesi diye adlandırdığımız çizgelerin özelliklerini ortaya koyarak, çizge kuramının da temellerini atmış oldu.

3. 1. 1. 1. Tanım: Ayrıtları, kapalı bir gezi olarak çizilebilen çizgelere bağlı Euler çizgesi denir.



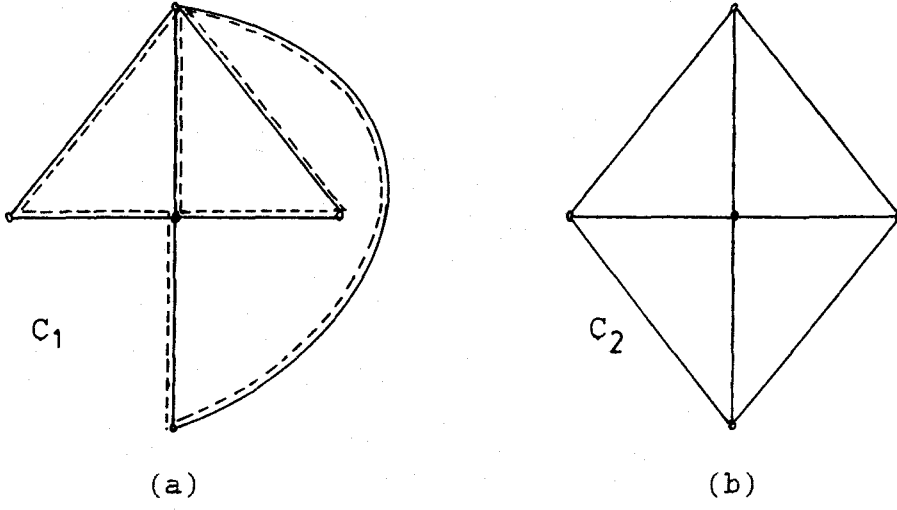
Sekil 3. 10. Königsberg Köprüleri

3. 1. 1. 2. Tanım: Her parçası bir Euler çizgesi olan çizgelere Euler çizgesi (E) denir.

Sekil 3. 11. deki çizgelerden C_1 Euler çizgesidir. Sekil 3. 11. deki C_2 çizgesi ise Euler çizgesi değildir. Kapalı gezideki düğüm kerteleri çiftsayı olduğu için, Euler çizgesinin tanımını aşağıdaki gibi verebiliriz.

3. 1. 1. 3. Tanım: Butün düğümlerinin kertesi çift sayıya eşit olan çizgelere Euler Çizgesi denir.

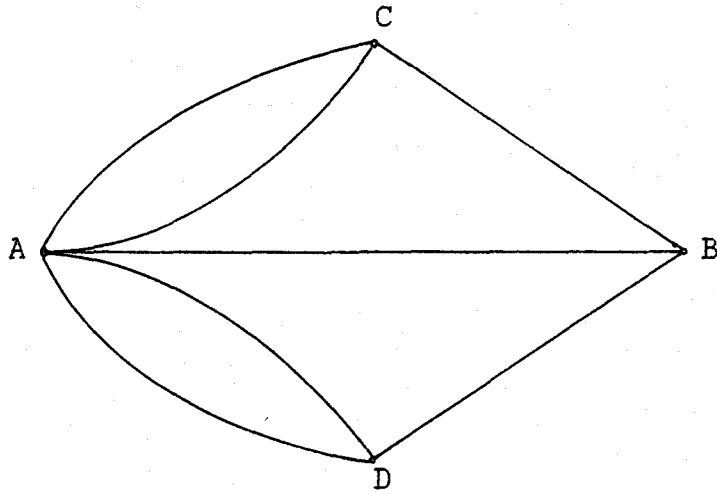
Königsberg köprülerini, bu ön bilgilerin ışığı altında bir



Sekil 3. 11. (a) Bir Euler çizgesi

(b) Euler olmayan bir çizge

kez daha düşünelim. Sekil 3. 10. daki çizimde, kara parçalarını düğümler, köprüleri de ayrıtlar ile gösterirsek, Sekil 3. 12. deki çizmeyi elde ederiz.



Sekil 3. 12. Königsberg köprülerine ilişkin çizge.

3. 1. 1. 4. Tanım: İç düğümlerinin kertesı 2, uç düğümlerinin kertesı 1 olan geziye yol (Y_{ij}) denir.

Dolaşı ve gezi de olduğu gibi, yoldaki ayrıtların sayısına yol uzunluğu ($|Y_{ij}|$) denir.

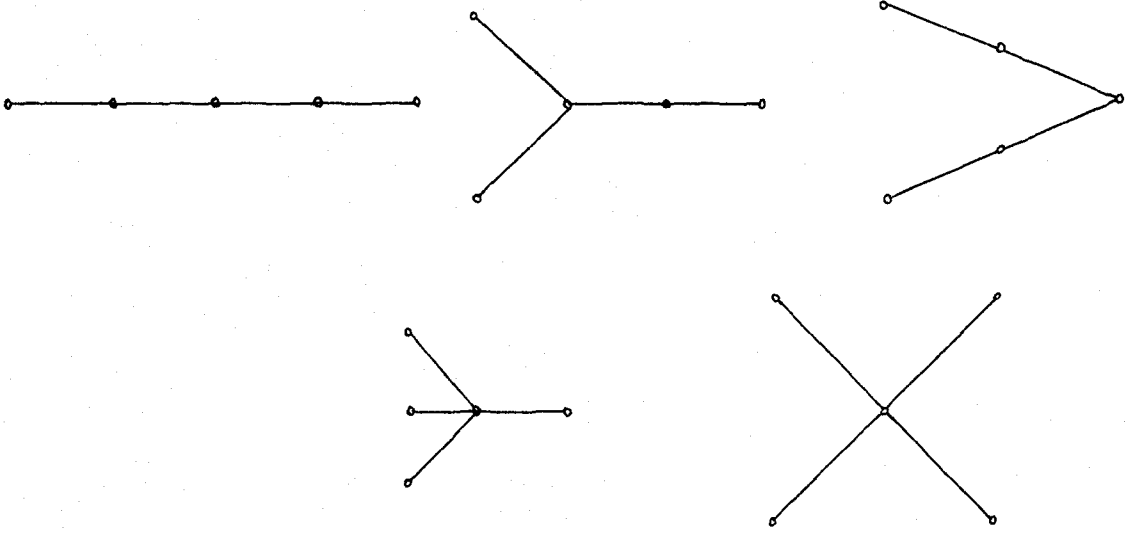
3. 1. 1. 5. Tanım: Uç düğümleri çakışık olan yola (kapalı yol) çevre (C) denir.

3. 1. 1. 6. Tanım: Her düğüm çifti arasında en az bir yol bulunan çizgelere bağlı çizge denir.

3. 1. 1. 7. Tanım: Bağlı olmaya çizgelere parçalı çizge denir.

3. 1. 1. 8. Tanım: Bir çizgenin kendi arasında bağlı olan ve olabildiğince çok sayıda ayrıtı içeren altçizgelerinden her birine parça denir.

3. 1. 1. 9. Tanım: Bağlı bir çizgenin bütün düğümlerini içeren ve içinde çevre bulundurmayan bağlı alt çizgeye ağac denir. (CEYHUN, 1976)



Sekil 3. 13. 5 Duğumlu Ağaclar

3. 2. GANTT DIYAGRAMI

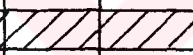
Hanry L. Gantt tarafından 1900 yılında geliştirilen ve onun adını taşıyan bu diyagram, bir projede yer alan faaliyetleri bir zaman ölçüsü içinde göstermekten ibarettir. Gantt diyagramı programlanmış süre ile fiili süre arasındaki karşılaştırmayı yapabilir. Böylece yönetici, çalışmanın hızı ve ne durumda olduğunu bu diyagramdan görebilir.

Gantt diyagramında satırların her biri ayrı bir tezgah, mamul, faaliyet grubu, sipariş, iş parçası gibi elemanlara ayrılabilir. Sütunlar ise birim zaman aralıklarını

gösterir. Bu zamanlar saat, gün, hafta, ay ve yıl gibi faaliyetle ilgili olarak seçilir.

Tablo 3. 1. de tezgah çalışma durumunu gösterir bir Gantt diyagramıdır.

Tablo 3. 1. Tezgah Çalışma Durumunu Gösterir Gantt Diyagramı

Günler Tezgah	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma
Torna					
Freze	T A M I R				
Taslama					

Tablolarda ve çeşitli formlarda karmaşık rakamlarla verilen bilgileri Gantt diyagramı üzerinde özlü, açık ve seçik biçimde göstermek mümkündür.

Tablo 3. 1. de tezgahların salı günü sonundaki yük durumları görülmektedir. Torna başladığı işi bitirmiş boş beklemektedir. Freze pazartesi tamir görmüş, Salı günü öğleden sonra aldığı işe başladığı görülmektedir. Taslama

Pazartesi günü aldığı işi yarım günlük gecikme ile sürdürmekte olduğu görülmektedir. Bu metod, (Gantt) bazı hallerde faydalı olmasına rağmen, faaliyetlerin birbirlerine göre mantıksal bağlantılarını görmekten yoksundur. Her ne kadar, bir faaliyet bitmeden diğerinin başlayamayacağı, bazı faaliyetlerin aynı zamanda devam edebileceği gibi basit kurallar, çok karışık olmayan projelerde bu metotta da göz önüne alınmakta ise de, hangi faaliyetlerin muhakkak süresinde bitmesi zorunluluğu olduğu, yatırımın toplam süresine hangilerinin daha çok etkilediği, en ekonomik sürenin kısaltılmasıyla maliyeti arasındaki bağıntısının nasıl değiştiğinin cevapları alınamamaktadır.

Gantt diyagramı faaliyetlerdeki gecikmelerin diğer faaliyetler üzerine olan etkisini kontrol edemediği gibi programın arkasında takip eden faaliyetlerin hangisinin daha kritik olduğunu belirleyemez. Çünkü, faaliyetler arasındaki ilişkilerin bilinmesine karşın bu ilişkiler Gantt diyagramında görülmezler. Bu yüzden proje planlama ve kontrolünde yapılan çalışmalar projenin tümü içerisinde bir faaliyetin diğeri ile olan ilişkisini gösteren sebeke diyagramlarını ortaya çıkarmıştır.

BOLUM 4

PERT - CPM İLE PROJE PROGRAMLAMA

4. 1. PROJE PROGRAMLAMA

Proje bütün iş tamamlanmadan önce belirli bir sırada icra edilmek zorunda olan birbiri ile ilişkili faaliyetler kombinasyonu olarak tanımlanabilir. Projede bulunan bir faaliyet, tamamlanması için zaman ve kaynaklar gerektiren bir iştir.

Yakın zamana kadar bilinen en iyi planlama tekniği, yatay bir zaman eksenini üzerinde her faaliyetin başlama ve bitiş zamanlarını belirleyen Gantt çubuk diyagramıdır. Günümüz projelerinin karmaşıklığı, projenin icra etkinliğini optimize etmek amacı ile daha sistematik ve daha etkin planlama tekniklerini gerektirmiştir.

Proje yönetimi projelerin planlanması, programlanması ve kontrolü için iki analitik tekniğin geliştirilmesi ile

yeni bir boyut kazanmıştır. Bu teknikler: Kritik Yol Yöntemi (CPM) ve Proje Değerleme ve Gözden Geçirme Tekniği (PERT) dir. PERT ve CPM, projeler için zamana göre programı belirlemeye öncülük eden zaman esaslı yöntemlerdir. Her iki yöntem bağımsız olarak geliştirilmelerine rağmen birbirlerinin aynıdır. En önemli farkları, PERT ' te faaliyetlerin süreleri probabilistik olarak tanımlandığı halde, CPM' de sürelerin deterministik varsayılmış olmasıdır.

Proje yönetim tekniklerinin uygulaması için en uygun projelerin ayırdedici özellikleri şunlardır:

1. Projeler belli bir başlangıç ve sona sahip olmalıdır.
2. Proje faaliyetleri diğer zaman veya aralıklardan ayrı olarak büyük bölümü için bir faaliyet zamanına sahiptir.
3. Projeler belli başlangıç ve bitişlere sahip alt bölümlere ayrılmalıdır. Bu faaliyetlerin, bir önceki faaliyetin tamamlanmasından hemen sonra başlatılmasını gerektirmeyen bir yöntemin yaradılışıdır.
4. Faaliyetler belli bir sıra ilişkisine sahip olan projenin tamamlanmasını sağlamalıdır. Diğerlerinden önce tamamlanacak ve aynı anda başka faaliyetlerin yerine getirilmesine müsaade eden belli faaliyetlere gereksinim duyan bilinen teknik faktörler vardır. Böylece her faaliyet,

önceki, sonraki veya bağımsız her faaliyetle ilişkili olarak tanımlanabilir.

5. Her faaliyeti tamamlamak için gerekli zamanın tahmini mümkündür. Bu zamanlar malzeme kullanımı, personel ve ekipmanın tahmini kullanma oranlarına bağlıdır. (FOGARTY ve diğerleri (1991))

Genel olarak PERT ve CPM aralarında öncelik ilişkisi bulunan faaliyetlere planlama, programlama ve kontrol amacıyla uygulanabilir. CPM - PERT ile proje programlama üç aşamadan oluşur :

1. Planlama 2. Programlama 3. Kontrol

Planlama aşaması, projeyi ayrı faaliyetlere bölmekle başlar. Daha sonra faaliyetlerin süreleri tahmin edilir ve sebeke diyagramı, her biri ayrı faaliyetleri temsil eden oklarla kurulur. Çizilen sebeke diyagramı, projenin faaliyetleri arasında ilişkileri temsil eden bir çizelgedir. Planlama aşaması olarak sebeke diyagramının kurulması farklı işleri ayrıntıları ile inceleme avantajı sağlar ve proje uygulamaya konmadan önce önerilen geliştirmeleri yapma imkanı verir. Çok daha önemli olan yönü, proje için programı geliştirmede kullanılmasıdır.

Projenin programlama ve kontrol islevleri, projenin verimi için olusturulur. Bu fonksiyonların devamı, maliyet ve standartları içinde projenin faaliyetlerinin zamanında yerine getirilmesini temin eder. Güncelleştirilmiş çizelge, rapor ve programlamanın periyodik yerine getirimi, düzeltici etkilere ihtiyaç duyan her faaliyetin yapılmış olması gerektiği andaki özel işleri ve takip edilecek özel problemler hakkında bilgilendirilmiş olan projenin bütün bölümlerini içerir. (GAITER, 1992)

Programlama aşamasının en son amacı, her bir faaliyet için başlama ve bitiş zamanını gösteren bir zaman diyagramı hazırlamaktır; bu diyagram belirlenen faaliyetin projenin diğer faaliyetlerle ilişkisini gösterir. Ayrıca program, proje zamanında tamamlanırsa, özen gerektiren zaman açısından kritik faaliyetleri göstermelidir.

Kontrol aşaması, düzenli aralıklarla proje için ilerleme raporlarını düzenleme amacına yöneliktir ve bu amaçla sebeke diyagramı ile zaman diyagramı kullanılır. Kontrol aşaması ile proje güncelleştirilir, analiz edilir ve gerekirse projenin kalan bölümleri için seçenekler belirlenir.

Ağ planlama tekniklerinin bazı avantajları:

1. Projenin bütün bölümleri ve onların başarılmasının ta-sarlanan düzeni olarak bilinen, proje planlamada detay se-viyesinin belirlenmesine yardımcı olurlar.
 2. Projenin tamamlanacağı sürenin uzunluğunun tam doğru bir tahminini ve faaliyetlerin programlamaya uygun zamanda olmasını sağlarlar.
 3. Uygun görev tayinlerine ve projeye ilgili insanlar a-sındaki iletişime yardımcı olacak standartlaştırılmış ke-lime bilgisi ve grafik çizim sağlarlar.
 4. Yapılmakta olan bir projenin gelişimini takibe imkan sağlar. (Bu işin nerede plana uygun yürüdüğünü gösterir.)
 5. İstisnai olarak yönetimi kolaylaştırmak için çok kar-maşık olan faaliyetlere dikkat çeker ve onları tanımlar.
 6. Herhangi bir safhada proje planlama için değişimlerin zaman ve maliyet etkisini tahmin etmeye imkan sağlarlar.
- (DILWORTH, 1993)

4. 2. SEBEKE DİYAGRAMI

Proje proramlama da ilk adım, projenin faaliyetleri ara-sında öncelik ilişkileri ve bağımlılıkları temsil eden se-beke diyagramının kurulmasıdır. Bir ok, projede ilerleme yönünü gösterir ve bir faaliyeti temsil etmek için kulla-nılır. Faaliyetler arasındaki öncelik ilişkisi, olay

kavramı kullanılarak belirlenir. Olay bazı faaliyetlerin tamamlanması ve yeni faaliyetlerin başlamasını belirleyen zaman içinde bir noktayı temsil eder. Dolayısıyla belirli bir olayla orijinlenen faaliyetler, aynı olayda tamamlanan faaliyetler son bulmadan önce başlayamaz. Sebeke teorisinde her bir faaliyet yönlü bir okla, her bir olay da bir düğüm ile gösterilir. Okun uzunluğunun, faaliyet süresi ile bir ilgisi yoktur. (LAPIN, 1991)

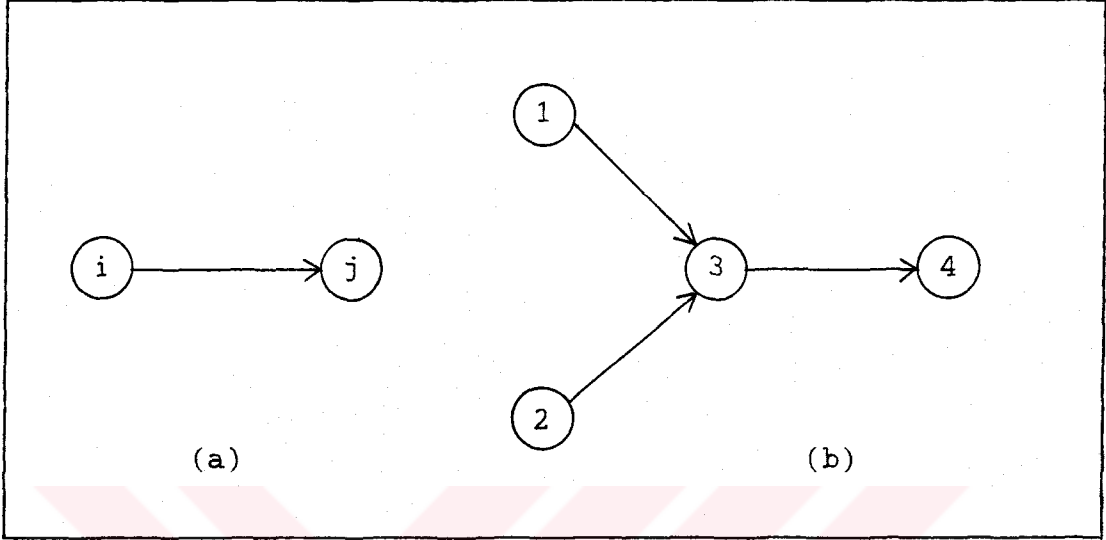
Sekil 4. 1. (a) da orijin olay (i) ve terminal olay (j) ile gösterilerek (i , j) faaliyetinin tipik bir temsiline örnek verilmiştir.

Sekil 4. 1. (b) de verilen örnekte (3,4) faaliyeti başlamadan önce (1,3) ve (2,3) faaliyetleri tamamlanmalıdır.

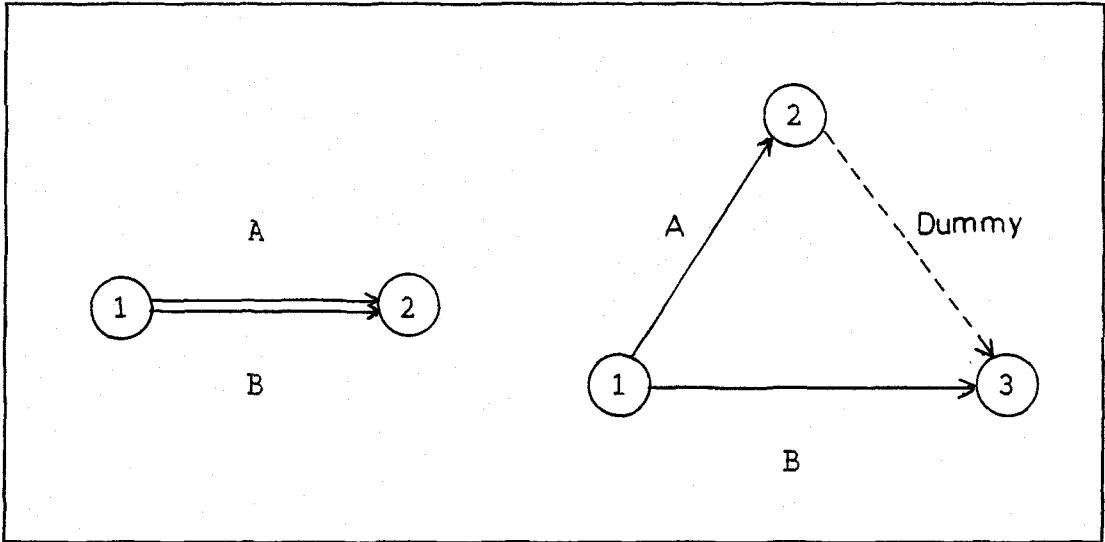
Sebeke diyagramını hazırlamak için önemle uyulması gereken kurallar şunlardır:

- a) Her bir faaliyet sadece bir okla temsil edilebilir.
- b) Aynı orijin ve aynı terminal olayla, birden fazla faaliyet tanımlanamaz. Böyle bir durumda bir **Dummy**(kukla) faaliyet yaratılmalıdır. Sekil 4. 2. de buna bir örnek verilmiştir.

c) Sebekeye yeni bir faaliyet eklendiğinde aşağıdaki sorular sorulmalıdır.



Sekil 4. 1. (i,j) faaliyetinin tipik bir temsiline örnek

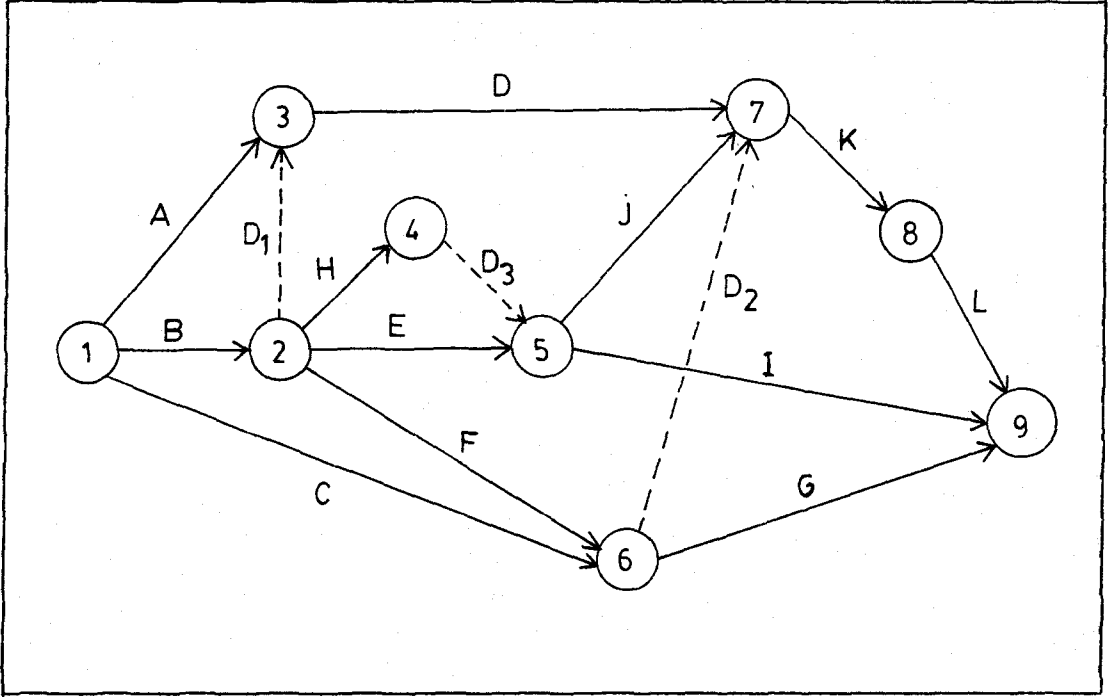


Sekil 4. 2. Dummy(kukla) faaliyete bir örnek

1. Bu faaliyet başlamadan önce hangi faaliyetler bitmelidir ?
2. Bu faaliyetten sonra hangi faaliyet gelmektedir?
3. Bu faaliyetle beraber devam eden faaliyetler hangileridir ? (TAHA, 1989)

Örnek 4. 1. Aşağıdaki ilişkileri sağlayan A,B,C.... ve L faaliyetlerini içeren bir sebeke diyagramı kurunuz.

1. Projenin ilk faaliyetleri olan A,B ve C aynı anda başlayabilir.
2. A ve B faaliyetlerini D faaliyeti izlemelidir.
3. E,F ve H faaliyetleri B faaliyetini izlemelidir.
4. G faaliyeti F ve C faaliyetlerini izlemelidir.
5. I ve J faaliyetleri E ve H faaliyetlerini izlemelidir.
6. K faaliyeti C , D , F ve J faaliyetlerini izlemelidir.
7. K faaliyeti L faaliyetinden önce yapılmalıdır.
8. Projenin terminal faaliyetleri I , G ve L dir. Verilere göre sebeke Şekil 4. 3. de görülmektedir.



Sekil 4. 3. Örnek 4. 1. deki verilere göre şebeke diyagramı

4. 3. KRİTİK YOL HESAPLANMASI

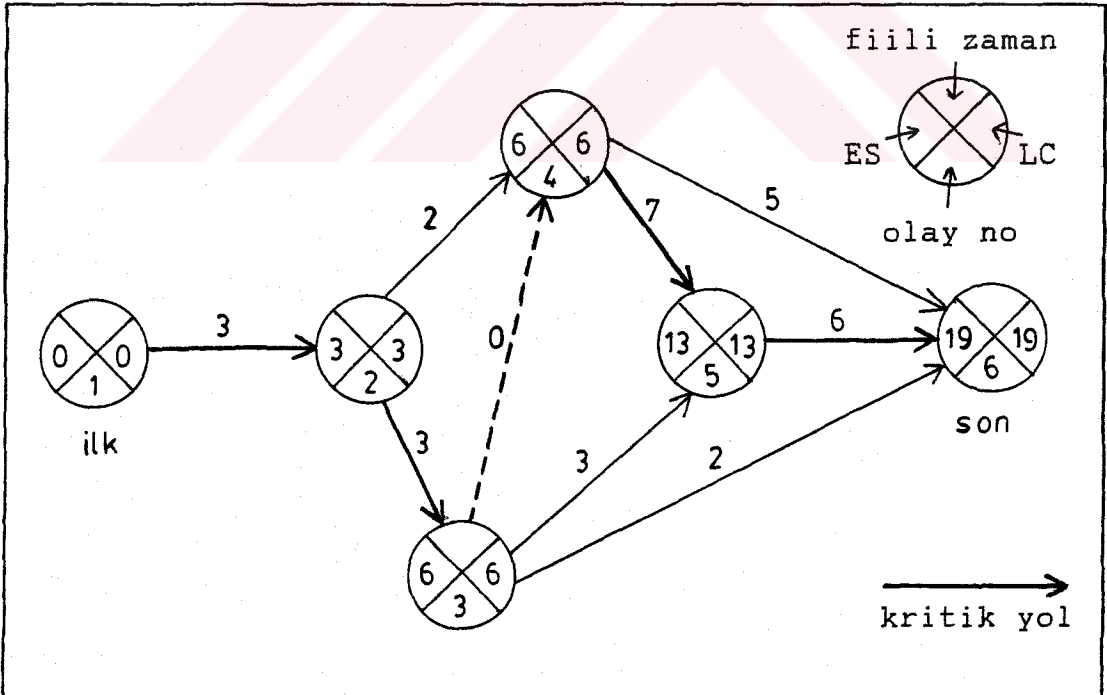
PERT - CPM uygulaması sonunda her bir faaliyetin başlama ve tamamlanma tarihlerini veren bir program elde edilir. Şebeke diyagramı bu amacı başarmak için ilk adımdır. Farklı faaliyetlerin birbirini etkilemesi nedeniyle başlama ve bitiş zamanlarının belirlenmesi özel hesaplar gerektirir. Daha sonra hesap sonuçlarına göre faaliyetler kritik ve kritik olmayan olmak üzere ikiye ayrılır. Bir faaliyetin başlama tarihindeki gecikme tüm projenin tamamlanma tarihinde bir gecikmeye neden olursa o faaliyetin

kritik olduğu söylenir. Kritik olmayan bir faaliyet ise gecikme veya serbestlik süresine sahiptir. (HALAC, 1991)

4. 3. 1. KRİTİK YOLUN BELİRLENMESİ

Kritik yol, şebeke diyagramının başlama ve bitiş olaylarını birleştiren faaliyetler zinciri olarak tanımlanabilir.

Örnek 4. 2. Şekil 4. 4. de 1 numaralı olayla başlayan ve 6 numaralı olayla biten bir şebekede her bir faaliyetin gerektirdiği süreler oklar üzerinde gösterilmiştir.



Sekil 4. 4. Örnek 4. 2. deki verilere göre şebeke diyagramı

Kritik yol hesapları iki aşamada gerçekleşir. Birinci asama ileriye doğru hesap olarak adlandırılır; hesaplar ilk olaydan başlar ve son olaya doğru devam eder. Her bir olayda olayın en erken gerçekleşme zamanını belirleyen bir sayı hesaplanır. İkinci asama geriye doğru hesap olarak adlandırılır; hesaba son olaydan başlanır ve ilk olaya kadar devam edilir.

1. **İleriye doğru hesap** : ES_i , i olayı ile başlayan tüm faaliyetlerin **en erken baslama** zamanı (earliest start) olsun. $i = 1$ ilk olayı göstermek üzere kritik yol hesaplarında $ES_1 = 0$ alınır. (i,j) faaliyetlerinin süresi D_{ij} olmak üzere ileriye doğru hesapla tüm (i,j) faaliyetleri için en erken baslama zamanı

$$ES_j = \max_i (ES_i + D_{ij}) \quad (4.1)$$

formülü ile hesaplanır. Şekil 4. 4. de 1 olayı dairesi sol bölümü içine konulmuş olan $ES_1 = 0$ görülmektedir. 2 olayına hareket edilerek bu olaya gelen bir tek $(1,2)$ faaliyeti bulunmaktadır ve süresi $D_{12} = 3$ tür. Formül ile

$$ES_2 = ES_1 + D_{12} = 0 + 3 = 3 ,$$

bulunarak 2 olayı dairesi sol bölümü içine yazılır. Benzer şekilde $ES_3 = 6$ bulunur.

$$ES_3 = ES_2 + D_{23} = 3 + 3 = 6 ,$$

$$ES_4 = \max_{i=2,3} (ES_i + D_{i4}) = \max (3+2, 6+0) = 6 ,$$

$$ES_5 = \max_{i=3,4} (ES_i + D_{i5}) = \max (6+3, 6+7) = 13 ,$$

$$ES_6 = \max_{i=3,4,5} (ES_i + D_{i6}) = \max (6+2, 6+5, 13+6) = 19$$

bulunur.

2. Geriye doğru hesap : Geriye doğru hesap, son olaydan başlanır ve ilk olaya doğru devam ederek yapılır. Bu aşamanın amacı, i olayına gelen tüm faaliyetler için en geç bitiş anını, LC_i (latest completion) hesaplamaktır. Geriye doğru hesapta $i=n$ son olay ise, $LC_n = ES_n$ alınır. Genel olarak herhangi bir i olayı LC_i değerinin hesabı, tüm (i,j) faaliyetleri için

$$LC_i = \min_j (LC_j - D_{ij}) \quad (4.2)$$

formülü ile yapılır.

$$LC_6 = ES_6 = 19 ,$$

$$LC5 = LC6 - D56 = 19 - 6 = 13 ,$$

$$LC4 = \min_{j=5,6} (LCj - D4j) = \min (13-7, 19-5) = 6 ,$$

$$LC3 = \min_{j=4,5,6} (LCj - D3j) = \min (6-0, 13-3, 19-2) = 6 ,$$

$$LC2 = \min_{j=3,4} (LCj - D2j) = \min (6-3, 6-2) = 3 ,$$

$$LC1 = LC2 - D12 = 3 - 3 = 0$$

yapılan işlemlerle geriye doğru hesap bitmiştir.

3. **Kritik yolun belirlenmesi :** Kritik yol faaliyetleri, ileriye ve geriye doğru hesap sonuçları kullanılarak belirlenir. (i,j) faaliyeti aşağıda verilen uç bağıntıyı sağlarsa , (i,j) faaliyeti kritik yol üzerindedir denir:

$$\left. \begin{array}{ll} (a) & ES_i = LC_i , \\ (b) & ES_j = LC_j , \\ (c) & ES_j - ES_i = LC_j - LC_i = D_{ij} \end{array} \right\} \quad (4.3)$$

Üçüncü koşul, faaliyetin en erken başlama (bitis) ve en geç başlama (bitis) anları arasında serbest süre bulunmadığını gösterir. Serbestlik süresi sıfır olan faaliyet geciktirilemeyeceği için (i, j) faaliyeti kritiktir.

Bu tanıma göre, Şekil 4. 4. de kritik yol $(1,2)$, $(2,3)$,

(3,4) , (4,5) ve (5,6) faaliyetlerini kapsayan yoldur. Böylece projeyi tamamlamak için mümkün en kısa yol elde edilir. (HALAC, 1991)

4. 3. 2. FAALİYET SERBESTLİK SÜRELERİNİN BELİRLENMESİ

Kritik yolun belirlenmesinden sonra kritik olmayan faaliyetlerin serbest süreleri hesaplanmalıdır. Kritik bir faaliyetin sıfır serbest süreli olduğu açıktır. Bu husus faaliyetin kritik olma özelliğinin temel nedenidir.

Serbest sürenin nasıl belirleneceğine geçmeden önce her bir faaliyet için iki yeni zaman tanımına ihtiyaç vardır. Bu zamanlar **en geç başlama (LS)** (latest start) ve **en erken bitme (EC)** (earliest completion) zamanlarıdır. (i , j) faaliyeti için

$$LS_{ij} = LC_j - D_{ij} , \quad (4.4)$$

$$EC_{ij} = ES_i + D_{ij} \quad (4.5)$$

bağıntıları yazılır.

İki önemli serbestlik tipi vardır ; **toplam serbest süre (TF)** (total float) ve **serbest süre (FF)** (free float). (i , j) faaliyetinin toplam serbestliği, TF_{ij} , aşağıdaki

gibi yazılır :

$$\begin{aligned}
 TF_{ij} &= LC_j - ES_i - D_{ij} \\
 &= LC_j - EC_{ij} \\
 &= LS_{ij} - ES_i
 \end{aligned}
 \tag{4.6}$$

Serbest süre (FF), bütün faaliyetlerin mümkün olduğu kadar erken boşaltılma varsayımına göre tanımlanır. (i , j) faaliyeti için FF_{ij} ;

$$FF_{ij} = ES_j - ES_i - D_{ij} \tag{4.7}$$

olarak yazılır. Kritik yol hesapları ile kritik olmayan faaliyetler için serbestlik değerleri Tablo 4. 1. de özetlenmiştir. (1), (2), (3) ve (6) nolu sütunlarda bulunan bilgiler Şekil 4. 4. de verilen sebek hesaplarından ve diğer bilgiler yukarıda verilen (4), (5), (6) ve (7) nolu formüllerden elde edilmiştir.

Tablo 4. 1. kritik yol hesaplarının özetini vermektedir ve zaman diyagramını kurmak için gerekli bilgileri içerir. Tabloda yalnız kritik faaliyetlerin sıfır toplam serbest süreye sahip olması gerektiğine dikkat edilmelidir. Toplam serbest süre sıfır olduğu zaman serbest süre de sıfır olmalıdır. Bu ifadenin tersi doğru değildir, ama kritik

olmayan bir faaliyet sıfır serbest süreye sahip olabilir. Tablo 4. 1 de toplam serbest süre değerleri ile serbest süre değerleri aynı bulunmuştur. Projenin tüm olayları kritik yol üzerinde bulunduğu için $TF_{ij} = FF_{ij}$ bulunmuştur. Genel olarak bu özellik her zaman doğru değildir. Ama serbest süre, toplam süreden küçük veya toplam süreye eşit olabilir. Bir faaliyetin serbest süresi, yalnız o faaliyeti ilgilendirir; yani sebekenin diğer faaliyetlerine ve sebekenin tümüne bağlı değildir. O halde bir faaliyetin serbest süresi diğer bir faaliyete aktarılamaz. Bu neden-nedenlerle serbest süre zaman diyagramının kurulmasında nadiren kullanılır. Serbestsüre, proje maliyet hesaplarında kullanılır.

Herhangi bir faaliyetin en geç başlama zamanına göre programlanması halinde, faaliyet en erken bitiş zamanında tamamlanabilir. Bu halde **bağımsız serbest süre (IF)** (independent freefloat)tanımı yapılır ve

$$IF_{ij} = ES_j - LC_i - D_{ij}$$

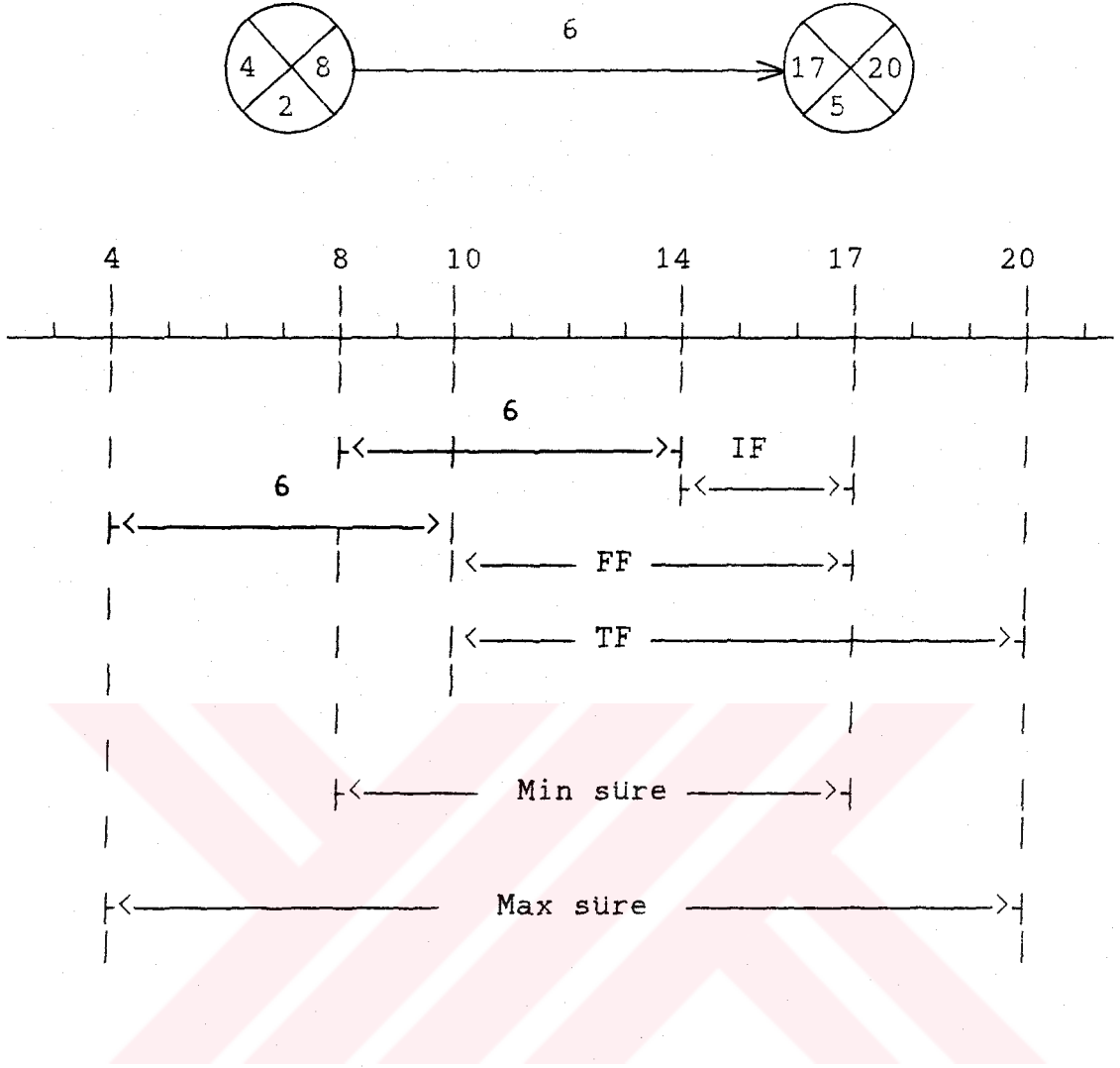
bağıntısı tanımlanır. Bağımsız serbest süre, sebekenin diğer faaliyetlerinden bağımsızdır ve faaliyetin kendisini ilgilendirir. IF pozitif, sıfır ve negatif olabilir.

Tablo 4. 1. Örnek 4. 2. deki verilere göre hesaplanan TFij ve FFij değerleri

(i,j)	Dij	En Erken		En Geç		TFij	FFij
		ESi	ECij	LSij	LCj		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(1,2)	3	0	3	0	3	0*	0
(2,3)	3	3	6	3	6	0*	0
(2,4)	2	3	5	4	6	1	1
(3,4)	0	6	6	6	6	0*	0
(3,5)	3	6	9	10	13	4	4
(3,6)	2	6	8	17	19	11	11
(4,5)	7	6	13	6	13	0*	0
(4,6)	5	6	11	14	19	8	8
(5,6)	6	13	19	13	19	0*	0

* Kritik faaliyet.

Faaliyet serbestliğine ilişkin verilen tanımları grafik olarak göstermek üzere aşağıdaki grafik örnekte (2,5) faaliyetinin süresi $Dij = 6$, $ESi = 4$, $ECi = 8$, $LSj = 17$ ve $LCj = 20$ dir. (HALAC, 1991)



Sekil 4. 5. Örnek 4. 2. deki faaliyet serbestliğine ilişkin grafik

Bağımsız Serbest Süre (IF = 3)

Serbest Süre (FF = 7)

Toplam Serbest Süre (TF = 10)

Min. Süre = 9

Max. Süre = 16

4. 4. ZAMAN DIYAGRAMI VE KAYNAK SEVİYELEME

Sebeke hesaplarının en son aşaması zaman diyagramının kurulmasıdır. Zaman diyagramı, projeyi uygulayacak personelin kullanması için takvim zamanına kolayca dönüştürülebilir. Zaman diyagramı, mevcut kaynakların sınır koşullarına göre yapılmalıdır. Bazı hallerde insan gücü ve teçhizatın sınırlı olması nedeniyle faaliyetleri gerçekleştirme mümkün olmayabilir. Dolayısıyla kritik olmayan faaliyetlerin toplam serbest sürelerinin faydalı olabildiği yer ortaya çıkmıştır. ES ve LC sınırları arasında kritik olmayan faaliyetler geriye ileriye kaydırılarak maksimum kaynak gereksinimi ayarlanabilir veya düzenlenebilir. Kaynaklar sınırlı olmasa bile tüm proje süresine göre kaynakları seviyelemek için toplam serbest süreleri (TFij) kullanmak genel bir uygulamadır. Dolayısıyla işgücü (ve teçhizat) bir günden diğerine değiştirildiğinde daha düzgün bir işgücü kullanımı için karşılaştırma yapılmalıdır.

ÖRNEK 4. 2 . nin devamı: Bölüm 4. 3. 1. de verilen proje için zaman diyagramının kurulmasını açıklayalım.

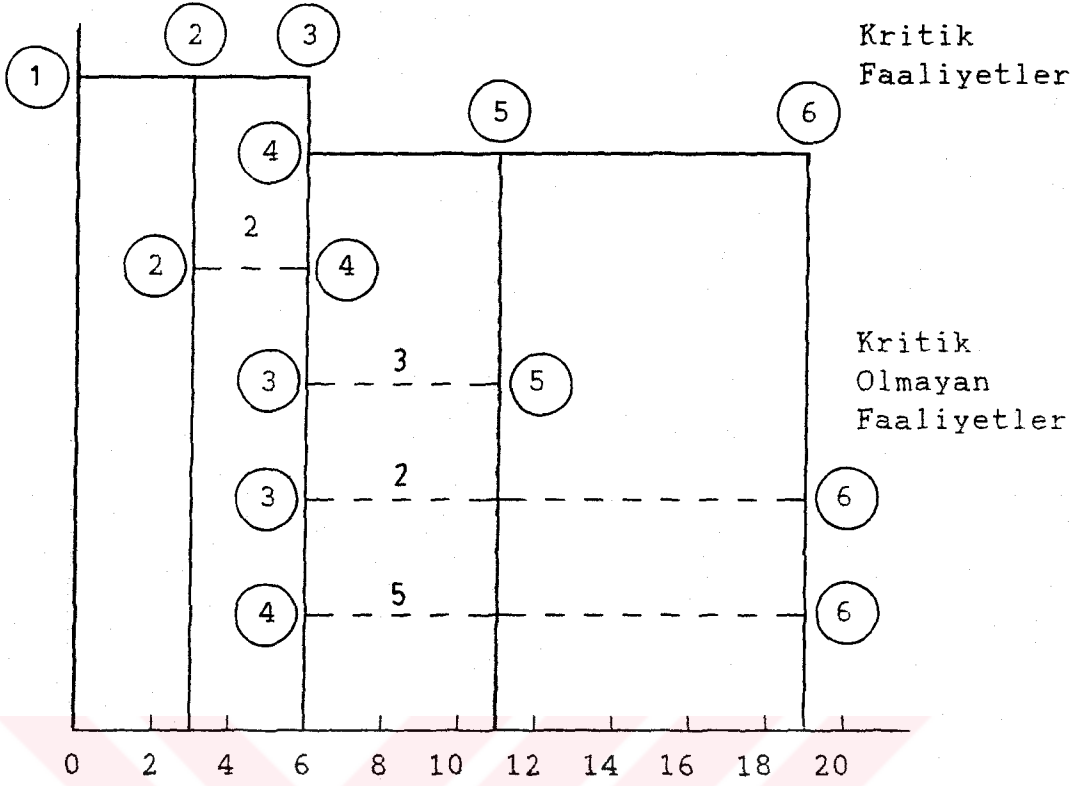
Zaman diyagramını kurmak için gerekli bilgiler Tablo 4. 1. de özetlenmiştir. İlk adım, kritik faaliyetlerin programlanmasıdır. Daha sonra kritik olmayan faaliyetler ES

ve LC zaman sınırları diyagramda gösterilir. Genel uygulamada proje geciktirilirse kritik faaliyetler zamanında tamamlansın diye kalın çizgi ile gösterilir. Kritik olmayan faaliyetler ise zaman sınırları içinde programlanabilsin kesikli çizgi ile gösterilir.

Sekil 4. 6. Örnek 4. 2. 'e göre zaman diyagramını vermektedir. Sekilde (3, 4) faaliyeti sıfır zamanlı olduğu için dikey bir çizgi ile gösterilmiştir. Kritik olmayan faaliyetler üzerinde gösterilen sayılar faaliyet sürelerini göstermektedir. Kaynaklar etkin bir faktör değilse kritik olmayan faaliyetler mümkün olduğu kadar en erken zamana programlanır. Bu ise kritik olmayan faaliyetlerin istemiyerek geciktirilmesi halinde serbestliği kullanma avantajı sağlar.

Örnek 4. 3. Örnek 4. 2. de her faaliyet için aşağıdaki insangücü gereksiniminin belirlendiğini varsayalım. Proje süresine göre insangücü gereksinimini seviyeleyecek bir zaman programı geliştirmek gerekecektir.

Sekil 4. 7. (a) kritik olmayan faaliyetlerin mümkün olduğu kadar en erken zamana programlanması halinde insangücü gereksinimini göstermektedir. Şekil 4. 7. (b) kritik olmayan faaliyetlerin mümkün olduğu kadar en geç zamana



Sekil 4. 6. Zaman Diyagramı

Tablo 4. 2. Örnek 4. 2. deki her faaliyet için insangücü gereksiniminin gösterimi

Faaliyet	Adam sayısı	Faaliyet	Adam Sayısı
(1,2)	5	(3,6)	1
(2,3)	7	(4,5)	2
(2,4)	3	(4,6)	5
(3,5)	2	(5,6)	6

proglanması halinde insangücü kullanımını
ikidiyagramda kesikli çizgi, projenin zama
ması halinde kritik faaliyetlerin insangücü
göstermektedir.

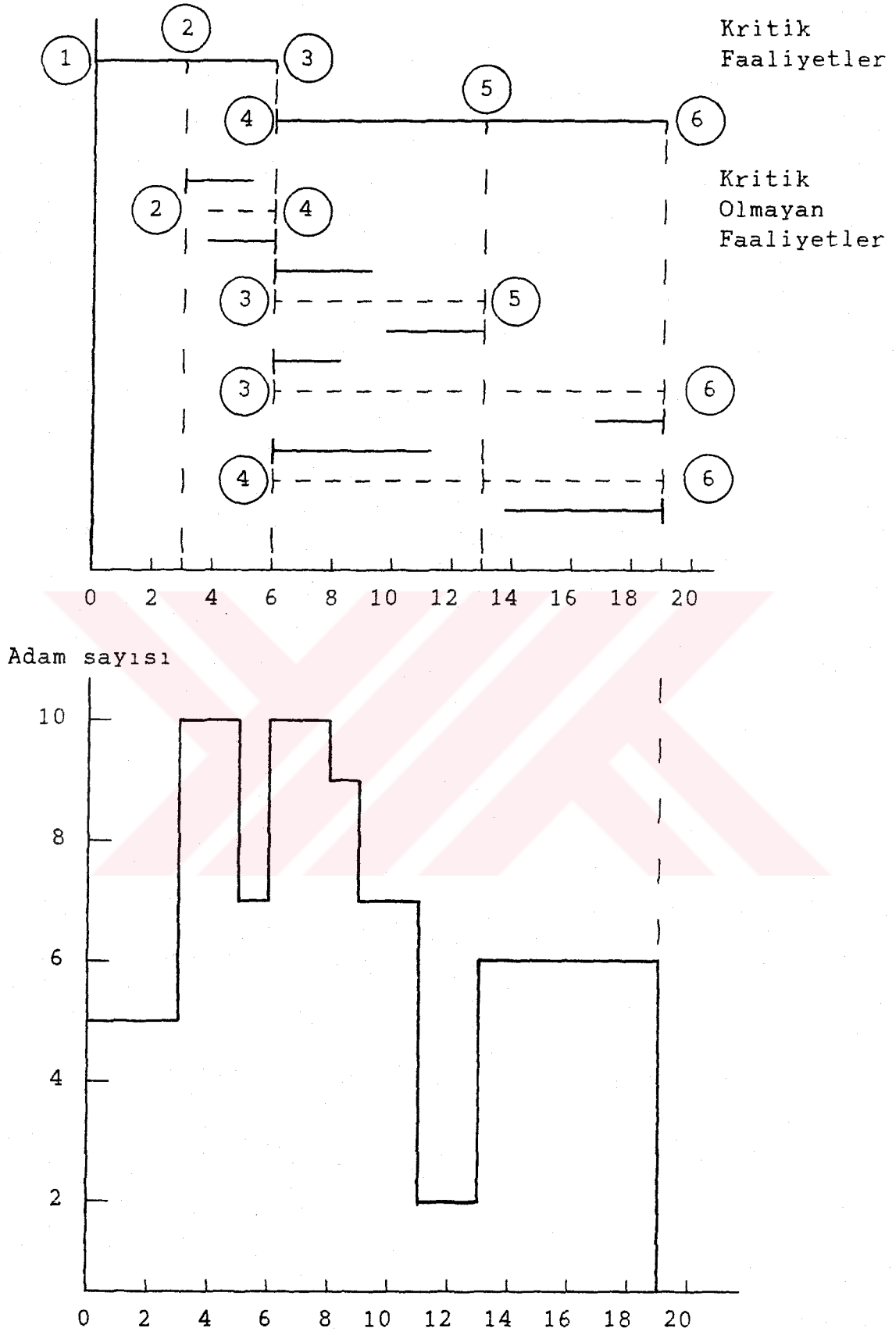
(2,3) kritik faaliyetinin adam sayısı gereksinimi ile de
belirtildiği gibi (kritik faaliyetlere göre) projenin en
az 7 kişi gerektirdiğine dikkat edilmelidir. Kritik olma-
yan faaliyetlerin en erken zamana programlanması ile pro-
jenin maksimum insangücü gereksinimi 10 kişi iken aynı
faaliyetlerin en geç zamana programlanması maksimum 12
kişi gerektirmektedir. Bu ise maksimum insangücü gereksi-
niminin kritik olmayan faaliyetlerin toplam serbest süre-
lerinin nasıl kullanıldığına bağlı olduğunu göstermektedir

Sekil 4. 7. den serbestliğin nasıl dağıtıldığına bakmaksı-
zın maksimum kaynak gereksiniminin 10 kişiden daha az ola-
mayacağı açıktır. Bu ise (2,4) faaliyeti aralığı ile
(2,3) kritik faaliyeti süresinin üst üste gelmesi nede-
niyledir. Kaynak gereksinimini en erken zamana programla-
ma Sekil 4. 7. (a) kullanılarak iyileştirilebilir :
(3,5) faaliyeti en geç bitiş zamanına, (3,6) faaliye-
ti (4,6) faaliyeti bitisinden sonra yeniden program-
lanabilir. Yeni kaynak gereksinimi Sekil 4. 8. de

verilmiştir. Yeni programda kaynak dağıtımının daha düzgün olduğuna dikkat edilmelidir.

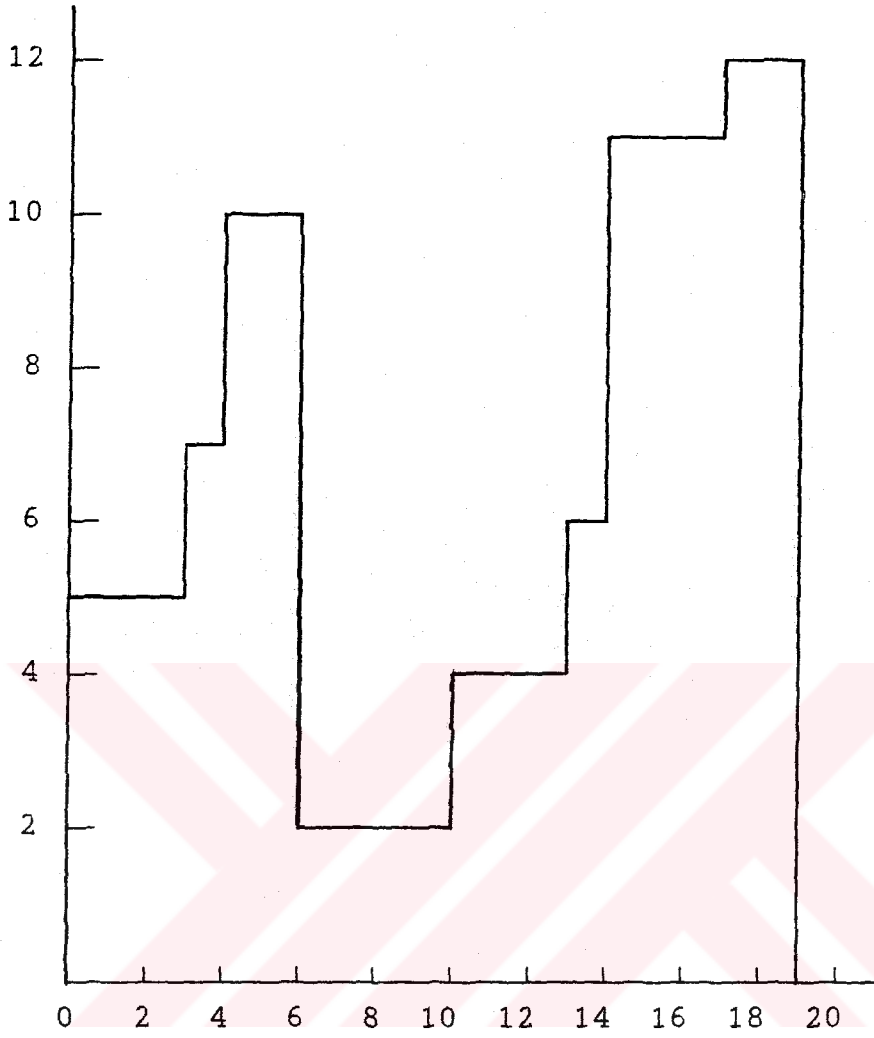
Bazı projelerde amaç, yalnız kaynakları seviyelemekten ziyade belirli sınır altında kaynak yararını maksimum yapmak olabilir. Bu işlem kritik olmayan faaliyetlerin yeniden programlanması ile basarılamazsa, kaynak gereksiniminde artışla sonuçlanacak olan kritik faaliyetlerin bazılarını da yeniden programlayarak yapılır. Bununla beraber bazı işleri bir bütün olmaktan ziyade parçalarına ayırarak gerçeklemek de gerekebilir. (TAHA, 1989)

Kaynak seviyeleme problemine matematik karmaşıklığı nedeniyle optimum çözümü sağlayan bir teknik henüz geliştirilememiştir. Bu problem, belirli bir zaman içinde herhangi bir noktada projenin maksimum kaynak gereksinimini minimum yapmaktır. Bunun yerine, yukarıda biri özetlenmiş olan pratik - sezgisel (heuristik) programlar kullanılmaktadır. Bu programlar temel olarak kritik olmayan faaliyetlerin farklı sebestliklerini avantajlı kullanmaya dayanmaktadır. (HALAC, 1991)

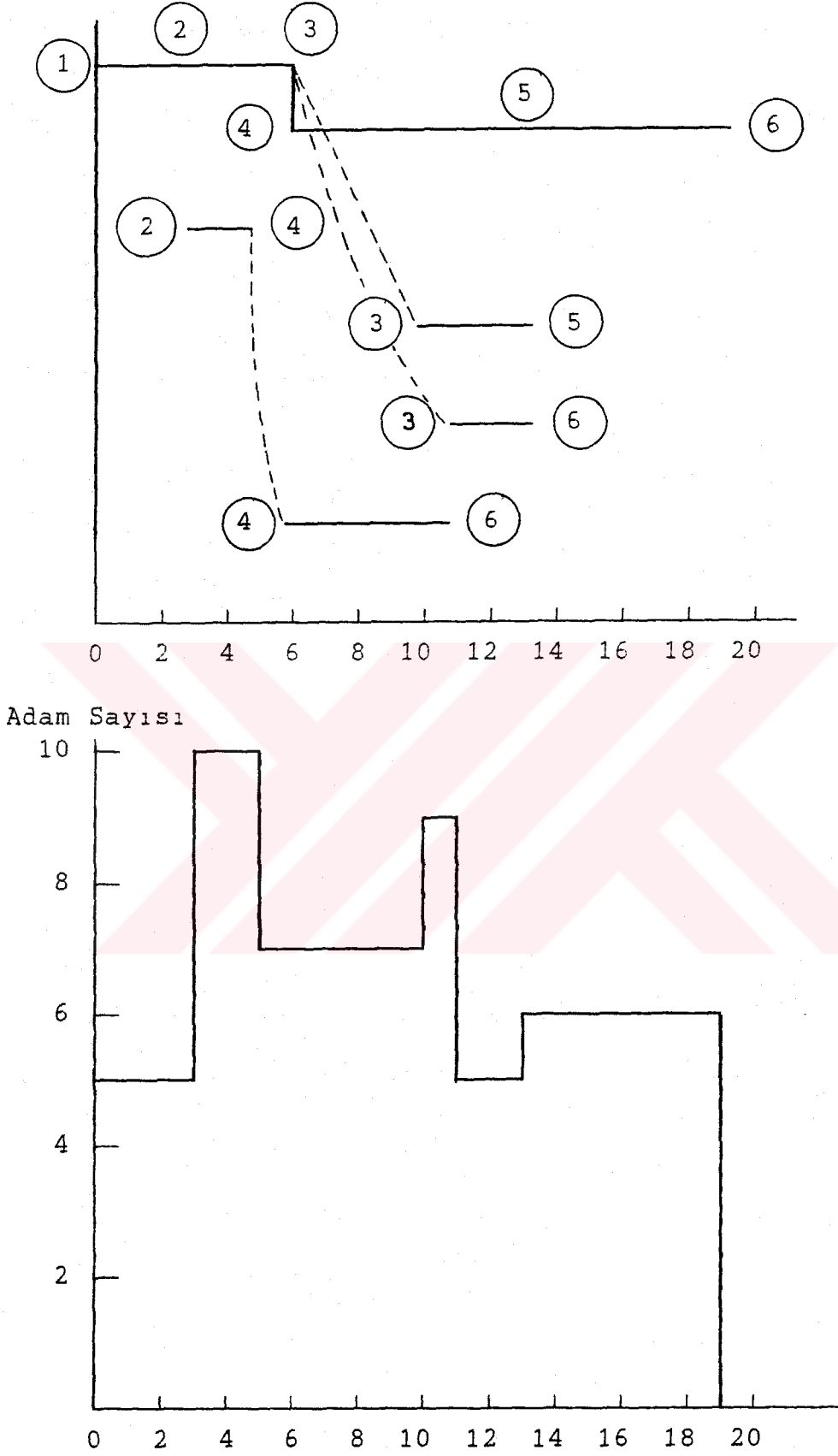


SEKIL 4. 7. (a) Kritik olmayan faaliyetlerin en erken zamana programlanması

Adam sayısı



Sekil 4. 7. (b) Kritik olmayan faaliyetlerin en geç zamana programlanması



Şekil 4. 8. İyileştirilmiş programlamaya göre kaynak dağılımı

4. 5. PROJE PROGRAMLAMADA OLASILIK

PERT proje yaklaşımı faaliyet sürelerinin bir olasılık dağılımına göre ortaya çıkacağını varsayar. Faaliyetlerin süreleri

1. İyimser (a)
2. Kötümser (b)
3. En olası süre (m)

olarak tahmin edilir. Faaliyete ilişkin her bir tahminin, iyimser ve kötümser tahmin aralığında olması gerektiğine dikkat edilmelidir. Tahmin değerlerinin dağılım aralığı $(b - a)$ dır. En olası tahminin (m), dağılım orta değeri olan $(a + b) / 2$ değerine eşit olması gerekmez ve m, ortalamanın sağında veya solunda olabilir. Bu özellik nedeniyle her bir faaliyetin süresi, uç noktaları a ve b, tepe noktası m de olmak üzere Beta dağılımını izlediği sezgisel olarak bulunmuştur. Şekil 4. 9. da Beta dağılımının uç şekli verilmiştir. (TORAMAN ve GOZLU (1984))

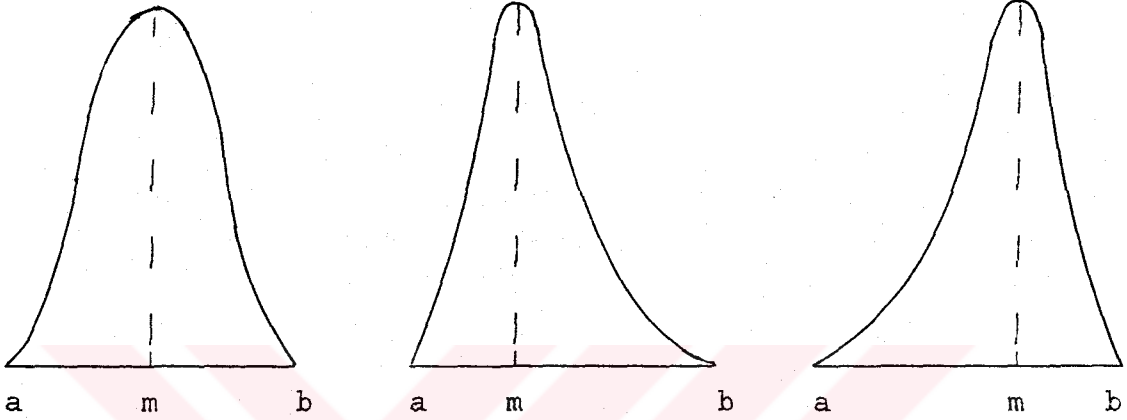
Beta dağılımının ortalaması (D) ve varyansı (V) aşağıdaki gibi geliştirilir. En olası nokta (m) 1 ağırlıklanırda dağılımın orta noktasının $(a + b) / 2$ yarım ağırlamak.

gerektiği varsayılır. Dolayısıyla $D, (a+b)/2$ m 'nin aritmetik ortalamasıdır :

1. Simetrik

2. Sola çarpık

3. Sağa çarpık



Sekil 4. 9. Beta dağılımına ait 3 şekil

$$D = \frac{\frac{a+b}{2} + 2m}{3} = \frac{a+b+4m}{6} \quad (4.8)$$

Her faaliyet süresinin varyansının bilinmesi önemlidir. PERT'te tahmin edilen beta dağılımının varyansının gerçekliği kullanılmaz, aksine ifadenin üç standart sapması içinde düşecek bütün değerlerin çoğu tesadüfi değişkenler için gerçeğe bir başvurudur, veya uzunluğun altı standart sapma aralığı içinde değişecektir. $(b-a)$ sınırlı

aralığında simetrik bir dağılım farzederek ve standart sapmayı gösterirse, o halde

$$6\sigma \approx b - a \quad \text{veya} \quad \sigma = \frac{b - a}{6}$$

olur. Bununla beraber, beta dağılımı genel simetrik değildir. PERT analizciler, bir faaliyet süresinin standart sapması için pratikte doğru bir tahmin veren yukarıdaki formülü buldular. Böylece olası araştırmalarımız için kullanılabilir tahmin formülüne sahibiz. Özel bir faaliyet için dağılımın varyansı

$$V = \sigma^2 = \left[\frac{b - a}{6} \right]^2 \quad (4.9)$$

olur. (COOKE, 1985)

Farklı faaliyetler için D değerleri belirlenerek, daha önce verilen sebeke hesaplarında bir tek D yerine D kullanılabilir. Böylece şebekede bulunan her bir olayın gerçekleşme olasılığını tahmin etmek olanağı elde edilir.

(4.8) ve (4.9) formülleri yerine alternatif

formüller geliştirilmiştir. Olasılık dağılımının % 5 ve % 95 güvenlik sınırlarına karşılık tahminler (a) ve (b), dağılım modu (m) olmak üzere

$$D = \frac{a + 0.95m + b}{2.95} \quad (4.8')$$

$$V = \left[\frac{b - a}{3.25} \right]^2 \quad (4.9')$$

i. olayın en erken gerçekleşme zamanı μ_i olsun. i. olaya kadar faaliyetlerin süreleri toplamı rastgele değişkenler olduğundan, μ_i de rastgele değişkendir. Sebekenin tüm faaliyetleri istatistiki olarak bağımsız varsayılarak, μ_i nin ortalama ve varyansı aşağıdaki gibi elde edilir. İlk olaydan i. olaya gelen bir tek kritik yol varsa, kritik yol üzerindeki faaliyetlerin ortalama süreleri (D) toplanarak $E(\mu_i)$ ve varyansları toplanarak $var(\mu_i)$ hesaplanır. i. olaya gelen birden fazla kritik yolun bulunması halinde güçlük ortaya çıkar. Bu halde bir tek $E(\mu_i)$ ve $Var(\mu_i)$ hesaplanması için farklı kritik yollar arasında en uzun süreli kritik yolun istatistiki dağılımının bulunabileceği varsayımı yapılır. (Bu işlem rastgele değişkenlerin maksimum olanları için dağılım bulmaktır.) ve

i. olay için beklenen değerle varyansı hesaplanır.

İki veya daha fazla kritik yol için aynı $E(\mu_i)$ bulunursa en fazla belirsizliği veren en büyük $\text{Var}(\mu_i)$ değerine sahip olan yol kritik yol olarak seçilir. Böylece daha güvenilir sonuç elde edilir. Özetle, i. olaya gelen en uzun süreli kritik yol üzerinde bulunan faaliyetleri k ile göstererek

$$E(\mu_i) = ES \quad (4.10)$$

$$\text{Var}(\mu_i) = \sum V_k \quad (4.11)$$

ifadeleri yazılır. (4.8) ve (4.9) bağıntılarının hesabında μ_i , bağımsız rastgele değişkenlerin toplamı olduğuna dikkat edilmelidir. Bu nedenle ise μ_i , merkezi limit teoremine göre ortalaması $E(\mu_i)$ ve varyansı $\text{Var}(\mu_i)$ olan normal dağılıma yaklaşım yapar. i. olayın en erken gerçekleşme zamanı μ_i , belirli bir program zamanı (tarihi) ST_i ve

$$K_i = \frac{ST_i - E(\mu_i)}{\sqrt{\text{Var}(\mu_i)}} \quad (4.12)$$

olmak üzere, ortalaması sınıf ve varyansı bir olan

standart normal dağılım Z ile gösterilerek i . olayın ST_i program zamanını karşılama olasılığı

$$P(\mu_i < ST_i) = P \left[\frac{\mu_i - E(\mu_i)}{\sqrt{\text{Var}(\mu_i)}} \leq \frac{ST_i - E(\mu_i)}{\sqrt{\text{Var}(\mu_i)}} \right]$$

$$= P \{ Z \leq K_i \} \quad (4.13)$$

olur. i olayının gerçekleşme olasılığını hesaplama için genel uygulama, LC_i değerinden daha sonra olamayacağı esasına dayanır. Bu olasılıklar, olayların (ES_i, LC_i) süresi içinde gerçekleşme şansını verecektir.

Örnek 4.4 : Kritik yol hesaplarında verilen sebeke için faaliyetlerin tahmin süreleri (a, b, m) Tablo 4. 3. de verilmiştir. Bu değerlerin ortalaması D_{ij} , daha önce sebeke hesaplarında kullanılan D_{ij} değerlerine karşılık olacak şekilde seçilmiştir.

Faaliyetlerin ortalama D_{ij} ve varyans V_{ij} değerleri (4.8) ve (4.9) bağıntıları ile hesaplanarak Tablo 4.4 de verilmiştir.

Tablo 4. 4. de yol sütununda bulunan bilgiler şebekeden elde edilmiştir. Bu yollar, 1 olayından i olayına en

Tablo 4. 3. Örnek 4. 2. deki şebeke için faaliyetlerin tahmin süreleri

Faaliyet (i,j)	Tahmin Süreleri (a;b;m)	Faaliyet (i,j)	Tahmin Süreleri (a;b;m)
(1,2)	(2,8,2)	(3,6)	(1;3;2)
(2,3)	(1;11;1.5)	(4,5)	(6;8;7)
(2,4)	(0.5;7.5;1)	(4,6)	(3,11,4)
(3,5)	(1;7;2.5)	(5,6)	(4;8;6)

Tablo 4. 4. Örnek 4. 2. deki şebeke için faaliyetlerin ortalama $\bar{D}_{ij}$ ve V_{ij} değerleri

Faaliyet	$\bar{D}_{ij}$	V_{ij}	Faaliyet	$\bar{D}_{ij}$	V_{ij}
(1,2)	3	1.00	(3,6)	2	0.11
(2,3)	3	2.80	(4,5)	7	0.11
(2,4)	2	1.36	(4,6)	5	1.78
(3,5)	3	1.00	(5,6)	6	0.44

uzun yolu tanımlarlar. İncelediğimiz örneğe özgü olarak tüm faaliyetler kritik yol üzerinde bulunduğundan Yol

sütununda belirlenen yollar dizayn edilen olaya kadar kritik yol ile tanımlanmaktadır. Genel olarak bu işlem, i olayına gelen yollar arasında en uzununun seçimi ile yapılmalıdır. Örneğin kritik yol üzerinde bulunan 5 olayına ilişkin ön bilgi olmaksızın, 5 olayına gelen $\{ (1,2,3,5) ; (1,2,4,5) ; (1,2,3,4,5) \}$ yollardan en uzun süreli yol seçilir.

Örneğin değer analizleri için (4.10) ve (4.11) bağıntılarından $(E(\mu_i))$ ve $(Var(\mu_i))$ değerleri hesaplanmış, Tablo 4. 5. deki ST_i değerleri veri alınarak (4.12) ifadesinden K_i değerleri hesaplanarak Tablo 4. 5. de özetlenmiştir. Daha sonra her bir olayın hedef tarihi (ST_i) göre gerçekleşme olasılığı (4.13) ifadesinin gereği olarak K_i değerlerine karşı gelen Olasılık Standart Normal Tablosundan okunarak Tablo 4. 5. de verilmiştir.

Tablo 4. 5. de son sütun değerlerine göre 2. olayın $ST_2 = 2$ (= örneğin 2. günde) hedef tarihinde gerçekleşme (tamamlanma) olasılığı % 15.9 ; 3. olayının $ST_3 = 5$ hedef tarihinde gerçekleşme olasılığı % 30.4'dür. (Diğer olasılıklar benzer şekilde yorumlanır). Verilen yorum göz önüne alınarak, gerçekleşme olasılığı az olan olayların

zamanında tamamlanması için özen gösterilmesi gerektiği açıktır.

Tablo 4. 5. Örnek 4. 2. deki sebeke için faaliyetlerin gerçekleşme olasılık tablosu

Olay	Yol	$E\{\mu_i\}$	$Var\{\mu_i\}$	ST_i	K_i	$P\{Z \leq K_i\}$
1	-	-	-	-	-	-
2	(1,2)	3	1.00	2	-1.000	0.159
3	(1,2,3)	6	3.80	5	-0.512	0.304
4	(1,2,3,4)	6	3.80	6	0.000	0.500
5	(1,2,3,4,5)	13	3.91	17	2.020	0.978
6	(1,2,3,4,5,6)	19	4.35	20	0.480	0.684

Projede ST_i değerleri yerine LC_i değerleri konularak faaliyetlerin en geç gerçekleşme zamanları ötesinde gerçekleştirilemeyeceği esasına göre olasılıklar hesaplanabilir. Bununla beraber projenin tüm olayları kritik yol üzerinde bulunduğundan, sözü edilen tüm olasılıklar 0.5 olacaktır. i olayı kritik yol üzerinde olduğu için

$$E\{\mu_i\} = EC_i = LC_i = ST_i$$

bağıntısı geçerlidir ve tüm i olayları için $K = 0$ bulunur.

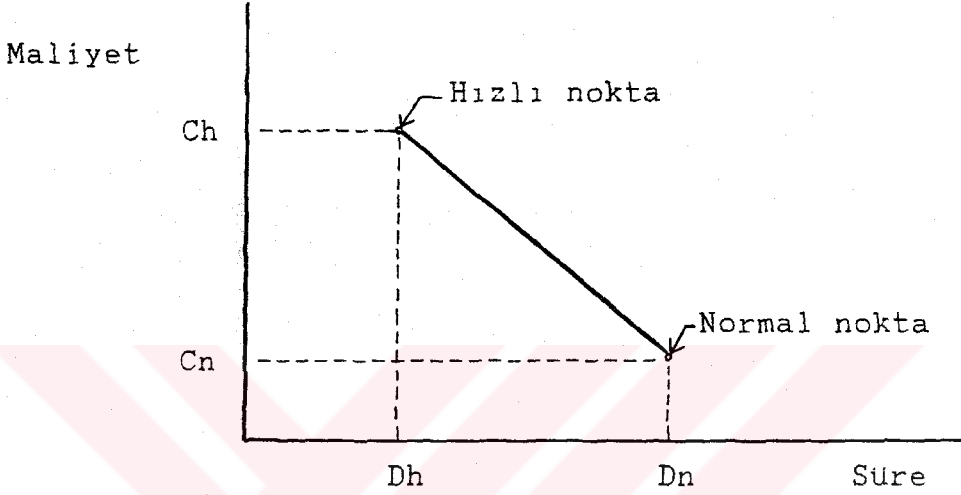
Proje uygulamada gecikmelerden sakınmak için her bir olayın gerçekleşme olasılığına ihtiyaç vardır ve böylece daha fazla kaynak gereksinimi önceden kestirilebilir.

4. 6. PROJE PROGRAMLAMADA MALİYET

Proje programlamada maliyet, projede bulunan her bir faaliyetin maliyet-süre tanımıyla belirlenir. Burada maliyet sözü, yalnız doğrudan direkt maliyet elemanlarını içerir. Dolayısıyla idari ve ya danışmanlık maliyetleri gibi maliyetleri gibi dolaylı (endirekt) maliyetler göz önüne alınmaz ; ama dolaylı maliyetlerin projeye etkisi son analizlerde dikkate alınır. Sekil 4. 10. da pek çok projede kullanılan tipik bir doğrusal maliyet - süre ilişkisi belirtilmektedir.

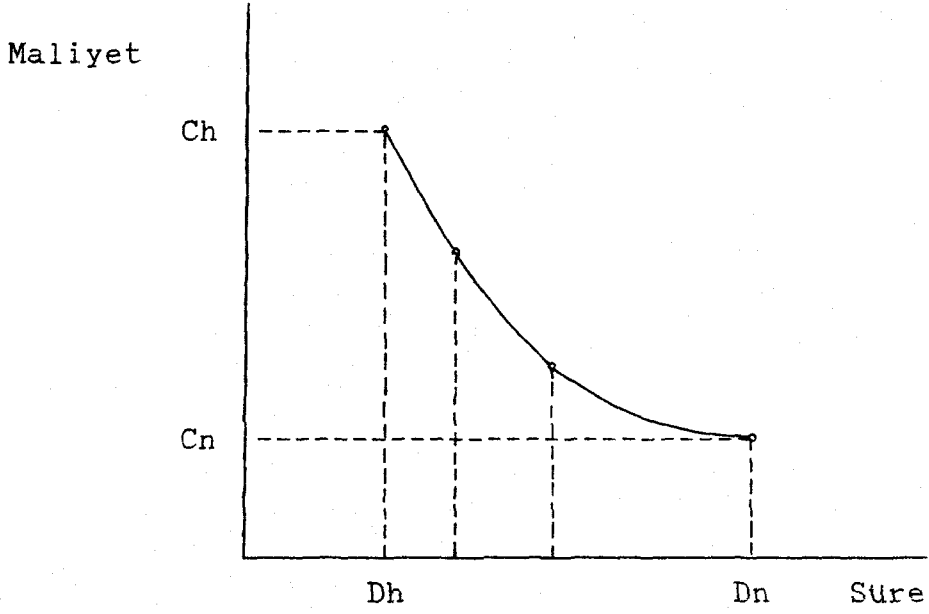
Faaliyetin normal koşullarda gerçekleşmesi halinde süre ve maliyeti (D_n , C_n) noktası ile gösterilir. Faaliyet normal süresi D_n , faaliyete tahsis edilen kaynakları artırarak sıkıştırabilir (veya azaltılabilir) ve böylece doğrudan maliyetler artar. Ama faaliyet süresini sonsuz azaltma söz konusu değildir ve süreyi indirgemede bir.

sınır (limit) vardır. Bu limite hızlı süre adı verilir. Hızlı süre noktasında kaynaklarda herhangi bir artış faaliyet süre ve maliyetini artırır. Hızlı nokta Şekil 4. 10. da (D_h , Ch) ile belirtilmektedir.



Sekil 4. 10. Tipik bir doğrusal maliyet-süre fonksiyonu

Doğrusal maliyet - süre ilişkisi kolaylık için kullanılır, zira her bir faaliyet için yalnız normal ve hızlı noktaya ait bilgiler ile doğrusal maliyet - süre ilişkisi belirlenebilir. Doğrusal olmayan (nonlinear) maliyet - süre fonksiyonu hesaplamalarda güçlük çıkarmaktadır. Bu konuda Şekil 4. 11 de görüldüğü gibi doğrusal olmayan ilişkiye parça-parça doğrusal eğri ile bir yaklaşım yapıldığı hal-haller vardır. O halde parça-parça doğrusal eğri yaklaşımı ile faaliyet, doğru parçalarının her birine karşılık



Sekil 4. 11. Doğrusal olmayan maliyet süre fonksiyonu

olmak üzere çok sayıda alt faaliyetlere ayrılabilmektedir. Normal noktadan hızlı noktaya hareket edildiği zaman doğru parçalarının eğimleri artmakta olduğuna dikkat edilmelidir. Bu koşul sağlanamazsa, orijinal faaliyet belirtildiği gibi daha küçük (alt) faaliyetlere ayrılamaz.

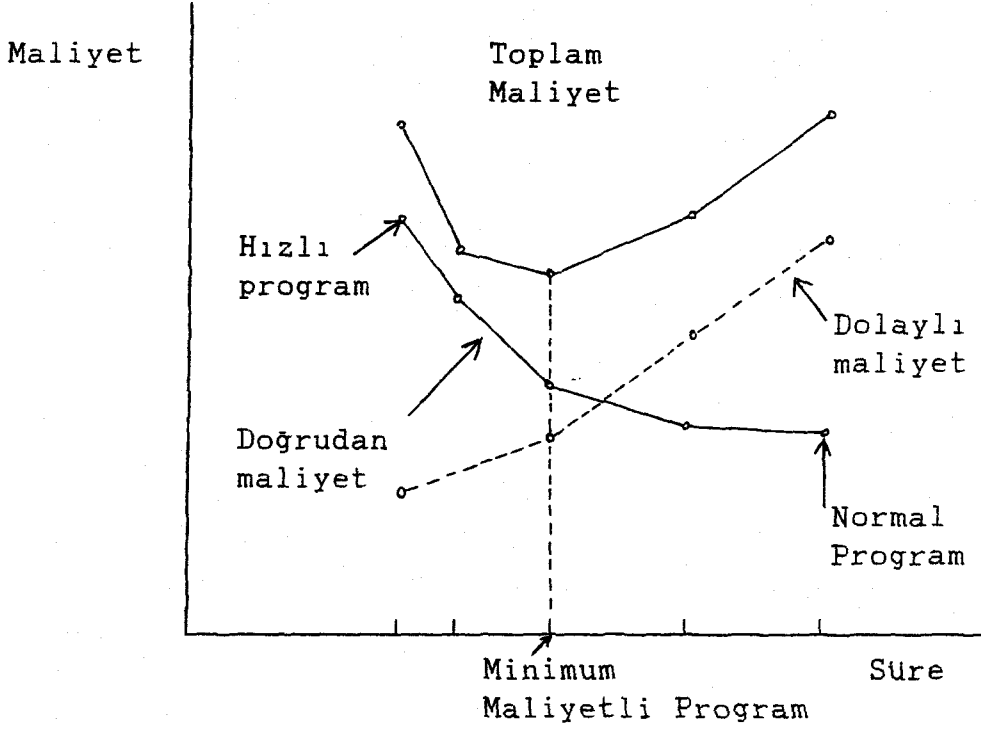
Tüm faaliyetler için maliyet - süre ilişkileri belirlendikten sonra proje süresini kısaltmak amacıyla bu yöntem uygulanır : Tüm proje faaliyetlerinin normal sürelerine göre kritik yol hesaplanır ve projenin doğrudan maliyeti kaydedilir. Daha sonra proje süresini indirmek düşünülür. Yalnız kritik bir faaliyetin süresi indirgenebildiği zaman proje süresi indirgenebileceği için kritik

faaliyetlere dikkat edilir. Mümkmn olan en düşük maliyet-proje süresinde bir indirgeme sağlamak için, en küçük maliyet - süre eğimli kritik faaliyet mümkmn olduğu kadar hızlandırılmalıdır.

Bir faaliyeti hızlandırma miktarı, hızlı zamanı ile sınırlanmaktadır. Bu sınıra hızlı limit denir.

Secilen bir faaliyet müsait bir şekilde hızlandırılırsa, bunun sonucunda belki de yeni bir kritik faaliyetle yeni bir program elde edilir. Yeni programın maliyeti bir önceki program maliyetinden daha büyük olmak zorundadır. Hızlandırılmamış kritik faaliyetler arasında en küçük eğimli faaliyet seçilerek yeni program hızlandırılmalıdır. Tüm kritik faaliyetler hızlı sürelerine erişinceye kadar bu yöntem tekrarlanır. Bu hesaplar sonucunda farklı programların maliyetleri ve maliyet - süre eğrisi elde edilir. Tipik bir eğri Şekil 4. 12. de dolu çizgilerle verilmiştir ve daha önce belirtildiği üzere bu eğri yalnız doğrudan maliyet eğrisidir.

Mantıklı olarak proje süresinin arttığı kadar dolaylı maliyetlerinde arttığı varsayılmaktadır. Dolaylı maliyet eğrisi Şekil 4. 12. de kesik çizgilerle verilmiştir.



Sekil 4. 12. Farklı programların maliyetleri ve maliyet - süre fonksiyonları

Doğrudan ve dolaylı maliyetlerin toplamı, projenin toplam maliyetini verir. Optimum program, minimum toplam maliyette karşılık olmalıdır. (TAHA, 1989)

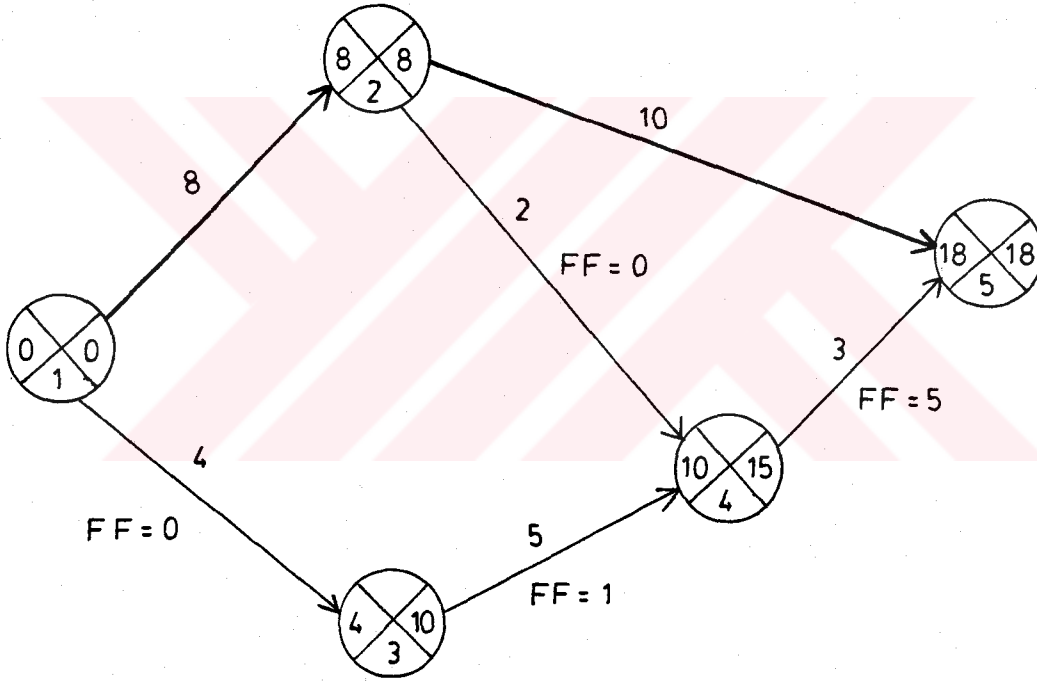
Örnek 4. 5. Sekil 4. 13. deki şebeke için her bir faaliyetin normal ve hızlı süre, ve maliyeti Tablo 4. 6. da verilmiştir. Normal ve hızlı süreler arasında farklı minimum maliyetli programların hesaplanması istenilmektedir.

Daha öncede belirtildiği gibi, problemin analizi farklı faaliyetlerin maliyet - süre eğimlerine bağlıdır.

Maliyet - süre eğimi (S)

$$S = \frac{Ch - Cn}{Dn - Dh} \quad (4.14)$$

formülü ile hesaplanır. Tablo 4. 6. daki veriler (4.14) de yerine konularak aşağıdaki eğim değerleri bulunur.



Maliyet = 580
Süre = 18

Şekil 4. 13. Örnek 4. 5. e ait sebeke diyagramı

Hesaplama yönteminde ilk aşama, tüm faaliyetlerin normal sürelerinde yapılabileceklerini varsaymaktır. Normal koşullarda kritik yol hesapları Şekil 4. 13. de verilmiştir. (1,2) ve (2,5) faaliyetleri kritik yolu oluşturmakta ve proje süresi 18, normal maliyeti 580 dir.

Tablo 4. 6. Şekil 4. 13. deki sebeke için faaliyetlerin normal ve hızlı süre ve maliyet tablosu

Faaliyet	Normal		Hızlı	
	Süre	Maliyet	Süre	Maliyet
(1, 2)	8	100	6	200
(1, 3)	4	150	2	350
(2, 4)	2	50	1	90
(2, 5)	10	100	5	400
(3, 4)	5	100	1	200
(3, 5)	3	80	1	100

İkinci aşama, en küçük eğimli kritik faaliyeti mümkün olduğu kadar sıkıştırarak proje süresini indirmektir. Şekil 4. 13. de yalnız iki kritik faaliyet vardır. (1,2) ve (2,5) ; (1,2) faaliyeti ise en küçük eğime (= 50) sahiptir. Dolayısıyla sıkıştırma işlemi için

(1,2) faaliyeti secilir. Zaman - maliyet eğrisine göre bu faaliyet iki zaman birimi kadar sıkıştırılabilir; kritik bir faaliyeti sıkıktırmak veya süresini azaltmak hızı süre ile sınırlanmaktadır. Zira kritik faaliyet sıkıştırıldığı için yeni bir kritik yol doğabilir. O halde sıkıştırma sonunda doğan yeni kritik faaliyetlere dikkat etmelidir.

Tablo 4. 7. Sekil 4. 13. teki verilerle hesaplanmış faaliyetlerin maliyet - süre eğimleri

Faaliyet	Eğim	Faaliyet	Eğim
(1,2)	50	(2,5)	60
(1,3)	100	(3,4)	25
(2,4)	40	(4,5)	10

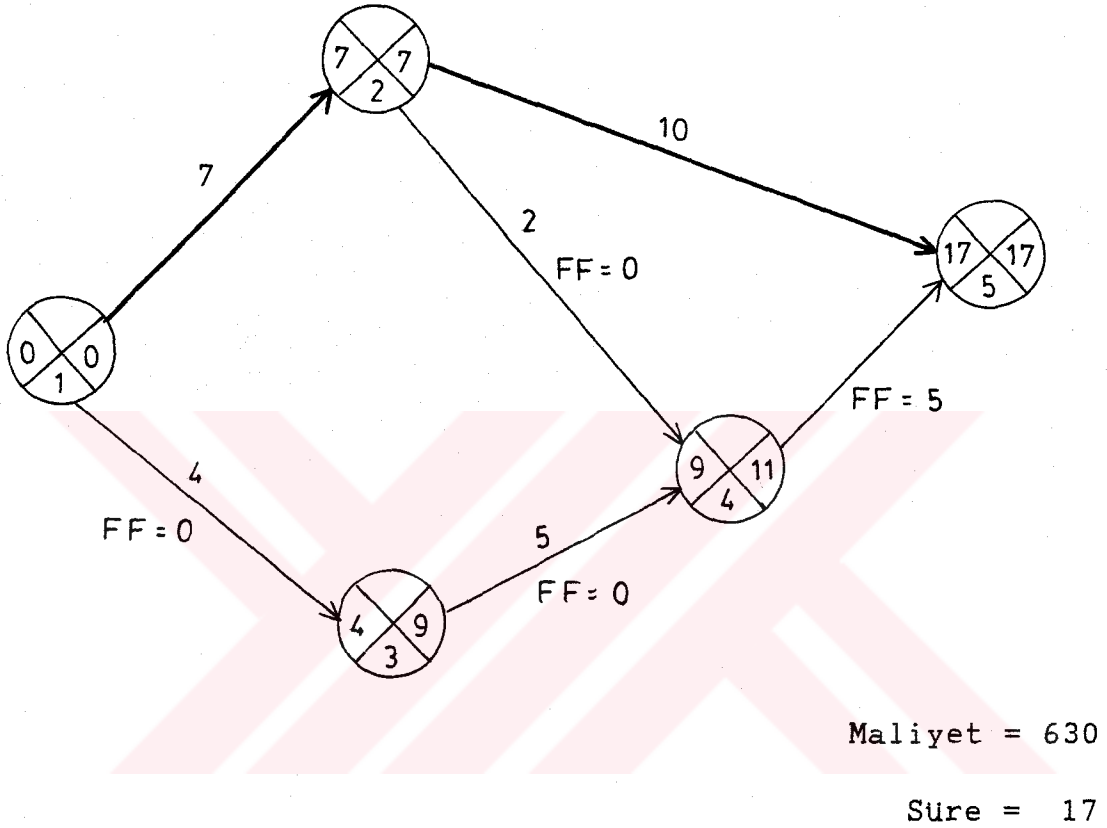
Hızlı noktaya ulasmadan önce yeni bir kritik yolun ortaya çıkıp çıkmayacağını kestirmek için yollardan biri kritik olmayan faaliyetlerin serbest sürelerini göz önüne almaktır. Serbest sürenin tanımından dolayı serbest süre, diğer faaliyetlerin baslama zamanından bağımsızdır. O halde kritik bir faaliyet sıkıştırılırsa, Pozitif serbest süre sıfır olur ve sıfır serbest süreli faaliyet kritik

olabileceğinden faaliyetler kontrol edilmeden kritik faaliyet sıkıştırılmamalıdır. O halde hızlı limite ek olarak serbest süre limiti göz önüne alınmalıdır.

Serbest süre limitini belirlemek için seçilen kritik faaliyeti bir zaman birimi kadar sıkıştırılmalıdır. Daha sonra kritik olmayan faaliyetler için serbest süre yeniden hesaplanarak, bir zaman birimi sıkıştırmakla hangi faaliyetlerin pozitif serbest süreye sahip olduğu görülecektir.

Belirtilen ilkeleri uygulamak için Sekil 4. 13. de faaliyetlerin serbest süreleri hesaplanmıştır. (1,2) faaliyetini bir birim indirgemekle, (3,4) faaliyetinin serbest süresi 1 den sıfıra iner ve (4,5) faaliyetinin serbest süresi 5 olarak kalır. Bu ise serbest süre limitinin 1' e esit olduğunu gösterir. (1,2) faaliyetinin hızlı limiti ($8 - 6 = 2$) olduğundan bu faaliyetin sıkıştırma limiti (veya sınırı), hızlı limit ve serbest süre limitinin minumumuna esittir; bu ise $\min(2,1) = 1$ dir. Yapılan işlemler sonunda yeni program Sekil 4. 14. de görülmektedir ; proje süresi 17 ve maliyeti, bir önceki program maliyeti ile sıkıştırma zamanının ek maliyeti toplanarak $580 + (18 - 7) 50 = 630$ bulunur. Serbest süre değiştiği halde, kritik yolun aynı kaldığına dikkat.

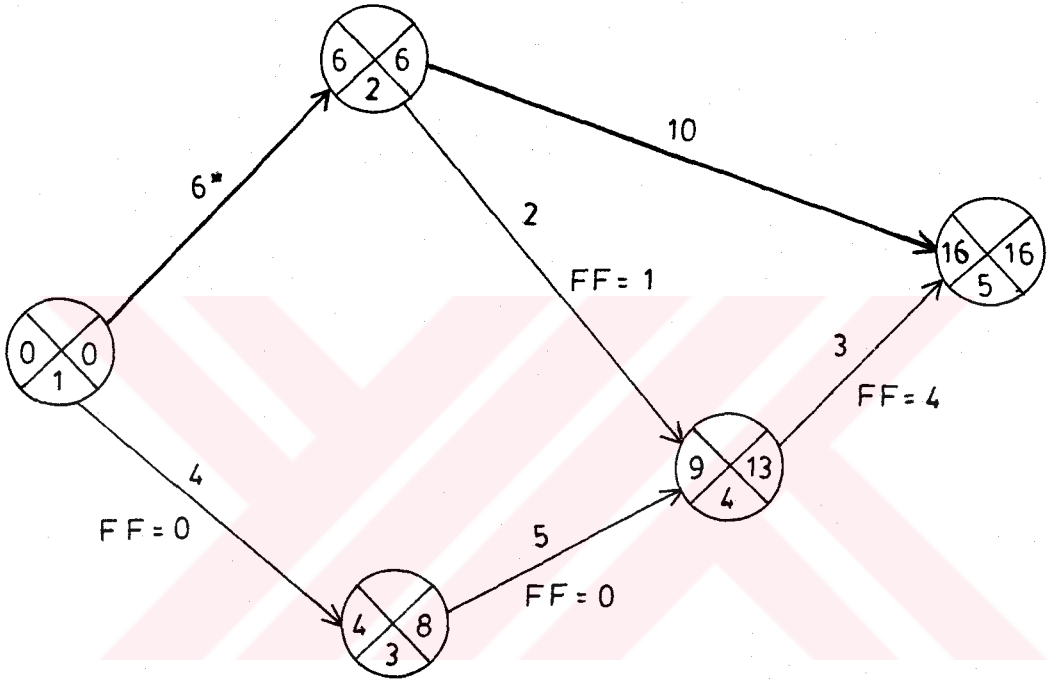
edilmelidir. Bu ise sıkıştırma limitinin serbest süre limiti ile belirlendiği zaman yeni kritik yol doğacaktır sözünün her zaman doğru olmadığını gösterir.



Sekil 4. 14. Örnek 4. 5. ait 1. yeni program

Sıkıştırma için (1,2) faaliyeti hala en iyi aday olduğundan (1,2) nin hızlı limiti ve serbest süre limiti hesaplanır. Mamafih (1,2) faaliyetinin hızlı limiti 1 dir. Serbest süre limitinin asgari 1 ' e esit olduğu garanti olduğundan serbest süre limitini hesaplamaya gerek yoktur. Dolayısıyla (1,2) faaliyeti hızlı limite

ulaştırılarak bir birim sıkıştırılır. Gerekli hesaplar Şekil 4. 15. de verilmiştir ve kritik yol değişmeden kalmıştır. Projenin süresi 16 ve maliyeti $630 + (17 - 16) 50 = 680$ dir.



Maliyet = 680

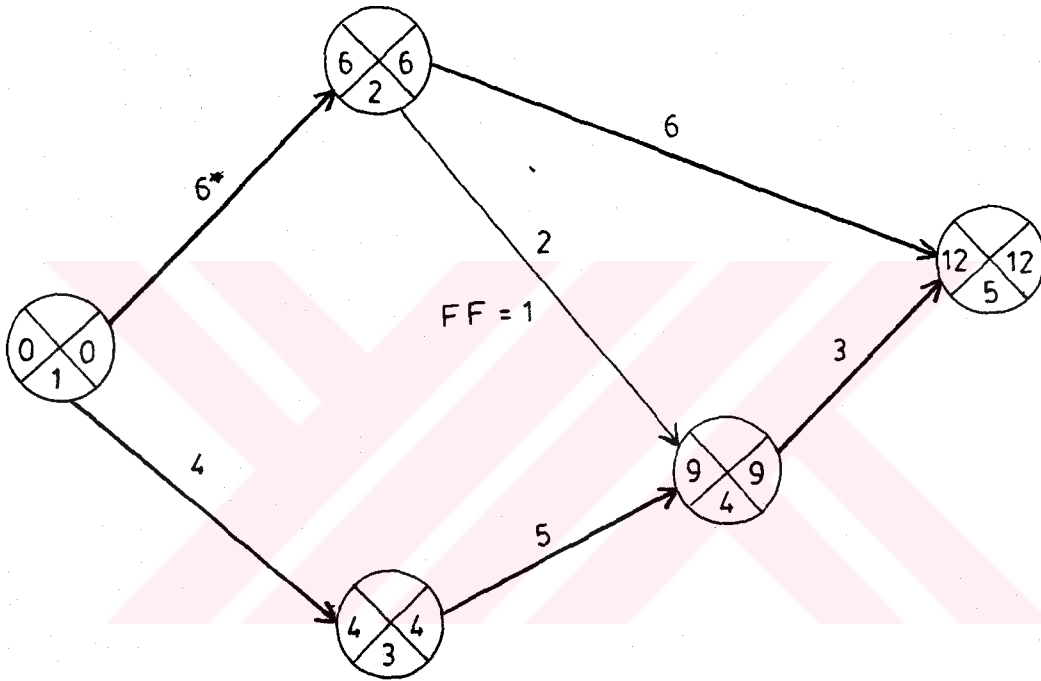
Süre = 16

* Faaliyetin hızlı limite ulaştığını gösterir.

Şekil 4. 15. Örnek 4. 5. e ait 2. yeni program

Aynı yöntemi uygulayarak, (1,2) faaliyetinin daha fazla sıkıştırılamayacağı anlaşılar. Sıkıştırma için (2,5) faaliyeti seçilir. (2,5) in hızlı limiti (10 - 5) 5,

Serbest süre limit i = 4 ve o halde sıkıştırma limiti = $\min(5, 4) = 4$ bulunur. Gerekli işlemler Sekil 4. 16. da verilmiştir ve iki kritik yol vardır ; (1,2,5) ve (1,3,4,5). Yeni projenin süresi 12 ve maliyeti $680 + (16 - 12) 60 = 920$ bulunur.



Maliyet = 920

süre = 12

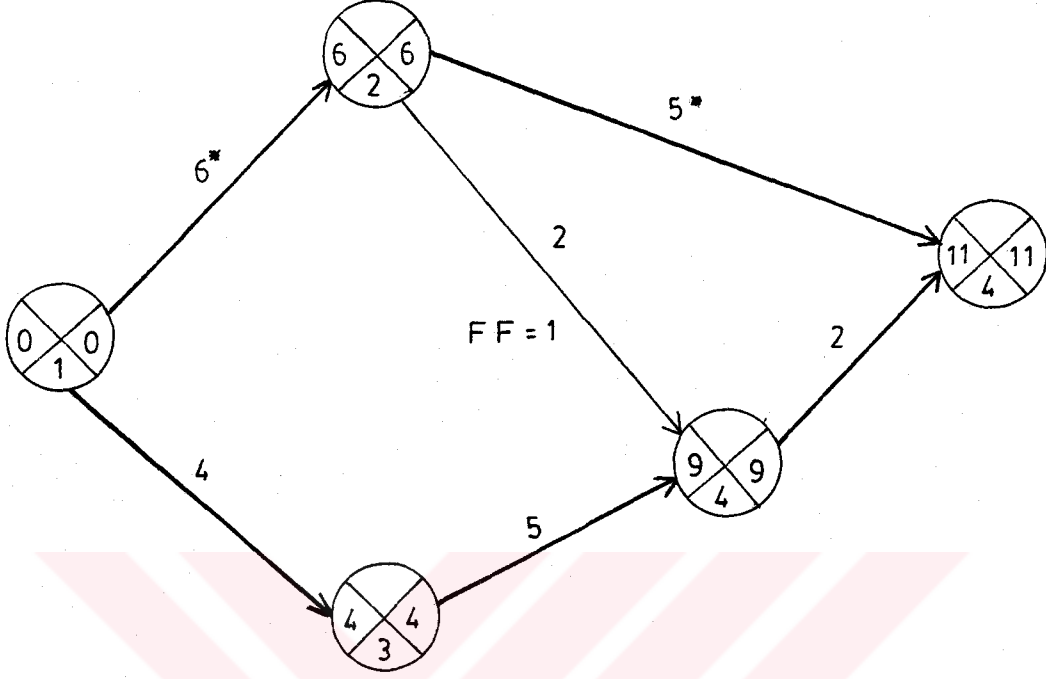
Sekil 4. 16. Örnek 4. 5. e ait 3. yeni program

İki kritik yolun doğması, proje süresini azaltmak için her iki kritik yolun süresini aynı zamanda indirgemek gerekeceğini belirtir. Sıkıştırma işlemi için kritik yolun seçimine ait açıklanan kurallar yine uygulanabilir.

(1,2,5) yolunda (2,5) faaliyeti bir birim sıkıştırılabilir, (1,3,4,5) yolu için (4,5) yolu en az eğime sahiptir ve hızlı limiti 2 dir. Dolayısıyla iki kritik yol için hızlı limit, $\min (1,2) = 1$ olur. Bu halde serbest süre limiti, her bir kritik yol ayrı ayrı düşünülerek elde edilen serbest sürelerin minimumu alınarak belirlenir. Bununla beraber hızlı limit 1 ' e eşit olduğundan yukarıda açıklanan nedenlerle serbest süre limitini hesaplamaya ihtiyac yoktur.

Yeni program Sekil 4. 17. de görülmektedir. Projenin süresi 11 ve maliyeti $920 + (12 - 11).(10 + 60) = 990$ bulunur. Projenin kritik yolları aynı kalmıştır. (1,2,5) kritik yolu üzerinde tüm faaliyetler hızlı süreli olduğundan, proje süresini daha fazla indirgeme olanağı yoktur. Sekil 4. 17. de verilen program, hızlı program olmaktadır.

Yukarıdaki hesapların özeti, proje doğrudan (direkt) maliyetlerini veren Sekil 4. 18. de görülmektedir. Her bir programa bağlı dolaylı (endirekt) maliyetlerin eklenmesi ile minimum toplam maliyetli (optimum) program hesaplanabilir.

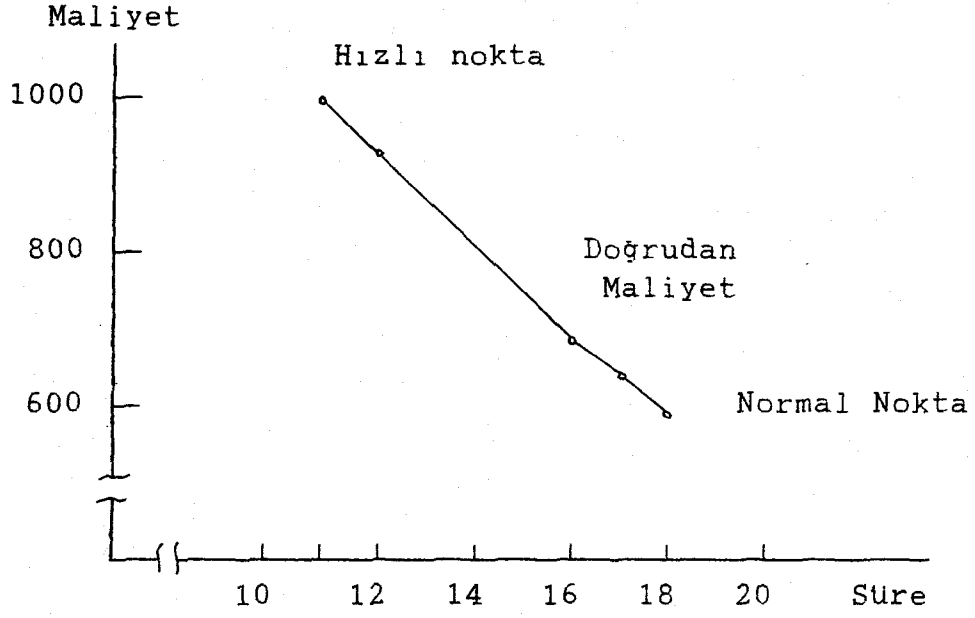


Maliyet = 990

süre = 11

Sekil 4. 17. Örnek 4. 5. e ait hızlı program

Incelediğimiz örnek verilen koşullar altında faaliyetleri sıkıştırmak (= hızlandırmak) için tüm kuralları özetlemektedir. Bununla beraber tüm proje süresini indirgmeden önce henüz hızlandırılmış bir faaliyeti genişletmek zorunluluğu doğan haller de vardır. (HALAC, 1991)



Şekil 4. 18. Örnek 4. 5. e ait proje dorudan (direkt) maliyet fonksiyonu

SONUCLAR

Günümüzde büyük kapsamlı projelerin planlanması ve kontrolü bilgisayar yardımıyla daha hızlı ve alternatiflerin değerlendirilmesi süreci daha kolay hale gelmiştir. Bilgisayarın çok hızlı çalışmasının avantajı ile geniş ve kapsamlı bir planlamada birkaç değişkenin değişmesinin sonucu kısa sürede görülebilir; projeye etkisi gözlenebilir.

Bilgisayarda en çok uygulanan teknik, Kritik Yörünge Metodu (Critical Path Method (CPM)) ve ya PERT metodu (Program Evaluations and Review Technique) dur. Bu metodlar ve ilaveten hazırlanan data base sistemleri oldukça kullanışlı paket programları kullanıcıya sunmuştur.

Yaygın olarak kullanılan yazılımlardan biri PRIMAVERA PROJECT PLANNER programıdır. Dünyada ACME motors, Toyota gibi firmaların yanında Türkiye 'de de bir çok şirket proje planlama ve kontrolünde bu programdan faydalanmaktadır.

KAYNAKLAR

- COOKE , W.P., (1985), Quantitative Methods For Management Decisions, Mc Graw-Hill, NEW YORK.
- GEZICI , R., (1977), Endüstri Muhendisliğı Esas ve Teknikleri, Türkiye Demir Çelik İşletmeleri Genel Yayınları, ANKARA.
- DILWORTH, J.B., (1993), Production and Operations Management, Manufacturing and Services, Mc Graw-Hill NEW YORK.
- LAPIN , L.L., (1991), Quantitative Methods for Business Decisions, Harcourt Brace Jounaich, SAN DIEGO.
- FOGARTY , D.W., BLACKSTONE, J.H., HOFFMAN T.R., (1991), Production & Inventory Management, South Western Publishing, CINCINNATI.
- TORAMAN , A., GOZLU, S., (1984) Üretim Planlama ve kontrol, İstanbul Teknik Üniversitesi, İSTANBUL.
- HALAC , O., (1991), Kantitatif Karar Verme Teknikleri, Evrim Dağıtım, İSTANBUL.
- CEYHUN , Y., (1976), Çizge Kuramı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, ANKARA.
- TAHA , H.A., (1989), Operations Research, Macmillan Publishing, NEW YORK.

GAITER , N., (1992), Production and Operations Management, Dryden Press, FORT WARTH.



OZGECMIS

Yuksel ARICANLI, 1965 yılında Adapazarı 'nda doğmustur. İlk öğrenimini Adapazarı Karaosman İlkokulu 'nda , orta öğrenimini Atatürk Orta Okulu 'nda ve lise öğrenimini Adapazarı Lisesi 'nde tamamlamıştır. 1982 - 1986 yılları arasında I.T.Ü. Sakarya Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Programını birincilikle tamamlamıştır. 1986 -1988 yılları arasında özel bir şirkette İnşaat Mühendisi olarak, 1988 - 1990 yılları arasında Kınalı-Sakarya Otoyolu Sapanca Saniyesinde Kontrol Mühendisi olarak çalışmıştır. 1990 yılında I.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Programında Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır. 1991 - 1992 yılları arasında Gümüşova - Gerede Otoyolu Düzce Saniyesinde Proje Planlama bölümünde görev yapmıştır. İngilizce ve italyanca bilmektedir .

This Primavera software is registered to Astaldi S.p.A..
Sorting criteria:

Selection criteria by level:

1: ALL
ACT NE

Number of activities selected: 61 out of 61
Sort/select completed.

E K A

DISTRIBUTION OF THE

QUANTITIES

IN THE ACTIVITIES

astaldi

PRIMAVERA PROJECT PLANNER

bridge 2

REPORT DATE 08JUN95 RUN NO. 14
17:38

RESOURCE LOADING REPORT

START DATE 31MAY95 FIN DATE 31MAY97*

RESOURCE LOADING - TOTAL MONTHLY SUMMARY

TOTAL USAGE FOR YEAR

DATA DATE 31MAY95 PAGE NO. 1

RESOURCE	RESOURCE DESCRIPTION	TOTAL	1995	1996
PICRO20L	- Cross beam Pier P1 Left			
CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	180	180	
STEEL	Reinforced steel	27	27	
TOTAL	PICRO20L	207	207	
PICRO20R	- Cross beam Pier P1 Right			
CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	180	180	
STEEL	Reinforced steel	27	27	
TOTAL	PICRO20R	207	207	
P1ELEV20L	- Elevation Pier P1 Left			
CONCELEV	Concrete of elevation	300	300	
STEEL	Reinforced steel	60	60	
TOTAL	P1ELEV20L	360	360	
P1ELEV20R	- Elevation Pier P1 Right			
CONCELEV	Concrete of elevation	195	195	
STEEL	Reinforced steel	52	52	
TOTAL	P1ELEV20R	247	247	
P1FOND20L	- Foundation Pier P1 Left			
CONCFOND	Concrete of foundation	900	900	
STEEL	Reinforced steel	150	150	
TOTAL	P1FOND20L	1050	1050	
P1FOND20R	- Foundation Pier P1 Right			
CONCFOND	Concrete of foundation	900	900	
STEEL	Reinforced steel	150	150	

astaldi

PRIMAVERA PROJECT PLANNER

bridge 2

REPORT DATE 08JUN95 RUN NO. 14
17:38

RESOURCE LOADING REPORT

START DATE 31MAY95 FIN DATE 31MAY97*

DATA DATE 31MAY95 PAGE NO. 2

RESOURCE LOADING - TOTAL MONTHLY SUMMARY

TOTAL USAGE FOR YEAR

RESOURCE	RESOURCE DESCRIPTION	TOTAL	1995	1996
----------	----------------------	-------	------	------

P1FOND20R - Foundation Pier P1 Right

TOTAL	P1FOND20R	1050	1050
-------	-----------	------	------

P1P2DEC20L - Deck Pier P1 Pier P2 Left

CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	240	240
STEEL	Reinforced steel	46	46

TOTAL	P1P2DEC20L	286	286
-------	------------	-----	-----

P1P2DEC20R - Deck Pier P1 Pier P2 Right

CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	240	240
STEEL	Reinforced steel	46	46

TOTAL	P1P2DEC20R	286	286
-------	------------	-----	-----

P1P2POS20L - Positioning of beams Pier P1 Pier P2 Left

CONCBEAM	Concrete of beam	260	280
PRESTEEL	Precast reinforced steel	21	21
STEEL	Reinforced steel	49	49

TOTAL	P1P2POS20L	350	350
-------	------------	-----	-----

P1P2POS20R - Positioning of beams Pier P1 Pier P2 Right

CONCBEAM	Concrete of beam	280	280
PRESTEEL	Precast reinforced steel	21	21
STEEL	Reinforced steel	49	49

TOTAL	P1P2POS20R	350	350
-------	------------	-----	-----

P1PILE20L - n.12 piles Pier P1 Left

PILEML	Linear meter of pile	240	240
STEEL	Reinforced steel	72	72

astaldi	PRIMAVERA PROJECT PLANNER	bridge 2
REPORT DATE 08JUN95 RUN NO. 14 17:38	RESOURCE LOADING REPORT	START DATE 31MAY95 FIN DATE 31MAY97*
RESOURCE LOADING - TOTAL MONTHLY SUMMARY	TOTAL USAGE FOR YEAR	DATA DATE 31MAY95 PAGE NO. 3

RESOURCE	RESOURCE DESCRIPTION	TOTAL	1995	1996

PIPILE20L	- n.12 piles Pier P1 Left			
TOTAL	PIPILE20L	312	312	

PIPILE20R	- n.12 piles Pier P1 Right			
PILEML	Linear meter of pile	240	240	
STEEL	Reinforced steel	72	72	
TOTAL	PIPILE20R	312	312	

P2CRO30L	- Cross beam P2 Left			
CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	180	180	
STEEL	Reinforced steel	27	27	
TOTAL	P2CRO30L	207	207	

P2CRO30R	- Cross beam P2 Right			
CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	180	180	
STEEL	Reinforced steel	27	27	
TOTAL	P2CRO30R	207	207	

P2ELEV30L	- Elevation Pier P2 Left			
CONCELEV	Concrete of elevation	465	465	
STEEL	Reinforced steel	124	124	
TOTAL	P2ELEV30L	589	589	

P2ELEV30R	- Elevation Pier P2 Right			
CONCELEV	Concrete of elevation	405	405	
STEEL	Reinforced steel	108	108	

astaldi	PRIMAVERA PROJECT PLANNER	bridge 2
REPORT DATE 08JUN95 RUN NO. 14 17:38	RESOURCE LOADING REPORT	START DATE 31MAY95 FIN DATE 31MAY97*
RESOURCE LOADING - TOTAL MONTHLY SUMMARY	TOTAL USAGE FOR YEAR	DATA DATE 31MAY95 PAGE NO. 4

RESOURCE	RESOURCE DESCRIPTION	TOTAL	1995	1996

P2ELEV30R	- Elevation Pier P2 Right			

TOTAL	P2ELEV30R	513	513	
P2FOND30L	- Foundation Pier P2 Left			
CONCFOND	Concrete of foundation	900	900	
STEEL	Reinforced steel	150	150	

TOTAL	P2FOND30L	1050	1050	
P2FOND30R	- Foundation Pier P2 Right			
CONCFOND	Concrete of foundation	900	900	
STEEL	Reinforced steel	150	150	

TOTAL	P2FOND30R	1050	1050	
P2P3DEC30L	- Deck Pier P2 Pier P3 Left			
CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	240	240	
STEEL	Reinforced steel	46	46	

TOTAL	P2P3DEC30L	286	286	
P2P3DEC30R	- Deck Pier P2 Pier P3 Right			
CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	240	240	
STEEL	Reinforced steel	46	46	

TOTAL	P2P3DEC30R	286	286	
P2P3POS30L	- Positioning of beams Pier P2 Pier P3 Left			
CONCBEAM	Concrete of beam	280	280	
PRESTEEL	Precast reinforced steel	21	21	
STEEL	Reinforced steel	49	49	

astaldi	PRIMAVERA PROJECT PLANNER	bridge 2
REPORT DATE 08JUN95 RUN NO. 14 17:38	RESOURCE LOADING REPORT	START DATE 31MAY95 FIN DATE 31MAY97*
RESOURCE LOADING - TOTAL MONTHLY SUMMARY	TOTAL USAGE FOR YEAR	DATA DATE 31MAY95 PAGE NO. 5

RESOURCE	RESOURCE DESCRIPTION	TOTAL	1995	1996
P2P3POS30L - Positioning of beams Pier P2 Pier P3 Left				
TOTAL	P2P3POS30L	350	350	
P2P3POS30R - Positioning of beams Pier P2 Pier P3 Right				
CONCRETE	Concrete of beam	280	280	
PRESTEEL	Precast reinforced steel	21	21	
STEEL	Reinforced steel	49	49	
TOTAL	P2P3POS30R	350	350	
P2PILE30L - n.12 piles Pier P2 Left				
PILEML	Linear meter of pile	240	240	
STEEL	Reinforced steel	72	72	
TOTAL	P2PILE30L	312	312	
P2PILE30R - n. 12 piles Pier P2 Right				
PILEML	Linear meter of pile	240	240	
STEEL	Reinforced steel	72	72	
TOTAL	P2PILE30R	312	312	
P3CRO40L - Cross beam P3 Left				
CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	180	180	
STEEL	Reinforced steel	27	27	
TOTAL	P3CRO40L	207	207	
P3CRO40R - Cross beam P3 Right				
CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	180	180	
STEEL	Reinforced steel	27	27	

RESOURCE	RESOURCE DESCRIPTION	TOTAL	1995	1996
P3CRO40R	- Cross beam P3 Right			
TOTAL	P3CRO40R	207	207	
P3ELEV40L	- Elevation Pier P3 Left			
CONCELEV	Concrete of elevation	330	330	
STEEL	Reinforced steel	88	88	
TOTAL	P3ELEV40L	418	418	
P3ELEV40R	- Elevation Pier P3 Right			
CONCELEV	Concrete of elevation	465	465	
STEEL	Reinforced steel	124	124	
TOTAL	P3ELEV40R	589	589	
P3FOND40L	- Foundation Pier P3 Left			
CONCFOND	Concrete of foundation	900	900	
STEEL	Reinforced steel	150	150	
TOTAL	P3FOND40L	1050	1050	
P3FOND40R	- Foundation Pier P3 Right			
CONCFOND	Concrete of foundation	900	900	
STEEL	Reinforced steel	150	150	
TOTAL	P3FOND40R	1050	1050	
P3P4DEC40R	- Deck Pier P3 Pier P4 Right			
CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	240	240	
STEEL	Reinforced steel	46	46	

astaldi

PRIMAVERA PROJECT PLANNER

bridge 2

REPORT DATE 08JUN95 RUN NO. 14
17:38

RESOURCE LOADING REPORT

START DATE 31MAY95 FIN DATE 31MAY97*

DATA DATE 31MAY95 PAGE NO. 7

RESOURCE LOADING - TOTAL MONTHLY SUMMARY

TOTAL USAGE FOR YEAR

RESOURCE	RESOURCE DESCRIPTION	TOTAL	1995	1996
P3P4DEC40R - Deck Pier P3 Pier P4 Right				
TOTAL	P3P4DEC40R	286	286	
P3P4POS40R - Positioning of beams Pier P3 Pier P4 Right				
CONCBEAM	Concrete of beam	280	280	
PRESTEEL	Precast reinforced steel	21	21	
STEEL	Reinforced steel	49	49	
TOTAL	P3P4POS40R	350	350	
P3PILE40L - n. 12 piles Pier P3 Left				
PILEML	Linear meter of pile	240	240	
STEEL	Reinforced steel	72	72	
TOTAL	P3PILE40L	312	312	
P3PILE40R - n.12 piles Pier P3 Right				
PILEML	Linear meter of pile	240	240	
STEEL	Reinforced steel	72	72	
TOTAL	P3PILE40R	312	312	
P3S2DEC50L - Deck Pier P3 Abutment S2 Left				
CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	240	240	
STEEL	Reinforced steel	46	46	
TOTAL	P3S2DEC50L	286	286	
P3S2POS50L - Positioning of Beams Pier P3 Abutment S2 Left				
CONCBEAM	Concrete of beam	280	280	
PRESTEEL	Precast reinforced steel	21	21	
STEEL	Reinforced steel	49	49	

astaldi

PRIMAVERA PROJECT PLANNER

bridge 2

REPORT DATE 08JUN95 RUN NO. 14
17:38

RESOURCE LOADING REPORT

START DATE 31MAY95 FIN DATE 31MAY97*

RESOURCE LOADING - TOTAL MONTHLY SUMMARY

TOTAL USAGE FOR YEAR

DATA DATE 31MAY95 PAGE NO. 8

RESOURCE	RESOURCE DESCRIPTION	TOTAL	1995	1996
P3S2POS50L - Positioning of Beams Pier P3 Abutment S2 Left				
TOTAL	P3S2POS50L	350	350	
P4CRO50R - Cross beam P4 Right				
CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	180	160	
STEEL	Reinforced steel	27	27	
TOTAL	P4CRO50R	207	207	
P4ELEV50R - Elevation Pier P4 Right				
CONCELEV	Concrete of elevation	270	270	
STEEL	Reinforced steel	60	60	
TOTAL	P4ELEV50R	330	330	
P4FOND50R - Foundation Pier P4 Right				
CONCFOND	Concrete of foundation	900	900	
STEEL	Reinforced steel	150	150	
TOTAL	P4FOND50R	1050	1050	
P4PILE50R - n.12 piles Pier P4 Right				
FILEML	Linear meter of pile	240	240	
STEEL	Reinforced steel	72	72	
TOTAL	P4PILE50R	312	312	
P4S2DEC50R - Deck Pier P4 Abutment S2 Right				
CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	240	240	
STEEL	Reinforced steel	46	46	

astaldi	PRIMAVERA PROJECT PLANNER	bridge 2
REPORT DATE 08JUN95 RUN NO. 14 17:38	RESOURCE LOADING REPORT	START DATE 31MAY95 FIN DATE 31MAY97*
		DATA DATE 31MAY95 PAGE NO. 9

RESOURCE LOADING - TOTAL MONTHLY SUMMARY	TOTAL USAGE FOR YEAR
--	----------------------

RESOURCE	RESOURCE DESCRIPTION	TOTAL	1995	1996
P4S2DEC50R - Deck Pier P4 Abutment S2 Right				
TOTAL	P4S2DEC50R	286	286	
P4S2POS50R - Positioning of beams Pier P4 Abutment S2 Right				
CONCREAM	Concrete of beam	280	280	
PRESTEEL	Precast reinforced steel	21	21	
STEEL	Reinforced steel	49	49	
TOTAL	P4S2POS50R	350	350	
PAV10L - Wearing Left Side				
WEAR	Wearing	320		320
TOTAL	PAV10L	320		320
PAV10R - Wearing Right Side				
WEAR	Wearing	400		400
TOTAL	PAV10R	400		400
S1ELEV10L - Elevation Abutment S1 Left				
CONCELEV	Concrete of elevation	200	200	
STEEL	Reinforced steel	20	20	
TOTAL	S1ELEV10L	220	220	
S1ELEV10R - Elevation Abutment S1 Right				
CONCELEV	Concrete of elevation	200	200	
STEEL	Reinforced steel	20	20	
-TOTAL	S1ELEV10R	220	220	

astaldi

PRIMAVERA PROJECT PLANNER

bridge 2

REPORT DATE 08JUN95 RUN NO. 14
17:38

RESOURCE LOADING REPORT

START DATE 31MAY95 FIN DATE 31MAY97*

RESOURCE LOADING - TOTAL MONTHLY SUMMARY

TOTAL USAGE FOR YEAR

DATA DATE 31MAY95 PAGE NO. 10

RESOURCE	RESOURCE DESCRIPTION	TOTAL	1995	1996
S1FOND10L - Foundation Abutment S1 Left				
CONCFOND	Concrete of foundation	500	500	
STEEL	Reinforced steel	50	50	
TOTAL	S1FOND10L	550	550	
S1FOND10R - Foundation Abutment S1 Right				
CONCFOND	Concrete of foundation	500	500	
STEEL	Reinforced steel	50	50	
TOTAL	S1FOND10R	550	550	
S1P1DEC10L - Deck Abutment S1 Pier P1 Left				
CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	240	240	
STEEL	Reinforced steel	46	46	
TOTAL	S1P1DEC10L	286	286	
S1P1DEC10R - Deck Abutment S1 Pier P1 Right				
CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	240	240	
STEEL	Reinforced steel	46	46	
TOTAL	S1P1DEC10R	286	286	
S1P1POS10L - Positioning of beams Abutment S1 Pier P1 Left				
CONCBEAM	Concrete of beam	280	280	
PRESTEEL	Precast reinforced steel	21	21	
STEEL	Reinforced steel	49	49	
TOTAL	S1P1POS10L	350	350	
S1P1POS10R - Positioning of Beams Abutment S1 Pier P1 Right				
CONCBEAM	Concrete of beam	280	280	

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİZEASYON MERKEZİ**

astaldi	PRIMAVERA PROJECT PLANNER	bridge 2
REPORT DATE 08JUN95 RUN NO. 14 17:38	RESOURCE LOADING REPORT	START DATE 31MAY95 FIN DATE 31MAY97*
RESOURCE LOADING - TOTAL MONTHLY SUMMARY	TOTAL USAGE FOR YEAR	DATA DATE 31MAY95 PAGE NO. 11

RESOURCE	RESOURCE DESCRIPTION	TOTAL	1995	1996
S1PIPOS10R - Positioning of Beams Abutment S1 Pier P1 Right				
PRESTEEL	Precast reinforced steel	21	21	
STEEL	Reinforced steel	49	49	
TOTAL	S1PIPOS10R	350	350	
S1PILE10L - n.12 piles Abutment S1 Left				
PILEML	Linear meter of pile	240	240	
STEEL	Reinforced steel	72	72	
TOTAL	S1PILE10L	312	312	
S1PILE10R - n.12 piles Abutment Right				
PILEML	Linear meter of pile	240	240	
STEEL	Reinforced steel	72	72	
TOTAL	S1PILE10R	312	312	
S2ELEV60L - Elevation Abutment S2 Left				
CONCELEV	Concrete of elevation	200	200	
STEEL	Reinforced steel	20	20	
TOTAL	S2ELEV60L	220	220	
S2ELEV60R - Elevation Abutment S2 Right				
CONCELEV	Concrete of elevation	200	200	
STEEL	Reinforced steel	20	20	
TOTAL	S2ELEV60R	220	220	
S2FOND60L - Foundation Abutment S2 Left				
CONCFOND	Concrete of foundation	500	500	
STEEL	Reinforced steel	50	50	

astaldi

PRIMAVERA PROJECT PLANNER

bridge 2

REPORT DATE 08JUN95 RUN NO. 14
17:38

RESOURCE LOADING REPORT

START DATE 31MAY95 FIN DATE 31MAY97*

DATA DATE 31MAY95 PAGE NO. 12

RESOURCE LOADING - TOTAL MONTHLY SUMMARY

TOTAL USAGE FOR YEAR

RESOURCE	RESOURCE DESCRIPTION	TOTAL	1995	1996
S2FOND60L	- Foundation Abutment S2 Left			
TOTAL	S2FOND60L	550	550	
S2FOND60R	- Foundation Abutment S2 Right			
CONCFOND	Concrete of foundation	500	500	
STEEL	Reinforced steel	50	50	
TOTAL	S2FOND60R	550	550	
S2PILE60L	- n.12 piles Abutment S2 Left			
PILEML	Linear meter of pile	240	240	
STEEL	Reinforced steel	72	72	
TOTAL	S2PILE60L	312	312	
S2PILE60R	- n.12 piles Abutment S2 Right			
PILEML	Linear meter of pile	240	240	
STEEL	Reinforced steel	72	72	
TOTAL	S2PILE60R	312	312	
REPORT TOTAL		24801	24081	720

This Primavera software is registered to Astaldi S.p.A..

Sorting criteria:

Selection criteria by level:

1: ALL NE

Number of activities selected: 61 out of 61

Sort/select completed.

MONTHLY DISTRIBUTION OF THE QUANTITIES

ACTIVITA' DI LAVORO KURDI
DOLUNARASON MURINA

astaldi

REPORT DATE 06JUN95 RUN NO. 12
17:18

PRIMAVERA PROJECT PLANNER

bridge 2

START DATE 31MAY95 FIN DATE 31MAY97*

DATA DATE 31MAY95 PAGE NO. 1

RESOURCE LOADING REPORT

RESOURCE LOADING - TOTAL MONTHLY SUMMARY

TOTAL USAGE FOR MONTH

RESOURCE	RESOURCE DESCRIPTION	TOTAL	MAY 1995	JUN 1995	JUL 1995	AUG 1995	SEP 1995	OCT 1995	NOV 1995	DEC 1995	JAN 1996	FEB 1996	MAR 1996	APR 1996	MAY 1996	JUN 1996	JUL 1996
CONCREM	Concrete of beam	2520				280	280	1213	747								
CONCELEV	Concrete of elevation	3230		20	838	1631	632	110									
CONCFOND	Concrete of foundation	8300		1129	3343	3029	800										
CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	3420			9	461	806	749	915	480							
FILEM	Linear meter of pile	2640	40	1040	1040	520											
PRESTEEL	Precast reinforced steel	189				21	21	91	56								
STEEL	Reinforced steel	3782	12	435	1013	1186	366	354	304	92							
WEAR	Wearing	720											720				
REPORT TOTAL		24801	52	2624	6242	7128	2924	2517	2022	572							720

This Primavera software is registered to Astaldi S.p.A..

Sorting criteria: ES EF

Selection criteria by level:

1: ALL
ACT NE

Number of activities selected: 61 out of 61
Sort/select completed.

MONTHLY DISTRIBUTION OF THE INCOMES

astaldi

REPORT DATE 08JUN95 RUN NO. 13
17:20

PRIMAVERA PROJECT PLANNER

bridge 2

START DATE 31MAY95 FIN DATE 31MAY97*

DATA DATE 31MAY95 PAGE NO. 1

COST LOADING REPORT

COST LOADING - SUMMARY BY COST ACCOUNT

TOTAL USAGE FOR MONTH

RESOURCE	RESOURCE DESCRIPTION	TOTAL	MAY 1995	JUN 1995	JUL 1995	AUG 1995	SEP 1995	OCT 1995	NOV 1995	DEC 1995	JAN 1996	FEB 1996	MAR 1996	APR 1996	MAY 1996	JUN 1996	JUL 1996
CONCREM	Concrete of beam	403200				44800	44800	194133	119467								
CONCELEV	Concrete of elevation	368220		2280	95475	185930	71995	12540									
CONCFOND	Concrete of foundation	647400		88029	260743	236229	62400										
CONCSUP	Concrete of cross beam and deck	502740			1260	67788	118440	110124	134568	70560							
PILEM	Linear meter of pile	1378080	20880	542880	542880	271440											
PRESTREL	Precast reinforced steel	612360				68040	68040	294840	181440								
STEEL	Reinforced steel	2677653	8496	308283	717154	839805	273140	250423	215218	65136							
WEAR	Wearing	23040											23040				
REPORT TOTAL		6612704	29376	941472	1617511	1714032	638816	862060	650693	135696							