

**İNŞAAT PROJE YÖNETİMİ:
BİR BARAJ VE HİDROELEKTRİK SANTRAL PROJESİ
ÜZERİNE UYGULAMA**

Deniz DİNÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2005
ANKARA**

Deniz DİNÇ tarafından hazırlanan İNŞAAT PROJE YÖNETİMİ BİR BARAJ VE
HİDROELEKTRİK SANTRAL PROJESİ ÜZERİNE UYGULAMA adlı bu tezin
YÜKSEK LİSANS tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

.....

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Anabilim Dalında
..... tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : _____

Üye : _____

Üye : _____

Üye : _____

Üye : _____

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

İNŞAAT PROJE YÖNETİMİ :
BİR BARAJ VE HİDROELEKTRİK SANTRAL PROJESİ
ÜZERİNE UYGULAMA
(Yüksek Lisans Tezi)

Deniz DİNÇ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Eylül 2005

ÖZET

Proje, belirli şartlar dahilinde ulaşılması öngörülen, tanımlanmış hedefleri olan, tanımlanmış başlangıç ve bitiş noktalarına sahip, para, iş gücü, ekipman gibi kaynakların tüketildiği zincirleme faaliyetler ve görevler bütünü olarak düşünülebilir. Projeler zaman ve kaynak kısıtlılığı bakımından benzerlik gösterse de, inşaat projelerini diğer projelerden ayıran bazı özellikler vardır. Dış faktörler üretim üzerinde önemli etkiye sahiptir; bu nedenle inşaat projelerinde risk ve belirsizlikler üst düzeydedir. İnşaat proje yöneticileri değişik teknolojileri ve değişik işçi ve ekipman alternatiflerini değerlendirmek, bununla beraber hava koşulları, malzeme eksikliği, işçi sorunları, bilinmeyen yer altı koşulları ve yanlış zaman ve maliyet tahminleri gibi hususları dikkate almak zorundadır. Projelerin boyutları geçmişte bir kişinin her detayı tecrübe ve bilgisiyle yönetebileceği seviyelerdeyken, zamanla ihtiyaçların artması, yapı tekniklerinin gelişmesi ve maddi kaynakların büyümesi, daha büyük boyutlu projelerin gündeme gelmesine neden olmuştur. Bu sürecin sonucunda proje yöneticilerinin detaylara hakim olması zorlaşmış ve proje yönetimini kolaylaştırıcı tekniklerin kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Bu çalışmada, uzun yıllardır yapımı devam eden ve proje yönetim teknikleri kullanılmadan planlanmış bir Baraj ve Hidroelektrik Santrali projesi PERT ve CPM teknikleri kullanılarak programlanmış, çeşitli alternatif senaryolardan en iyi sonuç vereni

seçilerek, projenin bu güne kadar tamamlanamamış olan kısmı için yeniden bir program oluşturulmuştur.

Bilim Kodu : 810
Anahtar Kelimeler : Proje Yönetimi, İnşaat, Proje Programlama Teknikleri
Sayfa Adedi : 135
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Berna DENGİZ

CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT :
AN APPLICATION ON A DAM AND HYDROELECTRIC POWER PLANT
PROJECT
(M.Sc. Thesis)

Deniz DİNÇ

GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
September 2005

ABSTRACT

A project is a planned undertaking of related activities to reach an objective that has time and resource constraints. Although all projects have some common properties, construction projects differ from others. External factors play a great role on construction projects so risk and uncertainty are high on these projects. Construction project managers must evaluate different alternatives of technology, workmen and equipment. They also must consider weather conditions, loss of supplies, issues of workmen, unknown underground conditions and incorrect time and cost estimations. Projects were small in the past that a manager could manage all the details with his knowledge and experience but neccessities have increased and building techniques have developed with time. As a result more complex projects have occured. After this process, controlling the details have become difficult for project managers and it has been a necessity to use project management techniques. In this study, a Dam and Hydroelectric Power Plant project which has being constructed for years, has been programmed by using PERT and CPM techniques. The programme which gives the best result has been choosen from different alternatives and a new programme has been formed for the activities that have been incomplete.

Science Code : 810

Key Words : Project Management, Construction, Programming Techniques

Page Number : 135

Adviser : Prof. Dr. Berna DENGİZ

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof. Dr. Berna DENGİZ'e, yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocam Doç. Dr. Fulya Altıparmak'a, ayrıca İnşaat Mühendisi Fırat EREN, Cuma ÇAKMAK, Mustafa ERDEN'e ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
2. PROJE	2
2.1. Projelerin Sınıflandırılması	2
2.2. Proje Yönetimi	3
2.2.1. Proje yönetimi tarihsel gelişimi	3
2.3. İnşaat	4
2.3.1. İnşaat projelerinin özellikleri	5
2.3.2. Bir inşaat projesinin oluşum aşamaları	5
2.4. İnşaat Proje Yönetimi	7
2.5. İnşaat Proje Yönetimi Aşamaları	7
2.5.1. Planlama	8
2.5.2. Zamanlama (Proje programlama)	12
2.5.3. Kontrol	73
2.6. MS Project Yazılımı	74
3. İNŞAAT PROJE YÖNETİMİ UYGULAMASI	76

	Sayfa
3.1. Dalaman Akköprü Barajı ve Hidroelektrik Santrali Projesinin Planlanması ve Programlanması	76
3.1.1. Projenin planlaması	76
3.1.2. Projenin programlanması	79
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	84
KAYNAKLAR	85
EKLER	90
EK-1. Faaliyet tanımları ve zaman tahminleri çizelgesi	91
EK-2. Alternatif programların tablo ile gösterimi	119
EK-3. Kullanılan kaynaklar ve maliyetleri çizelgesi	130
EK-4. Seçilen programın gannt şeması ile gösterimi	133
EK-5. Tamamlanmamış işler için program.....	134
ÖZGEÇMİŞ	135

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Öncelik kurallarının en iyi sonuç verdiği aralıklar	55
Çizelge 2.2. Öncelik kurallarından elde edilen sezgisel sonuçların optimum sonuçlarla karşılaştırılması	57
Çizelge 3.1. İşin kısımlarına göre bitirme zamanları ve gecikme cezaları	77
Çizelge EK.1. Faaliyet tanımları ve zaman tahminleri çizelgesi	91
Çizelge 3.2. Sınırsız kaynak varsayımli program	120
Çizelge 3.3. Kaynak dengelemeli program	121
Çizelge 3.4. Kaynak kısıtlı, gecikmesiz program	122
Çizelge 3.5. Kaynak kısıtlı, gecikmeli program.....	123
Çizelge 3.6. Kaynak kısıtlı, fazla mesaili, gecikmeli program	124
Çizelge 3.7. Kaynak kısıtlı, fazla mesaili, gecikmeli program	125
Çizelge 3.8. Kaynak kısıtlı, fazla mesaili, gecikmeli program	126
Çizelge 3.9. Kaynak kısıtlı, fazla mesaili, gecikmeli program (Kaynaklar Yetersiz)	127
Çizelge 3.10. Kaynak kısıtlı, fazla mesaili, gecikmeli program (Kaynaklar Yeterli)	128
Çizelge 3.11. Farklı senaryolar için maliyet çizelgesi.....	129
Çizelge EK.3. Kullanılan kaynaklar ve maliyetleri çizelgesi	130

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Projeyi etkileyebilecek faktörler	9
Şekil 2.2. İşlemlerin gösterimi	15
Şekil 2.3. Olayların gösterimi	16
Şekil 2.4. Simetrik, sola ve sağa yatık β dağılımları.....	22
Şekil 2.5. Değişken ve deterministik eylem süreleri kavramlarının çizimsel gösterimi.....	23
Şekil 3.1. Projenin organizasyon şeması.....	78

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

σ	Standart sapma
a	İyimser zaman tahmini
b	Kötümser zaman tahmini
m	Muhtemel zaman tahmini

Kısaltmalar

Açıklama

CPM	Critical path method - kritik yörünge yöntemi
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
PERT	Program evaluation and review technique - program değerlendirme ve revizyon tekniği

1. GİRİŞ

Ülkemizde, yoğun olarak yatırım yapılan sektörlerin başında inşaat sektörü gelmektedir. İnşaat sektörü, milli gelir içindeki yeri, yatırım harcamaları içindeki payı, diğer sektörlerle olan girdi çıktı ilişkileri, istihdam etkisi sağlaması, döviz kazancı yönünden ekonominin önde gelen sektörlerinden biri olması, altyapının tamamlanması ve barınma sorununu çözümlemesi yönlerinden önem taşımaktadır.

İnşaat projeleri de bir çok yönden diğer projelerden farklılık gösterir. Her bir inşaat projesi, yöneticiler için farklı bir sorun olarak ortaya çıkar. Proje yöneticileri değişik teknolojileri ve değişik işçi ve ekipman alternatiflerini değerlendirmek zorundadır. Bununla beraber hava koşulları, malzeme eksikliği, işçi sorunları, bilinmeyen yer altı koşulları ve yanlış zaman ve maliyet tahminleri gibi konuların da dikkate alınması gerekmektedir. Sonuçta bütün bu varsayımlar inşaat projesini dinamik bir sorun olarak ortaya koymaktadır.

Günümüzde, ihtiyaçların artması, yapı tekniklerinin gelişmesi ve maddi kaynakların büyümesi, büyük boyutlu projelerin gündeme gelmesine neden olmuş, proje yöneticilerinin detaylara hakim olması zorlaşmıştır. Yaşanan gelişmeler, değişik boyutlardaki projelerin hayata geçirilmesinin her aşamasında çeşitli planlama ve kontrol tekniklerinin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada projeler, inşaat projeleri, proje yönetimi ve aşamaları hakkında genel bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde, bir baraj ve hidroelektrik santral projesi kaynak kısıtları altında, MS Project yazılımı kullanılarak programlanmış ve fazla mesai, süre uzatımı, kaynak artırımı faktörlerinin farklı kombinasyonları altında oluşturulan çeşitli senaryolar incelenmiştir. Dördüncü bölümde, proje programlama tekniklerinin kullanımından elde edilen sonuçlar ve yatırımcı ve yüklenicilere sağlayacağı avantajlar üzerinde durulmuştur.

2. PROJE

Proje, belirli koşullar altında ulaşılması öngörülen, tanımlanmış hedeflere, başlangıç ve bitiş noktalarına ve sermaye sınırlamalarına sahip, para, işgücü, ekipman gibi kaynakların tüketildiği zincirleme faaliyetler ve görevler bütünüdür (1). Projeler, bir veya birkaç defaya mahsus olarak ele alınan ardıl faaliyetlerdir.

Proje, açıkça tanımlanmış hedeflere ulaşılabilmesi için ardıl ve karmaşık faaliyetlerin yerine getirilmesine yönelik insan çabaları olarak da tanımlanabilir (2).

2.1. Projelerin Sınıflandırılması

Projeler, genellikle süreleri ve özelliklerine göre sınıflandırılırlar (3):

Sürelerine göre projeler :

- Uzun Vadeli Projeler : Bunlar 10 yıldan çok süreli projelerdir. Endüstriyel gelişme, uçak, gemi, veya savunma sanayi projeleri bunlara örnek oluşturan projelerdir.
- Orta Vadeli Projeler : 3-10 yıl süreli projelerdir. Bir çelik üretim tesisi kurulması, bir büyük baraj inşaatı veya uzun vadeli bir projenin bir bölümü bu tür projelere örnek verilebilir.
- Kısa Vadeli Projeler: 6 ay- 3 yıl süreli projelerdir. Yol yapımı, konferans organizasyonu gibi bazı projeler bu gruba örnek verilebilecek projelerdir.

Özelliklerine göre projelere ise stratejik uzun vadeli planlama projeleri, araştırma ve geliştirme projeleri, idari projeler, büyük endüstri tesislerinin kuruluşu, yeni ürün yapımı ve pazarlaması gibi projeler örnek olarak verilebilir.

2.2. Proje Yönetimi

Proje yönetimi, belirli bir amaca ulaşabilmek için plan, program, doğru kaynak dağıtımı, zamanlama ve kontrolün yapılmasıdır (4). Bir projeyi başlangıcından bitişine kadar belirli bir zaman ve maliyet çerçevesinde en son açısından planlama ve yönetme sürecidir.

2.2.1. Proje yönetimi tarihsel gelişimi

Proje yönetiminin tarihi Eski Mısır, Roma ve Çine kadar gitmektedir (5). Mısır Piramitleri, Çin Seddi gibi yapıların inşasında mimari açıdan görkemli eserler görsek de planlama ve şebeke teknikleri hakkında çok az şey bilinmektedir. Modern proje yönetimi anlayışının ilk eseri olarak Hennry Gantt'ın 1900'li yıllar başında yaptığı çalışmalar karşımıza çıkmaktadır. Bugün kullanılan bar grafik ve bar şemaların temeli Gantt'ın o yıllarda gemi inşa projelerinde planlama ve kontrol amaçlı dizayn ettiği görsel şemalardır. Bu şemaların, Birinci Dünya Savaşı sırasında inşa edilen kargo gemilerinin inşa sürelerini azalttığı görülmüştür. Proje yönetiminde gelişmeler 1950 ve 1960'lı yıllarda Amerika ve İngiltere'de askeri ve uzay amaçlı projeler yürütülmesi sırasında devam etmiştir.

Proje yönetiminin iki temel tekniği olan CPM ve PERT eş zamanlı olarak geliştirilmiş tekniklerdir. 1957 yılı başında Univac Uygulama Araştırma Merkezi ve Dupont de Nemours Şirketi en düşük maliyet amacını güden bir planlama ve izleme yöntemi olan CPM metodunu geliştirmiştir. Dr. E. Clark'ın geliştirdiği ağ diyagramı yöntemi ise PERT Tekniği olarak ortaya konmuştur. PERT ilk olarak programlamacılar tarafından belirli olaylara belirli zamanlarda varma ihtimalini hesaplamak ve belirsiz olaylar hakkında tahminler yapabilmek için kullanılmıştır.

1960'larda çoğunlukla NASA'nın çalışmaları ile matris organizasyon yapısı, maliyet kontrolü, kazanılmış değer, proje yaşam süresi, konfigürasyon yönetimi gibi kavramlar geliştirilmiş, ihale şartnamelerine proje yönetim sistemlerinin kullanılmasının girilmesi, zorlayıcı tip şartnamelerin ortaya çıkması, inşaat

sektöründe artan oranda proje yönetim tekniklerinin kullanılmaya başlanması, proje yönetim enstitüsünün kurulması gibi gelişmeler yaşanmıştır.

1970’li yıllarda birbirinden farklı yöntem ve tekniklerle proje yönetimi büyümeye ve gelişmeye devam etmiş, savunma ve inşaat sektörünün yanı sıra ileri teknoloji şirketleri de proje yönetimi sistemlerini verimli bir şekilde kullanmışlardır.

1960’larda sayıları hızla artan proje yönetimi yöntem ve teknikleri, 1970’lerde rafine edilmiş, 1980’lerde kabul edilebilir pratikle birleştirilmiştir. Zaman, maliyet, ve kalite üçgeninin biri değiştiğinde diğerlerini etkileyen elemanları birbirleri ile entegre edilmiştir.

Grafiksel Değerlendirme ve Gözden Geçirme tekniği olan GERT tekniği, olayların gerçekleşmesinin ihtimallere bağlı olan şebeke analizlerinde kullanılan bir teknik olup gerçek projelerde var olan belirsizliklere direkt olarak yöneliktir ve bu sebeple son derece basit projeler için bile oldukça gelişmiş bilgisayar kaynakları gerektirmektedir.

Günümüzde bilgisayarların yaygın kullanımı, kapasitelerindeki artışlar, yazılım sektörünün gelişimi gibi çeşitli sebeplerle proje yönetimi bilgisayar destekli olarak sürdürülmektedir. Primavera, Imsi Turbo Project, MS Project gibi bir çok windows uyumlu yazılım proje yöneticileri tarafından tercih edilmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.3. İnşaat

İnsan, bilim ve uygarlığın gereksinimlerinin karşılanacağı her türlü ortamın oluşturulma sürecine inşaat projesi denir. İnşaat projesi genel olarak belirli kaynaklarla belirli bir zaman içerisinde tamamlanması gereken ve tekrarlanmayan özel faaliyetler topluluğu olarak da tanımlanabilir. Daha açık bir tanımlama ile inşaat projesi, belirli bir tüketici gereksinimini ya da kullanıcı talebini karşılamak amacıyla

üstlenilen ve bina, yol, köprü, baraj, liman gibi yapıları konu alan sözleşme veya iş programlarıdır.

2.3.1. İnşaat projelerinin özellikleri

İnşaat projelerinin özellikleri şu şekilde sıralanabilir (6) :

- İnşaat tipi, yeri ve koşulları her projede değişik olduğundan üretim metotları da değişir.
- Dış faktörler üretim üzerinde önemli etkiye sahiptir.
- Yönetimin kontrol edemediği dış faktörler nedeniyle, inşaat projelerinde risk ve belirsizlikler üst düzeydedir.
- İnşaat projeleri uzun süreli projelerdir.
- İnşaat işçileri genellikle geçici olarak çalışır ve işçilerin bilgi düzeyi düşük olduğu için verimliliğin sağlanması oldukça zordur.
- İnşaat sektöründe, imalat sektöründe olduğu gibi alıcının fiyat ve kaliteyi bir arada görmesine olanak yoktur.

Bir inşaat projesinin ilgili tarafları yatırımcı, yüklenici ve taşeronlardır. Yatırımcı, sonuçtaki imalatın sahibi ve kaynak sağlayıcıdır. Yüklenici, inşaatla uygulanacak her imalat kaleminin kontrolünü ve takibini yapan firmadır. Yüklenici firma işin bazı kalemlerini taşeron firmalarla sözleşme yaparak onlara devredebilir. İnşaatlar, ilgili kişi ve kuruluşlar için geçici faaliyetlerdir.

2.3.2. Bir inşaat projesinin oluşum aşamaları

Bir projenin oluşturulmasına ilişkin çalışmalar genel olarak (3):

- İhale öncesi hazırlıklar
- Uygulama projeleri ve şartnamelerin hazırlanması ve lojistik planlama
- İnşaat
- Kullanıcıya devretme

aşamalarından oluşur.

Bir inşaat projesinin oluşumu, bu proje için talep belirtilmesi veya talep varlığının gözlenmesi ile başlar. Yeni bir projeye başlamadan önce, proje tanımlandıktan sonra, projeye ilişkin bir fizibilite çalışması yapılması gerekir. Bu çalışma, inceleme ve değerlendirme alt aşamalarından oluşur. İnceleme aşamasında mümkün projelerin her yönü ile araştırılmaları ve geçmiş projelerden edinilen belge ve deneyim birikimlerinden, araştırma/geliştirme çalışmalarından geniş ölçüde yararlanılması gerekir. İnceleme çalışmaları sırasında mümkün projelerin teknik değerlendirilmesinin yanı sıra, iş gücü ve makine-ekipman planlaması, risk analizi, bu günkü değere indirgenmiş nakit akışı analizi de yapılmalıdır. Maliyet/yarar karşılaştırması sonucunda proje önerisinin kabul veya red edilmesine ilişkin bir karar verilir. Değerlendirilmesi gereken birden çok proje veya seçenek varsa, hangi projenin işletmenin belirlenen amaçlarına daha uygun olduğunu belirlemek, ancak yapılabilirlik aşamasındaki ciddi çalışmalarla mümkün olur. Fizibilite çalışmalarını duruma göre işveren, müteahhit veya diğer bir uzman kuruluş yapabilir.

Bu çalışmalar sonunda projenin yapılması kararı alınırsa, tasarım aşamasına geçilir; araştırma/geliştirme çalışmaları yapılarak ön-tasarım ve yeterli sayıda ve ayrıntıda uygulama tasarımı hazırlanır. Bu aşamada yapılan çalışmalar, bir inşaat projesinin gerçek maliyetini, yapımını ve kullanılabilirliğini çok büyük ölçüde etkiler.

Sözleşme aşamasında, yatırımcı, yüklenici ve taşeronlar işin tanımı, yapım şartlarının belirlenmesi, ödeme koşulları, malzeme ve makine-ekipman alımları, lojistik planlama gibi konular üzerinde anlaşır. Sözleşme aşamasını yapım/inşa aşaması izler. İnşa çalışmaları, kısmen veya tamamen sonuçlandığında elde edilen ürün teslim edilir, deneme ve işletme alt aşamaları başarı ile tamamlandıktan sonra kullanım aşamasına geçilir.

2.4. İnşaat Proje Yönetimi

İnşaat projelerinde sorunların giderilmesi, proje amaçlarına ulaşılması, etkinliğin artırılması, proje üst yönetimi ile şantiye arasında sistemli bir çalışma ortamının oluşturulması amacıyla yönetim işlevlerinin gerçekleştirilmesi faaliyetine inşaat proje yönetimi denir.

Her bir inşaat projesi, yöneticiler için farklı bir sorun olarak ortaya çıkar. Her proje birbirinden farklıdır ve her defasında farklı yerlerde yürütölmek zorundadır. Proje çok sayıda kişi ve organizasyonun işgücünün koordinasyonunu gerektirmektedir. Proje yöneticileri değişik teknolojileri ve değişik işçi ve ekipman alternatiflerini değerlendirmek zorundadır. Bununla beraber hava koşulları, dış unsurların davranışı, malzeme eksikliği, işçi sorunları, iş makinelerinde meydana gelen arızalar, bilinmeyen yer altı koşulları ve yanlış zaman ve maliyet tahminleri gibi konuların da dikkate alınması gerekmektedir. Bütün bu faktörler, inşaat proje yönetimi kavramının gelişimini ve uygulamasını gerekli duruma getirmiştir.

2.5. İnşaat Proje Yönetimi Aşamaları

Yapılacak işlerin belirlenmesi planlama çalışmalarının altyapısını hazırlar. Projenin her detayı belli olduğu zaman eldeki bilgiler bir plan haline getirilir. Planlama, yapılacak işleri, zaman, mekan ve sorumlusu boyutlarında tarifler. Bu çalışmaya parasal ve kaynak bilgileri de eklenince planlama çalışması bir projenin yönetilebilmesi için ihtiyaç duyduğu yapıya kavuşmuş olur. Proje başladıktan sonra gerçekleşmeler planlamayla uyumlu bir şekilde kontrol edilir. Böylece planlama sürekli olarak gözden geçirilerek ana hedeflerden sapılmaması sağlanır (7).

Proje yönetimi, temelde planlama, zamanlama (programlama) ve kontrol aşamalarından oluşur.

2.5.1. Planlama

Planlama, istenilen hedeflere ulaşabilmek için yapılan sistemli hesap ve tasarımlardır (7).

Planlamada, faaliyetler, faaliyetlerin birbirleriyle olan ilişkileri, maliyetler, gelirler, imalat süreleri, işçilikler, taşeronlar, malzemeler, makine ve teçhizat hareketleri incelenmesi gereken ana faktörlerdir. Bunun dışında, işveren ve kontrollük ile ilişkiler, yerel şartlar, güvenlik, coğrafi durum, iklim, ekonomik koşullar, ulaşım gibi kritik faktörler de göz önüne alınmalıdır.

Bir projede işlerin yapılış sırasına karar vermek, eleman dağılımını zamanında yapabilmek, malzeme ekipman ve teçhizatı zamanında ve yeteri kadar sahaya getirebilmek ve iş ilerlemesi takip edebilmek iyi bir planlama ve kontrol gerektirir.

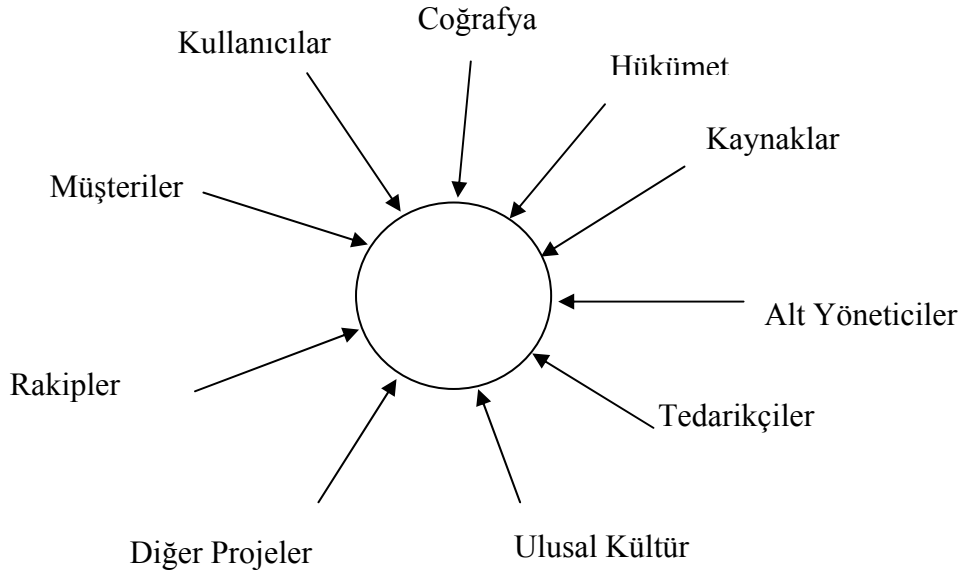
Planlama yaparken en genel uygulama, en kısa sürede ve en düşük maliyetle işlerin bitirilmesi arzusuyla şekillenen iş programlarıdır. Tecrübelerden çıkan sonuç ise, en kısa süre ile en düşük maliyetin beraberce gerçekleşme şansının çok az olduğunu göstermiştir. Zaman kısaldıkça, fazla mesai ve ekip arttırmaktan kaynaklanan işçilikler başta olmak üzere çeşitli maliyetler proje bütçesinde şişmelere neden olacaktır.

Planlamanın yapısında, faaliyetlerin sorumluları, uygulayıcıları, taşeronlar, ana iş grupları ve kontrol merkezleri gibi sınıflandırmalar olmalıdır. Bu kategoriler için detaylı iş programları, para ve imalat miktarları bazında değerlendirmeler yapılabilmelidir.

Planlama aşamasında yapılması gerekenler :

- Proje çevresi ile ilişkilerin belirlenmesi

Proje çevresi, proje süresince projeyi etkileyebilecek tüm faktörleri içerir (Şekil 2.1.) (8).



Şekil 2.1. Projeyi etkileyebilecek faktörler

Proje çevresi, projenin yapısında varolan belirsizlikleri tayin eden ana etkidir.

- Projenin tanımlanması

Bir projeyi planlama ve hayata geçirme karmaşık bir iştir ve bu işe başlamadan önce neler yapılacağını mümkün olduğunca açık bir şekilde ortaya konması gerekir. Bir projeyi tanımlamak için proje hedeflerinin ve hedeflere nasıl ulaşılabileceğini belirleyen stratejilerin oluşturulması gerekir.

Proje yönetiminin hedeflerini birincil ve ikincil hedefler olarak sınıflandırmak mümkündür

Birincil Hedefler :

- o Projenin, bitirme planına göre veya daha önce tamamlanmasıdır.
- o Projenin, ayrılmış kaynakları aşmadan tamamlanmasıdır.

- o Projenin, hazırlanan spesifikasyonlara uygun olarak tamamlanmasıdır.

İkincil Hedefler :

- o Ülke dışından sağlanan kaynaklardan çok yerel kaynaklardan yararlanılmaya ağırlık verilmesi.
- o Düzgün bir ilerleme hızının sağlanması. Bu amaç, çalışma yoğunluğunun az olduğu dönemler ile fazla olduğu dönemler arasındaki dalgalanmaları önlemeyi amaçlamaktadır.
- o En az çelişki ve karışıklıkla tamamlanmasıdır.
- o Kaynakların, dönem bazında dengeli olarak kullanılması
- Proje organizasyonu

Organizasyon, işi yapacak olan departmanların oluşturulması ve birbirleriyle olan ilişkilerin tanımlanmasıdır. Bir başka deyişle organizasyon, kaynakların etkili bir şekilde yönetilmesini sağlayacak düzenin kurulmasıdır (7).

Bir proje organizasyonu belirli bir projenin sınırlı bir zaman içerisinde tamamlanması için ihtiyaç duyulan kaynakları toplamanın etkili bir yoludur (9).

Proje organizasyonunda yer alan insanların doğru bir biçimde yönetilmesi, bu kişilerin projeye büyük oranda katılımlarını sağlamak açısından önemlidir (10).

Organizasyonun kurulmasından ve çalıştırılmasından birinci derecede proje müdürü sorumludur. Proje müdürünün görevi, projeyi başlangıcından bitişine kadar planlayarak ve kontrol ederek projenin karmaşıklığını basitleştirmeye ve belirsizlikleri azaltmaya çalışarak proje hedeflerine ulaşılmasını sağlamaktır (9). Uygulamadaki başarı, iyi bir organizasyon yapısına ve bu organizasyondaki iletişim ve bilgi akışının iyi çalışmasına, yani koordinasyona bağlıdır (3).

- Kaynaklar ve Bütçe

Projenin planlama aşamasında kullanılacak kaynaklar ve projenin bütçesi belirlenmelidir (11).

Proje sırasında organizasyon dışı bir takım mal ya da servislere ihtiyaç duyulur. Bu tedarik edilmesi gereken kaynakların planlanması, tedarik şekilleri ve kaynakların seçilmesi gibi konulara proje planlama aşamasında karar verilmesi gerekir.

Proje bütçeleri fonksiyonel organizasyonların bütçelerinden farklıdır. Bunun nedenleri şöyle sıralanabilir :

1. Projeler tekrar etmeyen yapılardır.
2. Proje bütçeleri doğrudan kontrol altındadırlar
3. Bütçenin performansı, yapılan bütçe programına ve de kaynakların kullanılma şekline bağlıdır.
4. Projelerdeki kar ve maliyet faktörleri fonksiyonel organizasyonlardakinden daha belirgindir.

Planlama seviyeleri

Planlama aşamalarına geçmeden önce detayların hangi boyutta olması gerektiği konusunda karar vermek gerekir (7). Detayların boyutu, organizasyona, projeye ve yönetimin ihtiyaçlarına göre değişir. Eğer elde uygulamaya yönelik yeterli bilgi yoksa ihale aşamasındaki bilgiler kullanarak genel bir planlama yapılır. Faaliyetlerin genel olarak tanımlandığı bu tür planlar, birinci seviye planlama olarak tanımlanabilir.

Uygulamaya yönelik tasarımlar mevcut ise belirsizlikler büyük ölçüde giderilmiş ve imalat miktarlarına yönelik metrajlar hesaplanabilecek, işlerin boyutları miktarsal ve parasal olarak büyük ölçüde belirlenebilecek demektir. Eğer malzeme seçimleri de yapılabilir ise bu aşamada proje yönetim aracı olarak kullanılabilecek ikinci seviye

planlama çalışması başlayabilir. Birinci seviye planlama aşamasında tek bir faaliyet olarak gösterilen işler detaylı faaliyetlere ayrılabilir.

Ana Plan olarak bilinen, projenin kapsamlı planlaması ikinci seviye planlama ile yapılabilir. Ana plan, şirketin ve uygulayıcıların proje bazındaki hedeflerinin kağıda dökülmüş halidir.

Bazı organizasyonlar ikinci seviye planlama ile de yetinmeyerek daha detaylı bir planlamaya ihtiyaç duyarlar. Bu çalışma projede çalışan herkese günlük iş emri verecek detayda hazırlanır. Uygulayıcıların işlerini kontrol edebilmek için kullandıkları bu plan üçüncü seviye planlama olarak adlandırılır. Bu seviyedeki planlama, her elemanın yapacağı işleri ve malzeme-ekipman akışını tarifleyecek boyuta ulaşır.

2.5.2. Zamanlama (Proje programlama)

Projenin ana hatlarıyla çerçevesinin çizilmesini program hazırlama takip eder. Program aşamasında, Gantt şemaları, CPM ve PERT gibi proje yönetim teknikleri kullanılır. Bu teknikler yardımı ile projeyi oluşturan faaliyetler arasındaki ilişkiler kurularak öncelik sıraları belirlenir, faaliyet süreleri tahminleri yapılır, projenin başlangıç ve bitiş zamanları bulunur. Son olarak programlanmış faaliyetler için ayrıntılı bir bütçe hazırlanır ve gerekli kaynakların atamaları gerçekleştirilir (12).

Proje programlamanın amaçları şöyle özetlenebilir (9):

1. Her bir aktivitenin diğerleri ile ve de tüm proje ile olan ilişkilerinin gösterir.
2. Aktiviteler boyunca öncelik ilişkilerini tanımlar.
3. Her bir aktivite için gerçekçi zaman ve maliyet tahminlerinin yapılmasını sağlar.
4. Proje içerisindeki kritik darboğazları tanımlayarak, insan, para ve malzeme kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanılabilmesine yardım eder.

Program geliştirilirken faaliyet ve kaynaklar ile ilgili veriler, sınırlamalar, varsayımlar, takvimler ve çalışma sürelerinde ortaya çıkabilecek uzama ve kısaltmalar veri olarak kullanılır. Bu aşamada matematiksel analizler, simülasyonlar, ve bilgisayar yazılımları kullanılarak hesaplamalar yapılır. Sonuç olarak proje programı elde edilir (13).

Proje programlama teknikleri

Gantt Şeması

Proje planlama yöntemlerinin en eskisi çubuk tablolar, bir başka adıyla Gantt Şemaları'dır (14).

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

Çubuk tablolar basit ve az işlemli projeler için yeterli ve hatta çok iyi bir planlama yöntemi olabilmektedir (15). Ancak, bugün ele alınan projeler genellikle o kadar karmaşık ve büyük boyutludur ki çubuk tablolar artık yeterli planlama araçları olarak kabul edilmemektedir.

Çubuk tabloların üstünlükleri şöyle sıralanabilmektedir (16) :

- 1- Hazırlanması, anlaşılması ve gerektiğinde değişiklik yapılması da kolay olan ve düşük maliyetli bir yöntemdir.
- 2- Bir zaman eksenini üzerinde gösterildiklerinden herhangi bir zaman diliminde gerekecek kaynakların hesaplanabilmesi için son derece uygun olmaktadır.

Bu üstünlüklerin yanı sıra bazı sakıncaları da vardır;

- 1- Çubuk tablolarla işlemlerin birbirleriyle olan ilişkileri açıkça görülememektedir.
- 2- Çubuk tablolarla herhangi bir işlemde ortaya çıkacak gecikmelerin projenin toplam süresini ne şekilde etkileyeceğini görme olanağı yoktur. Diğer bir deyişle bu tablolar işlemlerin en erken başlangıç ve en geç bitişleri arasındaki ilişkiyi tam açıklıkla ortaya koyamadığından projede kritik yol saptanamamaktadır.

Bütün bu sakıncaları nedeniyle bugün çubuk tablolar yerlerini daha iyi planlama yöntemleri olan ağ modellerine bırakmışlardır (17).

Şebeke (Ağ) modelleri

Program amacına ulaşabilmek için gereken faaliyet ve olayların birbirleriyle olan planlama gereği bağlantı ve ilişkilerini gösteren şemaya şebeke denir (18).

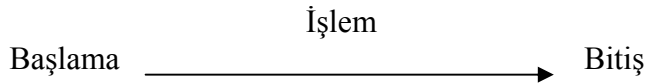
Şebeke Analizi bir planlama tekniği olup genellikle büyük ölçekli projelerin planlanması, bir noktadan diğer noktaya olan en kısa yolun bulunması, inşaat planlaması, yeni ürünlerin pazarlanmasının programlanması, belirli sistemlerdeki maksimum akışın bulunması, büyük çaplı ihalelerin hazırlanması gibi bir çok alanlarda kullanılabilir (19).

Şebeke yöntemlerinin amacı avantajları şu şekilde özetlenebilir :

- 1- Yapılacak faaliyetlerin açıkça ve kesinlikle tanımlanması
- 2- Projenin toplam süresini etkileyen ve üzerinde özellikle durulması gereken kritik faaliyetlerin belirlenmesi
- 3- Her faaliyetin başlama ve bitme zamanlarında, toplam süreyi etkilemeksizin, izin verilebilecek değişikliklerin belirlenmesi

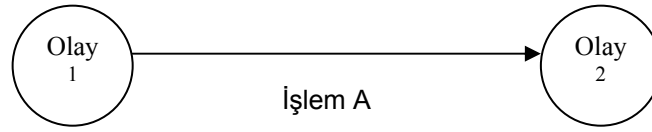
- 4- Planlama döneminde öngörülen sürelerin uygulama sırasında uğradıkları değişikliklerin sonuçlarını değerlendirmeye yol ve vaktinde önlem almaya olanak sağlaması
- 5- Kaynaklardan en iyi yararlanma yolunun seçilmesi
- 6- İşin gerçekleştirilmesi için gerekli bütçe ve finansman programının düzenlenmesi
- 7- Uygulama sırasında gerçekleşen maliyetlerin gelişmesini ölçüp toplam maliyete etkilerini hesaplayarak proje maliyetinin izlenmesi olanaklarını sağlayarak planlama ve izlemede yönetime yardımcı olmaktır.

Belli bir olayı tamamlamak için gereken çalışmaya işlem denmektedir (20). Ağ modelde işlemler oklarla temsil edilmektedir. Her işlem sadece bir okla temsil edilebilmektedir. Okun kuyruğu işlemin başlangıcını ucu ise işlemin bitişini göstermektedir (Şekil 2.2). Okun uzunluğunun ve eğiminin işlemin süresi ya da önemiyle ilgisi yoktur. Bu özelliği ile ağ model, çubuk tablodan farklılık göstermektedir.



Şekil 2.2. İşlemlerin gösterimi

Olay, bir ya da birden fazla işlemin başlangıç ya da bitişine denir (4). Diğer bir deyişle, bir işin zaman içerisinde belli bir noktada belirli bir sonuca bağlanmasıdır. Olaylar işlemleri birbirine bağlamaktadır. Olaylar için zaman kullanımı söz konusu değildir, dolayısıyla zaman içinde bir nokta olarak değerlendirilmektedir. Olaylar ağ modelde dairelerle temsil edilmektedir.



Şekil 2.3. Olayların gösterimi

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

CPM tekniği

CPM, ileri gidiş işlemleri, geri gidiş işlemleri, bollukların hesabı, kritik yolun bulunması ve proje tamamlanma süresinin hesaplanmasında kullanılan tek zaman tahminine dayalı bir yöntemdir.

İleri gidiş İşlemleri

İleri gidiş işlemlerinin amacı şebekedeki her olayın en-erken-gerçekleşme zamanını ve her eylemin en-erken-başlama ve en-erken-bitirme zamanlarını hesaplamaktır. İleri gidiş işlemleri projenin başlangıç olayından başlar, son olaya doğru gider. Bu işleme başlamak için projenin başlangıç olayına bir zaman değeri atanır; bu değer genellikle sıfır olarak alınır. İleri gidiş işlemlerinde her eylemin mümkün olduğu kadar erken, yani bağımlı olduğu daha önceki eylemler biter bitmez başlayacağı varsayılır.

Bütün şebekenin basit bir algoritma ile, başlangıç olayı 1, son olay t ve bütün diğer olaylar da $i < j$ olacak şekilde numaralandığı varsayılınsın. Şebekede her eylemin en-erken-başlama / en-erken-bitirme sürelerinin hesabı için ileri gidiş işlemleri şöyle yapılır:

Adım 1. Bir j olayının en-erken-gerçekleşme zamanı

$$E_j = \max_i \{E_i + D_{ij}\} \quad (2 \leq j \leq t) \quad [2.1]$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada E_i önceki olayın gerçekleşme zamanı, D_{ij} ise i-j eyleminin beklenen süresidir. Genelde başlangıç olayının sıfır zamanda gerçekleşeceği varsayılır; buna göre $E_1=0$ olur.

Adım 2. tüm eylemlerin mümkün olduğu kadar erken, yani bağımlı bulundukları daha önceki eylemler biter bitmez, başladığı varsayılır. Bir i-j eylemi için ES_{ij} en erken başlama zamanı,

$$ES_{ij} = E_i \quad [2.2]$$

veya

$$ES_{ij} = \max_i \{EF_{ij}\} \quad [2.3]$$

şeklinde bulunur.

Adım 3. bir i-j eyleminin EF_{ij} en-erken-bitiş zamanı, bu eylemin ES_{ij} en-erken-başlama zamanı ile D_{ij} eylem süresinin toplamıdır. Buna göre, bütün eylemler için en-erken-bitiş zamanları

$$EF_{ij} = E_i + D_{ij} \quad [2.4]$$

veya

$$EF_{ij} = ES_{ij} + D_{ij} \quad [2.5]$$

olarak hesaplanır.

Geri Gidiş İşlemleri

Geri gidiş işlemlerinin amacı her olayın en-geç-gerçekleşme zamanını ve her eylemin en-geç-başlama / en-geç-bitirme zamanlarını hesaplamaktır. Bu işlemler son olaydan başlar, ilk olaya doğru ilerler. İleri gidiş işlemleri tamamlanmadan geri gidiş işlemlerine başlanamaz. Geri gidiş işlemleri aşağıda belirtilen üç adıma sırasıyla uyularak yapılır :

Adım 1: Bir olayın L_i en-geç-gerçekleşme zamanı

$$L_i = \min_j \{L_j - D_{ij}\} \quad (1 \leq i \leq t-1) \quad [2.6]$$

bağıntısı ile hesaplanır. Projenin t son olayının L_t en-geç-gerçekleşme zamanı, varsa projenin T_s bitiş zamanına/tarihine; T_s belirtilmemişse ileri gidiş işlemleri ile bulunan E_t en-erken-gerçekleşme zamanına eşitlenir; yani

$$L_t = T_s \text{ veya } E_t \quad [2.7]$$

alınır. Buna sıfır bolluk gösterilimi denir.

Adım 2: bir $i-j$ eyleminin LF_{ij} en-geç-bitirme zamanı, kendini izleyen bağlı eylemlerin LS_{ij} en-geç-başlama zamanlarının en küçüğüne eşittir. Buna göre her eylemin LF_{ij} en-geç-bitirme zamanı

$$LF_{ij} = L_j \quad [2.8]$$

veya

$$LF_{ij} = \min_j \{LS_{ij}\} \quad [2.9]$$

bağıntıları ile hesaplanır.

Adım 3: Bir i-j eyleminin LS_{ij} en-geç-başlama zamanı, bu eylemin LF_{ij} en-geç-bitirme zamanı ile D_{ij} eylem süresinin farkıdır. Buna göre her eylem için LS_{ij} en-geç-başlama zamanı

$$LS_{ij} = L_i - D_{ij} \quad [2.10]$$

veya

$$LS_{ij} = LF_{ij} - D_{ij} \quad [2.11]$$

olarak hesaplanır.

Bollukların hesabı

Bir i-j eyleminin TF_{ij} toplam bolluğu, bu eylemin en-geç-başlama/en-erken-başlama veya en-geç-bitirme/en-erken-bitirme zamanları arasındaki farktır. Buna göre TF_{ij} toplam bolluğu

$$TF_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij} = LS_{ij} - E_i \quad [2.12]$$

veya

$$TF_{ij} = LF_{ij} - EF_{ij} = L_j - EF_{ij} \quad [2.13]$$

bağıntıları ile hesaplanır. Bir eylemin toplam bolluğu, bu eylemin tüm projenin planlanan bitiş tarihini etkilemeksizin, en-erken-başlama zamanından ne kadar geç başlayabileceğini de gösterir.

Bir i-j eyleminin FF_{ij} serbest bolluğu, bu eylemi izleyen bağlı eylemin en-erken-başlama zamanı ile söz konusu eylemin en-erken-bitirme zamanının farkına eşittir. Buna göre FF_{ij} serbest bolluğu

$$FF_{ij} = ES_{jk} - EF_{ij} \quad [2.14]$$

veya

$$FF_{ij} = E_j - EF_{ij} \quad [2.15]$$

bağıntıları ile hesaplanır. Serbest bolluk, bir eylemin bitirme zamanının diğer eylemlerin ve olayların hiç birinin başlama zamanını etkilemeksizin ne kadar geciktirilebileceğini belirtir.

Kritik yörüngenin belirlenmesi

Kritik eylem, başlamasındaki bir gecikme proje bitiş tarihinde bir gecikme doğuran bir eylemdir. İleri gidiş, geri gidiş ve bollukların hesabı işlemleri sonuçlarını kullanarak şebekenin kritik eylemleri belirlenir.

Bir i-j eylemi

$$E_i = L_i \quad [2.16]$$

$$E_j = L_j \quad [2.17]$$

$$E_j - E_i = L_j - L_i = D_{ij} \quad [2.18]$$

şartlarını sağlıyorsa bu eylem kritik yörünge üzerindedir. Bu şartlar gerçekte bir i-j eyleminin en-geç-başlama/en-erken-başlama ve en-geç-bitirme/en-erken-bitirme zamanları arasındaki farkın yani TF_{ij} toplam bolluğunun

$$TF_i = 0 \quad [2.19]$$

olduğunu gösterir. Kritik yörünge mümkün en kısa proje tamamlanma süresini belirtir.

PERT tekniği

PERT Tekniğinde şebeke mantığı CPM Tekniğindeki ile aynıdır ancak proje eylemlerinin zaman tahminleri olasılıklı bazda yapılır. PERT'in geliştirilmesindeki en önemli amaçlardan birisi, gerçekteşme sürelerinde önemli ölçüde belirsizliğin hakim olduğu önemli faaliyetlerin çizelgelenebilmesi ihtiyacını karşılamaktır (21).

CPM ve PERT arasındaki temel farklılık, bu yöntemlerin ilk tasarımları göz önünde tutulduğunda, çözmek istedikleri problemlerin farklılığından ve yaklaşımlardaki değişikliklerden kaynaklanır.

PERT ve CPM arasındaki temel farklılıklar şu şekilde sıralanabilir (22):

- PERT'te, iyimser (a) , kötümser (b) ve en muhtemel (m) olmak üzere üç ayrı zaman tahmini kullanır. Bu tahminlerden beklenen zaman elde edilir. CPM ise tek bir tahmine dayanır ve doğasında determinizm vardır.
- PERT sürelerin hesaplanmasında riskin çok değişiklik gösterdiği araştırma geliştirme projelerinde, CPM ise kaynağa bağımlı olan ve doğru zaman tahminlerine dayalı projelerde kullanılır.
- PERT oransal tamamlamanın belirlenmesinin imkansız olduğu projelerde kullanılırken, CPM oransal tamamlamanın belirli bir doğrulukla hesaplamının mümkün olduğu projelerde kullanılır ve nakit akışı da bu doğrultuda planlanır.

Bu zaman tahminleri kullanılarak yapılan matematiksel ve istatistiksel işlemler sonucunda, her eylemin ve olayın tahmin edilen süre içinde gerçekteşme olasılıkları hesaplanır.

PERT yönteminin geliştirilmesinde, D eylem süresi olasılık dağılımının β dağılımı olduğu varsayılmıştır.

PERT tekniğinde faaliyetin ortalama beklenen süresi;

$$\underline{D} = [(a+b)/2 + 2m] \quad [2.20]$$

$$\underline{D} = (a + 4m + b) / 6 \quad [2.21]$$

Doğrusal yaklaşık bağıntısı ile hesaplanır.

σ_D standart sapmasının yaklaşık değeri,

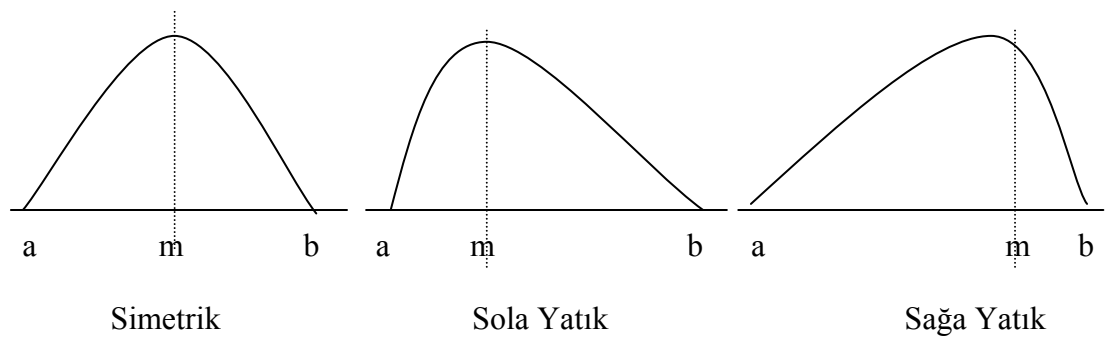
$$\sigma_D \cong (b-a) / 6 \quad [2.22]$$

bağıntısı ile hesaplanabilir.

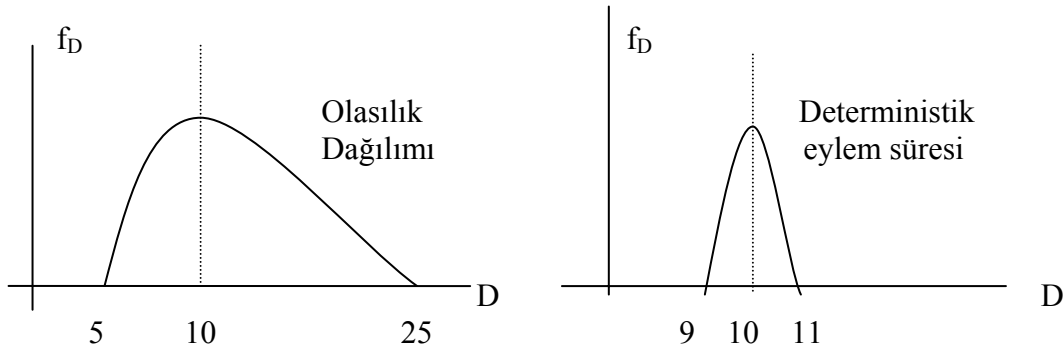
V_D eylem süresi varyansı,

$$V_D = \sigma_D^2 = [(b-a) / 6]^2 \quad [2.23]$$

olur.



Şekil 2.4. Simetrik, sola ve sağa yatık β dağılımları



Şekil 2.5. Değişken ve deterministik eylem süreleri kavramlarının çizimsel gösterilimi

PERT çözümü ile elde edilen bilgiler sonucunda proje yöneticisi yapım sırasında varyansı büyük eylemleri, olası problemler eylemler olabilecekleri nedeni ile, daha yakından izleyebilir.

Kaynak kısıtı altında proje programlanması

Genellikle, bir projedeki faaliyetlerin büyük bölümü farklı tiplerde kaynaklara gereksinim duyarlar. Bu kaynakların büyük bir bölümü de tedarik edilmeleri bakımından kısıtlamalara tabidirler. Projelere kaynak tahsisleri konusunda literatürde yer alan çeşitli yaklaşımlar önce Davis ve sonra da Willis tarafından araştırılmış ve bu problemlerin çözümü için kullanılan yöntemlerin, analitik teknikler ve sezgisel teknikler olarak iki ana gruba ayrıldığı görülmüştür (23-26).

Kaynak kısıtları altında analitik teknikler

Özellikle kısıtlı kaynak durumlarında, projenin tamamlanmasını müsaade edilen zamanı aşmayacak sürede sağlamaya yönelik olan optimizasyon teknikleri, küçük ölçekli test problemlerinde sınanmakta, ancak pratikte, gerçek hayatta karşılaşılabilen türdeki büyük boyutlu karmaşık projelerde başarısız sonuçlar vermektedir. Bu konudaki çalışmalar, tamsayılı programlama ve buna bağlı teknikler, dal sınır tekniği ve sınırlı ve örtülü sayılama teknikleri gibi teknikleri içermektedir.

Tamsayı programlama

Kaynak kısıtlı projelerin en iyi çizelgelenmesi problemi, matematiksel olarak çözümü zor sayılan bilişimsel problemler sınıfına girer. Bilişimsel problemler sınıfına örnek olarak Wiest tarafından geliştirilen ve Bowman'ın işlemlerin tezgahlara atanması problemine bir çözüm bulmak için geliştirdiği 0-1 programlama modeline benzeyen bir model gösterilmiştir (27-28). Bunun için, bir projede her biri s simgesi ile gösterilen m tane kısıtlı kaynak grubu bulunduğunu ve her biri j simgesi ile gösterilen n adet işlemin belirli bir düzen içinde çizelgelenmesi gerektiği varsayılmıştır. P simgesi j işinin başlayabilmesi için tamamlanması zorunlu olan öncül işlemi, p_j kümesi ise öncül işlemlerin bütünü tanımlamak için kullanılmaktadır. Çizelgelemede kullanılacak zaman noktası d simgesi ile gösterilerek projenin z zaman biriminde tamamlanmasının istediği varsayılmıştır.

Parametreler

$s(\text{kaynak grubu})$	: 1,2,.....,m
$d(\text{gün})$	: 1,2,.....,z
$j(\text{işlem})$	: 1,2,.....,n
p	: j 'den önce gelen işlemler $p \in P_j$

Modelin karar değişkeni

X_{jd} : j işinin d zamanında yapılıp yapılmadığı kararı; bu 0-1 tamsayılı değişken olup, işlem yapılıyorsa 1, yapılmıyorsa 0 değerini alır.

Modelin değişmezleri:

a_{sd}	: d zaman noktasında s cinsinden eldeki kaynak miktarı
c_{sj}	: j işleminde kullanılacak s cinsinden kaynak grubu miktarı
t_j	: j işleminin süresi

Modelin kısıtları

1. j işleminin d gününde aktif olup olmadığını gösteren kısıt:

$$X_{jd} = 0 \text{ veya } 1 \text{ (bütün } j \text{ ve } d \text{ değerleri için)} \quad [2.24]$$

2. Projenin tamamlanma tarihine kadar bütün işlemlerin gerçekleştirilmesi gerektiğini gösteren kısıt:

$$\sum_{d=1}^z x_{jd} = t_j, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad [2.25]$$

3. Kaynak kapasitesi kısıtı:

Her zaman noktasında kullanılan kaynaklar eldeki mevcut kaynak miktarlarını aşamaz

$$\sum_{j=1}^n c_{sj} \cdot x_{jd} \leq a_{sd}, \quad d = 1, 2, \dots, z. \quad [2.26]$$

$$s = 1, 2, \dots, n$$

4. Öncelik kısıtı

Bir işlem önünden gelmesi zorunlu olan öncül işlemler tamamlanmadan başlayamaz

$$t_p \cdot x_{jd} \leq \sum_{j=1}^{d-1} x_{pj}, \quad p \in p_i, \quad d = 1, 2, \dots, z \quad [2.27]$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

5. İşlemlerin parçalanamaması kısıtı:

Hiçbir iş parçalara ayrılarak yapılamaz.

$$t_j \cdot x_{jd} - t_j \cdot x_{j,d+1} + \sum_{i=d+2}^z x_{ji} \leq t_j, \quad d = 1, 2, \dots, z \quad [2.28]$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

Bu kısıtlara bağılı olarak en kısa proje süresini vermesi istenen amaç denklemin formülasyonu aşağıdaki gibidir.

$$Z \min = R_k \sum_{j=1}^n x_{jk} + R_{k+1} \sum_{j=1}^n x_{jk+1} + \dots + R_z \sum_{j=1}^n x_{jz} \quad [2.29]$$

Burada $k, 0 \leq k \leq z$ arasında herhangi bir değer ve $R_{k+1} = W.R_k$, W , sabit bir sayı ve $R_k = 1$ olarak alınmıştır. Wiest, w değeri için tesadüfi bir seçim yaparak $w=4$ olarak kabul etmiş ve böylece bu modelin en kısa proje tamamlanma süresini verecek programı bulmasını amaçlamıştır. 55 işlem ve 4 tip kaynak grubu ve 30 günlük bir zamanı kapsayan bir proje için bu model uygulandığında 6870 adet kısıt ve 1650 değişkeni içeren bir modelin kurulması gerekmektedir. Bu nedenle günümüzde analitik tekniklerin kullanılması daha ziyade küçük ölçekli projelerin programlanmasında etkili olabilmekte, büyük projelerin modellenmesinde ise etkin bir çözüm bulmakta zorlanılmaktadır.

Gonguet, sınırlı kaynak altında proje programlaması yaklaşımında, üç temel varsayım kullanmıştır (29):

- işlemlerin kaydırılması ve ek kapasite (fazla mesai) kullanılmamaktadır.
- Kısıtlı kaynak tipi tektir. Diğer kaynaklar kısıtsız kabul edilmiştir.
- T anında tek bir proje programlanabilir.

İşlemler birbirine öncelik ilişkileri ile bağılı olup bu ilişki türüne teknolojik kısıt adı verilmiştir. Kaynak kısıtları da, her bir dönemde gereksinim duyulan kaynak sayısının eldeki mevcut kaynak miktarlarını geçmeyeceği şeklinde ifade edilmiştir. Amaç denklemi, projedeki son işlemin başlama zamanının minimize edilmesi olarak belirlenmiştir.

Problem bir tamsayılı lineer programlama modeli olarak ele alınmış ve formülasyonu buna göre yapılmıştır:

Karar değişkeni

$$X_{jt} = \begin{cases} 1 & \text{Eğer } t \text{ anında } j \text{ işlemi programlanabiliyorsa} \\ 0 & \text{Diğer durumlarda} \end{cases} \quad [2.30]$$

$$\sum_{t \in D_j} X_{j,t} = 1 \quad (j=1,2,\dots,N) \quad [2.31]$$

Burada D_j , j işleminin PERT tekniği ile belirlenen toplam bolluğunu ifade etmektedir.

Amaç denklemi:

$$Z_{\min} = \sum_{t \in D_{j_e}} t \cdot X_{j_e,t} \quad [2.32]$$

Burada:

j_e : kendinden sonra gelen işlemler kümesi boş olan işlem, yani son işlem olarak tanımlanır.

Öncelik ilişkileri kısıtları:

(Bir işlem bitmeden onu takip eden işlem başlayamaz)

$$SS_j + d_j \leq SS_{j_1} \quad j_1 \in S_j \quad [2.33]$$

$$\sum_{t \in D_j} t \cdot X_{j,t} + d_j \leq \sum_{t \in D_{j_1}} t \cdot X_{j_1,t} \quad [2.34]$$

Burada:

SS_j : j işleminin programlanan başlama zamanı

d_j : j işleminin süresi

j_1 : j işlemini takip eden işlem

S_j : j işleminden sonra gelen işlemler kümesi

D_j : j işlemi için mümkün olan başlama tarihleri kümesi

Kaynaklarla ilgili kısıt :

(Kaynak talebi mevcut kaynak miktarını geçemez)

$$\sum_{j \in P} \sum_{t \in D_j} l_{r,j,t1-t+1} \cdot X_{j,t} \leq A_{r,t1} \quad (t1 = 1,2,...,W) \quad [2.35]$$

Burada:

P : projeyi oluşturan işlemler

$l_{r,j,t1-t+1}$: j işleminin r kaynağına olan talebi

$A_{r,t1}$: t1 anında eldeki mevcut r kaynak miktarı

W : 1. dönemdeki toplam birim zaman sayısı.

Bu model, tek tip kaynak talebi olan ve 16 işlemli ve 32 birim zamanda tamamlanan bir projeye uygulandığında, 239 değişken ve 63 kısıtlı bir denklem ortaya çıkmaktadır.

Pritzker, geliştirdiği bir tamsayılı 0-1 programlama modelinde, karar değişkeni olarak işlemlerin belirlenmiş dönemlerde tamamlanıp tamamlanmadığı kriterini ele alarak problemi formüle etmiş ve bu formülasyonu ile çoklu kaynak durumu, işlem ötelemeleri, kaynak ikamesi ve sabit termin süresi gibi kriterleri incelemiştir (30).

Algoritmanın amaç denklemi, birden çok proje için tamamlanma sürelerinin minimizasyonu veya gecikme cezalarının minimizasyonu gibi üç değişik şekilde olabilmektedir. 3 proje ve her biri 3 değişik tip kaynağa gereksinim gösteren 8 işlemden oluşan bir sistemin formülasyonu, 33 karar değişkeni ve 37 kısıt içermektedir.

Franke, iki değişik tip 0-1 değişkeni içeren bir model geliştirmiştir (26). Birinci tip değişken, bir işlemin belirli bir dönemde programlanıp programlanmadığını, diğer

değişken ise projenin belirli bir dönemde bitip bitmediğini kontrol etmektedir. Bu konuda herhangi bir uygulama yapılmamıştır.

Prabhakar, inşaat sektörü için geliştirdiği spesifik bir 0-1 tamsayılı programlama modelinde problemi alt problem gruplarına bölmüştür. Bu modelde, işlemler günden güne değişen miktarlarda kaynaklara ihtiyaç duymaktadırlar. Kullanılan kaynak miktarı mevcut kapasiteyi geçmemekte ve kaynak kullanımı sürekli bir fonksiyon olup çan eğrisi şeklinde oluşmaktadır. Her bir işlem, kendi alt işlemlerine ayrıştırılabilmekte ve işlem süreleri de kullanılan kaynak miktarına bağlı olarak artıp azalabilmektedir.

Dal sınır teknikleri

Bu tip problemlerde dal sınır tekniklerinin kullanılabilmesi için önce bir dallanma (ana programı kısmi programlara ayırma) şemasının ortaya konması gerekir ve sonra bu şema üzerinden sınırlar hesaplanarak kısmi programlar gözden geçirilir ve baskın olmayan kısmi programlar elenerek dallanmaya devam edilir. Dallanma şeması ortaya konduktan sonra, ya geri izleme yada atlamalı izleme ile sonuca ulaşılabilir. Bu yöntemin başlıca avantajı, doğrusal programlamada ele alınması gereken bütün olurlu programlar yerine baskın programların izlenmesine olanak vermesidir.

Herroelen, bu konuda yapılmış olan çalışmalardan ilkinin Johnson'un tek kaynak kısıtlı proje programlamasında proje süresinin minimizasyonunu hedef alarak geliştirdiği dal-sınır algoritmasının oluşturduğunu belirtir. bu algoritma aşağıdaki gibi bir süreç izler:

- Önce kısmi bir program tanımlanır
- Bu kısmi program işlemler kümesini dört alt kümeye ayırır
- Programlanmış işlemler bitmiş kümeyi oluşturur
- Devam eden işlemler aktif kümeyi oluşturur
- Kendinden önce gelen işlemler tamamlanmış, ama kendileri henüz başlamamış işlemler karar kümesini oluşturur

- Kalan programlanmamış işlemler de kalan işlemler kümesini oluşturur
- Sezgisel bir yöntemle proje süresinin üst sınır değeri belirlenir
- Ardışık olarak tek dal üzerinde oluşturulan düğümlerde alt sınır değerleri hesaplanır.
- Alt sınır değerleri proje süresini üst sınır değerini aştığı takdirde çözüm kesilir ve yeni bir dal oluşturulur.

Bu teknik küçük boyutlu teorik çalışmalar için geçerli olup gerçek hayattaki projelerde hesaplama süresi çok büyük boyutlara ulaşmaktadır.

Daha sonra yine tek kaynak kısıtına bağlı olarak Mason ve Moody, proje gecikmesinden doğan maliyetlerin ve kaynak seviyelerindeki dalgalanmaların minimizasyonunu hedef alan bir dal sınır yöntemini geliştirmişlerdir (31).

Modelin kullandığı başlıca varsayımlar:

- Gecikme cezaları kaynak seviyesindeki birim artış veya eksilmelere bağlı olarak doğrusal olarak değişir.
- İşlemlere ait süre ve kaynak talebi gibi parametreler sabit tamsayı değerler almaktadır.
- Başlayan bir işlem yarıda kesilemez.

Olarak özetlenebilir.

Amaç denklemi oluşturan denklemler kümesi aşağıda verilmiştir:

T zamanında kaynak seviyesindeki değişimin maliyeti:

$$f(t) = c_1 \cdot \max [0 , r (t + 1) - r (t)] + c_2 \cdot \max [0 , r (t) - r (t + 1)] \quad [2.36]$$

Burada:

- c_1 : kaynak seviyesindeki bir birim artışa bağlı doğrusal ceza maliyeti
 c_2 : kaynak seviyesindeki bir birim azalışa bağlı doğrusal ceza maliyeti
 $r(t)$: $(t-1)$ ile t arasındaki kesikli zaman aralığındaki alt işlemler kümesi için kaynak seviyesi

Proje gecikme maliyeti:

$$d(t_1) = c_3 \cdot (t_1 - t_2) \quad [2.37]$$

Burada;

c_3 : projenin hedeflenen bitiş süresine göre bir zaman birimi uzamasının getireceği maliyet

Toplam proje maliyeti:

$$p(t_1) = \sum_{t=0}^{t_1-1} f(t) + d(t_1) \quad [2.38]$$

Algoritmanın hedefi, bütün olurlu programlar kümesi içinde en düşük toplam maliyeti verecek olurlu programın belirlenmesidir. Bu amaçla bir başlamış işlemler kümesi belirlenerek bu bütün işlemler kümesinin bir kısmı programı olarak alınır. Aynı şekilde, t anında programlanabilecek işleri belirten ve başlamış işler kümesinde olmayan fakat öncülleri tamamlanmış işlemleri gösteren bir karar kümesi tanımlanır. Belirlenen herhangi bir t zamanında m adet işlem başlayabiliyorsa, 2^m tane karar alt kümesi oluşturulabilir. Yine Johnson algoritmasına benzer şekilde maliyetler ile ilgili üst sınır ve alt sınır değerleri hesaplanarak yukarıdaki süreç izlenir.

Sayılama teknikleri

Bu konudaki çalışmaların ilkinin Balas'ın atölye tipi proje programlama problemine 0-1 değişkenleri yardımıyla ve örtülü sayılma yöntemiyle çözüm araması oluşturur (32). Önce sezgisel bir yöntem kullanarak proje süresi üst sınır değeri belirlenmiş daha sonra tek dal üzerinde oluşturulan düğümlerdeki alt sınır değerleri hesaplanmıştır. Dallar üstündeki düğümlerde elde edilen olurlu program çözümleri proje üst sınır değerinin altında kaldığı sürece dallanmaya devam edilir. Tek kaynaklı örtülü sayılamaya diğer bir örnek olarak Schrage modeli kaynaklarda verilmiştir (33-34).

Talbot-Patterson'un kurmuş olduğu etkili bir model, atölye tipi çok kaynak kısıtlı proje programlaması probleminde proje süresinin minimizasyonunu hedefleyen ve tüm muhtemel işlem tamamlanma zamanlarının sistematik bir sayılanmasını içeren bir örtülü sayılma yaklaşımından oluşmaktadır (35). Bu yaklaşımda hesap hacmini azaltmak amacıyla şebeke kesiti uygulanarak daha iyi sonuçlar vermeyecek olan hesapların kesilip elenmesi sağlanmaktadır. Elde edilen bu sonuçlar, üç farklı kaynak kullanan 30 ile 50 arasında işlem sayısına sahip şebekeler için sağlanmıştır. Yöntemin dayanak aldığı temel algoritma Balas'ın algoritmasıdır. Ancak Balas algoritmasında olduğu gibi 0-1 değişkenler kullanılması yerine negatif değerler almayan tamsayılı değişkenler kullanılmaktadır.

Algoritmanın notasyonu ve genel akışı aşağıdaki şekildedir:

Notasyon:

- R_{kt} : Kaynak kapasitesi
- k : Kaynak türü sayısı
- r_{jk} : j işleminin k türü kaynağa talebi
- P : Öncül işlemler kümesi
- N : İşlem sayısı (düğüm sayısı)
- B_j : En iyi olurlu programdaki j işleminin bitiş zamanı

- f_j : j işleminin bitiş zamanını gösteren tamsayılı değişken
 HP : Proje süresi üst sınırı
 S_t : t döneminde faal olan işlemler kümesi
 u_j : j işleminin en geç tamamlanma zamanı

Algoritmanın Akışı:

- Düğüm numaralarını topolojik sırada diz.
(eğer $n \in P_m$ ise o zaman $n \leq m$)
- Proje süresi üst sınırını hesapla
($HP = \sum d_j$)
- İşlemler için üst limitleri (en geç tamamlanma zamanları) hesapla
($u_j = LF_j - 1 + (HP - LF_N)$)
- En iyi olurlu programdaki son işlemin tamamlanma zamanını proje üst sınırına eşitle. ($B_N = HP$)
- Birinci işlemi en erken tamamlanma zamanına programla. ($f_1 = d_1$)
- Kalan kaynak vektörünü hesapla ($\sum \sum (R_{kt} - r_{1k}) \quad t=1, \dots, d_1 \quad k=1, \dots, k$)
- İkinci işlemi en erken tamamlanma zamanına programla
($t^* = \max \{ f_j : j' \in P_2 \}$ öncüllerinin erken tamamlanma zamanlarının en büyüğü)
- $t+1$ 'den başlayarak u_2 'ye kadar kaynak kapasitesi $R(k,t)$ 'ye bak (d_2 süresi kadar) öyle ki $R_{kt} \geq r_{2k}$ ($k=1, \dots, k$) olsun. Örneğin ikinci işlemin kaynak kısıtlarına bakılarak programlanabildiği zaman aralığı ($t' - d_2 + 1$)'den t' 'ye kadar olan dönem olsun. $f_2 = t'$ eşitle ve r_{2k} 'yi R_{kt} 'den bir dönem boyunca çıkar.
- Bu programlamayı 3,4,.....,N işlem programlanana kadar veya herhangi bir $j' \leq N$ işlemi kaynak yetersizliği nedeniyle programlanamayana kadar sürdür.
- N işlemi için bir bitiş zamanı f_N tespit et ve problemin çözümü için $H = B_N - f_N$ kadar B_N 'den kısa proje süresini bul.
- Olurlu çözümü B vektöründe depola yani $B_j = f_j$ ($j = 1, \dots, N$) ve u_j üst limitlerini H kadar azalt.

Yukarıdaki çözümü elde etmek isterken, bir j' işlemi kaynak kısıtları yüzünden programlanamadığı takdirde, geri izleme uygulanır. Önce $j'-1$ 'inci işlem $f_{j'-1}$ 'den büyük bir en erken olurlu tamamlanma zamanına göre programlanabilir. M_i kontrol edilir ve mümkünse j' işlemi ile devam edilir. Değilse ya yine kaynaklar kısıtlıdır, ya da $f_{j'-1} = u_{j'-1}$ dir. Bu durumda $j'-2$ işlemine bakılır. Geri izleme birinci işleme kadar sürdüğü takdirde optimallik koşulu sağlanmış demektir.

Kaynak kısıtı altında sezgisel teknikler

Kaynak kısıtı altındaki projelerin programlanmasında, problemin boyutu ve şebekenin karakteristikleri, optimizasyon metotlarını işlemsel olarak olanaksız kılabilir. Bu durumlarda, oldukça iyi sonuç veren alt-optimal programların yani etkin ve güvenilirliği yüksek programların yaratılmasına uygun basit programlama kuralları kullanan sezgisel problem çözümü uygundur. Sezgisel yöntemlerde programlama, işlem bazında belirli öncelikler verilerek yapılır. Sezgisel yöntemlerde işlemlerin hangi kritere göre öncelik alacağını belirtmek için şebeke karakteristiklerinin bilinmesine gerek duyulur.

Şebeke karakteristikleri

Kısıtlı kaynak altında proje programlanmasında ağ diyagramlarının karakteristiklerinin de problemlerin çözümü üzerinde etkileri söz konusudur. Davis şebekeye ait karakteristikleri üç ana gruba ayırmıştır (36).

Şebeke boyut şekil ve yapı karakteristikleri

Birinci grupta, ağ diyagramının boyutu, şekli ve öncelik ilişkileri yapısını gösteren karakteristikler bulunur. Ağ diyagramının boyutu, şebekedeki düğümlerin toplam sayılarını gösterir. Ağ diyagramının şeklini ise uzunluk, genişlik ve uzunluğun genişliğe bağlı oranı kriterleri tayin eder. Şebekenin uzunluğu, şebekenin başından sonuna kadar birbirlerini ardışık olarak izleyen maksimum düğüm sayısıdır. Şebekenin genişliğini ise, sadece öncelik ilişkileri esas alınarak paralel olarak

yürüyen maksimum düğüm sayısı gösterir. Bu ikisinin birbirlerine oranı da üçüncü kriteri oluşturur. Şebeke öncelik ilişkilerinin yapısı bir anlamda ağ diyagramının karmaşıklık derecesini gösterir. Karmaşıklık katsayısı, öncelik ilişkilerini gösteren yay sayısının işlem sayısını gösteren düğümlerin sayısına oranı şeklinde ifade edilir. Karmaşıklık katsayısı C ile gösterilir ve şebeke N adet işlemten oluşursa, C aşağıda verilen aralıkta herhangi bir değer alabilir:

$$(N-1) / N \leq C \leq N (N - 1) / 2N \quad [2.39]$$

Karmaşıklık katsayısının değeri hangi öncelik kuralının programlama için daha uygun olabileceği hakkında bir ön fikir verir.

Şebekenin zaman karakteristikleri

İkinci grup ölçütler, şebekenin zaman boyutunu gösteren karakteristikleri içerir. Bu karakteristiklerin bir bölümü, kritik yol hesabı yapılmadan daha önce bulunabilir. Bunlar şebekeyi oluşturan işlemlerin sürelerinin toplamı, ortalama işlem süresi ve işlem sürelerinin varyansları şeklinde ifade edilebilir. Diğer bir grup ise kritik yol analizi yapıldıktan sonra ortaya çıkar. Bunlar, kritik yol süresi, toplam bolluk, toplam serbest bolluk ve şebeke yoğunluğu kriterleridir.

$$\text{Şebeke Yoğunluğu} = \frac{\text{İşlem süreleri toplamı}}{\text{İşlem süreleri toplamı} + \text{Toplam serbest bolluk}} \quad [2.40]$$

Şebeke yoğunluğu, 0 ile 1 arasında bir değer alır ve yüksek yoğunluk değerleri, işlem bolluklarının az olması nedeni ile kaynak çakışmaları yaratılmadan işlemlerin programlanmasında daha az bir serbestlik bulunduğunu gösterir. Yoğunluğun 1 değerini alması bütün işlemlerin kritik işlem olduğunu gösterir.

Şebekenin kaynak karakteristikleri

Üçüncü grup ölçütler, şebekenin kaynaklarla ilgili karakteristiklerini gösterir. Bunlar, doğrudan kaynak gereksinimleri ile ilgili ölçütler ve eldeki mevcut kaynaklarla gereksinim duyulan miktarlar arasındaki ilişkileri gösteren ölçütler olmak üzere iki gruba ayrılabilirler. İlk alt gruba ilgili ölçütler, birim işlem başına ortalama kaynak gereksinimi, dönem bazında ortalama kaynak gereksinimi, gereksinim duyulan maksimum kaynak seviyesi, değişik kaynak grubu sayısı ve projenin toplam kaynak gereksinimi şeklinde ifade edilebilirler. Projenin toplam kaynak gereksinimi bulunurken toplam iş yükü miktarı kavramı kullanılır.

$$W_j = \sum_{i=1}^N d_i \cdot r_{ij} = \sum_{t=1}^{CP} r_{jt} \quad [2.41]$$

Burada:

- w_j : j tipi kaynağa ait toplam iş yükü miktarı
- d_i : i işleminin süresi
- r_{ij} : dönem bazında i işleminin j tipi kaynak ihtiyacı
- N : işlem sayısı
- CP : kritik yol süresi
- r_{jt} : t döneminde j tipi kaynağa duyulan toplam ihtiyaç

İkinci alt gruba ait ölçüler, eldeki mevcut kaynak miktarının gereksinim duyulan miktarlardan daha az olması durumunda ortaya çıkan karşılanamamış kaynak taleplerini içerirler. Bu ölçütler, taleplerin karşılanmadığı toplam dönem sayısı, karşılanmamış kaynak taleplerinin toplam iş yükü miktarına oranı şeklinde olabilirler. Bu son ölçüt 0 faktörü diye adlandırılır ve erken başlama ölçütü kullanılarak iki aşamalı bir işlem ile hesaplanır.

$$O_j = \frac{\sum_{t=1}^{CP} \max (0 ; r_{jt} - A_j)}{w_j} \quad (\text{her } j \text{ kaynağı için}) \quad [2.42]$$

$$O = \sum_{j=1}^M O_j \quad (\text{tüm kaynaklar için}) \quad [2.43]$$

Burada :

A_j : Birim dönemde eldeki mevcut j tipi kaynak adedi

M : Farklı kaynak tiplerinin adedi

w_j : j tipi kaynağa ait toplam iş yükü miktarı

r_{jt} : t döneminde j tipi kaynağa duyulan toplam ihtiyaç
(erken başlama kriterine göre hesaplanır)

Aynı işlemler geç başlama kriteri göz önüne alınarak tekrarlanırsa, buna da LC faktörü adı verilmektedir.

Bu konuda diğer bir ölçüt de, dönem sayısına ve farklı kaynak adedine göre düzeltilmiş olan kaynak talebi fazlalığının hesaplanmasıdır. Bu düzeltilmiş kaynak talep fazlası hesabı, erken başlama (ADOPES) ve geç başlama (ADOPLS) olmak üzere iki türlü yapılabilir.

$$ADOPES = \sum_{j=1}^m \frac{\sum_{t=1}^{CP} \text{Max} (0 ; r_{jt} - A_j)}{M \times CP} \quad [2.44]$$

Burada r_{jt} değeri, erken başlama kriterine göre hesaplanmıştır, geç başlama kriteri ele alınır ise aynı şekilde ADOPLS elde edilir. Her iki kriterin birleşik etkisiniyse,

dönem başına düzeltilmiş ortalama kaynak talebi fazlalığı ölçütü (ADAOP) ile göstermek mümkündür.

$$ADAOP = (ADOPEs + ADOPLS) / 2 \quad [2.45]$$

Son olarak, kullanılan bir başka ölçüt de, Davis tarafından kullanılan ve toplam iş miktarının eldeki mevcut toplam iş miktarına oranını gösteren kaynak kullanım faktörü (f) olarak adlandırılan ölçüttür. Çok kaynak kısıtlı durumlarda tek bir ölçüt bulmak için f değerlerinin maksimumu (F*) seçilir:

$$f_j = \frac{w_j}{CP \times A_j} \quad [2.46]$$

$$F^* = \text{Max} [f_j] \quad [2.47]$$

Bütün bu tanımların sayesinde, daha programlama yapmadan şebeke hakkında kaynak kullanımları ile ilgili bazı ön bilgiler elde edilir ve bu da seçilen yöntemde işe başlatma ile ilgili öncelik kurallarının seçiminde yararlı bilgiler sağlar.

Ayrıca bu sayede, eğer kritik olmayan bir kaynak söz konusu ise, bu kaynak karar kriterinden çıkartılarak problemin boyutu azaltılabileceğinden çözüm işlemleri daha da kolaylaşacaktır.

Sezgisel tekniklerde öncelik kuralları

Sezgisel tekniklerde hangi öncelik kurallarının kullanılabileceğinin belirlenmesi konusunda oldukça kapsamlı bir çalışma Panwalker ve Iskander tarafından yapılmıştır (37). Bu kurallar en genel ifadesiyle basit öncelik kuralları, basit öncelik kurallarının bileşimleri ve ağırlıklı öncelik kuralları şeklinde üç temel sınıfa ayrılabilir.

Basit öncelik kuralları

Basit öncelik kurallar, işlemlerin süreleri, işlem sayıları, maliyet değerleri, hazırlık zamanları, işlemlerin geliş zamanları ve tezgahlar gibi ölçütlere bağlı olarak belirlenirler.

1- İşlem süreleri ile ilgili kurallar

- En kısa süreli işlem en önce
- En uzun süreli işlem en önce
- Kalan işlem süresi en kısa olan işlem en önce
- Kalan işlem süresi en uzun olan işlem en önce
- Şebeke sonuna kadar kendisini takip eden sıradaki işlemlerin toplam süresinin en fazla olduğu işlem en önce

2- İşlem sayıları ile ilgili kurallar

- Şebeke sonuna kadar kendisini takip eden sıradaki işlemlerin toplam sayısı en fazla olan işlem en önce
- Şebeke sonuna kadar kendisini takip eden sıradaki işlemlerin toplam sayısının en az olduğu işlem en önce

3- Maliyet ile ilgili kurallar

- En yüksek gerçekleştirilme maliyetine sahip işlem en önce
- En yüksek birim gecikme cezasına sahip işlem en önce

4- Hazırlık zamanları ile ilgili kurallar

- Hazırlık zamanı gerektirmeyen işlem en önce
- Hazırlık zamanı minimum olan işlem en önce

5- İşlemlerin geliş zamanları ile ilgili kurallar

- İlk gelen ilk çıkar
- Rassal sıra
- Son gelen ilk çıkar
- En az bolluğa sahip işlem en önce

6- Tezgahlarla ilgili kurallar

- En önce en az kuyruk olan tezgahta işlem görecektir iş
- En önce iş yükü en az olan tezgahta işlem görecektir iş

Basit öncelik kurallarının bileşimleri

- İşleri yüksek ve düşük maliyetli olarak iki sınıfa ayır ve yüksek maliyetli işleri ilk giren ilk çıkar kuralına göre yerleştir.
- Kuyrukta bekleyen en kısa işlem süreli işleri seç ve ilk giren ilk çıkar kuralına göre yerleştir.
- İşlerin bir sonraki işleme girmek için kuyrukta bekleme sürelerine göre uzun, orta ve kısa kuyruk olmak üzere üç kuyruk oluştur ve en kısa kuyruğa sahip işleme öncelik verecek şekilde en kısa işlem süreli işi seç.

Ağırlıklı öncelik kuralları

Burada, yukarıda belirtilen basit öncelik kurallarına ağırlık değerleri verilerek öncelikler belirlenir. Örneğin, şebeke sonuna kadar kendini takip eden sıradaki işlemlerin ağırlıklı toplam süresi en fazla olan işlem önce seçilir.

Bu öncelik kurallarının kullanımını gösteren çeşitli makaleler kaynaklarda verilmiştir (38-41).

Sezgisel yöntemlerde stratejiler

Sezgisel yöntemlerde temel olarak iki strateji uygulanmaktadır. Bunlar, ilk defa Kelley tarafından ortaya atılmış olan paralel ve seri yöntemlerdir (42).

Paralel yöntem, olurlu bir programın işlemlerini öncelik ilişkisi kısıtına ve kaynak olanaklarına bağlı olarak bütünsel olarak ele alan ve buna göre mümkün olduğu kadar erken programlayarak yapılan bir stratejidir. Paralel yöntemde, her adımda birden çok işlemin aynı zamanda programlanması mümkündür. Paralel yöntemin etkin olup olmaması, programlanabilir işlemlerin tercih edilen alt kümesinin nasıl elde edilebildiğine bağlıdır. Toplam bolluk, kaynak gereksinimi ya da işlem süresi gibi faktörler alt kümenin elde edilmesinde karar ölçütleri olarak alınabilirler ve programın etkinliğini tayin ederler. Bu şekilde değişik programlama kuralları ile elde edilen çeşitli programların arasından en iyisi seçilebilir.

Seri yöntem ise, olurlu bir programın elde edilmesi için yine yukarıdaki benzer kısıtları ele alan ancak her defasında bir tek işlemi programlamaya imkan veren bir stratejidir. Seri yöntemlerde hesaplama süresi açısından programın elde edilmesi daha hızlı olacağından listeleme faktörlerinin çeşitli kombinasyonlarını denemek ve elde edilen bu programlar arasından en iyisini seçmek mümkün olacaktır.

Gonguet sezgisel yaklaşımlarda yapılan kaynak tahsislerinin paralel veya seri olarak yapılabileceğini belirtmiştir (29). Paralel tahsis yönteminde, kaynaklar birim zaman bazında tahsis edilirler ve t anında kaynak tahsisine uygun olan işlemler bu iş için seçilirler.

Seri sezgisel yöntemde ise, kaynak tahsisleri birim iş bazında yapılır. Projeyi oluşturan bütün işlerin kümesi P ve t anında programlanacak olan işlemlerin kümesi de P2 olarak adlandırılırsa, başlama anında t=0 anında P2=0 olur. P-P2 kümesinden seçilecek işlemi belirleyecek kural, seri yöntemi oluşturur. Bu kural problemin özelliğine göre, en büyük süreye sahip olan işlemin ilk önce programlanması, en geç bitiş zamanı ile programlanan bitiş zamanı arasındaki farkın minimum olduğu

işlemlerin ilk önce programlanması gibi değişik kurallardan veya bunların kombinasyonundan oluşabilir. Burada kuralların hangilerinin daha iyi sonuçlar verdiğini ölçebilmek için aşağıdaki kriterler esas alınır:

- Sonuçların kararlılığı : Kaynak seviyesini oluşturan kaynak miktarı azaldıkça, proje tamamlanma süresi artar. O halde, proje süresinin en azlanması hedeflendiğinde, en uygun süre-seviye kombinasyonunu sağlayan kural en iyi sonucu verir.

- Bilgisayar işlem zamanı : En hızlı işlem zamanını sağlayan kural daha etkindir.

- Elde edilen proje tamamlanma süresi : Probleme özgü şebeke yapısına bağlı olarak, her kural değişik projelere uygulandığında farklı bitiş süreleri verebilir.

Genel anlamda, geniş boyutlu problemlerin çözümü için seri ve paralel stratejiler sezgisel yaklaşımın temelini teşkil eder.

Seri yöntem olarak bir algoritma

Wiest tarafından geliştirilen basit bir sezgisel algoritma üç kurala dayanmaktadır (27). Birinci kural, periyot bazında işlemlerin erken başlama zamanlarına göre kaynakları tahsis etmektedir. İkinci kural, aynı kaynağa gereksinim duyan birden çok işlem olduğunda önceliği en az toplam bolluğa sahip olan işleme vermektir. Son kural ise, kritik işlemlerin programlanması için gerekli olan kaynak miktarını serbest bırakmak amacıyla kritik olmayan diğer işlemlerin yeniden programlanmasıdır.

Paralel yöntem olarak SPAR-1 algoritması

Wiest, kaynakların tahsisleri için bir sıralama programı geliştirmiş ve SPAR-1 adı verilen bu programla sabit veya değişken kaynaklı, tek veya çok proje modellerini bir arada ele almıştır (27, 43). Program paralel stratejiye dayanmakta ve toplam bolluğu esas alan öncelik şemasını kullanmaktadır. Program esnasında herhangi bir kademedeki öncülleri tamamlanan işlemlerin bolluklarının sırasına göre program için ele

alınmaktadır. Algoritma zamana göre ilerledikçe her programlanabilir işlemin toplam bolluğu revize edilerek ortaya dinamik öncelik şeması çıkarılmaktadır.

SPAR-1, elastik kaynak gereksinimine de uyumlu olup işlem süresi ona ayrılan kaynak miktarının bir fonksiyonu olabilir. Bundan dolayı kritik bir işlemin programlanması istendiğinde daha önceden programlanmış olan bir işlemde kaynağı ödünç almak veya kiralamak mümkündür. Program bu yol ile kaynakları ödünç alma olanağını araştırır ve sonra kritik işlemi gerçekleştirecek miktardaki yeterli kaynağı tahsis ederek daha önceden sıralanmış olan kritik olmayan işlemlerin yeniden programlanmaları olanaklarını inceler. Daha sonra, eğer programlamada artık kaynak kalmışsa, bu programlanan işlemlerin sürelerinin azaltılması için kullanılır.

Paralel stratejinin uygulanmasında SPAR-1 algoritması programlanacak tercihli kümedeki işlemlerin seçilmesi için rassal seçim mekanizması ile bütün program çeşitli kereler tekrarlanarak tüm program örnekleri elde edilir ve bunların arasından en iyi program seçilebilir (44).

Wiest, SPAR-1 algoritması ile tek kaynaklı ve 1200 faaliyetten oluşan 300 gün süren bir projeyi 5-10 dakikalık bir hesaplama zamanı kullanarak programlamanın mümkün olabileceğini belirtmektedir.

Tek kaynak kısıtlı tek proje programlanmasında kullanılan sezgisel teknikler

Tek kaynak kısıtına bağlı tek proje programlama problemine Elsayed tarafından sezgisel bir algoritma kullanılarak çözüm aranmıştır (45). Amaç denklemi, proje süresinin minimizasyonu olarak alınmıştır.

$$\text{Minimizasyon : } [\text{maksimum } (s_i + d_i)] \quad [2.48]$$

Kısıtlar

$$s_i \geq \max (s_j + d_j) \quad j \in P_i \quad (\text{öncelik } k) \quad [2.49]$$

$$a_k \geq \sum_{i \in A_t} r_{ik} \quad (\text{kaynak kısıtı}) \quad [2.50]$$

Burada:

- s_i : i işleminin başlama zamanı
- d_i : i işleminin süresi
- P_i : i işleminden önce gelen işlemler kümesi
- a_k : k kaynağının eldeki mevcut miktarı
- A_t : t anında aktif olan işlemler kümesi
- r_{ik} : i işleminin gereksinim duyduğu k kaynak miktarı

olarak tanımlanır.

Çok kaynak kısıtlı tek proje programlanmasında kullanılan sezgisel teknikler

Kısıtlı kaynaklı proje programlanmasında Cooper sezgisel algoritması, çok kaynak kısıtlı tek proje programlamada proje süresinin minimizasyonunu veya kaynak kullanım faktörünün (UF) maksimizasyonunu içeren öncelik kurallarının seçimine dayanır (46). Problemin formülasyonu aşağıda verilmiştir:

Tek proje durumunda amaç fonksiyonu:

$$PDUR_{\min} = \text{Max} [s_i + d_i] \quad i \in A \quad [2.51]$$

Burada:

- PDUR : Proje süresi
- i : İşlem numarası
- A : N adet işlemten oluşan küme (proje)

s_i : i işleminin başlama zamanı

d_i : i işleminin süresi

Farklı tiplerdeki projelerde seçilen öncelik kuralının performansının test edilmesi ve birbirleri ile karşılaştırmalarının yapılmasını sağlamak açısından amaç denklemi kaynak kullanım faktörünün (UF) maksimizasyonu olarak değiştirilebilir.

$$UF_{\max} = \sum_{k=1}^K \frac{\sum_{i \in A} d_i r_{ik}}{R_k \cdot PDUR} \cdot \frac{100}{K} \quad [2.52]$$

Burada:

K : Farklı kaynak tipi sayısı

k : Kaynak Sayısı

r_{ik} : i işleminin k kaynak talebi

R_k : Mevcut k kaynak miktarı

Öncelik kısıtı:

$$s_i \geq s_j + d_j \quad j \in P_i \quad [2.53]$$

Burada :

P_i : i'den önce gelen işlemler kümesi

j : i'den önce gelen işlem

Kaynak Kısıtı:

$$\sum r_{ik} \leq R_{kt} \quad [2.54]$$

Burada:

R_{kt} : t döneminde k kaynağından mevcut miktar

Şeklinde problemin formülasyonu yapılmıştır. Bu problemin paralel sezgisel yöntemle çözümü ise aşağıdaki şekildedir:

İlk önce programlanacak işler kümesi olan A kümesinin bir alt kümesi olan X kümesini oluşturan işlemlerin başlama zamanlarını içeren kısmi program T_x oluşturulur. Herhangi bir iş X kümesinde ise, o işten önce gelen bütün işler de, kaynak kısıtları ile çelişmeyecek şekilde bu X kümesinde yer alırlar.

Daha sonra T_x kümesinin büyütülmesi amacıyla kaynaklar açısından programlanmaya uygun olan işlemler AV_x kümesinde toplanırlar. Bunlar kendileri henüz X kümesinde yer almayan, ancak kendilerinden önce gelen bütün işler X kümesinde yer alan işlerdir. ($AV_x = [i: i \in X, (j \in X, j \in P_i)]$)

AV_x kümesindeki i işleminin başlayabileceği en erken zaman olarak tanımlandığında, “ AV_x deki i işleminin programlanması” demek σ_i ’nin belirlenmesi ve $s_i = \sigma_i$ olan işlemlerin X kümesine dahil edilmesi anlamına gelir. Bu tanımlara bağlı olarak paralel yöntem dört adımdan oluşur:

1. adım : Boş bir kısmi program oluşturulması ($X = 0$).
2. adım : Uygun işler kümesi AV_x ’in yaratılması. Eğer AV_x boş küme ise, dur. (Bütün işler programlanmış.) Aksi takdirde 3. adıma geç.
3. adım : AV_x kümesinden öncelik kuralına göre j işini seç.
4. adım : Seçilen işi programla. (σ_j ’yi bul; $s_j = \sigma_j$ yap ; $X = X \cup [j]$ yap) ; 2. adıma dön.

Üçüncü adımda sözü geçen öncelik kuralı, X kümesi büyüdükçe değişebilir ve farklı bir kural uygulanabilir.

Cooper, bir çok farklı öncelik kurallarının sezgisel yöntemlerle yaratılan 32 program üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bu öncelik kurallarının bazıları sırasıyla:

- en önce gelen iş
- minimum geç başlama zamanı olan iş
- minimum erken bitiş zamanı olan iş
- minimum geç bitiş zamanı olan iş
- en az bolluğu olan iş
- en kısa işlem süresi olan iş
- en uzun işlem süresi olan iş
- kendinden hemen sonra gelen iş sayısı en fazla olan iş
- bir sonraki adımda en büyük AV_x kümesi yaratan iş
- rassal değişken değeri en büyük olan iş
- kendinden sonra gelen toplam iş sayısı en fazla olan iş
- pozisyonel sıra ağırlığı en büyük olan iş ($rpw_i = d_i + \sum d_j$)
- kaynak durumuna göre ilk başlayacak iş ($1 / (\sigma_i - 1)$)
- kendinden sonra gelen işler en az bolluğa sahip olan iş
- kümülatif eşdeğer kaynak süresi en fazla olan iş

Olarak verilmiştir. En sondaki beş öncelik kuralının, çok kaynaklı tek proje programlamada diğer öncelik kurallarına nazaran daha başarılı sonuçlar verdiği Cooper tarafından belirtilmektedir.

Darel, çok kaynak kısıtlı proje programlanması problemine alternatif kaynak bileşimleri (ARC) kriterini kullanarak bir çözüm aramıştır (47-48). Diğer bir deyişle, her bir işlem, farklı kaynak tiplerinin bir veya daha fazla sayıda değişik karması kullanılarak farklı sürelerde gerçekleştirilme imkanına sahip olabilir. Farklı tipteki kaynak miktarlarının karmasının seçimine teknoloji alternatifi adı verilir. Kapasite

yüklenmesi ile ilgili kısıtlara bağlı olarak farklı teknoloji alternatifleri arasında proje uzamasını en aza indirecek seçim yapılır.

Kullanılan sezgisel algoritmanın amacı, proje süresine bağlı olarak toplam proje maliyetinin minimize edilmesidir. Problemin girdileri, her işleme ait alternatif kaynak bileşim sayıları, kaynaklara ait maliyet denklemleri ve kaynak miktarlarındaki değişmelere bağlı olarak işe alma ve işten çıkarma maliyetlerinden oluşmaktadır. Algoritma, verilmiş herhangi bir proje süresi için, minimum maliyeti sağlayacak şekilde işlemlerin kaynak bileşimi alternatiflerini seçer. Oluşturulan üç boyutlu bir ijk matrisi ile, i işleminin tamamlanması için gereken k adet kaynak miktarı j adet farklı kaynak bileşimi alternatiflerinden biri seçilerek gerçekleştirilir. Bu amaçla işlemlerin hangi kaynak bileşimlerinden ne kadar kullanacaklarını gösteren bir kaynak kullanım matrisi oluşturulur.

$SORCE (i, j, k)$: i işleminin j . kaynak bileşimi alternatifinden k . kaynaktan kullanım miktarı

Konu maliyetler açısından ele alındığında, kaynak ağırlık faktörü (μ) ve alternatif ağırlık oranı ($w_i (ARC_j)$) adı altında iki yeni tanım yapılmaktadır.

$$\mu_k = \frac{\text{k. kaynağın maksimum eğimi}}{\text{maksimum eğimler toplamı}} \quad [2.55]$$

$$\sum_{k=1}^p \mu_k = 1 \quad [2.56]$$

$$w_i = \sum \mu_k \cdot SORCE (i, j, p+1) \cdot SORCE (i, j, k) \quad [2.57]$$

Burada:

k : kullanılan kaynak numarası

p : toplam kaynak grubu sayısı

i : işlem numarası

j : i işleminin kaynak bileşim alternatifi numarası

SORCE ($i, j, p+1$) : ARC_j alternatifi seçildiğinde işlem süresi

Kullanılan kaynakların ağırlık faktörü (μ) , her bir kaynağın diğer kaynaklara nazaran göresel maliyetini ele almaktadır. Her bir işlemin ağırlık oranı (w_i) ise teknoloji alternatiflerinin maliyetlerini göresel olarak değerlendirmektedir.

Bu tanımlamalara bağlı olarak, her bir işlem için alternatiflerin en küçük ağırlık oranından farkına göre arzu edilen proje süresini sağlayacak temel sıralar elde edilmekte ve daha sonra alternatiflerin proje süresini aşmayacak şekilde yeniden seçilmesiyle maliyetler minimize edilmektedir.

Bu yöntemde işlem sürelerinin proje bazında değişken ancak seçilen teknoloji alternatifi bazında sabit olduğu varsayımında bulunmaktadır. Toplam proje maliyetinin minimizasyonunun hedeflendiği bu sezgisel yöntem, projenin gecikmesine bağlı olan maliyetleri dikkate alarak hangi teknoloji alternatiflerinin seçileceğini belirler. Bu yöntem genellikle değişken kaynak ataması modellerinde uygulanmaktadır.

Çok kaynaklı tek proje programlamasında kullanılan sezgisel yöntemlerde işlem önceliklerini belirlemek için kullanılan önemli bir karar ölçütü de, ivedi programlama faktörüdür. Bu konuda Thesen tarafından geliştirilen bir algoritmanın adımları aşağıda verilmiştir (49) :

1) Değişkenlere başlangıç değerlerinin atanması.

a) Kaynaklarla ilgili değişkenlere ait tanımlamalar:

w_{ij} : j işleminin gereksinim duyduğu i kaynak miktarı

W_i : eldeki mevcut i kaynak miktarı

d_j : j işleminin süresi

R_j : j işleminin önce gelen işlemler kümesi

LFT_j : j işleminin geç başlama zamanı

b) İşlem kümelerine ait tanımlamalar:

A : henüz programlanmamış işlemler kümesi

C : t anında programlanmaya uygun işlemler kümesi

F : t anında tamamlanmış işlemler kümesi

P : t anında işlem gören işlemler kümesi

S : t anında başlaması programlanan işlemler kümesi

c) Programlamaya ait değişkenlere ait tanımlamalar:

t'_j : j işleminin programlanan başlama zamanı

t''_j : j işleminin programlanan bitiş zamanı

s_j : j işleminin bolluğu

W_i : t anında kullanılan i kaynak miktarı

c_j : t anında j işleminin rölatif ivediliği

t_{now} : şimdiki t anı

d) Programlama için başlangıç değerlerinin atanması

$t_{now} = 0$

A : tüm işlemler kümesi

C : kendinden önce gelen işlem olmayan işlemler

$W_i = 0$ (bütün i'ler için)

2) t anında başlayan işlemlerin seçiminin yapılması:

a) Uygun işlemler kümesindeki her j işlemi için c_j ivedi programlama faktörünü hesapla.

b) Aşağıda verilen çok boyutlu sırtçantası problemini çöz.

Amaç denklemi

$$Z_{\max} = \sum_{j \in C} c_j \cdot X_j \quad [2.58]$$

Kısıtlar:

$$\sum w_{ij} \cdot X_j + W_i \leq W_i \quad [2.59]$$

$$X_j = 0 \text{ veya } 1 \quad [2.60]$$

c) t anında başlayan işlemler kümesini oluştur.

$S = \{j : X_j = 1, j \in C\}$. Eğer $S = \emptyset$ ise 4b'ye git.

d) S kümesindeki işlemleri başlat

- a) S'yi henüz programlanmamış işlemler kümesinden ve t anında programlanmaya uygun işlemler kümesinden çıkar. ($A = A - S ; C = C - S$)
- b) S'yi işlem gören işlemler kümesine ekle. ($P = P + S$)
- c) Başlama ve bitiş zamanlarını güncelleştir.

$$t_j = t_{\text{now}}, \quad j \in S$$

$$t_j = t_{\text{now}} + d_j, \quad j \in S$$
- d) kaynakları yükle: $W_i = W_i + w_{ij} \quad (i, j) \in S$

3) Zamanı güncelleştir, biten işlemlere ait kaynakları serbest bırak, yeni uygun işlem kümesini oluştur.

- a) $t_{\text{now}} = \min (t_j), \quad j \in P$
- b) $F = \{j : t_j = t_{\text{now}}\}, P = P - F, W_i = W_i - w_{ij}, \quad (i, j) \in F$
- c) $S = \{j : j \in A - C, k \in AUP \quad (k \in R_j)\}$
 $C = C \cup S$

- 4) a) Programlanacak uygun işlem varsa 2'ye git (C=0)
 b) İşlem gören işlem varsa 3'e git (P=0)
 c) Programlama bitince dur.

Thesen'in algoritmasında kullandığı yöntem, işlemlere ait ivedilik faktörlerinin (c_j) toplamalarını alarak en çok ivediliği olan uygun işlemlerin kombinasyonunun seçiminin yapılmasını içermektedir. İşlem bazında ele alındığında, c_j değerlerinin hesaplanmasında iki alternatif söz konusudur. Eğer j işleminin gereksinim duyduğu i kaynak miktarı o anda serbest olan kaynak miktarından fazlaysa, c_j değeri hesaplanmaz ve j . programlamaya uygun işlemler kümesinden çıkarılır. Eğer yeterli miktarda kaynak serbest durumda ise, o zaman c_j değeri hesaplanabilir. C_j , işlem başlama zamanındaki gecikmenin proje süresi üzerindeki etkisi (D_j) ile işlem kaynak kullanım oranının (B_j) toplamı şeklinde ifade edilebilir.

$$c_j = B_j + D_j \quad [2.61]$$

Burada:

$$B_j = \sum d_j \cdot w_{ij} / (W_i - W_j) \quad [2.62]$$

$$D_j = a \cdot b \cdot (T - s_j) / (b - 2a) \cdot s_j + T \cdot b \quad [2.63]$$

Parametreler:

$$s_j = LFT_j - d_j - t_{now} \text{ (işlem bolluğu)} \quad [2.64]$$

$$T = \sum d_j \text{ (maksimum proje süresi)} \quad [2.65]$$

a : sıfır bolluğa sahip bir işlemin ivedilik faktörünü belirleyen sabit sayı

b : maksimum geciktirilebilme bolluğuna sahip bir işlemin ivedilik faktörünü belirleyen sabit bir sayı

Projede büyük pozitif bolluğa sahip işlemler olması durumunda, D_j değeri ihmal edilebilir. Ancak işlemlerin kritik olduğu durumlarda, D_j değeri büyük önem kazanır. Thesen, sezgisel yaklaşımını rassal olarak seçilmiş şebekelerde farklı ivedilik faktörleri kullanarak denemiş ve çözüm süresinin ivedilik faktörüne bağlı olarak büyük değişiklikler gösterdiğini belirtmiştir.

Çok kaynaklı proje programlanmasında kullanılan sezgisel teknikler

Çok kaynak kısıtı altında çok proje programlanmasında kullanılan sezgisel tekniklerin çok aşamalı modellerinden biri Kurtuluş ve Davis tarafından ele alınmıştır (50). Varsayım olarak, işlem öncelik ilişkileri ve işlem süreleri deterministik olarak alınmış ve her bir işlem için gereken kaynak miktarı ve farklı kaynak gruplarının adedi sabit kabul edilmiştir. Amaç denklemi olarak, toplam proje süresindeki gecikmenin minimizasyonu hedeflenmiştir. Programlama için göz önüne alınan iki ölçüt, Ortalama Kaynak Yük Faktörü (ARLF) ölçütleri olmuştur.

Ortalama Kaynak Yük Faktörü, kaynak gereksinimlerinin t anında oluşan zirve noktasının projenin kritik yol süresi esas alındığında, projenin ilk yarısında mı yoksa ikinci yarısında mı oluştuğunu belirler. Problemin formülasyonu:

$$Z_{ijt} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } t \geq CP_i / 2 \text{ ise} \\ -1 & \text{eğer } t < CP_i / 2 \text{ ise} \end{cases} \quad [2.66]$$

$$X_{ijt} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ projesine ait } j \text{ işi } t \text{ anında aktif ise} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad [2.67]$$

olarak tanımlandığında, i projesi için:

$$ARLF_i = 1 / CP_i \sum_t \sum_{k=1}^{K_{ij}} \sum_{j=1}^{N_i} Z_{ijt} \cdot X_{ijt} \cdot (r_{ijk} / K_{ij}) \quad [2.68]$$

olarak elde edilir.

Burada:

CP_i : i projesinin kritik yol süresi

K_{ij} : i projesindeki j işleminin gereksinim duyduğu kaynak tipi sayısı

N_i : i projesindeki işlem sayısı

r_{ijk} : i projesindeki j işleminin gereksinim duyduğu k tipi kaynak sayısı

olarak tanımlanmıştır. Çok proje ortamındaki, ARLF değeri ise, her projeden elde edilen değerlerin ortalamasıdır. Burada r_{ijk} değeri para olarak tanımlanırsa, ARLF proje nakit akışlarının maksimumunu bulmakta kullanılabilir.

İkinci ölçüt olan Ortalama Kullanım Faktörü (AUF), her kaynağın ortalama kısıtlılık derecesini göstermektedir. Her zaman aralığında kaynak talebinin kaynak kapasitesine olan oranı hesaplanarak, bu oranın 1'den küçük olduğu durumlarda proje süresinde bir gecikmenin söz konusu olduğu bulunur. Projelerin kritik yol süreleri artan sırada dizilerek, her bir proje bitiminde kaynak profilinin değiştiği bir kırılma noktasının bulunduğu aralıklar yaratılır:

$$S_1 = CP_1, S_2 = CP_2 - CP_1, \dots, S_M = CP_M - CP_{M-1} \quad [2.69]$$

M : proje sayısı S : aralık sayısı

Daha sonra, herhangi bir aralıkta gereksinim duyulan k tipi kaynağın toplam miktarı bulunur:

$$W_{SLk} = \sum_{t=A}^B \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{N_i} r_{ijk} \cdot X_{ijt} \quad [2.70]$$

L : dönem sayısı

W_{SLk} : L aralığında gereken k tipi kaynağın toplam miktarı

A : CP_{L-1}

B : CP_L

N_i : i projesindeki işlem sayısı

r_{ijk} : i projesindeki j işleminin k tipi kaynak talebi

Buradan elde edilen W_{SLk} değerinin, her bir aralıktaki maksimum kaynak tipi mevcuduna ($R_{max,k}$) oranı, ortalama kaynak kullanım faktörünü verir:

$$AUF_k = (1 / M) \cdot \sum_{L=1}^M W_{SLk} / (R_{max,k} \times S_L) \quad [2.71]$$

Böylece projelere ait AUF ve ARLF değerleri kullanılarak, çok proje ortamında sezgisel sıralama algoritmalarında hangi öncelik kuralının en iyi sonucu verdiği (en az proje gecikmesini sağlayan sonuç) Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Öncelik kurallarının en iyi sonuç verdiği aralıklar

ARFL değeri aralıkları	AUF aralıkları	
	0.6 : 0.8	0.9 : 1.6
-3.5 : -2.5	MINSLK	SASP
-2.5 : -1.5	MAXTWK	SASP
-1.5 : -0.5	SASP	MAXTWK
-0.5 : 0.5	MINSLK	SASP, SOF, MAXTWK
0.5 : 1.5	SASP	SASP
1.5 : 2.5	MINSLK	MOF, SASP
2.5 : 3.5	MINSLK	SASP

Buradaki öncelik kurallarının tanımları şu şekildedir:

MINSLK : en az bolluğu olan en önce

MAXTWK : maksimum toplam iş miktarına sahip olan en önce

SASP : en kısa süreli projedeki en kısa süreli işlem

SOF : en kısa işlem süreli işlem en önce

MOF : en fazla işlem süreli işlem en önce

En kısa sürede yani optimum sonuca en yakın sürede proje programlanmasını sağlayabilecek olan öncelik kurallarının seçimi ve bunların birbirleri ile karşılaştırmaları Davis ve Patterson tarafından yapılmıştır (51).

Patterson ve Davis, çok kaynak kısıtına bağlı olan çok proje programlaması problemlerine bir çözüm bulabilmek için geliştirmiş oldukları sezgisel algoritmalar için 8 öncelik kuralı belirlemiştir.

Bunlar sırasıyla :

- Minimum işlem bolluğu (MINSLK)
- Kaynak sıralama yöntemi (RSM) : d_{ij} , i işlemini takip eden j işleminin toplam proje süresinde yarattığı artış olarak tanımlanırsa, minimum d_{ij} değerine sahip olan işleme öncelik verilir.

$$d_{ij} = \max [0 : (EFT_i - LST_j)] \quad [2.72]$$

EFT_i : i işleminin erken bitiş zamanı

LST_j : j işleminin geç başlama zamanı

- Minimum geç başla azamanı (LFT)
- En fazla kaynak talebi (GRD) : Her türden en çok toplam kaynak miktarına gereksinim duyan işlemlere öncelik verilir. Matematiksel formülasyonu:

$$\text{Öncelik verilecek işlem} = d_j \sum_{i=1}^m r_{ij} \quad [2.73]$$

Burada:

d_j : j işleminin süresi

r_{ij} : j işleminin dönem bazında gereksinim duyduğu i tipi kaynak miktarı

m : değişik kaynak tipi sayısı

- En fazla kaynak kullanımı (GRU) : Atıl kaynak miktarını minimize edecek şekilde maksimum kaynak kullanımını içeren işlemler kümesine öncelik verilir.

- En kısa süreli iş (SIO)

- Mümkün olduğunca fazla iş (MJP) : Her dönemde, kaynak kısıtları ile çakışmayacak şekilde müsaade edilebilen en fazla işlem sayısını oluşturan kümeye öncelik verilir.

- Rassal işlem seçimi (RAN).

Bu öncelik kuralları, örtülü sayılama tekniğiyle optimum sonucu önceden bulunmuş olan 83 değişik tipteki problem üzerinde test edilmiş ve sezgisel olarak elde edilen proje sürelerinin optimum sonuca göre karşılaştırmaları yapılmış ve sonuçlar Çizelge 2.2’de verilmiştir. Minimum işlem bolluğu, kaynak sıralama yöntemi ve en geç başlama zamanı kriterlerinden oluşan sezgisel öncelikler grubu, diğer beş sezgisel öncelik kuralından oluşan gruba göre, optimum proje süresini sağlayabilme açısından daha iyi sonuçlar vermektedir.

Çizelge 2.2. Öncelik kurallarından elde edilen sezgisel sonuçların optimum sonuçlarla karşılaştırılması

Sonuçlar	Sezgisel Sıralama Kuralları							
	MINSLK	RSM	LFT	RAN	GRU	GRD	SIO	MJP
Optimum sonucu aşma oranı (%)	5.6	6.8	6.7	11.4	13.1	13.1	15.3	16
Optimum süreyi veren problem sayısı	24	12	17	4	2	11	1	2

Kaynak kısıtı olarak proje nakit akışlarını hedef alan teknikler

Literatürde, proje planlaması tekniklerinin uygulandığı çalışmaların büyük bir kısmının, proje süresinin, kaynak ve öncelik ilişkileri kısıtlarına bağlı olarak en azlanmasını hedefleyen çalışmalar olduğu göze çarpmaktadır. Diğer bir araştırma konusunu da, belirlenmiş bir proje süresi içinde kaynakların dengelenmesi oluşturmaktadır. Ancak, yüksek sermaye maliyetleri ve faiz oranları, projenin net şimdiki zaman değerinin en çoklanmasının bazı durumlarda daha uygun bir hedef

olabileceğini göstermiştir. Paranın zaman değerini göz önüne alarak projenin net şimdiki zaman getirisini en çoklamayı hedefleyen çalışmalar son yıllarda yapılan bir çok araştırmada göze çarpmaktadır. Özellikle sermaye yoğun projelerde, sağlam bir nakit akışı öngören yönetim politikasının oluşturulması projenin şimdiki zaman değerinin hesaplanmasına destek olmaktadır.

Tek proje durumunda nakit akışı programlanması

Projenin şimdiki zaman değerini en çoklamayı hedefleyen algoritmaların kullanımının başlangıcı, Russel'ın proje programlanmasında nakit akışlarını dikkate alan bir şebeke oluşturması ile başlar (52). Russel'ın yaklaşımındaki temel felsefe, temel problemi aktarma problemleri kümesi haline dönüştürerek çözmek olmuştur. İşlemlerin oklar üzerinde gösterildiği bir şebekede, seçilmiş düğümler üzerinde belirlenmiş nakit akışları tanımlanarak, bunlar anahtar olaylar olarak adlandırılır ve projenin net şimdiki zaman değerini maksimize edebilmek için anahtar olayların hangi zamanlarda gerçekleşmesi gerektiği araştırılır. i düğümündeki a_i nakit akışı, proje yönetiminden işlemler için ödemelerin yapılması veya müşteriden proje yönetimine ödemelerin yapılması durumlarına bağlı olarak negatif veya pozitif değerler alabilir. Genellikle, projenin başlangıç zamanlarında, işlemler için yapılan harcamaların müşteriden gelen ödemelerden daha çok olması nedeniyle nakit akışları negatif değerler alır, projenin sonlarına yaklaşıldığında müşteri ödemeleri arttığından pozitif bir duruma dönüşür.

Burada, iki önemli varsayım söz konusudur. Birinci varsayım, a_i nakit akışının i anahtar olayının gerçekleşme zamanından bağımsız olmasıdır. İkinci varsayım ise nakit akışları kümesinin önceden bilindiği varsayımı içerir. M adet işlemden oluşmuş olan ve her bir işlemin sabit bir d_k ($k = 1, 2, \dots, m$) süresi olan bir projede her biri T_i anında gerçekleşen n adet olay vardır ve her olayla ilgili bir a_i ($i = 1, 2, \dots, n$) nakit akışı değeri söz konusudur. Projenin sermaye maliyetini gösteren r değerini içeren iskonto faktörü β değerinin bilindiği de öngörülerek, amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılır.

$$Z_{\max} = \sum_i a_i \cdot \exp(-\alpha T_i) \quad [2.74]$$

Burada :

$$\exp(-\alpha) = 1 / (1+r) = \beta \quad [2.75]$$

Olduğundan, amaç denklemi şu şekilde değiştirilebilir:

$$Z_{\max} = \sum_i a_i \cdot \beta^{T_i} \quad [2.76]$$

Bu denklemin kısıtlarını zaman öncelikleri oluşturur:

$$T_{i(k)} + d_k \leq T_{j(k)} \quad k = 1, 2, \dots, m \quad [2.77]$$

Bu arada $i(k)$, k işlemini başlatan olayı, $j(k)$ ise k işlemini bitiren olayı tanımlar.

Russel, bu iki denklemden oluşan bu doğrusal olmayan programlama modelini, Taylor serisini kullanarak ve bu açılımın ilk terimini alarak doğrusal bir denklem haline dönüştürmüştür. Optimum olmasa da geçerli çözüm sağlayan olay zamanlarının T_i° olduğu varsayılarak ve β iskonto faktörünün, $\beta = 1 / (1+r) = e^{-\alpha}$ olduğu bilinerek, T_i° 'a yaklaşan T_i değerleri için aşağıdaki denklem oluşur.

$$\begin{aligned} \sum_i a_i \cdot \exp(-\alpha T_i) &\equiv \sum_i a_i \cdot \exp(-\alpha T_i^\circ) - \sum_i (T_i - T_i^\circ) a_i \cdot \alpha \cdot \exp(-\alpha T_i^\circ) = \\ &\sum_i a_i \cdot \exp(-\alpha T_i^\circ) - \sum_i T_i^\circ \cdot a_i \cdot \alpha \cdot \exp(-\alpha T_i^\circ) - \sum_i T_i \cdot a_i \cdot \alpha \cdot \exp(-\alpha T_i^\circ) \\ &= \text{sabit} - \sum_i T_i \cdot a_i \cdot \alpha \cdot \exp(-\alpha T_i^\circ) \end{aligned} \quad [2.78]$$

Bu dönüşüm sonucu, amaç denkleminin yeni hali aşağıda verilmiştir.

$$Z_{\max} = - \sum_i T_i \cdot a_i \cdot \alpha \cdot \beta^{T_i} \quad [2.79]$$

Bu doğrusal programlama modelinin dual formülasyonu yapılır ve problem bu şekilde çözülebilir.

Grinold, bu konuda yaptığı bir araştırmada doğrusal kısıtlara sahip doğrusal olmayan bir modelin doğrusal bir modele dönüştürülebileceğini göstermiştir (53-54). Bu durumda, problemin optimum çözümü, bollukları sıfır değerine sahip olan işlemlerden oluşan bir kümeden oluşmaktadır. Grinold, Markowitz'in ağırlıklı dağıtım problemini çözmede kullanmış olduğu ve bütün matris katsayılarının 0 veya ± 1 değerine eşit olduğu üçgen denklemler sisteminin çözümünü gerektiren algoritmaya bağlı olarak iki çözüm algoritması geliştirmiştir. Birinci algoritma, problemi verilmiş belli bir bitiş süresi için çözmektedir. İkinci algoritma ise, mümkün olan bütün bitiş zamanlarını hesaba katarak optimum çözümü bulmaktadır.

Doersch and Patterson, 0-1 tamsayı programlama modeli geliştirerek sermaye dağıtım kısıtlarına bağlı olarak projenin net bugünkü zaman değerinin maksimizasyonu problemini incelemişlerdir (55). Her bir işlemin bitiminde, o işlem için yapılan harcamalar ve müşteriden yapılan ödemeler dikkate alınarak ve projenin gecikmesi durumundaki cezalar göz önüne alınarak amaç fonksiyonu oluşturulmuştur. Her k işleminin bitiminde, o işleme yapılan harcamaları gösteren bir v_k işlem değeri ortaya çıkmaktadır:

$$v_k = \sum_{i=1}^{dk} a_{ki} \cdot \exp(\alpha(d_k-1)) - c_k \cdot \exp(\alpha(d_k)) + c_k \quad [2.80]$$

Burada:

d_k : sabit işlem süresi

a_{ki} : 1 döneminde k faaliyetine ait nakit akışı

e^α : bileşik faiz = $1 / \beta$

c_k : k işleminin gerektirdiği sermaye yatırımı
şeklindedir.

Amaç denklemini oluşturan terimler iki gruba ayrılır. Birinci grupta, v_k değerlerinin miktarı ve bu nakit akış miktarlarını proje başlangıcına taşıyacak indirgeme faktörü β' bulunmaktadır.

$\beta' = \exp(-\alpha t)$. t : işlemin tamamlanma zamanı

Amaç denkleminin ikinci grubunu oluşturan terim ise projeye ait işlemlerin gecikmesi durumunda uygulanacak olan gecikme cezalarını içerir. Bu miktarlarda aynı şekilde β' indirgeme faktörü yardımı ile projenin başlama zamanına taşınırlar. Modelin kısıtları da, işlemlerin tamamlanma zamanları, öncelik ilişkileri ve sermayenin paylaşılması kısıtlarından oluşur. Sermayenin paylaşılması kısıtının iki anlamı vardır. İlki, belli bir dönem boyunca işlem gören faaliyetlere tahsis edilecek olan miktar o dönemdeki kullanılabilir mevcut sermaye miktarını aşmaz. İkincisi, projenin gecikebilme durumu göz önünde tutularak gecikme cezalarını karşılayabilecek miktarda yeterli sermaye elde bulundurulmalıdır. Bu yöntem teorik amaçlı olup 15 ile 20 işlemden oluşan küçük boyutlu projelerde başarılı sonuçlar vermekte, ancak daha fazla işlem içeren projelerde çözüm bulunamamaktadır. Gerçek hayattaki projeler yüzlerce hatta binlerce işlemi içerdiğinden, kaynaklar ve nakit akışları kısıtlarını dikkate alan orta ve büyük ölçekli projelerin programlanmasında sezgisel algoritmalarla başvurulması bir gereksinim halini almıştır.

Smith-Daniels ve Aquilano, projenin net şimdiki zaman değerinin en çoklanması problemini ele alırken, nakit akışlarının her işlemin başlangıcında proje gideri olarak oluştuğunu ve müşterinin toplam ödemeyi proje bittikten sonra bir defada yaptığı varsayımından hareket etmişlerdir (56). Literatürde yer alan bir çok problemi test ederek, önce erken başlama kriteri uygulanarak daha sonra da kaynak kısıtları bulunan işlemlerin sağa doğru kaydırılmasını öngören sezgisel algoritmaların, sadece

erken başlama kriterini esas alan algoritmalarla göre daha yüksek net şimdiki değeri artışını sağlamalarına rağmen, proje tamamlanma sürelerinin sağa doğru kaydırılmayı gerçekleştiren algoritmalarla nazaran daha uzun olduğunu göstermişlerdir.

Çok proje durumunda nakit akışı programlaması

Kısıtlı kaynak altında çok proje programlamasında projenin net şimdiki değerinin maksimizasyonunu hedef alan ve problemin dinamik programlama tekniği kullanılarak çözümünü içeren bir çalışma, Tavares tarafından yapılmıştır (57). Bu çalışmada her işleme ait kaynak tüketimi, o işlem için yapılan harcamalar cinsinden ölçülmüştür. Harcamalara ait maliyet profiline zamanla bağlı sürekli bir fonksiyon olarak verildiği problemin formülasyonu aşağıdaki gibidir:

$$C_k = [\exp (\beta - \alpha) t . X_k(t) + a_k . X_k (t)] dt \quad [2.81]$$

Burada :

C_k : k projesinin t başlama anına indirgenmiş toplam maliyeti

t : k projesinin toplam süresi

β, α : indirgeme ile ilgili faktörler

$X_k(t)$: k projesi için t anındaki harcama düzeyi

$a_k . X_k(t)$: $X_k(t)$ 'nin türevi cinsinden ifade edilen maliyet fonksiyonu. Kaynak tüketim seviyelerindeki değişimler yüksek harcamalar gerektirdiğinde bu terimin önemi artar.

Problem N ($n=1, 2, \dots, N$) kademedan oluşan ve her kademedede I_n ($i=1,2, \dots, I_n$) proje bulunan bir yapıda düşünülmüştür. Her kademe bitişinde net şimdiki değere indirgenmiş bir getiri olduğu varsayılarak, kademe bazında hesaplanan getiriler, kademelerdeki proje bazında hesaplanan toplam maliyetlerden çıkarılarak N kademe için toplam net getiri bulunmuştur:

$$G_{\max} = \sum_{n=1}^N B_n \cdot \exp(-\tau t_{n+1}) - \sum_{k=1}^{In} C_k = (i \cdot n) \cdot \exp(-\tau t_k) \quad [2.82]$$

Burada :

G : Toplam net getiri

N : Kademe sayısı

B_n : t_n anındaki getiri

τ : $(\alpha - \beta)$ değerini ifade eden indirgeme faktörü

t_k : k projesinin başlama zamanı

Tavares, Portekiz’de kurulacak büyük bir demiryolu ağı projesini oluşturan on altı proje için bu tekniği uygulamış ve projelerin net şimdiki değerini maksimum kılacak şekilde her kademede her projeye ait optimum süreleri ve bunların getirilerini dinamik programlama ile hesaplamıştır.

Bu konuda Türkiye’de yapılmış olan çalışmalara örnek olarak, İTÜ Araştırma fonu tarafından desteklenen ve “Türk Sanayi Kuruluşlarında Nakit Akış Dinamiğinin İncelenmesi” adlı bir araştırma projesi verilebilir. Bu araştırma proje çerçevesinde geliştirilen bir model, talep, satış, üretim, stok, nakit dengesi, işçilik, hammadde ve kredi alt modellerinden oluşmakta ve çevre koşullarının endüstriyel imalat yapan firmalar üzerindeki etkileri araştırmaktadır. Nakit dengesi alt modeli, kuruluşun bütün faaliyetlerini gerçekleştirmek için yapmış olduğu harcamalar ile elde ettiği gelirleri sonucunda oluşan nakit değişimini incelemek amacı ile oluşturulmuştur.

Model, problemin tanımlanması, modelin neden sonuç ilişkilerinin kurulması, akış diyagramının oluşturulması, dinamo denklemlerinin yazılması, modelin test edilmesi, deneylerin planlanması ve uygulanması ve deney sonuçlarının çıkarılması şeklinde klasik sistem dinamiği çalışmalarının adımlarını takip etmektedir.

Modelin kullandığı varsayımlar, firmanın bir satış gelirine sahip olması, kısa vadeli borç alması, finans kaynağı olarak kısa vadeli borç veren kuruluşları kullanması,

inceleme döneminde yatırım yapılmaması ve temettü ve kar dağıtımının olmamasıdır.

Firmanın performans ölçütleri, firmanın cirosu ve elde ettiği kar miktarı olarak alınmıştır. Firmayı etkileyen çevre değişkenleri ise, kredi faizi, satış fiyatı, işçilik ücreti ve talep gibi firmanın kontrol altında tutamadığı kriterlerden oluşmaktadır.

Bu modelin kurulmasıyla hedeflenen başlıca amaç, çevre değişikliklerinin önceden kestirilerek, bu değişikliklere kolayca uyabilecek üst yönetim düzeyinde politikaların geliştirilmesidir.

Proje programlamasında depolanabilen ve depolanamayan kaynak kısıtları

Slowinski, proje programlanması problemlerini kaynak tahsisleri açısından iki ana gruba ayırmıştır (58-59). Birinci gruptaki problemler depolanamayan veya yenilenebilen adı verilen kaynakları ele alır. Bu kaynaklar iş gücü, ekipman gibi kaynaklar olup, bunların proje süresinin herhangi bir anındaki kullanılabilirlikleri sınırlıdır. Amaçlanan, bu kaynakların optimum kullanımıyla optimum proje süresinin sağlanmasıdır.

İkinci gruptaki problemler ise, depolanabilen veya yenilenemeyen kaynakları ele alır. Bu kaynaklar, para enerji ve malzemeler olup bunların proje içindeki toplam tüketim miktarları kısıtlıdır. Diğer bir deyişle, bu kaynaklar zaman içinde tüketildikçe toplam miktarları azalır. Amaç, maliyetin minimizasyonu olup, bu kaynakların toplam tüketim miktarı toplam maliyetin belirlenmesi için bir ölçüt oluşturur.

Bu iki ana grup bir arada ele alındığında, yani projeye ait faaliyetlerin aynı anda hem depolanabilen, hem de depolanamayan kaynaklara gereksinim duyduğu durumlarda, çift kısıtlı kaynak adı verilen üçüncü bir kaynak grubu devreye girer. Çift kısıtlı kaynaklar, kullanımları ve tüketimleri açısından kısıtlanmış kaynakları ifade ederler. Örneğin iş gücü ele alındığında, eldeki işgücü miktarı ve toplam adam-saat sayısı kısıtlı ise bu çift kısıtlı bir kaynağı ifade eder. Hem proje süresinin, hem de proje

maliyetinin göz önüne alınması gerekliliğini getiren bu tür bir yaklaşım çok amaçlı optimalite kriterini ortaya çıkarır.

Depolanamayan kaynaklar

Bir projeyi oluşturan faaliyetlerin planlanmasında, temrin ve iş kapsamına bağlı olarak depolanamayan kaynakların planlanması ve yönetimi önemli bir yer tutar. Özellikle birden çok proje bir arada yürütülüyorsa, toplam iş gücü gereksiniminin belirlenmesi ve zaman ekseninde projelere dağıtılması kademeli bir planlama çalışması gerektirir (60).

Bir proje için gerekli kaynakların hesaplanmasında ilk adım girdileri oluşturan verilerin tanımlanmasıdır. Bu veriler, projenin beklenen başlama tarihi, projenin toplam süresi ve projenin parasal değeri gibi bir projeye ait özel bilgiler ile yük dağılımları, adam-ay cinsinden standart çalışma saatleri gibi benzer projelerin ortak verileri olarak ikiye ayrılabilir. Yük dağılım oranları da projenin belirli aşamalarındaki işgücü kullanımlarını gösterir ve o aşamada kullanılan işgücü miktarının ortalama miktara olan oranını gösteren bir yük oranı olarak belirtilir. Adam-ay cinsinden standart çalışma saati ise teknik bir eleman tarafından bir ayda harcanan ortalama çalışma saati miktarını gösterir.

Projelerin toplam işgücü gereksiniminin hesaplanmasında ise her bir projenin iş gücü gereksinimi ve eldeki mevcut iş gücü miktarı göz önüne alınır. Böylece her dönemin iş gücü miktarı her proje için hesaplanarak gerekli dağılım elde edilir. Ayrıca projeler için elde edilen yük dağılımları proje performansı hakkında diğer projelerle karşılaştırma yaparak bir fikir sahibi olunmasını sağlar.

Depolanabilen kaynaklar

Malzeme gibi depolanabilen kaynakların, toplam proje maliyeti üzerindeki etkileri depolanabilen kaynak kısıtları altında proje programlamasının temelini oluşturur. Depolanabilir kaynakların temin edilme süreleri ve buna bağlı olarak malzeme

siparişlerinin verilmesinin planlanması, proje faaliyetlerinin planlanması açısından hayati bir önem taşır.

Bir işletmede temel girdiyi oluşturan malzemenin talebinin belirlenmesinden işletmeye gelişine, kabul işlemlerinden stoklanmasına ve nihayet malzemeye ihtiyaç duyan birimlere sevkine kadar olan süreci takip ve kontrol etmek ve işletme içindeki malzeme akışının daha etkin olmasını sağlamak modern malzeme yönetim politikalarının temelini oluşturur. Malzeme takip sistemi, malzeme gereksiniminin belirlenmesi, siparişlerin verilmesi, malzemenin tedarik edilmesi ve malzemenin sarf edileceği birimlere gönderilmesinden oluşan bir sistemdir.

Depolanamayan ve depolanabilen kaynaklara bağlı olarak proje programlanması

Projeyi oluşturan faaliyetler arasında koordinasyonun sağlanması açısından, özellikle sipariş tipi imalat yapılan projelerde işgücü gibi depolanamayan kaynak kısıtları ile malzeme gibi depolanabilen kaynak kısıtlarının entegrasyonu önem kazanmaktadır.

Malzeme tedarik sistemi ile faaliyetlerin planlanması arasındaki koordinasyonun sağlanması ve malzeme temin kısıtlarının ve maliyetlerinin proje programına dahil edilmesi ile toplam proje maliyeti ve proje süresi üzerindeki etkilerinin incelenmesi problemin önemli bir boyutunu oluşturmaktadır.

Problemin İlk Formulasyonu

Smith-Daniels, malzeme teminiyle ilgili kısıtlar ve maliyetler ile faaliyet süreleri ve faaliyetler arasındaki öncelik ilişkilerinin entegrasyonunu sağlamak amacıyla, 0-1 programlama tekniğini kullanmıştır (61). Bu teknik ile faaliyet süreleri, malzeme temin tarihleri ve envanter seviyelerinin planlanması mümkün olmaktadır. Amaç fonksiyonu, malzemelerin sipariş edilme ve stok maliyetlerini tamamlanmış proje faaliyetlerinin bekletilme maliyetlerini ve projenin planlanan süreyi aşması halinde uygulanacak gecikme cezalarını içeren maliyetlerden oluşur ve toplam maliyetin

minimizasyonunu sağlamaya yöneliktir. Burada kullanılan iki önemli varsayım, malzeme temini ve depolanamayan kaynak kısıtlarının olmadığıdır. Karar değişkenleri ve parametreler aşağıdaki şekildedir :

Karar Değişkenleri :

X_{jt} : 1 eğer j faaliyeti t döneminde başlarsa [2.83]
0 diğer durumlarda

Z_{mt} : 1 eğer m malzemesi t döneminde sipariş edilirse [2.84]
0 diğer durumlarda

Y_{mt} : t döneminde sipariş edilen m malzeme miktarı

I_{mt} : t dönemi sonunda stoktaki m malzeme miktarı

C_t : t dönemi sonunda tamamlanan faaliyetlerin değeri

Parametreler

d_j : j faaliyetinin süresi

R_{jm} : j faaliyeti için gereken m malzeme miktarı

v_j : Malzeme ve işgücü maliyetleri de dahil olmak üzere j faaliyetinin tamamlandıktan sonraki değeri

S_m : m malzemesinin sipariş maliyeti

h_m : m malzemesinin bir dönem elde tutulması maliyeti

P_j : j faaliyetinden önce gelen faaliyetler kümesi

T_m : m malzemesinin temin süresi

S_{1j} : j faaliyetinin erken başlama zamanı

S_{2j} : j faaliyetinin geç başlama zamanı

D : Dönem başına projenin gecikme cezası

H : Dönem başına tamamlanmış faaliyetlerin maliyeti
(faaliyet değerlerinin %'si olarak)

Q : Çok büyük bir sayı

T : Proje süresinin üst sınırı (kritik yol + müsaade edilen maksimum gecikme süresi)

N : Projeyi oluşturan son faaliyet

Bu değişken ve parametrelere bağlı olarak maliyetlerin minimizasyonunu hedef alan amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilmiştir:

Amaç fonksiyonu :

$$Z_{\min} = \sum_{t=S_{2N}}^T (t - S_{2N}) \cdot D \cdot X_{Nt} + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M S_m \cdot Z_{mt} + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M h_m \cdot I_{mt} + \sum_{t=1}^T H \cdot C_t \quad [2.85]$$

Projeyi oluşturan son faaliyetin tamamlanma zamanı ya kritik yolun hesaplanması ile bulunan bir zaman değeri olabilir veya projenin bitiş süresi olarak belirlenmiş sabit bir zaman değeri olabilir. Smith-Daniels, burada kritik yolun hesaplanması sonucu elde edilen proje tamamlanma süresini kullanmıştır.

Problemi oluşturan kısıtlar kümesi, faaliyetler arası öncelik ilişkilerini, sipariş gereksinmelerini ve envanter hesaplamalarını içerir.

1. Kısıt

Faaliyetler belirlenen sırada gerçekleştirilmelidir.

$$\sum_{t=1}^T t \cdot X_{it} + d_i \leq \sum_{t=1}^T t \cdot X_{jt} \quad i \in P_j \quad j = 1, 2, \dots, N \quad [2.86]$$

2. Kısıt

Bütün faaliyetler gerçekleştirilmelidir.

$$\sum_{t=S_{1j}}^T X_{jt} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, N \quad [2.87]$$

3. Kısıt

Stok dengeleme şartlarına uyulmalıdır.

$$I_{m(t-1)} + Y_{m(t-T_m)} - \sum_{j=1}^N R_{jm} \cdot X_{jt} = I_{mt} \quad \begin{matrix} m = 1, 2, \dots, M \\ t = 1, 2, \dots, T \end{matrix} \quad [2.88]$$

4. Kısıt:

Her malzeme gereksinimi oluştuğunda sipariş verilmelidir.

$$Q \cdot Z_{mt} - Y_{mt} \geq 0 \quad \begin{matrix} m = 1, 2, \dots, M \\ t = 1, 2, \dots, T \end{matrix} \quad [2.89]$$

5. Kısıt:

Tamamlanan her faaliyet projeye bağlanan para miktarı olarak proje değerini arttırır.

$$C_{t-1} + \sum_{j=1}^N V_j \cdot X_{j(t-d_j)} = C_t \quad [2.90]$$

Ayrıştırma İşlemleri:

Eğer projenin kesinlikle planlanan zamanda bitirilmesi isteniyorsa, proje gecikme zamanı D çok büyük bir sayı olarak varsayılacaktır, yani D sonsuz alınacaktır. Bu durumda, her bir faaliyetin başlama zamanı:

$$X_{jt} = 1 \quad S_{1j} \leq t \leq S_{2j} \quad \text{olacaktır.}$$

Kritik yol üzerinde yer alan faaliyetlerin erken başlama (S_{1j}) ve geç başlama (S_{2j}) zamanları birbirine eşit olduğundan, $S_{1j} = S_{2j}$ olacaktır ve faaliyetin optimum başlama tarihi $X_{jS_{2j}} = 1$ olarak belirlenir.

Amaç fonksiyonunda ($t - S_{2N}$) değeri, t , S_{2N} zamanına eşit olduğundan sıfır değerini alır. Amaç fonksiyonunun yeni formülasyonu aşağıdaki şekildedir:

$$Z_{\min} = \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M S_m \cdot Z_{mt} + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M h_m \cdot I_{mt} + \sum_{t=1}^T H \cdot C_t \quad [2.91]$$

Yeni problem kısıtlar açısından incelendiğinde, birinci, ikinci ve dördüncü kısıtlar olduğu gibi korunur, ancak faaliyetler, kritik yol üzerinde yer alan ve kritik yol üzerinde yer almayan faaliyetler kümesi olarak iki gruba ayrıldığından, üçüncü ve beşinci kısıtların formülasyonu değişir.

Değiştirilmiş 3. kısıt:

Stok dengeleme şartlarına uyulmalıdır.

$$I_{m(t-1)} + Y_{m(t-T_m)} - \sum_{j \in CP} R_{jm} \cdot X_{jt} - \sum_{j' \in CP} R_{j'm} \cdot X_{j't} = I_{mt} \quad [2.92]$$

$m = 1, 2, \dots, M$

CP : Kritik yol üzerindeki faaliyetler kümesi

$t = 1, 2, \dots, T$

Değiştirilmiş 5. Kısıt:

Tamamlanan her faaliyet projenin değerini artırır.

$$C_{t-1} + \sum_{j \in CP} V_j \cdot X_{j(t-d_j)} + \sum_{j' \in CP} V_{j'} \cdot X_{j'(t-d_j)} = C_t \quad t = 1, 2, \dots, T \quad [2.93]$$

Değiştirilen bu kısıtlar, kritik yol üzerinde bulunan ve başlama zamanları sabit değerler olan j faaliyetleri ile, kritik olmayan ve başlama zamanları S_{1j} ile S_{2j} arasında herhangi bir t anında olan j' faaliyetlerini birbirlerinden ayırmak amacıyla oluşturulmuşlardır. Kritik yol üzerinde bulunan bütün faaliyetlerin optimum başlama zamanları bilindiğine göre, $\sum V_j \cdot X_{j(t-dj)}$ sabit bir değer alacaktır. Değiştirilmiş 5. kısıtta C_t ifadesi amaç fonksiyonuna yerleştirilirse amaç fonksiyonu aşağıda belirtilen duruma gelir:

$$Z_{\min} = \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M S_m \cdot Z_{mt} + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M h_m \cdot I_{mt} + \sum_{t=1}^T \left[C_{t-1} + \sum_{j \in CP} V_j \cdot X_{j(t-dj)} + \sum_{j' \in CP} V_{j'} \cdot X_{j'(t-dj)} \right] \quad [2.94]$$

Bu denklemin minimum maliyet şartını sağlaması için, kritik olmayan faaliyetlerin başlama zamanlarının S_{1j} ile S_{2j} arasında belirlenmesi gerekir. t' zamanını $S_{2j'}$ zamanından daha önce gerçekleşen bir an olarak varsayarak, eğer $X_{j't'} = 1$ ($j' \in CP$) ise, o zaman problem, kritik olmayan faaliyetler için malzeme gereksiniminin t' anında olduğu, kritik faaliyetler içinse malzeme gereksiniminin S_{2j} anında olduğu bir duruma dönüşür. Eğer j' faaliyeti, en geç başlama zamanı $S_{2j'}$ yerine t' anında başlarsa, o zaman tamamlanmış olan j' faaliyetini $S_{2j'}$ anına kadar elde tutmanın getireceği maliyet, amaç fonksiyonundaki maliyet değerini yükseltecektir.

$$H [V_{j'} (S_{2j'} - t')] \quad [2.95]$$

Diğer taraftan, faaliyetin $S_{2j'}$ zamanından daha önce başlaması, malzeme sipariş zamanlarını dolayısıyla stokta tutma maliyetlerini etkileyeceğinden toplam maliyetlerde bir düşme sağlayabilecektir. Burada, üç farklı durumun oluşması söz konusudur.

Birinci durumda, j' faaliyetine ait malzeme siparişleri sırasıyla $S_{1j'}$ anında ($S_{1j'} \leq t' \leq S_{2j'}$) gelebilir. Üçüncü durumda ise malzemeler tam $S_{2j'}$ anında gelir ve j' faaliyeti de bu anda başlar.

Birinci durum, yani siparişleri $S_{1j'}$ anında veya daha önce geldiği düşünülürse, j' faaliyetinin $S_{2j'}$ anı yerine $S_{1j'}$ anında başlaması, stokta tutma maliyetlerinde bir azalma yaratacaktır. Ancak j' faaliyetinin $S_{1j'}$ anında başlamasının optimum olması için, stokta tutma maliyetlerindeki düşüşün, tamamlanmış j' faaliyetini $S_{1j'}$ anından $S_{2j'}$ anına kadar bekletme maliyetinden yüksek olması gerekmektedir.

$$\sum_m h_m \cdot R_{j'm} \cdot (S_{2j'} - S_{1j'}) > H \cdot [V_{j'} \cdot (S_{2j'} - S_{1j'})] \quad [2.96]$$

Ancak bu şartın sağlanması çok zor bir olasılıktır. j' faaliyetinin bir dönem elde tutulmasının maliyetinin ($HV_{j'}$) analizi yapılırsa :

- b_m : m malzemesinin birim maliyeti
- $a_{j'}$: j' faaliyetinin iş gücü maliyeti
- E_m : birim malzemeyi bir dönem elde tutma maliyeti (%)
- E_a : bir faaliyeti bir dönem bekletme maliyeti (%)
- E_c : sermaye maliyeti

Olarak düşünülürse, o zaman:

$$V_{j'} = \sum_m b_m \cdot R_{j'm} + a_{j'} \quad [2.97]$$

$$h_m = E_m \cdot b_m + E_c \cdot b_m \quad [2.98]$$

$$h = E_a + E_c \quad [2.99]$$

olur.

$V_{j'}$, h_m ve H değerleri önceki denklemde yerlerine yerleştirilirse, bu eşitsizlik aşağıdaki hale dönüşür.

$$\sum_m E_m \cdot b_m \cdot R_{j'm} > \sum_m E_a \cdot b_m \cdot R_{j'm} + (E_a + E_c) a_{j'} \quad [2.100]$$

Birinci durumda, amaç fonksiyonunun minimum maliyeti sağlayabilmesi için $X_{j'S_{2j'}} = 1$ olmalıdır, bu da yukarıdaki şartın gerçekleşmesinin ancak, j' ile ilgili malzemeyi elde tutma maliyetlerinin, j' faaliyetinin biten kısmına ait işgücü maliyetlerinden fazla olduğu takdirde mümkün olur, bu da çok küçük bir olasılıktır.

İkinci durumda, j' faaliyetinin malzeme talebi t' anında gerçekleşir ($S_{1j'} \leq t' \leq S_{2j'}$) Eğer j' faaliyeti en geç başlama zamanı yerine t' anında başlarsa yukarıdaki şartı sağlar.

Üçüncü durumda, j' faaliyeti ile ilgili malzemeler $S_{2j'}$ anında temin edilirler ve j' faaliyeti de $S_{2j'}$ anında başlar ve bu durum amaç fonksiyonunu her şart altında minimize eder.

2.5.3. Kontrol

Proje yönetiminde son aşama projenin kontrolüdür (62). Kontrolün amacı, projenin periyodik olarak belirlenmiş programa uygun olarak devam edip etmediğini saptamaktır. Eğer işler programın gerisinde kalmış ise, gecikmenin nedeninin anlaşılması için araştırma yapılmalıdır. Daha sonra yönetim, projenin ne şekilde devam etmesi konusunda karar verir.

Proje kontrolüne geçmeden önce gözden geçirme işlemlerini tanımlamak ve gözden geçirme dönemlerini planlamak gerekir. Gözden geçirme sıklığı, güncelleştirilecek veri miktarına, kişi sayısına ve programın güncel dışı kalma hızına bağlıdır. Değişim hızı arttıkça program da o kadar sık gözden geçirilmelidir. Bakım işleri için günlük veya haftalık, imalat için 1-3 hafta aralıklı, inşaat projeleri için 4-6 hafta aralıklarla gözden geçirme bazı örneklerdir. Uzun süreli bir çok projeyi izleme programı 3-6 ayda bir güncelleştirilebilir. Gözden geçirme işlemlerinde, tasarım ve diğer teknik

konularla, iş ilerlemesi ve proje harcamaları ile ilgili bütün parametreler göz önünde bulundurulmalıdır.

2.6. MS Project Yazılımı

Şebeke bazlı proje yönetimi uygulamaları için kullanılan bir çok bilgisayar programı mevcuttur ancak bu programların büyük kısmı pahalı, kullanımı zor ve yüksek kapasite isteyen programlardır (62). Buna karşın, Microsoft Project paket programı, kolay kullanımı, uygun fiyatı, esnekliği ve bir çok kabiliyeti ile kısa sürede çok kullanılan bir program haline gelmiştir. Programın bazı özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

1. Projede çalışılan zamanlar ayarlanabilir. Hafta tatilleri, bayram ve benzeri tatillerin bilgisayara girilmesi, çalışma süresinin belirlenmesi mümkündür.
2. Faaliyetlerin kaynak ihtiyaçları girilmekte ve kaynak maliyetleri toplamından program otomatik olarak faaliyet maliyetlerini ortaya koymaktadır.
3. Proje faaliyetleri ve kaynaklarına ilişkin değişiklikler yapmak mümkündür. Bu değişiklikler, faaliyet eklenmesi veya çıkarılması, faaliyet yerlerinin değiştirilmesi, kaynak eklenip çıkarılması, kaynak maliyetlerinin değiştirilmesi, kaynak kapasitelerinin değiştirilmesi şeklinde sıralanabilir.
4. Projeye ait faaliyet listesinin, süresinin ve önceliklerinin bilgisayara girilmesi gannt şeması ve şebeke diyagramının çizilebilmesi için yeterlidir. Bu diyagramlarla ilgili çıktıların istenen boyutlarda alınabilmesi mümkündür.
5. Şebeke diyagramı üzerinde her faaliyetin ne zaman başlayıp ne zaman biteceği, faaliyetin kritik olup olmadığı, en erken ve en geç bitiş zamanı, kullanıldığı kaynaklar, maliyeti, tamamlanma oranı gibi bilgiler görüntülenip yazdırılabilir.

6. Kaynakların hangi faaliyetlerde kullanıldığı, kullanım zamanları, kullanım miktarı, maliyeti, kaynak kapasitesinde darboğaz olup olmadığı bilgisayar ekranından görüntülenip yazdırılabilir.

7. Program, projenin takibine imkan sağlar. Temel olarak kaydedilen program projenin planlanan durumudur ve daha sonra gerçekleşen durumun bilgisayara girilmesi ile planlanan ve gerçekleşen durumun karşılaştırılması mümkün hale gelir.

8. Programın raporlar menüsünden proje özeti, kritik faaliyetler, önemli faaliyetler ve çalışma zamanları rapor halinde alınabilir. Yine bütçe, nakit akışı, planlanan ve mevcut durumun maliyet ve zaman açısından karşılaştırıldığı kazanılmış değer tabloları raporlar menüsünden elde edilebilir. Bunlar dışında kaynaklar, devam eden faaliyetler, maliyetler gibi bir çok raporun da yazdırılabilmesi mümkündür.

3. İNŞAAT PROJE YÖNETİMİ UYGULAMASI

3.1. Dalaman Akköprü Barajı ve Hidroelektirik Santrali Projesinin Planlanması ve Programlanması

3.1.1. Projenin planlaması

Projenin Yeri

Dalaman-Akköprü ve HES Tesisleri, Muğla iline bağlı Köyceğiz ilçesinin 24 km. doğusunda Dalaman Çayı üzerindedir. Aşağı Dalaman proje sahası, Güneybatı Anadolu’da Dalaman Havzası içinde yer almaktadır. Proje sahasındaki yer üstü suları, Dalaman Nehri ve kollarından oluşmaktadır. Proje sahasının içinde sulama ve enerji tesisi bulunmamaktadır. Proje sahası, Burdur, Denizli ve Muğla illeri ve ilçelerini içine almaktadır.

İşveren

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü

İklim

Proje sahasında iki ayrı tip iklim görülmektedir. Toros Dağları’nın denize bakan yamaçlarında, yazları kurak ve sıcak, kışları ise yağışlı ve ılık geçen tipik Akdeniz iklimi hüküm sürerken, Toros Dağları’nın kuzey yamaçlarında ve yukarı havza ovalarında yazları kurak ve sıcak, kışları ise soğuk, karlı ve yağışlı geçen akdeniz ve kara iklimi arası bir geçiş iklimi hüküm sürer.

Kültürel Durum

Etüt sahasındaki her köyde ilkokul vardır. Ortaokul için Köyceğiz merkezinden yararlanılmaktadır. Genellikle kültür düzeyi ülkenin diğer kesimlerinden çok farklı değildir.

Projenin Amacı

- 1) Enerji üretimi (115 MW kurulu güçle 343 GWH enerji üretilecek)
- 2) Sulama (14192 HA arazi sulanacak)
- 3) Taşkından koruma

Sözleşme Bilgileri

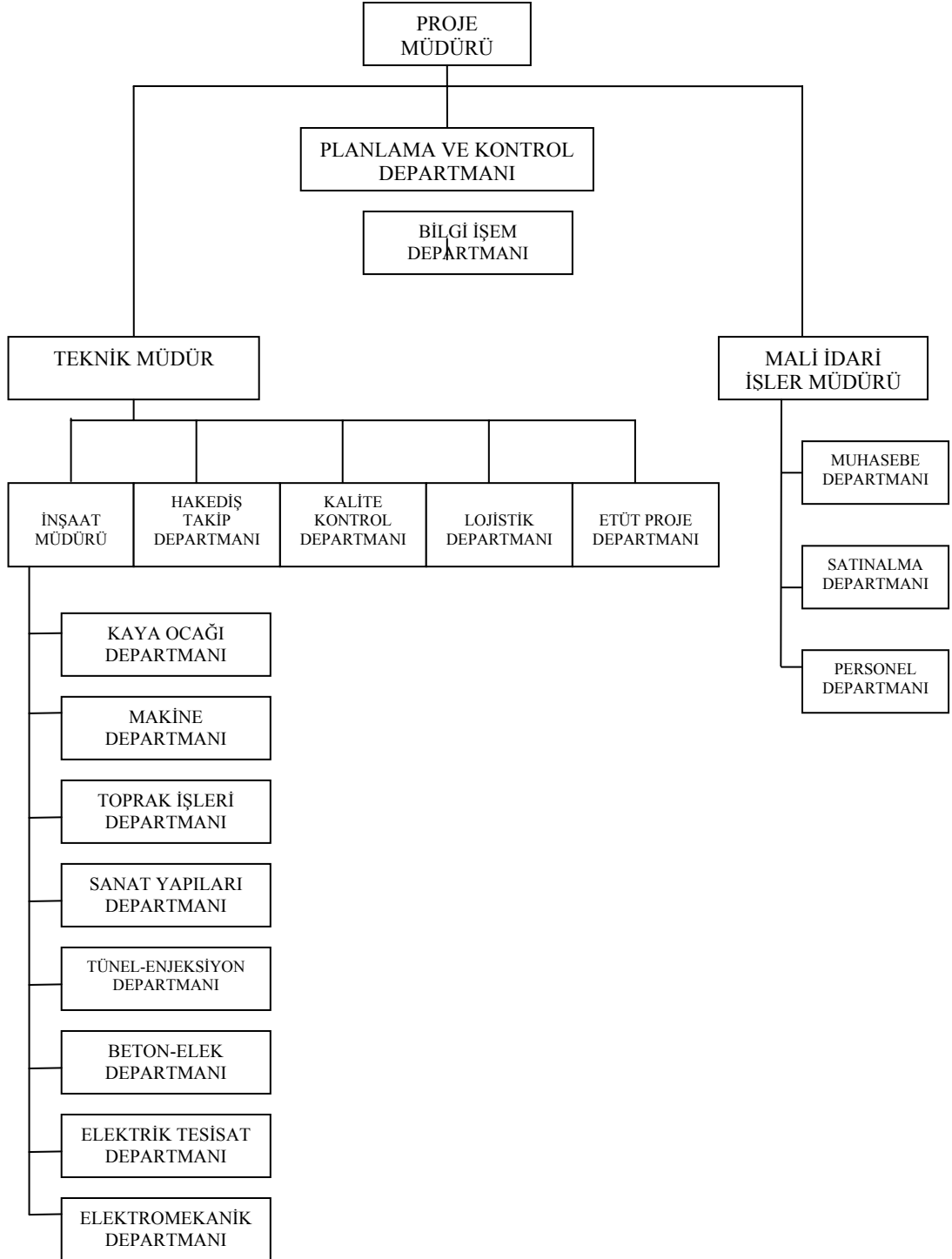
İşe başlama tarihi : 20/12/1995
 İşin süresi : 1 800 Takvim Günü
 İşin bitiş tarihi: 22/11/2000
 Toplam ihale bedeli : 47 500 000 \$

Süre Kısıtları ve Cezalar

Çizelge 3.1. İşin kısımlarına göre bitirme zamanları ve gecikme cezaları

	İşin Kısımları	Bitirileceği Süre	Gecikme Cezası (İhale Bedelinin)
1.	Şantiye Tesislerinin İnşası	90 takvim günü	%0,001'i
2.	Şantiye içi yolların tamamlanması	300 takvim günü	%0,001'i
3.	Derivasyon tünellerinin, derivasyonu mümkün kılacak şekilde bütün hafriyat ve imalat işlerinin bitirilmesi	290 takvim günü	%0,001'i
4.	Santral binasının tamamlanması	1430 takvim günü	%0,002'si
5.	Tesislerin su tutmaya hazır hale getirilmesi	1710 takvim günü	%0,002'si

Organizasyon Yapısı



Şekil 3.1. Projenin organizasyon şeması

3.1.2. Projenin programlanması

Dalaman-Akköprü Barajı ve HES Projesinin programlanmasında :

1. Proje süresince gerçekleştirilecek faaliyetler öncelik ilişkilerine göre sıralanmıştır (Çizelge EK.1).
2. Tüm faaliyetler için iyimser, kötümser ve muhtemel zaman tahminlerinde bulunulmuştur. PERT sonucu, beklenen faaliyet zamanının, CPM faaliyet zamanı ile eşit olduğu varsayılarak programlama yapılmıştır.
3. PERT sonucunda standart sapması yüksek olan faaliyetler kritik faaliyetler olarak belirlenmiş ve inşaat süresince bu faaliyetlere önem verilecektir. (Çizelge EK.1).
4. Bu faaliyetlerin tahmin edilen zamanlarda bitirilebilmesi için gerekli kaynaklar belirlenmiştir.
5. Proje, eldeki kaynakların sınırsız olduğu varsayımıyla, MS Project kullanılarak programlanmıştır.
6. Kaynaklar kısıtlı duruma getirilmiş, fazla mesai, kaynak miktarı, süre uzatımı gibi faktörlerde değişiklikler yaparak farklı senaryolar oluşturulmuştur.

Oluşturulan senaryolar :

1. Senaryo : Tüm faaliyetler kaynak kısıtı göz önünde bulundurulmadan programlanmıştır. Kaynak dengelemesi söz konusu değildir. Bu seçenekte proje ve işin kısımları bitirilmesi gereken tarihten önce bitirilmekte, herhangi bir gecikme cezası ödenmemektedir. İşin zamanında bitirilebilmesi için fazla mesai yapılmayacaktır (Çizelge 3.2).

2. Senaryo : 1. senaryoda, aynı kaynakları kullanan faaliyetlerin (Derivasyon tünelleri, Sağ ve sol Sahil Enjeksiyon Galerileri, Sağ ve Sol Sahil enjeksiyon ulaşım galerileri ve enerji tünelleri) aynı zamanlarda yapıldığı görülmektedir. Bu nedenle bir kaynak dengesizliği söz konusudur. Bu programda, kaynak dengelemesi için derivasyon tünelleri öncelikli olmak üzere, sağ ve sol sahil enjeksiyon galerileri, sağ ve sol sahil enjeksiyon ulaşım galerileri ve enerji tünelleri farklı zamanlarda yapılması planlanmıştır. Proje ve işin kısımları bitirilmesi gereken tarihten önce bitirilmekte, herhangi bir gecikme cezası ödenmemektedir. İşin zamanında bitirilebilmesi için fazla mesai yapılmayacaktır (Çizelge 3.3).

3. Senaryo : 2. senaryoda kullanılan bazı kaynakların miktarları düşürülmüş, dolayısıyla kaynak maliyetleri de azaltılmıştır. Kaynaklar kısıtlandıktan sonra kaynak düzeyleme yapılmıştır. Bu işlemten sonra kaynakların yeterli olduğu fakat bazı faaliyetlerin zamanlarının uzadığı görülmüştür. Kaynakların dengeli olabilmesi için Diğer Kazılar faaliyetinin sırası değiştirilmiştir. Proje ve işin kısımları bitirilmesi gereken tarihten önce bitirilmekte, herhangi bir gecikme cezası ödenmemektedir. İşin zamanında bitirilebilmesi için fazla mesai yapılmayacaktır (Çizelge 3.4).

4. Senaryo : 3. senaryoda kullanılan bazı kaynakların miktarları düşürülmüş, dolayısıyla kaynak maliyetleri de azaltılmıştır. Kaynaklar kısıtlandıktan sonra kaynak düzeyleme yapılmıştır. Bu işlemten sonra kaynakların yeterli olduğu fakat bazı faaliyetlerin zamanlarının uzadığı ve bazı iş kısımlarının (şantiye tesisleri, derivasyon tünelleri ve enerji tüneli ve hes tesisleri) gecikmeli olarak tamamlanabileceği görülmüştür. İşin zamanında bitirilebilmesi için fazla mesai yapılmayacaktır. kaynaklanan ceza maliyeti söz konusudur (Çizelge 3.5).

5. Senaryo : 4. senaryoda ortaya çıkan gecikmeleri ortadan kaldırmak için şantiye tesislerinin yapımı aşamasında fazla mesai yapılması öngörülmüştür. Bu durumda fazla mesai için ek maliyetler ortaya çıkmaktadır. Fazla mesai yapılmasına rağmen enerji tüneli ve hes tesislerinin tamamlanmasında 10 günlük gecikme ve gecikmeden kaynaklanan maliyet söz konusudur (Çizelge 3.6).

6. Senaryo : 5. senaryoda kullanılan bazı kaynakların miktarları düşürülmüş, dolayısıyla kaynak maliyetleri de azaltılmıştır. Şantiye Tesisleri faaliyetleri haricinde kaynak düzeyleme yapılmış, enerji tüneli ve hes tesislerinin tamamlanmasında 10 günlük gecikme ve gecikmeden kaynaklanan maliyetin halen söz konusu olduğu görülmüştür (Çizelge 3.7).

7. Senaryo : Kaynak dengelemesi için serbest bollukların en aza indirilme çalışması yapılmıştır. Bunun için 6. senaryodaki bazı faaliyetlerin süreleri uzatılarak, kullanılan kaynak miktarları azaltılmıştır. Enerji tüneli ve hes tesislerinin tamamlanmasında ortaya çıkan gecikmeye ek bir gecikme söz konusu değildir (Çizelge 3.8).

8. Senaryo : 7. senaryoda kullanılan bazı kaynakların miktarı düşürülmüş, dolayısıyla kaynak maliyetleri de azaltılmıştır. Kısıtlı kaynak sorununu aşmak için levelling yapılmıştır. Bunun sonucunda bazı kaynakların hala kısıtlı olduğu ve gecikmelerin ortaya çıktığı görülmüştür (Çizelge 3.9). Kaynak sorununu çözmek amacıyla bazı faaliyetlerin süreleri uzatılmış ve fazla mesai yapma yoluna gidilmiştir (Çizelge 3.10). Bu programda, gecikme ve fazla mesai maliyetleri söz konusudur.

Toplam maliyetin hesaplanması

Toplam maliyet hesaplanırken; yenilenebilir kaynakların kullanımına bağlı olarak değişen ve sabit maliyetleri, yenilenemeyen kaynakların maliyeti, fazla mesai maliyetleri ve gecikmeden kaynaklanan ceza maliyetleri göz önüne alınmıştır (Çizelge 3.11).

$$\text{TOPLAM MALİYET} = \{ A + B + C + D + E \} \quad [3.1]$$

A : Kaynakların kullanımına bağlı olarak değişen maliyet (Toplam kaynak kullanımı saat x Kaynağın 1 saatlik maliyeti) (Yenilenebilir kaynaklar için) (Çizelge EK.3).

B : Kaynağın sabit maliyeti (Kaynak miktarı x Kaynağın birim sabit maliyeti)
(Yenilenebilir kaynaklar için)

C : Kaynağın maliyeti (Kaynak miktarı x Kaynağın birim maliyeti) (Yenilenemeyen kaynaklar için)

D : Fazla mesai maliyeti

E : Gecikmeden kaynaklanan ceza maliyeti

SENARYO 1

$$\begin{aligned}\text{TOPLAM MALİYET} &= 21.664.490,16 + 132.938,00 + 14.056.325,65 + 0 + 0 \\ &= 35.853.753,81 \text{ usd}\end{aligned}$$

SENARYO 2

$$\begin{aligned}\text{TOPLAM MALİYET} &= 21.541.883,92 + 124.533,00 + 14.056.325,65 + 0 + 0 \\ &= 35.722.742,57 \text{ usd}\end{aligned}$$

SENARYO 3

$$\begin{aligned}\text{TOPLAM MALİYET} &= 21.541.883,92 + 100.235,00 + 14.056.325,65 + 0 + 0 \\ &= 35.698.444,57 \text{ usd}\end{aligned}$$

SENARYO 4

$$\begin{aligned}\text{TOPLAM MALİYET} &= 21.541.883,92 + 94.557,00 + 14.056.325,65 + 0 + 26.125 \\ &= 35.718.891,57 \text{ usd}\end{aligned}$$

SENARYO 5

$$\begin{aligned}\text{TOPLAM MALİYET} &= 21.507.923,60 + 94.286,00 + 14.056.325,65 + 38.817,76 + 9.500 \\ &= 35.706.853,01 \text{ usd}\end{aligned}$$

SENARYO 6

$$\begin{aligned}\text{TOPLAM MALİYET} &= 21.507.923,60 + 92.381,00 + 14.056.325,65 + 38.817,76 + 9.500 \\ &= 35.704.948,01 \text{ usd}\end{aligned}$$

SENARYO 7

$$\begin{aligned}\text{TOPLAM MALİYET} &= 21.507.923,60 + 91.897,00 + 14.056.325,65 + 38.817,76 + 9.500 \\ &= 35.704.464,01 \text{ usd}\end{aligned}$$

SENARYO 8

$$\begin{aligned}\text{TOPLAM MALİYET} &= 21.329.534,00 + 89.107,00 + 14.056.325,65 + 235.017,76 + 21.375 \\ &= 35.495.341,65 \text{ usd}\end{aligned}$$

En düşük maliyete sahip olan Program 8'in, projenin başlangıç aşamasında Dalaman-Akköprü Barajı ve HES Projesi için en uygun program olduğu belirlenmiştir (EK.4).

Projenin bu güne kadar tamamlanan kısmı göz önüne alındığında, bundan sonraki programlamanın ne şekilde olabileceği (EK.5.)'de gösterilmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

MS Project yazılımı kullanılarak programlanan bir baraj ve hidroelektrik santral projesi için oluşturulan sekiz senaryodan en düşük maliyete sahip olanın bu proje için uygun senaryo olacağı belirlenmiştir. Senaryo sayısını arttırmak ve oluşturulan programı üretim süresince gözden geçirerek güncellemek mümkündür. Düşük maliyetin yanı sıra, seçilen senaryoda kaynakların dengeli kullanımı ve toplam bollukların en aza indirilmesi de hedeflenmiştir.

Risk ve belirsizliklerin yüksek olduğu inşaat projelerinde, PERT tekniğinin kullanılmasının daha gerçekçi sonuçlar vereceği görülmektedir. PERT tekniği kullanılarak elde edilen ve standart sapması büyük olan faaliyetlerin proje süresince kritik faaliyetler olarak düşünülmesi gerektiği ve bu faaliyetlere önem verilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

Rekabetin yoğun olarak yaşandığı inşaat sektöründe, ihaleye giriş aşamalarında yükleniciler tarafından yapılacak olan bu çalışmalar, düşük maliyetlerin elde edilmesi ve en düşük teklifin verilmesine olanak sağlar.

Aynı şekilde yatırımcılar tarafından da yapılabilecek olan bu çalışmalar gerçekçi ihale bedellerinin hesaplanmasına yardımcı olur ve yüklenicilerin yüksek kar elde ederek iş yapması engellenmiş olur.

KAYNAKLAR

1. Kodikara, G.W., “Contract Administration, 2nd ed.”, ***Society of Structural Engineers***, Sri Lanka, 3 (1995).
2. Turner, J.R. and Cochrane, R.A., “Goals and Methods Matrix”, ***International Journal of Project Management***, 11(2): 3 (1993).
3. Keskinel, F., “Şebeke Bazlı Bilgisayar Destekli Proje Yönetimi, 2. baskı”, ***Birsen Yayınevi***, İstanbul, 2, 6-7, 97, 64, 119, 227-231, 263-267 (2000).
4. Tatar, T., “Yatırımların Seçimi ve Değerlendirme Teknikleri, 1. baskı”, ***Gazi Kitabevi***, Ankara, 3, 14 (1993).
5. Yıldız, S., “Proje Yönetiminde Kaynak Dengelemesi ve Kazanılmış Değer Analizi: İnşaat Sektöründe Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, ***T.C. Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü***, Ankara, 20-23 (2001).
6. Barutçugil, İ., “İnşaat Sanayiinde Sevk ve İdare, 4. baskı”, ***Enka Vakfı Yayını***, İstanbul, 3 (1984).
7. Özışık, A.G., “Proje Yönetim Teknikleri, 1. baskı”, ***Birsen Yayınevi***, İstanbul, 42, 43-46, 7, 7, 51-56, 66, 77 (2000).
8. Slack, N., “Operations Management 4th ed.”, ***Prentice Hall***, London, 595, 596 (1998).
9. Heizer, J. and Render, B., “Operations Management 5thed.”, ***Prentice Hall International***, New Jersey, 625-626, 625-626, 624, 629 (1999).
10. Cleland, I.D. and Garies, R., “Global Project Management Handbook, 2nd ed.”, ***McGraw Hill International Editions***, 14 (1994).
11. Cleland, I.D. and King, R.W., “System Analysis and Project Management, 3rd ed.” ***McGraw Hill***, Singapore, 86-87, 92-93 (1983).
12. Top, A., “Üretim Sistemleri Analiz ve Planlaması, 3. baskı”, ***Alfa Basım Yayım***, İstanbul, 161 (1996).
13. Yamak, O., “Proje Yönetim Teknikleri”, ***Komputron Ltd.***, İstanbul, 96 (1998).
14. Busch, D.H., “The New Critical Path Metod, 3rd ed.” ***McGraw Hill International Editions***, Chicago, 12 (1991).

15. Heizer, J. and Render, B., "Operations Management, 2nd ed.", **Prentice Hall**, Massachusetts, 32 (1990).
16. Özsu, M.T., "Proje Planlama ve Denetim Teknikleri 1. baskı", **Türkiye Bilişim Derneği**, Ankara, 3, 15 (1986).
17. Levin, R.I. and Kirkpatrick, C.A., "Pert ve CPM ile Planlama ve Denetim, 2. baskı", **Ongun Kardeşler Matbaası**, Ankara, 22 (1973).
18. Barutçugil, İ., "Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri, 2. baskı", **Uludağ Üniversitesi Yayınları**, 45 (1989).
19. Öztürk, A., "Yöneylem Araştırması, 3. baskı", **Uludağ Üniversitesi Yayınları**, 169 (1984).
20. Gido, J., "An Introduction to Project Planning, 2nd ed.", **Industrial Press**, New York, 10 (1985).
21. Moder, J., Phillips, C.R. and Davis, E.D., "Project Management with CPM PERT and Precedence Diagramming, 3rd ed." **Van Nostrand Reinhold Company**, New York, 17 (1983).
22. Kerzner, H., "Project Management: A Systems Approach to Planning Scheduling and Controlling, 8th ed.", **John Wiley Publishing**, Canada, 106 (1998).
23. Willis, R.J., "Critical Path Analysis and Resource Constrained Project Scheduling-Theory and Practice", **European Journal of Operation Research Society**, 21: 149-155 (1985).
24. Buffa, E.S., "Production and Inventory Systems : Planning and Control, 6th ed.", **John Wiley Publishing**, Illinois (1979).
25. Davis, E.W., "Project Scheduling under Resource Constraints- Historical Review and Categorization of Procedures", **AIIE Transactions**, 5(3): 297-311 (1973).
26. Herroelen, W.S., "Resource Constrained Project Scheduling- The State of the Art", **Operations Resource Society**, 23(3): 261-273, 261-273 (1972).
27. Wiest, J.D. and Levy, F.K., "A Management Guide to PERT-CPM", **Prentice Hall**, New Delhi, 42 (1972).
28. Özden, M., "Proje Yönetimi Teknikleri ile Alt Sistem İş Programlarının Eşgüdümlü Planlanması", **Yöneylem Araştırması Dergisi**, 2(1): 16-25 (1983).

29. Gonguet, L., "Comparison of three Heuristic Procedures for Allocating Resources and Producing Schedule, Project Planning by Network Analysis", *North-Holland Publications*, Amsterdam, 112 (1969).
30. Pritsker, A.A.B., Watters, L.J. and Wolfe, P.M., "Multi-Project Scheduling with Limited Resources: A Zero-One Programming Approach", *Management Science*, 16(1): 93-108 (1969).
31. Mason, A.T. and Moodie, L., "A Branch and Bound Algorithm for Minimizing Cost in Project Scheduling", *Management Science*, 18(4): 158-173 (1971).
32. Balas, E., "Machine Sequencing via Disjunctive Graphs: An Implicit Enumeration Algorithm", *Carnegie-Mellon University*, Pittsburgh, Pennsylvania, 941-957 (1968).
33. Schrage, L., "Solving Resource Constrained Network Problems by Implicit Enumeration-Nonpreemptive Case", *Operations Research*, 18: 263-278 (1970).
34. Schrage, L., "Solving Resource Constrained Network Problems by Implicit Enumeration-Preemptive Case", *Operations Research*, 20: 668-677(1972).
35. Talbot, F.B. and Patterson, J.H., "An Efficient Integer Programming Algorithm with Network Cuts for Solving Resource Constrained Scheduling Problems", *Management Science*, 24(11): 1163-1174 (1978).
36. Dawis, E.W., "Project Network Summary Measures-Constrained Resource Scheduling", *AIIE Transactions*, 7(2): 132-142 (1975).
37. Panwalker, S.S. and Iskander, W., "A Survey of Scheduling Rules", *Operations Research*, 25(1): 45-61 (1977).
38. Plebani, L.J., "A Heuristic for Multiple Resource Constrained Scheduling", *Production and Inventory Management*, 22(1): 68-80 (1981).
39. Ulusoy, G. and Özdamar, L., "Heuristic Performance and Network Resource Characteristics in Resource Constrained Project Scheduling", *Journal of Operational Research Society*, 40(12): 1145-1152 (1989).
40. Bell, C.E. and Han, J., "A New Heuristic Solution Method in Resource Constrained Project Scheduling", *Naval Research Logistics*, 38: 315-331 (1991).
41. Holloway, C.A., Nelson, R.T. and Suraphongschai, V., "Comparison of a Multi-Pass Heuristic Decomposition Procedure with other Resource

- Constrained Project Scheduling Procedures”, *Management Science*, 25(9): 862-872 (1979).
42. Kelley, J., “Critical Path Planning and Scheduling: Mathematical Basis”, *Operations Research*, 9(3): 296-319 (1961).
 43. Wiest, J.D., “A Heuristic Model for Scheduling Large Projects with Limited Resources”, *Management Science*, 13(6): 359-377 (1967).
 44. Baker, K.R., “Introduction to Sequencing and Scheduling”, *John Wiley Publishing*, New York, 268-288 (1986).
 45. Elsayed, E. A. And Nasr, N.Z., “Heuristics for the Resource Constrained Scheduling”, *International Journal of Production Research*, 24(2): 299-310 (1986).
 46. Cooper, D.F., “Heuristics for Scheduling Resource Constrained Projects : An Experimental Investigation”, *Management Science*, 22(11): 1186-1194 (1976).
 47. Darel, E.M., Tur, Y., “A Multi-Resource Project Scheduling Algorithm”, *AIIE Transactions*, 9(1): 4-52 (1977).
 48. Darel, E.M., Tur, Y., “Resource Allocation of a Multi-Resource Project for Variable Resource Availabilities”, *AIIE Transactions*, 10(3): 299-306 (1978).
 49. Thesen, A., “Heuristic Scheduling of Activities Under Resource and Precedence Restrictions”, *Management Science*, 23(4): 412-422 (1976).
 50. Kurtuluş, I.S. and Dawis, E.W., “Multi-Project Scheduling Categorization of Heuristic Rules Performance”, *Management Science*, 28(2): 161-172 (1982).
 51. Davis, E.W., Patterson, J.H., “A Comparison of Heuristic and Optimum Solutions in Resource Constrained Project Scheduling”, *Management Science*, 24(8): 944-955 (1975).
 52. Russell, A., “Cash Flows in Networks”, *Management Science*, 16(5): 357-373 (1970).
 53. Grinold, R.C., “The Payment Scheduling Problem”, *Naval Research Logistics Quarterly*, 19(1): 123-136 (1972).
 54. Elmagraphy, S.E. and Herroelen, W.S., “The Scheduling of Activities to Maximize the Net Present Value of Projects”, *European Journal of Operational Research Society*, 49: 35-39 (1990).

55. Doersch, R.H. and Patterson, J.H., "Scheduling a Project to Maximize its Present Value : A Zero-One Programming Approach", *Management Science*, 23(6): 882-889 (1977).
56. Smith-Daniels, D.E., Aquilano, N.J., "Using a Late Start Resource Constrained Project Schedule to Improve Project Net Present Value", *Decision Sciences*, 18: 617-630 (1987).
57. Tavers, L.V., "Optimal Resource Profiles for Program Scheduling", *European Journal of Operation Research Society*, 29: 83-90 (1987).
58. Slowinski, R., "Multiobjective Network Scheduling with Efficient Use of Renewable and Nonrenewable Resources", *European Journal of Operation Research Society*, 5(8): 711-723 (1980).
59. Slowinski, R., "Two Approaches to Problems of Resource Allocation among the Project Activities : A Comparative Study", *Journal of Operation Research Society*, 31: 711 –723 (1980).
60. Afiesimama, B.T., "Aggregate Manpower Requirements for Strategic Project Planning", *Computers and Industrial Engineering*, 12(4): 249-262 (1987).
61. Smith-Daniels, D.E., "Optimal Project Scheduling with Materials Ordering", *IIE Transactions*, 19(12): 122-129 (1987).
62. Christophe, J., Malaize, M. and Evrard, Y., *Le Pert et la Construction*, 2nd ed.", *Travaux Publics*, Paris, 36 (1969).

EKLER

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
1		BAŞLA					
2		ŞANTIYE TESİSLERİ					
3	B.D.410	PREFABRİK YEMEKHANE	15	25	20	20,00	25,00
4	B.D.410	İŞÇİ VE FORMEN LOKALİ	20	30	25	25,00	20,00
5	B.D.410	İŞÇİ YATAKHANESİ	20	30	25	25,00	20,00
6	B.D.410	OFİS	20	30	25	25,00	20,00
7	B.D.410	TEKNİK İDARİ PERSONEL YATAKHANESİ	28	42	35	35,00	20,00
8	B.D.410	YÖNETİM BİNASI	28	42	35	35,00	20,00
9	B.D.410	MÜHENDİS LOKALİ	20	30	25	25,00	20,00
10	B.D.410	KONTROLLÜK BİNASI	24	36	30	30,00	20,00
11	B.D.410	ETÜT LABARATUARI	24	36	30	30,00	20,00
12	B.D.410	MALZEME LABARATUARI	28	42	35	35,00	20,00
13	B.D.410	REVİR BİNASI	25	35	30	30,00	16,67
14	B.D.410	SPOR TESİSLERİ	25	35	30	30,00	16,67
15	B.D.410	VOLEYBOL VE BASKETBOL SAHASI	12	18	15	15,00	20,00
16	B.D.410	BAKIM-TAMİR ATÖLYESİ	33	47	40	40,00	17,50
17	B.D.410	CEBRİ BORU ATÖLYESİ	38	52	45	45,00	15,56
18	B.D.410	AMBAR	43	57	50	50,00	14,00
19	B.D.410	MARANGOZHANE	30	40	35	35,00	14,29
20	B.D.410	DEPO SAHALARININ DÜZENLENMESİ	20	30	25	25,00	20,00
21	B.D.410	AKARYAKIT TESİSİ	22	28	25	25,00	12,00
22	B.D.410	ŞANTIYE SU DEPOSU	16	24	20	20,00	20,00
23	B.D.504	BARAJ VE HES TESİSLERİ AYDINLATMA TESİSATI MALZEMELERİNİN TEMİNİ	4	10	7	7,00	42,86
24	B.D.505	BARAJ VE HES TESİSLERİ AYDINLATMA TESİSATI ŞEBEKESİNİN YAPILMASI	5	9	7	7,00	28,57
25	B.D.510	TOPRAKLAMA TESİSATI YAPILMASI	3	5	4	4,00	25,00
26		DERİVASYON TÜNELİ VE DİPSAVAK					
27	B.15.301	BARAJLARDA BATAK VEYA KAYA ZEMİNLER HARİÇ HER CİNS ZEMİN KAZILMASI VE DEPOYA KONULMASI	22	38	30	30,00	26,67

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
28	B.15.306	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA ZEMİNLERİN KAZILMASI VE/VEYA DEPOYA KONULMASI	30	50	40	40,00	25,00
29	B.15.310	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI, DOLGU, VE/VEYA DEPOYA KONULMASI	32	48	40	40,00	20,00
30	B.16.582/1	AÇIKTA PÜSKÜRTME BETONU YAPILMASI	5	9	7	7,00	28,57
31	B-23.002	BARAJLARDA BETONARME DEMİRİ (YERLİ MALI Q14 VE DAHA BÜYÜK ÇAPLI)	12	18	15	15,00	20,00
32	B.32.D/4	KAYA BULONU TESİS EDİLMESİ	12	18	15	15,00	20,00
33	B.D.304	ANKRAJ VE KAYA BULONU DELİĞİ AÇILMASI	8	12	10	10,00	20,00
34	B-D.430	TEL KAFES YAPILMASI	16	24	20	20,00	20,00
35	B-21.015	HER CİNS DÜZ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	7	13	10	10,00	30,00
36	B.16.540	BETON DÖKÜLMESİ	8	12	10	10,00	20,00
37	B-32.101	TÜNEL VE GALERİ KAZILMASI, DOLGU VEYA DEPOYA KONULMASI	75	105	90	90,00	16,67
38	B-16.581/1	YER ALTINDA PÜSKÜRTME BETONU YAPILMASI	18	24	21	21,00	14,29
39	B.32.D/1	ÇELİK İKSA İŞLERİNİN YAPILMASI	10	14	12	12,00	16,67
40	B.32.D/4	KAYA BULONU TESİS EDİLMESİ	8	12	10	10,00	20,00
41	B.D.304	ANKRAJ VE KAYA BULONU DELİĞİ AÇILMASI	5	7	6	6,00	16,67
42	B-D.430	TEL KAFES YAPILMASI	12	16	14	14,00	14,29
43	B-18.501	PVC SU VE ENJEKSİYON TUTUCULARIN TEMİNİ VE YER ALTINDA VEYA AÇIKTA YAPILARDA YERİNE KONULMASI	8	12	10	10,00	20,00
44	B-18.451	DRENAJ YAPILMASI (15 CM ÇAPLI BORULARLA)	14	26	20	20,00	30,00
45	31-7836/1A4	TÜNELDE ENJEKSİYON DELİĞİ AÇILMASI	8	12	10	10,00	20,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimses Süre (gün)	Kötümses Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
46	B-21.D/1B	TÜNELDE HER CİNS DÜZ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	7	13	10	10,00	30,00
47	B-21.D/2B	TÜNELDE HER CİNS EĞRİ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	7	13	10	10,00	30,00
48	B.16.540	BETON DÖKÜLMESİ	15	25	20	20,00	25,00
49	B.23.255	GİRİŞ IZGARASI, HER TÜRLÜ DEMİR KAPAKLAR	16	24	20	20,00	20,00
50	B.23.302	KAPAK KALDIRMA TERTİBATI VE KUMANDA TEÇHİZATININ YAPILMASI VE YERİNE KONMASI	13	19	16	16,00	18,75
51	31-7843	KONTAK ENJEKSİYONU	4	10	7	7,00	42,86
52	B.23.D/4	CEBRİ BORULAR VE ÇELİK MESNETLERİ	110	130	120	120,00	8,33
53	B.23.D/3	DİPSAVAK VANALARI VE KUMANDA MEKANİZMASI	16	24	20	20,00	20,00
54		SOL SAHİL ENJEKSİYON GALERİSİ					
55	B.15.301	BARAJLARDA BATAK VEYA KAYA ZEMİNLER HARİÇ HER CİNS ZEMİN KAZILMASI VE DEPOYA KONULMASI	9	21	15	15,00	40,00
56	B.15.306	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA ZEMİNLERİN KAZILMASI VE/VEYA DEPOYA KONULMASI	14	26	20	20,00	30,00
57	B.15.310	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI, DOLGU, VE/VEYA DEPOYA KONULMASI	20	40	30	30,00	33,33
58	B.16.582/1	AÇIKTA PÜSKÜRTME BETONU YAPILMASI	4	6	5	5,00	20,00
59	B-23.002	BARAJLARDA BETONARME DEMİRİ (YERLİ MALİ Q14 VE DAHA BÜYÜK ÇAPLI)	11	19	15	15,00	26,67
60	B.32.D/4	KAYA BULONU TESİS EDİLMESİ	17	23	20	20,00	15,00
61	B.D.304	ANKRAJ VE KAYA BULONU DELİĞİ AÇILMASI	8	12	10	10,00	20,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
62	B-D.430	TEL KAFES YAPILMASI	17	23	20	20,00	15,00
63	B-21.015	HER CİNS DÜZ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	8	12	10	10,00	20,00
64	B-16.540	BETON DÖKÜLMESİ	4	6	5	5,00	20,00
65	B-32.101	TÜNEL VE GALERİ KAZILMASI, DOLGU VEYA DEPOYA KONULMASI	34	56	45	45,00	24,44
66	B-16.581/1	YER ALTINDA PÜSKÜRTME BETONU YAPILMASI	8	12	10	10,00	20,00
67	B.32.D/1	ÇELİK İKSA İŞLERİNİN YAPILMASI	13	17	15	15,00	13,33
68	B.32.D/4	KAYA BULONU TESİS EDİLMESİ	8	12	10	10,00	20,00
69	B.D.304	ANKRAJ VE KAYA BULONU DELİĞİ AÇILMASI	12	18	15	15,00	20,00
70	B-D.430	TEL KAFES YAPILMASI	17	23	20	20,00	15,00
71	B-18.501	PVC SU VE ENJEKSİYON TUTUCULARIN TEMİNİ VE YER ALTINDA VEYA AÇIKTA YAPILARDA YERİNE KONULMASI	8	12	10	10,00	20,00
72	B-18.451	DRENAJ YAPILMASI (15 CM ÇAPLI BORULARLA)	19	31	25	25,00	24,00
73	31-7836/1-4	TÜNELDE ENJEKSİYON DELİĞİ AÇILMASI	8	12	10	10,00	20,00
74	B-21.D/1/2	TÜNELDE HER CİNS DÜZ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	12	18	15	15,00	20,00
75	B-21.D/2/2	TÜNELDE HER CİNS EĞRİ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	21	29	25	25,00	16,00
76	B-16.540	BETON DÖKÜLMESİ	7	13	10	10,00	30,00
77	B.23.255	GİRİŞ IZGARASI, HER TÜRLÜ DEMİR KAPAKLAR	12	18	15	15,00	20,00
78	B.23.302	KAPAK KALDIRMA TERTİBATI VE KUMANDA TEÇHİZATININ YAPILMASI VE YERİNE KONMASI	8	12	10	10,00	20,00
79	31-7843	KONTAK ENJEKSİYONU	7	13	10	10,00	30,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
80		SAĞ SAHİL ENJEKSİYON GALERİSİ					
81	B.15.301	BARAJLARDA BATAK VEYA KAYA ZEMİNLER HARIÇ HER CİNS ZEMİN KAZILMASI VE DEPOYA KONULMASI	10	20	15	15,00	33,33
82	B.15.306	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA ZEMİNLERİN KAZILMASI VE/VEYA DEPOYA KONULMASI	13	27	20	20,00	35,00
83	B.15.310	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI, DOLGU, VE/VEYA DEPOYA KONULMASI	22	38	30	30,00	26,67
84	B.16.582/1	AÇIKTA PÜSKÜRTME BETONU YAPILMASI	4	6	5	5,00	20,00
85	B-23.002	BARAJLARDA BETONARME DEMİRİ (YERLİ MALİ Q14 VE DAHA BÜYÜK ÇAPLI) (İMALAT)	12	18	15	15,00	20,00
86	B.32.D/4	KAYA BULONU TESİS EDİLMESİ	17	23	20	20,00	15,00
87	B.D.304	ANKRAJ VE KAYA BULONU DELİĞİ AÇILMASI	8	12	10	10,00	20,00
88	B-D.430	TEL KAFES YAPILMASI	17	23	20	20,00	15,00
89	B-21.015	HER CİNS DÜZ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	7	13	10	10,00	30,00
90	B-16.540	BETON DÖKÜLMESİ	4	6	5	5,00	20,00
91	B-32.101	TÜNEL VE GALERİ KAZILMASI, DOLGU VEYA DEPOYA KONULMASI	38	52	45	45,00	15,56
92	B-16.581/1	YER ALTINDA PÜSKÜRTME BETONU YAPILMASI	8	12	10	10,00	20,00
93	B.32.D/1	ÇELİK İKSA İŞLERİNİN YAPILMASI	13	17	15	15,00	13,33
94	B.32.D/4	KAYA BULONU TESİS EDİLMESİ	8	12	10	10,00	20,00
95	B.D.304	ANKRAJ VE KAYA BULONU DELİĞİ AÇILMASI	12	18	15	15,00	20,00
96	B-D.430	TEL KAFES YAPILMASI	17	23	20	20,00	15,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
97	B-18.501	PVC SU VE ENJEKSİYON TUTUCULARIN TEMİNİ VE YER ALTINDA VEYA AÇIKTA YAPILARDA YERİNE KONULMASI	8	12	10	10,00	20,00
98	B-18.451	DRENAJ YAPILMASI (15 CM ÇAPLI BORULARLA)	19	31	25	25,00	24,00
99	31-7836/1-4	TÜNELDE ENJEKSİYON DELİĞİ AÇILMASI	8	12	10	10,00	20,00
100	B-21.D/1/2	TÜNELDE HER CİNS DÜZ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	12	18	15	15,00	20,00
101	B-21.D/2/2	TÜNELDE HER CİNS EĞRİ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	21	29	25	25,00	16,00
102	B-16.540	BETON DÖKÜLMESİ	7	13	10	10,00	30,00
103	B.23.255	GİRİŞ IZGARASI, HER TÜRLÜ DEMİR KAPAKLAR	13	17	15	15,00	13,33
104	B.23.302	KAPAK KALDIRMA TERTİBATI VE KUMANDA TEÇHİZATININ YAPILMASI VE YERİNE KONMASI	8	12	10	10,00	20,00
105	31-7843	KONTAK ENJEKSİYONU	7	13	10	10,00	30,00
106		SOL SAHİL ENJEKSİYON ULAŞIM GALERİSİ					
107	B.15.301	BARAJLARDA BATAK VEYA KAYA ZEMİNLER HARİÇ HER CİNS ZEMİN KAZILMASI VE DEPOYA KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
108	B.15.306	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA ZEMİNLERİN KAZILMASI VE/VEYA DEPOYA KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
109	B.15.310	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI, DOLGU, VE/VEYA DEPOYA KONULMASI	9	15	12	12,00	25,00
110	B.16.582/1	AÇIKTA PÜSKÜRTME BETONU YAPILMASI	2,5	3,5	3	3,00	16,67
111	B-23.002	BARAJLARDA BETONARME DEMİRİ (YERLİ MALİ Q14 VE DAHA BÜYÜK ÇAPLI)	6	8	7	7,00	14,29

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
		(İMALAT)					
112	B.32.D/4	KAYA BULONU TESİS EDİLMESİ	8	12	10	10,00	20,00
113	B.D.304	ANKRAJ VE KAYA BULONU DELİĞİ AÇILMASI	7	9	8	8,00	12,50
114	B-D.430	TEL KAFES YAPILMASI	6	8	7	7,00	14,29
115	B-21.015	HER CİNS DÜZ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	2	4	3	3,00	33,33
116	B-16.540	BETON DÖKÜLMESİ	2	4	3	3,00	33,33
117	B-32.101	TÜNEL VE GALERİ KAZILMASI, DOLGU VEYA DEPOYA KONULMASI	16	26	21	21,00	23,81
118	B-16.581/1	YER ALTINDA PÜSKÜRTME BETONU YAPILMASI	8	12	10	10,00	20,00
119	B.32.D/1	ÇELİK İKSA İŞLERİNİN YAPILMASI	17	23	20	20,00	15,00
120	B.32.D/4	KAYA BULONU TESİS EDİLMESİ	13	17	15	15,00	13,33
121	B.D.304	ANKRAJ VE KAYA BULONU DELİĞİ AÇILMASI	13	17	15	15,00	13,33
122	B-D.430	TEL KAFES YAPILMASI	8	12	10	10,00	20,00
123	B-18.501	PVC SU VE ENJEKSİYON TUTUCULARIN TEMİNİ VE YER ALTINDA VEYA AÇIKTA YAPILARDA YERİNE KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
124	B-18.451	DRENAJ YAPILMASI (15 CM ÇAPLI BORULARLA)	10	20	15	15,00	33,33
125	31-7836/1-4	TÜNELDE ENJEKSİYON DELİĞİ AÇILMASI	5	7	6	6,00	16,67
126	B-21.D/1/2	TÜNELDE HER CİNS DÜZ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	8	12	10	10,00	20,00
127	B-21.D/2/2	TÜNELDE HER CİNS EĞRİ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	9	15	12	12,00	25,00
128	B-16.540	BETON DÖKÜLMESİ	8	12	10	10,00	20,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
129	B.23.255	GİRİŞ IZGARASI, HER TÜRLÜ DEMİR KAPAKLAR	6	8	7	7,00	14,29
130	B.23.302	KAPAK KALDIRMA TERTİBATI VE KUMANDA TEÇHİZATININ YAPILMASI VE YERİNE KONMASI	6	8	7	7,00	14,29
131	31-7843	KONTAK ENJEKSİYONU	3,5	6,5	5	5,00	30,00
132		SAĞ SAHİL ENJEKSİYON ULAŞIM GALERİSİ					
133	B.15.301	BARAJLARDA BATAK VEYA KAYA ZEMİNLER HARİÇ HER CİNS ZEMİN KAZILMASI VE DEPOYA KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
134	B.15.306	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA ZEMİNLERİN KAZILMASI VE/VEYA DEPOYA KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
135	B.15.310	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI, DOLGU, VE/VEYA DEPOYA KONULMASI	9	15	12	12,00	25,00
136	B.16.582/1	AÇIKTA PÜSKÜRTME BETONU YAPILMASI	2,5	3,5	3	3,00	16,67
137	B-23.002	BARAJLARDA BETONARME DEMİRİ (YERLİ MALI Q14 VE DAHA BÜYÜK ÇAPLI)	6	8	7	7,00	14,29
138	B.32.D/4	KAYA BULONU TESİS EDİLMESİ	8	12	10	10,00	20,00
139	B.D.304	ANKRAJ VE KAYA BULONU DELİĞİ AÇILMASI	7	9	8	8,00	12,50
140	B-D.430	TEL KAFES YAPILMASI	6	8	7	7,00	14,29
141	B-21.015	HER CİNS DÜZ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	2	4	3	3,00	33,33
142		BETON DÖKÜLMESİ	2	4	3	3,00	33,33
143	B-32.101	TÜNEL VE GALERİ KAZILMASI, DOLGU VEYA DEPOYA KONULMASI	16	26	21	21,00	23,81
144	B-16.581/1	YER ALTINDA PÜSKÜRTME BETONU YAPILMASI	8	12	10	10,00	20,00
145	B-32.D/1	ÇELİK İKSA İŞLERİNİN YAPILMASI	17	23	20	20,00	15,00
146	B-32.D/4	KAYA BULONU TESİS EDİLMESİ	13	17	15	15,00	13,33

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
147	B-D.304	ANKRAJ VE KAYA BULONU DELİĞİ AÇILMASI	13	17	15	15,00	13,33
148	B-D.430	TEL KAFES YAPILMASI	8	12	10	10,00	20,00
149	B-18.501	PVC SU VE ENJEKSİYON TUTUCULARIN TEMİNİ VE YER ALTINDA VEYA AÇIKTA YAPILARDA YERİNE KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
150	B-18.451	DRENAJ YAPILMASI (15 CM ÇAPLI BORULARLA)	12	18	15	15,00	20,00
151	31-7836/1-4	TÜNELDE ENJEKSİYON DELİĞİ AÇILMASI	5	7	6	6,00	16,67
152	B-21.D/1/2	TÜNELDE HER CİNS DÜZ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	8	12	10	10,00	20,00
153	B-21.D/2/2	TÜNELDE HER CİNS EĞRİ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	10	14	12	12,00	16,67
154	B-16.540	BETON DÖKÜLMESİ	8	12	10	10,00	20,00
155	B.23.255	GİRİŞ IZGARASI, HER TÜRLÜ DEMİR KAPAKLAR	6	8	7	7,00	14,29
156	B.23.302	KAPAK KALDIRMA TERTİBATI VE KUMANDA TEÇHİZATININ YAPILMASI VE YERİNE KONMASI	6	8	7	7,00	14,29
157	31-7843	KONTAK ENJEKSİYONU	3,5	6,5	5	5,00	30,00
158		ENERJİ TÜNELİ VE HES TESİSLERİ					
159	B-15.306	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA ZEMİNLERİN KAZILMASI VE/VEYA DEPOYA KONULMASI	23	37	30	30,00	23,33
160	B-15.310	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI, DOLGU, VE/VEYA DEPOYA KONULMASI	32	48	40	40,00	20,00
161	B-16.582/1	AÇIKTA PÜSKÜRTME BETONU YAPILMASI	13	17	15	15,00	13,33
162	B-23.002	BARAJLARDA BETONARME DEMİRİ (YERLİ MALI Q14 VE DAHA BÜYÜK ÇAPLI)	22	28	25	25,00	12,00
163	B.32.D/4	KAYA BULONU TESİS	8	12	10	10,00	20,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
		EDİLMESİ					
164	B.D.304	ANKRAJ VE KAYA BULONU DELİĞİ AÇILMASI	22	28	25	25,00	12,00
165	B-D.430	TEL KAFES YAPILMASI	22	28	25	25,00	12,00
166	B-21.015	HER CİNS DÜZ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	31	39	35	35,00	11,43
167	B-16.540	BETON DÖKÜLMESİ	12	18	15	15,00	20,00
168	B-32.101	TÜNEL VE GALERİ KAZILMASI, DOLGU VEYA DEPOYA KONULMASI	170	202	186	186,00	8,60
169	B-16.581/1	YER ALTINDA PÜSKÜRTME BETONU YAPILMASI	29	37	33	33,00	12,12
170	B.32.D/1	ÇELİK İKSA İŞLERİNİN YAPILMASI	20	26	23	23,00	13,04
171	B.32.D/4	KAYA BULONU TESİS EDİLMESİ	24	30	27	27,00	11,11
172	B.D.304	ANKRAJ VE KAYA BULONU DELİĞİ AÇILMASI	31	41	36	36,00	13,89
173	B-D.430	TEL KAFES YAPILMASI	35	43	39	39,00	10,26
174	B-18.501	PVC SU VE ENJEKSİYON TUTUCULARIN TEMİNİ VE YER ALTINDA VEYA AÇIKTA YAPILARDA YERİNE KONULMASI	30	36	33	33,00	9,09
175	B-18.451	DRENAJ YAPILMASI (15 CM ÇAPLI BORULARLA)	30	42	36	36,00	16,67
176	31-7836/1-4	TÜNELDE ENJEKSİYON DELİĞİ AÇILMASI	30	36	33	33,00	9,09
177	B-21.D/1/2	TÜNELDE HER CİNS DÜZ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	32	40	36	36,00	11,11
178	B-21.D/2/2	TÜNELDE HER CİNS EĞRİ YÜZEYLİ BETON VE BETONARME BETONU KALIBI YAPILMASI (F2 CİNSİ)	8	12	10	10,00	20,00
179	B-16.540	BETON DÖKÜLMESİ	32	40	36	36,00	11,11
180		ENJEKSİYON	10	18	14	14,00	28,57
181	B.23.255	GİRİŞ IZGARASI, HER TÜRLÜ DEMİR KAPAKLAR	22	28	25	25,00	12,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
182	B.23.302	KAPAK KALDIRMA TERTİBATI VE KUMANDA TEÇHİZATININ YAPILMASI VE YERİNE KONMASI	22	28	25	25,00	12,00
183	B.23.D/4	CEBRİ BORULAR VE MESNETLERİ	100	140	120	120,00	16,67
184	B.23.D/4-A	AÇIKTAKİ CEBRİ BORULAR VE MESNETLERİ	210	270	240	240,00	12,50
185	B.15.310	KAYA KAZILMASI	33	47	40	40,00	17,50
186	B.23.002	KALIN BETONARME DEMİRİ	12	18	15	15,00	20,00
187	B.21.015	F2 CİNSİ DÜZ KALIP	21	29	25	25,00	16,00
188	B.21.024	F2 CİNSİ EĞRİ KALIP	8	12	10	10,00	20,00
189	B.16.578/1	BETONARME BETONU	12	18	15	15,00	20,00
190	B-D.410	SANTRAL BİNASI İNŞAATI	130	170	150	150,00	13,33
191	B-23.D/5	SANTRAL BOŞALTMA BORULARI	6	10	8	8,00	25,00
192	B-23.D/6	SANTRAL SU BOŞALTMA SİSTEMİNİN TEMİNİ VE YERİNE MONTE EDİLMESİ	17	23	20	20,00	15,00
193	B-23.D/8	SANTRAL GEZER VİNCİN İMALİ VE YERİNE KOMASI	17	23	20	20,00	15,00
194	B-23.D/9	ŞALT SAHASI VE KABLO KANALI ÇELİK YAPILARININ İMALİ VE YERİNE KONMASI	35	45	40	40,00	12,50
195	B-D.501	SANTRAL VE KONTROL BİNALARI SİHHİ TESİSAT MALZEMELERİNİN TEMİN EDİLMESİ	7	13	10	10,00	30,00
196	B-D.502	SANTRAL VE KONTROL BİNALARI SİHHİ TESİSAT ŞEBEKESİNİN YAPILMASI	8	12	10	10,00	20,00
197	B-D.503	SANTRAL VE KONTROL BİNALARI ISITMA, HAVALANDIRMA VE KLİMA TESİSATI YAPILMASI	13	17	15	15,00	13,33
198	B.D.504	BARAJ VE HES TESİSLERİ AYDINLATMA TESİSATI MALZEMELERİNİN TEMİNİ	3	7	5	5,00	40,00
199	B.D.505	BARAJ VE HES TESİSLERİ AYDINLATMA TESİSATI ŞEBEKESİNİN YAPILMASI	3	7	5	5,00	40,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
200	B-D.506	TELEFON VE SAAT TESİSATI YAPILMASI	3	7	5	5,00	40,00
201	B.D.510	TOPRAKLAMA TESİSATI YAPILMASI	0,5	1,5	1	1,00	50,00
202		SULAMA KANALI KAZISI	175	225	200	200,00	12,50
203		BARAJ GÖVDESİ VE BATARDOLAR					
204	B-15.301	BARAJLARDA BATAK VEYA KAYA ZEMİNLER HARİÇ HER CİNS ZEMİN KAZILMASI VE DEPOYA KONULMASI	155	205	180	180,00	13,89
205	B-15.306	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA ZEMİNLERİN KAZILMASI VE/VEYA DEPOYA KONULMASI	100	140	120	120,00	16,67
206	B-15.310	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI, DOLGU, VE/VEYA DEPOYA KONULMASI	155	205	180	180,00	13,89
207	B-15.326	BARAJLARDA KAYA OLMAYAN ZEMİNDE KAPLAMA BETONU ALTI HAZIRLANMASI	26	34	30	30,00	13,33
208	B-15.327	BARAJLARDA HER ÇEŞİT KAYALIK ZEMİNDE KAPLAMA BETONU ALTI HAZIRLANMASI	18	22	20	20,00	10,00
209		ENJEKSİYON	12	18	15	15,00	20,00
210	B-15.312	BARAJLARDA OCAK VE/VEYA ARİYET SAHALARINDA KAYA KAZILMASI VE DOLGU, SEDDE VEYA BARAJ DOLGUSUNDA KULLANILMASI (MEMBA BATARDOSU KAYA DOLGUSU)	82	98	90	90,00	8,89
211	B-15.323	BARAJLARDA KAYA DOLGUNUN TAZYİKLİ SU İLE YIKANMASI	18	22	20	20,00	10,00
212	B-15.052/B	BARAJLARDA TİTREŞİMLİ SİLİNDİRLE SEDDE, DOLGU VEYA BARAJ DOLGUSUNUN SIKIŞTIRILMASI (15 TON)	27	33	30	30,00	10,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
213	B-15.302	BARAJLARDA OCAK VE/VEYA MALZEME ARİYET SAHALARINDA KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ HER CİNS VE KLASTAKİ ZEMİNLERİN KAZILMASI VE DOLGU, SEDDE VE BARAJ DOLGUSUNA KONULMASI (MEMBA BATARDOSU KİL DOLGU)	140	160	150	150,00	6,67
214	B-15.322	BARAJLARDA SEDDE, DOLGU VEYA BARAJ DOLGUSUNUN SULANMASI (KAYA DOLGU VE KEÇİAYAĞI İLE SIKIŞTIRILANLAR HARİCİ)	23	27	25	25,00	8,00
215	B-15.052/B	BARAJLARDA TİTREŞİMLİ SİLİNDİRLE SEDDE, DOLGU VEYA BARAJ DOLGUSUNUN SIKIŞTIRILMASI (15 TON)	37	43	40	40,00	7,50
216	B-15.343	BARAJLARDA ELENMİŞ FİLTRE MALZEMESİ KONULMASI (MEMBA BATARDOSU)	46	54	50	50,00	8,00
217	B.15.344	BARAJLARDA FİLTRE MALZEMESİ YIKANMASI	4	6	5	5,00	20,00
218	B-15.052/B	BARAJLARDA TİTREŞİMLİ SİLİNDİRLE SEDDE, DOLGU VEYA BARAJ DOLGUSUNUN SIKIŞTIRILMASI (15 TON)	8	12	10	10,00	20,00
219		PERDE ENJEKSİYONU	21	29	25	25,00	16,00
220	B-15.312	BARAJLARDA OCAK VE/VEYA ARİYET SAHALARINDA KAYA KAZILMASI VE DOLGU, SEDDE VEYA BARAJ DOLGUSUNDA KULLANILMASI (MANSAP BATARDOSU KAYA DOLGUSU)	70	80	75	75,00	6,67
221	B-15.323	BARAJLARDA KAYA DOLGUNUN TAZYİKLİ SU İLE YIKANMASI	4	6	5	5,00	20,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
222	B-15.052/B	BARAJLARDA TİTREŞİMLİ SİLİNDİRLE SEDDE, DOLGU VEYA BARAJ DOLGUSUNUN SIKIŞTIRILMASI (15 TON)	8	12	10	10,00	20,00
223	B-15.302	BARAJLARDA OCAK VE/VEYA MALZEME ARİYET SAHALARINDA KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ HER CİNS VE KLASTAKİ ZEMİNLERİN KAZILMASI VE DOLGU, SEDDE VE BARAJ DOLGUSUNA KONULMASI (MANSAP BATARDOSU KİL DOLGU)	55	65	60	60,00	8,33
224	B-15.322	BARAJLARDA SEDDE, DOLGU VEYA BARAJ DOLGUSUNUN SULANMASI (KAYA DOLGU VE KEÇİAYAĞI İLE SIKIŞTIRILANLAR HARİCİNDE)	4	6	5	5,00	20,00
225	B-15.052/B	BARAJLARDA TİTREŞİMLİ SİLİNDİRLE SEDDE, DOLGU VEYA BARAJ DOLGUSUNUN SIKIŞTIRILMASI (15 TON)	8	12	10	10,00	20,00
226	B-15.343	BARAJLARDA ELENMİŞ FİLTRE MALZEMESİ KONULMASI (MANSAP BATARDOSU)	45	55	50	50,00	10,00
227	B.15.344	BARAJLARDA FİLTRE MALZEMESİ YIKANMASI	4	6	5	5,00	20,00
228	B-15.052/B	BARAJLARDA TİTREŞİMLİ SİLİNDİRLE SEDDE, DOLGU VEYA BARAJ DOLGUSUNUN SIKIŞTIRILMASI (15 TON)	8	12	10	10,00	20,00
229	B-15.312	BARAJLARDA OCAK VE/VEYA ARİYET SAHALARINDA KAYA KAZILMASI VE DOLGU, SEDDE VEYA BARAJ DOLGUSUNDA KULLANILMASI (GÖVDE KAYA DOLGUSU)	695	745	720	720,00	3,47
230	B-15.323	BARAJLARDA KAYA DOLGUNUN TAZYİKLİ SU	55	65	60	60,00	8,33

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
		İLE YIKANMASI					
231	B-15.052/B	BARAJLARDA TİTREŞİMLİ SİLİNDİRLE SEDDE, DOLGU VEYA BARAJ DOLGUSUNUN SIKIŞTIRILMASI (15 TON)	92	108	100	100,00	8,00
232	B-15.302	BARAJLARDA OCAK VE/VEYA MALZEME ARİYET SAHALARINDA KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ HER CİNS VE KLASTAKİ ZEMİNLERİN KAZILMASI VE DOLGU, SEDDE VE BARAJ DOLGUSUNA KONULMASI (GÖVDE KİL DOLGU)	420	460	440	440,00	4,55
233	B-15.322	BARAJLARDA SEDDE, DOLGU VEYA BARAJ DOLGUSUNUN SULANMASI (KAYA DOLGU VE KEÇİAYAĞI İLE SIKIŞTIRILANLAR HARİCİNDE)	18	22	20	20,00	10,00
234	B-15.052/B	BARAJLARDA TİTREŞİMLİ SİLİNDİRLE SEDDE, DOLGU VEYA BARAJ DOLGUSUNUN SIKIŞTIRILMASI (15 TON)	45	55	50	50,00	10,00
235	B-15.343	BARAJLARDA ELENMİŞ FİLTRE MALZEMESİ KONULMASI	180	220	200	200,00	10,00
236	B.15.344	BARAJLARDA FİLTRE MALZEMESİ YIKANMASI	8	12	10	10,00	20,00
237	B-15.052/B	BARAJLARDA TİTREŞİMLİ SİLİNDİRLE SEDDE, DOLGU VEYA BARAJ DOLGUSUNUN SIKIŞTIRILMASI (15 TON)	27	33	30	30,00	10,00
238	B-15.312	BARAJLARDA OCAK VE/VEYA ARİYET SAHALARINDA KAYA KAZILMASI VE DOLGU, SEDDE VEYA BARAJ DOLGUSUNDA KULLANILMASI (KAPATMA KAYA DOLGUSU)	340	380	360	360,00	5,56

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimses Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
239	B-15.323	BARAJLARDA KAYA DOLGUNUN TAZYİKLİ SU İLE YIKANMASI	18	22	20	20,00	10,00
240	B-15.052/B	BARAJLARDA TİTREŞİMLİ SİLİNDİRLE SEDDE, DOLGU VEYA BARAJ DOLGUSUNUN SIKIŞTIRILMASI (15 TON)	46	54	50	50,00	8,00
241	B-15.302	BARAJLARDA OCAK VE/VEYA MALZEME ARİYET SAHALARINDA KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ HER CİNS VE KLASTAKİ ZEMİNLERİN KAZILMASI VE DOLGU, SEDDE VE BARAJ DOLGUSUNA KONULMASI (KAPATMA KİL DOLGU)	200	240	220	220,00	9,09
242	B-15.322	BARAJLARDA SEDDE, DOLGU VEYA BARAJ DOLGUSUNUN SULANMASI (KAYA DOLGU VE KEÇİAYAĞI İLE SIKIŞTIRILANLAR HARİCİNDE)	8	12	10	10,00	20,00
243	B-15.052/B	BARAJLARDA TİTREŞİMLİ SİLİNDİRLE SEDDE, DOLGU VEYA BARAJ DOLGUSUNUN SIKIŞTIRILMASI (15 TON)	27	33	30	30,00	10,00
244	B-15.343	BARAJLARDA ELENMİŞ FİLTRE MALZEMESİ KONULMASI (KAPATMA FİLTRE DOLGUSU)	138	162	150	150,00	8,00
245	B.15.344	BARAJLARDA FİLTRE MALZEMESİ YIKANMASI	8	12	10	10,00	20,00
246	B-15.052/B	BARAJLARDA TİTREŞİMLİ SİLİNDİRLE SEDDE, DOLGU VEYA BARAJ DOLGUSUNUN SIKIŞTIRILMASI (15 TON)	23	27	25	25,00	8,00
247		DOLUSAVAK					
248	B.15.310	KAYA KAZILMASI	175	225	200	200,00	12,50
249	B.15.327	KAPLAMA BETONU ALTI HAZIRLANMASI	17	23	20	20,00	15,00
250	B-18.451	DRENAJ YAPILMASI (15 CM ÇAPLI BORULARLA)	16	24	20	20,00	20,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
251	B.18.501	LASTİK SU VE ENJEKSİYON TUTUCULARIN TEMİNİ VE YERİNE KONMASI	13	17	15	15,00	13,33
252	B.D.304	ANKRAJ DELİĞİ AÇILMASI	18	22	20	20,00	10,00
253	B.D.305	ANKRAJ DEMİRİ KONULMASI	23	27	25	25,00	8,00
254	B.21.015	F2 CİNSİ DÜZ KALIP	35	45	40	40,00	12,50
255	B.21.024	F2 CİNSİ EĞRİ KALIP	8	12	10	10,00	20,00
256		BETON	17	23	20	20,00	15,00
257	B-D.309	DUVAR ARKA VE ÜSTLERİNİN KUM VEYA ÇAKILLA DOLDURULMASI	39	51	45	45,00	13,33
258	B.21.053	KALIP İSKELESİ (7-15 M AÇIKLIK)	18	22	20	20,00	10,00
259	B.23.255	BATARDO KAPAKLARI	45	55	50	50,00	10,00
260	B.23.255/A	RADYAL KAPAKLAR	41	49	45	45,00	8,89
261	B.23.302	KAPAK KALDIRMA VE KUMANDA TEÇHİZATI	18	22	20	20,00	10,00
262	B.23.176	BASİT DEMİR İŞLERİ	13	17	15	15,00	13,33
263		DİĞER KAZILAR				0,00	
264	B-15.308	BARAJLARDA OCAK VE/VEYA MALZEME ARİYET SAHALARINDA YUMUŞAK KAYA KAZILMASI VE DOLGU, SEDDE, VEYA BARAJ DOLGUSUNA KONULMASI	35	55	45	45,00	22,22
265	B-15.302	BARAJLARDA OCAK VE/VEYA MALZEME ARİYET SAHALARINDA KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ HER CİNS VE KLASTAKİ ZEMİNLERİN KAZILMASI VE DOLGU, SEDDE VE BARAJ DOLGUSUNA KONULMASI	39	61	50	50,00	22,00
266	B-15.312	BARAJLARDA OCAK VE/VEYA ARİYET SAHALARINDA KAYA KAZILMASI VE DOLGU, SEDDE VEYA BARAJ DOLGUSUNDA KULLANILMASI	22	38	30	30,00	26,67
267		YOLLAR					
268	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Mansap batardosu ve HES Binası Ulaşım Yolu)	53	67	60	60,00	11,67

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
269	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
270	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	20	30	25	25,00	20,00
271	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	16	24	20	20,00	20,00
272	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	34	46	40	40,00	15,00
273	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Memba Batardosu ulaşım yolu)	53	67	60	60,00	11,67
274	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
275	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	20	30	25	25,00	20,00
276	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	16	24	20	20,00	20,00
277	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	34	46	40	40,00	15,00
278	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Sağ-Sahil- baraj aksı ulaşım yolu)	105	135	120	120,00	12,50
279	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	15	25	20	20,00	25,00
280	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	44	56	50	50,00	12,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
281	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	34	46	40	40,00	15,00
282	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	72	88	80	80,00	10,00
283	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Sağ Sahil Ulaşım yolu)	53	67	60	60,00	11,67
284	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
285	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	20	30	25	25,00	20,00
286	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	16	24	20	20,00	20,00
287	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	34	46	40	40,00	15,00
288	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Enerji Tüneli Çıkışı Yaklaşım Yolu)	16	24	20	20,00	20,00
289	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	3	5	4	4,00	25,00
290	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	7	11	9	9,00	22,22
291	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	6	8	7	7,00	14,29
292	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	12	16	14	14,00	14,29

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
293	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Derivasyon Tünelleri Giriş-Çıkış Ulaşım Yolu)	48	62	55	55,00	12,73
294	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	7	11	9	9,00	22,22
295	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	19	27	23	23,00	17,39
296	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	15	21	18	18,00	16,67
297	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	32	40	36	36,00	11,11
298	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Dolusavak yaklaşım kanalı yolu)	42	54	48	48,00	12,50
299	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	6	10	8	8,00	25,00
300	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	17	23	20	20,00	15,00
301	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	12	20	16	16,00	25,00
302	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	28	36	32	32,00	12,50
303	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Sağ Sahil Depo Sahası Yolu -1)	18	22	20	20,00	10,00
304	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE	3	5	4	4,00	25,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
		YOLDA DOLGUYA KONULMASI					
305	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	8	10	9	9,00	11,11
306	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	5,5	8,5	7	7,00	21,43
307	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	11	17	14	14,00	21,43
308	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Dolusavak Sol Sahil Depo Sahası Ulaşım Yolu)	53	67	60	60,00	11,67
309	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
310	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	20	30	25	25,00	20,00
311	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	16	24	20	20,00	20,00
312	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	34	46	40	40,00	15,00
313	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Kaya Ocağı Gövde arası kaya taşıma yolu)	53	67	60	60,00	11,67
314	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
315	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	20	30	25	25,00	20,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
316	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	16	24	20	20,00	20,00
317	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	34	46	40	40,00	15,00
318	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Sağ Sahil Enjeksiyon Galerisi Ulaşım Yolu)	33	39	36	36,00	8,33
319	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	4,5	7,5	6	6,00	25,00
320	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	13	17	15	15,00	13,33
321	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	9	15	12	12,00	25,00
322	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	20	28	24	24,00	16,67
323	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Sol Sahil enjeksiyon Galerisi Ulaşım Yolu)	10	14	12	12,00	16,67
324	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	1,5	2,5	2	2,00	25,00
325	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	4	6	5	5,00	20,00
326	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	3	5	4	4,00	25,00
327	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	7	9	8	8,00	12,50

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
328	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Kaya Ocağı U.Y. -Memba batardosu bağlantı yolu)	28	32	30	30,00	6,67
329	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	4	6	5	5,00	20,00
330	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	11	15	13	13,00	15,38
331	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	8	12	10	10,00	20,00
332	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	17	23	20	20,00	15,00
333	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Sol Sahil Kil Ocağı Ulaşım Yolu- Mansap Batardosu Bağlantı yolu)	10	14	12	12,00	16,67
334	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	1,5	2,5	2	2,00	25,00
335	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	4	6	5	5,00	20,00
336	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	3	5	4	4,00	25,00
337	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	7	9	8	8,00	12,50
338	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (D-Kil Ocağı-Sağ Sahil Ulaşım Yolu Bağlantı Yolu)	53	67	60	60,00	11,67

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
339	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
340	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	20	30	25	25,00	20,00
341	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	16	24	20	20,00	20,00
342	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	34	46	40	40,00	15,00
343	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI Sol Sahil Kil Ocakları Ulaşım yolu	53	67	60	60,00	11,67
344	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
345	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	20	30	25	25,00	20,00
346	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	16	24	20	20,00	20,00
347	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	34	46	40	40,00	15,00
348	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Sol Sahil Kil Ocakları U.Y.-Zopkara köyü bağlantı Yolu)	53	67	60	60,00	11,67
349	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
350	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK	20	30	25	25,00	20,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
		AÇILMASI					
351	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	16	24	20	20,00	20,00
352	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	34	46	40	40,00	15,00
353	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Dolusavak palyesine ulaşım yolu)	53	67	60	60,00	11,67
354	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
355	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	20	30	25	25,00	20,00
356	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	16	24	20	20,00	20,00
357	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	34	46	40	40,00	15,00
358	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Gölcük köyü yolu bağlantısı)	6	8	7	7,00	14,29
359	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	1,5	2,5	2	2,00	25,00
360	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	3	5	4	4,00	25,00
361	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	2	4	3	3,00	33,33
362	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	4	6	5	5,00	20,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
363	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Akköprü köyü bağlantı yolu)	33	39	36	36,00	8,33
364	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	6	8	7	7,00	14,29
365	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	13	17	15	15,00	13,33
366	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	9	15	12	12,00	25,00
367	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	22	28	25	25,00	12,00
368	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (142 m Enerji tüneli çıkışı- Sağ sahil enjeksiyon galerisi ulaşım galerisi bağlantı yolu)	6	8	7	7,00	14,29
369	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	1,5	2,5	2	2,00	25,00
370	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	2,5	3,5	3	3,00	16,67
371	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	2,5	3,5	3	3,00	16,67
372	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	4	6	5	5,00	20,00
373	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (Muğla-Fethiye karayolu ile sağ sahil ulaşım yolu bağlantısı)	53	67	60	60,00	11,67

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
374	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
375	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	20	30	25	25,00	20,00
376	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	16	24	20	20,00	20,00
377	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	34	46	40	40,00	15,00
378	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (12236 m Baraj kreti-kavacık köyü-gölcük köyü irtibat yolu)	53	67	60	60,00	11,67
379	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00
380	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	20	30	25	25,00	20,00
381	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	16	24	20	20,00	20,00
382	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	34	46	40	40,00	15,00
383	B-15.044	HER NEVİ ZEMİNDE TESVİYE VE İNCE REGLAJ YAPILMASI (6866 m Kaya Ocağı-doğantaşdibi-Elcik köyü irtibat yolu)	53	67	60	60,00	11,67
384	B-15.304	BARAJLARDA (KAYA VE BATAK ZEMİNLER HARİÇ) HER CİNS VE KLASTA ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	7	13	10	10,00	30,00

Çizelge EK.1. Faaliyetlerin tanımları ve zaman tahminleri (Devam)

No	Faliyet Kodu	Faaliyet Adı	İyimser Süre (gün)	Kötümser Süre (gün)	Olası Süre (gün)	Beklenen Zamanı (gün)	Standart Sapma %
385	B-15.305	HER CİNS VE ZEMİNDE YOL ALTINDA SANDIK AÇILMASI	20	30	25	25,00	20,00
386	B-15.309	BARAJLARDA YUMUŞAK KAYA VE BATAK ZEMİN KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	16	24	20	20,00	20,00
387	B-15.313	BARAJLARDA KAYA KAZILMASI VE YOLDA DOLGUYA KONULMASI	34	46	40	40,00	15,00
388		BİTİŞ					

EK-2. Alternatif programların tablo ile gösterimi

Çizelge 3.5. Kaynak kısıtlı, gecikmeli program

		Başlama Tarihi	Bitiş Tarihi	Zaman Kısıtına göre Bitiş Tarihi (Gerçekleşen)	Zaman Kısıtına göre Bitiş Tarihi (İstenen)	Zaman Kısıtı	Gecikme (gün)	Gecikme Cezası (İhale Bedelinin)	Maliyet (USD)	Açıklama
4	Senaryo 4	20.12.1995	21.08.2000	21.08.2000	22.11.2000	1800 gün	—			
4.1	Şantiye Tesisleri	20.12.1995	28.03.1996	28.03.1996	18.03.1996	90 gün	10	0,00001	930.581,28	
4.2	Derivasyon Tüneli ve Dipsavak	29.03.1996	04.08.2000	09.10.1996	04.10.1996	290 gün (Derivasyon tünelinin derivasyonu mümkün kılacak şekilde tamamlanması)	5	0,00001	351.608,64	
4.3	Sol Sahil Enjeksiyon Galerisi	10.10.1996	08.03.1997	08.03.1997	—	—	—	—	207.695,60	
4.4	Sağ Sahil Enjeksiyon Galerisi	12.03.1997	25.08.1997	25.08.1997	—	—	—	—	196.690,80	
4.5	Sol Sahil Enjeksiyon Ulaşım Galerisi	29.08.1997	19.11.1997	19.11.1997	—	—	—	—	126.048,08	
4.6	Sağ Sahil Enjeksiyon Ulaşım Galerisi	23.11.1997	13.02.1998	13.02.1998	—	—	—	—	123.334,48	
4.7	Enerji Tüneli ve HES Tesisleri	14.02.1998	21.08.2000	07.12.1999	18.11.1999	1430 gün (Santral Binasının tamamlanması)	20	0,00002	1.295.909,28	
4.8	Baraj Gövdesi ve Batardolar	10.10.1996	15.07.2000	15.07.2000	24.08.2000	1710 gün (Tesislerin su tutmaya hazır hale getirilmesi)	—	0,00002	15.259.400,48	
4.9	Dolusavak	22.07.1997	05.08.1998	05.08.1998	—	—	—	—	1.071.576,80	
4.10	Diğer Kazılar	24.03.1997	13.05.1997	13.05.1997	—	—	—	—	361.068,80	
4.11	Yollar	19.01.1996	02.07.2000	14.10.1996	14.10.1996	300 gün (Şantiye içi yolların tamamlanması)	—	0,00001	1.617.969,68	

Kaynaklar kısıtlandı. Levelling yapıldı. Kaynak yetmezliği yok. Bazı faaliyetlerin süreleri uzadı ve gecikmeler söz konusu.

Çizelge EK.3. Kullanılan kaynaklar ve maliyetleri çizelgesi (Devam)

Sıra No	KAYNAK ADI	KODU	Kaynak Türü	Sabit Maliyet (usd/br)	Değişken Maliyet (usd/sa)	Değişken Maliyet (Fazla mesai) (usd/sa)
40	VANTİLAYON MAKİNESİ	03.017/1	Work	120	12,86	15,43
41	ENJEKSİYON MAKİNESİ	03.017/2	Work	115	13,04	15,65
42	ENJEKSİYON MAKİNESİ	03.018	Work	115	13,02	15,62
43	YÜKLEYİCİ	03.021	Work	115	18,74	22,49
44	BETONİYER	03.024	Work	128	7,40	8,88
45	VİBRATÖR	03.027	Work	92	1,97	2,36
46	KONKASÖR	03.030	Work	75	42,68	51,22
47	ELEME MAKİNESİ	03.031	Work	143	14,27	17,12
48	MOTOPOMP	03.033	Work	153	2,32	2,78
49	MOTOPOMP	03.034	Work	122	4,83	5,80
50	ARAZÖZ	03.038	Work	72	10,66	12,79
51	ARAZÖZ	03.038/1	Work	86	10,03	12,04
52	PİSTONLU SU POMPASI	03.039	Work	98	4,13	4,95
53	TİTREŞİMLİ SİLİNDİR	03.042/6	Work	96	35,02	42,02
54	40 M3 SABİT SU TANKI	03.053/1	Work	84	6,08	7,29
55	MİKSER	03.060/4	Work	83	5,57	6,68
56	TEMEL SONDAJ MAKİNESİ	03.071/T1	Work	88	6,53	7,84
57	JENERATÖR	03.073	Work	135	21,93	26,32
58	MOBİL KREN	03.091/1	Work	83	6,38	7,65
59	HİZMET ARABASI	03.988	Work	50	0,56	0,67
60	AYDINLATMA JENERATÖRÜ	03.991	Work	32	0,13	0,16
61	ÇAKIL	04.003/B	Material			
62	KUM (TUVENAN, ELENMİŞ, YIKANMIŞ)	04.006/B	Material			
63	DOLU, DÜŞEY DELİKLİ DUVAR TUĞLASI	04.018/D	Material			
64	OLUKLU KİREMİT	04.026	Material			
65	DİNAMİT	04.101	Material			
66	KATRANLI FİTİL	04.104	Material			
67	ADİ KAPSÜL	04.105	Material			
68	TAVİKLİ KAPSÜL	04.105/1	Material			
69	ELEKTRİKLİ KAPSÜL	04.106/A	Material			
70	ELEKTRİKLİ KAPSÜL	04.106/B	Material			
71	ÇAM KERESTESİ	04.151	Material			
72	ÇAM KERESTESİ	04.152	Material			
73	YUVARLAK YAPI ODUNU	04.153	Material			

EK.3. Seçilen programın gannt şeması ile gösterimi

EK.4. Tamamlanmamış işler için program

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Ankara’da doğdu. 1998 yılında girdiği Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi’nden 2002 yılında Endüstri Mühendisi olarak mezun oldu. 2003 yılında Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde Yüksek Lisans programına başladı. 2003-2005 yılları arasında Eren İnşaat’ta Kalite Sistem Sorumlusu olarak görev yaptı. 2003 yılından bu yana şirket içi ve dışı kalite sistem denetimlerinde görev aldı ve 2005 yılında IRCA onaylı baş denetçi sertifikası aldı. Eren İnşaat’ta, ihalelere giriş aşamasında yapılan proje programlama çalışmalarına destek oldu. Halen Erkunt Tarım Makineleri Sanayi A.Ş.’de proses ve ürün denetim sorumlusu olarak görevini sürdürmektedir.