

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT PROJELERİNDE DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YÖNTEMİYLE
SÜRE-KALİTE-MALİYET OPTİMİZASYONU**

Hakkı KUL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2010

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT PROJELERİNDE DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YÖNTEMİYLE
SÜRE-KALİTE-MALİYET OPTİMİZASYONU**

Hakkı KUL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez,/...../..... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından (...) not takdir edilerek Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Aynur KAZAZ (Danışman)

Yrd. Doç. Dr. Serdar ULUBEYLİ

Yrd. Doç. Dr. Engin EMSEN

ÖZET

İNŞAAT PROJELERİNDE DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YÖNTEMİYLE SÜRE-KALİTE-MALİYET OPTİMİZASYONU

Hakkı KUL

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Aynur KAZAZ

Mayıs 2010, 90 Sayfa

Projelerin hedefleri faaliyetlerin zaman, maliyet ve kaliteleriyle ilişkilidir. Günümüz rekabetçi iş ortamında proje yöneticileri, projenin mümkün olan en kısa sürede minimum maliyet ile maksimum kalitede tamamlanmasını hedeflenmektedir. Projenin beklenen hedeflere ulaşması, projedeki faaliyetlerin (süre, kalite, maliyet vb.) özelliklerine bağlıdır. Bu özellikler birbirleri ile ilişkili olduğundan, bu kavramlar arasındaki ilişkileri tanımlamak için farklı modellemeler oluşturulmuştur. Bir faaliyetin kalitesinin süresine bağlı olarak değişmesinden dolayı, literatürde maliyet artışı göz önüne alınarak projenin mümkün olan en kısa zamanda, en iyi kalitede gerçekleşmesi hedeflenmektedir.

Yapılan çalışmada; süre-kalite-maliyet kavramları ve bu kavramların birbirleriyle ilişkileri irdelenmiştir. Gerçek bir inşaat projesi üzerinde bu üç kavram ile ilgili, uygun bir model üzerinde Matlab programı yardımıyla süre-kalite-maliyet optimizasyonu araştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Kalite, Süre, Maliyet, Optimizasyon, Doğrusal Programlama, Yöneylem Araştırması, Proje Yönetimi, Süre-Kalite-Maliyet Optimizasyonu, CPM

ABSTRACT

TIME-COST-QUALITY OPTIMIZATION WITH LINEER PROGRAMMING FOR CONSTRUCTION PROJECT

Hakki KUL

M. Sc. Thesis, In Civil Engineering

Adviser: Assoc. Prof. Dr. Aynur KAZAZ

May 2010, 90 Pages

The three interrelated and conflicting objectives of any project are time, cost, and quality. In today's competitive business environment, delivering projects in the least possible time, with maximum quality and minimum cost is a critical issue for project managers. These objectives are depend on the related features of the activities (i.e. time, cost, and quality) of a project. Since these features are also interrelated with each other different models have been introduced to define the relation among them. The existing relations in the literature propose that the quality of an activity varies with its time decreasingly and therefore lack the generality that an activity can be executed with the least possible time and the best quality, despite spending more money.

In this study, time-quality-cost concepts and relationships of them are discussed. About these three concepts, Time-Cost-Quality Optimization with the help of Matlab, have been investigated on a real construction project

KEY WORDS: Quality, Time, Cost, Optimization, Lineer Programming, Trade-off, Project Management, Time-Cost-Quality Optimization, CPM.

ÖNSÖZ

Günümüzde inşaat projelerinin planlanmasında ve kontrolünde, süre-maliyet-kalite değişiminin analizi inşaat proje yönetiminin en önemli konularından biri haline gelmiştir. Süre ve maliyeti minimum yapmaya çalışırken, kalitenin maksimumda tutulmaya çalışılması ve süre ile maliyet arasındaki ters yönlü ilişki inşaat projelerinin yönetilmesini oldukça karmaşık hale getirmektedir. Süre-maliyet-kalite arasındaki bu karmaşık ilişkinin tam olarak tanımlanması için proje yöneticileri bu üç kriterin ortak analizini yaparak, optimum çözümü bulmaya çalışmaktadırlar. Yapılan çalışmada; bu üç unsur proje planlamalarında birlikte dikkate alınarak Matlab programı yardımıyla optimum bir çözüm araştırılmıştır. Süre-Kalite-Maliyet optimizasyonu ile süre, kalite, maliyet fonksiyonlarından hangisi projenin hedefi için önemliyse, diğer iki fonksiyonun alternatifleri belirlenerek optimum sonuca ulaşılabilindiğinden, proje hedefine ulaşmak için en doğru karar alınabilecektir.

Çalışmamın her aşamasında destek olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Aynur KAZAZ'a, her zaman yanımda olan sevgili aileme, yardımlarını esirgemeyen Betül SOYÇOPUR'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
TABLOLAR DİZİNİ	vii
1.GİRİŞ	1
2.KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI	3
2.1. Proje Yönetimi	3
2.1.1. Yönetim	3
2.1.2. Proje Yönetimi.....	5
2.1.3. Proje Yöneticiliği.....	7
2.1.4. İnşaat Proje Yönetimi	7
2.2.Kalite Yönetimi	9
2.2.1. Kalite.....	9
2.2.2. Kalite Bileşenleri	9
2.2.3. Kalitenin Amacı ve Önemi	10
2.2.4. Kalitenin Maliyetleri.....	11
2.2.5. Optimum Kalite Düzeyi	14
2.3. Proje Süre Yönetimi	16
2.3.1. Proje Çizelgelemede Kullanılan Ağ Diyagramlar	16
2.3.2. Kritik Yol Yöntemi (CPM)	18
2.3.3. Program Geliştirme Ve Gözden Geçirme Tekniği (PERT)	21
2.3.4.Monte Carlo Simülasyonu	23
2.4. Proje Maliyet Yönetimi	24
2.5. Optimizasyon Kavramı ve Optimizasyon Teknikleri.....	25
2.5.1.Temel Optimizasyon Teknikleri	27
2.6. Yöneylem Araştırmasının Teknikleri.....	30

2.6.1. Yöneylem Araştırmasının Uygulama Alanları	31
2.6.2. Yöneylem Araştırmasında Model Kurma.....	32
2.6.3. Doğrusal Programlama (DP) Yöntemi	34
2.6.3.1. DP Modelinin Tanımı, Yapısı ve Varsayımları	35
2.6.4. DP Modellerinin Grafik Çözüm Yöntemi İle Çözülmesi.....	37
2.6.5. Doğrusal Programlamada Simpleks Yöntemi	39
3. MATERYAL ve METOD.....	48
3.1. Materyal.....	48
3.2. Metod.....	50
3.3. Değerlendirme	50
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	51
4.1. Süre-Kalite-Maliyet Optimizasyonu	51
4.2. İnşaat Projelerinde Süre-Kalite-Maliyet Optimizasyonu	53
4.2.1. CPM Şebekesinin Oluşturulması.....	53
4.2.2. Süre-Kalite-Maliyet-Optimizasyonunun Araştırılması	55
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	65
6. KAYNAKLAR	67
7. EKLER	70
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

c_{ij} :	i-j Eyleminin Maliyeti
C_{UB} :	Toplam Proje Maliyetinin Üst Sınırı
d_{ij} :	i-j Eyleminin Süresi
DP :	Doğrusal Programlama
T_i :	Eylemin Başlangıç Zamanı
T_{UB} :	Toplam Proje Süresinin Üst Sınırı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Yönetim Kavramı.....	4
Şekil 2.2. Projeye Katılan Ve Etkilenenler	4
Şekil 2.3. Proje Üçgeni	6
Şekil 2.4. Kalite Buzdağı	13
Şekil 2.5. Kalite Maliyetleri - Uygunluk Kalitesi Düzeyi İlişkisi.....	14
Şekil 2.6. Optimum Kalite	15
Şekil 2.7. Oklu Diyagram	17
Şekil 2.8. Ağ Diyagram.....	17
Şekil 2.9. Çubuk Diyagram.....	18
Şekil 2.10. Beta Dağılım Eğrisi	23
Şekil 2.11. Örnek Bir Optimizasyon Yüzeyi	26
Şekil 2.12. Global Ve Lokal Optimum Optimum Noktalar	26
Şekil 2.13. Hesap Tabanlı Yöntemler İçin Kolay Bir Tek Doruklu Fonksiyon.....	28
Şekil 2.14. Çok Doruklu Fonksiyon.....	29
Şekil 3.1. Üç Boyutlu Süre-Maliyet-Kalite Değişim Analizi	49
Şekil 4.1 FG Tip Tek Blok CPM Şebekesi	54
Şekil 4.2. Projenin Kalite-Süre İlişkisi.....	56
Şekil 4.3. Projenin Süre-Maliyet İlişkisi	56
Şekil 4.4 Excel Programı İle Yapılan Farklı 2 Durum İçin Süre-Kalite-Maliyet Değişim Grafığı	58
Şekil 4.5. Süre-Maliyet Değişimi.....	59
Şekil 4.6. Süre-Kalite Değişimi	60
Şekil 4.7. Kalite-Maliyet Değişimi	61
Şekil 4.8. Süre-Kalite-Maliyet Değişimi.....	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Projelerin Süre ve Maliyetleri	53
Çizelge 4.2. Matlab Program Çıktıları	63

1.GİRİŞ

İnşaat projelerinin planlanmasında ve kontrolünde süre-maliyet değişiminin analizi inşaat proje yönetiminin en önemli konularından birini oluşturmaktadır. Süre ile maliyet arasında ters yönlü bir ilişkinin olması, yani maliyet azaltıldığında eylemin tamamlanması için gerekecek sürenin artması, proje yöneticilerini optimum çözümü bulma arayışına yöneltmiştir.

Geleneksel iki boyutlu süre-maliyet optimizasyonunda, kalite hiçbir şekilde göz önüne alınmamaktadır. Bu nedenle, süre-maliyet değişim analizlerinde, kalite düzeyinin eşit kaldığı varsayımı yapılmaktadır. Bu varsayım, her bir eylemdeki alternatif süre-maliyet değişimlerinde de geçerli olmaktadır. İnşaat projelerinin planlanmasında genel yükleniciler, alt yükleniciler tarafından önerilen tekliflerin değerlendirmesini yaparken, süre ve maliyet kriterinin yanında kaliteyi de hesaba katmak zorundadırlar. Alt yükleniciler tarafından verilen tekliflerde, süre ve maliyet arasındaki ilişki kadar projenin kalitesi de önemli olmaktadır (Karaman ve Kale 2007). Bu nedenle, süre-maliyet değişim analizlerine kalite kriterinin de katılacağı üç boyutlu bir modelin geliştirilmesi gerekmektedir.

Süre-kalite-maliyet unsurları, ülkemizde planlama sırasında yaygın olarak, bir arada dikkate alınmamaktadır. Kalite, yapılan sözleşmelerde dikkate alınmadığında, proje uygulama aşamasındayken alt yüklenicilerin yaptığı imalatın kontrolünde problemler yaşanmasına neden olabilmektedir. Projelerin planlanması aşamasında, alt yüklenici tarafından verilecek tekliflerde, süre-maliyet unsurlarının yanında kalite ilişkisinin de bulunması gerekmektedir. Bu üç unsur proje planlamalarında birlikte dikkate alındığında, inşaat sektöründe hem ana yüklenicilerin hem de alt yüklenicilerin zarara uğramadan, üstlendikleri görevleri yerine getirmelerine imkan sağlayacaktır.

Günümüzde inşaat projelerinin planlanmasında ve kontrolünde, süre-maliyet-kalite değişiminin analizi inşaat proje yönetiminin en önemli konularından biri haline gelmiştir. Süre ve maliyeti minimum yapmaya çalışırken, kalitenin maksimumda tutulmaya çalışılması ve süre ile maliyet arasındaki ters yönlü ilişki inşaat projelerinin

yönetilmesini oldukça karmaşık hale getirmektedir. Süre-maliyet-kalite arasındaki bu karmaşık ilişkinin tam olarak tanımlanması için proje yöneticileri bu üç kriterin ortak analizini yaparak, optimum çözümü bulmaya çalışmaktadırlar (Karaman ve Kale 2007).

Süre-kalite-maliyet optimizasyonu projenin hem planlama aşamasında hem de uygulama aşamasında hedefe yaklaşmasını sağlayacaktır. Süre-kalite-maliyet unsurlarının optimizasyonunu sağlamak için karar verme tekniklerinden faydalanmak gereklidir. Karar verme problemlerini, kıt kaynakların rakip faaliyetler arasında optimum bir şekilde dağıtılması olarak tanımlayabiliriz.

Doğrusal programlama; kıt kaynakların rakip faaliyetleri arasında dağılımının en uygun şekilde gerçekleştirilmesini sağlayan dağıtım planını bulmak için kullanılan bir yöntemdir. Doğrusal programlama, amaç fonksiyonu ve sınırları doğrusal olan bir sınırlı optimizasyon modelidir. Askeriye, endüstri, tarım, ulaştırma, ekonomi, sağlık sistemleri gibi alanlarda başarılı doğrusal programlama uygulamaları bulunmaktadır. Günümüzde bilgisayar yazılımlarındaki gelişmeler doğrusal programlamanın kullanımını daha da genişletmiştir.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMASI

2.1. Proje Yönetimi

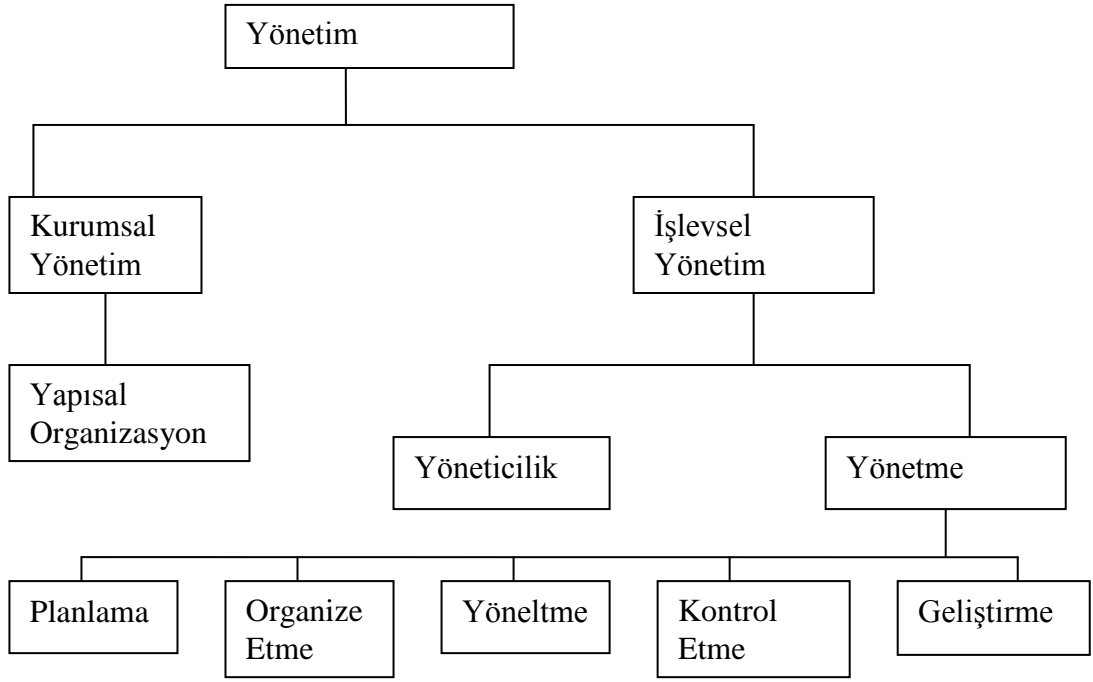
2.1.1.Yönetim

İnsanların birlikte çalışmaya başlamasından itibaren yönetim var olmuştur. Bu dönemde, yöneticilerin sınırsız yetkilere sahip oldukları görülmektedir. Bazı konularda emirler, örgütler, yönetim ilke ve tekniklerine benzer fikirlere rastlanmaktadır. Bu fikirler arasında danışmanlık, iş tanımları, planlama, örgütlenme ve denetim teknikleri personel seçimi konularında da bazı bilgileri görmek mümkündür (Albayrak 2001).

Yönetim, amaçların gerçekleştirilmesi için yapılması gereken işlemler; planlama, organize etme, yöneltme, değerlendirme ve geliştirme sürecidir. Yönetim sürecini oluşturan 5 temel işlev şöyle tanımlanabilir (Albayrak 2001):

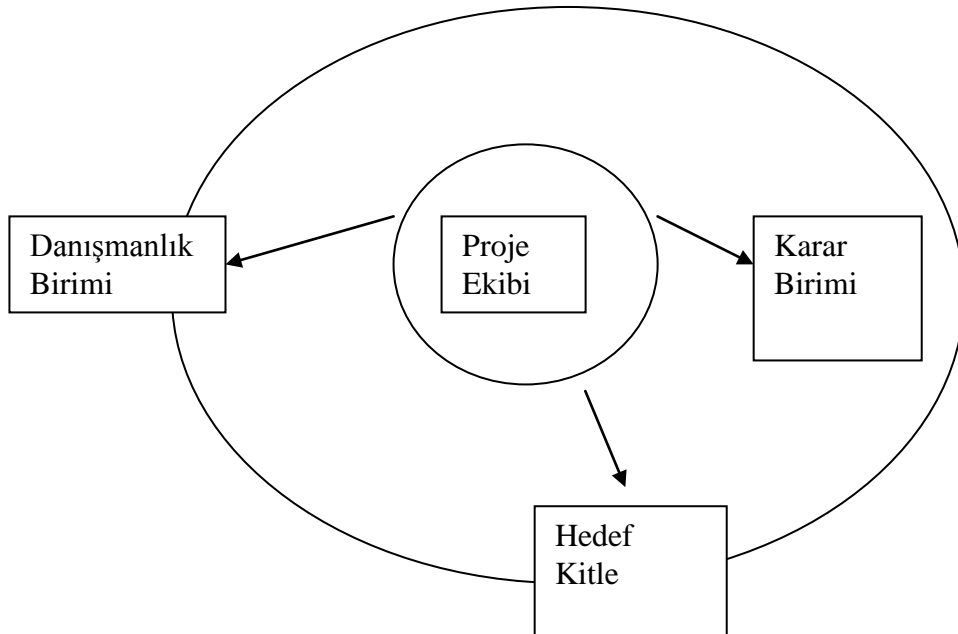
- Planlama; işlemlerinin beklenen sonuçlarının tanımlanması, yani iş gereksinimini, iş miktarını ve gerek duyulan kaynakları belirleme
- Organizasyon; işleri yönetebilir görevlere ayırma ve organizasyon yapısı içerisinde bu görevleri yürütecek kişileri seçme
- Yöneltme; görevin yapılması için gerekli bilgiyi temin etme, yerleştirilme, ödeme yapma, teşvik etme ve iletişimini sağlama
- Değerlendirme; çalışma ölçütlerini belirleme, uygulama, geliştirme ve ölçme sonuçları hakkında bilgi verme
- Geliştirme; işlemleri izleme, sapmaları belirleme, değişiklikleri planlama ve uygulama

Yönetim, tüm yöneticiler ile kuruluşun yönetim ve yöneticilik görevlerinin tümünü içermektedir. Yönetim, kurumsal yönetim ve işlevsel yönetimden oluşmaktadır (Şekil 2.1). Kurumsal yönetim, üst düzey, orta düzey ve alt düzey yönetim görevlerini kapsamaktadır. İşlevsel yönetim ise planlama, organize etme, uygulama, kontrol ve geliştirme yoluyla yönetmeyi kapsamaktadır (Albayrak 2001).



Şekil 2.1.Yönetim Kavramı

Kurumsal proje yönetimi, yönetimin temel özelliklerini, önlemler ve sorunlara yönelik çalışma grupları ile bunların bir organizasyon biçiminde kurumlaştırılmasını, bu grup ve karar kurallarının tür ve düzeni ile görev, yetki ve karşılıklı ilişkilerini kapsar. Ayrıca projeye katılanların ve ondan etkilenenlerin bütünleştirilmesini sağlar (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Projeye Katılan ve Etkilenenler

2.1.2. Proje Yönetimi

Proje; bir işletmenin birden fazla bölümünün veya birden fazla işletmenin ve/veya kişilerin katıldığı, belli bir süre içinde ve belli bir bütçe dahilinde bir kez yapılan karmaşık ve büyük tasarıdır. Tunçbilekli (2009)'ye göre ise proje; birbirine bağlı veya tamamen bağımsız faaliyetler yığını olarak ya da bazı ihtiyaç ve isteklerin karşılanması gibi amaçlarda kullanılacak belli değerler taşıyan ve hedefleri olan, başlangıcı ve sonu olan işlerdir. ANSI (American National Standart Institution, Amerikan Ulusal Standartları Enstitüsü) ise proje yönetimini; proje ihtiyaçlarını karşılamak için bilginin, becerinin, araçların ve tekniklerin faaliyetlere uygulanması olarak tanımlamıştır.

Bir yatırım projesi bir plan çerçevesinde belli bir zaman döneminde, belirli kaynaklarla gerçekleştirilebilecek, mal ve hizmet üretimine yönelik ve birbiri ile ilişkili bir faaliyetler kümesidir. Yatırım türüne göre farklılık gösteren projeler şunlardır (Sarıaslan 2006);

- a) Yeni Yatırım Projeleri,
- b) Tamamlama- Genişletme Yatırım Projeleri,
- c) Yenileme Yatırım Projeleri,
- d) Modernleştirme ya da Modernizasyon Yatırım Projeleri.

Bir projenin oluşturulmasında, fizibilite (yapılabilirlik) çalışmalarının yapılması gerekir. Proje amaçlarının öngörülen zamanda gerçekleştirilmesi, projenin beklenen kalitede ve minimum maliyette tamamlanması ve projenin beklenen yararları sağlaması bakımından, projenin belirlenen süre içinde tamamlanması zorunludur (Albayrak 2001).

Projenin verimli ve etkin bir şekilde yürütülmesi için yapılan, planlama, kontrol, maliyet gibi konulara eğilen ve bu amaçla yönetim tekniklerinin kullanılmasına ağırlık veren çalışmalara proje planlama, yönetimi ve kontrolü veya genel olarak proje yönetimi denilmektedir (Keskinel 2000). İşletme ya da yönetim bilimleri başlığı altında incelenen insan gücü, sermaye, zaman, üretim süreçleri ve örgütlenme gibi birçok

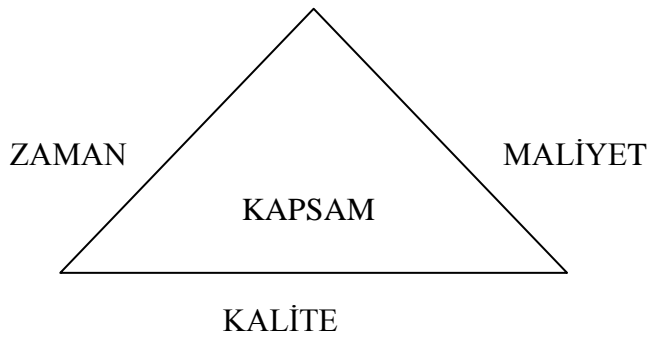
bileşenin birlikte ele alındığı planlama ve uygulamaya yönelik bir disiplindir (İleri 2003).

Bir projenin geleceği öngörülmesi isteniyorsa; projelerin üç temel ayağını ve kısıtlamalarını en iyi şekilde değerlendirmek gerekmektedir. Bu kısıtlamalar (Keskinel 2000);

- 1) *Zaman*: Proje çizelgelerindeki en temel kısıtlayıcı öğedir.
- 2) *Maliyet*: Proje bütçesi, kaynakların (görevlerin yapılması için ihtiyaç duyulan her türlü insan, araç gereç ve malzeme kaynakları vb.) maliyeti üzerine kurulmuştur
- 3) *Kapsam*: Projeyi tamamlamada etkin olan görevler ve hedefler kapsamı oluşturur.

Zaman, maliyet ve kapsam üçlüsü proje üçgeni (Şekil 2.3.) olarak adlandırılır. Bunlardan herhangi biri üzerindeki oynama diğer ikisini de etkileyecektir. Her biri önemli öğeler olmakla beraber, bunlardan biri proje üzerinde en önemli etkiye sahip olacaktır (Keskinel 2000).

Karşılaşılan problemlerin türlerine ve uygulanması düşünülen çözüme bağlı olarak; zaman, maliyet ve kapsam öğeleri arası ilişki her projede farklılık göstermektedir. Nerelerde sınırlandırıldığını ve nerelerde daha esnek olduğunu bilmek projenin daha kolay ve daha iyi yönetilmesine olanak sağlayacaktır (Keskinel 2000).



Şekil 2.3 Proje Üçgeni

2.1.3. Proje Yöneticiliği

Proje yöneticisi; proje yapısı, proje konusu ve proje çerçevesi gibi etkenlerle farklılaşan yetki, sorumluluk ve görevlere sahiptir. Proje yöneticisi belirli bir süre dahilinde eldeki kaynakları en iyi şekilde kullanarak, proje amaçlarına ulaşmayı hedefleyen bireydir. Projenin zamanında, uygun maliyet ve kaynak kullanımıyla, işbirliği içinde başarıyla tamamlanmasında önemli bir role sahiptir. Bu nedenle amaçları belirleyerek faaliyetlerin planlanması, amaçlar doğrultusunda maddi ve beşeri kaynakların örgütlenmesi ve bu kaynakların amaçlara yöneltilmesi, koordinasyonu ve kontrolü proje yöneticisinin temel görevlerini oluşturmaktadır.

Proje yöneticisi, projenin zaman, maliyet ve performans kısıtlamalı amacına ulaşmak için, planlama, organizasyon, yönetim ve kontrol işlemlerini yürütmektedir. Planlama, kaynakların en ekonomik şekilde tahsisini sağlama işlevidir. Kontrol ise, tüm organizasyonunun çalışmalarını, amaca ulaşmak için hazırlanan plana uygun olarak yürütülmesinin sağlanması işlemidir. Proje süresi ve maliyetinin dengelenmesi ve kısıtlı kaynakların aşırı ve yanlış kullanılmasının önlenmesi için, çok miktarda verinin planlama ve kontrol amacı ile kullanılması yöntemleri, proje yönetiminin bilimsel ve teknik ağırlıklı yönüdür (Keskinel 2000).

2.1.4. İnşaat Proje Yönetimi

İnşaat proje yönetimi, bir profesyonel yönetim sürecidir. Projenin başarısı için, profesyonellerden oluşmuş bir ekip tarafından, ilk düşünceden işin tamamlanıp, mal sahibine fiziksel olarak teslim edilinceye kadar geçen süreç içinde süre, maliyet ve kalite kontrolü için hazırlanan, bütünleşik sistem ve prosedürler bütünüdür. Bütünleşik uzmanlık yaratarak bireysel uzmanlığa kıyasla daha fazla yarar sağlamayı hedeflenmektedir (Kuruoğlu 2006).

Proje yönetimi, bir amaca ulaşma yolunda girişilen işlerin ve eylemlerin toplamıdır. Proje yönetiminden, sistemlerin yeni tasarımında ön planda bulunan yöneticilik dahil olmak üzere tüm yönetim işlevleri (planlama, organizasyon, yönetme ve kontrol etme)

anlaşılmaktadır. Proje yönetimi, sorunların çözümlenmesi ve uygulanması için gerekli tüm önlemlerin alınması, yani sistem tasarımı sürecidir (Albayrak 2001).

İnşaat projesi yönetiminde, sürecin kategorilere ve aşamalara bölünmesi, her aşamanın tanımlanması ile birlikte, formüle edilebilir bir yapı ortaya çıkmaktadır. Proje yönetimi, kalite yönetimi, maliyet yönetimi, süre yönetimi ana fonksiyonları olarak ele alınmaktadır. Ayrıca, sözleşme uygulaması ve iş güvenliği yönetimi gibi alt fonksiyonlar da mevcuttur. Bu fonksiyonlar birbirlerini dışlamamakta ve birbirleriyle bağlantılı olarak inşaat proje yönetim sürecinin tümleşik unsurları niteliğinde bulunmaktadır. Uyum ve tutarlılık açısından her kategori aşağıdaki aşamalara ayrılmıştır.

- Ön tasarım
- Tasarım
- İhale ve Satın alma
- Yapım
- Yapım sonrası

İnşaat Proje Yönetim Planı tipik biçimde proje kapsamını, bütçeyi, iş programını, çevresel koşulları, kullanılacak ana sistemleri, izlenecek metot ve prosedürleri belirlemektedir. Projenin kapsamını konsept çizimleri, metinler, performans kriterleri ve mal sahibinin bütçesi ortaya koyar. Kapsamın niteliği ve ayrıntısı, proje tipine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Tipik bir inşaat proje yönetim planının temel bileşenleri aşağıda verilmiştir (Sorguç ve Kuruoğlu 2007):

- 1) Projenin tanımı
- 2) Ara temrinleri gösteren iş programı
- 3) Master iş programı
- 4) Kalite yönetimindeki yaklaşım
- 5) Proje dökümanları listesi
- 6) Proje organizasyon şeması ve personel planı
- 7) Ekip üyelerinin görev, sorumluluk ve yetkileri
- 8) Proje bütçesi/iş analizi

- 9) Çevresel ve arkeolojik koşullar
- 10) Proje prosedürleri el kitabına göndermeler (atıflar)
- 11) Yönetim bilgi sistemi
- 12) İletişim protokolü
- 13) Sözleşme (iş) kapsamı ve iş verme stratejileri
- 14) Sahaya yerleşme ve şantiye planı

2.2. Kalite Yönetimi

2.2.1. Kalite

Kalitenin tanımları çok çeşitlidir. Kalitenin ne olduğu veya ne olması gerektiği konusunda bir anlaşma sağlanamamakla beraber, kalite genellikle , “isteklere uygunluk” olarak tanımlanmaktadır. En genel anlamda ise kalite kavramı, bir ürünün tatmin etmeyi amaç edindiği tüketici ihtiyaçlarına uygunluk derecesi veya kısaca kullanıma uygunluk olarak tanımlanabilmektedir (Tan ve Pekşircioğlu 1991). Yapılan tanımlardan ve açıklamalardan yola çıkılarak, kalitenin esas olarak başlıca 2 faktörü içerdiği görülmektedir (web).

- 1) Objektif özellikler
- 2) Sübjektif özellikler

Objektif özellikler insan unsurunun dışında kalan özelliklerdir. Sübjektif özellikler ise objektif özellikleri görmekten, hissetmekten ve düşünmekten kaynaklanan özelliklerdir. Kalitenin sübjektif özellikleri ne ölçüde objektif hale getirilebiliyor ise o ölçüde kontrol etme olanağı ortaya çıkmaktadır.

2.2.2. Kalite Bileşenleri

Bir mamulün kalite karakteristiğinin belirlenmesinde; tüketici istekleri, rekabet durumu, satış politikaları, mamulün kullanılış amacı, fiyat, mamul dizaynı, malzeme, tezgah, muayene işlemleri vb. birçok faktörün değişen oranlarda etkisi bulunmaktadır. Bir

mamulün kalitesi; tasarım kalitesi, uygunluk kalitesi ve kullanım kalitesinden oluşmaktadır.

1) Tasarım Kalitesi: Bir mamul için en uygun tasarım kalitesinin saptanması, kalitenin tüketici açısından değeri ile üreticiye olan maliyeti arasında optimum noktanın bulunması sürecidir. Kalite düzeyi yükseldikçe maliyetler önce yavaş yavaş artarken, daha sonra büyük bir hızla artmaktadır.

2) Üretim Kalitesi: Üretim kalitesi, tasarım kalitesinin ürüne yansıtılması çabalarının bir göstergesidir. Üretim kalitesini gerçekleştirirken, çeşitli maliyetlerin dengelenmesine çalışılmaktadır.

3) Kullanım Kalitesi: Kullanım süreci içinde servis imkanları, bakım, yedek parça gibi tüketicinin mamulü seçtiği için huzur duymasını sağlayacak olan faaliyetler kullanım kalitesinin konularını oluşturmaktadır.

Tasarım, üretim ve kullanım üçlüsünün ortaklaşa düşünülmesi ile kalite sağlanabilmektedir. Kalite sağlama yanında, alıcıya aynı kalite düzeyinde olan ürünlerin sunulacağı güvencesinin verilmesi de gerekmektedir. Bu doğrultudaki çabalar kalite güvence girişimleri olarak adlandırılmaktadır.

2.2.3. Kalitenin Amacı ve Önemi

Kalite, işletmelerin varlıklarını sürdürebilmelerinin, büyüüp gelişebilmelerinin ve belirli bir marka oluşturmalarının temel koşulu olarak görülmektedir. Maliyetin azalmasına yardımcı olmakta, kaynakların optimum kullanımıyla kazancın artması sağlanmaktadır. Kalite sistemini uygulamak, kuruluştaki kalitenin her aşamada oluşmasını sağlamak, müşterilerin memnuniyetini kazanmak ile sonuçlanacaktır (Kuruoğlu ve Karakuş 2002).

Kaliteyi arttıran faktörler, gelişen teknoloji ve müşteri taleplerine bağlı olarak, devamlı artmaktadır. Ürün ve üretim sistemlerinin güvenilirliğini sağlamak ve sistem performansını düşürmemek için, bütün faktörleri göz önünde bulundurmaya koşullu,

sistem sürekli olarak değerlendirilmeli ve gerektiği durumlarda önlemler alınmalıdır (Şimşek 2001).

Kalite yönetimini dikkate almayan işletmeler, kalitesiz ürün ve hizmetler nedeniyle pazar payının gerektirdiği miktarda satış yapılamamasından kaynaklanan maliyetler, garanti ve sigorta giderleri, tazminatlar vb. üreticiye gelen ekstra maliyetlere katlanmak durumunda kalmaktadırlar. Buna karşın fiyatının düşük olması sebebiyle bu tür mamul ve hizmetleri satın alan müşteriler de yüksek işletme maliyetlerine, ciro ve kaynak kayıplarına hedef olmaktadır. Hem tedarikçi, hem de müşteri durumundaki kuruluşlar, kalitesizliği gidermek için zaman ve enerji kaybıyla karşı karşıya kalmaktadırlar. Bütün bunlar, bireyleri de etkilemekte, maddi ve manevi problemlerle ve hatta işsiz kalmakla yüz yüze getirmektedir.

Kalitesizliğin sonucu oluşan kayıpların yanı sıra, kalitenin ve kaliteli çalışmanın getireceği kazançlara da bakmak gerekir. İşletmeler gerek ürünü, gerekse üretimi kaliteli hale getirebilmek için bir maliyet üstlenmektedir. Fakat bu üstlenilen maliyetten kat kat daha fazla getiri (doğru uygulamalar yapılırsa) sağlanabilmektedir. Bir işletmede kalitenin sağlanabilmesi halinde işletmenin elde edeceği getiriler:

- Artan kar
- Dahili ve harici müşterilerde güven
- Pazar payının artması ve yeni pazarlar
- Yüksek rekabet gücü
- Kaynakların optimum kullanımı (kaynak israfının önlenmesi)
- Güvenilir ürünler
- Düşük maliyet

2.2.4. Kalite Maliyetleri

Son yıllarda yaşanan ekonomik ve teknolojik gelişmeler, işletmelerin yıpratıcı bir rekabet ortamında yaşamlarını sürdürmelerini gerektirmektedir. Bu gelişmeler dikkate alındığında, karşılaşılan rekabetin boyutları, çok yönlü olmasının yanında, daha çok

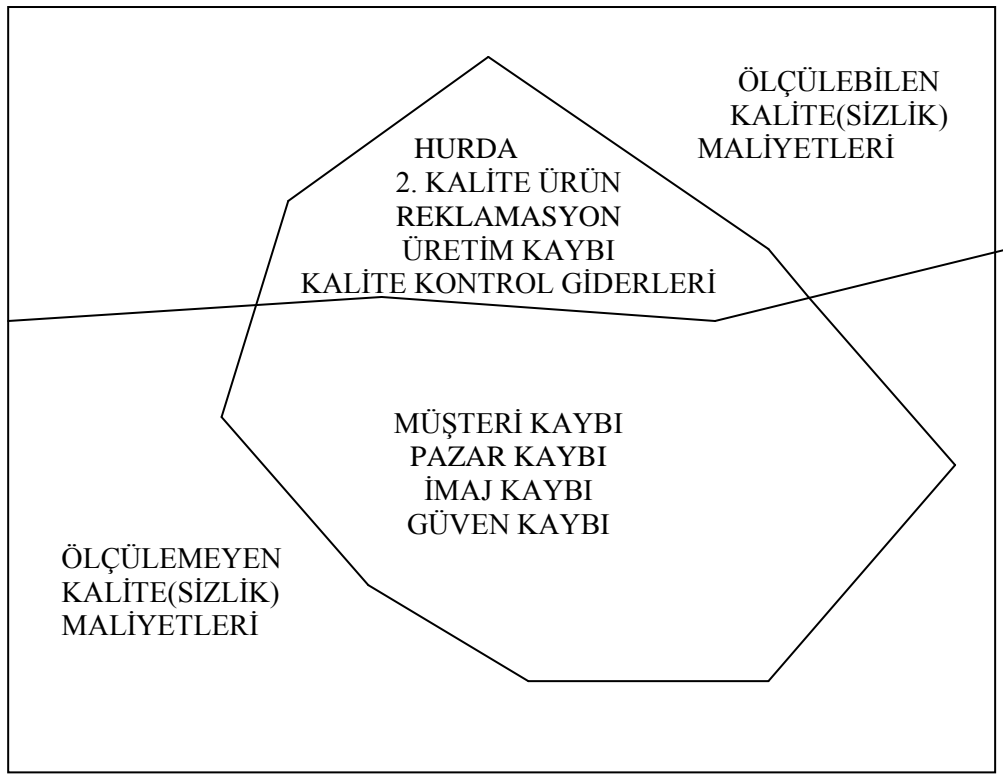
kalite istemi ve kaliteli mamul ve hizmet üretiminde odaklanmaktadır. Bu nedenle işletmeler, yoğun rekabete karşı koymak yönünden kalitenin önemini anlamışlar ve bu konu üzerinde çalışmalar yapmaya başlamışlardır. Etkin bir kalite kontrolü sistemi kurabilmek ve çalıştırabilmek, organizasyonda gerçekleştirilebilecek en önemli değişikliklerden birisi olmaktadır. Aynı bağlamda, henüz yeteri kadar önemi anlaşılamamış olsa da, kalite maliyetlerine ilişkin çalışmalar da bir bütün olarak düşünülebilecek sistem içerisinde önemli bir yer tutmaktadır (Yükçü ve Doğanöz 1994). İlke olarak bir kalite kontrol sisteminin temel amacı, üretimde kalitesizliği önlemektir. Kalite ve kalite kontrolü sorumluluğunun işletme organizasyonu içindeki yaygınlığına bağlı olarak kalitesizliğin maliyet unsurları da kaynağını, üretim sürecinin hemen hemen tüm aşamalarından almaktadır. Kalitesizliğin maliyetini araştırırken, bu unsurların neler olduğunun bilinmesi gerekmektedir. Bu unsurlar aynı zamanda kaliteyi belirleyen unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadırlar (Tan ve Peşkirioğlu 1991).

Bir işletmenin kalite maliyetlerini düşünmesini gerektiren nedenler, teknolojiye bağlı olarak, üretim güçlükleri nedeniyle kalite maliyetindeki artış; bakım-onarım, çalışma, boş zaman ve sorunlu departmanların maliyetlerindeki artış ve kalite maliyetleri ile ilgilenecek, nitelikli mühendis ve yöneticilere duyulan ihtiyaçtır. O halde, nasıl ölçülebilirse ölçülsün, kalite maliyetleri, yönetim için finansal kontrol aracı olmaktadır (Montgomery 1991).

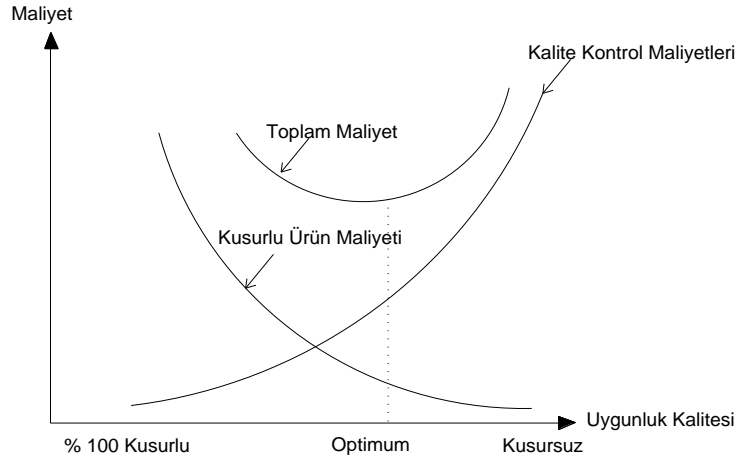
Toplam Kalite Yönetimi (TKY) anlayışına göre, kalite yükseldikçe maliyet düşmektedir. Hataların ölçülebilen maliyetleri ölçülemeyen maliyetlerin yanında çok düşük kalmaktadır. Başka bir ifadeyle hataların gerçek maliyeti bir buz dağına benzer (Şekil 2.4.). Kalite maliyetleri aşağıdaki gibidir (Küçük 2004):

- a) Ölçme ve Değerlendirme Maliyetleri
- b) Önleme Maliyetleri
- c) Hatalı İmalat Maliyeti
- d) Hatalı İmalata İlişkin Kurum İçi Maliyetler
- e) Hatalı İmalata İlişkin Kurum Dışı Maliyetler
- f) Optimum Uygunluk Kalitesi Maliyeti

Kalitesizliğin maliyet unsurlarından önleme maliyetlerindeki bir artış, doğal olarak uygunluk artışı olarak yansımaktadır. Bu yansıma ise ölçme ve değerlendirme giderlerinde bir düşüşle sonuçlanmaktadır. Çünkü kalitesizliği önlemek için yapılan her harcamanın ürün kalitesine yapacağı olumlu etki, daha az rutin test ve muayene ihtiyacı yaratmaktadır. Aynı şekilde, Önleme maliyetlerine uygunluğu daha fazla sağlayacağı için, hata maliyetlerinde de buna bağlı bir azalma görülmektedir. Sonuçta, uygunluk kalitesinin artışıyla kalite maliyetleri arasında aşağıdaki Şekil 2.5.'de belirtilen ilişki ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.4. Kalite Buzdağı

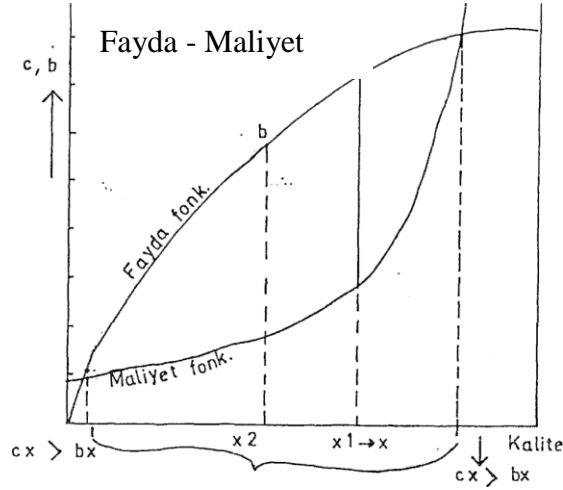


Şekil 2.5. Kalite Maliyetleri - Uygunluk Kalitesi Düzeyi İlişkisi

Şekil 2.5'teki değişimden anlaşılacağı üzere toplam kalite maliyetinin minimizasyonu için hata, ölçme-değerlendirme maliyetleri ve önleme maliyetlerinin ne ölçüde artırılması gerektiği, bir optimizasyon problemi olarak ortaya çıkmaktadır. Optimum uygunluk kalitesi, kalite maliyet unsurlarının fonksiyonel değişimine bağımlı olarak oluşan toplam kalite maliyet eğrisinin minimum olduğu noktada gerçekleşmektedir (Peşkircioğlu ve Tan 1991).

2.2.5. Optimum Kalite Düzeyi

Ürün kalite sistemi, ürünlerin imalatçıdan tüketiciye akışı ile ilgilenmektedir. Bu akışı canlı tutan ise, tüketicilerin satın alma gücü, zevk, sosyal durum ve daha birçok kişisel özellik ve çevresel faktörlerden etkilenen bir talep pozisyonuna sahip olunmasıdır. Kalite ekonomisinin temel hedefi, belirli ürünlerin üretileceği kalite düzeyinin seçimi olmakta ve burada bir optimizasyon problemi ile karşılaşmaktadır. Bu optimizasyon, x kalite düzeyinin bir fonksiyonu olan kalitenin sağlayacağı fayda fonksiyonu $b(x)$ ile x kalite düzeyinin bir fonksiyonu olarak kalite maliyeti fonksiyonu $c(x)$ arasındadır. Şekil 2.6.'da görüldüğü üzere; kalite düzeyinde sıfırdan başlayarak bir artma meydana gelince, fayda ve maliyet eğrilerinin sınırlayacağı ilk bölgede maliyet faydadan fazladır; kalite düzeyi artmaya devam edince, faydanın maliyetten büyük olduğu ikinci bölge gelir; ve nihayet son bölümde, tekrar maliyet faydadan fazla olmaktadır.



Şekil 2.6. Optimum Kalite (Tan 1991).

Optimum kalite düzeyinin belirleneceği bölge, faydanın maliyetten büyük olduğu orta bölgedir ve bu bölgede kalite kazancı meydana gelmektedir. Kalite kazancını maksimize eden kalite düzeyine "optimum kalite düzeyi" denilmektedir. Bu noktanın bulunması; $b(x)-c(x)$ veya $b(x)/c(x)$ ifadelerinin maksimizasyonu ile gerçekleşmektedir. Tüketici açısından optimum kaliteyi $b(x)-c(x)$ farkını maksimum yapan x değeri, imalatçı açısından ise $b(x)/c(x)$ oranını maksimum yapan x değeri belirlemektedir.

Optimal kaliteye giden yolu, programlama, tasarım, imalat, satış ve satış sonrası hizmetler konularındaki kararlar belirlemektedir. Çok sayıda ve değişkenlikte muhtemel hareket şekilleri arasından imalatçı, hangisine karar vereceğini ve hangisine öncelik tanıyacağını belirlemelidir. Bu kararı verirken en iyi yönlendirici ise "kalite değişimlerinin etkenliği" olmaktadır. Bu etkenliğin ölçüsü ise, kalite için harcanan paranın ne kadarının ekstra bir yatırımla geri alınabileceğini gösterecektir.

Serbest piyasa ekonomilerinde ürünler için optimum kalite düzeylerinin tanımı, pazarın rolünün büyük oluşu nedeniyle fazla önemli olmamaktadır. Çünkü optimum kalite düzeyini, zaman içinde değişen tüketici istekleri ve pazardaki mevcut talebin saptanması için yapılan pazar araştırması belirlemektedir. Öte yandan üretici neyi, nasıl, hangi kalite düzeyinde üreteceğine, tüketicinin istekleri doğrultusunda değil de kendisine en yüksek kâr sağlayacak şartlar doğrultusunda karar vermektedir. Sistem üreticinin bu en yüksek kâr isteği, tüketicinin istediği kalite düzeyi ile uyum sağladığı sürece iyi çalışmaktadır (Tan 1991).

2.3. Proje Süre Yönetimi

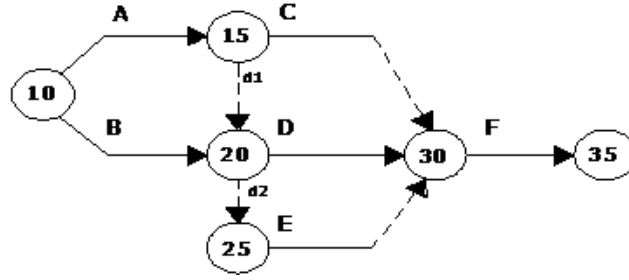
Proje süre yönetiminin temelinde planlama kavramı vardır. Projenin başlangıç bölümünde oluşturulmuş olan planlama kavramını faaliyetler, faaliyet süreleri ve faaliyetler arasındaki ilişkiler ifade eder. Faaliyetler, faaliyetler arası ilişkileri ve faaliyet sürelerini gösteren yapıya proje ağ yapısı adı verilir. Proje planlamasının temel gösterimi olan ağ diyagramı kavramı; projenin süre yönetiminin başarılı bir şekilde yapılabilmesi için oldukça önemli bir husustur.

2.3.1. Proje Çizelgelemede Kullanılan Ağ Diyagramlar

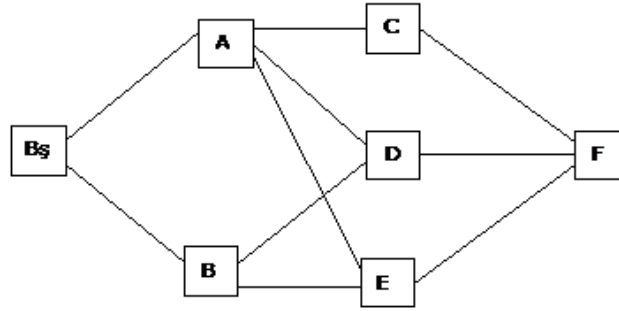
Planlamacı tarafından belirlenen faaliyetler arasındaki ilişkileri yansıtan ağ diyagram, bir faaliyet çizelgesi metodudur. Bu ilişkiler yapı aşamasındaki bir binanın temelini duvarlarından daha önce yapılması gibi bazı teknolojik olayları temsil eder. Yapılan işlerin bağlantılı olmasının nedeni ise teknolojidir. Ağ diyagramlar için ana kabuller aşağıda verilmiştir:

- 1) Proje bölüm bölüm ayrılabilir.
- 2) Yapılması gereken her işin zamanlaması olmalıdır.
- 3) Ağ diyagramlar etkinlikler arasındaki mantıksal ilişkiler bilinir ve diyagram içine yerleştirilir.

Ağlar genellikle oklar ve çemberler (ya da kare) kullanılarak çizilir. Her ne kadar bu diyagramlar çeşitli isimlerle anılsa da, gösterimleri genellikle benzerdir. Şekil 2.7. ve 2.8. aynı projenin ağ diyagramının iki farklı gösterimle ifadesidir. Şekil 2.7. deki diyagram (çizim) genellikle “ok” ya da “okun üstünde etkinlik” ve Şekil 2.8. deki ise “düğüm”, “öncelik” veya “faaliyet” olarak adlandırılır (Stevens 2008).



Şekil 2.7. Oklu diyagram

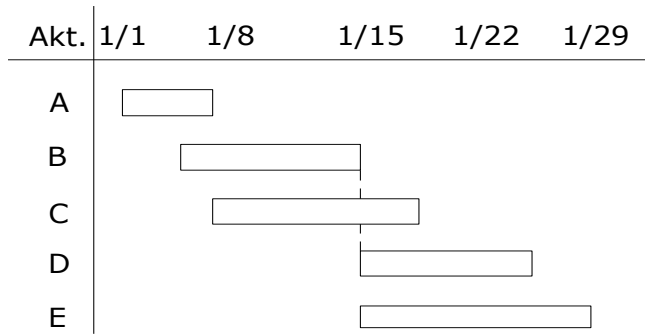


Şekil 2.8. Ağ diyagram

Ağ diyagramını etkili bir yapı yönetimi için kullanılır. Asıl kullanım alanları ve yayılmalarının ana sebebi, yapının zamandaki değişimini matematiksel bir modelle gösterebilmeleridir. Süreçte bir parça değiştirilmek istendiğinde, projeye olan etkisini gözlemlemeye olanak verir. Ağ diyagramları aynı zamanda gecikmeden kaynaklanan yasal iddiaların halledilmesinde, ilerleme ödemelerinin belirlenmesini basitleştirmede, nakit para akışının analizinde ve masrafların kontrolünde kullanılmaktadır.

Şekil 2.7.'deki örnek için, iş düzenleyicinin D ve E faaliyetleri vardır. B faaliyeti biterken D ve E faaliyetleri başlıyor. Eğer B faaliyeti zamanında biterse; her şey yerinde olacaktır ama B faaliyeti eğer 1 hafta gecikirse, D ve E faaliyetlerinde ne gibi etkiler olur? Bu soru yalnızca çubuk grafik ile hesaplanamaz. Belki D faaliyeti, B faaliyetinde kullanılan bir makineye ihtiyaç duyar. Bu yüzden B tamamlanana kadar ve makine uygun hale gelene kadar ertelenmelidir. B ve D faaliyetlerinden bağımsız sebepler nedeniyle, belki E 1/15 'te başlamak üzere planlanmalıdır.

Yaygın olarak kullanılan ve ağ diyagramlarından ayrılan diğer bir teknik ise çubuk diyagramdır. Çubuk diyagram, kolay oluşturulabilen ve en çok inşaat projelerinde kullanılan bir tekniktir. Ancak tek başına kullanıldığı zaman ise ciddi bir zorluğa sahiptir. Harf vasıtasıyla sadelik için atanan Şekil 2.9.'daki faaliyetler; projenin kazma, biçimlendirme vb. gibi bölümleri temsil eder. Çubuk diyagramın en üst karşı tarafında, tarihi gösteren takvim zaman satırıdır. Yatay çizgiler, ya da çubuklar, tarihlerle ilgili faaliyetlerin ne zamana planlandıklarını gösterirler (Stevens 2008).



Şekil 2.9. Çubuk Diyagram

Ağ zaman çizelgelerinin kullanılış amacı, işin kesin bir tarihte tamamlanması için bir projenin çeşitli aşamalarını başlatmaları ve sonlandırılmaları gerektiğinde faaliyetlerin olası zaman tekrarını ayarlamaktır. Yapıda kullanılan en genel süre planlama ağları; CPM (Critical Path Method) ve PERT (Project Evaluation and Review Technique) yöntemleridir. Düşük maliyet ve yüksek hızlı bilgisayarların yaygın olarak kullanılmasıyla, Monte Carlo simülasyonunda kullanılan teknikler popüler olmaya başlamıştır.

2.3.2. Kritik Yol Yöntemi (CPM)

Kritik Yol Yöntemi çok aktiviteli, karmaşık yapıları projelerin planlama ve kontrolleri için geliştirilmiş ve uluslararası alanda kabul görmüş popüler bir yöntemdir. Bu yöntem ilk olarak 1950 yılında Du Pont ve Remington Rand ortak girişimi tarafından, tesis bakım projelerinde kullanılmıştır (Albayrak 2001).

CPM şebekeleri, projede yer alan faaliyetlerin ve bu faaliyetler arasındaki ilişkilerin grafiksel gösterimleridir. Şebeke üzerinde, faaliyet ilişkilerinden yola çıkarak hesaplanan, her faaliyetin erken ve geç başlangıç ile erken ve geç bitiş tarihleri bulunmaktadır. Böylece, CPM şebekesinde, projenin tüm elemanlarını, ilişkileri ve zaman bilgileri aynı çerçevede bir bütün halinde görülebilmektedir. Kritik yol yöntemi uygulanmasına karar verilen bir projede izlenecek adımları şu şekilde sıralamak mümkündür:

- 1) Proje Faaliyetlerinin Belirlenmesi
- 2) Faaliyetler Arasındaki İlişkilerin, Sıranın Belirlenmesi
- 3) Şebeke Diyagramının Oluşturulması
- 4) Faaliyetlere Kaynak ve Maliyet Atanması
- 5) Faaliyet Sürelerinin Hesaplanması
- 6) Şebekedeki En Uzun Yolun (Kritik Yol) Hesaplanması
- 7) Şebekenin Proje Kontrolünde Kullanılması

CPM'in temel prensibi projenin kritik yolunun belirlenerek, projenin bu kritik yol üzerinden yürütülmesidir. Kritik yol, projenin tüm faaliyetlerinin tamamlanması için gerekli olan en uzun yoldur. Aynı zamanda bu, bir projenin tamamlanabileceği en kısa süredir. Projenin kontrol faaliyetleri kritik yol üzerinden yapılır. Kritik yol üzerinde bulunan faaliyetlere, kritik faaliyetler adı verilir. Kritik faaliyetlerin planlandığı sürede tamamlanmaları gerekir. Aksi takdirde iş programında sarkmalar meydana gelir ve bu sarkmalar projenin gecikmesine neden olur. Dolayısıyla istenmeyen durumlarla karşılaşmamak için kritik faaliyetler çok iyi bir şekilde etüt edilmeli ve kontrol altında tutulmalıdır.

Bolluğu sıfır olan faaliyetler kritik faaliyetlerdir. Kritik faaliyetlerin erken ve geç başlama zamanları aynıdır. Fakat uygulamada programı yapan kişinin inisiyatifine göre, kritik faaliyetlerin bolluk miktarları sıfırdan farklı kabul edilebilir. İşin kapsam ve önemine göre, programı yapan kişinin tercihinin bağlı olarak bolluk miktarı on gün ya da yirmi gün olan faaliyetler de kritik faaliyetler olarak tanımlanabilirler. Zamanla, proje ilerledikçe kritik faaliyetlerin tamamlanması veya bazı faaliyetlerdeki gecikmelerin proje süresini etkilemesi durumunda, projenin mevcut kritik hattı değişebilir.

Dolayısıyla oluşabilecek yeni kritik yolların erken teşhisi için, kısa ve düzenli aralıklarla faaliyetlerin bolluk miktarlarını kontrol etmek gerekmektedir.

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

CPM, zamana ve maliyete odaklanarak kritik yol üzerinden etkin bir proje yönetimine imkan sağladığından, inşaat projeleri için oldukça faydalı bir yöntemdir. İnşaat projeleri, çok sayıda faaliyeti bünyesinde barındıran karmaşık yapıları çalışmaları olup zamana karşı yapılan bir yarışır. İnşaat sektöründe, projelerin bütçesini aşmadan, zamanında, öngörülen kalitede ve kazasız tamamlanması amaçlanır. Herhangi bir faaliyetteki gecikme, ilişkili olduğu diğer faaliyetleri ve belki de projenin tamamlanma süresini etkileyeceği için, faaliyetler arasındaki etkileşimin sürekli kontrol altında tutulması gerekir. CPM şebekeleri ve bünyesinde yer alan zaman, kaynak ve maliyet analizleri bir projenin planlaması ve kontrolünde halen kullanılmakta olan en güçlü analitik araçlardır. Her ne kadar inşaat projelerinde doğasından ötürü bazı belirsizlikler var olsa da, genel olarak her faaliyetin tamamlanması için gerekli olan zaman ve para miktarı gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edilebilmektedir.

İnşaat işlerinde, hakedişler genellikle bir kısım ana kalemler ya da ara hedefler tamamlandıktan sonra ödenir. Zamanında tamamlanamayan hedefler için ise cezalar söz konusu olabilmektedir. Dolayısıyla bir ürün planlandığından ne kadar geç ortaya çıkarsa, bir iş planlandığından ne kadar geç tamamlanırsa, işi yapan kişinin (yüklenicinin) o derece zararlıdır ve istenmeyen bir durumdur. Bu yüzden bazen iş sahipleri, projenin geciken ya da ileride gecikebilecek kısımlarının daha kısa sürede tamamlanabilmesi için daha fazla maliyeti ve ek kaynak kullanımını göze alabilir. Buna

sıkıştırma (crashing) adı verilir. Sıkıştırma işleminin amacı, en az maliyetle mevcut iş programı üzerinde mümkün olan en büyük sıkıştırmayı gerçekleştirmektir.

Faaliyetlerin tamamlanma zamanlarını öne çekmek için her faaliyete ek kaynak ataması düşünülse de bu yüksek maliyetlere yol açar. Bunun yerine en mantıklı adım, kritik yol üzerindeki faaliyetlere ek kaynak atanmasıdır. O halde proje süresinin kısaltılması için, kritik faaliyetlerde kaynak artırımı yapılarak kritik faaliyet sürelerinin azaltılması gerekir. Eldeki kaynaklar sınırsız olsa bile kaynak artırımı bir yere kadar yapılabilir. Örneğin ekipmanı ele alırsak, iki iş makinesinin aynı anda çalıştırılması işin doğası gereği veya iş sahasının elverişsizliğinden dolayı mümkün olmayabilir. İşgücü olarak bakarsak, yüz kişinin aynı anda bir odada çalışamayacağını veya günlük mesai saatlerinin sınırlı olduğunu göz önüne almak gerekmektedir.

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

Sonuç olarak sıkıştırma ve hızlı takip işlemleri; daha hızlı üretim çabası gerektiren, maliyet artışına neden olan, işlerin yeniden yapılma ve erken tarihlerin kaçırılma olasılıklarını artıran, yüksek riskli tekniklerdir. Bu iki yaklaşımdan başka, proje süresini azaltabilmenin bir başka yolu da işin kapsamını değiştirmek olabilir. Bunu da daha çok küçülme olarak nitelendirmek mümkündür.

2.3.3. Program Geliştirme ve Gözden Geçirme Tekniği (PERT)

PERT, CPM'in bir varyasyonu olup projenin her aşamasındaki zaman tahminlerine az da olsa daha şüpheli (sorgulayıcı) bir bakış açısı ile yaklaşan bir yöntemdir (Albayrak 2001). CPM'de olduğu gibi, projelerin tamamlanabileceği en kısa zaman süresinin belirlenmesi esasına dayanır. CPM ile PERT arasındaki en önemli farklılık, CPM'de

faaliyet sürelerinin kesin olarak belirlenebildiği varsayımına karşılık PERT’de projenin belirsizlik ortamında yürütüldüğü ve çeşitli şans faktörlerinden kaynaklanan birtakım değişikliklerden etkilenebileceğinin göz önüne alınmasıdır. Dolayısıyla zamanla projede meydana gelebilecek bu değişikliklerin ve aksaklıkların, faaliyet sürelerine etki edeceği çok açıktır. PERT’in temel amacı; üçlü süre tahmininin, faaliyetlerin içerdikleri belirsizlikleri, zaman tahminlerine en iyi şekilde yansıtmaktır. Ayrıca PERT’de, CPM’e ek olarak projenin farklı tarihlerdeki tamamlanma olasılıkları da hesaplanabilmektedir. Böylece proje yöneticisi, istenilen herhangi bir tarihte projenin tamamlanıp tamamlanamayacağını öğrenebilir ya da o tarihte işin ne kadarlık bir kısmının biteceğini önceden öğrenerek buna göre düzeltici önlemler alabilir.

PERT analizinde faaliyet süreleri belirlenirken; belirsizliklerin ve şans faktörünün etkisini faaliyetlere yansıtmak adına, bir takım olasılık hesaplarından yararlanılır. Bu olasılık hesaplamalarında kullanılmak üzere her bir faaliyet için en iyimser, en kötümser ve en olası süreler olmak üzere üç farklı tipte faaliyet süresi söz konusudur. Bu süre tipleri;

En İyimser Süre (a): İşlerin sorunsuz bir şekilde gitmesi halinde faaliyetlerin tamamlanabileceği en kısa süre miktarıdır.

En Kötümser Süre (b): İşlerin ters gitmesi halinde (hava şartları, grev, malzeme tarihlerindeki gecikme vb. nedenlerden dolayı) faaliyetlerin tamamlanabileceği en uzun süre miktarıdır.

En Olası Süre (m): Eski çalışmalar, birikimler ve benzer projeler göz önüne alındığında bir faaliyetin normal şartlarda tamamlanabileceği tahmini süredir.

Bu değerler atandıktan sonra artık projede yer alan her bir faaliyetin süresi hesaplanabilir. Faaliyet süreleri belirlendikten sonra, tıpkı CPM’de olduğu gibi kritik faaliyetlerin sürelerinin (μ) toplanmasıyla kritik yol elde edilir.

PERT’de faaliyet süreleri üçlü süre tahmininin kombinasyonundan oluşan bir formül yardımıyla hesaplanır. Buna göre faaliyet süreleri;

a: En iyimser süre

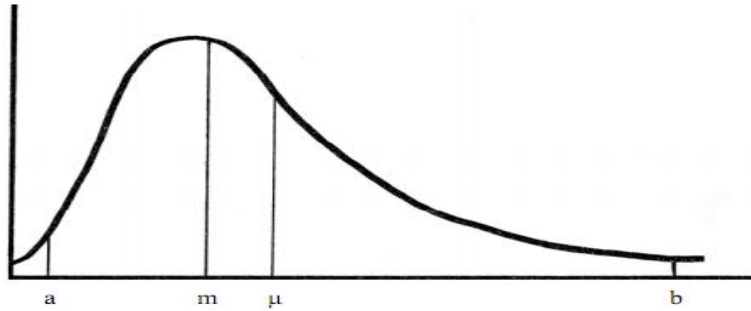
b: En kötümser süre

m: En olası süre

μ : Beklenen ortalama faaliyet süresi olmak üzere;

$\mu = (a + 4m + b) / 6$, formülü ile hesaplanır.

Her bir faaliyetin beklenen ortalama süresi (μ), a-b aralığında olmalıdır. En olası süre (m) ise; ya $(a+b) / 2$ 'ye eşit ya da en iyimser veya en kötümser süreden birine daha yakındır. PERT'de üç süre tahmini yapılarak, faaliyet süreleri ile ilgili ihtimalin bir ' β dağılımı' meydana getirdiği kabul edilmiştir (Doğan 1995).



Şekil 2.10. Beta dağılım eğrisi

PERT analizinin en büyük dezavantajlarından biri, üç tahmini süre belirlenirken çok sayıda veriden yararlanılması gerekliliğidir. Ayrıca bu tahminler tamamen nesnel olup programı yapan kişinin bilgi ve deneyimiyle alakalıdır. Dolayısıyla bu iki konu göz önüne alındığında bu tahminlerdeki zorluk ve yanılma ihtimali oldukça yüksektir. Yani bu üç farklı tip süre tahmini, faaliyet sürelerinin gerçeği yansıtması açısından ne kadar olumlu ise herhangi birinin yanlış hesaplanması halinde doğacak sapmalar açısından da o derece zararlıdır.

2.3.4. Monte Carlo Simülasyonu

Monte Carlo simülasyonu yeni bir teknik değildir, ancak ağ diyagramında kullanılması yenidir. Yeni olmasının nedeni hızlı ve hesaplı bilgisayarların bulunmasıdır. Teknik, rastgele sayıları kullanarak faaliyetlere olası süreleri tayin etmek için bir proje süresi tahmin edilerek simülasyondan faydalanır ve sonra proje süresi için CPM algoritmasını çözer. Birçok defa bu süreci tekrarlayarak, olası proje süresini üretebilir (Stevens 2008).

2.4. Proje Maliyet Yönetimi

Rekabetin iyice arttığı dünyada projelerin başlatılması, o proje sonunda ortaya çıkacak karın ya da zararın büyüklüğüne göre verilmektedir. Projelerin ortaya çıkmasında da rol oynayan temel sebep ya proje sonunda bir gelir elde etmektir ya da var olan harcamaların kısılmasına olanak sağlayacak düzenekleri oluşturmaktır. Bu durumda, proje yöneticisi atandığı projenin finansal olarak değerlendirmesini yapabilmelidir.

Her proje mutlaka kar sağlamak için yapılır diye de bir kural yoktur. Bazı durumlarda firmalar sonunda zararla biteceğini, bildikleri projelere bile başlayabilmektedirler. Bu üst yönetimin stratejik kararlarının sonucu olabileceği gibi yasal zorunluluklarında sonucu olabilmektedir (Tekir 2006).

Finansal destek olmadan, projenin başlatılması için gerekli ön yatırımlar yapılmayacağı gibi, sistemin yürütülmesi için gerekli olan operasyonel faaliyetler de yapılamaz. Bu durumda iki türlü maliyet kalemi ile karşılaştığımızı söyleyebiliriz.

- Yatırımlar; bir kez yapılmaktadır.
- Operasyonel harcamalar; proje süreci esnasında ortaya çıkmaktadır.

Bu başlıklar altında pek çok maliyet kalemi yer alır. Yatırımların altında, makine satın alımı ve insana yapılan eğitim danışmanlık yatırımları düşünülebilir. Operasyonel harcamaların altında ise, projelerin ortaya çıkışından sonra sistemin işletilmesi için, sistemin bakım masrafları, bu sistemden sorumlu olacak kişilere yapılacak harcamalar vb. gerekli olan maliyetlerdir (Tekir 2006).

Maliyet hesabı, fiyat ile karıştırılmamalıdır. Fiyatlandırma bir şirket politikasıdır. Maliyette önemli olan ürünün ne kadar harcama yapılarak üretilebileceğinin hesaplanmasıdır. Bunun için de parçalara ayrılmış iş yapısı, kaynak verileri, faaliyet süresi tahminleri, tecrübe ve hesap grafikleri kaynak alınır. İnşaat sektörü vb. alanlarda yıllık olarak çıkarılan birim fiyat katalogları da önemli maliyet hesabı kaynaklarıdır. Bilgisayarların da kullanılarak, bu kaynakların değerlendirilmesi ile maliyet tahminleri

elde edilir. Bu çalışmanın sonucu olarak ayrıca yeni destek detaylar elde edilir ve maliyet yönetimi planı oluşturulur. Maliyet için bütçe oluşturulması ve bu bütçenin takibi ile değerler elde edilmesi aynı zamanda iyi bir proje kontrol sistemidir (Bayar 1990).

Projeden elde edilecek karı belirlemek, maliyetleri belirlemek kadar kolay değildir. Projenin tanımlanmasıyla ortaya çıkacak kazanımları iki alt başlıkta incelemek gerekir;

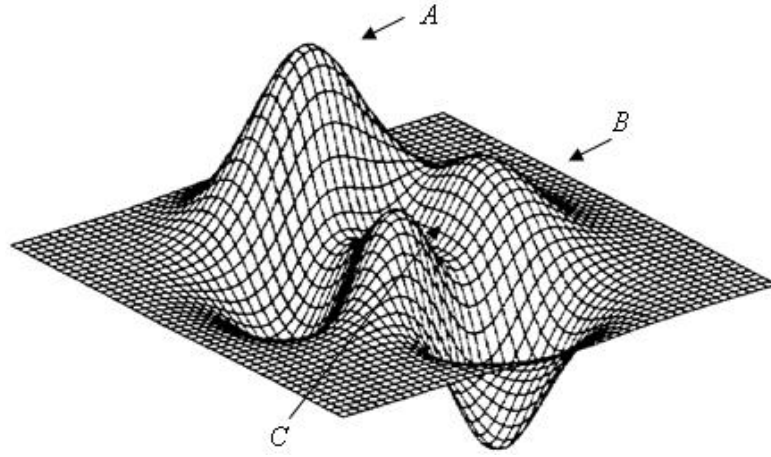
1) *Gözle görülür ölçülebilen kazanımlar (maddi kazanımlar)*: Düşük riskli, tahmin edilebilen ve kolaylıkla ölçülebilen karlardır. Bu karlar, proje sonucunda azalan maliyet kalemleriyle veya artan satışlarla ortaya çıkar. Azalan maliyet kalemleri; personel giderleri, malzeme tasarrufu, üretim kapasitesinin artması gibi sebeplerden oluşabilir. Satışların artması ise; pazar payındaki artış, satış sonrası hizmetlerin güçlenmesi, pazarlama departmanının verimliliği gibi faktörlerle oluşabilmektedir.

2) *Gözle görülmeyen hissedilebilen kazanımlar*: Tam olarak finansal bir değerlendirme yapılmadığı karlardır. Eğer birden fazla proje alternatifi ve bunların ölçülebilir karları arasındaki farklar birbirine yakınsa gözle görülmeyen kazanımlar dikkate alınarak proje seçimi yapılmaktadır (Tekir 2006).

Bir proje başlatılırken karların ve maliyetlerin karşılaştırılması esastır. Şirketin devamlılığını sağlaması için, karın maliyetlerden yüksek olduğu projelere girmesi gerekecektir. Fakat kar ile maliyetleri karşılaştırmakta ayrı bir uzmanlık gerektirmektedir. Bu karşılaştırmayı yapacak olan kişiler, finans bilimini ve alandaki araçları kullanmayı bilmelidir (Tekir 2006).

2.5.Optimizasyon Kavramı ve Optimizasyon Teknikleri

Optimizasyon, hedeflenen sonuca ulaşmak için gerekli kaynakların (işgücü, zaman, maliyet, işlem, araç donatım, hammadde, erzak, kapasite, güvenlik vb.) mümkün olan en iyi kullanımını hesaplama yöntemidir. Hedeflenen sonuç veya işlem zamanını en aza indirmek yada üretimi, servis düzeyini veya faydayı en fazla yapmak olabilir.



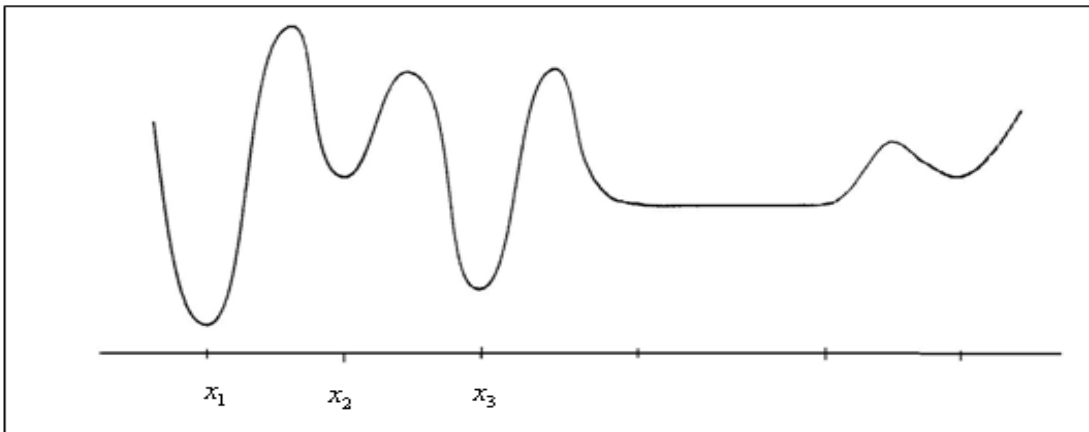
Şekil 2.11. Örnek bir optimizasyon yüzeyi (Goldberg 1989)

Şekil 2.11.'deki optimizasyon yüzeyi göz önüne alındığında optimizasyon umulan etkili bir yüzey araştırmasıyla en yüksek tepeye ulaşmaktır. Genellikle optimizasyon yüzeyi görünmez ve amaç bu körlüğü ortadan kaldırmaktır.

a) Global Optimum: Çözüm kümesi içindeki noktalardan en iyi amaç fonksiyonu değerinin veren nokta global optimum noktasıdır. Amacı minimum noktayı bulmak olan bir optimizasyon problemi için amaç fonksiyonunu $f(X)$ ve mümkün çözüm noktaları kümesi S olarak tanımlanırsa;

$$f(x_*) \leq f(x)$$

Şartını $x \in S$ noktaları için sağlayan x_* noktası global optimum noktasıdır.



Şekil 2.12. Global ve lokal optimum noktalar (Nash ve Sofer 1996)

Şekil 2.12.' de görülen grafikte x_1 noktası fonksiyonun en düşük değer aldığı nokta olduğundan global minimum noktasıdır. Şekil 2.11.' deki optimizasyon yüzeyinde görülen problem için en yüksek değer aranması durumunda global optimum noktası A olarak tespit edilecektir.

Global optimizasyon problemleri; finans, atama, ve yerleşim problemleri, yöneylem araştırması, istatistik, yapısal optimizasyon, mühendislik tasarımı, şebeke ve taşıma problemleri, yonga tasarımı ve veritabanı problemleri, nükleer ve mekanik tasarım, kimya mühendisliği tasarımı ve kontrolü ile moleküler biyoloji gibi pek çok uygulama alanına sahiptir.

b) Lokal Optimum: Çevresindeki noktalara göre amaç fonksiyonu değeri en iyi sonucu veren lokal optimum noktasıdır. Amacı minimum noktayı bulmak olan bir optimizasyon problemi için amaç fonksiyonu $f(x)$ ve mümkün çözüm noktaları kümesi S olarak tanımlanırsa;

$$f(x_*) \leq f(x)$$

Şartını herhangi bir pozitif ϵ sayısı için,

$$x \in S, \quad x \neq x_*, \quad \|x - x_*\| < \epsilon, \quad \text{sağlayan } x \text{ noktası lokal minimum noktasıdır.}$$

Şekil 2.12.' deki x_1 , x_2 ve x_3 noktaları lokal minimum noktalarıdır. Şekil 2.12.' deki problemin en yüksek değeri araması durumunda, tepe noktaları lokal optimum noktalarıdır. Bir problemde tek bir lokal optimum noktası varsa o nokta aynı zamanda global optimum noktasıdır.

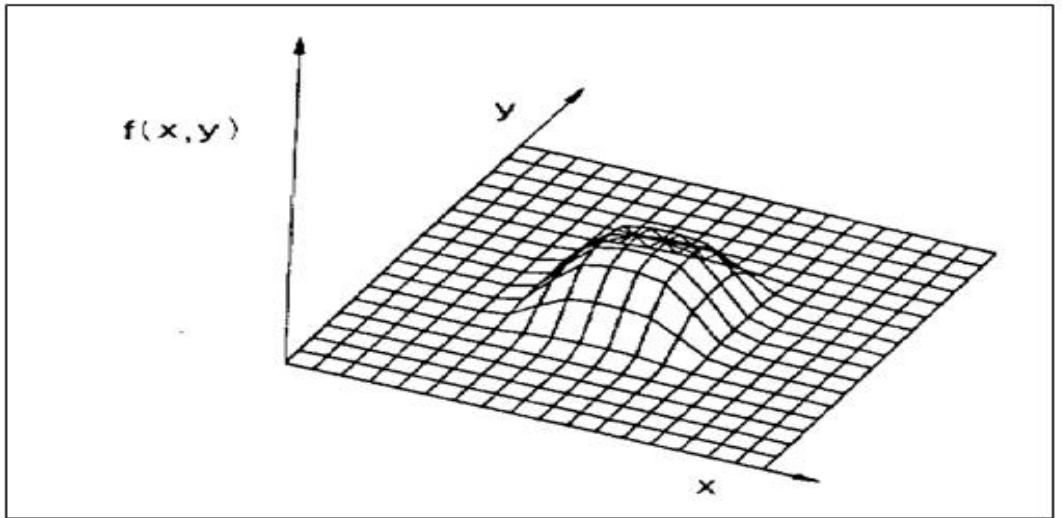
2.5.1. Temel Optimizasyon Teknikleri

Optimizasyonu sağlamak için kullanılan araştırma yöntemleri hesap tabanlı yöntemler, sıralamalı yöntemler ve rasgele araştırmalı yöntemler olarak üç temel bölüme ayrılmaktadır (Goldberg 1989).

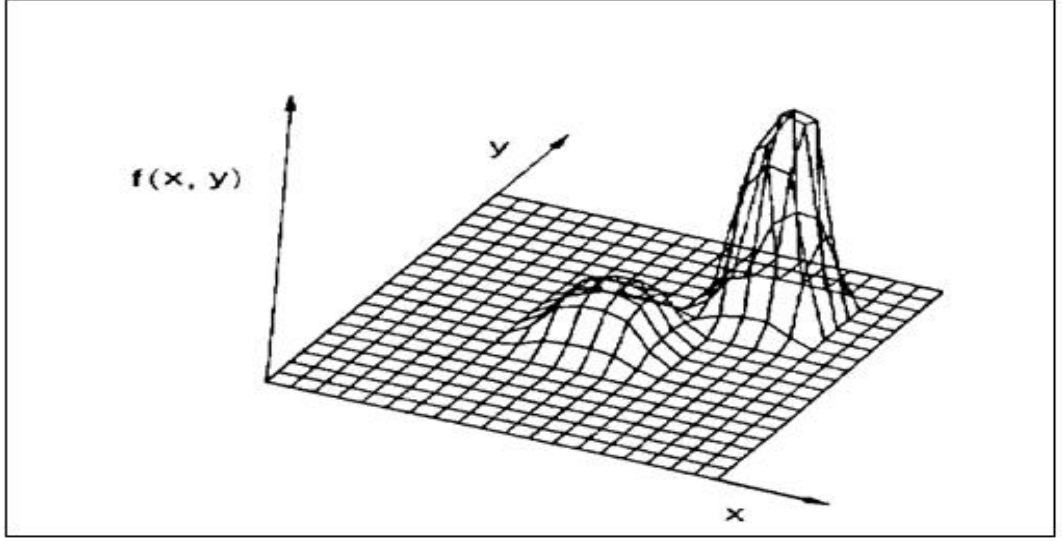
a) Hesap Tabanlı Yöntemler: Hesap tabanlı yöntemler doğrudan ve dolaylı yöntemler olarak iki gruba ayrılabilir. Dolaylı yöntemde amaç, fonksiyonun türevini sıfıra eşitleyerek problemin çözüm kümesindeki lokal uç noktaların bulunmasıdır. Bu uç noktaların amaç fonksiyonunda yerine konulmasıyla optimum çözümün bulunması amaçlanmaktadır.

Doğrudan yöntemde ise çözüm kümesi içinde herhangi bir nokta tespit edilir. Bu noktanın optimum olup olmadığı hesaplanır, eğer optimum değilse başka bir noktaya geçiş yapılır. Bu işlem optimum nokta bulunana kadar sürdürülmektedir.

Hesap tabanlı yöntemler oldukça yoğun olarak kullanılmakta olsa da bazı basit nedenlerle güvenilirlikleri tam değildir (Goldberg 1989).



Şekil 2.13. Hesap tabanlı yöntemler için tek doruklu fonksiyon
(Goldberg 1989)



Şekil 2.14. Çok doruklu fonksiyon (Goldberg 1989)

İlk olarak aranan optimum noktaya ulaşmak için mevcut noktanın çevresindeki en iyi nokta araştırılmaktadır. Bu işlem Şekil 2.13.' de gösterilen çözüm kümesi için geçerli olsa da birden fazla tepe olan Şekil 2.14.'deki gibi bir çözüm kümesinde seçilen noktanın küçük tepeye daha yakın olması durumunda küçük tepeye tırmanmayı sağlayacaktır. Hesap tabanlı yöntemlerin kullanılmasında karşılaşılabilecek diğer sorun ise bu yöntemlerin büyük bir çoğunluğunun türev hesabına dayanıyor olmasıdır. Gerçek problemler için sıfır veren noktaları her zaman bulmak mümkün olmayabilir.

Hesap tabanlı optimizasyon yöntemlerini Fibonacci, Newton ve Greedy olarak 3 başlık altında incelenmektedir.

b) Sıralamalı Yöntemler: Bu yöntemde amaç, sınırlı olan araştırma alanında her noktanın amaç fonksiyonu değerini hesaplayarak optimum noktaya ulaşmaktır. Basit bir yöntem olmakla beraber ancak küçük boyutlu problemlerin çözümünde kullanılabilir. Bu yöntemin geliştirilmesi ile oluşan dinamik programlama da orta büyüklükteki problemlerde kullanılmakta ancak gerçek dünyada daha karmaşık problemler için yeterli olmamaktadır (Goldberg 1989).

Dinamik programlama ve Dal – sınır yöntemi, sıralamalı optimizasyon yöntemlerinin en çok kullanılan iki metodudur.

c) Rastgele Araştırmalı Yöntemler: Rastgele araştırmalı optimizasyon yöntemleri, günümüz problemlerine yönelik en uygun çözümü veren, problemlerin yapısına uygunlukları nedeniyle karar vericiler tarafından en çok tercih edilen yöntemlerdir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar sayesinde birçok farklı bilim alanında bir çok farklı konu üzerinde optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar rastgele araştırmalı optimizasyon tekniklerinin gelişmesine önemli katkıda bulunmuştur. Evrimsel algoritmalar, tabu arama yöntemi, tavlama benzetimi yöntemi, sinir ağları ve karınca kolonisi yöntemleri literatürde en çok bilinen ve en çok uygulama alanı bulan yöntemlerdir.

2.6. Yöneylem Araştırmasının Teknikleri

Yöneylem araştırması, gerek işletme içinde gerekse yönetimde karşılaşılan problemlerin çözümüne yardım etmek ve etkinliklerini artırmak için matematiksel ve mantıksal modelleri uygulayan bir bilim dalıdır. Yöneylem araştırması problemlere bilimsel yolla yaklaşarak modele ait parametreleri, modelin yapısını ve bunların test edilmelerini de kapsayarak, sınırlı kaynakların kısıtlayıcı koşullar altında karar verme açısından optimum, yani en iyi çözümün ne olacağını araştırmaktadır Yöneylem Araştırması terimi karar problemlerinin analizinde matematiksel tekniklerin kullanımıyla eş anlamlı olarak düşünülebilir. Matematik ve matematiksel modeller her ne kadar temel teşkil ederse de yöneylem araştırmasıyla yapılan iş özellikle matematik modeller kurup onları çözmekten çok, problem çözme temeline dayanır. Yöneylem araştırması kıt kaynakların tahsisini içine alan sistem yönetimine bilimsel bir yaklaşım olup, sistemin kantitatif modeli, amaçların tahmini, kontrolü ve optimizasyonu ile gelişmektedir. Yöneylem araştırması bir yaklaşım biçimidir ve bu yaklaşım biçimi çeşitli işletme ve organizasyon problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır (Özkan 2005).

Yöneylem Araştırması'nın amaçlarını iki grupta toplamak mümkündür.

- 1) İnsan makine sistemlerinin yapısını ve davranışlarını inceler, açıklar.
- 2) Bu sistemlerin amaç ve hedeflerine uygun yönetim ve kontrollerine ait karar verme sorunlarını çözmek veya çözüm için uygun yöntemler ve teknikler geliştirmektir.

2.6.1. Yöneylem Araştırması Uygulama Alanları:

- Doğrusal Programlama
- Tamsayılı Programlama
- Şebeke Optimizasyonu
- Hedef Programlama
- Doğrusal Olmayan Programlama
- Proje Yönetimi Teknikleri
- Karar Analizi Teknikleri
- Stok Yönetimi Modelleri
- Kuyruk Teorisi Modelleri
- Simülasyon Teknikleri

Her birinin çeşitli sektörlerde yüzlerce uygulaması olan bu tekniklerden, başarılı olan bazı yönetim bilimi uygulamaları ve temel karakteristikleri, aşağıda özetlenmiştir (Ulucan 2007):

San Francisco Polis departmanı, devriye polis sayısını azaltmak için Optimizasyon Tabanlı Karar Destek Sistemi geliştirmiştir. Bu sistem devriye ihtiyacını saat bazında tahmin ederek, bu tahmin sürecinde, maksimum kapsama alanı ve maksimum vatandaş gereksiniminin karşılanmasını hedeflemektedir. Tamsayılı arama prosedürü, ortalama %25 daha fazla devriye bulunduğu sonucunu üretmiştir. Bu 200 personele eşdeğerdir ve yıllık 11 milyon dolar tasarruf sağlayabilmektedir. Ayrıca müdahale süreleri %20 kısalmış ve trafik suçlarından gelirler 3 milyon dolar artmıştır (Interfaces 1998).

Fast food sektöründe faaliyet gösteren Taco Bell'in ABD'de 6490 şubesi bulunmaktadır ve uluslar arası alanda da hızla gelişmektedir. 1990'lı yılların sonunda şirketin yıllık satışları yaklaşık 4,6 milyar düzeyinde bulunmaktadır. Şirket daha etkin ve düşük maliyetli çalışmak için operasyonlarını yeniden tasarlamaya karar vermiş, bu amaçla bir grup yöneylem araştırması modeli geliştirmişlerdir. Bu modeller, müşteri geliş hızını tahmin eden öngörü modelleri, bu müşteri geliş hızında en iyi düzeyde servis verecek personel sayısını belirleyen simülasyon modelleri, minimum maliyetle işgücü tahsisini yapan optimizasyon modelleri sayılabilir. 1997 yılında bu modellerin kullanılmasıyla iş gücü maliyetlerinde 53 milyon dolar tasarruf sağlanmıştır (Interfaces 1998).

Elektrik üretip dağıtan Southern Company, önemli bir maliyet bileşeni olan yakıt maliyetlerini minimize edecek bir sistem geliştirmişlerdir. Dinamik programlama ve Tamsayı Programlama tekniklerini kullanan optimizasyon paketi, şirketin 7 yıl içinde 140 milyon doların üstünde yakıt maliyeti tasarrufu yapmasına olanak sağlamıştır (Interfaces 1991).

Tata Steel kırı kaynaklarını yönetebilmek ve kapasite dengesizliklerini ortadan kaldırmak için operasyonlarını optimize etmek üzere bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. 1983-1986 yılları arasında geliştirilen bu karar destek sistemi karışık tamsayı programlama ve hiyerarşik optimizasyon modelleri içermektedir. Bu modeller pazarlama, kapasite, verimlilik, karlılık, ürün akış-dağıtım rotaları, enerji kullanımı ve çelik endüstrisinin temel girdilerinden olan oksijen kullanımı ile ilgili kısıtları kapsamaktadır. Bu modelleri kullanarak sadece fabrikalarda kullanılan enerjinin optimal dağılımından 1987 yılında 73 milyon dolar fayda sağlanmıştır. Bu faydanın sonucunda, yönetim diğer alanlarda da optimizasyon modelleri kullanmaya başlamıştır. Bu modellerin kullanılmaya başlanmasıyla Tata Steel asıl faaliyet amacını üretimi maksimize etmekten, kar katsayısı maksimize etmeye değiştirmiştir (Interfaces 1995)

2.6.2. Yöneylem Araştırmasında Model Kurma

Çoğu yöneylem araştırması uygulamalarında, karar değişkenlerinin fonksiyonlarla ya da matematiksel denklemlerle sayısal olarak ifade edilebilen amaçları ve kısıtlayıcı

koşulları olduğu varsayılır. Bu durumda da matematiksel modelden söz ederek, sistemin bir matematik ifadeyle anlatılabileceğini belirtmek uygun olacaktır. Daha karmaşık sistemlerde ise farklı yaklaşımlardan biri olan simülasyonla (benzetim) yapılabilir. Simülasyon modelleri, input (girdi) ve output (çıkıtı) arasındaki ilişkilerde matematik modellerden ayrılmaktadır (Özkan 2005).

Model kurarken gözden kaçırılmaması gereken hususlar şöyle sıralanabilir: öncelikle modelin formüllerle ifade edilebilmesi için değişkenler belirlenmelidir. Problemin çözümünde gerçek cevaplar ancak doğru belirlenmiş değişkenlerle mümkün olur. Daha sonra değişkenler arası ilişkiler doğru kurularak ve varsa kısıtlayıcılar iyi belirlenmelidir. Problem denklemlerinde yalnızca uygun değerleri alacak değişkenlere kısıtlama konulmalıdır. Genellikle yöneylem araştırması ile ilgili aşamaları ise şu şekilde sıralamak mümkündür (Özkan 2005).

a) Problemin Tanımlanması: Probleme bir çözüm bulmadan önce problemin tam bir tanımının yapılması gereklidir. Bu tanımlamanın tam yapılamaması halinde probleme uygun bir cevap bulunması mümkün değildir. Probleme ilişkin tam bir tanımın yapılmasının yanı sıra bu aşamada çözüm seçenekleri ve analiz edilen sistemin amaç ve hedefleri de belirlenmeye çalışılır. Söz konusu olacak kısıt ve koşulların da açıkça tanımı yapılır. Önerilen çözümün performansını değerlendirebilmek için kar ve maliyet gibi ölçme kriterlerine gereksinim vardır (Esen 2008).

b) Model Kurma: Model kurulmasında en önemli adım, modelin açıklanması için uygun kararın belirlenerek problemin tanımlanmasıdır. Karar değişkenleri terimi açısından problem kısıtlayıcıları ile amacın sayısal değerlerle ifade edilmesi gerekir. Bir problem belirlendikten sonra yapılacak iş, problemi en iyi şekilde tanımlayacak modelin kurulmasıdır.

Model, analiz edilen probleme ilişkin bileşenlerin ve aralarındaki ilişkilerin soyut bir temsilidir. Model kurma sürecinin en önemli bölümünü, bileşenler arasındaki ilişkilerin açık bir şekilde tanımlanması oluşturmaktadır (Esen 2008).

c) Modelin çözümü: Modelin çözüm aşamasında, eğer matematik model kullanılmış ise en iyi (optimum) çözümün elde edildiği söylenir, ancak modeli optimum çözümünün çok güvenilir olması gerekir. Simülasyon ya da sezgisel model kullanılmış ise, en iyi çözüme yaklaşım yapıldığı ifade edilir. Sistemin parametrelerinde olabilecek değişikliklerin incelenmesi de mümkündür ve genel olarak duyarlılık analizi yapılarak güvenli çözüm sağlanabilmektedir.

d) Model Doğrulama: Bu aşamada modelin oluşturulması sürecinde yapılmış olan varsayımların doğruluğu analiz edilir. Bir başka ifade ile modelin temsil ettiği sistemin çalışmasını gerçek anlamda yansıtmayı yansıtmadığı araştırılmaktadır.

e) Elde edilen sonuçların açıklanması: Elde edilen sonuçlar uygulayıcılara detaylı olarak önerilir kuşkusuz bu durumda araştırmacılar ve uygulayıcılar arasında uyum olması gerektiği göz ardı edilmemelidir.

2.6.3. Doğrusal Programlama (DP) Yöntemi

Doğrusal programlama (DP) yaklaşımı, doğrusal yapıdaki kısıtları ihlal etmeden, doğrusal formdaki amaç fonksiyonunu en iyilemeyi sağlayan ve bu eniyileme sonucunda karar değişkenlerinin aldıkları değerleri bulan bir yaklaşımdır. Her doğrusal programlama modelinin üç temel bileşeni vardır: Karar değişkenleri, amaç fonksiyonu ve kısıtlar. Doğrusal programlama, kısıtlı bir optimizasyon olmasından dolayı kıt kaynakların ilgilenilen amacı optimize edecek şekilde dağıtılması olarak da tanımlanabilmektedir.

Gerçek proje problemlerinin büyük bir kısmı elde yeterli veri varsa DP formunda modellenebilir ya da varsayımlarla basitleştirilerek DP formunda modellenecek hale getirilebilir. İlk olarak 1947 yılında ABD’de ortaya konulan model, daha sonra simpleks çözüm tekniğinin gelişimi ile yaygınlaşmıştır. Günümüzde endüstrileşmiş ekonomilerde, çeşitli alanlarda, üretim planlaması problemlerinin çözümünde, tasarruf sağlamada ve pek çok temel işletme problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Herhangi bir firma, normal işlevlerini yerine getirebilmek için, üretim yaparken

hammadde olarak kullandığı kıt kaynakların tahsisinde yapmak zorunda kaldığı seçim konusunda bu modelden yararlanabilir. Ayrıca yatırımcı bir firma da ne tür yatırımda daha kazançlı olduğu problemini DP yardımı ile çözümlenebilmektedir (Özkan 2005).

Doğrusal programlama (DP) tanımı kısaca şu şekilde yapılabilir: DP, amaç kabul edilen doğrusal bir fonksiyonun, yine doğrusal nitelik taşıyan kısıtlayıcı koşullara uymak kaydıyla, optimizasyonu ile ilgili bir yöntemdir. Modelde yer alan kısıtlayıcı koşullar, doğrusal denklem ya da eşitsizliklerle ifade edilir. Tanımda yer alan optimizasyon teriminin kısa bir tanımı da şu şekilde yapılabilir: Optimizasyon (en iyileme) üretim faktörlerinin, en çok verim sağlayacak biçimde tahsisi ve uygulanmasıdır (Özkan 2005).

2.6.3.1. DP Modelinin Tanımı, Yapısı ve Varsayımları

DP modeli kullanılarak çözülebilen ve amacı karın maksimizasyonu ya da maliyetin minimizasyonu olan bir problemde, bir ya da daha çok sayıda denklem yer alır. Problem matematiksel yapıda ise hem amaç fonksiyon hem de kısıtlayıcı koşullar, doğrusal denklemlerle ifade edilmelidir (Özkan 2005).

Bir problemin DP modeli olarak uygulanabilmesi için problemde aşağıdaki unsurların bulunması gerekmektedir (Özkan 2005):

- 1) Kar maksimizasyonu (faydayı maksimize etme) veya maliyet minimizasyonu (giderleri en aza indirme) ifade eden amaç
- 2) Faaliyet/ faaliyetler ile eş anlamlı sayılabileceğimiz alternatif süreçler ya da alternatif üretim teknikleri
- 3) Üretim faktörlerinin ve üretimi etkileyen diğer koşulların fiziki durumlarının veya mevcut kapasitelerinin üretilen ürün üzerindeki etkilerinin ve kısıtlarının matematiksel ifadesi olarak tanımlanan kısıtlayıcı koşullar

Bu unsurlara ek olarak bir problemin DP olarak ifade edilebilmesi için aşağıdaki varsayımların kabul edilmesi gereklidir (Özkan 2005):

A. Doğrusallık: Modeldeki input ve output (girdi ve çıktı) ilişkilerinin doğrusal nitelikte olduğu, bir başka deyişle modelin amacını ve kısıtlayıcı koşullarını belirleyen fonksiyonların doğrusal denklemler olduğu varsayılır.

B. Eşitsizlik: Üretim süreçleri tarafından kullanılan üretim faktörleri toplamının sıfıra eşit, büyük ya da küçük olması koşuldur. Bu ifade tüm üretim kaynakları arzının kullanımının gerekmediği durumlarda (atıl kapasite) söz konusu olabileceğini, ancak üretilen herhangi bir ürün miktarının sıfırdan büyük yada eşit olması gerektiğini ortaya koyar.

C. Negatif Olmama (pozitiflik) Koşulu: Ekonomide negatif üretimden söz edilemeyeceği, yani negatif değerlerin olamayacağı gerçeğinden hareketle, üretim düzeyinin ya da karar değişkenlerinin pozitif veya sıfıra eşit olması gerekliliğinden ortaya çıkan varsayımdır.

D. Kaynakların Sınırlılığı ve Sonluluk: Üretim süreçlerinin, üretim faktörlerinin, alternatif faaliyet sayısının ve kaynak sınırlamalarının sonlu olduğu varsayımdır.

E. Bölünebilirlik: Üretim faktörlerinin ve ürünlerinin bölünebilir yapıda olmaları, yani kesirli olabilecekleri varsayımdır.

F. Toplanabilirlik: Faaliyetlerin birbirlerini etkilemedikleri varsayımdır. Yani tüm faaliyetlerden elde edilecek kazanç her bir faaliyetten ayrı ayrı elde edilecek kazançların toplamına eşittir (ya da maliyet amaçlı bir problemde toplam maliyet, her bir faaliyet için ayrı ayrı yapılan maliyetlerin toplamına eşittir). Oysa gerçekte, faaliyetlerden bir yada daha çoğunda ortaya çıkabilecek arıza bir durum, öteki faaliyetleri de etkileyerek kazanç üzerinde olumlu ya da olumsuz etkiler yapabilecektir.

G. Belirlilik: DP de birim başına kar, her faaliyet için gerekli faktör miktarı ve elde edilecek ürün miktarı gibi ekonomik değerlerin belirli ve sabit olduğu varsayılır.

H. Tek Değerli Beklentiler: Kaynak arzı, input (girdi)-output (çıkıtı) katsayıları ve fiyatların kesin olarak bilindiği varsayılır.

2.6.4. DP Modellerinin Grafik Çözüm Yöntemi İle Çözülmesi

Grafik çözüm yönteminin kullanılabileceği DP modelleri sadece iki karar değişkeni içerebilir. Bu yönü ile grafik çözüm yöntemi, genellikle çok sayıda karar değişkeni içeren, gerçek hayat problemlerinin çözümünde kullanılamamaktadır. Ancak, DP modellerinin pek çok bileşeni ve özelliği iki boyutlu grafikler üzerinde çok daha kolay görülebilmekte ve anlaşılabilir. Aşağıda grafik yöntem ile çözüm, bir örnek üzerinde detaylı biçimde açıklanmıştır.

ÖRNEK 2.6.4.1.:

Boyut Ltd Şirketi masa ve iskemle üretmektedir. Her iki ürün de birincisi montaj, ikincisi ise cilalama aşamaları olmak üzere iki aşamadan geçmek zorundadır. Montaj bölümünün iş kapasitesi 60 saat, cilalama bölümünün iş kapasitesi ise 48 saattir. Bir masanın üretilmesi için montaj bölümünün 4 saat, cilalama bölümünün ise 2 saat çalışması gerekmektedir. Bir iskemlenin üretilmesi için ise montaj bölümünün 2 saat, cilalama bölümünün 4 saat çalışması gerekmektedir. Şirket masa başına 8 \$ iskemle başına da 6 \$ kazandığına göre en fazla karı elde edebilmesi için kaçar iskemle ve masa üretmelidir?

Veriler matematiksel olarak ifade edilir.

I = İskemle

M = Masa, olsun.

Cebirsel olarak problem şöyle ifade edilebilir:

Kısıtlamalar: Montaj: $4.M + 2.I \leq 60$

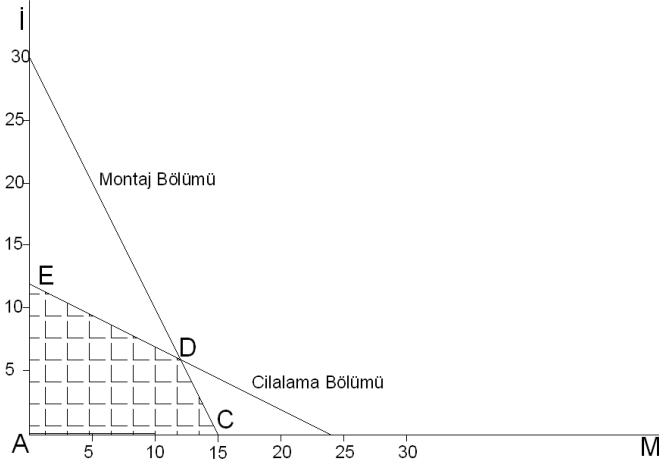
Cilalama: $2.M + 4.I \leq 48$

$$M \geq 0$$

$$I \geq 0$$

Maximum olması istenen fonksiyon: Kar = $8.M + 6.I$

Yukarıda verilen eşitsizlikler grafiğe dökülerek çözüm bölgesi oluşturulur.



D noktasının koordinatlarını hesaplanır.

$$4.M + 2.İ = 60$$

$$2.M + 4.İ = 48$$

denklem sisteminin çözümü D noktasının koordinatlarını verecektir. Buradan D (12,6) olarak bulunur. Grafikte elde edilen; A (0,0) , E (0,12) , C (15,0) ve D (12,6) konveks bölgenin köşe noktalarını oluştururlar.

Dört ayrı köşe noktasının değerlerini hedef fonksiyonda yerleştirerek hangisinin daha fazla kar getirdiğini saptanır.

$$A (0,0) \text{ noktası için: } 8.(0) + 6.(0) = 0\$$$

$$E (0,12) \text{ noktası için: } 8.(0) + 6.(12) = 72\$$$

$$C (15,0) \text{ noktası için: } 8.(15) + 6.(0) = 120\$$$

$$D (12,6) \text{ noktası için: } 8.(12) + 6.(6) = 132\$$$

En büyük karı getiren nokta, 132.\$ ile D noktası olmuştur ve D noktası aranılan optimal çözümü vermektedir. Çünkü, bir doğrusal programlama probleminde eğer optimal bir çözüm varsa bu çözüm mutlaka elde edilen konveks bölgenin uç (köşe) noktalarından birinde olacaktır.

Teorik olarak minimizasyon problemlerinin grafik çözümünün maximizasyon problemlerinkinden bir farkı olmamakla birlikte, minimizasyon problemlerinde ortaya çıkan konveks çokgensel bölgenin kapalı bir alan oluşturmayabileceğine dikkat etmek gereklidir.

2.6.5. Doğrusal Programlamada Simpleks Yöntemi

Yöneticilerin gerçek hayatta karşılaştıkları problemler genellikle ikiden fazla değişken içermektedir. Ancak doğrusal programlamada grafik kullanarak ancak iki değişkene kadar olan problemlerin çözebilmesi mümkündür. Dolayısıyla bu noktada yeni bir yonteme ihtiyaç duyulmuş ve Simplex Metodu diye anılan bu yöntem 1947 yılında George Dantzig tarafından geliştirilerek ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri hava kuvvetlerinde kullanılmıştır.

Simplex metodu hesaplama süreci bir dizi iterasyondan oluşmaktadır. İterasyon sözcüğünün özünde tekrarlamak yatmaktadır. Yani optimum sonuca ulaşmaya çalışılırken sistematik bir kalıp doğrultusunda belli hesaplamalar en iyi sonuca varana dek tekrar tekrar yapılmaktadır. Simplex metodunun bir başka özelliği, her yeni adımın istikrarlı bir biçimde, optimum sonuca daha fazla yaklaşmasıdır. En önemlisi, bu metodun optimum sonuca ulaşıldığını bildirebilmesidir.

Doğrusal programı simpleks yöntemiyle çözmek için aşağıdaki adımlar takip edilmektedir.

Adım 1: $z_l(x) = \sum_{j \in J_l} (w_j^+ y_j^+ + w_j^- y_j^-)$, $l = 1, 2, \dots, L$. formülünü kullanarak; l . öncelik

sınıfına ait alt problemin amaç fonksiyonları belirlenir ve tabloyu oluşturacak tüm veriler toplanır.

Adım 2: X_B^0 olan ilk temel değişkenleri bulunur. f_j pozitif ya da negatif olup olmamasına bağlı olarak y_j^- veya y_j^+ değişkenlerini kullanılır. Ayrıca, kalan kısımları doldurmak için, şayet mümkünse aylak değişkenler kullanılır. Aksi takdirde iki evreli

simpleks yöntemini kullanılır. Karşı gelen başlangıç simpleks tablosunu elde edilir ve $l=1$ olmalıdır.

Adım 3: 1. öncelik sınıfına ait alt problemi, yukarıda bahsedilen temele girecek değişken ve temelden çıkacak değişken kurallarına göre çözülür.

Adım 4: 1. alt problemin çözümü tekse veya $l=L$ ise dur. Diğer durumda, $l=l+1$ olsun ve Adım 3'e geri dönülür

ÖRNEK 2.6.5.1.:

Boyut Ltd şirketi masa ve iskemle üretmektedir. Her iki ürün de birincisi montaj, ikincisi ise cilalama aşamaları olmak üzere iki aşamadan geçmek zorundadır. Montaj bölümünün iş kapasitesi 60 saat, cilalama bölümünün iş kapasitesi ise 48 saattir. Bir masanın üretilebilmesi için montaj bölümünün 4 saat, cilalama bölümünün ise 2 saat çalışması gerekmektedir. Bir iskemlenin üretilebilmesi için ise montaj bölümünün 2 saat, cilalama bölümünün 4 saat çalışması gerekmektedir. Şirket masa başına 8 \$ iskemle başına da 6 \$ kazandığına göre en fazla karı elde edebilmesi için kaçar iskemle ve masa üretmelidir?

Başlangıç Çözümü: \dot{I} = iskemle M = masa, olsun.

Cebirsel olarak problem şöyle ifade edilebilir:

Kısıtlamalar: Montaj: $4.M + 2.\dot{I} \leq 60$

Cilalama: $2.M + 4.\dot{I} \leq 48$

Tüm değişkenler ≥ 0

Maximum olması istenen fonksiyon: Kar = $8.M + 6.\dot{I}$

En iyi masa ve iskemle sayısı kombinasyonunu elde edebilmek için mutlaka her iki bölümünde tüm iş saati kapasitesini kullanmak gerekmeyebileceğini söylenebilir. Dolayısıyla bunları kullanılmayan zaman değişkeni olarak niteleyip, her iki eşitsizliğe eklemek suretiyle bu eşitsizliklerden birer eşitlik elde etmek mümkün olacaktır. Bu

işlemden önce var olan değişkenler ise yapısal değişkenler olarak adlandırılabilir.

Sm: Montaj bölümünde kullanılmayan zaman

Sc: Cilalama bölümünde kullanılmayan zaman

Bu değişkenler eklendikten sonra şu denklemler elde edilir:

$$4.M + 2.İ + Sm = 60 \text{ saat}$$

$$2.M + 4.İ + Sc = 48 \text{ saat}$$

Simplex metodunun yürütülebilmesi için denklemlerden birinde kullanılan değişkenin diğer denklemlerde de kullanılması gerekmektedir. Eğer bir değişken belli bir denklemi etkilemiyorsa katsayısı sıfır olarak alınmalıdır. Bu değişikliği de gerçekleştirdikten sonra denklemler şu şekli alacaktır:

Kısıtlamalar: Montaj: $4.M + 2.İ + Sm + 0. Sc = 60 \text{ saat}$

Cilalama: $2.M + 4.İ + 0.Sm + Sc = 48 \text{ saat}$

Tüm değişkenler ≥ 0

Maximum olması istenen fonksiyon: Kar = $8.M + 6.İ + 0.Sm + 0.Sc$

Simplex tablosu: Denklemler matris yapısında bir aşağıdaki gibi gösterilebilir:

	<u>M</u>	<u>İ</u>	<u>Sm</u>	<u>Sc</u>
60	4	2	1	0
48	2	4	0	1

İlk çözümün simplex tablosunda gösterilmesi: Simplex metodunda bir ilk çözümün oluşturulması gerekmektedir. Boyut Ltd için, en basit başlangıç çözümü hiçbir masa ve iskemle üretmeyip sıfır kazanç sağlamak olacaktır. Bu çözüm matematiksel olarak mümkündür, ancak finansal olarak pek de cazip bir çözüm değildir.

$$M = 0$$

$$İ = 0$$

$$S_m = 60 - 4.(0) - 2.(0) = 60 \text{ saat kullanılmayan zaman}$$

$$S_c = 48 - 2.(0) - 4.(0) = 48 \text{ saat kullanılmayan zaman}$$

$$\begin{aligned} \text{Kar} &= 8.M + 6.İ + 0.S_m + 0.S_c \\ &= 8.(0) + 6.(0) + 0.(60) + 0.(48) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Bu ilk geçerli çözüm simplex tablosunda şöyle gösterilebilir:

Ürün

<u>Kombinasyonu</u>	<u>Miktar</u>	<u>M</u>	<u>İ</u>	<u>S_m</u>	<u>S_c</u>
S _m	60	4	2	1	0
S _c	48	2	4	0	1

Bu çözüm grafik metodu ile karşılaştırılacak olursa aynı problemin çözüm grafiğindeki A noktasına karşılık gelmektedir. Bu da grafikteki konveks bölgenin köşelerinden birini oluşturmaktadır.

İkame oranlarının simplex tablosunda gösterilmesi: Öncelikle aşağıdaki tablonun bileşenleri incelenerek her bir bileşenin ne anlama geldiği görülmektedir.

<u>C_j</u>		8\$	6\$	0\$	0\$	
<u>Ürün</u>		-				
<u>Kombinasyonu</u>	<u>Miktar</u>	<u>M</u>	<u>İ</u>	<u>S_m</u>	<u>S_c</u>	
0\$	S _m	60	4	2	1	0
0\$	S _c	48	2	4	0	1

C_j sütunu S_m ve S_c değişkenleri için birim başına karı göstermektedir. Son iki sütun eşitsizlikleri eşitliğe dönüştürmek için eklenen değişkenlerin katsayılarını göstermektedir. Dördüncü ve beşinci sütunlar imalatı yapılan gerçek ürünlerin katsayılarını

göstermektedir. Örneğin M sütunundaki 4 sayısının anlamı, eğer bir masa üretilecek olursa (yani 1 masayı çözüme dahil edilecek olursa) montaj bölümündeki 4 saatten vazgeçilmelidir. Bu durumda dört ve beşinci sütunlardaki elemanların aslında ikame oranlarını gösterdiği söylenebilir.

Bu ikame oranlar incelendiğinde iki tür işlem yapılabilir;

- 1) Üretim programına veya çözüme, M ve İ gerçek ürünlerini eklemek
- 2) Başka amaçlarla kullanılmak üzere her iki bölümün kullanılmayan iş zamanından fedakarlık etmek.

Simplex tablosuna iki satır daha eklemek: Şu aşamaya kadar simplex tablosunu oluştururken herhangi bir işlem devreye girmemiştir.. Yapılan sadece problemin denklemlerini farklı bir düzende ifade etmektir. Her bir çözüm için elde edilecek karı bulmak ve bu çözümün iyileştirilebilir iyileştirilemeyeceğine karar verebilmek için ilk oluşturulan simplex tablosuna iki satır daha eklemek gerekir. Bunlar Z_j ve $C_j - Z_j$ satırlarıdır.

C_j		8\$	6\$	0\$	0\$	
Ürün		-				
Kombinasyonu	Miktar	M	İ	Sm	Sc	
0\$	Sm	60	4	2	1	0
0\$	Sc	48	2	4	0	1
	Z_j	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$
	$C_j - Z_j$	8\$	6\$	0\$	0\$	0\$

Z_j satırında miktar sütununa karşılık gelen değer bu özel çözümden elde edilen toplam karı göstermektedir (İlk çözümde bu değer sıfır idi). Z_j satırında diğer sütunlara karşılık gelen değerler ise M, İ, Sm, Sc değişkenlerinden bu kombinasyona bir birim eklenmesi halinde karın ne kadar azalacağını göstermektedir. Örneğin bir adet masa imal etmek

istendiği takdirde, M sütunundaki 4 ve 2, SM den 4 saat SC den de 2 saat azaltmak gerektiğini söylemektedir. Ancak kullanılmayan zamanın değeri 0\$ ettiğinden karda bir azalma olmamaktadır. C_j birim başına kar olarak tanımlanmıştır. Örneğin masa için C_j 8\$/masa'dır. Bu durumda $C_j - Z_j$, üretim programına veya diğer bir deyişle çözüme bir birimlik bir değişken eklemenin getireceği net karı göstermektedir. Örneğin 1 birim M eklenmesi çözüme 8\$ kar eklemekte ve 0\$ zarara sebep olmaktadır. Yani M için $C_j - Z_j = 8\$$ olmaktadır.

*$C_j - Z_j$ satırının pozitif sayılardan oluşması eklenen her bir birim için fazladan o kadar karın artacağı anlamına gelmektedir. Aynı şekilde bu satırda negatif sayıların olması da eklenen her birim için karın o kadar azalacağını göstermektedir. O halde eğer bu satır da hiçbir pozitif değer kalmamışsa bu, daha fazla kar edilemeyeceği, yani **optimum sonuca ulaşıldığı** anlamına gelecektir.*

Bir kez simplex tablosu oluşturulduktan sonra, artık diğer aşama karın nasıl arttırılabileceğini bulmaktan ibarettir. Bu kısımda verilecek hesaplama yöntemi gerek ikinci çözüm gerekse takip eden çözüm tablolarının oluşturulmasında kullanılacaktır. Bir tablodan diğerine geçme işlemi pivot alma olarak adlandırılır ve her bir iterasyon pivot adını alır. İlk pivot şu şekildedir:

1.AŞAMA: Hangi değişkenin bir biriminin en fazla karı getireceği saptanır. Bu bilgiyi $C_j - Z_j$ satırı verecektir. Bu satırdaki pozitif sayıların varlığı karın daha fazla arttırılabileceğini ifade eder. Pozitif sayı ne kadar büyük olursa, karın da o kadar çok arttırılabileceği anlamı çıkar. Tabloya bakıldığında, kara en fazla katkıda bulunan ürünün 8\$ ile M olduğunu görülür. Bu durumda M sütunu **optimum sütun** olarak alınacaktır. Kolaylıkla görülebileceği gibi optimum sütun $C_j - Z_j$ satırında en büyük pozitif değeri alan sütundur, veya bir başka deyişle kara en fazla katkıda bulunan ürüne ait sütundur. Bu durumda ürün kombinasyonunda var olan değişkenlerden biri yerine M değişkeninin koyulması gerekmektedir.

2.AŞAMA: Bu aşamada M değişkeninin hangi değişkenin yerine geçeceğini saptamak gerekmektedir. Miktar sütunundaki 60 ve 48 sayılarını sırasıyla M sütunundaki 4 ve 2

sayılarına bölünüp, elde edilen en küçük pozitif oranın bulunduğu satır yer değiştirilecek satır olarak belirlenmektedir.

$$S_m \text{ satır} \quad (60 \text{ saat-kullanılabilir süre}) / (4 \text{ saat-bir ürün için gereken süre}) = 15 \text{ tane}$$

$$S_c \text{ satır} \quad (48 \text{ saat-kullanılabilir süre}) / (2 \text{ saat-bir ürün için gereken süre}) = 24 \text{ tane}$$

S_m satır daha küçük pozitif orana sahip olduğundan **yer değiştirecek satır** olacaktır. S_m ve S_c satırlarıyla optimum sütunun kesişiminde yer alan elemanlara **arakesit elemanları** adı verilir. S_m satırına ait arakesit elemanı 4, S_c satırına ait arakesit elemanı ise 2'dir.

3.AŞAMA: Artık optimum sütunu ve yer değiştirecek satır seçildiğine göre ikinci simplex çözümü veya diğer adıyla **geliştirilmiş çözüm** bulunabilir. Yeni tablodaki ilk işlem yer değiştirecek satırı kaldırıp, yerine M satırını koymak olacaktır. Bu yeni satır, yer değiştirecek satırın tüm elemanlarını, yine yer değiştirecek satırın arakesit elemanına bölünmesiyle elde edilir. Yani, $60/4 = 15$, $4/4 = 1$, $2/4 = 1/2$, $1/4 = 1/4$, $0/4 = 0$. Böylece yeni M satırının katsayıları (15, 1, $1/2$, $1/4$, 0) olarak elde edilecektir.

<u>C_j</u>			8\$	6\$	0\$	0\$
<u>Ürün</u>			-			
<u>Kombinasyonu</u>	<u>Miktar</u>	M	İ	S _m	S _c	
8\$	M	15	1	1/2	1/4	0
0\$	S _c					
	Z _j					
	C _j - Z _j					

Bu tabloda ilk defa bir pozitif C_j değeri çıkmış oldu (8\$). Ayrıca üretilen 15 adet masanın grafik çözümde karşılığı olan noktanın C noktası olduğunu gözlemlemekte de fayda vardır. Bu da kapalı konveks bölgenin bir başka köşe noktasını oluşturmaktadır.

4.AŞAMA: İkinci tabloyu tamamlayabilmek için kalan satırların da yeni değerlerini hesaplamak gerekmektedir. Bu hesaplama, şu formül ile kolayca yapılabilmektedir:

$$(\text{eski satır elemanı}) - [(\text{eski satırın arakesit elemanı}) \times (\text{yeni satırdaki buna karşılık gelen eleman})] = (\text{yeni satır})$$

Yukarıdaki formülü her bir elemana uygulanarak elde edilen veriler aşağıda gösterilmektedir:

<u>C_j</u>			8\$	6\$	0\$	0\$
<u>Ürün</u>			-			
<u>Kombinasyonu</u>	<u>Miktar</u>	M	İ	Sm	Sc	
8\$	M	15	1	½	¼	0
0\$	Sc	18	0	3	- ½	1
	Z _j	120\$	8\$	4\$	2\$	0\$
	C _j – Z _j		0\$	2\$	-2\$	0\$

Üçüncü Çözümün Oluşturulması: ***C_j – Z_j satırının İ sütunundaki pozitif sayının varlığı çözümün bir aşama daha öteye götürülebileceğini göstermektedir. Bu durumda aynı aşamalar tekrar gerçekleştirilerek üçüncü tablo elde edilmektedir:***

<u>C_j</u>			8\$	6\$	0\$	0\$
<u>Ürün</u>			-			
<u>Kombinasyonu</u>	<u>Miktar</u>	M	İ	Sm	Sc	
8\$	M	12	1	0	1/3	-1/6
6\$	İ	6	0	1	- 1/6	1/3
	Z _j	132\$	8\$	6\$	5/3\$	2/3\$
	C _j – Z _j		0\$	0\$	-5/3\$	-2/3\$

Kolayca görülebileceği gibi artık tablonun $C_j - Z_j$ satırında hiçbir pozitif değer kalmamıştır. Dolayısıyla karın bundan öteye arttırılması imkansızdır. Yani optimum sonuca ulaşılmıştır. Ayrıca bu çözümün de, grafik çözümdeki D noktasına karşılık geldiği gözlemlenebilmektedir

Doğrusal proqramamada bazı teknik sorunlar olabilmektedir. Doğrusal proqramlarda karşılaşılabilen teknik sorunlar aşağıda verilmiştir.

- Uç Noktalar
- Çözumsuzlük
- Sınırsızlık
- Gereksiz Kısıtlamalar
- Birden Fazla Optimal Çözüm (Alternatif Çözüm)

3. MATERYAL ve METOD

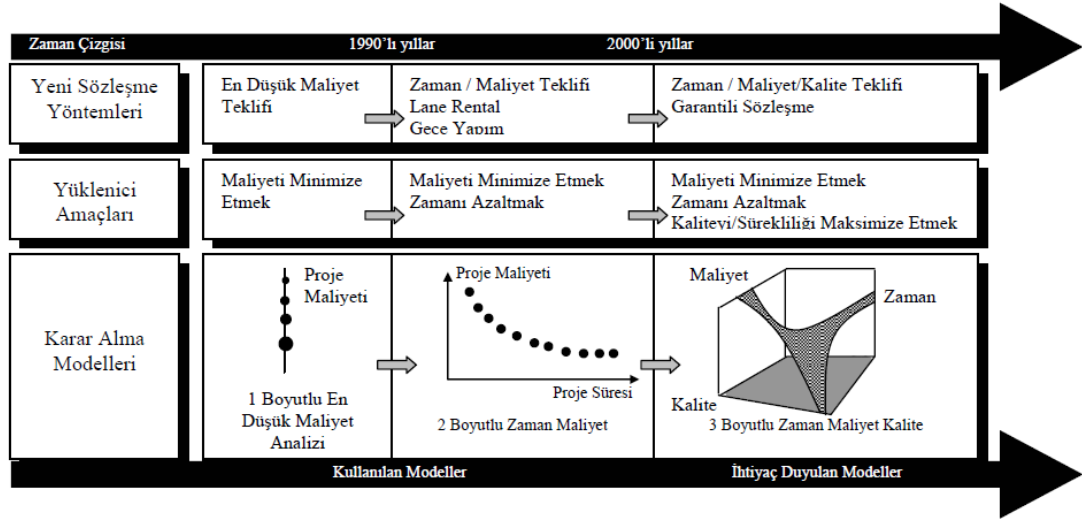
3.1. Materyal

Proje süresini azaltmak amacıyla yapılan faaliyetlerin süresinin kısaltılması ek masraflara sebebiyet vermektedir. Bu nedenle, hangi faaliyetinin, ne kadar kısaltılacağını belirlemek amacıyla, bir karar verme problemi ortaya çıkmıştır. Bir faaliyetin maliyetinin doğrudan zamanla değiştiği varsayılarak, proje maliyetini en aza indirmek amacıyla matematiksel programlama modelleri geliştirilmiştir. Buradaki süre-maliyet arasındaki ilişki literatürde zaman-maliyet eniyilemesi olarak bilinmektedir. Süre-maliyet problemi ilk olarak Kelly ve Walter (1959) tarafından incelenmiştir. Kelly ve Walker, bir faaliyetin tamamlama süresi ile tamamlanma maliyeti arasında doğrusal bir ilişki olduğunu varsaymış ve problem çözümü için sezgisel algoritmanın yanı sıra matematiksel bir model sunmuştur. Fulkerson(1961), süre-maliyet değişimini bir eğriyle grafiksel olarak göstermiş olup, projenin gerçekleşme süreleriyle, buna karşılık gelen maliyetleri göstermiştir. Süre-maliyet problemleri günümüze kadar da birçok araştırmacı tarafından çalışılmaya devam edilmiştir.

Babu ve Suresh (1996), tanımlanmış bir projede, proje süresinin kısaltılmasından dolayı, proje kalitesinin de etkilenmiş olabileceğini ilk kez ileri sürmüşlerdir. Khang ve Myint (1999) proje maliyeti, kalite ölçüsü ve proje tamamlanma süresi arasında doğrusal bir ilişki olduğu kabul eden bir matematiksel model oluşturmuşlardır. El-Rayes (2005) , ilk kez gerçek bir inşaat projesi üzerinde çalışarak, süre-kalite-maliyet optimizasyonunu araştırmıştır. 1996 yılından günümüze kadar proje yönetimi literatürlerindeki birçok çalışmada süre-maliyet-kalite değişimi incelenmiş ve optimum bir çözümün bulunması için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Khang ve Myint 1999; Rayes ve Kandil 2005; Tareghian ve Tahari 2006).

Günümüzde inşaat projelerinin planlanmasında ve kontrolünde süre-maliyet-kalite değişiminin analizi inşaat proje yönetiminin en önemli konularından biri haline gelmiştir. Süre ve maliyeti minimum yapmaya çalışırken kalitenin maksimumda tutulmaya çalışılması ve süre ile maliyet arasındaki ters yönlü ilişki inşaat projelerinin yönetilmesini iyice karmaşıklştırmaktadır. Süre-maliyet-kalite arasındaki bu karmaşık

ilişkinin tam olarak tanımlanması için proje yöneticileri bu üç kriterin ortak analizini yaparak optimum çözümü bulmaya çalışmaktadırlar (Karaman ve Kale 2007). İki boyutlu süre-maliyet değişim analizinden üç boyutlu süre-maliyet-kalite değişim analizine geçiş Şekil 3.1.'de gösterilmiştir (Rayes 2005).



Şekil 3.1. Üç Boyutlu Süre-Maliyet-Kalite Değişim Analizi

Süre-maliyet-kalite değişim analizlerinin çözümünde en çok kullanılan yöntemlerden biri matematik programlama yöntemidir. Bu yöntem sınırlı kaynakların en etkin nasıl kullanılacağına belirlenmesi için kullanılmaktadır. Bu tekniğe göre oluşturulmuş bir modellemede matematiksel ifadelerin tümü doğrusal eşitlik veya eşitliklerden oluşmaktadır. Matematiksel modelleme yöntemlerinden en çok kullanılanlardan biri doğrusal programlama tekniğidir. Hedef programlama tekniği ile hazırlanan bir modelde bulunması gereken üç ana unsuru vardır (Karaman ve Kale 2007).

- Amaç fonksiyonu
- Kısıtlayıcılar fonksiyonu
- Negatif olmama koşulu

Bu çalışmada, belirli bir inşaat projesine ilişkin eylem bazında alternatif süre-maliyet ve kalite değerleri tanımlanmıştır. Maksimum kalite altında süre ve maliyet arasındaki ilişkinin nasıl olduğunun belirlenmesi ve süre-maliyet-kalite fonksiyonlarının aynı anda çözümlenmesiyle projeye ilişkin optimum sonuçların elde edilmesi amaçlanmaktadır.

3.2. Metod

Süre-Kalite-Maliyet optimizasyonunun bir uygulama üzerinde araştırılması amacıyla T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi (TOKİ) tarafından ihalesi yapılmış 2006 yılına ait çok bloklu toplu konut projesinin çubuk iş programı ve kümülatif nakit akışları incelenmiştir. Çalışma bu proje üzerindeki tek bir FG tipi blok üzerinde yapıldığından öncelikli olarak maliyetler tek bir bloğa indirgenmiştir. Sonrasında faaliyetler tanımlanmış ve CPM yöntemi ile iş programı hazırlanmıştır. CPM üzerinde sıkıştırılmalar yapılmış, faaliyetlerin çeşitli durumlarda alabileceği süre, kalite ve maliyet değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Matematiksel model kurulmuş, faaliyetlerin farklı durumlardaki süre-kalite- maliyet değerleri almasıyla, projenin tamamlanma süreleri, tamamlanma maliyetleri ve proje kaliteleri hesaplanmıştır. Bu hesaplar grafik üzerinde gösterilerek, ilişkileri açıklanmıştır. Grafikler yardımıyla proje hedefine uygun optimum proje süreleri, proje maliyeti ve proje kalitesine ulaşmanın mümkün olup olmadığı araştırılmıştır.

3.3. Değerlendirme

Başbakanlık Toplu Konut İdaresine (TOKİ) ait proje tek bloğa indirgenip ihale bedelleri üzerinden faaliyetlerin maliyetleri ve ihaledeki çubuk iş programı ile faaliyetlerin süreleri belirlenerek, tek bir bloğa ait CPM yöntemi ile iş programı hazırlanmıştır. TOKİ için benzer işlerde çalışmış, teknik personel (mühendis, tekniker vb...), taşeronlar ve ustaların görüşleri ile faaliyetlerin sürelerinin sıkıştırılabilme miktarları ve sıkıştırma sonucunda oluşacak maliyet artışları belirlenmiştir. (Maliyetler 2006 yılı fiyatları için geçerlidir.) Faaliyetler süre ve maliyetlerine göre alabileceği kalite değerlerinin ataması yapılmıştır. Proje kalitesini, süresini ve maliyetini belirlemek amacıyla kullanılacak süre-kalite-maliyet fonksiyonları arasındaki değişimin doğrusal ve parçalı olarak tanımlandığı bir matematiksel model kullanılmıştır. Projenin süre-kalite-maliyet fonksiyonlarının değişimi, matematiksel model üzerinde doğrusal programlama tekniği kullanılarak, Matlab programı yardımıyla çözülmüştür. Program sonuçları grafiksel olarak ve her durum için ayrı ayrı program çıktısı olarak verilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Süre-Kalite-Maliyet Optimizasyonu

İnşaat projelerindeki süre-maliyet-kalite değişimlerinde genellikle iki farklı model kullanılmaktadır;

- Süre-maliyet-kalite arasındaki değişimin doğrusal ve sürekli olması durumu,
- Süre-maliyet-kalite arasındaki değişimin doğrusal ve parçalı olması durumu.

Bu çalışmada kullanılan örnek projede süre-maliyet-kalite arasındaki değişim doğrusal ve parçalı olarak tanımlanmıştır. Bu değişimin tanımlanmasında kullanılan matematiksel model doğrusal programlama tekniği kullanılarak çözülmüştür.

$$Q_{\min} = \min \{q_{ij} : y_{ij} = 1\}, 1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq n_i$$

$$Q_{\text{ort}} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij} y_{ij}}{N}$$

$\alpha = Q_{\min}$ için verilen ağırlık.(0~1)

$$Q_{\alpha} = \alpha Q_{\min} + (1 - \alpha) Q_{\text{ort}} \quad (4.1)$$

Denklem (4.1.)'de

N ; projedeki eylem sayısı

n_i ; i-j eylemindeki alternatif sayısı

q_{ij} ; her bir i-j eyleminin kalitesi

y_{ij} (0 veya 1); her bir i-j eylemindeki alternatiflerden birinin seçim katsayısı

Q_{\min} ; minimum kalite

Q_{ort} ; ortalama kalite

Q_{α} ; proje kalitesi

Doğrusal programlama tekniğinde proje kalitesini (Q_α) maksimum yapmak için kullanılan amaç fonksiyonu ve sınır şartları Denklem 4.2. ve Denklem 4.3.'te tanımlanmıştır.

Amaç Fonksiyonu;

$$\text{Maksimum } Q_\alpha = \alpha Q_{\min} + (1-\alpha)Q_{\text{ort}} \quad (4.2)$$

Sınır Şartları;

$$Q_{\text{ort}} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij} y_{ij}}{N}$$

$$Q_{\min} \leq q_{ij} y_{ij} + M(1-y_{ij}) \quad \forall i = 1, \dots, N, \forall j = 1, \dots, n_i, t_0 = 0$$

$$t_k \geq t_i + \sum_{j=1}^{n_i} d_{ij} y_{ij} \quad \forall i = 0, \dots, N$$

$$t_{N+1} \leq T_{UB} \quad (4.3)$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} c_{ij} y_{ij} \leq C_{UB}$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} y_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, N$$

$$y_{ij} = 0 \text{ veya } 1$$

$$t_{ij} \geq 0$$

Burada;

d_{ij} : i-j eyleminin süresi

c_{ij} : i-j eyleminin maliyeti

T_{UB} : toplam proje süresinin üst sınırı

C_{UB} : toplam proje maliyetinin üst sınırı

T_i : eylemin başlangıç zamanı

4.2. İnşaat Projelerinde Süre-Kalite-Maliyet Optimizasyonu

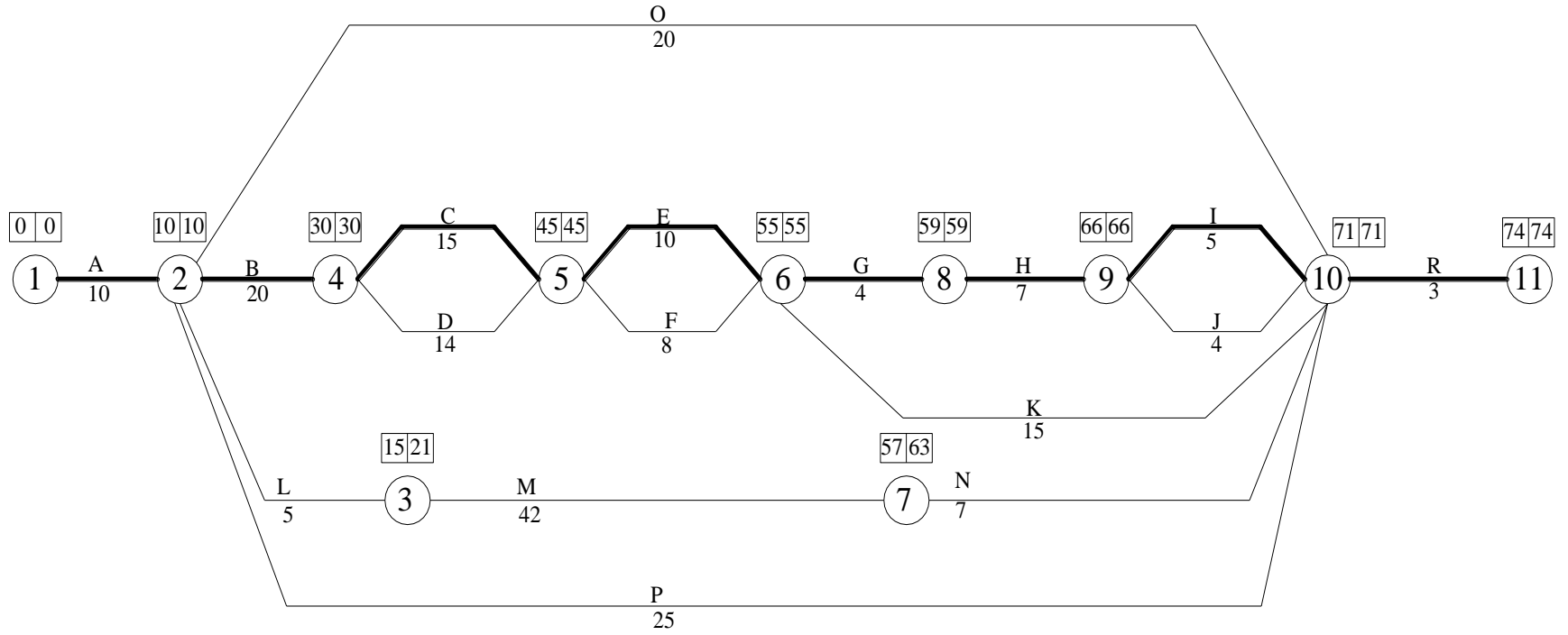
Yapılan çalışmada, TOKİ'ye ait FG tipi blok projesi kullanılmıştır. FG tipi bloklar; bodrum kat + zemin kat + 6 normal kat + çatıdan ibaret olup, toplam 28 daire bulunmaktadır. Tünel kalıp yöntemi ile betonarme yapı tarzında imalatı yapılmaktadır. Ek-1 de FG tipi bloğun imalat kalemleri verilmiştir.

4.2.1. CPM Şebekesinin Oluşturulması

Aşağıdaki Çizelge 4.1.'de gösterilen her bir faaliyetin tamamlanma süreleri, maliyetleri, sıkıştırma süreleri ve sıkıştırma maliyetleri verilmiş olup ve faaliyet sırasına göre CPM şebekesi hazırlanmıştır (Şekil 4.1.)

Çizelge 4.1. Projelerin Süre ve Maliyetleri

FAALİYETLER		NORMALSÜRESİ (Gün)	MALİYET (TL)	SIKIŞTIRMA SÜRESİ (Gün)	SIKIŞTIRMA MALİYETİ (TL/Gün)
A	Temel	10	55000	1	5500
B	Kalıp-Donatı- Beton	20	251000	3	4000
C	Duvar	15	45000	3	2500
D	Çatı	14	20000	.....	.....
E	Sıva	10	60000	3	3000
F	Şap	8	12000	1	3000
G	Boya	4	38000	.....	....
H	Seramik-Fayans	7	30000	.....	.....
I	Laminat Parke	5	18000	2	800
J	Kapı-Dolap	4	85000	1	1000
K	Altyapı	15	52000	1	4000
L	Boşluk	5	0	.....	.....
M	Merdivenler	42	20000	.....	...
N	Merdiven Kaplamları	7	10000	2	1000
O	Mekanik Tesisat	20	100000	.....	.....
P	Elektrik Tesisatı	25	55000	.....	....
R	Sonlandırma	3	5000	1	500



Şekil 4.1. FG Tipi Tek Blok CPM Şebekesi

CPM şebekesi üzerinde (Şekil 4.1.) tüm faaliyetlerin erken ve geç tamamlanma süreleri hesaplanmış ve A-B-C-E-G-H-I-R faaliyetleri kritik faaliyetler olarak bulunmuştur. Sıkıştırılabilecek faaliyet sürelerinin kısaltılması sonucunda, projenin normal tamamlanma süresi 74 gün, en kısa tamamlanma süresi 61 gün olarak bulunmuştur. Projenin Normal maliyeti 856.000.TL olup proje süresi 61 güne kısaltıldığında proje maliyetinin 903.000.TL olacağı hesaplanmıştır. Faaliyetlerin hangi sırayla kısaltıldığı ve kısaltılan her gün için proje maliyet artışı Ek-4' de verilmiştir.

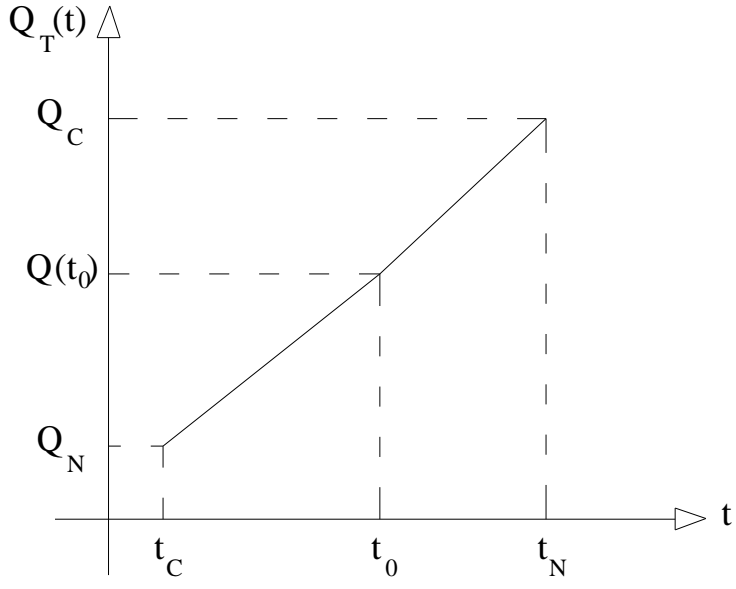
4.2.2. Süre-Kalite-Maliyet-Optimizasyonunun Araştırılması

Süre- kalite-maliyet optimizasyonunda; bir faaliyetin maliyeti üç şekilde kategorize edilebilmektedir;

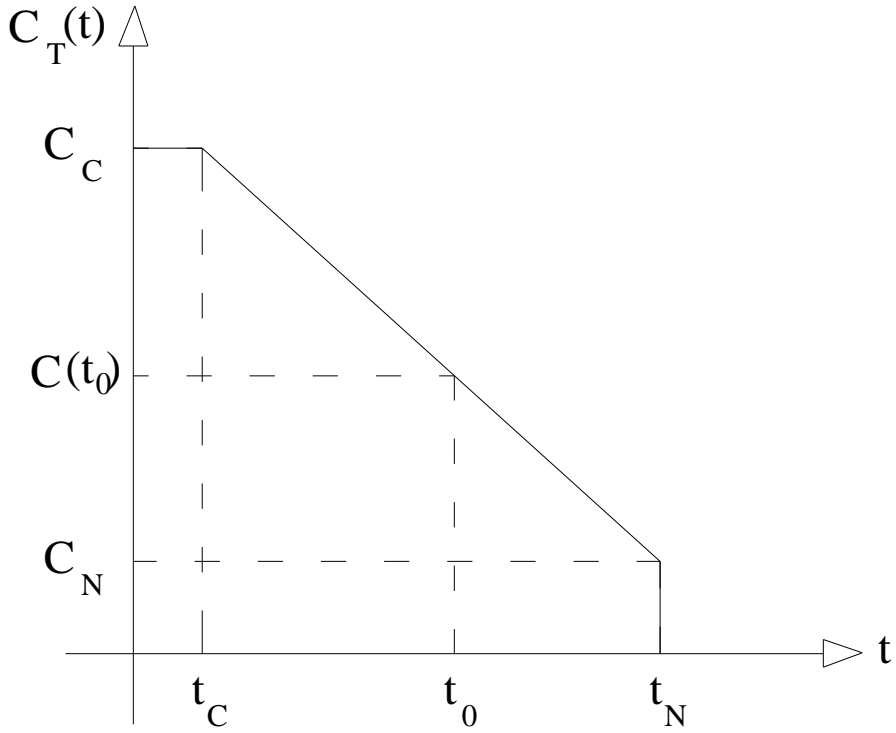
- Projenin normal sürede, normal kalitede yürütülmesinde oluşan normal proje maliyeti
- Faaliyet süreleri azaltılarak, proje süresinin kısaltılmasıyla oluşan proje hızlandırma maliyeti
- Faaliyetlerin kaliteleri artırılarak, proje kalitesinin artırılmasıyla oluşan proje maliyeti

Bir faaliyetin süresini azaltıldığında, faaliyetin kalitesinin düşmesi kaçınılmazdır. Proje yöneticisi, projenin kalitesini korumak istiyorsa faaliyetin maliyetini arttıracaktır.

Proje yöneticisi, bir faaliyetin kalitesini, normal kalitesine göre arttırmak isterse, faaliyetin maliyetini arttırması gerekecektir. Proje kalitesi, proje maliyetlerinin ve proje sürelerinin birbirlerine göre değişimi aşağıda Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.' de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Projenin kalite-süre ilişkisi



Şekil 4.3. Projenin süre-maliyet ilişkisi

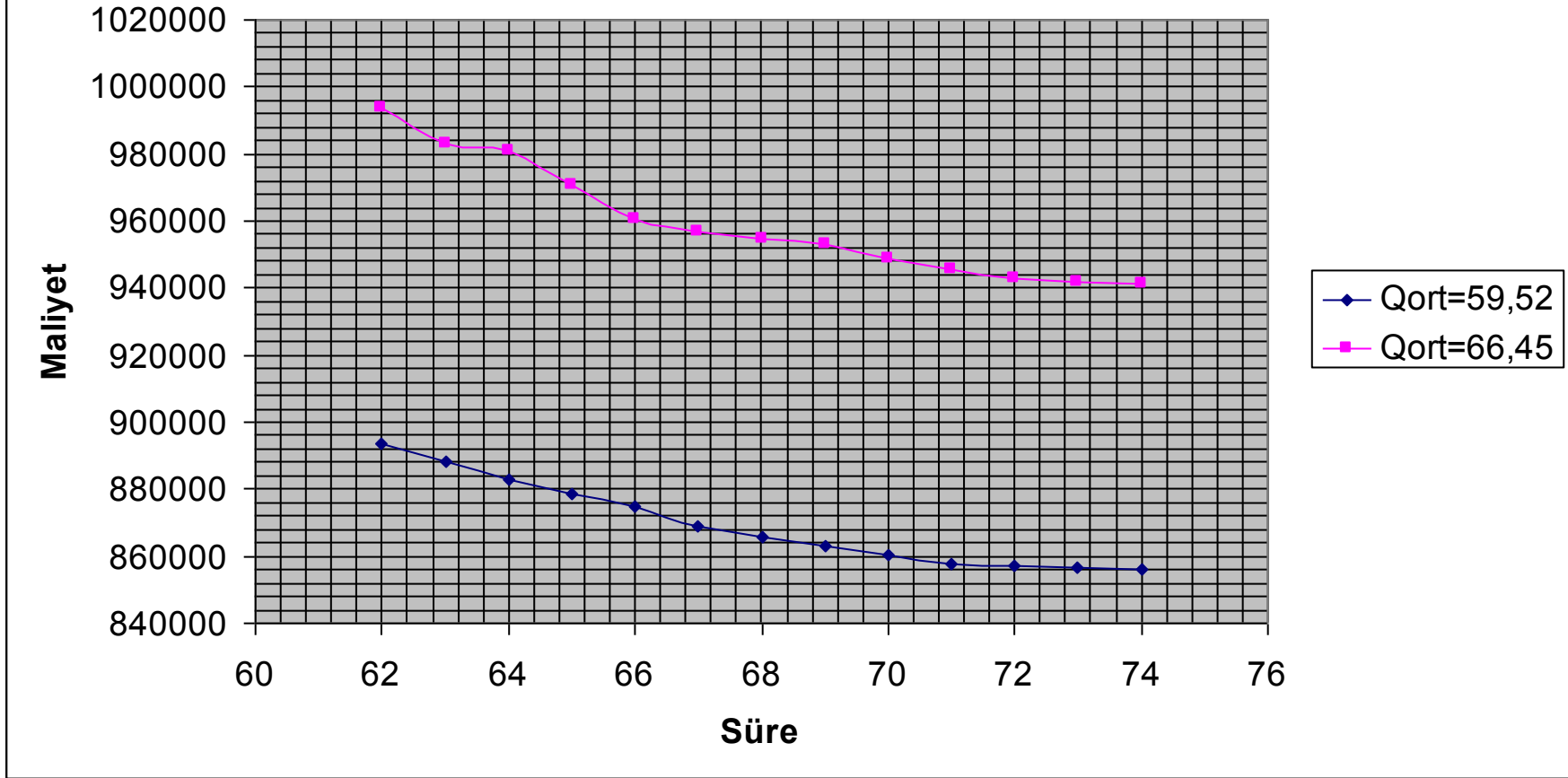
Şekil 4.2.' de görüldüğü gibi projenin normal süresi kısaltıldığında projenin kalitesi düşmektedir. Proje kalitesini arttırmak için ek masraflar gerekmektedir. Ayrıca proje süresi kısaltıldığında proje maliyeti de artmaktadır (Şekil 4.3.).

Örnek proje üzerinde, sıkıştırılan her faaliyet için kalite değişimi gösterilmiştir (Ek-4). Excel programı yardımı ile faaliyetlerin kalitesi için herhangi bir önlem almadan yapılan faaliyet sıkıştırmaları sonucunda projenin tamamlanma süreleri, proje kalitesi ve tamamlanma süreleri hesaplanmış ve grafiğe dökülerek 1. durum olarak isimlendirilmiştir. Ek-4'de de görüldüğü gibi, 1. durumda ortalama proje kalitesi 59,52'dir (Şekil 4.4.).

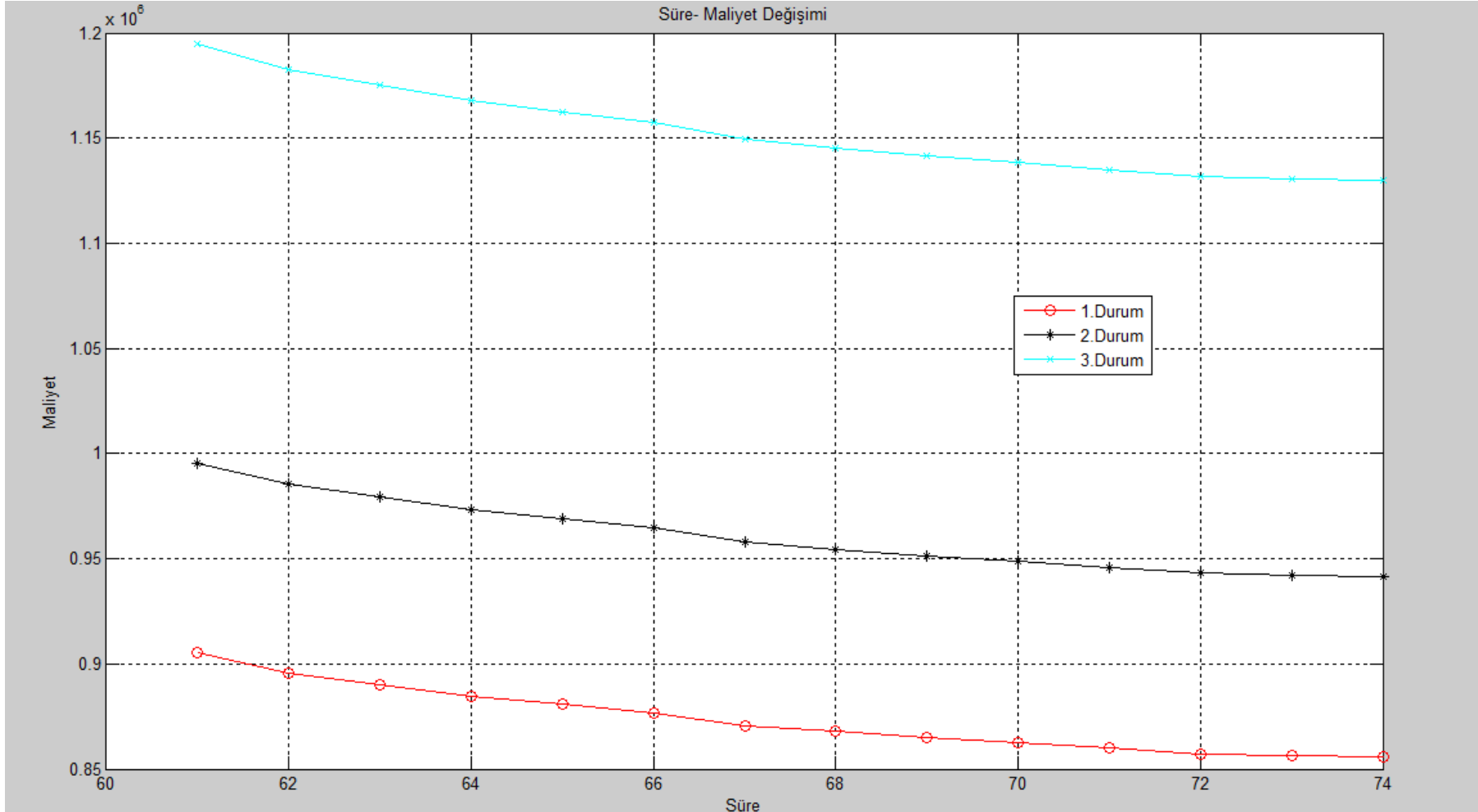
2. Durumda (Ek-5), her faaliyet için fazladan masraf yapılarak, kaliteleri arttırılmış, ayrıca sıkıştırma anında kalitenin daha az etkilenmesi için daha fazla harcama yapılarak projenin ortalama kalitesi 66,45 olarak bulunmuş ve süre-kalite-maliyet değişimleri grafiksel olarak gösterilmiştir (Şekil 4.4.).

2 durum için değerlendirme yapıldıktan sonra, süre-kalite-maliyet fonksiyonlarının değişimi birde matlab programı yardımıyla çözülmüştür. Excel programı ile 1.Durum olarak adlandırılan süre-kalite-maliyet değişimi Matlab programı ile de 1. durum olarak adlandırılmıştır. 2.Durumda, her bir faaliyette kaliteyi bir önceki duruma göre %5 arttırmak için maliyetler %10 arttırılması gerektiği kabulüyle süre-kalite maliyet fonksiyonlarının değişimi hesaplanmıştır. 3. durumda ise her bir faaliyetin kalitesini %5 arttırmak her bir faaliyetin maliyetinin %20 arttırılacağı kabulüyle hesap yapılmıştır. Bu üç durum için süre-kalite-maliyet fonksiyonlarının değişimini hesaplayan matlab programı, Ek-1' de, her gün ve her durum için ayrı ayrı sonuçları veren programın çıktı kısmı Ek-2' de verilmiştir. Şekil 4.5., Şekil 4.6., Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'de matlab programı ile elde edilen grafikler verilmiştir.

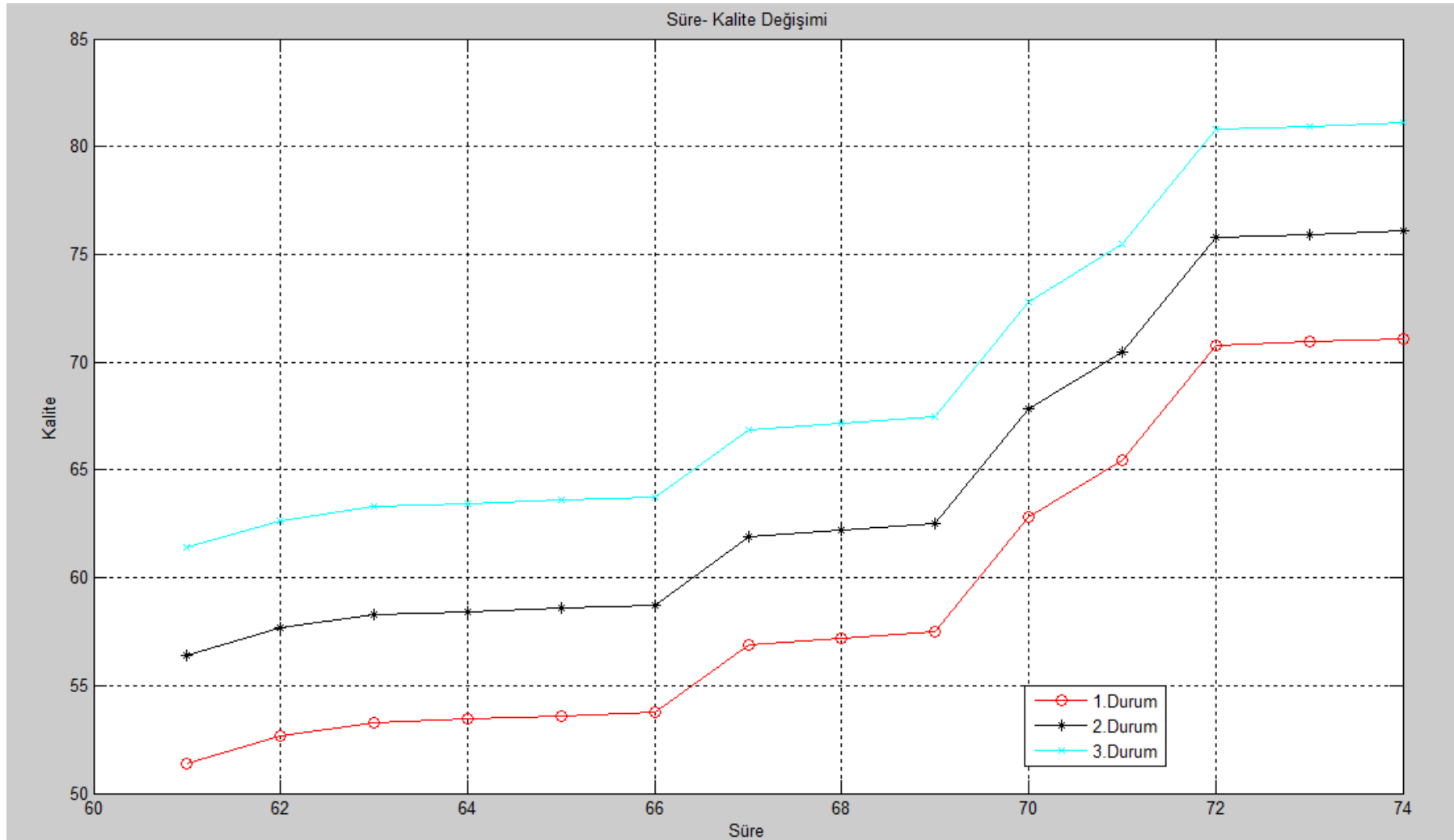
SÜRE-KALİTE-MALİYET DEĞİŞİMİ GRAFIĞI



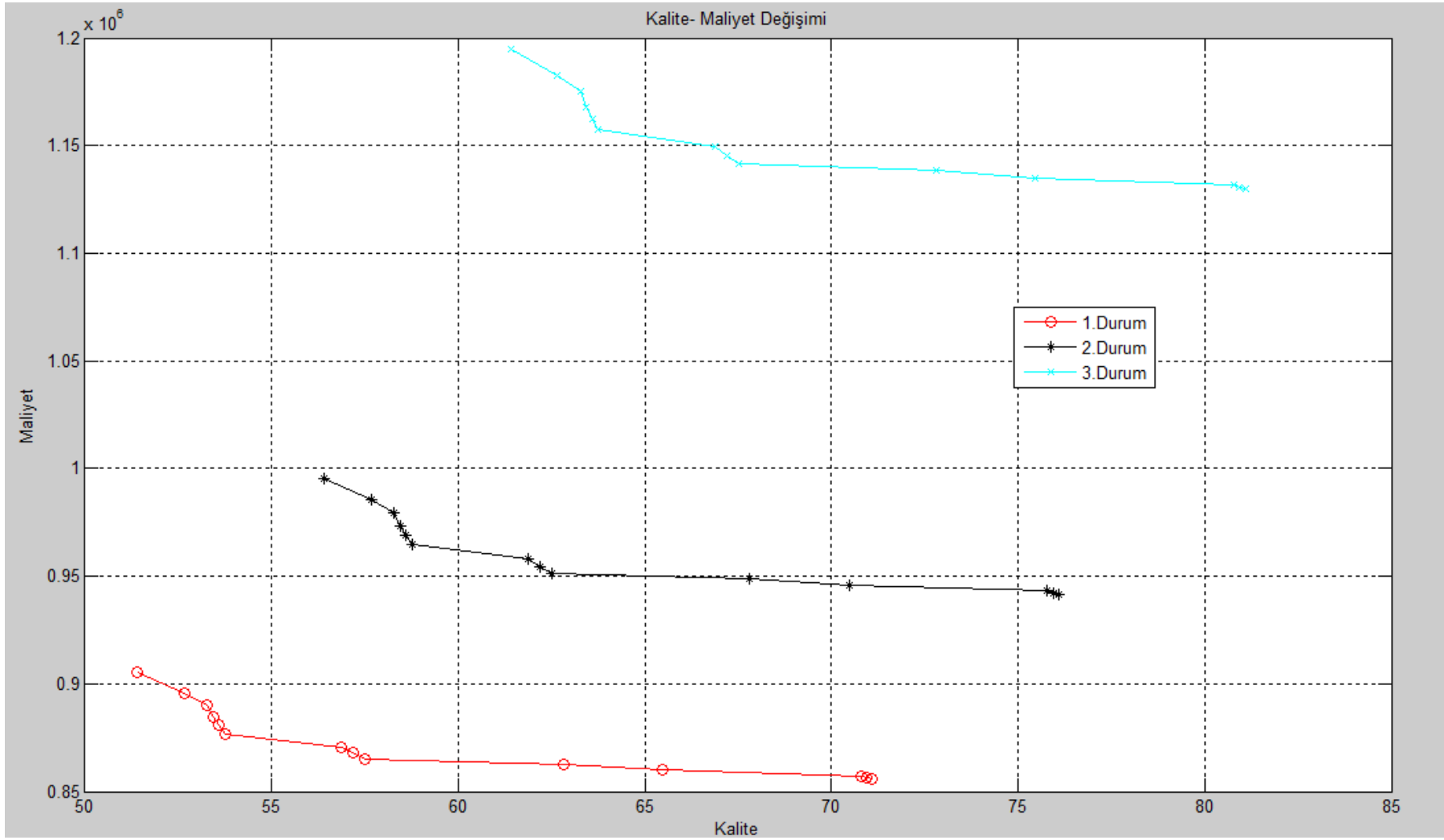
Şekil 4.4. Excel programı ile yapılan farklı 2 durum için Süre-Kalite-Maliyet değişim grafiği



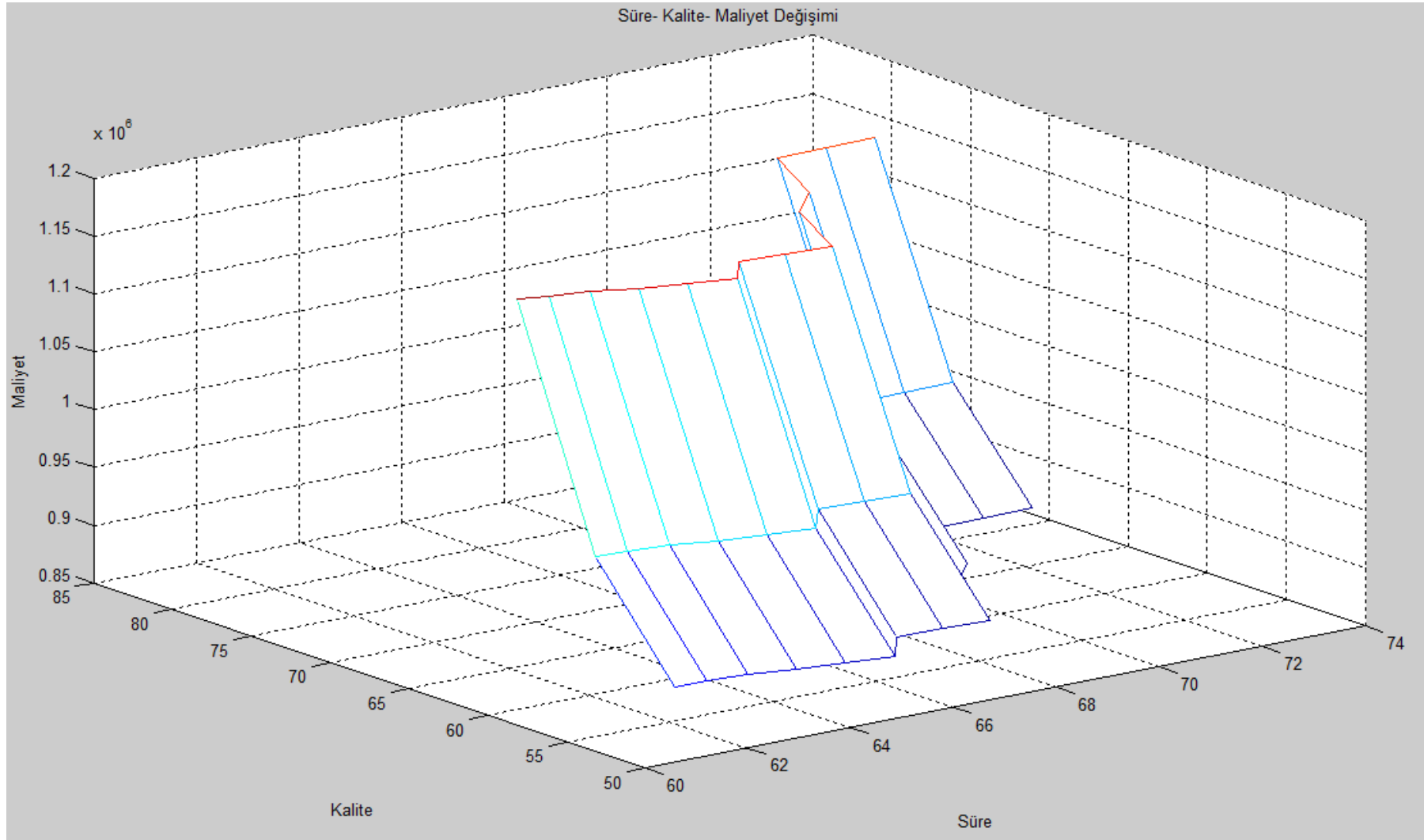
Şekil 4.5. Süre-Maliyet Değişimi



Şekil 4.6. Süre-Kalite Değişimi



Şekil 4.7. Kalite-Maliyet Değişimi



Şekil 4.8. Süre-Kalite-Maliyet Değişimi

Grafikler incelendiğinde bir projenin; süresi ile maliyeti arasında ters orantılı, süre ile kalite arasında ve kalite ile maliyet arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu görülmektedir. Grafikler incelenerek, projenin hedefine göre faaliyetlerin süresini ve kalitesini ayarlamak mümkündür. Süre-Kalite-Maliyet optimizasyonu hedefe minimum maliyet ile ulaşılmasını sağlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında, örnek bir proje üzerinde CPM şebekesi yardımıyla faaliyet süreleri kısaltılarak, proje sürelerinde kısaltmalar yapılmıştır. Proje sürelerinde yapılan kısaltmalar sonucunda proje kalitesinde ve proje maliyetinde değişimler meydana gelmiştir. Hem proje kalitesini arttırmak için, hem de proje sürelerini kısaltmak için ek masrafların ortaya çıkabileceği görülmüştür. Matlab programı yardımı ile projenin süre-kalite-maliyet değişimleri tespit edilmiştir. Matlab program çıktıları çizelge 4.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Matlab program çıktıları

Süre (Gün)	1.Durum		2.Durum		3.Durum	
	Maliyet (TL)	Kalite(%)	Maliyet (TL)	Kalite(%)	Maliyet (TL)	Kalite(%)
74	856000	71.09	941600	76.09	1129920	81.09
73	856500	70.94	942150	75.94	1130580	80.94
72	857300	70.78	943030	75.78	1131636	80.78
71	859800	65.47	945780	70.47	1134936	75.47
70	862300	62.81	948530	67.81	1138236	72.81
69	864800	57.50	951280	62.5	1141536	67.5
68	867800	57.19	954580	62.19	1145496	67.19
67	870800	56.88	957880	61.88	1149456	66.88
66	876800	53.75	964480	58.75	1157376	63.75
65	880800	53.59	968880	58.59	1162656	63.59
64	884800	53.43	973280	58.43	1167936	63.43
63	890300	53.28	979330	58.28	1175196	63.28
62	895800	52.66	985380	57.66	1182456	62.66
61	905100	51.40	995610	56.41	1194732	61.4

Matlab program ıktısına gre, projenin normal sresi 74 gn olup sıkıştırmalarla 61 gne kısaltılabilmektedir. Projenin minimum kalitesi %53 olup maksimum %81 ıkarılabilmektedir. Projenin normal maliyeti 856.000.TL olup, maksimum kalite %81 sağlamak iin 1.129.920.TL harcama yapılması gerekmektedir.

Doğrusal programlama yntemiyle proje yneticisi, projeyi hedefine ulaştırabilmek iin sre, kalite ve maliyet fonksiyonları iin optimum zm bulabilecektir. rneğin projenin hedefi %70 kaliteyi sağlamak ise proje yneticisi iin 4 farklı alternatif bulunmaktadır.

1. alternatifte; sre 73 gn maliyet 856.500.TL
2. alternatifte; sre 72 gn maliyet 857.300.TL
- 3.alternatifte; sre 71 gn maliyet 945.780.TL
- 4.alternatifte; sre 70 gn maliyet 1.114.000.TL

Proje yneticisinin projeyi  gn kısaltmak iin 257.500.TL masraf yapması olağanst bir durum olmadığında mantıksız olacaktır. %70 kalite iin projenin optimum maliyeti 856.500.TL'dir.

Aynı projede, projenin uzadığı her gn iin ek olarak 1.000.TL sabit giderlerin olduğu dşnldğnde bu sefer optimum zm ikinci alternatif olacaktır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Gelişmekte olan ülkelerde, inşaat projeleri planlaması yapılırken, süre-maliyet değişimi analizlerinde, kalite düzeyinin sabit kaldığı varsayımı yapılmaktadır. Yapılan akademik çalışmalarda dahi süre-maliyet değişimi analiziyle ilgili birçok çalışma bulunmasına rağmen, süre-maliyet-kalite değişiminde üçünü bir arada analiz eden çalışmalara sık rastlanılmamaktadır. Bu çalışmada, proje yönetiminin temelini oluşturan süre, kalite ve maliyet kavramlarının birbiriyle ilişkileri değerlendirilmiş ve örnek bir inşaat projesi üzerinde optimizasyonu araştırılmıştır.

Çalışmada, süre, kalite ve maliyet yönetimi kavramları açıklanarak, gerçek bir inşaat projesi üzerinde süre-kalite-maliyet optimizasyonu araştırılmıştır. Çalışma verileri, çok bloklu bir toplu konut projesinin ihale bedellerinin tek bir blok için hesaplanmasıyla elde edilmiştir. Projenin mevcut çubuk iş programından, projenin faaliyetleri belirlenmiş, tamamlanma süreleri hesaplanmış ve her bir faaliyet için varsa sıkıştırma süreleri bulunarak, bu süre sıkıştırmaları sonucunda oluşacak ek masraflar tespit edilmiştir. Her bir faaliyet için kaliteler belirlendikten sonra, CPM şebekesi yardımıyla tekrar bir iş programı oluşturularak projenin maksimum ve minimum tamamlanma süreleri hesaplanmıştır. Proje için doğrusal bir model oluşturulmuş, bu model matlab programı yardımıyla çözümlenerek süre-kalite-maliyet değişimleri grafik haline getirilmiş ve böylece proje hedefi için optimum proje süresi, kalitesi ve maliyeti araştırılmıştır.

Çalışmanın sonucunda, projenin normal tamamlanma süresi 74 gün, minimum tamamlanma süresi 61 gün olarak belirlenmiştir. Maksimum proje kalitesinin %81, minimum proje kalitesi %51'dir. Projenin tamamlanma maliyetlerinin ise 856.000.-TL ile 1.194.732.-TL aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Proje hedefi kalitesinin %70 olduğu düşünüldüğünde optimum sürenin 73 gün, optimum maliyetin ise 856.000.-TL olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre;

- Bir faaliyetin süresi kısaltıldığında, o faaliyetin maliyeti artmakta ve kalitesi düşmektedir.
- Bir faaliyetin süresi kısaltıldığında, faaliyetin kalitesinin korunması için ayrıca maliyet artışı da olmaktadır.
- Bir faaliyetin süresini değiştirmeden kalitesi arttırıldığında maliyeti artmaktadır.
- Bir projede aynı kaliteye, farklı maliyet ve farklı proje sürelerinde ulaşılabilmektedir.

Kalite, planlama aşamasında ve yapılan sözleşmelerde dikkate alınmadığında, proje uygulama aşamasındayken alt yüklenicilerin yaptığı imalatların kontrolünde problemler yaşanmasına neden olabilmektedir. Projelerin planlaması aşamasında, alt yüklenici tarafından verilecek tekliflerde, süre-maliyet unsurlarının yanında kalite ilişkisinin de bulunması gerekmektedir. Bu üç unsur proje planlamalarında birlikte dikkate alındığında, inşaat sektöründe hem ana yüklenicilerin hem de alt yüklenicilerin zarara uğramadan, üstlendikleri görevleri yerine getirmelerine imkan sağlayacaktır.

Süre-Kalite-Maliyet optimizasyonu ile süre, kalite, maliyet fonksiyonlarından hangisi projenin hedefi için önemliyse, diğer iki fonksiyonun alternatifleri belirlenerek optimum sonuca ulaşılabildiğinden, proje yöneticisi bu teknik ile doğru karar verebilecektir.

6. KAYNAKLAR

- ALBAYRAK B., 2001. Proje Yönetimi ve Proje Danışmanlığı. Beta Yayınları, sf. 3-10, İstanbul.
- ARİFOĞLU U.,2005. Matlab 7.04 Simulink ve Mühendislik Uygulamaları. Alfa Yayınları, 1.Basım, İstanbul.
- BABU, A.J.G. and SURESH, 1996. Project Managementr With Time, Cost And Quality Considerations, European Journal of Operational Research, 88(2): sf. 320-327.
- DEMEULEMEESTER E.L. and HERROELEN W., 2002. Project Scheduling: A Research Handbook, Kluwer Academic Publishers.
- DOĞAN, İ. (1995), Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları, 2. Baskı, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, sf. 8.
- ESEN Ö.,2008.Yöneticiler İçin Bilgisayar Destekli Karar Modelleri. Çağlayan Basımevi, İstanbul.
- FULKERSON D.R., 1961. A Network Flow Computation For Project Cost Curves. Management Science, 7(2): 167-178.
- GHODSI R., vd. 2009. A New Practical Model to Trade-Off Time, Cost And Quality Of A Project. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(4): sf. 3741-3756.
- GOLDBERG D. E.. 1989. Genetic Algorithms in Search Optimization And Machine Learning. Addison Wesley Publishing Company. USA.
- İLERİ, A., 2003. Proje Yönetimi Temel Kavramları, Basılmamış Proje Yönetimi Dersi Ödevi.
- KARAMAN E. ve KALE S., 2007. 4. İnşaat Yönetim Kongresi, İstanbul.
- KELLEY J.J.E. and WALKER M.R., 1959.Critical-Path Planning and Scheduling. In Papers Presented at the December 1-3, 1959, Eastern Joint Ire-Aıee-Acm Computer Conference (sf.160-173).Boston, Massachusetts.
- KELLY J.,E., 1961. Critical Path Planning and Scheduling: Mathematical Basis, Operations Research, 9, sf. 296-321.
- KESKİNEL F., 2000. Şebeke Bazlı Bilgisayar Destekli Proje Yönetimi, Birsen Yayınevi, İstanbul.

- KHANG D.B., MYINT Y.M., 1999. Time, Cost and Quality Trade-Off in Project Management: A Case Study, International Journal of Project Management, vol. 17, sf. 249-256
- KURUOĞLU M. ve KARAKUŞ H. 2002. Kalite Yönetimi ve İnşaat Sektöründe Kalite Yönetiminin Gerekliliği, Yapı Dünyası sf:80.
- KURUOĞLU M. ve SORGUÇ D., 2007. İnşaat (Proje) Yönetiminin Hizmet ve Uygulama Standardı, Maya Basın Yayın, 3. Baskı, sf. 22, İstanbul.
- KURUOĞLU M., 2006. İnşaat Proje Yönetimi, Dünyada ve Türkiye’de Durum ve Çalışmaları, İnşaat Yatırım, Sayı 21.
- KÜÇÜK E.,2005.Yeni Üretim Ortamında Genel Üretim Maliyetleri Ve Kayseri'deki Bazı Uygulamalara İlişkin Bir Araştırma, Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi, Sayı:25.
- LIU, L., BURNS, S. and FENG C., 1995. Construction Time-Cost Trade-off Analysis Using LP/IP, ASCE Journal of Construction Engineering and Management, 121(4), sf. 446-454.
- MONTGOMERY J. D., 1991. “Social Networks and Labour-Market Outcomes: Toward an Economic Analysis”, American Economic Review, Vol. 81, No. 5, sf. 1408-1418
- NASH, S.G. and SOFER, S.,1996. Linear and Nonlinear Programming, McGraw-Hill Companies,Inc., Singapore.
- ÖZKAN Ş., 2005. Yöneylem Araştırması, Nicel Karar Teknikleri. Nobel Yayın Dağıtım, 1. Baskı, Ankara.
- ÖZSU,T., 1986, Proje Planlama ve Denetim Teknikleri, Türkiye Bilişim Derneği Yayınları, Ankara, sf.316.
- PMI (Project Management Institute), 2004. A Guide to the Project Management Body of Knowledge, Third Edition, PMI Publisher.
- RAYES, KANDİL, 2005. Time-Cost-Quality Trade-off Analysis for Highway Construction, Journal of Construction Engineering and Management, 131:4, sf. 477-486
- SAKAR, Savaş: Proje Yöneticisinin Rolü, (<http://www.projeyonetimi.com/2000-PY.asp> Erişim tarihi: 14.11.2009)

- SARIASLAN H. 2006. Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi. Turhan Kitabevi, 5. Baskı sf. 21, Ankara.
- SIEMENS N., 1971. A Simple CPM Time-Cost Tradeoff Algorithm, Management Science, 17(6), sf. 354-363.
- STEVENS J.D. (Çeviri: SOYÇOPUR B. vd.) 2008. İnşaat Sektörü İçin Ağ Şebekelendirme Teknikleri.
- ŞİMŞEK, M. 1998. Kalite Yönetimi. Alfa Basım Yayın, 2. Baskı, Marmara Üniversitesi Yayınları: 584. sf.5, İstanbul.
- ŞİMŞEK, M. 2001. Toplam Kalite Yönetimi, Alfa Yayınları, İstanbul.
- TAN S. ve PEŞKİRCİOĞLU N. 1991. Kalitesizliğin Maliyeti, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Yayın No:316, Ankara.
- TAREGHIAN H.R., TAHERI S.H., 2006.On the Discrete Time, Cost and Quality Trade-off Problem, Applied Mathematics and Computation, 181, sf.1305-1312.
- TEKİR S., 2006. “New World Order in 21. Century and China”, printed in Periodical Review of Khoja Ahmad Yassawi University.
- TUNÇBİLEKLİ AVCIOĞLU N., 2009. İnşaat Projelerinde Süre ve Maliyet Aşımalarına Neden Olan Etkenler, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.
- ULUCAN A., 2007. Yöneylem Araştırması, İşletmecilik Uygulamalı Bilgisayar Destekli Modelleme. 2.Baskı, Ankara.
- YÜKÇÜ S. ve DOĞANÖZ L. 1994, Kalite Maliyetlerinin Muhasebe Sistemi İçindeki Yeri, Standart Dergisi. Yıl: 33, Sayı: 395.

7.EKLER

Ek-1: FG Tipi Blok İnşaat Kalemleri

İnşaat İşleri

Temel

Temel Kazısı, Takviyesi
Temel Grobetonu Ve Radye Betonu
Temel Drenajı
Dolgu İşleri
Temel Perde Döşeme Su Isı Ve Ses İzolasyonu

Kalıp,Demir,Beton İşleri

Duvar İşleri

İç Duvar İşlerinin Tamamlanması
Dış Cephe Duvarları İzotuğla
Baca
Mermer Parapet Ve Denizlik

Sıva İşleri

İzolasyon + Alçıpan İşleri
İç Sıva(Çimento Harçlı / Alçı)(Tavanda-Duvarda)
Alçı Sıva (Tavanda - Duvarda)
Dış Sıva Balkon Dahil

Çatı İşleri

Çatı Karkas
Çatı Örtüsü
Çatı Bacaları
Çinko İşleri
İzolasyon İşleri

Kapı Dolap Ve Pencereilerin Takılması

Saç Kapı Kasaları Ve Kasa Arkası Şerbeti

Pencere Kör Kasa Ve Boyası

İç Kapı Kanatları Takıldığında

Pvc Doğrama Ve Madeni Aksam Dahil

Daire Giriş Kapısı

Muhtelif Doğrama İşleri 8bina Giriş Kapısı Rüzgarlık Posta Kutusu

Madeni Aksam Montajı

Çift Cam Takılması

Buzlu Cam Takılması

Mutfak Dolaplarının Takılması

Döşeme Kaplamaları

Şap Ve Tesviye Tabakası Yapılması

Seramik İşleri

Mermer Eşik

Halı Ve Laminat Parke Kaplama İle Süpürgelik İşleri

İzolasyon İşleri

Merdivenler

Merdiven Prekast Montajı

Basamak Kaplama İşleri

Korkuluk Yapılması

Mermer Kaplama (Süpürgelik Dahil)

Duvar Kaplamaları

Fayans Ve Seramik Yapılması

Plastik Boya (Tavan)

Plastik Boya (Duvar)

Fasarit (Tavan)

Asma Tavan

Mermer Kaplama

Mekanik Tesisat İşleri

Pissu Kolon Ve Yatay Tesisat

Temizsu Kolon Ve Yatay Tesisat

Kalorifer Tesisatı Kolon Boruları Montajı

Kalorifer Tesisatı Yatay Boruları Montajı

Radyatör Ve Vana Montajı Ve Branşman Tesisatı

Doğalgaz Tesisatının Yapılması

Duş Teknesi, Alaturka Hela Taşı Montajı

Vitrifiye Ve Armatürlerin Montajı

Su Deposu Ve Su Sayaçları Montajı

Bodrum Kat Kalorifer, Sıhhi Tes. Ve Yangın Sön. Ana Hatları Montajı

Kazan Dairesi Tesisat İşleri

Çatı Arası Kalorifer Tes. Havalık Boruları Ve İnbisat Deposu

Sıhhi Tesisat İşleri Hidrolik Testleri

Kalorifer Tesisat İşleri Hidrolik Testleri

Çatı Arası Bodrum Kat Kazan Dairesi İzolasyon

Baca Montajı Baca Ve Duman Kanalı İzolasyonu

Tesisat İşlerine Ait Eksikliklerin Tamamlanarak İşletmeye Alma

Elektrik Tesisat İşleri

Boş Boru Döşenmesi

Tesisat Kablolarının Çekilmesi

Anahtar Priz Buton Ve Armatürlerin Montajı

Tablo Sayaç Montajı Ve Giriş Gofrasına Kadar Bağlanması

İşletme Tecrübesinin Yapılması

İntercom Kapı Kontrol Cihazı Tesisatı

Paratöner Tesisatı

Tv Ve Telefon Tesisatı

Ada İçi Altyapı Çevre Düzenleme Ve Peyzaj

Atıksu İmalatı Yapılması

Yağmursuyu İmalatı Yapılması

Yaya Yolları Ve Otopark İmalatlarının Yapılması

İstinad İhata Duvarı Ve Şev Taşı İmalatı Yapılması

Telefon Tesisatının Yapılması

Ag Tesisatının Yapılması

Kullanmasuyu Bağlantılarının Yapılması

Doğalgaz Tesisatının Yapılması

Yapısal Peyzaj

Bitkisel Peyzaj

Bahçe Sulama

Bahçe Aydınlatma İşleri

Atık Su İmalatı Yapılması

Arıtma Tesisi Yapılması

Yağmursuyu İmalatı Yapılması

Yollar Ve Otopark İmalatlarının Yapılması

İstinat, İhata Duvarı Ve Şev Taşı İmalatı Yapılması

Telefon Tesisatının Yapılması

Og Tesisatının Yapılması

Kullanmasuyu Bağlantılarının Yapılması

Doğalgaz Tesisatının Yapılması

Bahçe Sulama

Cadde, Sokak Aydınlatma İşleri

Trafo İşlerinin Yapılması

Ek-2: Matlab Program Yazılımı

```
%SÜRE KALİTE MALİYET OPTİMİZASYONU
%Veri Girişleridir
%1. DURUM
%74 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB1=74;
C1=[55000 251000 45000 20000 60000 12000 38000 30000 18000 85000 52000
20000 10000 100000 55000 5000];
Q1=[75 75 70 70 70 70 75 70 75 75 70 75 70 70 70 75];
%73 gün İçin Maliyetler ve Kaliteler
TUB2=73;
C2=[55000 251000 45000 20000 60000 12000 38000 30000 18000 85000 52000
20000 10000 100000 55000 5500];
Q2=[75 75 70 70 70 70 75 70 75 75 70 75 70 70 70 70];
%72 gün İçin Maliyetler ve Kaliteler
TUB3=72;
C3=[55000 251000 45000 20000 60000 12000 38000 30000 18800 85000 52000
20000 10000 100000 55000 5500];
Q3=[75 75 70 70 70 70 75 70 75 70 75 70 70 70 70];
%71 gün İçin Maliyetler ve Kaliteler
TUB4=71;
C4=[55000 251000 47500 20000 60000 12000 38000 30000 18800 85000 52000
20000 10000 100000 55000 5500];
Q4=[75 75 60 70 70 70 75 70 70 75 70 75 70 70 70 70];
%70 gün İçin Maliyetler ve Kaliteler
TUB5=70;
C5=[55000 251000 50000 20000 60000 12000 38000 30000 18800 85000 52000
20000 10000 100000 55000 5500];
Q5=[75 75 55 70 70 70 75 70 70 75 70 75 70 70 70 70];
%69 gün İçin Maliyetler ve Kaliteler
TUB6=69;
C6=[55000 251000 52500 20000 60000 12000 38000 30000 18800 85000 52000
20000 10000 100000 55000 5500];
Q6=[75 75 45 70 70 70 75 70 70 75 70 75 70 70 70 70];
%68 gün İçin Maliyetler ve Kaliteler
TUB7=68;
C7=[55000 251000 52500 20000 63000 12000 38000 30000 18800 85000 52000
20000 10000 100000 55000 5500];
Q7=[75 75 45 70 60 70 75 70 70 75 70 75 70 70 70 70];
%67 gün İçin Maliyetler ve Kaliteler
TUB8=67;
C8=[55000 251000 52500 20000 66000 12000 38000 30000 18800 85000 52000
20000 10000 100000 55000 5500];
Q8=[75 75 45 70 50 70 75 70 70 75 70 75 70 70 70 70];
%66 gün İçin Maliyetler ve Kaliteler
TUB9=66;
C9=[55000 251000 52500 20000 69000 15000 38000 30000 18800 85000 52000
20000 10000 100000 55000 5500];
Q9=[75 75 45 70 40 60 75 70 70 75 70 75 70 70 70 70];
%65 gün İçin Maliyetler ve Kaliteler
TUB10=65;
C10=[55000 255000 52500 20000 69000 15000 38000 30000 18800 85000
52000 20000 10000 100000 55000 5500];
Q10=[75 70 45 70 40 60 75 70 70 75 70 75 70 70 70 70];
%64 gün İçin Maliyetler ve Kaliteler
TUB11=64;
```

C11=[55000 259000 52500 20000 69000 15000 38000 30000 18800 85000
52000 20000 10000 100000 55000 5500];
Q11=[75 65 45 70 40 60 75 70 70 75 70 75 70 70 70];
%63 gün İçin Maliyetler ve Kaliteler
TUB12=63;
C12=[60500 259000 52500 20000 69000 15000 38000 30000 18800 85000
52000 20000 10000 100000 55000 5500];
Q12=[70 65 45 70 40 60 75 70 70 75 70 75 70 70 70];
%62 gün İçin Maliyetler ve Kaliteler
TUB13=62;
C13=[60500 263000 52500 20000 69000 15000 38000 30000 18800 85000
52000 20000 11500 100000 55000 5500];
Q13=[70 55 45 70 40 60 75 70 70 75 70 75 60 70 70];
%61 gün İçin Maliyetler ve Kaliteler
TUB14=61;
C14=[60500 263000 52500 20000 69000 15000 38000 30000 19600 87000
57000 20000 13000 100000 55000 5500];
Q14=[70 55 45 70 40 60 75 70 60 65 60 75 50 70 70];
%2.DURUM (Herbir faaliyette kaliteyi bir önceki duruma göre %5
arttırmak için maliyetler
%10 arttırılmıştır.)
%74 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB21=74;
C21=C1*1.10;
Q21=Q1+5;
%73 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB22=73;
C22=C2*1.10;
Q22=Q2+5;
%72 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB23=72;
C23=C3*1.10;
Q23=Q3+5;
%71 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB24=71;
C24=C4*1.10;
Q24=Q4+5;
%70 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB25=70;
C25=C5*1.10;
Q25=Q5+5;
%69 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB26=69;
C26=C6*1.10;
Q26=Q6+5;
%68 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB27=68;
C27=C7*1.10;
Q27=Q7+5;
%67 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB28=67;
C28=C8*1.10;
Q28=Q8+5;
%66 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB29=66;
C29=C9*1.10;
Q29=Q9+5;
%65 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB210=65;

C210=C10*1.10;
Q210=Q10+5;
%64 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB211=64;
C211=C11*1.10;
Q211=Q11+5;
%63 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB212=63;
C212=C12*1.10;
Q212=Q12+5;
%62 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB213=62;
C213=C13*1.10;
Q213=Q13+5;
%61 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB214=61;
C214=C14*1.10;
Q214=Q14+5;
%3.DURUM (Herbir faaliyette kaliteyi bir önceki duruma göre %5 birim
arttırmak için maliyetler
%20 arttırılmıştır.)
%74 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB31=74;
C31=C1*1.10*1.20;
Q31=Q1+10;
%73 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB32=73;
C32=C2*1.10*1.20;
Q32=Q2+10;
%72 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB33=72;
C33=C3*1.10*1.20;
Q33=Q3+10;
%71 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB34=71;
C34=C4*1.10*1.20;
Q34=Q4+10;
%70 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB35=70;
C35=C5*1.10*1.20;
Q35=Q5+10;
%69 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB36=69;
C36=C6*1.10*1.20;
Q36=Q6+10;
%68 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB37=68;
C37=C7*1.10*1.20;
Q37=Q7+10;
%67 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB38=67;
C38=C8*1.10*1.20;
Q38=Q8+10;
%66 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB39=66;
C39=C9*1.10*1.20;
Q39=Q9+10;
%65 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB310=65;

```

C310=C10*1.10*1.20;
Q310=Q10+10;
%64 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB311=64;
C311=C11*1.10*1.20;
Q311=Q11+10;
%63 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB312=63;
C312=C12*1.10*1.20;
Q312=Q12+10;
%62 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB313=62;
C313=C13*1.10*1.20;
Q313=Q13+10;
%61 gün için Maliyetler ve Kaliteler
TUB314=61;
C314=C14*1.10*1.20;
Q314=Q14+10;
alfa=0.5;
n=16;
%Birinci durum için proje kaliteleri(74-61 gün)
Qalfa1=alfa*min(Q1)+alfa*(sum(Q1)/n);
Qalfa2=alfa*min(Q2)+alfa*(sum(Q2)/n);
Qalfa3=alfa*min(Q3)+alfa*(sum(Q3)/n);
Qalfa4=alfa*min(Q4)+alfa*(sum(Q4)/n);
Qalfa5=alfa*min(Q5)+alfa*(sum(Q5)/n);
Qalfa6=alfa*min(Q6)+alfa*(sum(Q6)/n);
Qalfa7=alfa*min(Q7)+alfa*(sum(Q7)/n);
Qalfa8=alfa*min(Q8)+alfa*(sum(Q8)/n);
Qalfa9=alfa*min(Q9)+alfa*(sum(Q9)/n);
Qalfa10=alfa*min(Q10)+alfa*(sum(Q10)/n);
Qalfa11=alfa*min(Q11)+alfa*(sum(Q11)/n);
Qalfa12=alfa*min(Q12)+alfa*(sum(Q12)/n);
Qalfa13=alfa*min(Q13)+alfa*(sum(Q13)/n);
Qalfa14=alfa*min(Q14)+alfa*(sum(Q14)/n);
%İkinci durum için proje kaliteleri(74-61 gün)
Qalfa21=alfa*min(Q21)+alfa*(sum(Q21)/n);
Qalfa22=alfa*min(Q22)+alfa*(sum(Q22)/n);
Qalfa23=alfa*min(Q23)+alfa*(sum(Q23)/n);
Qalfa24=alfa*min(Q24)+alfa*(sum(Q24)/n);
Qalfa25=alfa*min(Q25)+alfa*(sum(Q25)/n);
Qalfa26=alfa*min(Q26)+alfa*(sum(Q26)/n);
Qalfa27=alfa*min(Q27)+alfa*(sum(Q27)/n);
Qalfa28=alfa*min(Q28)+alfa*(sum(Q28)/n);
Qalfa29=alfa*min(Q29)+alfa*(sum(Q29)/n);
Qalfa210=alfa*min(Q210)+alfa*(sum(Q210)/n);
Qalfa211=alfa*min(Q211)+alfa*(sum(Q211)/n);
Qalfa212=alfa*min(Q212)+alfa*(sum(Q212)/n);
Qalfa213=alfa*min(Q213)+alfa*(sum(Q213)/n);
Qalfa214=alfa*min(Q214)+alfa*(sum(Q214)/n);
%Üçüncü durum için proje kaliteleri(74-61 gün)
Qalfa31=alfa*min(Q31)+alfa*(sum(Q31)/n);
Qalfa32=alfa*min(Q32)+alfa*(sum(Q32)/n);
Qalfa33=alfa*min(Q33)+alfa*(sum(Q33)/n);
Qalfa34=alfa*min(Q34)+alfa*(sum(Q34)/n);
Qalfa35=alfa*min(Q35)+alfa*(sum(Q35)/n);
Qalfa36=alfa*min(Q36)+alfa*(sum(Q36)/n);
Qalfa37=alfa*min(Q37)+alfa*(sum(Q37)/n);
Qalfa38=alfa*min(Q38)+alfa*(sum(Q38)/n);

```

```

Qalfa39=alfa*min(Q39)+alfa*(sum(Q39)/n);
Qalfa310=alfa*min(Q310)+alfa*(sum(Q310)/n);
Qalfa311=alfa*min(Q311)+alfa*(sum(Q311)/n);
Qalfa312=alfa*min(Q312)+alfa*(sum(Q312)/n);
Qalfa313=alfa*min(Q313)+alfa*(sum(Q313)/n);
Qalfa314=alfa*min(Q314)+alfa*(sum(Q314)/n);
%Toplam proje maliyetleri
%1.Durum İçin
CUB1=sum(C1);
CUB2=sum(C2);
CUB3=sum(C3);
CUB4=sum(C4);
CUB5=sum(C5);
CUB6=sum(C6);
CUB7=sum(C7);
CUB8=sum(C8);
CUB9=sum(C9);
CUB10=sum(C10);
CUB11=sum(C11);
CUB12=sum(C12);
CUB13=sum(C13);
CUB14=sum(C14);
%2.Durum İçin
CUB21=sum(C21);
CUB22=sum(C22);
CUB23=sum(C23);
CUB24=sum(C24);
CUB25=sum(C25);
CUB26=sum(C26);
CUB27=sum(C27);
CUB28=sum(C28);
CUB29=sum(C29);
CUB210=sum(C210);
CUB211=sum(C211);
CUB212=sum(C212);
CUB213=sum(C213);
CUB214=sum(C214);
%3.Durum İçin
CUB31=sum(C31);
CUB32=sum(C32);
CUB33=sum(C33);
CUB34=sum(C34);
CUB35=sum(C35);
CUB36=sum(C36);
CUB37=sum(C37);
CUB38=sum(C38);
CUB39=sum(C39);
CUB310=sum(C310);
CUB311=sum(C311);
CUB312=sum(C312);
CUB313=sum(C313);
CUB314=sum(C314);
%Grafik Komutlarıdır
GRFC1 =[CUB1 CUB2 CUB3 CUB4 CUB5 CUB6 CUB7 CUB8 CUB9 CUB10 CUB11 CUB12
CUB13 CUB14];
GRFC2 =[CUB21 CUB22 CUB23 CUB24 CUB25 CUB26 CUB27 CUB28 CUB29 CUB210
CUB211 CUB212 CUB213 CUB214];
GRFC3 =[CUB31 CUB32 CUB33 CUB34 CUB35 CUB36 CUB37 CUB38 CUB39 CUB310
CUB311 CUB312 CUB313 CUB314];

```



```

GRFTUB=[TUB1 TUB2 TUB3 TUB4 TUB5 TUB6 TUB7 TUB8 TUB9 TUB10 TUB11 TUB12
TUB13 TUB14];
figure(1)
plot(GRFTUB, GRFC1,'ro-', GRFTUB, GRFC2, 'k*-', GRFTUB, GRFC3, 'cx-')
title('Süre- Maliyet Değişimi')
xlabel('Süre'), ylabel('Maliyet'), grid,legend('1.Durum', '2.Durum',
'3.Durum',0)
figure(2)
GRFTUB=[TUB1 TUB2 TUB3 TUB4 TUB5 TUB6 TUB7 TUB8 TUB9 TUB10 TUB11 TUB12
TUB13 TUB14];
GRFQ1=[Qalfa1 Qalfa2 Qalfa3 Qalfa4 Qalfa5 Qalfa6 Qalfa7 Qalfa8 Qalfa9
Qalfa10 Qalfa11 Qalfa12 Qalfa13 Qalfa14]
GRFQ2=[Qalfa21 Qalfa22 Qalfa23 Qalfa24 Qalfa25 Qalfa26 Qalfa27 Qalfa28
Qalfa29 Qalfa210 Qalfa211 Qalfa212 Qalfa213 Qalfa214]
GRFQ3=[Qalfa31 Qalfa32 Qalfa33 Qalfa34 Qalfa35 Qalfa36 Qalfa37 Qalfa38
Qalfa39 Qalfa310 Qalfa311 Qalfa312 Qalfa313 Qalfa314]
plot(GRFTUB, GRFQ1,'ro-', GRFTUB, GRFQ2, 'k*-', GRFTUB, GRFQ3, 'cx-')
title('Süre- Kalite Değişimi')
xlabel('Süre'), ylabel('Kalite'), grid,legend('1.Durum', '2.Durum',
'3.Durum',0)
figure(3)
GRFTUB=[TUB1 TUB2 TUB3 TUB4 TUB5 TUB6 TUB7 TUB8 TUB9 TUB10 TUB11 TUB12
TUB13 TUB14];
GRFQ1=[Qalfa1 Qalfa2 Qalfa3 Qalfa4 Qalfa5 Qalfa6 Qalfa7 Qalfa8 Qalfa9
Qalfa10 Qalfa11 Qalfa12 Qalfa13 Qalfa14];
GRFQ2=[Qalfa21 Qalfa22 Qalfa23 Qalfa24 Qalfa25 Qalfa26 Qalfa27 Qalfa28
Qalfa29 Qalfa210 Qalfa211 Qalfa212 Qalfa213 Qalfa214];
GRFQ3=[Qalfa31 Qalfa32 Qalfa33 Qalfa34 Qalfa35 Qalfa36 Qalfa37 Qalfa38
Qalfa39 Qalfa310 Qalfa311 Qalfa312 Qalfa313 Qalfa314];
GRFC1 =[CUB1 CUB2 CUB3 CUB4 CUB5 CUB6 CUB7 CUB8 CUB9 CUB10 CUB11 CUB12
CUB13 CUB14];
GRFC2 =[CUB21 CUB22 CUB23 CUB24 CUB25 CUB26 CUB27 CUB28 CUB29 CUB210
CUB211 CUB212 CUB213 CUB214];
GRFC3 =[CUB31 CUB32 CUB33 CUB34 CUB35 CUB36 CUB37 CUB38 CUB39 CUB310
CUB311 CUB312 CUB313 CUB314];
plot(GRFTUB, GRFC1,'ro-', GRFTUB, GRFC2, 'k*-', GRFTUB, GRFC3, 'cx-')
title('Kalite- Maliyet Değişimi')
xlabel('Kalite'), ylabel('Maliyet'), grid,legend('1.Durum', '2.Durum',
'3.Durum',0)
figure(4)
TT=[TUB1 TUB2 TUB3 TUB4 TUB5 TUB6 TUB7 TUB8 TUB9 TUB10 TUB11 TUB12
TUB13 TUB14; TUB1 TUB2 TUB3 TUB4 TUB5 TUB6 TUB7 TUB8 TUB9 TUB10 TUB11
TUB12 TUB13 TUB14; TUB1 TUB2 TUB3 TUB4 TUB5 TUB6 TUB7 TUB8 TUB9 TUB10
TUB11 TUB12 TUB13 TUB14];
QQ=[Qalfa1 Qalfa2 Qalfa3 Qalfa4 Qalfa5 Qalfa6 Qalfa7 Qalfa8 Qalfa9
Qalfa10 Qalfa11 Qalfa12 Qalfa13 Qalfa14; Qalfa21 Qalfa22 Qalfa23
Qalfa24 Qalfa25 Qalfa26 Qalfa27 Qalfa28 Qalfa29 Qalfa210 Qalfa211
Qalfa212 Qalfa213 Qalfa214; Qalfa31 Qalfa32 Qalfa33 Qalfa34 Qalfa35
Qalfa36 Qalfa37 Qalfa38 Qalfa39 Qalfa310 Qalfa311 Qalfa312 Qalfa313
Qalfa314];
CC=[CUB1 CUB2 CUB3 CUB4 CUB5 CUB6 CUB7 CUB8 CUB9 CUB10 CUB11 CUB12
CUB13 CUB14; CUB21 CUB22 CUB23 CUB24 CUB25 CUB26 CUB27 CUB28 CUB29
CUB210 CUB211 CUB212 CUB213 CUB214; CUB31 CUB32 CUB33 CUB34 CUB35
CUB36 CUB37 CUB38 CUB39 CUB310 CUB311 CUB312 CUB313 CUB314];
x=TT
y=QQ
z=CC
mesh(x,y,z);title('Süre- Kalite Değişimi')
xlabel('Süre'), ylabel('Kalite'), zlabel('Maliyet'),grid on

```

```

%Program Sonuç Çıktılarıdır
disp('1. DURUM İÇİN SONUÇLAR ')
disp('Projenin gerçekleştirme süresi (gün)'), disp(TUB1)
disp('Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)'), disp(CUB1)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa1)
disp('.....')
disp('Projenin gerçekleştirme süresi (gün)'), disp(TUB2)
disp('Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)'), disp(CUB2)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa2)
disp('.....')
disp('Projenin gerçekleştirme süresi (gün)'), disp(TUB3)
disp('Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)'), disp(CUB3)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa3)
disp('.....')
disp('Projenin gerçekleştirme süresi (gün)'), disp(TUB4)
disp('Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)'), disp(CUB4)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa4)
disp('.....')
disp('Projenin gerçekleştirme süresi (gün)'), disp(TUB5)
disp('Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)'), disp(CUB5)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa5)
disp('.....')
disp('Projenin gerçekleştirme süresi (gün)'), disp(TUB6)
disp('Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)'), disp(CUB6)
disp('Projenin kalitesi (TL)'), disp(Qalfa6)
disp('.....')
disp('Projenin gerçekleştirme süresi (gün)'), disp(TUB7)
disp('Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)'), disp(CUB7)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa7)
disp('.....')
disp('Projenin gerçekleştirme süresi (gün)'), disp(TUB8)
disp('Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)'), disp(CUB8)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa8)
disp('.....')
disp('Projenin gerçekleştirme süresi (gün)'), disp(TUB9)
disp('Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)'), disp(CUB9)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa9)
disp('.....')
disp('Projenin gerçekleştirme süresi (gün)'), disp(TUB10)
disp('Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)'), disp(CUB10)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa10)
disp('.....')
disp('Projenin gerçekleştirme süresi (gün)'), disp(TUB11)
disp('Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)'), disp(CUB11)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa11)
disp('.....')
disp('Projenin gerçekleştirme süresi (gün)'), disp(TUB12)
disp('Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)'), disp(CUB12)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa12)
disp('.....')
disp('Projenin gerçekleştirme süresi (gün)'), disp(TUB13)
disp('Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)'), disp(CUB13)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa13)
disp('.....')
disp('Projenin gerçekleştirme süresi (gün)'), disp(TUB14)
disp('Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)'), disp(CUB14)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa14)
disp('.....')
disp('2. DURUM İÇİN SONUÇLAR ')

```

```

disp('Projenin gerekleŒme süresi (gün)'), disp(TUB21)
disp('Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)'), disp(CUB21)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa21)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleŒme süresi (gn)'), disp(TUB22)
disp('Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)'), disp(CUB22)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa22)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleŒme süresi (gn)'), disp(TUB23)
disp('Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)'), disp(CUB23)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa23)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleŒme süresi (gn)'), disp(TUB24)
disp('Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)'), disp(CUB24)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa24)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleŒme süresi (gn)'), disp(TUB25)
disp('Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)'), disp(CUB25)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa25)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleŒme süresi (gn)'), disp(TUB26)
disp('Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)'), disp(CUB26)
disp('Projenin kalitesi (TL)'), disp(Qalfa26)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleŒme süresi (gn)'), disp(TUB27)
disp('Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)'), disp(CUB27)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa27)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleŒme süresi (gn)'), disp(TUB28)
disp('Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)'), disp(CUB28)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa28)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleŒme süresi (gn)'), disp(TUB29)
disp('Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)'), disp(CUB29)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa29)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleŒme süresi (gn)'), disp(TUB210)
disp('Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)'), disp(CUB210)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa210)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleŒme süresi (gn)'), disp(TUB211)
disp('Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)'), disp(CUB211)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa211)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleŒme süresi (gn)'), disp(TUB212)
disp('Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)'), disp(CUB212)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa212)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleŒme süresi (gn)'), disp(TUB213)
disp('Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)'), disp(CUB213)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa213)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleŒme süresi (gn)'), disp(TUB214)
disp('Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)'), disp(CUB214)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa214)
disp('.....')
disp('3. DURUM İİN SONULAR ')
disp('Projenin gerekleŒme süresi (gn)'), disp(TUB31)
disp('Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)'), disp(CUB31)

```

```

disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa31)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleşme suresi (gun)'), disp(TUB32)
disp('Projenin gerekleşme maliyeti (TL)'), disp(CUB32)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa32)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleşme suresi (gun)'), disp(TUB33)
disp('Projenin gerekleşme maliyeti (TL)'), disp(CUB33)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa33)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleşme suresi (gun)'), disp(TUB34)
disp('Projenin gerekleşme maliyeti (TL)'), disp(CUB34)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa34)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleşme suresi (gun)'), disp(TUB35)
disp('Projenin gerekleşme maliyeti (TL)'), disp(CUB35)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa35)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleşme suresi (gun)'), disp(TUB36)
disp('Projenin gerekleşme maliyeti (TL)'), disp(CUB36)
disp('Projenin kalitesi (TL)'), disp(Qalfa36)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleşme suresi (gun)'), disp(TUB37)
disp('Projenin gerekleşme maliyeti (TL)'), disp(CUB37)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa37)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleşme suresi (gun)'), disp(TUB38)
disp('Projenin gerekleşme maliyeti (TL)'), disp(CUB38)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa38)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleşme suresi (gun)'), disp(TUB39)
disp('Projenin gerekleşme maliyeti (TL)'), disp(CUB39)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa39)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleşme suresi (gun)'), disp(TUB310)
disp('Projenin gerekleşme maliyeti (TL)'), disp(CUB310)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa310)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleşme suresi (gun)'), disp(TUB311)
disp('Projenin gerekleşme maliyeti (TL)'), disp(CUB311)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa311)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleşme suresi (gun)'), disp(TUB312)
disp('Projenin gerekleşme maliyeti (TL)'), disp(CUB312)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa312)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleşme suresi (gun)'), disp(TUB313)
disp('Projenin gerekleşme maliyeti (TL)'), disp(CUB313)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa313)
disp('.....')
disp('Projenin gerekleşme suresi (gun)'), disp(TUB314)
disp('Projenin gerekleşme maliyeti (TL)'), disp(CUB314)
disp('Projenin kalitesi '), disp(Qalfa314)
disp('.....')

```

Ek-3: Matlab Program Çıktıları

1. DURUM İÇİN SONUÇLAR

Projenin gerçekleştirme süresi (gün)

74

Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)

856000

Projenin kalitesi

71.0938

.....
Projenin gerçekleştirme süresi (gün)

73

Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)

856500

Projenin kalitesi

70.9375

.....
Projenin gerçekleştirme süresi (gün)

72

Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)

857300

Projenin kalitesi

70.7813

.....
Projenin gerçekleştirme süresi (gün)

71

Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)

859800

Projenin kalitesi

65.4688

.....
Projenin gerçekleştirme süresi (gün)

70

Projenin gerçekleştirme maliyeti (TL)

862300

Projenin kalitesi

62.8125

.....

Projenin gerekleşme suresi (gun)
69
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
864800
Projenin kalitesi (TL)
57.5000
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
68
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
867800
Projenin kalitesi
57.1875
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
67
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
870800
Projenin kalitesi
56.8750
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
66
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
876800
Projenin kalitesi
53.7500
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
65
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
880800
Projenin kalitesi
53.5938
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
64
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
884800
Projenin kalitesi

53.4375

.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)

63

Projenin gerekleşme maliyeti (TL)

890300

Projenin kalitesi

53.2813

.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)

62

Projenin gerekleşme maliyeti (TL)

895800

Projenin kalitesi

52.6563

.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)

61

Projenin gerekleşme maliyeti (TL)

905100

Projenin kalitesi

51.4063

2. DURUM İİN SONULAR

Projenin gerekleşme suresi (gun)

74

Projenin gerekleşme maliyeti (TL)

941600

Projenin kalitesi

76.0938

.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)

73

Projenin gerekleşme maliyeti (TL)

942150

Projenin kalitesi

75.9375

.....

Projenin gerekleşme suresi (gun)
72
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
943030
Projenin kalitesi
75.7813
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
71
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
945780
Projenin kalitesi
70.4688
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
70
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
948530
Projenin kalitesi
67.8125
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
69
.....
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
951280
Projenin kalitesi (TL)
62.5000
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
68
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
954580
Projenin kalitesi
62.1875
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
67
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
957880

Projenin kalitesi
61.8750
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
66
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
964480
Projenin kalitesi
58.7500
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
65
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
968880
Projenin kalitesi
58.5938
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
64
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
973280
Projenin kalitesi
58.4375
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
63
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
979330
Projenin kalitesi
58.2813
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
62
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
985380
Projenin kalitesi
57.6563
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
61

Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
995610

Projenin kalitesi
56.4063

3. DURUM İİN SONULAR

Projenin gerekleşme sresi (gn)
74

Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
1129920

Projenin kalitesi
81.0938

.....
Projenin gerekleşme sresi (gn)
73

Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
1130580

Projenin kalitesi
80.9375

.....
Projenin gerekleşme sresi (gn)
72

Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
1131636

Projenin kalitesi
80.7813

.....
Projenin gerekleşme sresi (gn)
71

Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
1134936

Projenin kalitesi
75.4688

.....
Projenin gerekleşme sresi (gn)
70

Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
1138236

Projenin kalitesi
72.8125
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
69
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
1141536
Projenin kalitesi (TL)
67.5000
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
68
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
1145496
Projenin kalitesi
67.1875
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
67
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
1149456
Projenin kalitesi
66.8750
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
66
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
1157376
Projenin kalitesi
63.7500
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
65
Projenin gerekleşme maliyeti (TL)
1162656
Projenin kalitesi
63.5938
.....
Projenin gerekleşme suresi (gun)
64

Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)
1167936

Projenin kalitesi
63.4375

.....
Projenin gerekleŒme süresi (gün)
63

Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)
1175196

Projenin kalitesi
63.2813

.....
Projenin gerekleŒme süresi (gün)
62

Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)
1182456

Projenin kalitesi
62.6563

.....
Projenin gerekleŒme süresi (gün)
61

Projenin gerekleŒme maliyeti (TL)
1194732

Projenin kalitesi
61.4063

ÖZGEÇMİŞ

Hakkı KUL 1982 Isparta doğumludur. İlk, orta, lise öğrenimini Adana'da tamamlamış olup, 2001 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünü kazanmıştır. Bölümden 2007 yılında mezun olmasının ardından, 2008 Şubat ayında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik Fakültesi Yapı İşletmesi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2007 Haziran'da lisans eğitimini tamamlanmasından sonra, stajyer mühendis, saha mühendisliği, gayrimenkul değerlendirme uzmanı gibi görevlerde çalışmıştır. Halen, özel bir şirkette gayrimenkul değerlendirme uzmanı olarak çalışmaktadır.