

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BULANIK MANTIK ÇÖZÜMLEME YÖNTEMİ İLE BİR KONUT
PROJESİNDE SÜRE – MALİYET – KALİTE OPTİMİZASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yiğit İŞÇİOĞLU**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı İşletmesi Programı

HAZİRAN 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BULANIK MANTIK ÇÖZÜMLEME YÖNTEMİ İLE BİR KONUT
PROJESİNDE SÜRE – MALİYET – KALİTE OPTİMİZASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yiğit İŞÇİOĞLU
(501081169)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06 Mayıs 2011

Tezin Savunulduğu Tarih : 09 Haziran 2011

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Gül POLAT TATAR (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Heyecan GİRİTLİ (İTÜ)
Doç. Dr. Uğur MÜNGEN (İTÜ)**

HAZİRAN 2011

Anne ve Babama,

ÖNSÖZ

Birçok değişkenin olduğu, dahası insan faktörünün oldukça etkili olduğu ortamlarda öngörülerini matematiksel formüller ile belirtmek, genellikle olasılıkları değerlendirmekten öteye gidememektedir. Ancak, günümüzde bilgisayar programlarının gelişmesi ile artık tüm inşaat sektöründe bilgisayar destekli tahminlere göre teklifler verilmekte veya inşaat işleri bilgisayar destekli veriler ile irdelenmektedir. Sonuçta, ortaya çıkan verilerin pratikte uygulanabilmesi ve projelerin başarıya ulaşabilmesi için en olası yolların belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada ise projelerde başarıyı ortaya çıkabilecek olan sonuçların bulanık mantık teorisi ile irdelenmesi üzerinde durulmuştur. Genel anlamda birçok değişkenin olduğu ortamlarda bulanıklaştırma yöntemi bize en uygun sonuçları verebilmekte oldukça yeterli görünmektedir.

Bu tez çalışmasında öncelikle bana desteklerini esirgemeyen ve hep hoşgörülü davranan hocam Sn. Gül POLAT TATAR'a ardından beni her zaman başarıya teşvik eden babama ve anneme, ayrıca da anlayışı ve destekleri için eşime sonsuz teşekkür ederim.

Mayıs 2011

Yiğit İŞÇİOĞLU

İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Literatür Özeti	2
1.3 Hipotez	3
2. İNŞAAT PROJELERİNDE SÜRENİN – MALİYETİN – KALİTENİN SAPTANMASI	5
2.1 İnşaat Projelerinde Sürenin Tanımı ve Önemi	5
2.2 Proje Süresinin Saptanması İle İlgili Çalışmalar.....	8
2.3 İnşaat Projelerinde Maliyetin Tanımı ve Önemi	9
2.4 Proje Maliyetinin Saptanması İle İlgili Çalışmalar	12
2.5 İnşaat Projelerinde Kalitenin Tanımı ve Önemi.....	13
2.6 Proje Kalitesinin Saptanması İle İlgili Çalışmalar	15
2.7 Süre – Maliyet – Kalite Değişiminin Analizi	16
2.8 Bulanık Mantık Yöntemi.....	24
3. METODOLOJİ VE SAYISAL UYGULAMA ÇALIŞMASI.....	31
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	43
KAYNAKLAR	47

KISALTMALAR

ISO 9000	: Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu Toplam Kalite Programı
N	: Projedeki Eylem Sayısı
n_i	: $i - j$ Eylemindeki Alternatif Sayısı
q_{ij}	: Her bir $i - j$ Eylemin Kalitesi
y_{ij}	: Her bir $i - j$ Eylemindeki alternatiflerinden Birinin Seçim Katsayısı
Q_{min}	: Minimum Kalite
Q_{ort}	: Ortalama Kalite
Q_a	: Proje Kalitesi
d_{ij}	: Eylemin Süresi
c_{ij}	: $i - j$ Eyleminin Maliyetini
T_{UB}	: Toplam Proje Süresinin Üst Sınırı
C_{UB}	: Toplam Proje Maliyetinin Üst Sınırı
t_i	: Eylemin Başlangıç Zamanı
μ	: Üyelik Derecesi
u	: Maksimum Değer
l	: Minimum Değer
$Z(x)$	: Üyelik Derecesi Belirlenmek İstenilen Hedefin Değeri
L	: Fonksiyonun Ne Oranda Gerçekleştiğini Belirleyen Yapay Değişkeni
W_k	: k . Hedefin Ağırlığı
C_{min}	: Toplam Proje Maliyetini
z^l	: Senaryolar İçindeki En Düşük Hedef Değer
z^u	: Senaryolar İçindeki En Yüksek Hedef Değer
$\mu_A(x)$	: Hedef Değerin Üyelik Derecesi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Aktiviteler ve Alternatif Yöntemler Listesi.....	32
Çizelge 3.2 : Alternatif Yöntemlere Göre Süre Değerleri Tablosu.	34
Çizelge 3.3 : Alternatif Yöntemlere Göre Maliyet Değerleri Tablosu.	35
Çizelge 3.4 : Alternatif Yöntemlere Göre Kalite Değerleri Tablosu.....	36
Çizelge 3.5 : Örnek Senaryo Kartı.....	36
Çizelge 3.6 : Örnek Özet Senaryo Listesi.....	37
Çizelge 4.1 : En Optimize Sonuç ve En Verimsiz Sonuç.....	45

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 : Zaman, Maliyet ve Kalite Grafikleri.	3
Şekil 2.1 : Zaman ve Maliyet Arasındaki İlişki.	17
Şekil 2.2 : Başarı Kriteri Üçgeni.	19
Şekil 2.3 : Yeni Sözleşme Yöntemlerinin Karar Almaya Etkisi.	22
Şekil 2.4 : Hedef Programlama Üyelik Fonksiyonu.	27
Şekil 3.1 : Genel İş Akış Diyagramı.	33
Şekil 3.2 : Senaryolara Göre Maliyet – Süre – Kalite Grafiği.	38
Şekil 3.3 : Üyelik Fonksiyonları.	39
Şekil 4.1 : Zaman, Maliyet, Kalite Grafikleri Kıyaslaması.	44

BULANIK MANTIK ÇÖZÜMLEME YÖNTEMİ İLE BİR KONUT PROJESİNDE SÜRE – MALİYET – KALİTE OPTİMİZASYONU

ÖZET

İnşaat sektöründe özellikle günümüzdeki rekabet ortamında işveren ve müteahhit firmaların projeleri hızlı, olabildiğince düşük maliyetle ve en yüksek kalitede yapmaları beklenmektedir. Bu şartları yerine getirmek özellikle birçok değişkenin ve birçok farklı yapım metodunun olduğu bu ortamda çok güçtür. Ancak, literatürde bu 3 ana kriteri birden optimize eden çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Genellikle, süre ve maliyet optimizasyonu üzerinde durulmuş ve kalite göz ardı edilmiştir. Ancak, son yıllarda literatürde, süre, maliyet ve kalite kriterlerini en yüksek verimi verecek şekilde ayarlamak üzerine çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Bu tezde de bu çalışmalara ışık tutacak şekilde bir uygulama yapılmış ve günümüzde devam eden bir proje üzerinde bulanık mantık yöntemi kullanılarak optimizasyon denenmiştir.

Bir konut projesinde süre, maliyet ve kalite kriterlerinin farklı alternatif yapım metodları incelenerek nasıl optimize edilebileceği bu tezde incelenmiştir. İncelemelerde literatür taraması yapılmış ve konu ile ilgili yapılan çalışmalar irdelenmiştir. Yapılan irdelenmenin ardından, bir konut projesi seçilmiş ve bu proje üzerinde projedeki aktivitelerin alternatif yollarla yapılması durumunda süre, maliyet ve kalite üzerinde ne gibi değişiklikler olduğu hesaplanmaya çalışılmıştır. Bulunan veriler üzerinde projenin en uygun değerli iş akış şeması oluşturulmuş ve projenin başarısına ışık tutulmuştur. Ayrıca bu tez ileride, teklif aşamasında teklif veren firmaların ihale kazanma başarılarını arttıracak veya hali hazırda devam eden projelerde daha fazla süre kazancı, kâr veya daha yüksek kalite hedeflerinin gerçekleştirebileceği bir model olarak da kullanılabilir.

TIME – COST – QUALITY OPTIMIZATION IN A RESIDENCE PROJECT BY USING FUZZY LOGIC DECISION – MAKING METHOD

SUMMARY

In today's competitive construction industry both client and contractors are expected finish their works before the completion time, higher than expected profitability and higher than expected quality. In the unpredictable world of construction industry or where the construction methods differs a lot, that is very hard to success. Besides, in the literature there aren't lots of models that optimize that 3 main criters. Usually, time and cost trade-offs are the main subject, however quality is not mentioned. Although, time, cost and quality optimization problems and their possible solvings are started to seen in literature. In this thesis, time, cost and quality optimization in a residence project by using fuzzy logic decision making method is used to shed a light on this studies.

Time, cost and quality optimization in a residence project is examined in this thesis with using different costruction methods. In the thesis, first of all, literature searching is done and studies that mention this optimization methods are examined. After the literature search, a residence project is found and with different methods of construction time, cost and quality changes are tried to calculate. With the findings optimized work flow diagram fort his residence project is calculate and shed a light on the project success. On the other hand, this thesis increses the succes rate of the firms that estimate the constriction time, cost and quality which are tendering or time saving, higher completion profitabiliy and higher completion quality for the firms that already have ongoing works.

1. GİRİŞ

İnşaat sektöründe bir projenin başarısı 3 ana kriterin yerine gelmesi ile oluşur. Bu 3 kriter şüphesiz ki; işin işveren ve yüklenici tarafından planlanan süreler içerisinde veya planlanan sürelerden erken tamamlanması, işin işveren ve yüklenici tarafından planlanan bütçe (maliyetler) içerisinde veya daha düşük bir bütçe ile tamamlanması ve özellikle yapının satışına, kiralanmasına, kullanıma veya reklamına etki edeceğinden işveren ve yüklenici tarafından belirlenmiş olan kalite kriterleri içerisinde veya olabilecek en yüksek kalitede tamamlanmasıdır. Elbette ki, bu 3 kriterin de en istenilen şekilde tamamlanması her zaman mümkün olmamaktadır. Çünkü, genel bilgilerimiz işin süresinin kısılmasının projenin maliyetlerini arttıracak veya hızlı yapılan işe yeterince dikkat gösterilmediği için istenilen kaliteyi sağlayamayacağı veya çok kaliteli bir yapı inşaatının hem uzun süreceği hem de maliyetli olacağı üzerinedir. Bu durumda istenilen ürüne ulaşabilmek için bu 3 ana kriterin optimize edilmesi, yani en uygun değerlerinin bulunması gerekmektedir.

Optimizasyon teknikleri çok farklılık gösterse de hepsinin ortak bir amacı vardır; katma değeri, geri dönüşü arttırmak ve tasarruf etmek. Bu tezde süre, maliyet ve kalitenin inşaat sektöründe nasıl optimize edildiği üzerinde durulacaktır. Ayrıca 3 ana kriterin her birini ayrı ayrı optimize ederken, birbirleri ile olan ilişkilerinin de incelenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca 3 ana kriterin hepsinin projenin başarısı için en optimize sonucu verecek şekilde nasıl hesap edilmesi gerektiği üzerinde durulacaktır.

1.1 Tezin Amacı

Bu tezde inşaa faaliyetleri sırasında veya bir projenin teklifi aşamasında verilecek olan küçük kararların inşaatın toplam süresine, maliyetine ve kalitesine olan etkileri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmenin ardından oluşturulan iş akış diyagramları ve matematiksel modellerle ve bulanık mantık problem çözme tekniği ile bir projenin nasıl süre, maliyet ve kalite yönünden en optimize bir şekilde başarıya ulaşabileceği hesaplanmaya çalışılmıştır.

Ayrıca, bu teknikle tezde, hesap edilen projelerde proje yöneticilerine alternatif yöntemlerle inşaa faaliyetlerinde farklı yollar ortaya çıkartmak ve proje ile ilgili karar almayı kolaylaştırmak, projeyi daha kârlı, daha kısa sürede ve daha kaliteli bir şekilde tamamlaya yardımcı olmak hedeflenmiştir.

1.2 Literatür Özeti

Literatürde konu ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu teze ilham kaynağı olan çalışma ise Erkan Karaman ve Serdar Kale [1] tarafından kaleme alınan “Bulanık Hedef Programlama Yöntemi İle Süre – Maliyet – Kalite Eniyilemesi” adlı makaledir. Makalede süre maliyet ve kalite üçgeninde inşaat projelerinde bulanık mantık kullanılarak optimizasyon yapılabilceğinden bahsetmiş ve bunu bir örnekle açıklamışlardır.

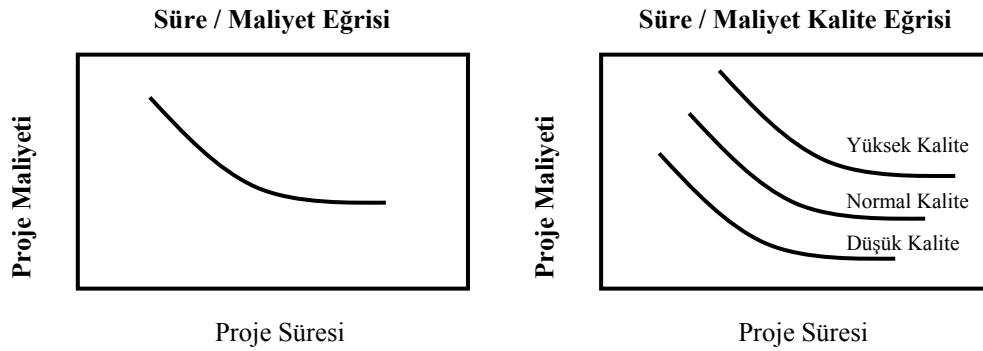
Ayrıca, literatürde bu konu ile ilgili birçok farklı kaynak da bulmak mümkündür. Bruce Pollack-Johnson and Matthew J. Liberatore [2], ise makalelerinde bir projedeki kalitenin planlanabileceğini ve kalitenin de ölçülebilir olduğundan bahsetmişlerdir. Ayrıca, devamında tasarım seçimlerinin süre, maliyet ve kalite ile değişkenlik gösterebildiğinden bahsetmişlerdir.

Bunların dışında, süre – maliyet ve kalite optimizasyonu konusuna değinen Refaat H. Abd El Razek, Ahmed M. Diab ve diğerleri [3] süre – maliyet – kalite optimizasyon probleminin inşaat proje yönetiminin karşılaştığı en büyük mücadelelerden biri olduğunu söylemektedirler. Araştırmacılar, tekrarlı inşaat projelerinde süre – maliyet – kalite optimizasyonunu genetik algoritmalar kullanarak çözümlemeye çalışmışlardır.

Bununla birlikte, süre – maliyet – kalite optimizasyon üçgeni inşaat sektöründe farklı farklı disiplinlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlardan biri de otoyol projeleridir. Bu konu ile ilgili literatürde bazı çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Khaled El-Rayes ve Amr Kandil [4], bir otoyol inşaa projesi için genetik algoritmalar kullanarak optimizasyonu incelemiştir.

1.3 Hipotez

Günümüz projelerinin büyük bölümü konut ağırlıklı yapılmaktadır. Bu tezde de bir konut projesi üzerinde çalışılmış ve süre – maliyet – kalite optimizasyon teknikleri denenmiştir. İlk hipotez Bruce Pollack-Johnson ve Matthew J. Liberatore'nin [2] belirttiği ve Şekil 1.1'de gösterdiği gibi bir ürünün kalitesinin artması o ürünün maliyetinin de artması anlamına geldiğinin bu tezde uygulanan projede de ortaya çıkıp çıkmayacağının irdelenmesidir. Bu çalışmanın sonucunda aşağıdaki Süre / Maliyet / Kalite eğrilerine benzer eğriler oluşması gerekmektedir.



Şekil 1.1 : Zaman, Maliyet ve Kalite Grafikleri [2].

Yukarıdaki şekiller maliyet ve zaman eksenleri üzerine oturtulmuş olan kalite eğrilerini göstermektedir. Bu eğrileri kısaca tanımlayacak olursak;

- Aynı proje maliyeti üzerinde süre uzadıkça kalite artmaktadır.
- Aynı proje süresi üzerinde ise kalite arttıkça maliyet artmaktadır.

İkinci hipotez ise 3 ana proje başarı kriterinin (süre – maliyet – kalite) en optimize sonuçlarının iş akış diyagramları, matematiksel modeller ve bulanık mantık problem çözümü tekniği kullanılarak bulunabileceğinin kanıtlanmasıdır. Benzer bir çalışmayı E. Karaman ve S. Kale de [1] yapmıştır.

Bu tezde belirtilen modellemenin ileride inşaat sektöründe projelerin inşaat süreçleri içerisinde yönetim planlamasında veya teklif sürecinde tekliflendirmeye yardımcı olacak şekilde kullanılması da ayrıca ikincil hedefler arasındadır.

2. İNŞAAT PROJELERİNDE SÜRENİN – MALİYETİN – KALİTENİN SAPTANMASI

2.1 İnşaat Projelerinde Sürenin Tanımı ve Önemi

Süre kavramı genellikle bir başlangıç ile bir son arasında geçen zaman dilimini belirtmektedir. Sürenin önemini asırlardır insanoğlu bilmekte ve kendisini süreye göre programlamaktadır. Yapılan işlerin süresi genellikle hava şartlarına, güneşin gün içindeki varlığına veya belirli mesai saatlerine bağlıdır. Örneğin; Martin H. Levinson [5], amerikada 18. yüzyıl insanının genellikle hava şartları ve güneşe bağlı çalıştığından bahsetmiştir. Ayrıca, mevsimsel dönüşümler de işlerin yapılış sürelerini etkilemektedir.

Süre kavramı içerisinde bu kadar değişken varken süreyi (zamanı) doğru kullanmak elbette önemli bir hal almaktadır. Süre yönetimi işte bu şekilde aktivitelerin daha verimli ve efektif bir şekilde tamamlanabilmesi için üzerinde harcanan sürenin kontrolü olarak nitelendirilebilir. Süre yönetimi görevlerin, projenin veya amaçlanan hedeflerin tamamlanabilmesi için o işi verimli ve hızlı bir şekilde yapabilecek yeteneklerden, ekipmanlardan veya tekniklerden yardım alarak zamanı yönetmektir. Bu yönetim, planlama, atama, amaçlandırma, delege etme, analiz etme, izleme, organize etme, zamanlama ve önemi derecelendirme gibi çok geniş bir aktivite kapsamına sahiptir. Öncelikle, süre yönetimi iş aktivitelerini ilgilendirse de kişisel aktiviteleri de ilgilendirmektedir. Süre yönetimi sistemi işlemlerin, ekipmanların, tekniklerin ve metodların bir kombinasyonu olarak dizayn edilir. Genellikle, projenin tamamlanma süresini ve kapsamını belirlediği için süre yönetimi herhangi bir projenin gelişiminde çok önemli bir rol oynamaktadır.

18. ve 19. yüzyılda iş adamları günümüzdekinden daha esnek süre planlaması yapabilmekte idi. Martin H. Levinson [5] araştırmasında, “tipik bir iş günü üç saatlik görevlerden, resmi işlerde geçirilen zamandan, kilise ve sosyal ilişkilere ayrılan zamandan oluşmaktaydı” demiştir.

Ancak, 20. yüzyıl ile birlikte tarım ve ticaret alanında edüstrileşen ekonomi, beraberinde süre planlamasını, süre planlamasının verimli bir şekilde uygulanması ise ürünlerin zamanında el değıştirmesini ve üretimin artmasına yol açtı. Bu değışmi belgeleyen en güzel söz ise Benjamin Franklin tarafından bir çiftiye söylenen “Zaman paradır.” ifadesidir.

Martin H. Levinson [5], sürenin doğru kullanımı konusuna ilk odaklanan firma Amerika Posta Servisi olduğundan bahsetmiştir. Posta servisi 1792 yılında ulusal alanda hızlı mektup tedarigini koordine edecek bir sistem geliştirmiş, ardından dört yıl sonra gün gün ayrılmış bir zaman çizelgesi ile mektupları Kanada’dan Güney Karolina’ya postalayabilecek bir sistemi duyurmuştur. Posta gönderiminde zamanın şartlarına göre kullanılan at arabaları veya atlar düzenli bir çalışma takvimine bağlanmış, kalkış saatleri de günün belli saatlerine göre düzenlenmiştir.

Sürenin kullanımı konusundaki bu ilk örneklerin ardından endüstriyel devrim ile birlikte, makineleşen fabrikaların gelişmesi ile insanlar zamanın değerini daha fazla anlamışlardır. İş evlerden ve küçük esnaflardan büyük fabrikalara ve zaman tabanlı ödeme düzenine doğru geçiş olmuştur. Çalışma süresini maksimize etmek için yönetimler sabitlemiş çalışma gün ve saatlerinin yanında iş saatlerini işçileri çağırان zillerle düzenlemiştir.

Elbetteki inşaat sektöründe de bu gelişmeler yakından izlenmiştir. Bir inşaat projesinde süre kavramını Gopal Mirsha [6] bir yazısında aşağıdaki şekillerde açıklamıştır.

- “ İnşaat yapım süresi daha fazla kısaltılamayacak olan iş ya da aktivite sıralarının yani kritik yolun süresidir.”
- “ Süre bir aktiviteyi veya görevi tamamlamak için gerekli olan zaman anlamına gelmektedir. Ve inşaat yapım süresi ise iş verenin projeyi kullanıma açma veya kiralama noktasına getirene kadar elinde bulundurduğu zamandır”
- “ İnşaat yapım süresi bir yada birkaç metodun test edilerek, tüm işin en düşük maliyetle tamamlanacağı varsayımına göre ortaya çıkartılır ve genellikle normal durumlara göre öngörölür.”

- “ İnşaat yapım süresi, verilen zaman içerisinde tüm proje bilgilerini ve kaynaklarını kullanarak işin öngörülen yada beklenen maliyetler içerisinde tamamlanması beklenen süredir.”
- “ İnşaat yapım süresi şantiye çalışmalarının başlangıcından, yapının müşterisine teslim edilmesine kadar geçen süredir”

Ancak süre aşımaları inşaat projelerinde büyük oranda görülmektedir. İnşaat projeleri, beklentilerin dışında kalan teslim süreleri, bütçeler ve kalite standartlarının gözlemlendiği projelerdir [7]. İşverenler de bu duruma, çok kısa veya esnek olmayan proje teslim sürelerini içeren terminlerle neden olmuşlardır [3].

İnşaat süresini etkileyen ve gecikmelere yol açan bu faktörler aşağıdaki gibi sıralanmıştır [6].

- Projenin Büyüklüğü : Projenin büyüklüğü yapının kullanım veya taban alanı ile tanımlanır. Yapının boyutu büyüdükçe daha karmaşık inşai teknikler kullanılması gerektiğinden süre de uzamaktadır.
- Fonksiyon : Fonksiyon yapının tipi ve gerekli mühendislik sistemleri ile alakalıdır. Fonksiyon bir inşaat projesinin dizaynında çok önemli bir olgudur. Yapının fonksiyonu bu yapının kullanılacağı nitelik hedefine uygun olmalıdır.
- Yapı Yüksekliği : Bir yapının yüksekliği kaç katlı olduğu ile temsil edilir ve inşaat süresini etkiler. Bir yapının yüksekliği yapım tekniği ile kullanılacak ekipmanlarla ve inşaat sıralamasıyla alakalıdır.
- Karmaşıklık : Karmaşıklık işin yapılışının bilindik, alışagelmış olmayışı ile tanımlanabilir. Bir yapının karmaşıklığı inşaatın yapısı ile alakalıdır. Yapının karmaşıklığı inşaatta kullanılan ekipman, metod ve sıralamanın karmaşıklığı ile doğru orantılıdır.
- Kalite : Görünüş, dayanıklılık, güç, kullanılan materyaller, performans gibi değişkenler ve özellikler ile tanımlanır. Örneğin bir binanın cephe kaplaması, yani binanın dış görünüşü kalitenin sadece bir yönüdür.

- Projenin Yeri : Bir binanın lokasyonu, inşaat süresi üzerinde oldukça etkilidir. Bir projenin yeri, projenin inşaatında duyulabilecek olan ihtiyaçların (malzeme, ekipman, işçilik vb.) o çevreden hangi oranda karşılanabileceğini belirler. Projenin yeri kaynakların, malzemelerin ve ekipmanların tedarik edilmesini etkilemektedir. Sonuç olarak ekipmanların bir çoğunun kullanımını ve sahadaki üretkenliği belirler.

2.2 Proje Süresinin Saptanması İle İlgili Çalışmalar

Geçen 30 yılda birçok başarılı projenin en önemli kriteri olan inşaa süreleri, inşaat piyasasındaki araştırmacılar ve endüstri bilimcileri tarafından çokça incelenmiştir. İşverenler, yükleniciler veya danışmanlar tarafından kullanılacak olan inşaa süresinin performansının ölçülmesi ve verilerin değerlendirilmesi küresel bir konu haline dönüşmüştür.

Albert P. C. Chan ve Daniel W.M. Chan [8] bir çalışmalarında daha önceki istatistiksel süre modelleri incelenmiştir. Çalışmada, Hong Kong'daki yüksek katlı yapılarda inşaa süresini etkileyen kritik faktörlerin belirlenmesi amacıyla bir anket hazırlanmıştır. Veriler 56 adet benzer tiplerdeki konut blokları üzerinde yapılan anketlerden toplanmış ve regresyon modelleri kullanılarak projeler analiz edilmiş ve yaklaşık sonuçlar bulunmaya çalışılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda toplam inşaa süresini etkileyen faktörler, kullanılan inşaa metodu ve kat planlarına göre kümelerin yardımı ile modeller oluşturulmuştur. Modellerden elde edilen inşaa süreleri ise sahada gerçekleşen inşaa süreleri ile karşılaştırılmıştır [8].

İnşaat sektöründe son 30 yıldır kötü proje performansından kaynaklanan süre aşımının olduğu literatürde çokça bahsedilmiştir. Örneğin, 1974 ve 1988 yılları arasında dünya bankasının sponsor olduğu 1627 projenin %50-80'i oranında gecikme yaşanmış ve bununla birlikte Birleşik Krallık'a ait 1993'ten 1994'e kadar yapılan kamu inşaatlarında ortalama olarak %23.2 oranında süre aşımı yaşanmıştır [9]. Ayrıca Hong Kong'ta 1994 yılında yapılan bir araştırmaya göre; kamu binalarında, özel projelerde ve inşaat mühendisliği yapılarında 9, 17 ve 19% (sırasıyla) süre aşımı gerçekleşmiştir [9]. İnşaatların hızlı tamamlanması ile ünlü olan Hong Kong'taki birçok projede inşaatın tamamlanma süresinin performansı çok önem arz etmektedir.

Chan ve Kumaraswamy [9], Hong Kong'taki değişik tipteki inşaat projeleri üzerinde yaptıkları çalışmada elde edilen araştırma veya anket bulguları üzerinde yapmış oldukları çalışmalar ile inşaat sürelerinin kısaltılması ile ilgili önlem paketlerini ve önerileri açıklamışlardır.

Süre ve maliyet her inşaat projesinin en önemli faktörlerindendir. Projeden elde edilebilecek olan kârı maksimize edebilmek için yüklenici ve işverenler projenin süresini ve maliyetlerini optimize etmelidirler. Birçok yıldır, birçok araştırma süre ve maliyet arasındaki bu ilişkiyi incelemiş ve sezgisel veya genetik algoritmalarından yararlanarak matematiksel modelleme teknikleri ile gerçeğe uygun sonuçlar almaya çalışmışlardır. Bunun dışında, bundan önceki çalışmalar genellikle sadece maliyet veya sadece süre kavramı üzerine yoğunlaşmıştır.

S. Thomas Ng ve Yanshuai Zhang [10] çalışmalarında, süre ve maliyet optimizasyonu kavramını anlayabilmek ve optimizasyon problemini özzebilmek için, yeni bir optimizasyon tekniği olan karınca kolonisi optimizasyonu uygulanmıştır. Bu çalışmada daha önceden uygulanmış olan modelleme teknikleri ile karınca kolonisi optimizasyonu tekniği kıyas edilmiştir. Çalışmanın sonucunda karınca kolonisi optimizasyonu diğer optimizasyon modellerinden daha az bilgisayar kaynağı kullanılarak, daha iyi sonuç vermiş ve bu şekilde planlamacıları ve yöneticilerini daha iyi süre maliyet kararları vermelerini sağlamıştır.

Ayrıca, Albert P.C. Chan [11], 2001 yılındaki çalışmasında Avusturalya'dan Bromilow'un daha önce yapmış olduğu bir araştırmada inşaa sürelerinin $T=KCB$ formülünü konu edinmiştir. "T" burada çalışma günü bazında gerçekleşen inşaa süresini, "K" inşaa süresine ait karakteristik bir katsayıyı, "C" kontratın son keşif tutarını (milyon mertebesinde) ve "B" maliyet düzeyine göre süre performansı katsayısını belirtmektedir. Bu çalışmanın amacı ise Malezya'daki inşaat projelerinin zaman maliyet ilişkisinin tanımlanmasıdır.

2.3 İnşaat Projelerinde Maliyetin Tanımı ve Önemi

Maliyet: Yapılması gereken bir işin başından sonuna kadar oluşturduğu harcamaların toplamı anlamına gelmektedir [3]. Bu nedenle bir projenin başından sonuna kadar yapılacak olan harcamaların düşük olması işverenler tarafından genellikle istenilen bir durumdur.

Maliyetlerdirmenin tarihi, uygarlık tarihi kadar eskidir. Günümüzde de maliyetlendirme birçok yönden Paciulli'nin 1494 yılında yazmış olduğu ilk metinde bahsedildiğinden farklı değildir.

Yüklenici inşaat işletmeleri açısından inşaat yapım maliyetleri ise aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Direkt (Doğrudan) Maliyetler
 - o Malzeme Maliyeti
 - o Ekipman Maliyeti
 - o İşçilik Maliyeti
- Endirekt (Dolaylı) Maliyetler
 - o Genel Giderler (Teknik ve idari personel maliyeti, merkez ofis giderleri, imalatla kullanılmayan ekipman giderleri vb.)

Maliyet muhasebesi bir işletmenin devam edebilmesi için gerekli olan maliyetler konusunda yöneticilere yardımcı olmaktadır. Modern maliyet muhasebesi, endüstri devrimi sırasında büyük ölçekli işletmelerin maliyetlerini kaydebilmeleri ve izleyebilmeleri için bir sistem oluşturulması ve işletme sahipleri veya yöneticilerine karar verebilmeleri konusunda yardımcı olabilmesi için oluşturulmuştur.

Erken endüstri çağında birçok maliyet modern muhasebecilerin dediği gibi “değişken maliyetler” olarak adlandırılmakta idi. Çünkü bu maliyetler yapılan üretimle aynı oranda değişkenlik göstermekte idi.

Personele harcanan para, hammadde, bir fabrikayı çalıştırabilecek enerji vb. diğer giderler doğrudan üretim giderleridir. Ve bunlara da değişken maliyetler denir. Yöneticiler bir ürün için bu değişken maliyetlerin toplamını karar verme sürecinde sıklıkla kullanmaktadırlar.

Bazı maliyetlerin hacmine göre değişken maliyetler gibi olmamakla beraber artıp azalabilir veya yoğun zamanlarda bile aynı seviyede kalabilir. Bu maliyetlere de sabit maliyetler adı verilmektedir. Sabit maliyetlerin önemi yıllar geçtikçe yöneticiler tarafından daha çok anlaşılmıştır.

Bir işletmenin veya ekipmanlarının amortismanları veya departmanlarının bakım-onarım giderleri, üretim kontrolleri, satınalmaları, kalite kontrolleri, stokları, danışman giderleri ve mühendislik giderleri sabit maliyetlere örnek olarak gösterilebilir.

Ancak 20. yüzyılda bu maliyetler genellikle bir ürünü ortaya çıkartan değişken maliyetlerden daha önemli ve ürünlerin üretim miktarını belirlerken verilecek olan kararlarda daha etkili olmuşlardır. Yöneticiler sabit maliyetlerin bir ürünü fiyatlarken ve ürün hakkında karar verirken, öneminin farkında olmalıdırlar.

Ticari aktivitenin başından itibaren tüccarlar yapmış oldukları hareketlerin karlılıklarını belirlemeye çalışmışlardır. 13. yüzyılda Venedikte yaşamış olan Luca Pacioli maliyetlendirmenin babası sayılmaktadır. Pacioli girdi-çıktı kaydını geliştirmiştir. Bu şekilde Pacioli maliyet muhasebesinin de temellerini atmıştır. Üretim maliyetlerine çok fazla inceleme de nakit bütçelemeyi ve değişken maliyetlendirmeyi geliştirmiştir.

Alexander Hamilton Church makine-saat metodu geliştirmiş ve sabit maliyetleri enerji, yer ve yapım maliyetlerine katmıştır. Church 1936 yılında ölmüştür, ancak kendisi öldüğünde yaşadığı zamanının çok önünde olduğu düşünülmektedir. Makine-saat metodunun genel giderleri belirlemede yeterli bir metod olduğunu, özellikle de sermaye yoğun çalışan şirketlerde daha verimli kullanılabileceğini düşünmekte idi. Church'ün yaklaşımı herbir makineyi veya makine yerinde kullanılan montaj hattı işçisini bir maliyet verisi olarak görmekte ve daha gerçekçi yaklaşımla maliyetlendirme yapmakta idi.

Birçok firma günümüzde ürün maliyetlerini doğrudan malzeme, doğrudan personel ve genel giderler olarak ayırmaktadır. Üretim dünyasında ikinci değişiklik ise tam zamanında üretim ve stok kontrolü sistemleri ile Japonyada başlaması olmuştur. Tam zamanında üretim felsefesi hammaddelerin üretim sahasına üretimin başlamasından hemen önce tedarik edilmesi prensibine dayanmaktadır. Üretimin her bir aşaması bir öncekinin tam bittiği anda başlamakta ve bu üretim hattı ürünlerin tam zamanında müşterilere nakledilmesi ile sona erer. Minimum hammadde ve üretimdeki minimum iş yükü ve minimum stok maliyeti ile maliyetlendirilen ürünler bu felsefeye göre üretilmişlerdir. Firmalar yapmış oldukları geliştirmeleri farklı farklı elverişli maliyetlendirme sistemlerine göre adapte etmektedirler.

Bu yeni maliyetlendirme sistemlerinden bir tanesi de aktivite bazlı maliyetlendirmedir. Bu bakış açısı ile herbir üretim maliyeti bir aktiviteye bağlı olup, bir maliyet oluşturmaktadır. Örneğin; bir satınalma departmanının aktivite bazlı maliyeti hazırlamış oldukları satınalma siparişlerinin sayısı ile ölçülebilir.

2.4 Proje Maliyetinin Saptanması İle İlgili Çalışmalar

Maliyet modelleme ile ilgili olarak literatürde birçok araştırma yapılmıştır. Bunların da birçoğu yine proje sonu maliyetlerinin öngörülmesi üzerine oluşturulmuştur. Örneğin, Monte-Carlo simulasyon methodları birçok farklı tipte projede yaygın olarak kullanılmaktadır.

Literatürde bir çalışmada olasılık dağılımlarına göre hazırlanan bir matematiksel model olan Monte-Carlo simulasyonu proje maliyetlerinden oluşan bir küme üzerinde uygulanmış ve farklı varyasyonlara göre simulasyonun tekrarlarında projenin toplam maliyetlerinin durumu belirlenmeye çalışılmıştır[12]. Belli bir sayıda tekrar yapıldıktan sonra toplanan örnekler üzerinden ise oluşturulan dağılıma göre hesaplanan toplam proje maliyeti belirlenmeye çalışılmıştır.

Ayrıca proje maliyetlerinden dolayı giderleri oluşturan kalemlerin de birçok kez araştırıldığı görülmektedir. Genel giderler bir ürüne veya bir hizmete direkt olarak etki ettirilemeyen giderlerdir [13]. Bununla birlikte, genel giderler inşaat işinin doğrudan giderleri içinde bulunmayan ancak, yüklenicinin inşaat işini destekleyici hizmetler için harcanan giderlerdir. Ayrıca, genel gider maliyetleri inşaat projelerinin maliyet öngörüsünde oldukça önemli bir kalem olmakla beraber çok kolay gözden kaçırılabilirler. Günümüzde, genel giderler maliyetlerini göz ardı eden birçok firmanın da şu an piyasa içerisinde faaliyette olmadığını görmekteyiz.

Bir çalışmada, genel gider maliyetlerinin birçok projeye göre değişkenlik gösterse de, malzeme, personel ve ekipman maliyetlerinin toplamının %8'i ile %30'u arasında veya personel maliyetlerinin %12'si ile %50'si arasında öngörülebileceği belirtilmiştir [13]. Çalışmanın amacı Suudi Arabistan piyasasındaki inşaat firmaların genel giderlerin araştırılmasıdır. Çalışmada, yüklenici firmaların genel gider maliyeti farkındalığının, firmanın yıllık inşaat hacminin genel giderlerine oranının ve firmanın genel gider maliyetlerinin belirlenmesinde birçok farklı yönden irdeleme yapılmıştır.

2.5 İnşaat Projelerinde Kalitenin Tanımı ve Önemi

Kalite bir ürünün yapısında var olan karakteristik özelliklerin, talep edilen özellikleri ne kadar karşıladığının bir ölçüsü olarak tanımlanabilir [2]. Kalite estetik, fonksiyonalite, performans anlamına gelmektedir [3]. Bazen de daha pahalı veya daha çok zaman alsa da, çok önemlidir.

Proje kalitesi, ürün üretilirken veya kullanırken fonksiyonalite ve ürünün oluşturduğu değer ile doğru orantılıdır [14]. Bununla birlikte, ortaya çıkan ürünün yapılmış olan anlaşmada belirtilen tasarım gerekliliklerini ve kalite standartlarını da karşılaması gerekmektedir.

Sistemantik bir düşünce ile hareket edecek olursak, bir projenin kalitesi, birçok farklı müşteri taleplerini ve müşterinin kullanım amaçına uygun olarak tamamlanmış olan en optimize sonuçla ölçülebilir. İnşaat planlaması belirli bir kalite standardında olmalı ve kalite kontrolün de bu amaca uygun bir şekilde yapılması gerekmektedir.

Ayrıca kaliteye gereğinden çok önem vermek kaynak kullanımını ve süreyi arttıracak gibi genellikle bitiş takvimi üzerinde negatif bir etkisi olmaktadır. Elbetteki sürenin minimize edilmesi inşaat işinde verimliliği arttırmaktadır.

Ancak, işlerin hızlanması kalite kontrolü zorlaştırmaktadır. Bu iki olgu arasında yumuşak bir geçiş yapılmalı ve planlama buna uygun ilerlemelidir.

Bir projenin en küçük parçası aktivitelerdir. Projenin kalitesi ise her bir aktivitenin ulaştığı kalite ile ölçülebilir. Her bir aktivitenin tamamlanması için belli bir süreye ihtiyacı vardır. Aynı zamanda bu süreç içerisinde aktivitenin kalitesi de oluşmaktadır.

İnşaat sektöründe kalite, tasarımcının, proje sahibinin veya müteahhidin isteklerinin karşılanması olarak tanımlanabilir [15]. “Yüksek Kalite İnşaat Projesi” yani günümüzdeki kullanımı ile “A+” inşaat işleri kolayca tasarımın anlaşılabilirdiği, uygulanabilirdiği, konfor sağlayan, ekonomik, ileride bakım kolaylığı ve enerji tasarrufu sağlayan projelerdir.

İnşaat sektöründe projelerinin planlanan maliyetle, planlanan sürede ve talep edilen kalitede tamamlanması bir kural halini almıştır.

Kalite bazen süre ve maliyetin gerisinde kalmakta ve işin daha ucuz ve daha hızlı ilerlemesi için göz ardı edilmektedir. Kalite inşaat sektöründe beraberinde kalite kontrolü ve uygulamayı getirmektedir.

Kalitenin uygulanması bir sistem dahilinde müşterinin isteklerine karşılık verilmesi anlamına gelmektedir. Ayrıca kalite kontrol ise kalitenin sağlanabilmesi için yapılan spesifik uygulamaları içermektedir. ISO 9000 toplam kalite standartları bu nedenle tüm dünyada inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır.

Japonya 2. Dünya savaşıdan ağır bir yenilgiyle ayrılmış, endüstrisi çökmüş ve ürünleri dünya çapında ucuz ve imitasyon olarak bilinmekteydi. Japonlar bu durumu düzeltmek için kalite guruları ile birlikte çalışmışlardır.

Kalite yönetimi hareketi ilk olarak Japonyada 1950’lerde başlamıştır [16]. 1969’da ilk uluslar arası kalite kontrol konferansı Japonya, Amerika ve Avrupa’dan ülkelerin katılımı ile Tokyo’da yapıldı. Bu toplantılarda ilk kez planlamadan, organizasyona yönetim sorumlulukları içeren “toplam kalite” kavramı tartışılmıştır. 1980’lerde ise Amerika ve Avrupa’da popüler olmuştur.

1990’larda birçok organizasyon için en önemli konu kalite yönetimi olmuş ve genellikle toplam kalite yönetimi olarak adlandırılmıştır. Bir ankete göre Fortune 1000 firmalarının %76’sı toplam kalite programlarını kullanmaktadır [16]. Toplam kalite yönetiminin 3 ana ilkesi ise müşteri odaklılık, sürekli iyileştirme ve takım çalışmasıdır. İnsan odaklı olan bu sistem ISO 9000 kalite standartlarını geliştirmiş ve yaymıştır.

21. yüzyılda inşaat sektörü hızlı bir rekabetin içerisinde. Bu rekabetten karlı çıkabilmek için kalite kültürünü geliştirmek şart olmuştur. Birçok firma kalite yönetim sistemlerine yatırımlar yapmaktadır [17]. Bu yatırımları;

- Rekabetçi sektör şartlarında varlıklarını devam ettirebilmek için,
- Kalite ve fiyat ile müşteri memnuniyetini sağlayabilmek için,
- Firmalarının sektördeki ününü geliştirebilmek için, yapmaktadırlar.

Bir inşaat projesi genellikle özel insanların, ekipmanların ve malzemelerin birlikte bulunduğu özel bir lokasyonda ve değişken hava koşullarında üretimi yapılan bir organizasyondur. Bu özelliğinden dolayı, seri üretim mantığında üretim yapmak genellikle mümkün olamamaktadır.

Aşağıdaki faktörler seri üretimden inşaat sektörüne geçerkenki sıkıntıları özetlemekte ve kalite yönetim sistemlerinin neden inşaat sektöründe kullanılmasının zor olduğunu açıklamaktadır [17].

- Bir inşaat projesinde ürünün ortaya çıkabilmesi için çok uzun bir zamana ihtiyaç vardır.
- İnsan ilişkilerine dayanan bir üretim yapılmaktadır.
- Kalite standartlarının oluşturulması zordur.
- Yapılan işin takibi ve raporlanması zordur.
- Oluşacak olan maliyetleri önceden tahmin etmek zordur.

2.6 Proje Kalitesinin Saptanması İle İlgili Çalışmalar

Optimizasyon konusunda birçok çalışma sabit bir kalite düzeyini göz önüne almış ve değişken kaliteyi modellememiştir. Müteahhit tarafındaki bir proje yöneticisi için özellikle taşele edilen işlerde her bir işin kalite düzeyini ölçmek önemlidir.

Bruce Pollack-Johnson ve Matthew J. Liberatore [2] çalışmalarının birinde standart optimizasyon modellerinin yanında kalite de bir değişken olarak adlandırılmış ve lineer programlama kullanılarak optimizasyon problemlerinin çözümüne çalışmıştır.

Bu çalışma birçok farklı kalite tanımını kullanmayı gerektirmiş ve ağırlıklı önceliğe göre optimizasyon probleminin çözümlemesi bir örnekle yapılmıştır. Tüm modellerdeki veriler kalite düzeyini belirleyen eğrilere işlenmiştir. Bu şekilde ortaya çıkartılan eğriler kullanılarak proje yöneticileri tarafından projelerinin süre – maliyet ve kalite üçgenini optimize edebileceklerdir.

Bir başka çalışmada ise Khaled El-Rayes ve Amr Kandil [4], birkaç amacı bir arada optimize edebilecek olan bir model üzerinden çalışılmıştır.

Model iki yönlü zaman ve maliyet optimizasyonunun yanında üç yönlü zaman – maliyet ve kalite optimizasyonu üzerine yoğunlaşmıştır. Ulaşım sektöründe kalitenin arttırılabilmesi için birçok yenilikçi kontrat metodları kullanılmaya başlanmıştır.

Bu da elbetteki inşaat sektöründe optimum kaynaklarla minimum maliyeti ve aynı zamanda da maksimum kaliteyi yakalayarak işlerin tamamlanması zorunluluğunu getirmiştir.

Yapılan modelleme ile genetik algoritmalar kullanılarak kalitenin ölçülebilmesi ve bir örnek üzerinde modelin denenmesi ve ortaya çıkan optimum sonuçları değerlendirilmiştir.

2.7 Süre – Maliyet – Kalite Değişiminin Analizi

Zaman ve maliyet faktörleri inşaat projelerinde oldukça önemlidir. Kârı arttırmak için müşteri veya müteahhitler proje süresini ve maliyetlerini optimize etmeye çalışmaktadırlar.

Uzun yıllar boyunca bu konu ile ilgili olarak çalışmalar yapılmış, zaman ve maliyet arasındaki ilişki irdelenmiş ve modelleme teknikleri geliştirilmiştir. Yeni ve verimli inşaat teknikleri, ekipmanları, malzemeleri ve yönetim metodları sektörde kullanılmaya başlandığından beri projelerin tamamlanma süreleri son 10 yılda oldukça azalmıştır [10].

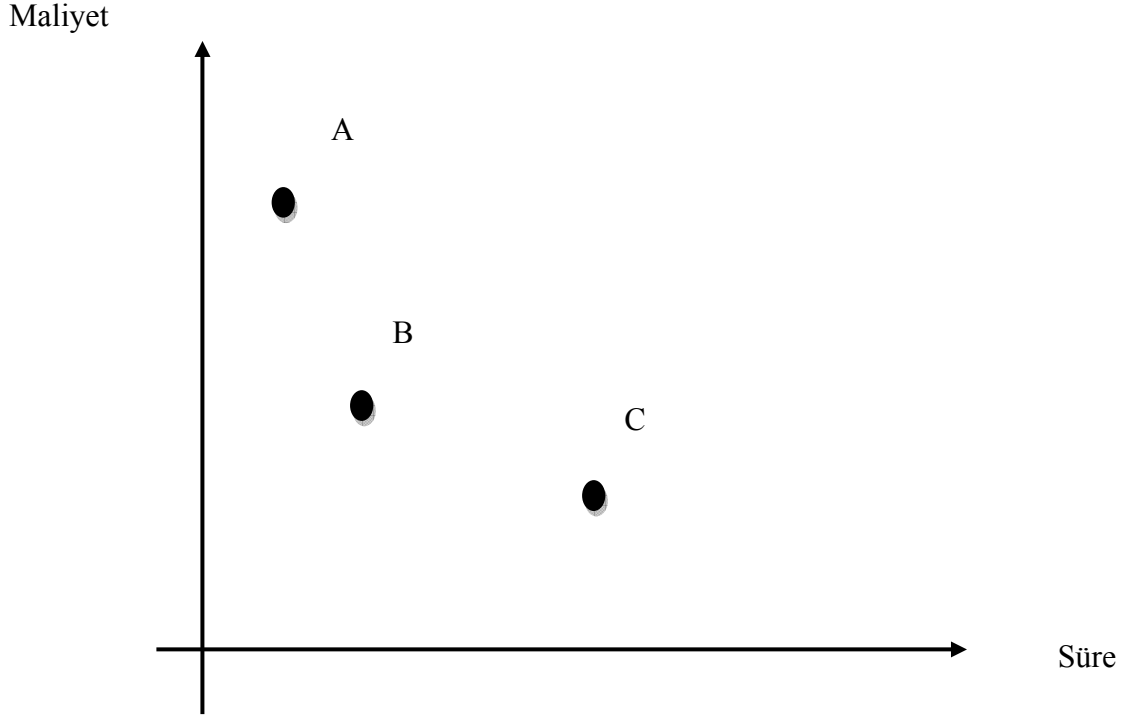
Gerçek inşaat projelerinin aktivitelerinde süre ve maliyetler, hava şartları, kaynak durumu, üretkenlik vb. belirsiz değişkenlere göre değişiklik gösterebilmektedir [18]. Yöneticiler veya planlamacılar kendi bilgilerine veya tecrübelerine göre optimizasyon yaparken bu belirsizlikleri göz önünde tutmalıdırlar.

İnşaat proje planlamacıları işçi adetleri, ekipmanlar, inşaa metodları ve teknolojiler gibi kaynakların uygun bir şekilde seçimi üzerinde çalışırlar ve bunlar arasındaki seçimlerin doğurduğu sonuçları incelerler.

Bu seçimler elbette ki inşaat projesinin süresini ve maliyetlerini etkilemektedir. Örneğin, daha verimli ekipmanlar kullanmak veya daha fazla çalışan işçi barındırmak süreden tasarruf sağlayabilir ama maliyetler de bu seçimin sonucu olarak artabilir.

Aşağıdaki şekilde süre ile maliyet arasındaki tipik bir ilişki gösterilmiştir. Şekil, aktivitenin seçimlerin değişkenliğine göre A, B veya C noktalarında tamamlanabileceği ve buna karşılık gelen maliyet ve süre değerlerini göstermektedir.

Planlamacılar için projeyi en düşük maliyetle süre sınırlamaları içerisinde kalacak şekilde tamamlamak birincil amaçtır [19]. Ayrıca kritik aktiviteler üzerinde yapılacak olan değişiklikler ile projenin süresi üzerinde oynanabilir ve maliyetlerde buna göre bir optimizasyon da yapılabilir.



Şekil 2.1 : Zaman ve Maliyet Arasındaki İlişki.

Zaman ve maliyet optimizasyonu zaman ve maliyetin inşaat aktiviteleri için en uygun şekilde hızlandırılması veya en çok tasarrufun yapılabilmesi için ayarlanması anlamına gelmektedir [20].

İnşaat projelerinin planlanmasında ve kontrolünde süre-maliyet değişiminin analizi inşaat proje yönetiminin en önemli konularından biridir. Süre ile maliyet arasında ters yönlü bir ilişkinin olması yani maliyet azaltıldığında eylemin tamamlanması için gerekecek sürenin artması proje yöneticilerini optimum çözümü bulma arayışına sokmuştur [1].

Pratikte ise bir yönetici için belirsiz ortamlarda gerçek maliyetin ve zamanın tam olarak belirlenmesi güçtür. Bu nedenle, belirsizliklere göre zaman ve maliyetler değişkenlik gösterebilir. Zaman ve maliyet biri diğerinden ayrılamadığı gibi aralarındaki ilişkinin tespitinin yapılması güç olmaktadır. Zaman ve maliyet optimizasyonu literatürde çokça üzerinde tartışılan bir konudur.

Proje yöneticileri tarafından zaman ve maliyet yönetimi bir projenin tamamlanması için üzerinde kafa yorulması gereken konulardır. Proje sürelerinin kısaltılması, daha fazla iş gücüne, ekipmana, satın alma sürelerinin kısalmasına, yönetimin zorlaşmasına neden olacağı için genellikle maliyeti arttırmaktadır.

Ancak maliyetlerin artışı ile sürenin daralması arasında lineer bir grafik olduğu söylenemez, bu nedenle zaman ve maliyet optimizasyonu bir işin en kısa sürede olabildiğince düşük maliyetle tamamlanması üzerine kurulmaktadır.

Ayrıca toplam maliyetin de, yani direkt ve endirekt giderlerin, süreye göre artıp azalacağını tespitinin yapılması da güçtür. Farklı senaryolar ile sürenin maliyet üzerindeki etkisi araştırılmalı ve projenin tamamlanması için en uygun kombinasyonun belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle projeyi en uygun şekilde tamamlayacak olan maliyet ve süre kümesinin oluşumuna optimizasyon denmektedir [20].

Zaman ve maliyet optimizasyonu inşaat proje planlamasının ve kontrolünün en büyük amaçlarındandır. Ancak bu amaçlara son zamanlarda 3. bir boyut olarak kalite de eklenmiştir. Refaat H. Abd El Razek, Ahmed M. Diab, Sherif M. Hafez, Remon F. Aziz'in [3] bir optimizasyon konusundaki araştırmasında aşağıdakiler amaçlanmıştır.

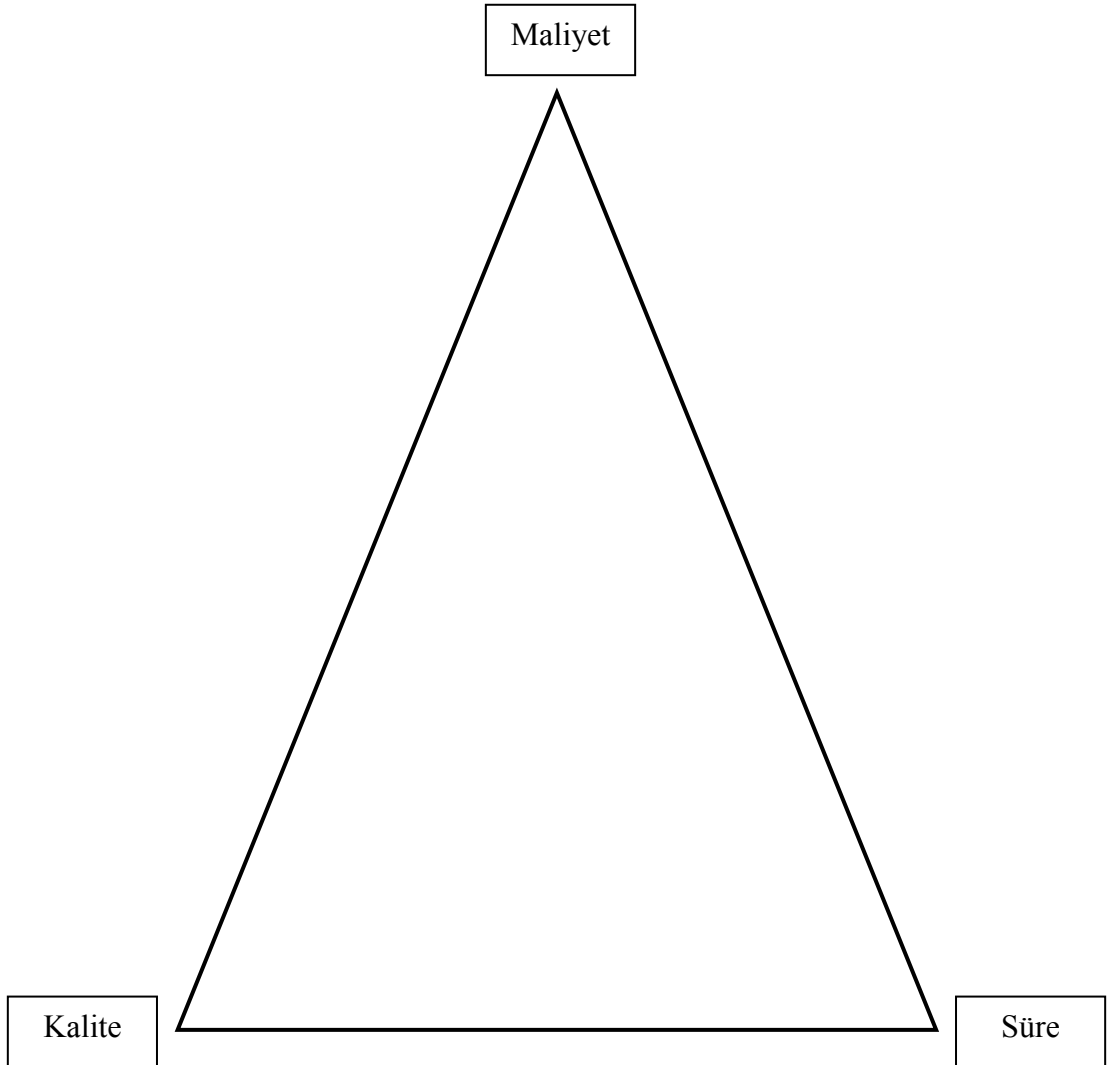
- Tipik inşaat projelerindeki kaynak üretkenliğinde artış,
- İnşa süresinde kısalma,
- İnşaat maliyetlerinde düşüş,
- Yeni inşaa edilecek olan projelerde kalitede artış.

Genellikle projelerde en öncelikli amaç süre ve maliyetlerin azaltılmasıdır. Yaklaşık olarak 50 yıl önce başarı kriteri olarak süre ve maliyetlerin optimize edilmesi gösterilmiştir. Buna ek olarak, müşteri açısından bir bakış kullanarak sadece önemli olan iki parametre olduğundan bahsedilmiştir, süre ve bütçe. Ayrıca diğer araştırmacıların ortak kanısı ise süre, maliyet ve kalitenin de başarı kriteri olduğu yönündedir [21].

Geleneksel iki boyutlu süre-maliyet değişim analizlerinde, kalite hiçbir şekilde göz önüne alınmamaktadır. Analizin başından sonuna kadar eşit bir kalite düzeyinin korunduğu bir varsayım olarak kabul edilmektedir. Özellikle bu varsayımdaki kalitenin eşitliği kabulü, her bir eylemdeki alternatif zaman-maliyet değişimlerinde de geçerlidir.

İnşaat projelerinin planlanmasında genel yükleniciler, alt yükleniciler tarafından önerilen tekliflerin değerlendirmesini yaparken süre ve maliyet kriterinin yanında kaliteyi de hesaba katmak zorundadırlar.

Khaled El-Rayes ve Amr Kandil'in [4] bir makalesinde inşaat süresini ve maliyetini minimize ederken, kaliteyi maksimize eden çok amaçlı bir optimizasyon modeli üzerinde çalışılmıştır. Ulaştırma projesinde kaynakların kullanılabilirliğini değiştirerek, süre, maliyet ve kalite yönünden optimum çözüm yolları belirlenmeye çalışılmıştır. Modelde üç ana bölüm bulunmaktadır; modelin formülize edilmesi, inşaat kalitesinin ölçülmesi ve modelin uygulanması.



Şekil 2.2 : Başarı Kriteri Üçgeni.

Alt yükleniciler tarafından verilen tekliflerde süre ve maliyet arasındaki ilişki kadar projenin kalitesi de önemli olmaktadır. Bu nedenle inşaat projelerinin planlanmasında ve kontrolünde süre-maliyet-kalite değişiminin analizi inşaat proje yönetiminin en önemli konularından biri olarak karşımıza çıkmaktadır [1].

Hâlihazırda proje planlaması için kullanılan modeller ve metotlar kalitenin değişmez olduğu üzerine kurulmuş, zaman ve maliyet optimizasyonunu yaparken bu kriteri göz ardı etmiştir [2].

Ancak işlerin büyük bir bölümünü taşıyan bir proje yöneticisi zaman, maliyet ve elbette ki bunalar bağlı bir şekilde değişkenlik gösteren kalite parametrelerini de göz önünde tutması gerekmektedir. Sıradan süre ve maliyet optimizasyonu analizleri kaliteyi yeterince dikkate almazlar.

Ana yükleniciler bir teklife hazırlanırken, teklif aldıkları altyüklenicilerin teklif mukayeseleri içerisinde firmaların kalite, süre ve maliyet bilgilerini işlemektedirler.

Kalite bu durumda ürünlerin, servislerin, personelin, üretimin veya ortam koşullarının işin gerektirdiği şartları sağlayıp sağlamaması olarak tanımlanabilir. Galvin ve Foster'a [2] göre kalitenin beş farklı tanımı bulunmaktadır.

- Kalite tam olarak hislere dayalı ve güzellik veya aşk gibi çok zor bir şekilde tanımlanabilen bir olgudur.
- Ürün bazlı bakış açısı ise kaliteyi, ürünün özelliklerinin gerekli standartları sağlaması şeklinde açıklamaktadır.
- Biraz daha müşteri odaklı varsayıma göre ise en genel kanı ile müşteri eğer ürünü beğenmişse bu ürünün istenilen kalitede olduğunu göstermektedir.
- Üretici bakış açısı ile kalite ise ürünün tasarım aşamasındaki beklentileri üretimden sonra karşılaması olarak tanımlanmıştır.
- Son olarak da, değer bakış açısı ile kalite ürünün maliyet olarak güzel bir katma değer sağlayabilmesidir.

Ayrıca, ISO 9000 ürün ve üretici bakış açılarını birleştirerek kaliteyi, ortaya çıkan ürünün karakteristik özelliklerinin tasarım aşamasındaki beklentileri karşılaması olarak tanımlamıştır [2].

Süre ve maliyeti minimum yapmaya çalışırken kalitenin maksimumda tutulmaya çalışılması ve süre ile maliyet arasındaki ters yönlü ilişki inşaat projelerinin yönetilmesini iyice karmaşıktır.

Süre-maliyet-kalite arasındaki bu karmaşık ilişkinin tam olarak tanımlanması için bu üç kriterin ortak analizini yapılarak en uygun çözümün bulunması gerekir.

Geleneksel iki boyutlu, kalite hiçbir şekilde göz önüne alınmamaktadır [1]. Bu yüzden süre-maliyet değişim analizlerinde eşit bir kalite düzeyinin korunduğu varsayımı yapılmaktadır. Özellikle bu varsayımdaki kalitenin eşitliği kabulü, her bir eylemdeki alternatif zaman-maliyet değişimlerinde de geçerlidir.

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. Süre-maliyet değişim analizlerine kalite kriterinin de katılacağı üç boyutlu bir modelin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur.

Günümüzde inşaat projelerinin planlanmasında ve kontrolünde süre-maliyet-kalite değişiminin analizi inşaat proje yönetiminin en önemli konularından biri haline gelmiştir [1].

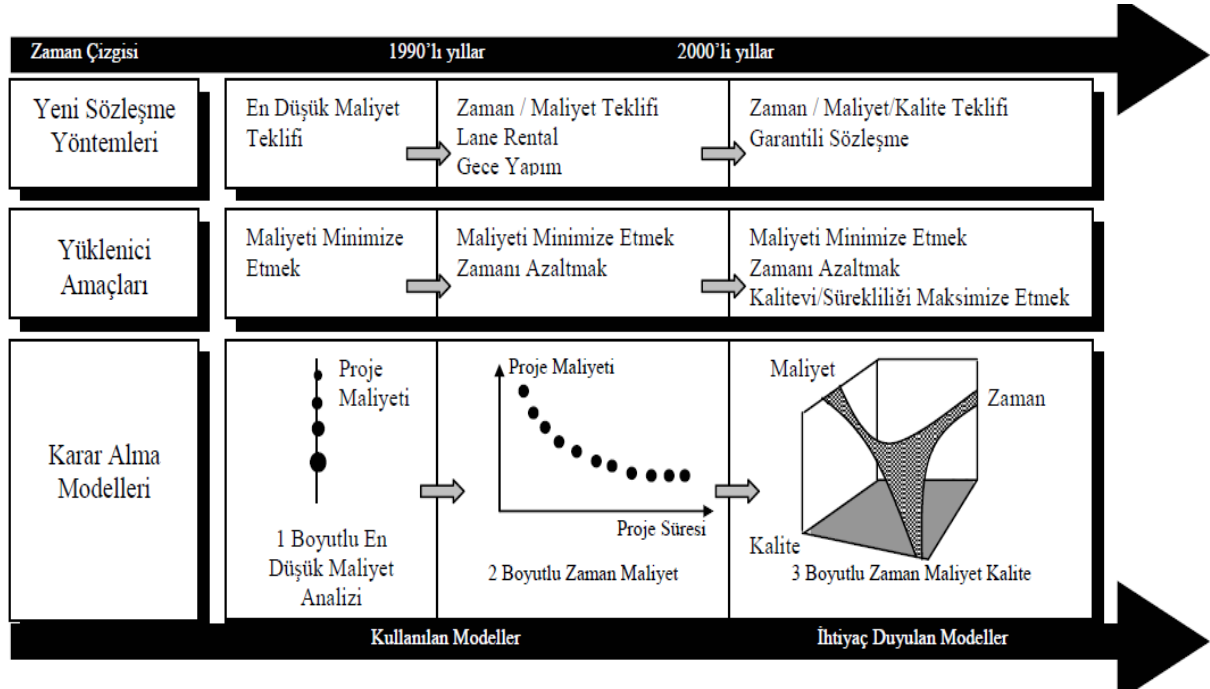
Süre ve maliyeti minimum yapmaya çalışırken kalitenin maksimumda tutulmaya çalışılması ve süre ile maliyet arasındaki ters yönlü ilişki inşaat projelerinin yönetilmesini iyice karmaşıktır.

Süre-maliyet-kalite arasındaki bu karmaşık ilişkinin tam olarak tanımlanması için proje yöneticileri bu üç kriterin ortak analizini yaparak optimum çözümü bulmaya çalışmaktadırlar.

İki boyutlu süre-maliyet değişim analizinden üç boyutlu süre-maliyet-kalite değişim analizine geçiş Şekil 2.3’de gösterilmiştir [1].

Süre-maliyet değişim problemleri ilk olarak Kelley (1961) tarafından araştırılmış, günümüze kadar birçok araştırmacı tarafından bu konu çalışılmıştır. 1996 yılında Babu ve Suresh [1] tarafından süre-maliyet-kalite değişiminin analiz edildiği yeni bir doğrusal programlama yöntemi önerilmiştir.

Önerilen yöntemde proje maliyeti, kalite ölçüsü ve proje tamamlanma süresi arasında doğrusal bir ilişki olduğu kabul edilmektedir. 1996 yılından günümüze kadar proje yönetimi literatürlerindeki birçok çalışmada süre-maliyet-kalite değişimi incelenmiş ve optimum bir çözümün bulunması için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.



Şekil 2.3 : Yeni Sözleşme Yöntemlerinin Karar Almaya Etkisi [1].

Bruce Pollack-Johnson ve Matthew J. Liberatore [2], ise makalelerinde bir projedeki kalitenin planlanabileceğini ve kalitenin de ölçülebilir olduğundan bahsetmişlerdir. Ayrıca, devamında tasarım seçimlerinin süre, maliyet ve kalite ile değişkenlik gösterebildiğinden bahsetmişlerdir. Kalitenin ölçümü projenin toplam kalitesindeki kriterler ve özellikler ile ölçülebilir. Planlanan kalite, planlanan iş, tamamlanan iş ve iş süresince kazanılan kalite olarak ölçülebilir.

Ayrıca, genel kanı olarak bir ürünün fiyatı yüksekse aynı şekilde kalitesinin de yüksek olacağı ve buna ilave olarak üretim süreleri dikkate alındığında aynı sürede üretilmiş olan pahalı ürünün diğerine göre daha kaliteli olacağı varsayılabilir. Şekil 1.1 de bu varsayıma göre hazırlanmış ve Bruce Pollack-Johnson ve Matthew J. Liberatore'nin [2] 2006 yılında yayınladıkları bir makaleden alınmıştır.

Geleneksel süre-maliyet değişim analizinde süre ile maliyet arasındaki değişim dışbükey bir eğri olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.4 sağ). Bu eğrinin sabit bir örtülü kaliteyi içerdiği varsayılmaktadır. Eğer projedeki eylemler farklı kalite düzeylerinde tamamlanıyorsa zaman-maliyet-kalite değişimi Şekil 2.4 sol'daki gibi dışbükey bir eğri olarak tanımlanmaktadır.

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. Çözümleme Erkan Karaman ve Serdar Kale'nin "Bulanık Hedef Programlama Yöntemi ile Süre-Maliyet-Kalite Eniyilemesi" [1] adlı makalesinden alıntıdır.

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{\min} = \min_{1 \leq i < N; 1 \leq j < n} \{g_{ij} : y_{ij}\} \\ Q_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N g_{ij} \cdot y_{ij}}{N} \\ \alpha = Q_{\min} \text{ için verilen ağırlık (0'dan 1'e kadar)} \\ Q_{\alpha} = \alpha Q_{\min} + (1 - \alpha) Q_{ort} \end{array} \right. \quad (2.1)$$

Denklem 1'de N; projedeki eylem sayısını, n_i : i – j eylemindeki alternatif sayısı, q_{ij} her bir i – j eyleminin kalitesini, y_{ij} (0 veya 1) her bir i- j eylemindeki alternatiflerinden birinin seçim katsayısı, $Q_{\min}$: minimum kalite, Q_{ort} : ortalama kalite, Q_{α} : proje kalitesi olarak tanımlanmıştır.

Doğrusal programlama tekniğinde proje kalitesini (Q_{α}) maksimum yapmak için kullanılan amaç fonksiyonu ve sınır şartları Denklem 2.2 ve Denklem 2.3'te tanımlanmıştır.

Amaç Fonksiyonu;

$$Maksimum Q_{\alpha} = \alpha Q_{\min} + (1 - \alpha) Q_{ort} \quad (2.2)$$

Sınır Şartları;

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N g_{ij} \cdot y_{ij}}{N} \\ Q_{\min} \leq q_{ij} y_{ij} + M(1 - y_{ij}) \quad \forall i = 1, \dots, N. \quad \forall j = 1, \dots, n_i. \\ t_o = 0 \\ t_k \geq t_i + \sum_{j=1}^{n_i} d_{ij} y_{ij} \quad \forall i = 1, \dots, N. \\ t_{N+1} \leq T_{UB} \\ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_i} c_{ij} y_{ij} \leq C_{UB} \\ \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, N. \\ y_{ij} = 0 \text{ veya } 1 \\ t_{ij} \geq 0 \end{array} \right. \quad (2.3)$$

Burada d_{ij} ;i – j eyleminin süresini, c_{ij} ;i – j eyleminin maliyetini, T_{UB} ; toplam proje süresinin üst sınırı, C_{UB} ; toplam proje maliyetinin üst sınırı, t_i ; eylem başlangıç zamanı olarak tanımlanmıştır.

2.8 Bulanık Mantık Yöntemi

Karar vericiler hangi şartlarda ve boyutlarda karar verirlerse versinler, bir belirsizlik ortamı içinde bu işlevlerini yerine getirmek zorundadırlar. Verilen kararların doğruluğu ise, söz konusu belirsizliğin riske dönüştürülebildiği ölçüde sağlanacaktır.

Ancak karar vericiler karar sürecinde klasik bilimsel yaklaşım ve bu yaklaşımın içerdiği yöntemleri kullanıyorlarsa, sonuçta verilen kararlar, iyi – kötü, güzel – çirkin, doğru – yanlış, evet – hayır, siyah – beyaz ya da 0 – 1 gibi yönlü kararlar olacaktır.

Oysa gerçek yaşam mutlak ayırım üzerine kurulu değildir. Diğer bir deyişle karar ortamlarında mutlak siyah ve mutlak beyazın yanında binlerce gri tonunun varlığı unutulmamalıdır.

Çok amaçlı karar alma yaklaşımlarında en çok kullanılan programlama tekniklerinden biri hedef programlamadır. Hedef programlama ilk olarak Charnes ve diğ. (1955) tarafından önerilmiştir [1]. Bu tür karar alma problemlerinde her bir amaç için hedeflerin oluşturulmasını gerektirir. Hedef programlama çözüm tekniği, hedef sınırlarına ve sistem sınırlarına bağlı olarak her bir hedefteki sapmayı minimize etmeye çalışır. Standart bir hedef programlama formülasyonunda hedefler ve sınırlar eksiksiz tanımlanır.

Lotfy A. Zadeh 1964 yılında şekillenmeye başlayan düşüncelerini 1965 yılında “The Theory of Fuzzy Logic and Fuzzy Sets [Bulanık Mantık ve Bulanık Kümeler Kuramı]” adıyla yayınladı. L. Zadeh için kuramda geçen bulanık sözcüğü matematiksel bir niceliği ifade eder. Gerçek dünyanın genel görünümü, 0 ile 1 arasındaki yüzlerce aralıktan, benzerlikten ve karışıklıktan ibarettir. Daha salt ve yeğin olarak söylersek; dünya, kesikli-kesintili değildir; o bir sürekli-kesintisizdir. Yani, beyaz ile beyazımsı arasındaki sınır, kırmızı ile kırmızımsı arasındaki sınır belli ve net değildir; birinden diğerine sürekli kesintisiz bir geçiş vardır; bu bir oluşturma; geçişler süreklilik gösterir. Bulanık işlemler birer matematik işlemleridir. Ne var ki, Zadeh’ye göre, düşünmenin sayısal verilerle gerçekleşmesi bugün için insan zihnine tanıdık değildir [22]. Örneğin garson size bifeğinizi nasıl istersiniz diye sorduğunda 0.75 oranında pismiş olsun veya 0.25 az pismiş olsun demezsiniz; gerekli de değildir. Ancak bu yüzden biz birçok ayrıntıyı gözden ve düşünmeden kaçırmış, düşünmeyi indirgemiş olmaktadır.

Bir bulanık mantık işlem sürecinin elemanlarını ve aşamalarını şöyle gösterebiliriz [22]

- Bulanıklaştırma [fuzzification]
- Davranış tanımlama

- Netleştirme veya bulanıklığın giderilmesi [defuzzification]

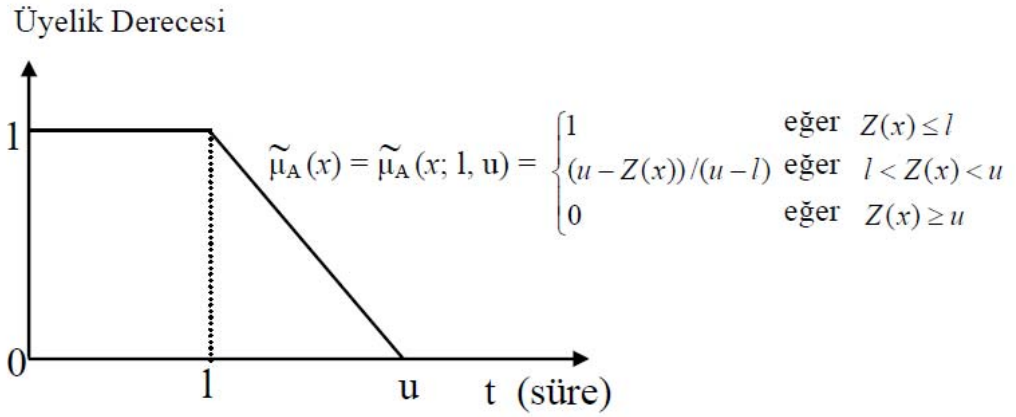
Bulanık mantık, bir bulanık kontrolcü olarak ilk kez 1970 yılların ortasında, Londra'daki Queen Mary College'de Prof. Ebrahim H. Hamdani tarafından bir buhar makinesinde uygulandı. Ticarî olarak ise ilk defa, 1980 yılında, Danimarka'daki bir çimento fabrikasının fırınına kontrol etmede kullanıldı. Çimentoda kullanılan kimyasal maddeler arzu edilen sıcaklığın üzerinde bir derecede yakılırsa, ortaya çıkan katı madde ufalanamayacak kadar sert olur. Bu sıcaklığın altında bir derecede yakmak ise kaliteyi düşürür. Saatlerce süren bu ayarlama işlemi insan gücünü asan bir durum arz ediyor; 8 saat dikkatini dağıtmadan maddeleri, ısıyı ve fırın içindeki rotasyonu ayarlayan bir mühendisten sonra yerine geçen bir başkası her şeyi mahvedebiliyordu. Bulanık mantık ile hazırlanan bir dizge, bilgisayar desteğinde, duyarlı alıcılardan, ısı ve maddelere ait bilgileri alır ve geri-besleme mekanizmasıyla değişkenleri kontrol ederek, bu ayarlama işini çok hassas ölçümlerle gerçekleştirir ve önemli oranda enerji tasarrufu temin etmiştir [22].

Bu güne kadar bulanık kümelerin kullanılarak 5000'den fazla çalışma yapılmıştır [1]. Bellman ve Zadeh (1970) bulanık amaç ve sınırlamalara dayalı bir karar teorisi geliştirmiştir. Hedef programlamada bulanık küme tekniği ilk olarak Narasimhan (1980), tarafından kullanılmıştır. Çeşitli yazarlar (Narasimhan ve Rubin 1984, Tiwari ve diğerleri 1986, Ramik 2000, Wang ve Fu 1997, Mohamed 1997, vs.) bulanık hedef programlama tekniğini karar alma problemlerinde kullanmışlardır [1].

Bulanık mantığın başlıca özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- “doğru” , ”çok doğru” , ”az çok doğru” v.b. gibi sözel olarak ifade edilen (linguistik-dilsel-değişkenli) doğruluk derecelerine sahip olması,
- Geçerliliği kesin değil fakat yaklaşık olan çıkarım kurallarına sahip olması,
- Her kavramın bir derecesi olması,
- Her mantıksal sistemin bulanıklaştırılabilmesi,
- Bulanık mantıkta bilginin, bulanık kısıtlara ait değişkenlerin esnekliği veya denkliliğiyle yorumlanması.

Üyelik fonksiyonları genellikle, üçgensel üyelik fonksiyonları ve yamuk üyelik fonksiyonları olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir. Yamuk üyelik fonksiyonları bu tezde anlatılmıştır.



Şekil 2.4 : Hedef Programlama Üyelik Fonksiyonu [1].

- μ : Üyelik Derecesi
- u : Maksimum Değer
- l : Minimum Değer
- $Z(x)$: Üyelik Derecesi belirlenmek istenilen hedefin değeri.

Yukarıdaki şekilde belirtilen fonksiyon yardımıyla belirlenen hedef değerleri bulunmaktadır. Ayrıca bulanık mantık yöntemleri tekniğinde hedeflerin gerçekleştirilebilme oranlarının belirlenmesinde toplamsal yöntem kullanılmaktadır. Bu yaklaşımda hedefler önem derecelerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Çünkü bazı hedefler diğerlerinden daha önemli olabilmektedir. Bu yöntemde kural öncelik seviyesi yüksek hedefler gerçekleştirilmedikçe düşük öncelikli hedefler dikkate alınmaması olarak belirlenmiştir. Bundan dolayı fonksiyonunun ne oranda gerçekleştiğini belirleyen L yapay değişkeni her hedefte ayrı tanımlanmış (L_1, L_2, L_3) bu değişkenlerin toplamını maksimum yapan çözüm seti elde edilmeye çalışılmıştır [1].

En Optimize Sonuç : $L_1 + L_2 + L_3$

$$\left\{ \begin{array}{ll} L_1 \leq (z_1^u - z_1) / (z_1^u - z_1^l) & 0 \leq L_1 \leq 1 \\ L_2 \leq (z_2^u - z_2) / (z_2^u - z_2^l) & 0 \leq L_2 \leq 1 \\ L_3 \leq (z_3^u - z_3) / (z_3^u - z_3^l) & 0 \leq L_3 \leq 1 \\ 0 \leq L_1 + L_2 + L_3 \leq 3 \end{array} \right\} \quad (2.4)$$

Toplamsal yöntem, hedeflerin birbirlerine göre göreceli önemini yansıtmak amacıyla hedeflere ağırlıklar atanarak, hedef programlama modellerinde uygulanmaktadır. Bu yaklaşımda bulanık hedeflerin önceliklerine göre toplamı 1'e eşit olacak şekilde [0-1] arasında bir sayı atanır ve hedefler önceliklerine göre sıralanır. Bu şekilde optimizasyon verileri kalite, süre veya maliyet kriterlerinin önem derecelerine göre sınıflandırılabilir ve önceliklere göre değerlendirmeye alınabilir. Bu tezde tüm ağırlıklar eşit olduğu varsayımı üzerine çalışıldığı için toplamsal yöntemde ağırlıklar kullanılmamıştır. Ancak kullanılmak istenirse $L_1 + L_2 + L_3$ toplamını maksimum yapan değer 3'e değil de 1'e eşitlenecek ve her bir L değişkeninin başına 0,33 katsayısı konulması gerekecektir.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max}Z = \sum_k w_k \mu_k \\ s.t. \mu_k(x) \in [0,1], \forall k, x \geq 0, \\ w_k: k. \text{ Hedefin ağırlığını göstermektedir.} \end{array} \right\} \quad (2.5)$$

Bulanık Mantığın Avantajları;

- Günlük hayatta olduğu gibi belirsiz, zamanla değişen, karmaşık, iyi tanımlanmamış sistemlerin denetimine basit çözümler getirir.
- Sistem basit bir matematiksel modelle tanımlanabilen bir sistemse o zaman geleneksel bir denetim yeterli olacaktır. Ama karmaşık bir sisteme geleneksel bir mantık uygulamak hem çok zor hem de yüksek maliyetlidir. Buna karşılık bulanık mantık denetimi geleneksel mantığa göre sistemi daha iyi analiz edebileceği gibi aynı zamanda da ekonomiktir.
- Bulanık mantıkta işaretlerin bir ön işleme tabi tutulmaları ve oldukça geniş bir alana yayılan değerlerin az sayıda üyelik fonksiyonlarına indirgenmeleri nedeni ile bulanık denetim genellikle daha küçük bir yazılımla daha hızlı bir şekilde sonuçlanır.
- Söz edilen az sayıda değerler üzerinde uygulanacak kural sayısı da az olduğundan sonuca ulaşmak daha da çabuklaşacaktır.

Bulanık Mantığın Dezavantajları;

- Bulanık denetimde kullanılan kurallar deneyime çok bağlıdır.

- Üyelik fonksiyonlarının seçiminde belirli bir yöntem yoktur. En uygun fonksiyon deneme ile bulunur. Bu da oldukça uzun bir zaman alabilir.
- Denetlenen sistemin bir kararlılık analizi yapılamaz ve sistemin nasıl cevap vereceği önceden kestirilemez. Yapılacak tek şey benzetim çalışmasıdır.

3. METODOLOJİ VE SAYISAL UYGULAMA ÇALIŞMASI

Bu tezde, bulanık mantık çözümleme yöntemi ile bir konut projesinde süre – maliyet – kalite optimizasyonu üzerinde çalışılmıştır. Çalışmalara literatür taraması ile başlanmış ve öncelikli olarak Erkan Karaman ve Serdar Kale'nin “Bulanık Hedef Programlama Yöntemi İle Süre – Maliyet – Kalite” [1] isimli çalışması incelenmiştir. Bu çalışma ile hedeflenen, 3 yönlü (Süre – Maliyet – Kalite) optimizasyon ile yönetim kararlarını matematiksel verilere dayalı bir şekilde planlanmaya çalışmak olmuştur.

Teze bu çalışma ışık tutmuştur. Çalışmalarda öncelikli olarak literatür taraması yapılmış ve bu yöntemin anlatıldığı makaleler incelenmiştir. Makaleler ile ilgili genel bilgiler önceki bölümde detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Literatür taramasının ardından, uygulama için uygun bir proje araştırılmış İstanbul'daki “A+” kalite standartlarındaki bir konut projesine karar verilmiştir.

Uygulama çalışmasına, projenin genel bir iş akış diyagramının oluşturulması ile başlanmıştır. Bunun için projenin hafriyattan ileri kaba seviyesi değimiz dış cephesi, çatısı ve daire şapları tamamlanmış durumuna kadar geline süreçleri içeren aktivite bilgilerinin toplanmıştır. Buna göre genel iş akış diyagramı şu kelimelerden oluşacaktır;

- Hafriyat
- Betonarme
- Çelik İmalatlar
- Cephe Kaplamaları
- Şap İmalatları
- Duvar İmalatları
- Doğrama İmalatları

Genel iş akış diyagramı aktiviteleri belirlendikten sonra proje müdürü ve şantiye şefi ile birlikte aktivitelerin tanımları yapılmış ve aktivitelerin hangi alternatif yöntemlerle yapılabileceği listelenmiştir. Alternatif yöntemler ile ilgili liste aşağıda verilmiştir;

Çizelge 3.1 : Aktiviteler ve Alternatif Yöntemler Listesi.

AKTİVİTE TANIMI	YÖNTEM 1 TANIMI	YÖNTEM 2 TANIMI	YÖNTEM 3 TANIMI
HAFRİYAT	40 Tonluk Ekskavatör Kullanmak	50 Tonluk Ekskavatör Kullanmak	JCB Kullanmak
BETONARME	Şantiyede Hazır Beton Üretmek	Dışarıdan Hazır Beton Tedarik Etmek	
ÇELİK İMALATLAR	Mobil Vinç Kullanmak	Kule Vinç Kullanmak	Gırgır Vinç Kullanmak
CEPHE KAPLAMALARI	H Tipi İskele Kullanmak	Asma İskele Kullanmak	Kat İçerisinden Montaj
ŞAP İMALATLARI	Makinelı Şap Yapılması	Makinesiz Şap Yapılması	
DUVAR İMALATLARI	Fabrika İmalatı Alçıpan Duvar Paneli	Fabrika İmalatı Konstrüksiyon - Katta Alçıpan Kaplama	Şantiye İmalatı Konstrüksiyon - Katta Alçıpan Kaplama
DOĞRAMA İMALATLARI	Körkasası İle Bir Kerede Montaj	Ön İmalat Olarak Körkasa Montajı Ardından Pencere Montajı Yapılması	

Bu işlemle hedeflenen, aktivitelerin alternatif yöntemlerinin iş akışı içerisinde farklı senaryolarda farklı süre – maliyet – kalite değerleri alması ve bulanık mantık problem çözme formülleri yardımıyla en optimize sonucun bulunmasıdır. Bu şekilde hazırlanan alternatif yöntemler ile toplam senaryo sayısı 648 olarak bulunmuştur. Bunu da aşağıdaki şekilde hesaplayabiliriz.

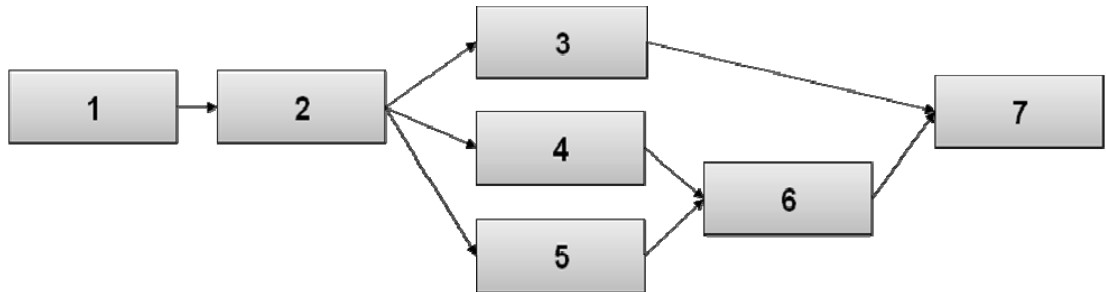
- Hafriyat (3 Alternatif Yöntem)
- Betonarme (2 Alternatif Yöntem)
- Çelik İmalatlar (3 Alternatif Yöntem)
- Cephe Kaplamaları (3 Alternatif Yöntem)
- Şap İmalatları (2 Alternatif Yöntem)
- Duvar İmalatları (3 Alternatif Yöntem)
- Doğrama İmalatları (2 Alternatif Yöntem)

Tüm yöntemleri içerebilecek olan alt küme sayısı ise:

$(3 \times 2 \times 3 \times 3 \times 2 \times 3 \times 2) = 648$ şeklinde hesaplanır.

Bunun ardından MS Office Excel Programında düşeyde 7 satır yatayda ise 648 satırlık bir matris oluşturulur ve alternatif yöntemlerin yöntem numaraları sırasıyla bu matrise işlenir. Bu şekilde tüm alt kümeleri elde etmiş oluruz.

Bunun ardından, alternatif yöntemleri bir iş akış diyagramı içerisinde değerlendirebilmek için yine proje müdürü ve şantiye şefi ile birlikte genel iş akış diyagramında aktiviteler birbirlerine bağlanmıştır.



1	2	3	4	5	6	7
Hafriyat	Betonarme	Çelik İmalatlar	Cephe Kaplamaları	Şap İmalatları	Duvar İmalatları	Doğrama İmalatları

Şekil 3.1 : Genel İş Akış Diyagramı.

Bunun nedeni, bir sonraki adımda alternatif yöntemlere atanacak olan süre – maliyet – kalite değerlerinin işin akışına göre değerlendirilebilmesinin sağlanması içindir. Genel iş akış diyagramı aşağıdaki gibi ortaya çıkmıştır.

Buna göre hafriyat işlerinden sonra betonarme imalatlar başlayacaktır. Betonarme imalatların tamamlanmasının ardından 3 imalat paralel bir şekilde başlayacaktır. Bunalar; çelik imalatlar, cephe kaplamaları ve şap imalatlarıdır. Cephe kaplamalarından ve şap imalatlarının tamamlanmasından sonra ise duvar imalatları başlayacaktır. Ancak duvar imalatları çelik işlerle bağlı olmadığından burada yukarıda belirtilen alternatif yöntem seçimlerine göre kritik yolda değişiklik olması beklenmektedir. Son aktivite olan doğrama imalatları ise çelik işlerin ve duvar imalatlarının tamamlanmasından sonra başlayacak ve iş akışının son aktivitesi olacaktır.

İş akış diyagramı da yine bir MS Office Excel programına girilir ve “Eğer” döngüsü kullanılarak yukarıdaki akım şeması oluşturulmuştur. Ayrıca bir önceki adımda hazırlanan alt kümelerden de yararlanarak 648 adet senaryonun iş akış diyagramı bu şekilde hızlı bir şekilde otomatik olarak çıkartılmıştır.

Aktivite tanımlarının, alternatif yöntemlerin ve genel iş akış diyagramının tamamlanmasının ardından alternatif yöntemlerin süre – maliyet – kalite değerlerinin tablolştırılmasına başlanmıştır.

Buna göre süre değerleri aşağıdaki tablodaki gibi oluşmuştur;

Çizelge 3.2 : Alternatif Yöntemlere Göre Süre Değerleri Tablosu.

Aktivite	YÖNTEM 1 TANIMI	YÖNTEM 2 TANIMI	YÖNTEM 3 TANIMI
	Süre (Gün)	Süre (Gün)	Süre (Gün)
Hafriyat	3	2	10
Betonarme	70	90	-
Çelik İmalatlar	42	30	52
Cephe Kaplamaları	15	25	35
Şap İmalatları	7	14	-
Duvar İmalatları	10	20	25
Doğrama İmalatları	14	20	-

Süre değerlerinin belirlenmesinde şantiye içerisinde numune imalatlar sırasında toplanan süre değer verileri kullanılmış ve numune imalatı yapılmamış olan yöntemler için ise projede çalışan alt taşeronların, proje yöneticilerinin tecrübelerinden yararlanılmıştır.

Yine MS Office Excel programında senaryolara süreler işlenmiş ve toplam işin süresi iş akış diyagramından oluşturulmuştur.

Maliyet değerlerinin belirlenmesinde ise, yine firmaların yöntemler için vermiş olduğu teklifler üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Teklifi olmayan yöntemler için ise firmalardan teklifler toplanmış ve en uygun teklif değerlendirmeye alınmıştır. Buna göre maliyet değerleri aşağıdaki tablodaki gibi oluşmuştur.

Çizelge 3.3 : Alternatif Yöntemlere Göre Maliyet Değerleri Tablosu.

Aktivite	MİKTAR	YÖNTEM 1 TANIMI		YÖNTEM 2 TANIMI		YÖNTEM 3 TANIMI	
		Birim Fiyat (TL/brm)	Maliyet (TL)	Birim Fiyat (TL/brm)	Maliyet (TL)	Birim Fiyat (TL/brm)	Maliyet (TL)
Hafriyat	12.000 m ³	15,00	180.000	16,50	198.000	9,00	108.000
Betonarme	1.200 m ³	98,00	117.600	92,00	110.400		
Çelik İmalatlar	26.000 kg	2,40	62.400	3,00	78.000	2,00	52.000
Cephe Kaplamaları	800 m ²	182,00	145.600	100,00	80.000	75,00	60.000
Şap İmalatları	2.400 m ²	16,50	39.600	11,50	27.600		
Duvar İmalatları	3.238 m ²	82,20	266.164	70,00	226.660	55,00	178.090
Doğrama İmalatları	98 adet	3.184,00	312.032	2.602,00	254.996		

Ayrıca her bir yöntemin maliyetinin bulunabilmesi için genel metrajlar hazırlanmış ve birim fiyatlar bu metrajlarla çarpılarak toplam inşaat yapım maliyetine ulaşılmıştır.

Bu tablolar yine MS Office Excel Programına işlenmiş ve senaryo senaryo maliyetler hesaplanmıştır.

Kalite değerlerinin belirlenmesinde ise, 0 – 100 (0 en kötü kalite – 100 en yüksek kalite) puan arasında bir skala oluşturulmuştur. Ardından proje müdürü ve şantiye şefi ile birlikte alternatif yöntemlerin inşaat kalitesine olan etkilerinin tartışılmıştır. Bunun neticesinde, her bir alternatif yöntemte tecrübe ve öngörü ile kalite skalası içerisinde değerler verilmiştir. Oluşan kalite değerleri tablosu aşağıdaki gibidir.

Çizelge 3.4 : Alternatif Yöntemlere Göre Kalite Değerleri Tablosu.

Aktivite	YÖNTEM 1 TANIMI	YÖNTEM 2 TANIMI	YÖNTEM 3 TANIMI
	Kalite	Kalite	Kalite
Hafriyat	90	100	60
Betonarme	90	55	
Çelik İmalatlar	80	85	75
Cephe Kaplamaları	90	80	55
Şap İmalatları	85	50	
Duvar İmalatları	85	70	60
Doğrama İmalatları	90	65	

Bu tablolar yine MS Office Excel Programına işlenmiş ve senaryo senaryo kalite değerleri hesaplanmıştır.

Bu işlemlerin ardından senaryolar oluşturulmaya başlanmıştır. Öncelikli olarak iş akışı içerisinde 7 aktivitenin alternatif yöntemlerini kapsayan senaryolar belirlenmiştir. Bu çalışmada tüm aktivitelere ve onların ilişkilerine göre tüm olası yöntemler toplam 648 farklı senaryo kartı ile değerlendirme yapılmıştır. Örnek senaryo kartı aşağıdaki gibidir.

Çizelge 3.5 : Örnek Senaryo Kartı.

SENARYO: 270					
$T_{UB} = 142$		$C_{min} = 946.286$		$Q_{0,5} = 70,36$	
$Q_{min} = 60$		$Q_{ort} = 80,71$			
AKTİVİTE NO	YÖNTEM	TOPLAM SÜRE	Süre (Gün)	Maliyet (TL)	Kalite
1	2	0	2	198.000	100
2	1	2	70	117.600	90
3	2	72	30	78.000	85
4	2	72	25	80.000	80
5	1	72	7	39.600	85
6	3	97	25	178.090	60
7	2	122	20	254.996	65

Burada;

$Q_{\min}$: minimum kalite,

Q_{ort} : ortalama kalite,

$Q_{0,5}$: proje kalitesi olarak tanımlanmıştır.

T_{UB} ; toplam proje süresinin üst sınırı,

$C_{\min}$; toplam proje maliyetini belirtmektedir.

Burada bizim için önemli olan üç kriter (süre – maliyet – kalite) sırasıyla;

- T_{UB} (toplam proje süresinin üst sınırı) : Senaryonun hafriyattan doğrama montajına kadar geçen proje süresidir.
- $C_{\min}$ (toplam proje maliyetini) : Senaryonun hafriyattan doğrama montajına kadar oluşturduğu maliyetlerin toplamıdır.
- Q_{ort} (ortalama kalite): Senaryonun hafriyattan doğrama montajına kadar seçilen yöntemlere göre oluşan ağırlıklı ortalama kalitesidir.

Tüm 648 adet senaryo için yukarıdaki gibi senaryo kartları oluşturulduktan sonra, üç kritik değer (süre – maliyet – kalite) bir tabloda sıralanmıştır.

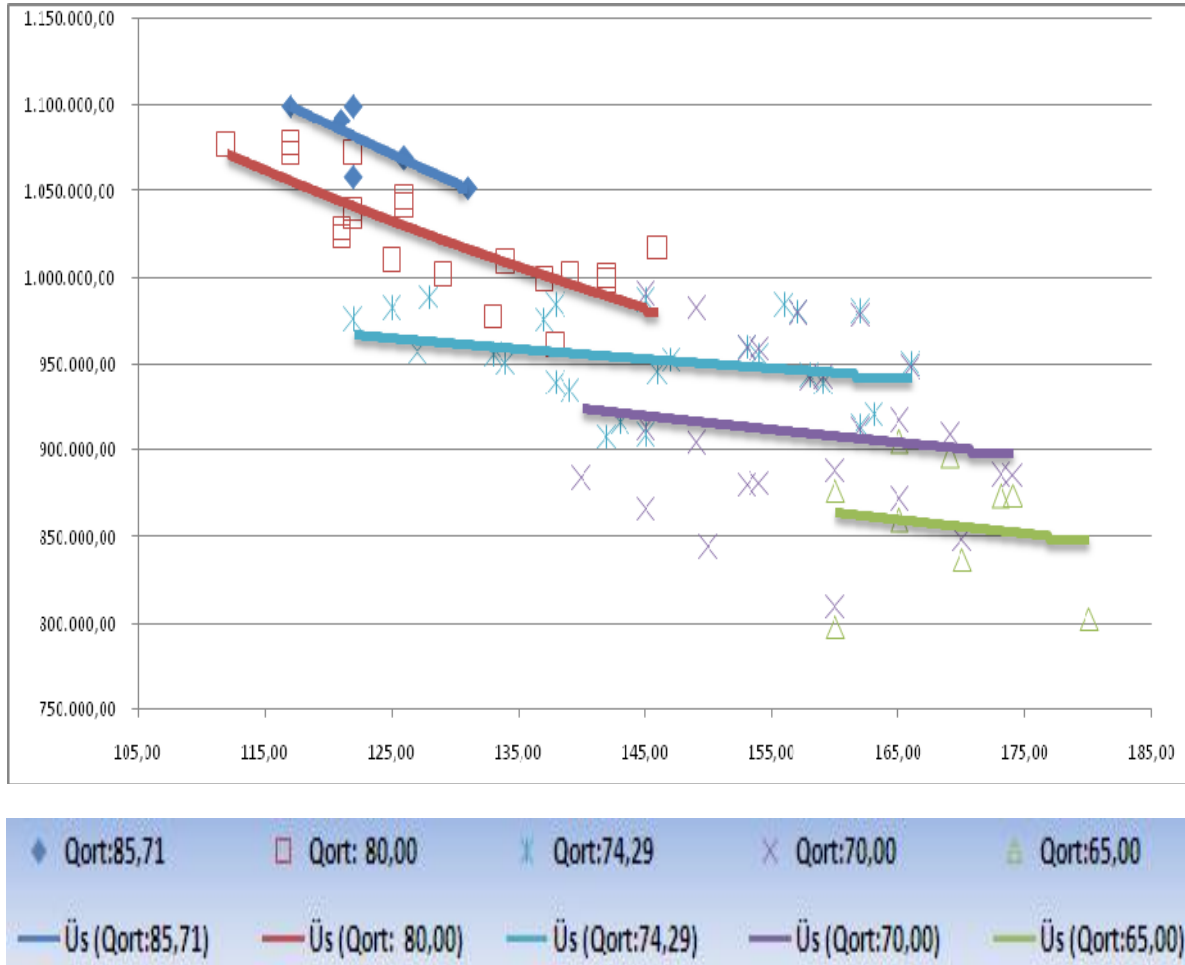
Bu tablo ile amaçlanan tüm senaryoları tek bir yerde izlemek ve en kısa / uzun süreli, en ucuz / pahalı veya en yüksek / en düşük kaliteli senaryoyu tespit etmektedir. Örnek tablo aşağıdaki gibi oluşmuştur.

Çizelge 3.6 : Örnek Özet Senaryo Listesi.

		Q_{ort}	$C_{\min}$	T_{UB}
SENARYO:	1	87,1429	1.123.395,60	112,00
SENARYO:	2	83,5714	1.066.359,60	118,00
SENARYO:	3	85,0000	1.083.892,00	122,00
SENARYO:	4	81,4286	1.026.856,00	128,00
SENARYO:	5	83,5714	1.035.322,00	127,00
SENARYO:	6	80,0000	978.286,00	133,00
SENARYO:	...	...	...	...
SENARYO:	644	63,5714	879.159,60	165,00
SENARYO:	645	65,0000	896.692,00	169,00
SENARYO:	646	61,4286	839.656,00	175,00
SENARYO:	647	63,5714	848.122,00	174,00
SENARYO:	648	60,0000	791.086,00	180,00

Yukarıdaki senaryo özet listesi ise yine MS Office Excel Programında hazırlanan senaryo kartlarından “Yatayara” ve “ Düşeyara” formülleri yardımıyla otomatik olarak hazırlanmıştır.

Bu şekilde oluşturulmuş olan örnek özet senaryo listesi ile Bruce Pollack-Johnson ve Matthew J. Liberatore’nin 2006 yılında yayınladıkları bir makaleden [2] alıntı olan şekil 2.4’e benzer bir grafik ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Ortaya çıkarılan grafik MS Office Excel Programı yardımıyla aşağıdaki gibi oluşmuştur.

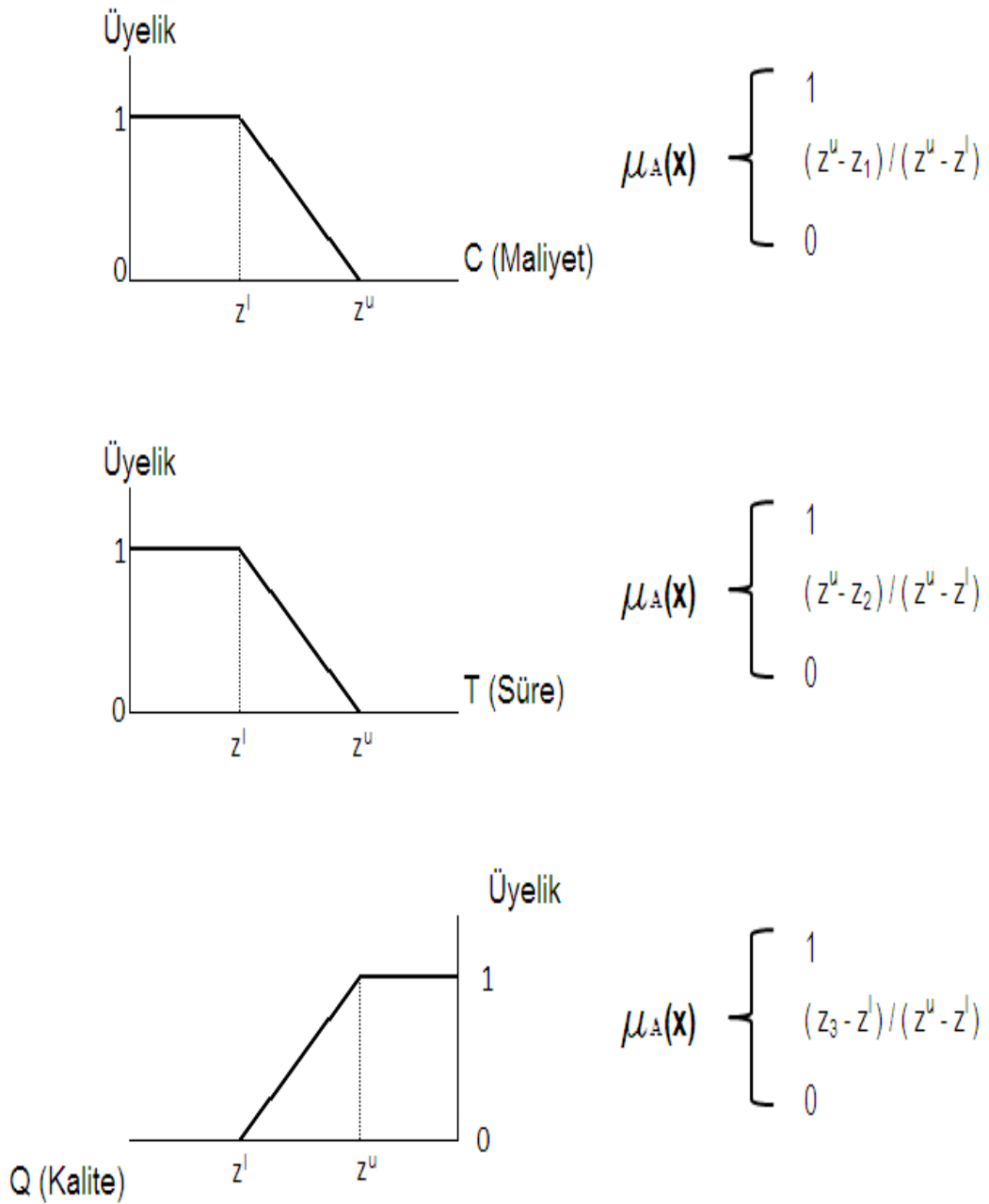


Şekil 3.2 : Senaryolara Göre Maliyet – Süre – Kalite Grafiği.

Bu grafikte ortalama kalitesi sırasıyla $Q_{ort} : 85,71 - Q_{ort} : 80,00 - Q_{ort} : 74,29 - Q_{ort} : 70,00$ ve $Q_{ort} : 65,00$ olan senaryolar düşeyde maliyet, yatayda süre olan bir grafiğe işlenmiştir. Ardından da üstel fonksiyona benzetilen bu 5 farklı kalite düzeyi yukarıdaki gibi bir dağılım göstermektedir. Buna göre kalite arttıkça maliyet artmaktadır.

Bu çalışmanın ardından da bulanık mantık yöntemi ile süre – maliyet – kalite optimizasyonu yapılmıştır. Bu çalışma için Erkan Karaman ve Serdar Kale'nin “Bulanık Hedef Programlama Yöntemi İle Süre – Maliyet – Kalite” [1] adlı makalesi baz alınmış ve 2. Bölümde formül 2.4 ve 2.5'te detaylı bir şekilde anlatılan formüller aşağıda tekrar hatırlatılmaktadır.

Bu formüller MS Office Excel Programına girilerek sonuç tablolarına direkt olarak verilerin geçirilmesi sağlanmıştır.



Şekil 3.3 : Üyelik Fonksiyonları

Burada belirtilen notasyonlar aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

- z^l : Senaryolar içindeki en düşük hedef değer.
- z^u : Senaryolar içindeki en yüksek hedef değer.
- $\mu_A(x)$: Hedef değer in üyelik derecesi

Yapılan çalışmada ortaya çıkan en yüksek ve en düşük değerler aşağıda sıralanmıştır.

$C_{\min}(z^u)$: En Yüksek Senaryo Maliyeti – 1.156.995,60 TL

$C_{\min}(z^l)$: En Düşük Senaryo Maliyeti – 791.086 TL

$T_{UB}(z^u)$: En Uzun Senaryo Süresi – 180 gün

$T_{UB}(z^l)$: En Kısa Senaryo Süresi – 111 gün

$Q_{ort}(z^u)$: En Yüksek Senaryo Kalitesi – 89.2857 Puan

$Q_{ort}(z^l)$: En Düşük Senaryo Kalitesi – 60,0000 Puan

Ayrıca Senaryo 634 için yapılan optimizasyon hesaplamaları aşağıda belirtilmiştir. Bölüm 2 formül 2.4 ve 2.5’te belirtilen açıklamalar burada sayısal bir örnekte incelenmiştir. Ayrıca, $\mu_A(x)$, hedef değer in üyelik derecesi her bir ayrı hedef için L yapay değişkeni olarak tanımlanmıştır (L_1, L_2, L_3).

Senaryo 634 için sırasıyla kalite, maliyet ve süre değerleri; Q_{ort} : 65,0000 puan, $C_{\min}$: 859.656,00 TL ve T_{UB} : 165,00 gün olarak hesap edilmiştir. Buradan yola çıkacak olursak tüm hedeflerin ağırlıklarını da birbirine eşit olarak kabul edersek yukarıda belirtilen formüller yardımıyla;

Proje Maliyeti Hedef Fonksiyonun Gerçekleştirilme Oranı (L_1)

$$L_1 : (1.156.995,60 \text{ TL} - 859.656,00 \text{ TL}) / (1.156.995,60 \text{ TL} - 791.086 \text{ TL}) = 0,8126$$

Proje Süresi Hedef Fonksiyonun Gerçekleştirilme Oranı (L_2)

$$L_2 : (180 \text{ gün} - 165 \text{ gün}) / (180 \text{ gün} - 111 \text{ gün}) = 0,2174$$

Proje Kalitesi Hedef Fonksiyonun Gerçekleştirilme Oranı (L_3)

$$L_3 : (65,0000 \text{ puan} - 60,0000 \text{ puan}) / (89,2857 \text{ puan} - 60,0000 \text{ puan}) = 0,1707$$

Sonuçta, senaryoların optimizasyon puanlarını bulabilmek için üç hedef fonksiyonun gerçekleşme oranları formül 2,4’e göre toplanmaktadır.

Optimizasyon Puanı: $L_1 + L_2 + L_3$; $0,8126 + 0,2174 + 0,1707 = 1,2007$ olmaktadır.

Bu şekilde tüm 648 senaryo için işlemler tekrarlanır ise en optimize sonuç ve en verimsiz sonuçlara ulaşmak mümkündür.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez inşaat sektöründeki faaliyetlerin iş akış grafikleri, matematiksel modeller ve bulanık mantık problem çözümü tekniği yardımıyla 3 ana kriterin yani süre maliyet ve kalitenin optimize edilmesi ve zorlu karar alma süreçlerini matematiksel bir tabana oturtmaya çalışmıştır.

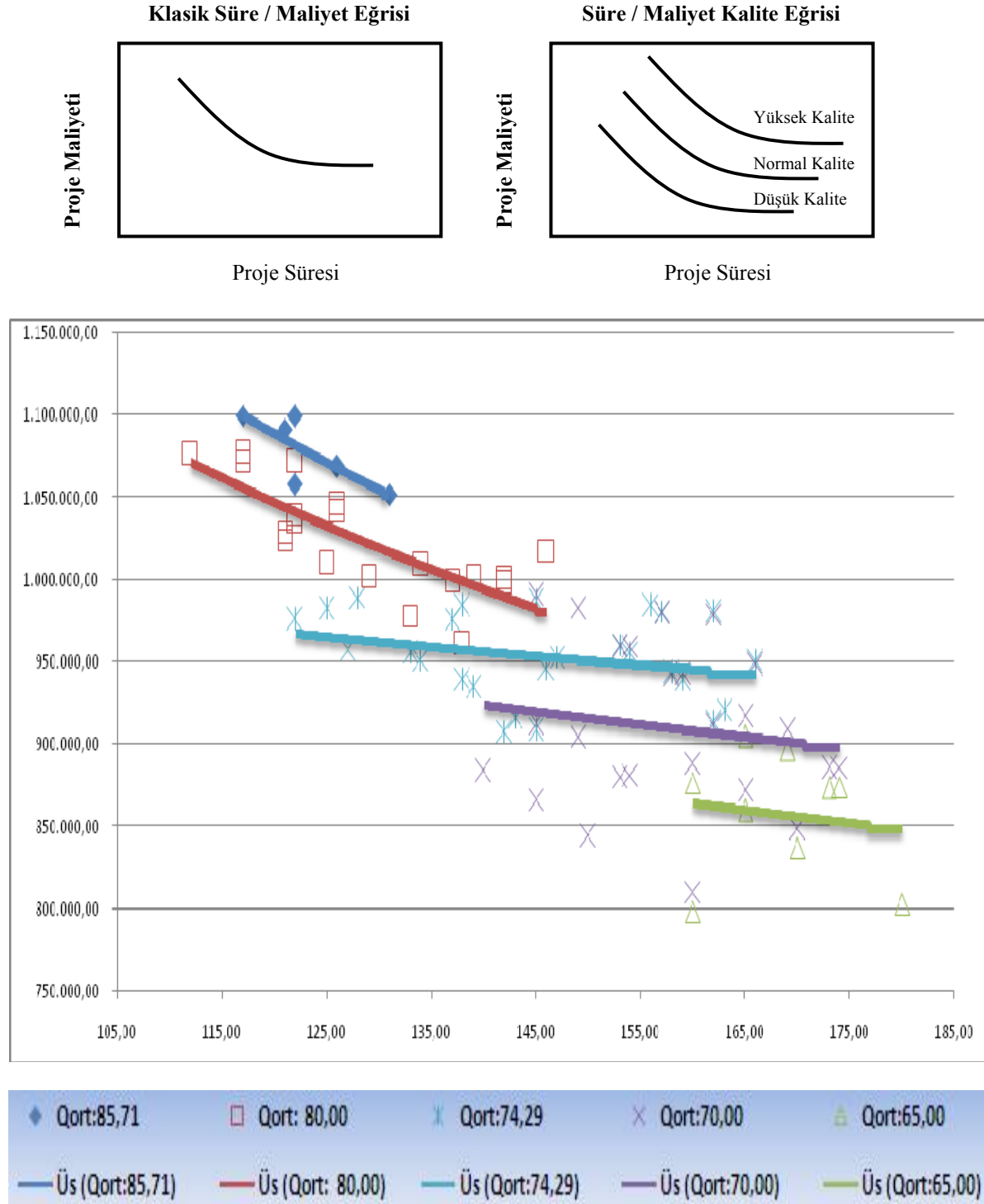
Ayrıca, günümüz bilgisayar çağında süre optimizasyonu, maliyet optimizasyonu ve kalite optimizasyonu konuları ayrı değerlendirileceği gibi bir projenin başarısı söz konusu olduğunda hepsini birlikte görmek ve optimizasyon problemini 3 ana kriteri de içerisine alacak şekilde çözmek gerekmektedir.

Ayrıca bu çalışma bizlere gösterdi ki bir inşaat projesi çok bilinmeyenli bir sürecin sonunda başarıya ulaşabilmektedir. Bazı küçük görünen kararlar projenin başarısını dramatik bir şekilde etkileyebilmektedir. Özellikle 3 ana başlık (süre – maliyet – kalite) altında mükemmeli yakalamak hiçbir zaman mümkün görünmemektedir. Ancak, optimizasyon kullanılarak en verimli sonuca ulaşılabilir.

E. Karaman ve S. Kalenin “Bulanık Hedef Programlama Yöntemi ile Süre-Maliyet-Kalite Eniyilemesi” [1] adlı makalesinden yararlanılarak hazırlanan hedef programlama tekniği ile hafriyattan doğrama montajına kadarki süreçlerin çözümlemesi yapılan bir konut projesi üzerinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Proje yöneticilerine alternatif yöntemlerle inşa faaliyetlerinde farklı yollar ortaya çıkartılması ve proje ile ilgili karar almayı kolaylaştırmak, projeyi daha kârlı, daha kısa sürede ve daha kaliteli bir şekilde tamamlama yardımcı olmak konularında başarıya ulaşılmıştır. Yapılan çalışmada, projeyi başarıya götürecek olan alternatif yollar üzerinde optimizasyon teknikleri uygulanarak, projeyi nasıl daha kârlı, daha kısa sürede ve daha kaliteli yapabilecek olan yollar belirlenebilmiştir. Bu şekilde proje yöneticileri matematiksel verilere dayanarak karar alma süreçlerini gözden geçirebilecektir.

- Öncelikli olarak bu tezde yapılan kabullerden birisi de bir ürünün kalitesinin artması o ürünün maliyetinin de artmasıydı. Bununla birlikte, bu konu ile ilgili olarak literatür tarandığında, Bruce Pollack-Johnson ve Matthew J. Liberatore'nin [2] bir makalelerinde belirttiği aşağıdaki grafiğe benzer bir süre – maliyet –kalite grafiği bu çalışmanın sonucunda ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.1 : Zaman, Maliyet, Kalite Grafikleri Kıyaslaması.

- Ayrıca, iş akış diyagramları, matematiksel modeller ve bulanık mantık problem çözümü tekniği kullanılarak yapılan bu çalışmada E. Karaman ve S. Kale [1] gibi 3 ana kriterin (süre – maliyet – kalite) en optimize sonuçlarının bulunabileceği iddia edilmiş ve aşağıdaki en optimize olan sonuca ulaşılmıştır.

Çizelge 4.1 : En Optimize Sonuç ve En Verimsiz Sonuç.

	PUAN	C_{min}	T_{UB}	Q_{ort}
En Optimize Sonuç				
Senaryo :289	2,0222758	1.130.995,60 TL	111	87,85714
En Verimsiz Sonuç				
Senaryo :610	0,9662313	865.656,00 TL	175	62,85714

Ayrıca, bu teze konu olan optimizasyon teknikleri inşaat sektöründe karar alma becerilerini geliştirebilecektir. Bununla birlikte, belirtilen modellemenin ileride inşaat sektöründe projelerin inşaat süreçleri içerisinde yönetim planlamasında veya teklif sürecinde tekliflendirmeye yardımcı olacak şekilde kullanılması da ayrıca mümkün görünmektedir.

Toplamsal yöntem, kullanılan bu çalışmada PUAN olarak belirtilen sonuçların bulanık mantık üyelik dereceleri aslında üç değişkenin (L_1 , L_2 ve L_3) toplamı olduğu ve bulanık mantık ölçeği içinde değerlendirilmek istenirse sonuçların 3'e bölünerek ölçeğin içine denk getirilebileceği söylenebilir. Bu şekilde değerlendirecek olursak en optimize sonuç olan 2,02 değeri bulanık mantık ölçeği içinde [0-1 aralığındaki değeri] 0,67 olacaktır. Aynı şekilde en verimsiz sonuç olan 0,96 değeri bulanık mantık ölçeği içinde ise [0-1 aralığındaki değeri] 0,32 olacaktır. Bu veriler de bize gösteriyor ki, sürede en kısa – maliyette en ucuz – en yüksek kalitede bir senaryo (yani 1 üyelik derecesine sahip bir senaryo) 648 adet senaryo içerisinde bulunmamaktadır. Aynı şekilde 648 adet senaryo içerisinde sürede en uzun – maliyette en pahalı – en düşük kalitede bir senaryo da bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] **Karaman, E. ve Kale, S.**, 2007: Bulanık Hedef Programlama Yöntemi ile Süre-Maliyet-Kalite Eniyilemesi, *4. İnşaat Yönetimi Kongresi*, 109-118.
- [2] **Pollack-Johnson, B. ve Liberatore, M.J.**, 2006: Incorporating Quality Considerations Into Project Time/Cost Tradeoff Analysis and Decision Making, *IEEE Transactions On Engineering Management*, **53**, 534-542.
- [3] **El Razek, R.H.A., Diab, A.M., Hafez, S.M. ve Aziz R.F.**, 2010: Time-Cost-Quality Trade-off Software by using Simplified Genetic Algorithm for Typical repetitive Construction Projects, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, **61**, 312-321.
- [4] **El-Rayes, K. ve Kandil A.**, 2005: Time-Cost-Quality Trade-Off Analysis for Highway Construction, *Journal Of Construction Engineering And Management*, **131**, 477-486.
- [5] **Levinson M.H.**, 2004: Time-Binding Time: A History of Time-Measurement and Time-Management in America, *A Review of General Semantics*, 61.
- [6] **Url-1** <<http://theconstructor.org/construction/constmanagement/forecasting-construction-duration/69/>>, alındığı tarih 13 Mart 2011.
- [7] **Martin, J., Burrows, T.K. ve Pegg, I.**, 2006: Predicting Construction Duration of Building Projects, *Construction Economics I*, **28**, 1-13.
- [8] **Chan, A.P.C. ve Chan, D.W.M.**, 2004: Developing a benchmark model for project construction time performance in Hong Kong, *Building and Environment*, **39**, 339–349.
- [9] **Chan, D.W.M. ve Kumaraswamy, M.M.**, 2002: Compressing Construction Durations: Lessons Learned From Hong Kong Building Projects, *International Journal of Project Management*, **20**, 23-35.
- [10] **Ng, S.T. ve Zhang, Y.**, 2008: Optimizing Construction Time and Cost Using Ant Colony Optimization Approach, *Journal of Construction Engineering and Management*, 721-728.
- [11] **Chan, A.P.C.**, 2001: Time-Cost Relationship Of Public Sector Projects In Malaysia, *International Journal of Project Management*, **19**, 223-229.
- [12] **Yang, I.T.**, 2005: Simulation-Based Estimation For Correlated Cost Elements, *International Journal of Project Management*, **23**, 275–282.
- [13] **Assaf, S.A., Bubshait, A.A., Atiyah, S. ve Al Shahri, M.**, 2001: The Management Of Construction Company Overhead Costs, *International Journal of Project Management*, **19**, 295-303.

- [14] **Huang, J., Chen, R., Wang, X. ve Zhou Y.**, 2010: Research on Duration-cost-quality Model under Uncertainty in Construction Project Management, *Management and Service Science (MASS), 2010 International Conference on*, 1-4.
- [15] **Türk, A.M.**, 2006: ISO 9000 in construction: An examination of its application in Turkey, *Building and Environment*, **41**, 501-511.
- [16] **Stashevsky, S. ve Elizur, D.**, 2000: The Effect Of Quality Management And Participation İn Decision-Making On Individual Performance, *Journal of Quality Management*, **5**, 53-65.
- [17] **Öztaş, A., Güzelsoy, S.S. ve Tekinkuş, M.**, 2007: Development Of Quality Matrix To Measure The Effectiveness Of Quality Management Systems In Turkish Construction Industry, *Building and Environment*, **42**, 1219-1228.
- [18] **Zheng, D.X.M. ve Ng, S.T.**, 2005: Stochastic Time-Cost Optimization Model Incorporating Fuzzy Sets Theory and Nonreplaceable Front, *Journal of Construction Engineering and Management*, **131**, 176-186.
- [19] **Feng, C., Liu L. ve Burns, S.A.**, 1997: Using Genetic Algorithms To Solve Construction Time-Cost Trade-Off Problems, *Journal of Computing in Civil Engineering*, **11**, 184-189.
- [20] **Eshtehardian, E., Abbasnia, R. ve Afshar, A.**, 2008: Optimization Of Uncertain Construction Time-Cost Trade Off Problem, *Advancing and Integrating Construction Eduvation, Resarch & Practice*, **1**, 192-200.
- [21] **Atkinson, R.**, 1999: Project Management: Cost, Time And Quality, Two Best Guesses And A Phenomenon, Its Time To Accept Other Success Criteria, *International Journal of Project Management*, **17**, 337-342.
- [22] **Url-2** < <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/34/923/11510.pdf>>, alındığı tarih 20 Mart 2011.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Yiğit İŞÇİOĞLU
Doğum Yeri ve Tarihi: Gazi Mağusa – Kıbrıs / 16.03.1986
Adres: Neveser Konakları, Çekmeköy, İstanbul
Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi – İnşaat Mühendisliği