



**KLASİK PERT VE BULANIK PERT
YÖNTEMLERİ İLE PROJE YÖNETİMİ ve BİR
MERMER FABRİKASI KURULUMUNDA
UYGULAMASI**

Emre KENAR

**2021
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Muharrem DÜĞENÇİ**

**KLASİK PERT ve BULANIK PERT YÖNTEMLERİ İLE PROJE
YÖNETİMİ ve BİR MERMER FABRİKASI KURULUMUNDA
UYGULAMASI**

Emre KENAR

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Muharrem DÜĞENCİ**

**KARABÜK
Ocak 2021**

Emre KENAR tarafından hazırlanan “KLASİK PERT ve BULANIK PERT YÖNTEMLERİ İLE PROJE YÖNETİMİ ve BİR MERMER FABRİKASI KURULUMUNDA UYGULAMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr.Muharrem DÜĞENCİ
Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Dr. Öğr. Üyesi Mümtaz İPEK
Tez Danışmanı, Sakarya Üniversitesi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 28/01/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Fatih Emre BORAN (GÜ)

Üye : Doç. Dr. Muharrem DÜĞENCİ (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mümtaz İPEK (SAÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fuat ŞİMŞİR (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ÖZCAN (KBÜ)

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Emre KENAR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KLASİK PERT ve BULANIK PERT YÖNTEMLERİ İLE PROJE YÖNETİMİ ve BİR MERMER FABRİKASI KURULUMUNDA UYGULAMASI

Emre KENAR

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Muharrem DÜĞENCİ

Ocak 2021, 65 sayfa

Günümüzde yapılacak işlerin detaylı hale gelmesi ve rekabet ortamının artması, projelerin tamamlanma zamanlarını gerçeğe en yakın şekilde tahmin edilip, planlanmasını zorunlu kılmıştır. Projelerin gecikme yaşanmadan, belirlenen mevcut şartlara uyması dahilinde bitirilebilmeleri için, bir proje yönetimi sürecinde ilerlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaçların en verimli şekilde karşılanabilmeleri için çeşitli proje yönetimi teknikleri kullanılmaktadır.

Bu çalışmada ise etkili proje yönetimi tekniklerinden olan Klasik PERT ve Bulanık PERT (FPERT) yöntemleri ile çalışılmıştır. Bulanık PERT tekniğinde kullanılan sürelerin, klasik sürelerden daha gerçekçi sonuçlar verdiği literatürdeki çalışmalarda görülmüştür. Günlük yaşantımızda ilk defa yapılması planlanacak projelerdeki kullanılmak istenen kaynaklar tam olarak belli değildir. Bulanık mantık ve bulanık sayılar kullanılarak bu belirsizlik minimuma düşürülebilir veya ortadan kaldırılabilir.

Klasik PERT ve Bulanık PERT yöntemleri ile bir mermer fabrikası kurulması planlanmış olup, fabrika inşaatın temelini atılmasından, fabrika binasının kurulmasına ve daha sonra kullanılacak olan makinaların kurulum ve yerleşimine kadar olan süreç ele alınmıştır. Klasik PERT tekniği kullanılırken kesin süreler ele alınarak çalışılmıştır. Bulanık PERT yönteminde ise üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır. Son olarak, kullanılan iki tekniğin kıyaslaması yapılmıştır ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Proje yönetimi, PERT, Bulanık PERT, Bulanık mantık

Bilim Kodu : 90620

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

PROJECT MANAGEMENT WITH CLASSIC PERT and FUZZY PERT METHODS AND APPLICATION IN A MARBLE FACTORY INSTALLATION

Emre KENAR

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Industrial Engineering**

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Muharrem DÜĞENÇİ

January 2021, 65 pages

Nowadays, the work to be done has become more detailed and the competition environment has increased, making it necessary to estimate and plan the completion times of the projects in the most realistic way. In order for the projects to be completed without delay and in accordance with the determined current conditions, it is necessary to proceed in a project management process. Various project management techniques are used to meet these needs in the most efficient way.

In this study, classical PERT and Fuzzy PERT (FPERT) methods, which are effective project management techniques, were studied. It has been seen in the studies in the literature that the durations used in the Fuzzy PERT technique give

more realistic results than the classical ones. The resources to be used in the projects that are planned to be made for the first time in our daily life are not exactly clear. Using fuzzy logic and fuzzy numbers, this uncertainty can be minimized or eliminated.

It was planned to establish a marble factory with the classical PERT and Blurred PERT methods, and the process from laying the foundation of the factory construction to the establishment of the factory building and the installation and layout of the machines to be used later were discussed. While using the classical PERT technique, it has been studied by considering the exact times. In the fuzzy PERT method, triangular fuzzy numbers are used. Finally, the comparison of the two techniques used was made and the results were evaluated.

Key Words : Project Management, PERT, Fuzzy PERT, Fuzzy Logic

Science Code : 90620

TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐmasının planlanmasında, araŐtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, sayın hocam Doç. Dr. Muharrem DÜŐENCİ'ye ve Dr. Öğr. Üyesi Mümtaz İPEK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
PROJE YÖNETİMİ	3
2.1. PROJE KAVRAMI ve ÖZELLİKLERİ	3
2.2. PROJELERİN SINIFLANDIRILMASI	4
BÖLÜM 3	5
PROJE YÖNETİMİ TEKNİKLERİ	5
3.1. PROJE YÖNETİMİ KAVRAMI ve TARİHSEL GELİŞİMİ	5
3.2. PROJE YÖNETİMİNİN ÖNEMİ	7
3.3. GANTT ŞEMASI	8
3.3.1. Gantt Şeması'nda Kullanılan Yöntemler	10
3.3.1.1. Doldurma Yöntemi	10
3.3.1.2. Blok Yöntemi	10
3.3.1.3. Sembol Yöntemi	11
3.4. AĞ YAKLAŞIMI	12

	<u>Sayfa</u>
3.4.1. Ağ Diyagramlarının Yararları.....	13
3.4.2. Ağ Diyagramının Çizilmesi.....	14
3.5. CPM (KRİTİK YOL METODU).....	15
3.5.1. En Erken Başlama Zamanı (Earliest Start Time: ES).....	17
3.5.2. En Erken Tamamlanma Zamanı (Earliest Finish Time: EF)	17
3.5.3. En Geç Tamamlanma Zamanı (Lastest Finish Time: LF)	17
3.5.4. En Geç Başlama Zamanı (Lastest Start Time: LS).....	17
3.5.5. İleriye Doğru Hesaplama	18
3.5.6. Geriye Doğru Hesaplama.....	19
3.5.7. Bollukların Hesaplanması.....	20
3.5.7.1. Toplam Bolluk	20
3.5.7.2. Serbest Bolluk.....	20
3.5.7.3. Bağımsız Bolluk.....	21
3.5.7.4. Ara Bolluk.....	21
3.6. PERT (PROGRAM DEĞERLENDİRME ve GÖZDEN GEÇİRME TEKNİĞİ)	21
3.6.1. PERT'in Avantajları ve Dezavantajları	23
 BÖLÜM 4	 25
BULANIK MANTIK.....	25
4.1. BULANIK KÜMELER ve BULANIK SAYILAR	26
4.1.1. Bulanık Kümeler.....	27
4.1.2. Bulanık Sayılar	28
4.1.2.1. Üçgensel Bulanık Sayılar.....	30
4.1.2.2. Yamuksal Bulanık Sayılar.....	30
4.1.3. Bulanık Sayılarda İşlemler.....	31
 BÖLÜM 5	 33
BULANIK PERT (FPERT) YÖNTEMİ.....	33
5.1. LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR.....	33
5.2. BULANIK PERT (FPERT) YÖNTEMİ.....	34

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 6	36
KLASİK PERT ve BULANIK PERT YÖNTEMLERİ İLE PROJE YÖNETİMİ UYGULAMASI.....	36
6.1. KLASİK PERT TEKNİĞİ İLE PROJE SÜRESİNİN HESAPLANMASI	38
6.2. BULANIK PERT TEKNİĞİ İLE PROJE SÜRESİNİN HESAPLANMASI..	46
BÖLÜM 7	60
SONUÇLAR	60
KAYNAKLAR	62
ÖZGEÇMİŞ	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Proje yönetimi metodojojisi	7
Şekil 3.1. Doldurma yöntemi ile gösterilen Gantt şeması	11
Şekil 3.2. Blok yöntemi ile gösterilen Gantt şeması	12
Şekil 3.3. Sembol yöntemi ile gösterilen Gantt şeması	13
Şekil 3.4. Faaliyetlerin ve düğümlerin gösterimi.	15
Şekil 3.5. Faaliyet ve düğüm kodlarının gösterimi.	16
Şekil 3.6. Birden fazla faaliyet gösterimi.	16
Şekil 3.7. İki ardışık düğüm gösterimi.	16
Şekil 3.8. Kukla faaliyet gösterimi.	17
Şekil 3.9. Zaman ve maliyet ilişkisi.	17
Şekil 3.10. Örnek ağ diyagramı.....	19
Şekil 3.11. Beta eğrisi.....	23
Şekil 4.1. Bulanık mantık modellemesi.....	30
Şekil 4.2. Klasik mantık modellemesi.....	30
Şekil 4.3 Üçgensel bulanık sayı	33
Şekil 4.4. Yamuksal bulanık sayı	33
Şekil 6.1. Projenin şebeke diyagramı	44
Şekil 6.2. Faaliyet isimlerinin ve sürelerin WinQSB yazılımına girilmesi.....	47
Şekil 6.3. Kritik yolun, tamamlanma süresinin ve varyansın gösterimi	48
Şekil 6.4. Alternatif yolların kritiklik derecelerinin hesaplanması.	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Proje ve iş süreci farklılıkları.....	5
Çizelge 6.1. Faaliyet kodları ve yapılacak faaliyetler	37
Çizelge 6.2. Öncül faaliyetler ve iş süreleri	40
Çizelge 6.3. A,B,C firmalarından alınmış olan bulanık faaliyet süreleri ve ortalama değerler.....	49
Çizelge 6.4. En erken başlama (ES), en erken bitme (EF) zamanları.....	54
Çizelge 6.5. En son başlama (LS), en son bitme (LF) zamanları.....	56
Çizelge 6.6. Yolların kritiklik dereceleri.....	62

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

$(Te)_i$: faaliyet i'nin en erken gerçekleşebildiği zaman
$(Tg)_i$: faaliyet i'nin en geç gerçekleşebildiği zaman
ES	: faaliyetin en erken başlama zamanı
LF	: faaliyetin en geç bitme zamanı
LS	: faaliyetin en geç başlama zamanı
EF	: faaliyetin en erken bitme zamanı
TB	: toplam bolluk
t_{ij}	: faaliyet süresi
te	: beklenen ortalama zaman
a	: en küçük değer
m	: optimal değer
b	: en büyük değer
σ	: standart sapma
T	: arzu edilen proje tamamlanma zamanı
Te	: beklenen proje tamamlanma zamanı
μ	: üyelik derecesi
$\mu_A(x)$: x değerinin A kümesindeki üyelik derecesi
a_1	: büyüklüğün alt sınırlarının kabul edilebilir değeri
a_2	: büyüklüğü kesinlikle gösteren sayı
a_3	: büyüklüğün üst sınırlarının kabul edilebilir değeri
U	: elemanları "x" ile gösterilen bir evrensel küme
A	: bulanık küme
$\mu_{A \cup B}(x)$: aUb kümesinin üyelik fonksiyonu

- $\mu_{A \cap B}(x)$: a**nb** kesişiminin üyelik fonksiyonu
 $(E\tilde{S}_i - E\tilde{F}_i)$: ileriye doğru geçişte, bulanık en erken başlama – bitiş zamanları
 $(L\tilde{S}_i - L\tilde{F}_i)$: geriye doğru geçişte, bulanık en geç başlama – bitiş zamanları
 A_j : j işinin bulanık iş süresi
 $(+)$: Bulanık toplama
 $(-)$: Bulanık çıkarma
 v_j : j işi
 \tilde{A}_i : En erken başlama zamanları
 $a_{(a,b,c)}$: A, B ve C firmalarının iyimsel faaliyet sürelerinin ortalama değerleri
 $m_{(a,b,c)}$: A, B ve C firmalarının optimal faaliyet sürelerinin ortalama değerleri
 $b_{(a,b,c)}$: A, B ve C firmalarının kötümser faaliyet sürelerinin ortalama değeri
 Cp_i : Bir i yolunun kritiklik derecesi
 Tp_i : i. yolun bulanık yol uzunluğu
 \wedge : iki kümenin kesişimi
 \sup : bir kümenin en büyük değeri

KISALTMALAR

CPM : Critical Path Method (Kritik Yol Metodu)

PERT : Program Evaluation and Review Technique (Proje Değerlendirme ve
Gözden Geçirme Tekniği

FCPM : Fuzzy Critical Path Method (Bulanık Kritik Yol Metodu)

FPERT : Fuzzy Program Evaluation and Review Technique (Bulanık Proje
Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüzde gelişmekte olan teknoloji ve rekabet, işletmeleri kendilerini yenileyerek, rakiplerinden farklı olmaya zorlamaktadır. Günümüzde işletmelerin en önemli hedefi, kaynaklarını verimliliğe en uygun olarak kullanmak ve olabilecek en kısa sürede ve minimum maliyetle projelerini bitirmeye çabalamaktır. Proje yönetiminin en temel unsuru zamandır. Karmaşık ve büyük projelerin yönetimi ve takibini sağlamak için, etkili yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yöntemlere duyulan ihtiyaçlara CPM (Kritik Yol Metodu) ve PERT (Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği) önemli birer cevap olmuşlardır. Her iki tekniğin de temelinde şebeke diyagramları kullanılmıştır.

Her iki teknik de aynı dönemde (1956 – 1958) birbirinden bağımsız iki farklı araştırma grubu tarafından geliştirilmiştir. E. I . Dupont De Nemours şirketi bünyesinde çalışan araştırma grubu tarafından, çok büyük bir kimya fabrikasının inşaat projesinin uygulaması sürecinde yapılan çalışmalar sonucu CPM ortaya çıkmıştır. PERT ise ABD donanmasının yürüttüğü Polaris Güdümlü Füze Projesinin uygulaması sürecinde geliştirilmiş ve projenin beklenenden 2 yıl daha erken bitirilebilmesine olanak tanımıştır. CPM ve PERT teknikleri sayesinde, projenin tamamlanma süresini etkileyen kritik faaliyetler ve kritik yollar bulunarak, kritik olmayan hangi faaliyetlerden kaynak aktarımı yapılabileceği ve projenin tamamlanma süresi tespit edilebilir. Basit ve yalıtılmış doğal çevrelerde çok iyi sonuçlar veren klasik yöntemler, karmaşık, etkileşimli ve subjektif özellikler taşıyan çağdaş problemlerin çözümünde her zaman o derece iyi sonuçlar vermeyebilmektedir. Nitekim bilim ve teknolojideki gelişmeler, günümüzün modern

toplumunu öylesine karmaşık bir hale getirmiştir ki, karar süreçleri belirsiz ve incelenmesi zor bir özellik kazanmıştır. Belirsizliği incelemek için genellikle olasılık kuramının kavram ve yöntemleri kullanılır. Fakat 1960'lı yıllarda güncel problemleri modellemede kullanılan olasılık kuramının kavram ve yöntemleri tekrar gözden geçirilmiş ve eleştirilmiştir. Daha sonra, bu eleştiriler doğrultusunda olasılık kuramının yerine kullanılabilen yöntemler geliştirmek için yoğun çalışmalar yapılmıştır [1].

Bulanık mantığın ve bu mantık kurallarını kullanan bulanık küme teorisinin Lotfi A. Zadeh tarafından geliştirilip 1965 tarihli orijinal makalesinde yayınlanmasından sonra belirsizlik içeren sistemlerin incelenmesi yeni bir boyut kazanmıştır. 1965'de ortaya atılmasına rağmen, bulanık küme kavramı ancak 1970'li yılların ikinci yarısından sonra kullanılmaya başlanmıştır. Bunda özellikle Zadeh'in 1965'deki ilk makalesinden daha fazla etkili olan ve bulanık mantığın belirsizlik içeren sistemlere uygulanabilirliğini açıklayan makaleleri etkili olmuştur. 1980'li yılların ikinci yarısından sonra Japonların ürünlerinde bulanık mantığı kullanmalarıyla da hız kazanarak, günümüzdeki doruk noktasına gelmiştir. Artık hemen her alanda bulanık mantık uygulamalarına rastlamak mümkündür [2].

Bu çalışmanın amacı, bulanık değerler ile karar verilmesini sağlayan bulanık PERT'i incelemek ve klasik PERT ile aralarındaki farkları değerlendirmektir. Bu çalışma toplam yedi bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde, genel giriş yapılmış olup, ikinci bölümünde, detaylı bir şekilde proje yönetiminden bahsedilmiş, üçüncü bölümünde ise projelerin planlama yöntemlerinden söz edilmiştir, CPM ve PERT yöntemlerinin detayları incelenmiştir. Dördüncü bölümde bulanık mantık incelenmiştir. Beşinci bölümde PERT yöntemi ile bulanıklık kavramının birleştirilmiş hali olan Bulanık PERT incelenmiştir. Altıncı bölümde ise proje planlama tekniklerinden klasik PERT ile Bulanık PERT tekniğinin, bir mermer fabrikasının kurulması projesinde inşaatın temelinden, fabrika binasının inşasına ve üretimde kullanılacak olan makinelerin kurulması ve planlanması için uygulamasına yer verilmiş ve yedinci bölümde sonuçlara değinilmiştir.

BÖLÜM 2

PROJE YÖNETİMİ

2.1. PROJE KAVRAMI VE ÖZELLİKLERİ

Belirli bir amaca ulaşmak için, hedeflenen süre sınırlarında, tek seferlik gerçekleştirilen ve başka bir benzeri bulunmayan çalışma ifadeleri ile tanımlanan proje kavramı, ayrıca şu şekillerde tanımlanabilir.

Belirli bir amacı gerçekleştirebilmek için ve bir yenilik getirmek için, belirli bir sürede yapılması gereken, birbiri ile ilişkili faaliyetler topluluğuna verilen isim.

Bu tanımların hepsi, proje kavramının farklı bir boyutuna ağırlık vermekte olup, projenin tam olarak tanımı, hepsinin bir sentezi olarak algılanmalıdır. Bu tanımlara uyan projeleri çok geniş bir spektrum içinde sınıflandırma olanağı vardır [3].

Proje ve iş süreci birbirinden farklı kavramlardır. Bu fark, çizelge 2.1'de açıklanmaktadır.

Çizelge 2.1. Proje ve iş süreci farklılıkları [4].

Proje	İş Süreci
Geçicidir.	Devamlıdır.
Başlangıç ve bitiş zamanı vardır	Aynı iş ,sürekli olarak devam eder.
Elde edilen sonuçlar benzersizdir.	Her seferinde aynı sonuçlar elde edilir.
Önceden belirlenmiş iş görevleri yoktur.	Önceden belirlenmiş iş görevleri vardır.

Bu tanımlara ve farklara göre, projenin özellikleri şu şekilde tanımlanabilir.

1. Projeler, bir ihtiyaç doğrultusunda üretilmeli ve bu ihtiyacı karşılamak için kullanılmalıdır.

2. Projenin yeri belirli olmalıdır.

3. Rutin, basit işlerden bir farkı olmalıdır ve bir şeylere yenilik getirmeyi amaçlamalıdır.

4. Özgün olmalıdır.

5. Başlangıç ve bitiş süresi belirli olmalıdır.

6. Kaynakları sınırlı olmalıdır.

7. Planlaması önceden yapılmış olmalıdır.

8. Belirlenen bir bütçeye ve kaynaklara ihtiyaç duymalıdır.

9. Projenin, elde edilen sonuca göre bir müşterisi veya kullanıcısı olmalıdır.

2.2. PROJELERİN SINIFLANDIRILMASI

Genel hatları ile projeler, üretime sağladığı katkılara göre, yer aldıkları sektöre göre, yürütücü kuruluşlarına göre, büyüklüklerine göre, ve amaçlarına göre sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmalar daha detaylı şekilde aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

Üretime sağladıkları katkılara göre: Doğrudan üretken projeler ve altyapı projeleri
Yer aldıkları sektöre göre: Eğitim projeleri, sağlık projeleri, ulaştırma projeleri, haberleşme projeleri, imalat sanayi projeleri, madencilik projeleri ve tarımsal projeler şeklinde sınıflandırılabilir gibi, havayolu projeleri, demiryolu projeleri, karayolu projeleri, tekstil projeleri, gıda projeleri gibi alt sektör bazında da sınıflandırılabilir.

1.Yürütücü kuruluşlarına göre: Kamu projeleri, özel sektör projeleri ve karma projeler

2.Büyüklüklerine göre: Büyük ölçekli, orta ölçekli ve küçük ölçekli

3.Amaçlarına göre: Kar amacı gütmeyen, kar amacı güden ve araştırma projeleri

BÖLÜM 3

PROJE YÖNETİMİ TEKNİKLERİ

3.1. PROJE YÖNETİMİ KAVRAMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

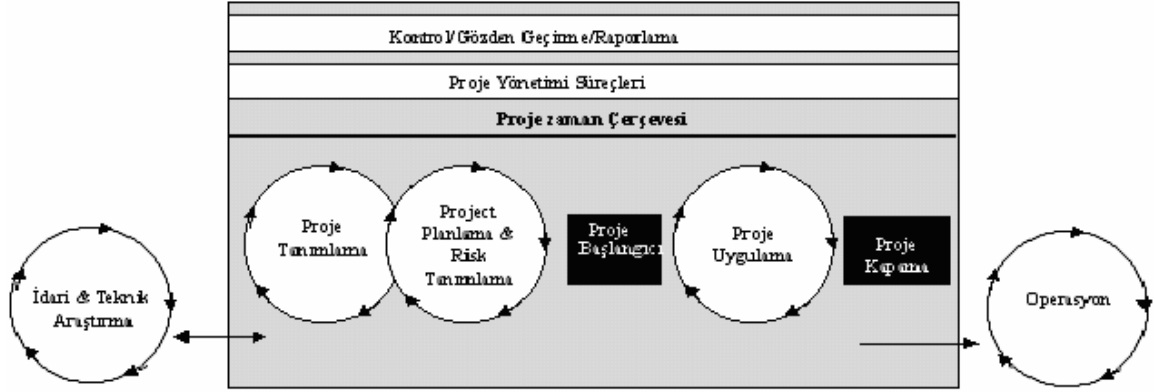
Proje yönetimi kavramı, birçok şekilde tanımlanabilir. Bunlardan bazıları şu şekildedir:

Proje yönetimi, beklenti ve ihtiyaçların karşılanabilmesi için, projedeki faaliyetlerin yönetiminde ve planlanmasında bilgilerin, becerilerin, araçların ve tekniklerin uygulanmasıdır.

Proje yönetimi, bir amaç doğrultusunda, projenin kapsamını, hedeflenen zamanı ve kaliteyi karşılayabilmesi için, tüm proje süresince, var olan kaynakların yönetilmesi, planlanıp koordinasyonunun sağlanmasıdır.

Proje yönetimi, projeye başlama, projeyi planlama, projeyi denetleme ve kontrol etme, projeyi bitirme aşamalarının birleştirilmesinden oluşur.

Proje yönetimi kısaca, hedeflenen işin, optimum maliyetle ve süre ile belirlenen kalite standartlarında yapılması anlamına gelir.



Şekil 2.1. Proje yönetimi metodolijisi [5].

Modern proje yönetimi yöntemleri, 1950'lerden sonra karmaşık hal alan iş hayatı vasıtasıyla gelişen, şekillenen yönetsel kuralların evrilmesi ile yavaş yavaş oluşmaya başlamıştır.

Proje yönetimi konusu ile bilimsel ilk çalışmaları 1900'lü senelerin başlarında, Frederick Taylor gerçekleştirmiştir. Yönetimsel tekniklerin analizinin, bilimsel yollarla yapılabileceğini ve daha iyi sonuçlar için geliştirebileceğini göstererek, yönetim konusunun profesyonelleşmesi için yeni bir dönem başlatmıştır. Frederick Taylor'un araştırmalarından ve çalışmalarından önce daha verimli çalışmanın tek yolu, işçilerin fazla saatlerce çalıştırılması olarak görülüyordu. Taylor, çalışmalarında iş faaliyetlerini yeniden analiz ederek, işlerin planlanmasını çok daha verimli bir hale getirmiştir.

Proje yönetiminin öncülerinden birisi de Henry L. Gantt'dır. Günümüzde oldukça yaygın bir biçimde kullanılan proje takibi ve değerlendirme tekniklerinden olan CPM (Critical Path Method) ve PERT (Program Evaluation and Review Techniques)'i geliştirmiştir. Bu şekiller ve grafikleri kullanılarak, proje takvimini oluşturmak, oldukça kolaylaşmıştır. Daha sonraki senelerde ise bilgisayarların kullanımının yavaş yavaş yaygınlaşmasıyla, proje ekiplerinin işi oldukça kolaylaşmış ve işlerin takibi kolay bir şekilde yapılabilir hale gelmiştir.

Proje kapsamındaki faaliyetlerin tamamlanma zamanlarını dikkate alarak projenin takibini kolaylaştıran tekniklerden olan PERT (ilk kez 1958 yılında Amerikan ordusunda Polaris denizaltı füzelerinin yapımı projesinde kullanıldı) ve CPM ile birlikte karmaşık projelerin en geç tamamlanma zamanlarının hesaplanabilmesi, projenin daha erken zamanda tamamlanması istendiğinde yeni düzenlemelerin yapılmasına imkan vermesi proje yöneticilerinin, projenin akışı üzerindeki kontrollerin artmasına yardımcı oldu [6].

Başlangıçta, askeri projelerde, genelde silahların geliştirilmesinde kullanılmış olan CPM ve PERT teknikleri, piyasalardaki rekabetin artmasıyla endüstriyel projelerde de yoğun bir şekilde kullanılmaya başlandı. Bu yöntemler ülkemizde de o dönemlerin büyük projelerinde de kullanılmıştır. CPM tekniği, GAP (Güneydođu Anadolu Projesi) ve FSM (Fatih Sultan Mehmet) köprüsünde, PERT tekniği ise İstanbul Boğazı Köprüsü'nde ve Keban Barajı'nın tüm süreçlerinde uygulanmıştır.

3.2. PROJE YÖNETİMİNİN ÖNEMİ

Bir projenin başarılı olması, istenilen sonuçları vermesi, projenin hedefine ulaşmasının gerçekleşmesidir. Başarılı bir proje yönetiminden anlaşılanın, eldeki kaynakların uygun zamanda kullanılması ve ekonomik olarak ve beklenen kaliteye uygun olarak kullanılmasıdır.

Projelerin başında yapılan fizibilite çalışması ve ön hazırlıklarının neticesinde tahmin edilen proje bedeli kadar bütçe ayrılır. Proje süreci ilerledikçe ayrılmış olan bütçe azalacaktır. Bu azalış başlarda yavaş, ortalara doğru hızlanır ve bitime doğru tekrar yavaşlar.

Proje yönetimi, sadece hedeflenen sonucu sağlamaya değil, daha verimli çalışmak için ve proje bütçesi sınırlarını aşmamak için özen göstermek zorundadır. Proje yönetiminde geriye dönüp hataları incelemek veya yok etmek yoktur. Projeye başlamadan önce çok detaylı bir planlama yapılması zorunludur. Kısaca proje

yönetimi, zamanla yarışmak anlamındadır. Başlangıçta rahat davranılırsa, işin sonuna gelindiğinde çok sıkışık koşullar meydana gelebilir.

Proje yönetimi tekniklerinin bazı kuralları vardır. Bunlar tüm projeler için geçerlidir. Bu kurallar şöyledir.

1. Proje, paralel ve ardışık faaliyetlerden oluşur.
2. Proje, paralel ve ardışık faaliyetlerin hepsinin tamamlanmasından sonra sona erer.
3. Tüm faaliyetlerin belirli bir yapıma sırası mevcuttur ve bu sırayı öncelikler belirler.
4. Faaliyet zamanları, önceden tahmin edilir veya bilinir.
5. Faaliyetler başlangıcından bitimine kadar kesintisiz sürdürülür.
6. Faaliyetler kendisinden önceki faaliyetlerin tamamı bitmeden başlayamaz. Eğer faaliyetler, kritik yol üzerinde ise, anında başlama zorunluluğu yoktur, bir süre ertelenip daha sonra başlayabilir.
7. Tüm projelerin mutlaka başlangıç ve bitişi bulunur.

Bu kurallar, tüm proje yönetimi tekniklerinin dayandığı kurallardır. Ağ yaklaşımlarında ve Gantt şemalarında, bu kurallara genelde uyulur.

3.3. GANTT ŞEMASI

Gantt şeması, 1918 yılında, Henry Gantt tarafından geliştirilmiştir. Bazı kaynaklarda Gantt şemasını zaman çizgisi ve kilometre taşı tanımlarıyla görmek de mümkündür.

Gantt şeması, henüz kestirilemeyen bir süre boyunca, planlanan projelerin her işleminin ve aşamasının, gerçekleşmiş ve planlanmış sürelerinin, başlangıç ve bitiş tarihlerinin şema üzerinde belirlenip gösterilmesiyle oluşur. Gantt şeması gösteriminde, aşamalar veya işlemler, yukarıdan aşağıya doğru sıralanırken, soldan sağa doğru ise zaman sıralanır. Bu aşamalar, sembollerle, kutularla veya çizgilerle ifade edilir. Faaliyetlerin süreleri, çizgilerin veya kutuların boyları ile orantılıdır. Tüm bu gösterimler işlemlerin başlama ve bitiş zamanlarını ve işlemlerin nasıl yapılacağını gösterir.

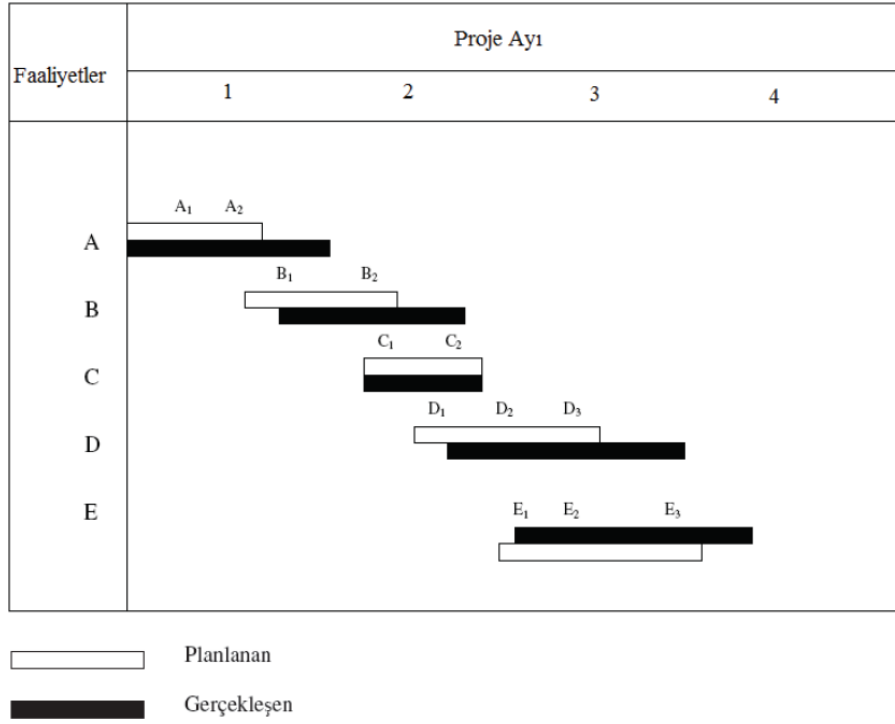
Küçük çaptaki projeleri hazırlamak, denetlemek ve raporlamak için kullanılabilir ideal yöntem Gantt şemasıdır. Fakat bu tekniğin kontrol ve denetleme açısından yararı çok azdır. En uygun şekilde takip edildiği takdirde, zaman yönetimi ve sorunları tespit etmek için kullanılabilir. Kolay ve çabuk hazırlanabildiği önemli bir özelliğidir. Fakat geniş bilgiler ve teknik detaylar isteyen detaylı projelerde yetersiz kalabilmektedir. Yetersizlikler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Olası sorunları ve iş aşamaları arasındaki zayıf ilişkileri tanımlamaz.
2. Faaliyetlerin birinde ortaya çıkabilecek bir gecikmenin, o faaliyetten sonraki aşamaları nasıl etkileyeceği bilinmez.
3. Kritik noktalar hakkında bilgi vermez.

3.3.1. Gantt Şeması'nda Kullanılan Yöntemler

3.3.1.1. Doldurma Yöntemi

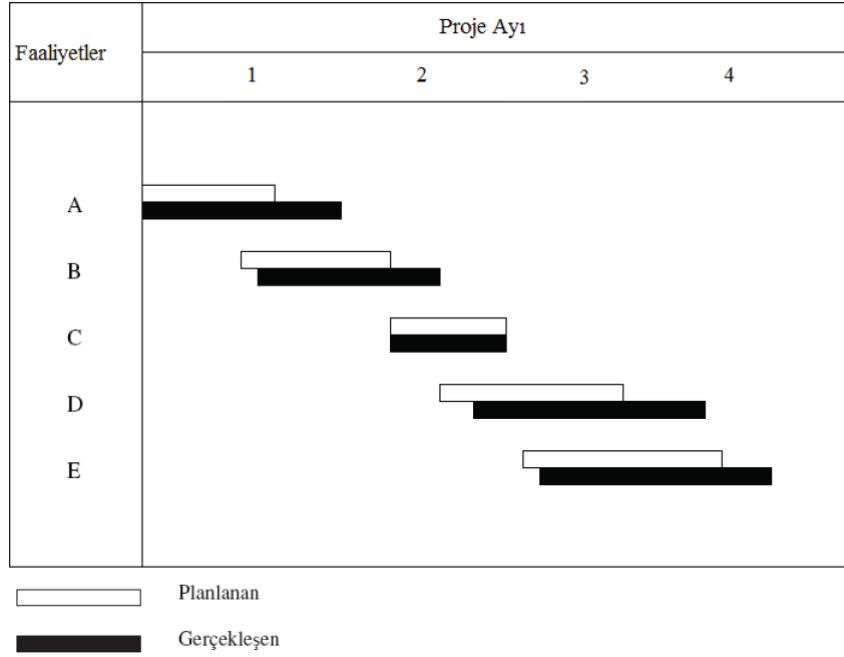
Bu yöntemde önce projenin her aşaması belirtildiği gibi kendi içinde de alt işlemlere ayrılır. Bloklar ile gösterilen kısımlara her alt faaliyetin bitimine göre o alt faaliyeti simgeleyen harfler yazılır. Bu şekilde daha detaylı bir izleme yapılabilmektedir [7].



Şekil 3.1. Doldurma yöntemi ile gösterilen Gantt şeması.

3.3.1.2. Blok Yöntemi

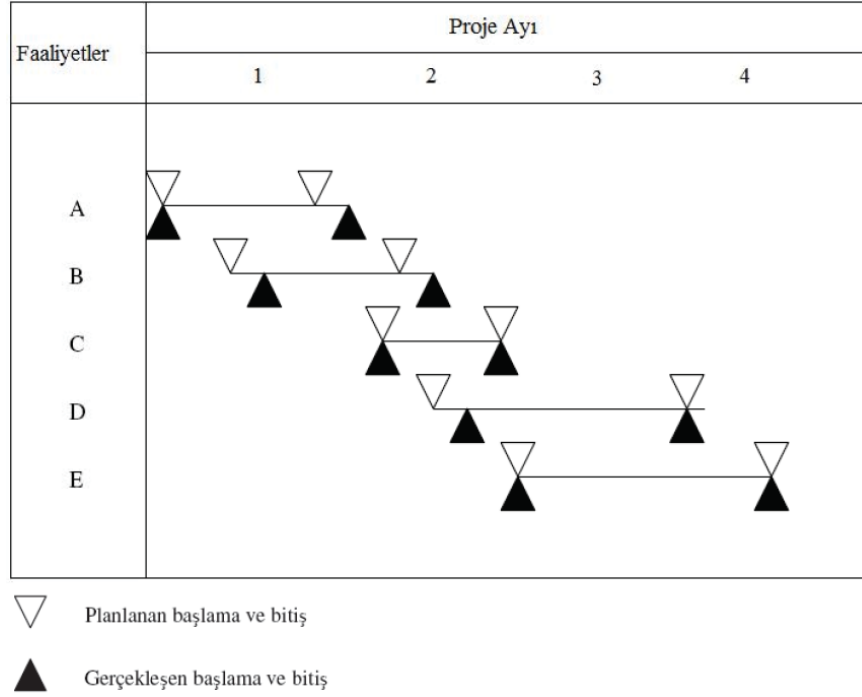
Bu yöntemde, projenin aşamaları, blok olarak gösterilir. Her aşamada gerçekleşen ve planlanan tarihleri gösteren bir faaliyet programı ifade edilir. Genelde Gantt şeması bu çizim şekli ile kullanılır.



Şekil 3.2. Blok yöntemi ile gösterilen Gantt şeması.

3.3.1.3. Sembol Yöntemi

Bu yöntemde, şema oluşturulurken, üçgen sembolü kullanılarak başlangıç ve bitiş tarihleri gösterilir. İçi dolu üçgenler gerçekleşen tarihler, içi boş olan üçgenler ise planlanan tarihleri ifade eder.



Şekil 3.3. Sembol yöntemi ile gösterilen Gantt şeması.

3.4. AĞ YAKLAŞIMI

Projelerin planlanması ve takip edilebilmesi için ağ ile çözülebilen yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden en çok kullanılanlar PERT ve CPM'dir. Bu yöntemlerin her ikisi de planlanacak iş ile ilgili faaliyetlerin bir grafik veya ağ üzerinde çizilmesiyle uygulanır. PERT ve CPM, birbirinden farklı miktarlarda ya da yalnızca bir defa gerçekleştirilecek olan uzun sürebilecek projeleri yönetmek amacıyla geliştirilmiş tekniklerdir. CPM'de iş zamanları belirlenmiş zamanlardır, fakat PERT'te ise iş süreleri olasılıklı olarak tanımlanmıştır. Bu iki yöntemin arasındaki temel fark budur.

CPM ve PERT, yüzlerce faaliyetten oluşan projeler için, aşağıdaki şekildeki soru çeşitlerine cevap verebildiği için önemlidir.

1. Tüm projenin tamamlanma süresi nedir?
2. Bir proje içerisindeki kritik aktivite ya da görevler nelerdir? Bu aktiviteler geciktirilmesi durumunda tüm bir projenin aksamasına neden olacak aktivitelerdir.

3. Geciktirilmesi durumunda tüm projenin süresini etkilemeyecek olan, yani “kritik olmayan” aktiviteler hangisidir?
4. Projenin belirli bir tarihte tamamlanabilme olasılığı nedir?
5. Proje süresince belirli bir zamanda, proje programın önünde mi, gerisinde mi yoksa tam programın belirttiği yerde midir?
6. Verilen bir tarihte, harcanan para, bütçelenen miktardan daha az, daha fazla, ya da bütçelenen miktara eşit düzeyde midir?
7. Projeyi zamanında bitirebilmek için yeterli kaynak var mıdır?
8. Eğer proje daha kısa bir sürede tamamlanacaksa, bu amacı en düşük maliyetle başarmanın en iyi yolu nedir [8].

Ağ diyagramlarında temel unsurlar düğümler ve faaliyetlerdir. Düğümler işin akışı sırasında oluşur. Her düğüm, bir başlangıcı ve bitişi temsil etmektedir. Faaliyetler ise projenin akışındaki bölümleri temsil eder.

Ağ diyagramları, projelerin şekilsel bir özet gösterimidir. Ağ diyagramları, işler ve düğümler aralarındaki ilişkilerini, sürelerini ve sıralarını gösterir. Büyük ölçekli projelerde kullanılması önemlidir. Aralarında fazla miktarda bağlantı ve düğümlerin bulunduğu faaliyetlerden oluşmaktadır.

3.4.1. Ağ Diyagramlarının Yararları

1. Fazla sayıdaki projelerin aynı zamanda kontrolüne ve planlamalarına olanak verir.
2. Faaliyetlerin birbirleri arasında olan ilişkilerini, anlaşılır ve basit biçimde gösterir.
3. İşlemler basit ve anlaşılır olduğu için rahatlıkla bilgisayar ortamına taşınarak daha da hız sağlanabilir.
4. Kritik faaliyetlerin diyagram kullanılarak belirlenmesi sayesinde etkin bir şekilde kontrol ve planlama işlemi yürütülür.
5. Bazı faaliyetlerin ertelenmesi veya yavaşlatılması sonucu oluşacak yeni darboğazlar kolayca saptanabilir.

6. Farklı proje bitiş (termin) sürelerine göre, en düşük maliyetli olan projenin seçilmesi için maliyetler hesaplanabilir.

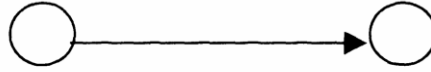
7. Eğer bazı faaliyetler aynı kaynağı kullanıyorsa, kaynaklar minimum maliyeti verecek şekilde bölüştürülebilir.

8. Proje uygulaması sırasında sürekli güncelleştirme yapılarak, projenin günü gününe takibi sağlanır. Bu şekilde, aksayan noktalara süratle müdahale olanağı verir.

3.4.2. Ağ Diyagramının Çizimesi

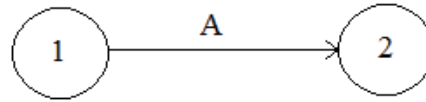
Ağ diyagramı çizilirken dikkat edilmesi gereken bazı kurallar vardır.

1. Faaliyetler, işler, ok ile gösterilir. Düğümler ise daire şeklinde gösterilir. Okun ucu, faaliyetin yönünü gösterir. Okun uzunluğu ile faaliyet süresinin bir ilgisi yoktur. Oklar, sadece faaliyetlerin arasındaki ilişkiyi gösterebilmesi için kullanılır.



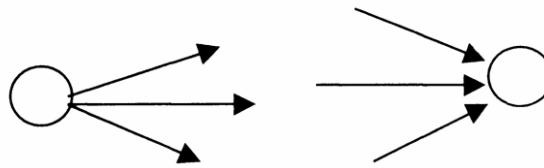
Şekil 3.4. Faaliyetlerin ve düğümlerin gösterimi.

2. Faaliyetlere veya düğümlere birer kod verilmelidir. Faaliyetler ya verilen kod ile anılabilir, ya da başlangıç-bitiş düğümleri ile anılabilir. Projeyi daha anlaşılabilir şekilde inceleyebilmek için başlangıç düğümünün numarası, bitiş düğümünün numarasından küçük olmalıdır.



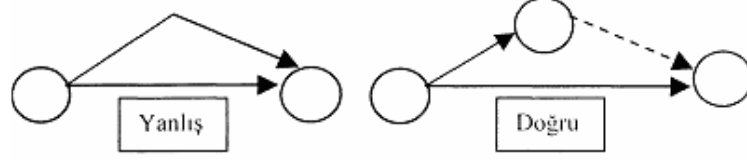
Şekil 3.5. Faaliyet ve düğüm kodlarının gösterimi.

3. Bir düğüme birden fazla faaliyet bağlanabilir.



Şekil 3.6. Birden fazla faaliyet gösterimi.

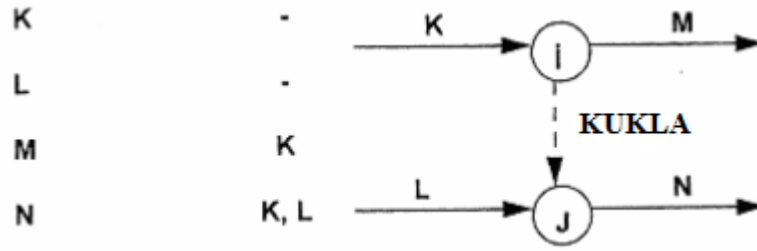
4. Ardışık iki düğüm, en fazla bir adet faaliyet ile birbirine bağlanabilir. Yani, iki farklı faaliyetin başlangıç ve bitiş düğümleri aynı olamaz. Böyle bir durum ile karşılaşılması için kukla faaliyet kullanılır.



Şekil 3.7. İki ardışık düğüm gösterimi

5. Proje içerisinde faaliyetlerin ilişkileri açısından gerekli, fakat zaman ve kaynak harcamadan gerçekleşen sanal faaliyete kukla faaliyet denir.

Kukla faaliyetin süresi yoktur ve kesik çizgili ok ile gösterilir. Kukla faaliyet, gerçek bir işi temsil etmez fakat faaliyetler arasındaki ilişkiyi gösterebilmek için ağ şemasında yer alır ve kullanımı bu yüzden önemlidir.

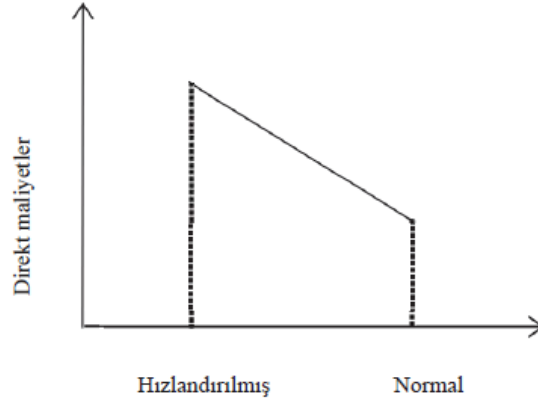


Şekil 3.8. Kukla faaliyet gösterimi.

3.5 CPM (KRİTİK YOL METODU)

Kritik yol metodu, günümüzde çok kullanılan yöntemlerden biridir. Genel olarak projelerin başarısız olmalarının nedeni, zaman sınırına uyulmamasıdır. Fakat kritik yol metodu bu problemin ortadan kalkmasına yardımcı olan bir analizdir. Bu metod, 1957 yılında M.R. Walker ve J.E. Kelly ve tarafından bir kimya fabrikasındaki bakım işlerine yardımcı olması amacıyla geliştirildi.

CPM sisteminde, ağıdaki her faaliyet için zaman ve maliyetler normal ve hızlandırılmış olmak üzere iki tahminleme ile belirtilir. Normal zaman tahminlemesi, normal zamanda projeyi bitirme ile ilgilidir. Hızlandırılmış zaman tahminlemesi ise ek kaynaklar kullanılarak faaliyetleri hızlandırma çalışmaları sonucunda ortaya çıkmaktadır [9]. Başka bir deyişle, hızlandırılmış zaman tahminlemesi, minimum tamamlanma zamanı için, işi daha hızlı şekilde yapıp bitirmek için katlanılan maliyetlerdir.



Şekil 3.9. Zaman ve maliyet ilişkisi

CPM yöntemi ile projelerin planlanması ve kontrolünün yapılması için aşağıdaki işlemlerin sırası ile takip edilebilmesi gerekmektedir. Bu işlemler:

1. Planlanan projenin belirlenmesi ve projede adı geçecek işlerin belirlenmesi,
2. Tüm faaliyetlerin aralarında ilişki kurularak, öncelik durumlarının tespit edilmesi,
3. Faaliyetler arasındaki ilişkileri gösteren akış diyagramının çizilmesi,
4. Tüm faaliyetler için maliyet tahmini ve zaman tahmininin değerlendirilmesi,
5. Şebeke diyagramı kullanılarak kritik yolun belirlenmesi,
6. Şebeke diyagramını kullanarak, plan, program ve kontrol aşamalarının gerçekleşmesidir.

Akış diyagramını çizerken uyulması gereken kurallar şunlardır:

1. Bir faaliyet bitmeden, sonraki bir faaliyet başlayamaz.
2. Faaliyetleri gösteren okların uzunluğunun herhangi bir önemi yoktur. Sadece yönü önemlidir.

3. İki düğüm direkt olarak maksimum bir adet faaliyet ile birbirine bağlanmalıdır.
4. Diyagramdaki her düğümün birer numarası veya kodu olması gerekmektedir.
5. Diyagram, sadece bir düğüm ile başlar ve bir düğüm ile biter.

3.5.1. En Erken Başlama Zamanı (Earliest Start Time: ES)

Projede yer alan bir faaliyetin başlayabileceği en erken zamandır. Faaliyetlerin en erken başlama zamanları kendisinden sonra gelen faaliyetlerin en erken başlama zamanlarından küçük veya bu zamanlara eşit olmak zorundadır [10].

3.5.2. En Erken Tamamlanma Zamanı (Earliest Finish Time: EF)

En erken tamamlanma zamanı, bir faaliyetin tamamlanabileceği en erken süreyi ifade etmektedir [10].

3.5.3. En Geç Tamamlanma Zamanı (Latest Finish Time: LF)

Projede yer alan bir faaliyetin en geç bitiş zamanını göstermektedir. En geç tamamlanma zamanı, diğer faaliyetlerin tamamlanmasına engel olmayacak şekilde bir faaliyetin en geç tamamlanabileceği süredir [12].

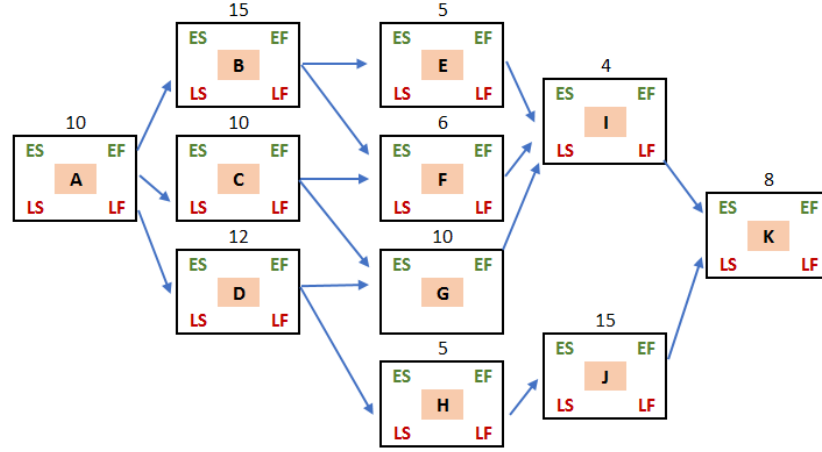
3.5.4. En Geç Başlama Zamanı (Latest Start Time: LS)

Projede yer alan bir faaliyetin, en geç başlama zamanını ifade eder [13].

Kritik yolu belirlemek için her faaliyetin tüm sürelerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu süreleri belirlerken iki teknik kullanılmaktadır. Öncelikle en erken zamanlarını belirleyebilmek için, tüm süreler ileriye doğru hesaplanmaktadır. Daha sonra en geç zamanları belirleyebilmek için, tüm zamanlar geriye doğru hesaplanmaktadır.

Şekil 3.10'da kritik yolu belirlenmiş örnek bir ağ diyagramı gösterilmiştir. Dikdörtgenlerin her bir iç köşesine, şekilde gösterildiği gibi ES, EF, LS ve LF

süreleri yazılmaktadır. Dikdörtgenlerin merkezine faaliyet kodlarını ve dikdörtgenlerin üstüne de faaliyet zamanları yazılmaktadır. Proje süresinin hesaplanabilmesi için gerekli tüm süreler ağ diyagramında gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Örnek ağ diyagramı

3.5.5. İleriye Doğru Hesaplama

Projenin başlangıç düğümünden, son düğümüne doğru süre hesaplaması yapılır. Bu yöntemde, öncelikle ES süreleri bulunur. Faaliyetlerin ES zamanları, bir sonraki faaliyetin ES zamanından küçük veya bu zamana eşit olmak zorundadır. ES zamanları bulunurken iki konu göz önünde bulundurulur. Birincisi, projenin sıfır noktasında başlama zorunludur, ikincisi ise her faaliyetin ve düğümün, önceki işlem tamamlandıktan sonra başlaması gerekliliğidir. Öncelikle başlangıç olarak ES=0 olarak belirlenir. Daha sonraki faaliyet süreleri, diyagramdaki sıralamaya göre ES sürelerine ilave edilerek tüm faaliyetlerin ES süreleri bulunur.

ES süreleri hesaplanırken dikkat edilecek bir nokta da, bir faaliyete bağlı birden fazla faaliyetin olduğu durumlarda tüm sürelerin tek tek hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen değerlerin en yükseği seçilerek işleme devam edilir.

ES_i , başlangıcı i düğümü olan iş zamanlarından en erken başlama süresini belirtmektedir. t_{ij} , i ve j ($i < j$) düğümlerini birbiri ile birleştiren faaliyet süresini belirtmektedir. Sonuçlanan tüm düğümlerin ES zamanı, düğüm noktasının sol tarafında gösterilir.

Her düğümün ES zamanlarını ileriye doğru hesaplarırken, aşağıdaki formül uygulanır.

$$ES_j = \max.(ES_i + t_{ij}) \quad (3.1)$$

EF ise, bir işin sonra ereceği en erken zamanı belirtmektedir. i ve j düğümleri için EF, aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$EF_{ij} = ES_i + t_{ij} \quad (3.2)$$

3.5.6. Geriye Doğru Hesaplama

Projenin son düğümünden başlanarak, başlangıç düğümüne doğru süre hesabı yapılır. Bu hesap yapılırken, projenin faaliyet ve düğümlerinin LF zamanları bulunur. Öncelikle projenin son düğümü için $ES=LF$ alınır. Daha sonra, tüm düğümlerin LF zamanları bulunur. Son olarak her olayın LF süresinden, işlem süresi çıkarılır. Tüm düğümler için hesaplanan sonuçlar, Şekil 3.10'daki gibi dikdörtgenin sağ tarafında belirtilir.

İleriye doğru hesaplama yaparken dikkat edilen noktanın aynısı, geriye doğru hesaplama için de geçerlidir. Eğer o an hesaplanan faaliyete, birden fazla faaliyet bağlıysa, tüm iş zamanları tek tek hesaplanır. Ancak bu yöntemde tam tersi, süreleri içerisinde en az olan seçilmektedir.

EF zamanları, geriye doğru hesaplanırken, aşağıdaki formül uygulanır.

$$LF_i = \min.(LF_j - t_{ij}) \quad (3.3)$$

En geç başlama zamanı ise, projede yer alan bir faaliyetin, en geç başlama zamanını ifade eder ve aşağıdaki formülle hesaplanır [14].

$$LS_{ij} = LF_j - t_{ij} \quad (3.4)$$

Eğer ileri doğru hesaplama ve geriye doğru hesaplama yöntemleri sonucunda aşağıdaki eşitliklerin hepsi sağlanıyorsa, bu faaliyetler kritik yol üzerinde kabul edilir.

$$ES_i = LF_i \quad (3.5)$$

$$ES_j = LF_j \quad (3.6)$$

$$ES_j - ES_i = LF_j - LF_i = t_{ij} \quad (3.7)$$

Bu üç koşul, ES ve EF süreleri arasında serbest sürenin olmadığını ifade eder. Kritik yol üzerindeki faaliyetlerin serbest süreleri yoktur.

3.5.7. Bollukların Hesaplanması

Kritik yolun belirlenmesinden sonra, kritik olmayan faaliyetlerdeki bolluklar belirlenmelidir. Bolluk, faaliyetler arasında gecikmeye imkan veren sürelerdir. Faaliyetler için dört çeşit bolluk söz konusudur [15].

3.5.7.1 Toplam Bolluk

Projenin bitiş zamanını değiştirmeden, faaliyetlerin başlangıç ve bitiş sürelerine, belli zaman için geç kalma fırsatı verir. (i-j) sürelerinin bolluk hesabı, en yüksek zamandan, işlemin tamamlanması için gereken sürenin çıkarılmasındaki sonuçtur. Kısaca total float, TF ile gösterilmektedir. Aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$TF_{ij} = LF_j - ES_i - t_{ij} = LF_j - EF_{ij} = LS_{ij} - ES_i \quad (3.8)$$

3.5.7.2. Serbest Bolluk

Projedeki herhangi bir işin, bir sonraki işin başlama zamanlarını değiştirmeden arttırılabileceği en yüksek zamanı belirtmektedir. Kısaca free float, FF ile gösterilmektedir. Aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$FF_{ij} = ES_j - ES_i - t_{ij} \quad (3.9)$$

3.5.7.3. Bağımsız Bolluk

Bir faaliyet için, kendisinden önce gelen faaliyetlerin en geç tamamlanma zamanlarında bitirilmiş olsa dahi, bu durumun kendisini takip eden diğer faaliyetleri etkilemeden gecikmeye imkan veren süreyi ifade etmektedir. Kısaca independent float, IF olarak gösterilmektedir. Aşağıdaki formülle hesaplanır [16].

$$IF = EF_{ij} - LF_i - t_{ij} \quad (3.10)$$

3.5.7.4. Ara Bolluk

Proje süresini etkilemeden, bir faaliyetin ertelenebileceği en uzun süreyi ifade etmektedir. Toplam bolluktan farkı, söz konusu faaliyetten önce gelen bütün faaliyetlerin en geç tamamlanma zamanlarında bitmiş olduklarının düşünülmesidir. Aşağıdaki formülle hesaplanır [17]:

$$AB = LF_j - LF_i - t_{ij} \quad (3.11)$$

3.6 PERT (PROGRAM DEĞERLENDİRME VE GÖZDEN GEÇİRME TEKNİĞİ)

CPM yönteminde, ağ diyagramını oluşturmuş bütün faaliyetlerin süreleri kesin olarak bilinmektedir. PERT yönteminde faaliyetlerin tamamlanma süreleri kesin değil, beklenen değerli ile işlem yapılmaktadır. PERT yönteminin birçok özelliği CPM ile aynıdır. Bu bölüme kadar olan bilgiler, PERT için de geçerli olmasına rağmen, PERT'in kendine has birkaç özelliği bulunmaktadır.

PERT yönteminde proje, bir belirsizlik ortamında yürütülmektedir. Faaliyet zamanlarının belirli bir olasılık dağılımından geldiği varsayılmaktadır. Faaliyet sürelerinin olasılıklara bağlı olması nedeniyle, projenin çeşitli bitiş tarihlerine göre, gerçekleşme olasılıklarının hesaplanması mümkündür.

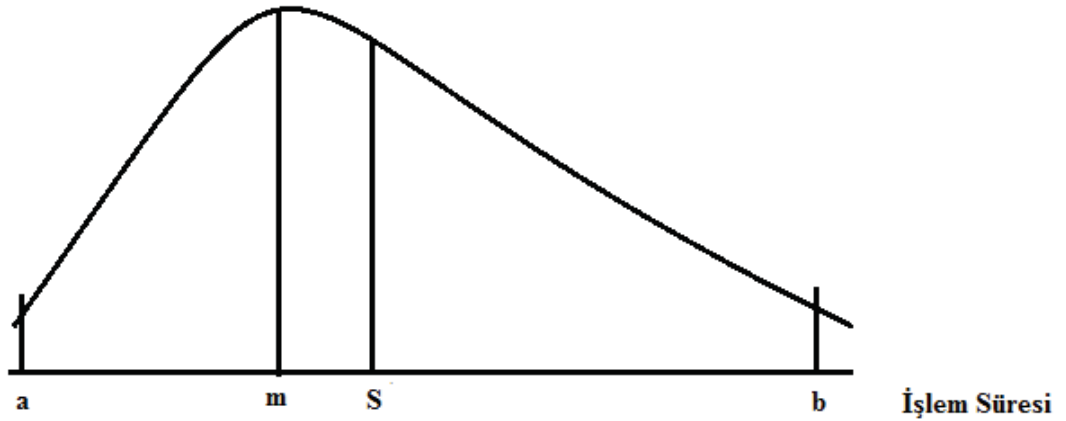
Yöntemdeki hesaplamalarda kullanılması için her faaliyette, en iyimser süre, en olası süre ve en kötümser süre değerleri kullanılmaktadır.

En iyimser süre (a): Uygun koşullarda, faaliyetin en erken sürede tamamlanabileceği zamandır.

En kötümser süre (b): İstenmeyen koşullarda, faaliyetin en geç sürede tamamlanabileceği zamandır.

En olası süre (m): Normal koşullarda, faaliyetin beklenen sürelerde tamamlanabileceği süredir.

Tüm zaman tahminlerinin, projesine göre uzman kişiler tarafından belirlenmesi, tahminin başarıya ulaşma sonucunu artırması olasıdır. Tüm zamanlar beta dağılımına uygundur. Eğer, en olası süre, iyimser süre tarafına daha yakın ise, grafik sola çarpık oluşacaktır. Eğer en olası süre, kötümser süre tarafına daha yakın ise grafik sağa çarpık olacaktır. Eğer en olası süre, iyimser süre ve kötümser sürenin tam ortasında ise normal dağılım ortaya çıkmaktadır. Şekil 3.11’de sola çarpık bir beta eğrisi gösterilmektedir.



Şekil 3.11. Beta Eğrisi.

Şekil 12’de görüldüğü gibi S değeri, ortalama süreyi temsil etmektedir ve aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$S = \frac{a+4m+b}{6} \quad (3.12)$$

Varyans, faaliyetlerin tamamlanma sürelerine ilişkin belirsizliğin miktarı konusunda fikir vermektedir. Bir faaliyetin iyimser ve kötümser süreleri arasındaki fark ne kadar fazla ise, varyansı da o oranda büyür. Varyans, aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$V = \left[\frac{b-a}{6} \right]^2 \quad (3.13)$$

Standart sapma ise bir dağılımın yayılma ölçüsüdür. Standart sapma aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\sigma = \left[\frac{b-a}{6} \right] \quad (3.14)$$

Standart sapma ve varyans formülleri de kullanılarak, projenin tamamlanma süresi hakkında bazı varsayımlar yapılabilir. İstenilen bir tarihte, projenin tamamlanma olasılığını bulabilmek için aşağıdaki formül kullanılır.

T = Projenin test edilmesi istenen bitiş süresi

T_e = Projenin tamamlanma süresi

σ_p = Projenin standart sapması

$$Z = \frac{T - T_e}{\sigma_p} \quad (3.15)$$

3.6.1. PERT'in Avantajları ve Dezavantajları

Programlanması ve kontrol edilebilmesi açısından tutarlı bir yapıya sahiptir. Akış diyagramı görsel olduğu için anlaşılması gayet açıktır. Karmaşık matematiksel bilgi gerektirmez. Faaliyetler arasındaki ilişkileri anlamak, gerekirse kontrol etmek ve düzeltmek kolaydır. Kritik yolu belirlemeyi ve boşlukta olan sürelerin analizlerini yapmayı kolaylaştırmaktadır. Beklenen bir zamanda, projenin tamamlanma süresinin olasılığını bulunmasını sağlar. Çok farklı projelerde ve sektörlerde uygulanabilir. Projeler hakkındaki tereddütleri ortadan kaldırabilir. Yalnızca faaliyet sürelerinin değil, maliyetlerin de izlenebilmesini sağlar.

PERT ile ilgili çok fazla dezavantaj yoktur fakat dikkat gerektiren bir tekniktir. Proje faaliyetlerinin tanımları yapılırken, tüm tanımlar dikkatlice açıklanmalıdır.

Faaliyetler arasındaki ilişkiler açıkça belirtilmelidir. Büyük kapsamlı ve karmaşık projelerde, akış diyagramları karmaşık yapıda olabileceği için, faaliyetler ve düğümler dikkatli bir şekilde oluşturulmalıdır.

BÖLÜM 4

BULANIK MANTIK

Bulanık mantık, insan davranışlarına benzer bir şekilde mantıksal uygulamalarla, bilgisayarlara yardım eden bir bilgisayar mantık devrimidir. Bulanık mantığın endüstride kullanımı verimliliği artırır, daha uygun üretim sağlar, zamanın çok önemli olduğu günümüzde zamandan tasarruf ve ekonomik açıdan fayda getirir. Bulanık mantık kavramını basit bir şekilde anlamak için, ‘biraz sıcak’, ‘hemen hemen doğru’, ‘çok hızlı’ vs. cümlelerine bakılacak olursa, bu cümlelerin matematiksel açıdan bir durum ifade etmemelerine karşın, bir problemi çözme açısından günlük hayatta kullanılan ve sıkça karşılaşılan örnekler olduğu görülür. Bulanık mantık bir insanın anlayabileceği ve çözüme ulaştırabileceği şekilde sistemlerin ya da cihazların çalışmasına izin verir. Kelime anlamı olarak, belirsiz bir durum içeriyor gibi gözükse de, matematiksel uygulamalarda oldukça kullanışlı olmaktadır [18].

Bulanık mantık, bir konu hakkında fikir ortaya koyarken, aynı zamanda bu fikri hazırlarken baz aldığı matematiksel sınıflandırmayı ne kadar kapsadığının veya ne kadarını kapsamadığını baz alır. Bulanık mantık küme teorisinde üyelik kavramı geliştirilmiştir. Örneğin gençler kümesine 25 yaşındaki bir insan %100 üye iken, 60 yaşındaki bir insan %30 üyedir şeklinde ifadesi vardır. Böylesine bir açılım, sübjektif verilere dayansa da kazandırdığı esneklik ve gerçek hayat olaylarına daha iyi çözüm önerebilme itibarıyla çok taraftar toplamıştır [19].

Bulanık mantık, klasik mantıktaki gibi kesin hatlarla birbirinden ayrılmış bölgeler yerine, bizim tarafımızdan tanımlanan fonksiyonlarla birbirinin içine geçmiş çok sayıda bölgeyi kullanır. Bulanık küme teorisinin mantığa uygulanması ile yani

bulanık mantık ile asıl hedeflenen, insan gibi düşünebilen, karar verebilen, inisiyatif kullanabilen, duruma göre seçim yapabilen kontrol sistemleri oluşturmaktır. [20].

Zadeh'in bulanık mantığı, analiz yapan insanlara mükemmel bir araç olarak sunulur. Ayrıca bulanık mantık modelleri geliştirildiğinden beri, insanların karar verme proseslerinde, geleneksel metotlara kıyasla çok daha anlaşılır olduğu görülmektedir. Bulanık mantık ile çalışmanın tercih edilmesinin nedenleri özetlenecek olursa şöyle sıralanabilir:

1. Bulanık mantığın anlaşılması kolaydır. Bulanık mantığın dayandığı matematiksel teori basittir.
2. Bulanık mantığı çekici kılan şey yaklaşımının doğallığı ve kompleks ya da karmaşıklıktan uzak olmasıdır.
3. Bulanık mantık esnektir.
4. Eksik ya da yetersiz verilerle işlemler yapılabilir.
5. Bulanık mantık karmaşık lineer olmayan fonksiyonları modelleyebilir. Uyarlanabilir teknikler yardımı ile herhangi bir girdi ve çıktı veri kümelerini eşleştirerek bulanık modeller oluşturulabilir.
6. Bulanık mantık ile uzman kişilerin görüş ve tecrübelerinden yararlanılır.
7. Bulanık mantık, sıradan insanların günlük işlerinde kullandığı dili kullanır. Bu da mantığın en büyük avantajıdır [21].

4.1. BULANIK KÜMELER VE BULANIK SAYILAR

Bulanık sistemler genel olarak, mevcut verilerden seçilen girdi değişkenlerinden çıktı değişkenlerinin elde edilmesini sağlamak amacıyla bulanık küme ilkelerini kullanan sistemlerdir. Bulanık sistemlerin en büyük avantajı insan deneyimlerinin ve sözel verilerin bulanık sayılar yardımıyla, bulanık modele eklenmesi ile çözüme ulaşılmasıdır. Bulanık model, (bulanık çıkarım sistemi), bulanık eğer ise kuralları, adı verilen bulanık kurallara dayanan sistemlerdir [21].

4.1.1. Bulanık Kümeler

Bir bulanık küme ifade edilirken kümeye aitlik derecesi ile ifade edilir. Bulanık kümenin, bilindik matematiksel tekniklerin, gerçek dünyadaki günlük hayatta kullanılırken yetersiz kaldığını gözlemlendiği için doğduğu bilinmektedir. 0 ve 1 içeren üyelik fonksiyonları yerine dereceli üyelik fonksiyonlarının kümelerde kullanılmasının daha verimli olabileceği düşünülmüştür. Bu düşünce belirsizliğin formüllendirilmesi olarak da düşünülebilmektedir. Normal kümelerdeki belirgin tanımlamalardaki gibi, herhangi bir elemanın bahsedilen kümeye aitlik durumunun kesinliğinin aksine bulanık kümelerde bu tanım, çeşitli üyelik dereceleri ile, kümeye aittliğinin belli bir oranda varsayılmasından oluşmaktadır. Çünkü bulanık kümelerin sınırları kesin değil ve belirsizdir. Bulanık küme içindeki bir elemanın üyeliği, bir fonksiyon ile ölçülür çünkü bu belirlisizliği ifade etmesi gerekmektedir.

Örneğin bir suyun kaynayıp kaynamama durumu incelenecek olursa, normal kümelerde bu durum nettir. Eğer suyun sıcaklığı 100 dereceden fazla ise kaynıyor kümesine, 100 dereceden az ise kaynamıyor kümesine dahil edilir. Fakat bulanık kümelerde bu kesinliğin aksine, suyun erişebileceği tüm dereceler kümeye dahil edilir. 0 dereceden 100 dereceye kadar olan tüm değerler bu bulanık kümenin üyesidir. Örneğin normal kümede 20 derecedeki suyun kaynamadığı kabul edilebilir fakat bulanıklıkta, kaynamaya 20 derece yakın şeklinde veya kaynamaya 80 derece uzak mantığıyla tanımlamalar yapılabilir.

Aristo mantığına göre insanlar boy bakımından ya uzundur ya değildir. Halbuki, Zadeh yaklaşımına göre uzun boyluluğun değişik dereceleri vardır. Uzun boylulardan bir tanesi gerçek uzun boylu olarak esas alınır, ondan biraz daha uzun veya kısa olanlar, uzun boylu değil diye dışlanmazlar. Esas alınan uzun boyluluğun altında ve üstündeki boylar o kadar kuvvetli olmasa bile uzun boyluluğa ait olma derecesi biraz daha az olmakla beraber, yine de uzun boylular kümesine girmektedir. Böylelikle dünyadaki tüm insanlar kümesindeki insanların teker teker boy açısından birer uzunluk üyelik derecelerinin bulunduğu söylenebilir.

Aslında Zadeh, küme öğelerinin üyelik derecelerinin 0 ile 1 arasında değişebileceğini ileri sürerek, kümeler teorisinde geniş uygulamaya sahip ve doğal hayatla uyumlu olan bulanık kümeler kavramının özellikle 1980 yılı sonrasındaki teknoloji ve bilimsel çalışmalarda etkisi büyük olmuştur. Bu şekilde tanımlanan üyelik derecelerinin her bir bulanık söz için üç temel özelliği sağlaması tanım olarak gerekmektedir. Bunlar şöyle sıralanabilir [22].

1. Bir bulanık kümenin, normal olabilmesi için, o kümede olan belirlenmiş bir öğenin üyelik derecesinin en büyük değer olan 1 olması gerekmektedir.
2. Üyelik derecesi 1 olarak belirlenmiş değere yakın olan soldaki ve sağdaki öğelerin de üyelik derecelendirmesinin 1'e yakın olması kümenin monoton olduğunu tanımlar.
3. Bulanık kümelerin simetriklik özelliği demek ise, üyelik derecesi 1 olarak belirlenmiş öğenin solunda veya sağına eşit miktarda gidildiği zaman, o noktalardaki öğelerin derecelerinin birbirlerine eşit olmasıdır.

Klasik kümelerde yalnızca bir adet dikdörtgen şeklinde derece fonksiyonu bulunmaktadır. Fakat bulanık kümelerde yukarıda listelenen şartlardan 1 ve 2 numaralı şartları mutlaka sağlamış, farklı üyelik dereceleri fonksiyonlarına sahip olması gerekmektedir. Bu özellikler bulanık kümeler ile klasik kümeler arasındaki önemli farklılıklardandır.

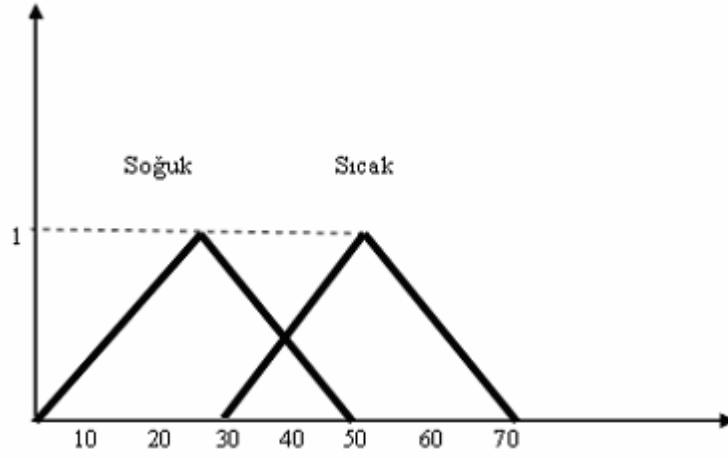
4.1.2. Bulanık Sayılar

Bulanık bir (A) kümesi, aşağıdaki gibi (a) ve (b) kriterleri sağlandığı zaman, R üzerinde bulanık bir sayı olarak isimlendirilir.

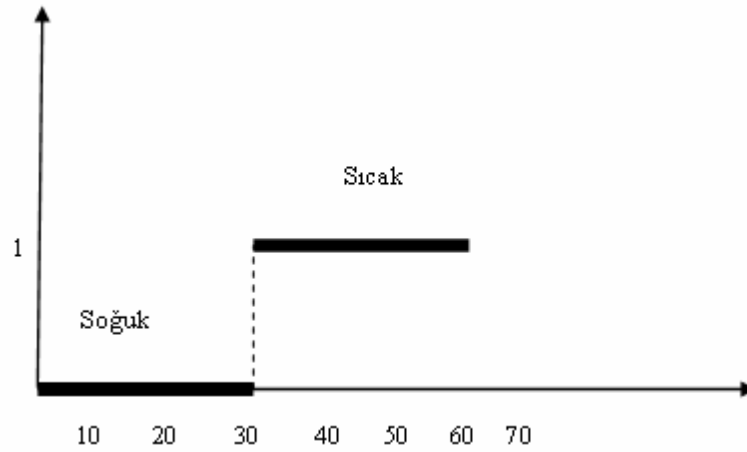
1. $A \mu (x) = 1$ olacak şekilde en az bir $x \in R$ içerir.
2. Herhangi bir $\alpha \in [0,1]$ için, $A_\alpha = \{x : A \mu (x) \geq \alpha\}$ kümesi R üzerinde bir konveks kümedir. (Wu 1997) Ek olarak ;
3. A , R üzerinde bir bulanık sayı olsun. Eğer herhangi bir $\alpha \in [0,1]$ için A_α sınırlı bir küme ise, A , R üzerinde sınırlı bir bulanık sayıdır denir.

4. A, R üzerinde bir bulanık sayı olsun. Herhangi bir $\alpha \in [0,1]$ için eğer $\{x_n\} \subset A_\alpha$, $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$ olduğunda, $x \in A_\alpha$ ise, A, R üzerinde bir kapalı bulanık sayıdır denir.

5. A normal konveks bulanık küme ve $A \mu$ birebir olduğunda A 'ya standart bulanık sayı denir [23].



Şekil 4.1. Bulanık Mantık Modellemesi

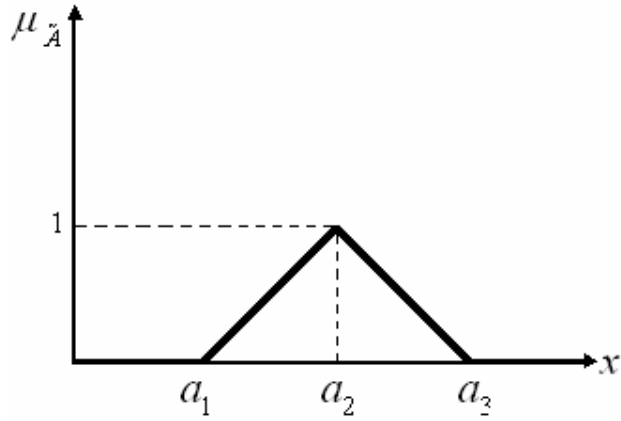


Şekil 4.2. Klasik Mantık Modellemesi

4.1.2.1. Üçgensel Bulanık Sayılar

Üçgensel bulanık sayıların üyelik fonksiyonu (a_1, a_2, a_3) şeklinde gösterilir. Bu üyelik fonksiyonunun denklemi ise,

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2} & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & x > a_3 \end{cases} \quad (4.1)$$



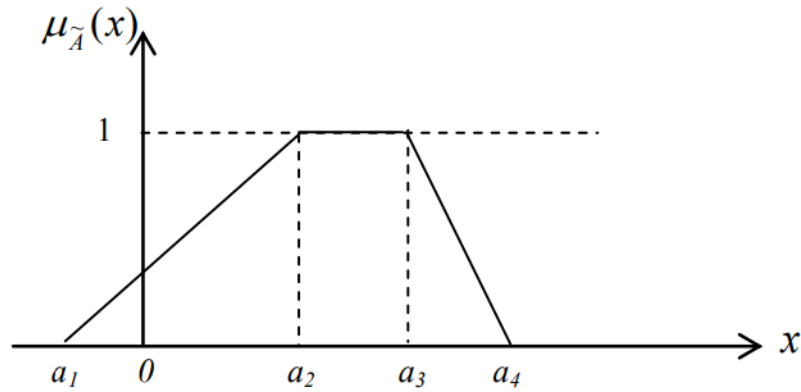
Şekil 4.3. Üçgensel bulanık sayı

4.1.2.2. Yamuksal Bulanık Sayılar

Yamuksal bulanık sayıların üyelik fonksiyonu, (a_1, a_2, a_3, a_4) şeklinde gösterilir. Bu gösterimde, $[a_2, a_3]$ aralığında bahsedilen, büyüklüğün kesin olarak gösterildiği sayılardır. a_1, a_4 ise sırasıyla alt sınır ve üst sınırlardır. $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ olarak bir yamuksal bir bulanık sayının üyelik fonksiyonu,

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1 & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3} & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0 & x > a_4 \end{cases} \quad (4.2)$$

yapsından oluşmaktadır [24].



Şekil 4.4. Yamuksal bulanık sayı

4.1.3. Bulanık Sayılarda İşlemler

$A = (x_1, x_2, x_3)$ ve $B = (y_1, y_2, y_3)$ şeklinde iki tane üçgensel bulanık sayı olduğu varsayılırsa, bu sayılar üzerinde bazı kavramlar açıklığa kavuşturulabilir.

Eşitlik: A ve B bulanık sayılarının eşitliği, karşılıklı olarak bütün elemanların eşitliğini göstermektedir. Bu şu şekilde açıklanabilir:

$A = B$ ise $(x_1, x_2, x_3) = (y_1, y_2, y_3)$ ise $x_1 = y_1, x_2 = y_2, x_3 = y_3$ olmaktadır.

1. Toplama: $A (+) B = (x_1 + y_1, x_2 + y_2, x_3 + y_3)$ şeklinde ifade edilmektedir.
2. Çıkarma: $A (-) B = (x_1 - y_3, x_2 - y_2, x_3 - y_1)$ şeklinde gösterilmektedir. Sonuç yeniden üçgensel bir bulanık sayı olmaktadır.

3. Üçgensel Bulanık Sayının Simetriği: $A = (x_1, x_2, x_3)$ üçgensel bulanık sayı olarak ele alınırsa, bu sayının simetriği şöyle olacaktır $\Rightarrow - (A) = (-x_1, -x_2, -x_3)$

Yalnızca pozitif bulanık sayılarda çarpma ve bölme işlemi yapılabilir.

4. Çarpma: $A(X)B = (x_1 \cdot y_1, x_2 \cdot y_2, x_3 \cdot y_3)$ şeklinde gösterilmektedir.

5. Bölme: $A : B = \left(\frac{x_1}{y_3}, \frac{x_2}{y_2}, \frac{x_3}{y_1} \right)$ şeklinde gösterilir. Bu işlem sonucunda çıkan sayı da bir üçgensel bulanık sayı olmalıdır.

BÖLÜM 5

BULANIK PERT (FPERT) YÖNTEMİ

5.1. LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR

Son yıllarda CPM ve PERT teknikleri kullanılırken yapılan çalışmalarda bulanık kümeleri esas alan tekniklerin çalışmalara önemli katkıları olduğu görülmektedir. Belirsizliklerin çözüme ulaştırılmasına büyük yenilik getiren bulanık küme teorisi konusunda gerçekleştirilen çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Bulanık PERT tekniğinde kullanılan sayıların, klasik sayılardan daha gerçekçi sonuçlar verdiği literatürdeki çalışmalarda görülmüştür. Günlük yaşantımızda ilk defa yapılması planlanacak projelerdeki kullanılmak istenen kaynaklar tam olarak belli değildir. Bulanık mantık ve bulanık sayılar kullanılarak bu belirsizlik minimuma düşürülebilir veya ortadan kaldırılabilir.

Faaliyet sürelerini belirlemek amacı ile bulanık sayıları kullanan Bulanık PERT yöntemi ya da Bulanık CPM, 1970'lerin ikinci yarısından itibaren gelişme göstermiştir. CPM'de kullanılan klasik formül, bir sistem için bağımlıları, belirleyici faaliyet sürelerini bulanık sayılar ile yer değiştirerek bulma şeklindedir. Sistem içerisinde aynı yolu kullanarak kritik derecenin farklı kestirimlerini veren değişik bulanık kritik yol tanımları mevcuttur [25].

Bulanık en kısa yol ve bulanık PERT/CPM problemleri Dubois ve Prade (1980) tarafından analiz edilmiştir. Genişletilmiş toplama/çıkarma ve bulanık maksimum/minimum, bulanık değerlerin karşılaştırılması ve toplanması için kullanılmıştır. Chanas ve Kamburowski (1981) bulanık PERT'in çözümünde genişletilmiş toplama ve güçlü seviye kümelerini esas alan bir yaklaşım önermiştir [26].

McCahon ve Lee (1988) çalışmalarında, proje tamamlanma zamanının bulunmasında Lee ve Li'nin (1987) kıyaslama (comparison) metodu ile bileşik (composite) metodunu çözüm açısından karşılaştırmış ve bu metotlardan kıyaslama metodunun daha kısa ve anlaşılabilir olduğunu belirtmişlerdir [27].

Buckley (1989) olasılık teorisine dayalı bir bulanık PERT geliştirmiştir ancak erken başlama ve bolluk zamanları hala zor hesaplanmaktadır. Klein (1991) bulanık kısa yol problemini dinamik programlama formülasyonu kullanarak çözme yaklaşımını önermiştir [28].

5.2. BULANIK PERT (FPERT) YÖNTEMİ

Mermer fabrikası kurulumu proje yönetimi çalışmasında, Gencer ve Türkbey'in (2001), FPERT metodu olarak bilinen kıyaslama metodu kullanılmıştır. Gencer ve Türkbey, projelerinde her işin bulanık zamanlarının bilindiğini varsaymaktadır. Projenin tamamlanma zamanını bulmak için kıyaslama metodunda, ileriye doğru geçişte bulanık en erken başlama-bitiş ($E\tilde{S}_i - E\tilde{F}_i$) ve geriye doğru geçişte, bulanık en geç başlama – bitiş zamanları ($L\tilde{S}_i - L\tilde{F}_i$) aşağıdaki şekilde hesaplanmalıdır.

$$E\tilde{S}_i = \max_{v_j \in P_i} [E\tilde{S}_j (+) \tilde{A}_j] \quad (5.1)$$

$$E\tilde{F}_i = E\tilde{S}_i (+) \tilde{A}_i \quad (5.2)$$

$$L\tilde{F}_i = \min_{v_j \in S_i} [L\tilde{F}_j (-) \tilde{A}_j] \quad (5.3)$$

$$L\tilde{S}_i = L\tilde{F}_i (-) \tilde{A}_i \quad (5.4)$$

A_j , J işinin bulanık süresi, (+) bulanık toplama, (-) bulanık çıkarma, v_j , j. işi, p_i , j işinin öncül işler seti, S_i , j işinin ardıl işler setidir. Üç köşeli (üç elemanlı) bulanık sayılar (triangular fuzzy numbers) kullanıldığında, bir işin başlayabilmesi için birden fazla işin bitmesi gerektiği durumlarda, yeni başlayacak bir işin en erken başlama zamanının bulunmasında kullanılan bulanık öncüllük faktörleri $S(\tilde{A}_i), m(\tilde{A}_i)$

$$m(\tilde{A}_i) > m(\tilde{A}_j) \quad \text{veya} \quad m(\tilde{A}_i) = m(\tilde{A}_j)$$

ve

$$s(\tilde{A}_i) < s(\tilde{A}_j)$$

koşulları sağlandığında, $\tilde{A}_i > \tilde{A}_j$ olduğu kabul edilmekte ve, \tilde{A}_i 'nin değerleri en erken başlama zamanları olarak dikkate alınmalıdır. Burada,

$$m(\tilde{A}) = 1/3(a+b+c) \quad \text{ve} \quad s(\tilde{A}) = 1/18(a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc) \quad (5.5)$$

olarak kabul edilmiştir [29].

BÖLÜM 6

KLASİK PERT VE BULANIK PERT YÖNTEMLERİ İLE PROJE YÖNETİMİ UYGULAMASI

Proje yönetiminde kullanılan tekniklerden olan CPM ve PERT, yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise bu tekniklerden olan KPERT tekniğinin bir çeşidi olan Bulanık PERT kullanılarak, bir mermer fabrikasının, tüm inşaat süreci ve tüm makinasal donanımlarının kurulmasını içeren detaylı bir proje yönetimi yapılacak ve sonuçları değerlendirilecektir. Projenin işlem süreleri, kesin ve bulanık süreler olarak, A,B,C firmalarının proje birimlerinden alınmıştır. Yapılması planlanan faaliyetler ve kodları Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Faaliyet kodları ve yapılacak faaliyetler.

Kod	Faaliyet	Kod	Faaliyet	Kod	Faaliyet
	Harfiyat ve Temel İşleri	H4	Vinç Elektrik Tesisatlarının Çekilmesi ve Bağlantısı	M5	Pis Su Borularının Döşenmesi
A	Zemin Düzenlemesi		Katrak Makinasının Kurulması	M6	Şap Atılması
B	Kolon Çukurlarının Açılması	I1	Makine Duvar Kalıplarının Çakılması	M6'	Şapın Sertleşmesi için Sulanması
C	Zemin Kanalizasyon Borularının Döşenmesi	I2	Makine Duvar Demirlerinin Örülmesi	M7	Sıva ve Alçı İşlerinin Yapılması
D	Kolon Çukurlarına Temel Kalıpları Çakılması	I3	Makine Duvar Betonunun Atılması	M8	Seramik, Fayans İşleri
E	Kalıpların İçine Demir Döşenmesi	I4	Kalıpların Sökülmesi	M9	Boya İşleri
F	Yapı Denetimi	I5	Makine Motorunun Beton Zemine Oturtulması	M10	Doğalgaz Tesisatı ve Petek Montajı

G	Kalıplara Beton ve Dökümü Sertleşmesi	I6	Kesici Tellerin Gövde Montajının Yapılması	M11	Parke, Kapılar, Dolapların Montajı
H	Kalıpların Sökülmesi	I7	Motor İle Kesici Arası Aktarma Kolumun Montajı		İdari Bölüm 1. Kat İnşaat İşleri
	Prefabrik Fabrika Binası İnşaat İşleri	I7'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	N1	Tuğla ile Duvar Örtülmesi
G1	Beton Kolonların Yuvalara Yerleştirilmesi	I8	Makine Elektrik Panosunun Montajı ve Elektrik Bağlantısı	N1'	Duvarlara Boru Kanallarının Açılması
G2	Kolonların Kirişlerle Birleştirilmesi		Plaka Silim Hattının Kurulması	N2	Pencerelerin Montajı
G3	Fabrika Zeminine Beton Dökülmesi	K1	Zemine Kalıp Çakılması	N3	Elektrik Tesisatı Çekilmesi
G4	İdari Bina Katlarına Beton Zeminlerin Döşenmesi	K2	Zemine Terazili Şekilde Beton Atılması	N4	Su Tesisatı ve Kalorifer Tesisatı Çekilmesi
G4'	Montaj Noktalarına Beton Atılması	K3	Makinanın Konumlandırılması	N5	Pis Su Borularının Döşenmesi
G5	Çatı Panellerinin Montajı	K4	Giriş ve Çıkış Konveyörlerinin Kurulması	N6	Şap Atılması
G6	Yağmur Suyu Bacalarının Döşenmesi	K5	Plaka Yükleme Robotunun Kurulması	N6'	Şapın Sertleşmesi için Sulanması
G7	Kanalizasyon Bacalarının Döşenmesi	K5'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	N7	Sıva ve Alçı İşlerinin Yapılması
G8	Yağmur Suyu Hattı Döşenmesi	K6	Makine Elektrik Tesisatının Çekilmesi ve Bağlantısı	N8	Seramik, Fayans İşleri
G9	Kolonlar Üzerine Demir Profiller Kaynatılması		Köprü Kesim Makinasının Kurulması	N9	Boya İşleri
G10	Duvar Panellerinin Profillere Montajı	L1	Makinanın Konumlandırılması	N10	Doğalgaz Tesisatı ve Petek Montajı
G11	Fabrika Kapılarının ve Yangın Kapılarının Montajı	L2	Ayaklar ile Makinanın Terazeye Alınması	N11	Parke, Kapılar, Dolapların Montajı
G12	Fabrika içi Elektrik Tesisatının Döşenmesi	L2'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi		Dış Cephe ve Çevre Düzenlemesi
G13	Fabrika İçi Hava Tesisatının Döşenmesi	L3	Makine Elektrik Tesisatının Çekilmesi ve Bağlanması	O1	Dış Cepheye Yalıtım İçin İskele Kurulması
G14	Fabrika İçi Su Tesisatının Döşenmesi	L4	Kesim Kalibrasyonlarının Yapılması	O2	Yalıtım Malzemelerinin Döşenmesi
G15	Üretim Birimlerinin Sac ile Levhalar ile		İdari Bölüm Zemin Kat İnşaat İşleri	O3	Dış Sıva ve Boya

	Bölünmesi				
	Fabrika İçi Vinç Kurulması	M1	Tuğla ile Duvar Örülmesi	O4	Bahçe Duvarının Örülmesi
H1	Mobil Vinç İle Vinç Raylarının Döşenmesi	M1'	Duvarlara Boru Kanallarının Açılması	O5	Parke Taş Döşenmesi
H2	İki Ray Üzerine Köprünün Oturtulması	M2	Pencerelerin Montajı	O6	Yeşil Alan Çalışmaları
H3	Köprünün Üzerine Motorların Montajı	M3	Elektrik Tesisatı Çekilmesi		
H3'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	M4	Su Tesisatı ve Kalorifer Tesisatı Çekilmesi		

6.1. KLASİK PERT TEKNİĞİ İLE PROJE SÜRESİNİN HESAPLANMASI

KPERT tekniğinde, farklı firmalardan 3 farklı süre alınmıştır. Bu süreler en iyi, en olası ve en kötü olarak 3 grupta incelenecektir. Bu sürelerde a= en iyi süre, b= en kötü süre, m= en olası süre olarak kabul edilmiştir. Bu sürelerden yararlanılarak, ağırlıklı ortalama hesabı yapılmıştır ve ortalama süre (te) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$Te = (a + 4m + b) / 6 \quad (6.1)$$

Çizelge 6.2. Öncül faaliyetler ve iş süreleri

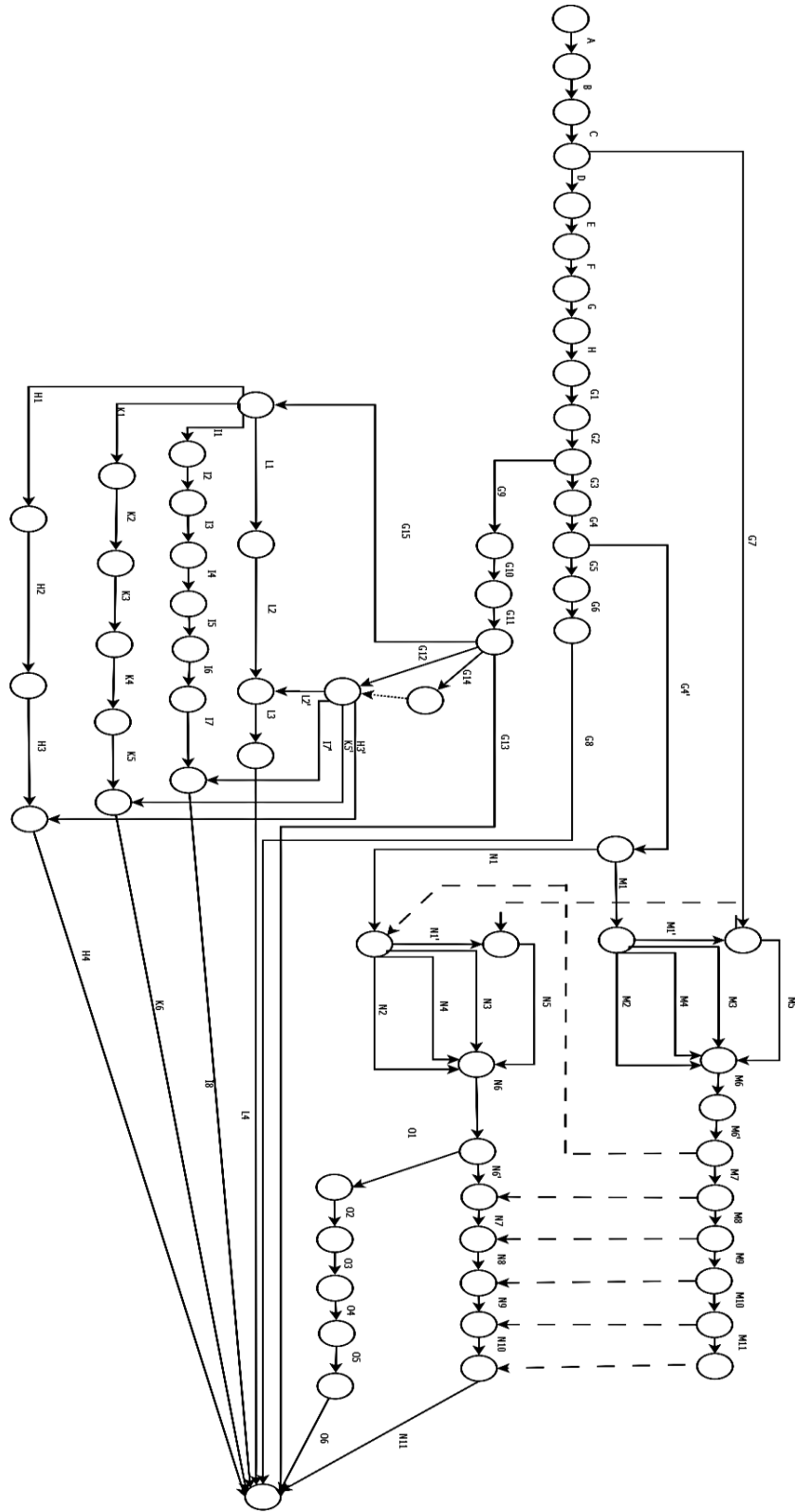
Kod	Faaliyet	Öncül Faaliyet	En İyi Süre	En Olası Süre	En Kötü Süre	Ortalama
	Harfiyat ve Temel İşleri					
A	Zemin Düzenlemesi	-	1 gün	3 gün	6 gün	3.16 gün
B	Kolon Çukurlarının Açılması	A	2 gün	4 gün	6 gün	4 gün
C	Zemin Kanalizasyon Borularının Döşenmesi	B	1 gün	2 gün	4 gün	2.16 gün
D	Kolon Çukurlarına Temel Kalıpları Çakılması	C	3 gün	5 gün	7 gün	5 gün
E	Kalıpların İçine Demir Döşenmesi	D	5 gün	7 gün	8 gün	6.83 gün
F	Yapı Denetimi	E	0.5 gün	0.6 gün	0.7 gün	0.6 gün
G	Kalıplara Beton Dökümü ve Sertleşmesi	F	3 gün	5 gün	6 gün	4.83 gün
H	Kalıpların Sökülmesi	G	1 gün	2 gün	3 gün	2 gün
	Prefabrik Fabrika Binası İnşaat İşleri					

G1	Beton Kolonların Yuvalara Yerleştirilmesi	H	8 gün	10 gün	12 gün	10 gün
G2	Kolonların Kirişlerle Birleştirilmesi	G1	5 gün	6 gün	8 gün	6.16 gün
G3	Fabrika Zeminine Beton Dökülmesi	G2	2 gün	3 gün	5 gün	3.16 gün
G4	İdari Bina Katlarına Beton Zeminlerin Döşenmesi	G3	1 gün	3 gün	4 gün	2.83 gün
G4'	Montaj Noktalarına Beton Atılması	G4	1 gün	2 gün	3 gün	2 gün
G5	Çatı Panellerinin Montajı	G4'	4 gün	6 gün	8 gün	6 gün
G6	Yağmur Suyu Bacalarının Döşenmesi	G5	2 gün	3 gün	4 gün	3 gün
G7	Kanalizasyon Bacalarının Döşenmesi	C	2 gün	3 gün	4 gün	3 gün
G8	Yağmur Suyu Hattı Döşenmesi	G6	3 gün	5 gün	7 gün	5 gün
G9	Kolonlar Üzerine Demir Profiller Kaynatılması	G2	15 gün	18 gün	22 gün	18.16 gün
G10	Duvar Panellerinin Profilere Montajı	G9	5 gün	7 gün	8 gün	6.83 gün
G11	Fabrika Kapılarının ve Yangın Kapılarının Montajı	G10	3 gün	4 gün	5 gün	4 gün
G12	Fabrika içi Elektrik Tesisatının Döşenmesi	G11	20 gün	25 gün	28 gün	24.66 gün
G13	Fabrika İçi Hava Tesisatının Döşenmesi	G11	3 gün	5 gün	7 gün	5 gün
G14	Fabrika İçi Su Tesisatının Döşenmesi	G11	4 gün	5 gün	6 gün	5 gün
G15	Üretim Birimlerinin Sac Levhalar ile Bölünmesi	G11	9 gün	11 gün	12 gün	10.83 gün
	Fabrika İçi Vinç Kurulması					
H1	Mobil Vinç İle Vinç Raylarının Döşenmesi	G15	2 gün	3 gün	4 gün	3 gün
H2	İki Ray Üzerine Köprünün Oturtulması	H1	0.5 gün	1 gün	1.5 gün	1 gün
H3	Köprünün Üzerine Motorların Montajı	H2	0.3 gün	0.5 gün	0.6 gün	0.48 gün
H3'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	G12,G14	0.7 gün	1 gün	1.5 gün	1.03 gün
H4	Vinç Elektrik Tesisatlarının Çekilmesi ve Bağlantısı	H3, H3'	1 gün	2 gün	3 gün	2 gün
	Katnak Makinasının Kurulması					
I1	Makine Duvar Kalıplarının Çakılması	G15	2 gün	3 gün	5 gün	3.16 gün
I2	Makine Duvar Demirlerinin Örtülmesi	I1	1 gün	2 gün	3 gün	2 gün
I3	Makine Duvar Betonunun Atılması	I2	0.3 gün	0.4 gün	0.5 gün	0.4 gün
I4	Kalıpların Sökülmesi	I3	0.2 gün	0.3 gün	0.4 gün	0.3 gün
I5	Makine Motorunun Beton Zemine Oturtulması	I4	0.5 gün	1 gün	1.5 gün	1 gün
I6	Kesici Tellerin Gövde Montajının Yapılması	I5	1 gün	3 gün	5 gün	3 gün

I7	Motor İle Kesici Arası Aktarma Kolumun Montajı	I6	0.5 gün	1 gün	1.5 gün	1 gün
I7'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	G12,G14	2 gün	4 gün	5 gün	3.83 gün
I8	Makine Elektrik Panosunun Montajı ve Elektrik Bağlantısı	I7,I7'	1 gün	2 gün	3 gün	2 gün
	Plaka Silim Hattının Kurulması					
K1	Zemine Kalıp Çakılması	G15	0.5 gün	1.5 gün	2 gün	1.41 gün
K2	Zemine Terazili Şekilde Beton Atılması	K1	0.3 gün	1 gün	1.2 gün	0.91 gün
K3	Makinanın Konumlandırılması	K2	0.3 gün	0.4 gün	0.5 gün	0.4 gün
K4	Giriş ve Çıkış Konveyörlerinin Kurulması	K3	1 gün	3 gün	4 gün	2.83 gün
K5	Plaka Yükleme Robotunun Kurulması	K4	3 gün	4 gün	6 gün	4.16 gün
K5'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	G12, G14	1.5 gün	2 gün	4 gün	2.25 gün
K6	Makine Elektrik Tesisatının Çekilmesi ve Bağlantısı	K5, K5'	1 gün	2 gün	3 gün	2 gün
	Köprü Kesim Makinasının Kurulması					
L1	Makinanın Konumlandırılması	G15	0.7 gün	1 gün	1.2 gün	0.98 gün
L2	Ayaklar ile Makinanın Terazide Alınması	L1	0.8 gün	1 gün	1.5 gün	1.05 gün
L2'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	G12,G14	1 gün	2 gün	3 gün	2 gün
L3	Makine Elektrik Tesisatının Çekilmesi ve Bağlanması	L2, L2'	1.6 gün	2 gün	2.5 gün	2.01 gün
L4	Kesim Kalibrasyonlarının Yapılması	L3	0.8 gün	1 gün	1.4 gün	1.03 gün
	İdari Bölüm Zemin Kat İnşaat İşleri					
M1	Tuğla ile Duvar Örülmesi	G4'	6 gün	8 gün	10 gün	8 gün
M1'	Duvarlara Boru Kanallarının Açılması	M1	3 gün	4 gün	6 gün	4.16 gün
M2	Pencerelerin Montajı	M1	2 gün	3 gün	4 gün	3 gün
M3	Elektrik Tesisatı Çekilmesi	M1	7 gün	9 gün	10 gün	8.83 gün
M4	Su Tesisatı ve Kalorifer Tesisatı Çekilmesi	M1	3 gün	5 gün	7 gün	5 gün
M5	Pis Su Borularının Döşenmesi	M1',G7	1 gün	2 gün	3 gün	2 gün
M6	Şap Atılması	M2,M3,M4,M5	3 gün	4 gün	5 gün	4.66 gün
M6'	Şapın Sertleşmesi için Sulanması	M6	0.5 gün	0.8 gün	1 gün	0.78 gün
M7	Sıva ve Alçı İşlerinin Yapılması	M6'	8 gün	9 gün	10 gün	9 gün
M8	Seramik, Fayans İşleri	M7	5 gün	6 gün	7 gün	6 gün
M9	Boya İşleri	M8	3 gün	5 gün	7 gün	5 gün
M10	Doğalgaz Tesisatı ve Petek Montajı	M9	4 gün	6 gün	8 gün	6 gün
M11	Parke, Kapılar, Dolapların Montajı	M10	3 gün	4 gün	5 gün	4.66 gün
	İdari Bölüm 1. Kat İnşaat İşleri					

N1	Tuğla ile Duvar Örülmesi	G4'	6 gün	8 gün	10 gün	8 gün
N1'	Duvarlara Boru Kanallarının Açılması	N1,M6'	3 gün	4 gün	6 gün	4.16 gün
N2	Pencerelerin Montajı	N1,M6'	2 gün	3 gün	4 gün	3 gün
N3	Elektrik Tesisatı Çekilmesi	N1,M6'	7 gün	9 gün	10 gün	8.83 gün
N4	Su Tesisatı ve Kalorifer Tesisatı Çekilmesi	N1,M6'	3 gün	5 gün	7 gün	5 gün
N5	Pis Su Borularının Döşenmesi	N1',G7	1 gün	2 gün	3 gün	2 gün
N6	Şap Atılması	N2,N3,N4,N5	3 gün	4 gün	5 gün	4.66 gün
N6'	Şapın Sertleşmesi için Sulanması	N6	0.5 gün	0.8 gün	1 gün	0.78 gün
N7	Sıva ve Alçı İşlerinin Yapılması	N6',M7	8 gün	9 gün	10 gün	9 gün
N8	Seramik, Fayans İşleri	N7,M8	5 gün	6 gün	7 gün	6 gün
N9	Boya İşleri	N8,M9	3 gün	5 gün	7 gün	5 gün
N10	Doğalgaz Tesisatı ve Petek Montajı	N9,M10	4 gün	6 gün	8 gün	6 gün
N11	Parke, Kapılar, Dolapların Montajı	N10,M11	3 gün	4 gün	5 gün	4.66 gün
	Dış Cephe ve Çevre Düzenlemesi					
O1	Dış Cepheye Yalıtım İçin İskele Kurulması	N6	2 gün	3 gün	4 gün	3 gün
O2	Yalıtım Malzemelerinin Döşenmesi	O1	6 gün	7 gün	8 gün	7 gün
O3	Dış Sıva ve Boya	O2	2 gün	3 gün	5 gün	3.16 gün
O4	Bahçe Duvarının Örülmesi	O3	9 gün	10 gün	11 gün	10 gün
O5	Parke Taş Döşenmesi	O4	5 gün	7 gün	8 gün	6.83 gün
O6	Yeşil Alan Çalışmaları	O5	1 gün	2 gün	3 gün	2 gün

Çizelge 6.1'de faaliyet kodları, faaliyetleri, faaliyetler, süreler ve ortalama süreler gösterilmiştir. Projenin şebeke diyagramı ise Şekil 6.1'de çizilmiştir.



Şekil 6.1. Projenin Şebeke Diyagramı

Projenin sürelerinin hesaplanmasında WinQSB yazılımı kullanılmıştır. Sürelerin WinQSB ekranına giriş görüntüsü Şekil 6.2’de gösterilmiştir..

	Activity Name	On Critical Path	Activity Mean Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)	Standard Deviation
1	Zemin	Yes	3,1667	0	3,1667	0	3,1667	0	0,8333
2	Kolon	Yes	4	3,1667	7,1667	3,1667	7,1667	0	0,6667
3	Kanalizasyon	Yes	2,1667	7,1667	9,3333	7,1667	9,3333	0	0,5
4	Kalp	Yes	5	9,3333	14,3333	9,3333	14,3333	0	0,6667
5	Demir	Yes	6,8333	14,3333	21,1667	14,3333	21,1667	0	0,5
6	Yapı	Yes	0,6	21,1667	21,7667	21,1667	21,7667	0	0,0333
7	Beton	Yes	4,8333	21,7667	26,6	21,7667	26,6	0	0,5
8	Kalp.Sök	Yes	2	26,6	28,6	26,6	28,6	0	0,3333
9	Kolon	Yes	10	28,6	38,6	28,6	38,6	0	0,6667
10	Kol.Kiriş	Yes	6,1667	38,6	44,7667	38,6	44,7667	0	0,5
11	Beton	Yes	3,1667	44,7667	47,9333	44,7667	47,9333	0	0,5
12	Zemin	Yes	2,8333	47,9333	50,7667	47,9333	50,7667	0	0,5
13	Beton	Yes	2	50,7667	52,7667	50,7667	52,7667	0	0,3333
14	Çatı	no	6	52,7667	58,7667	105,2167	111,2167	52,45	0,6667
15	Yağmur	no	3	58,7667	61,7667	111,2167	114,2167	52,45	0,3333
16	Kanalizasyon	no	3	9,3333	12,3333	64,6	67,6	55,2667	0,3333
17	Yağmur	no	5	61,7667	66,7667	114,2167	119,2167	52,45	0,6667
18	Profil	no	18,1667	44,7667	62,9333	59,7167	77,8833	14,95	1,1667
19	Panel	no	6,8333	62,9333	69,7667	77,8833	84,7167	14,95	0,5
20	Kapı	no	4	69,7667	73,7667	84,7167	88,7167	14,95	0,3333
21	Elektrik	no	24,6667	73,7667	98,4333	88,7167	113,3833	14,95	1,3333
22	Hava	no	5	73,7667	78,7667	114,2167	119,2167	40,45	0,6667
23	Su	no	5	73,7667	78,7667	108,3833	113,3833	34,6167	0,3333
24	Bolme	no	10,8333	73,7667	84,6	95,5167	106,35	21,75	0,5
25	Ray	no	3	84,6	87,6	112,7333	115,7333	28,1333	0,3333
26	Kopru	no	1	87,6	88,6	115,7333	116,7333	28,1333	0,1667
27	Motor	no	0,4833	88,6	89,0833	116,7333	117,2167	28,1333	0,05
28	Elektrik	no	1,0333	98,4333	99,4667	116,1833	117,2167	17,75	0,1333
29	Tesisat	no	2	99,4667	101,4667	117,2167	119,2167	17,75	0,3333
30	Kalp	no	3,1667	84,6	87,7667	106,35	109,5167	21,75	0,5
31	Demir	no	2	87,7667	89,7667	109,5167	111,5167	21,75	0,3333
32	Beton	no	0,4	89,7667	90,1667	111,5167	111,9167	21,75	0,0333
33	Sökme	no	0,3	90,1667	90,4667	111,9167	112,2167	21,75	0,0333
34	Oturma	no	1	90,4667	91,4667	112,2167	113,2167	21,75	0,1667
35	Teller	no	3	91,4667	94,4667	113,2167	116,2167	21,75	0,6667
36	Aktarma	no	1	94,4667	95,4667	116,2167	117,2167	21,75	0,1667
37	Kablo	no	3,8333	98,4333	102,2667	113,3833	117,2167	14,95	0,5
38	Pano	no	2	102,2667	104,2667	117,2167	119,2167	14,95	0,3333
39	Kalp	no	1,4167	84,6	86,0167	107,4833	108,9	22,8833	0,25
40	Beton	no	0,9167	86,0167	86,9333	108,9	109,8167	22,8833	0,15
41	Konumlama	no	0,4	86,9333	87,3333	109,8167	110,2167	22,8833	0,0333
42	Konveyör	no	2,8333	87,3333	90,1667	110,2167	113,0500	22,8833	0,5
43	Robot	no	4,1667	90,1667	94,3333	113,0500	117,2167	22,8833	0,5

44	Elektrik	no	0	98,4333	98,4333	117,2167	117,2167	18,7833	0
45	Tesisat	no	2	98,4333	100,4333	117,2167	119,2167	18,7833	0,3333
46	Konumlama	no	0,9833	84,6	85,5833	116,15	117,1333	31,55	0,0833
47	Terazi	no	1,05	85,5833	86,6333	117,1333	118,1833	31,55	0,1167
48	Elektrik	no	2	98,4333	100,4333	116,1833	118,1833	17,75	0,3333
49	Tesisat	no	0	100,4333	100,4333	118,1833	118,1833	17,75	0
50	Kalibrasyon	no	1,0333	100,4333	101,4667	118,1833	119,2167	17,75	0,1
51	Duvar	Yes	8	52,7667	60,7667	52,7667	60,7667	0	0,6667
52	Kanal	no	4,1667	60,7667	64,9333	63,4333	67,6	2,6667	0,5
53	Pencere	no	3	60,7667	63,7667	66,6	69,6	5,8333	0,3333
54	Tesisat	Yes	8,8333	60,7667	69,6	60,7667	69,6	0	0,5
55	Su	no	5	60,7667	65,7667	64,6	69,6	3,8333	0,6667
56	Pis.Su	no	2	64,9333	66,9333	67,6	69,6	2,6667	0,3333
57	Sap	Yes	4	69,6	73,6	69,6	73,6	0	0,3333
58	Sulama	Yes	0,7833	73,6	74,3833	73,6	74,3833	0	0,0833
59	Sıva	no	9	74,3833	83,3833	80,2167	89,2167	5,8333	0,3333
60	Seramik	no	5,6667	83,3833	89,05	92,5500	98,2167	9,1667	0,6667
61	Boya	no	5	89,05	94,05	98,2167	103,2167	9,1667	0,6667
62	Doğalgaz	no	6	94,05	100,05	103,2167	109,2167	9,1667	0,6667
63	Parke	no	4	100,05	104,05	111,2167	115,2167	11,1667	0,3333
64	Duvar	no	8	52,7667	60,7667	66,3833	74,3833	13,6167	0,6667
65	Kanal	no	4,1667	74,3833	78,55	77,0500	81,2167	2,6667	0,5
66	Pencere	no	3	74,3833	77,3833	80,2167	83,2167	5,8333	0,3333
67	Tesisat	Yes	8,8333	74,3833	83,2167	74,3833	83,2167	0	0,5
68	Su	no	5	74,3833	79,3833	78,2167	83,2167	3,8333	0,6667
69	Pis.Su	no	2	78,55	80,55	81,2167	83,2167	2,6667	0,3333
70	Sap	Yes	4	83,2167	87,2167	83,2167	87,2167	0	0,3333
71	Sulama	no	0,7833	87,2167	88	88,4333	89,2167	1,2167	0,0833
72	Sıva	no	9	88	97	89,2167	98,2167	1,2167	0,3333
73	Seramik	no	6	97	103	98,2167	104,2167	1,2167	0,3333
74	Boya	no	5	103	108	104,2167	109,2167	1,2167	0,6667
75	Doğalgaz	no	6	108	114	109,2167	115,2167	1,2167	0,6667
76	Parke	no	4	114	118	115,2167	119,2167	1,2167	0,3333
77	Iskele	Yes	3	87,2167	90,2167	87,2167	90,2167	0	0,3333
78	Yalıtım	Yes	7	90,2167	97,2167	90,2167	97,2167	0	0,3333
79	Boya	Yes	3,1667	97,2167	100,3833	97,2167	100,3833	0	0,5
80	Duvar	Yes	10	100,3833	110,3833	100,3833	110,3833	0	0,3333
81	Taş	Yes	6,8333	110,3833	117,2167	110,3833	117,2167	0	0,5
82	Yeşillik	Yes	2	117,2167	119,2167	117,2167	119,2167	0	0,3333
	Project	Completion	Time	=	119,22	Güns			
	Number of	Critical	Path(s)	=	1				

Şekil 6.2. Faaliyet isimlerinin ve sürelerin WinQSB yazılımına girilmesi.

Şekil 6.2’de faaliyet isimleri, girilecek hücrelerin küçük olması nedeni ile küçük kısaltmalar halinde girilmiştir. Tüm veriler girildikten sonra analiz başlatılmıştır ve projenin tamamlanma süresi Şekil 6.2’de gösterilmiştir. Kritik yol, kısa açıklamalarla Şekil 6.3’deki gibi bulunmuştur.

12-05-2020	Critical Path 1
1	Zemin
2	Kolon
3	Kanalizasyon
4	Kalıp
5	Demir
6	Yapı
7	Beton
8	Kalp. Sök
9	Kolon
10	Kol. Kiriş
11	Beton
12	Zemin
13	Beton
14	Duvar
15	Tesisat
16	Sap
17	Sulama
18	Tesisat
19	Sap
20	Iskele
21	Yalıtım
22	Boya
23	Duvar
24	Taş
25	Yeşillik
Completion Time	119,22
Std. Dev.	2,42

Şekil 6.3. Kritik yolun, tamamlanma süresinin ve varyansın gösterimi

Projenin tamamlanma süresi 119.22 gün, varyansı ise 2.42 gün olarak belirlenmiştir. Kritik yolun faaliyet kodlarına göre yazılması da şu şekilde gösterilebilir.

Kritik yol: A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G3-G4-G4'-M1-M3-M6-M6'-N3-N6-O2-O3-O4-O5-O6

6.2. BULANIK PERT İLE PROJE SÜRESİNİN HESAPLANMASI

A,B ve C firmalarından alınmış üçgensel bulanık sayı olarak kabul edilen faaliyet süreleri, Çizelge 6.3'de gösterilmiştir. Ortalama süreler hesaplanırken, 3 firmanın her birinden alınan süreler, 0.33 oranlarında olduğu varsayılmıştır ve tüm süreler toplanarak farklı ortalama değerler bulunmuştur.

Ortalama değer: $a_{(A,B,C)}$, $m_{(A,B,C)}$, $b_{(A,B,C)}$

$a_{(A,B,C)}$ = A, B, C firmalarından alınan iyi sürelerin ortalaması olarak kabul edilmiştir ve

$$a_{(A,B,C)} = a_A + a_B + a_C \quad (6.2)$$

formülü ile hesaplanmıştır ve burada,

$$a_A = A_1/3, a_B = B_1/3, a_C = C_1/3 \quad (6.3)$$

olarak hesaplanmıştır.

A_1 = A firmasının iyi faaliyet süresini, B_1 = B firmasının en iyi faaliyet süresini, C_1 = C firmasının iyi faaliyet süresini, ifade etmiştir.

$m_{(A,B,C)}$ = A, B, C firmalarından alınan en olası sürelerin ortalaması olarak kabul edilmiştir. Hesaplama şekli, en iyi faaliyet süresini hesaplama ile aynıdır.

$b_{(A,B,C)}$ = A, B, C firmalarından alınan en iyi sürelerin ortalaması olarak kabul edilmiştir. Hesaplama şekli, en iyi ve en olası faaliyet süresini hesaplama ile aynıdır.

Çizelge 6.3. A,B,C firmalarından alınmış olan bulanık faaliyet süreleri, ortalama değerler

Kod	Faaliyet	Öncül Faaliyet	Faaliyet Süresi	Ortalama Değer
	Harfiyat ve Temel İşleri			
A	Zemin Düzenlemesi	-	(1,2,5) (2,3,5) (3,4,6)	(2,3,5.3)
B	Kolon Çukurlarının Açılması	A	(2,2,5) (3,4,5) (2,4,5)	(2.3,3.3,5)
C	Zemin Kanalizasyon Borularının Döşenmesi	B	(1,2,3) (2,2,4) (1,2,4)	(1.3,2,3.7)
D	Kolon Çukurlarına Temel Kalıpları Çakılması	C	(3,4,6) (4,5,6) (3,5,7)	(3.3,4.7,6.3)
E	Kalıpların İçine Demir Döşenmesi	D	(5,6,7) (5,7,8) (6,7,9)	(5.3,6.7,8)
F	Yapı Denetimi	E	(0.4,0.5,0.6)	(0.4,0.6,0.7)

			(0.3,0.5,0.7) (0.5,0.7,0.9)	
G	Kalıplara Beton Dökümü ve Sertleşmesi	F	(3,4,5) (2,4,6) (3,5,6)	(2.6,4.3,5.6)
H	Kalıpların Sökülmesi	G	(1,2,2) (2,3,4) (1,2,3)	(1.3,2.3,3)
	Prefabrik Fabrika Binası İnşaat İşleri			
G1	Beton Kolonların Yuvalara Yerleştirilmesi	H	(7,9,11) (8,9,10) (9,10,12)	(8,9,3,11)
G2	Kolonların Kirişlerle Birleştirilmesi	G1	(6,7,8) (5,6,9) (5,6,8)	(5.3,6.3,8.3)
G3	Fabrika Zeminine Beton Dökülmesi	G2	(3,4,5) (3,5,7) (4,6,7)	(3.3,5,6.3)
G4	İdari Bina Katlarına Beton Zeminlerin Döşenmesi	G3	(2,4,5) (3,4,5) (3,4,6)	(2.6,4,5.3)
G4'	Montaj Noktalarına Beton Atılması	G4	(1,2,2) (2,3,4) (2,3,3)	(1.6,2.6,3)
G5	Çatı Panellerinin Montajı	G4	(4,5,6) (4,6,7) (5,6,8)	(4.3,5.6,7)
G6	Yağmur Suyu Bacalarının Döşenmesi	G5	(3,4,5) (2,3,3) (3,5,6)	(2.6,4,4.6)
G7	Kanalizasyon Bacalarının Döşenmesi	C	(3,4,5) (2,3,3) (3,5,6)	(2.6,4,4.6)
G8	Yağmur Suyu Hattı Döşenmesi	G6	(3,4,5) (2,4,6) (3,5,6)	(2.6,4.3,5.6)
G9	Kolonlar Üzerine Demir Profiller Kaynatılması	G2	(16,19,21) (15,16,17) (18,20,21)	(16.3,18.3,19.6)
G10	Duvar Panellerinin Profillere Montajı	G9	(6,7,8) (5,6,9) (5,6,8)	(5.3,6.3,8.3)
G11	Fabrika Kapılarının ve Yangın Kapılarının Montajı	G10	(4,5,6) (3,4,4) (4,6,7)	(3.6,5,5.6)
G12	Fabrika İçi Elektrik Tesisatının Döşenmesi	G11	(21,24,26) (22,23,24) (20,25,28)	(21,24,26)
G13	Fabrika İçi Hava Tesisatının Döşenmesi	G11	(2,2,5) (3,4,5) (2,4,5)	(2.3,3.3,5)
G14	Fabrika İçi Su Tesisatının Döşenmesi	G11	(3,4,6) (4,5,6) (3,5,7)	(3.3,4.6,6.3)
G15	Üretim Birimlerinin Sac	G11	(10,12,14)	(10,11.6,13)

	Levhalar ile Bölünmesi		(9,11,12) (11,12,13)	
	Fabrika İçi Vinç Kurulması			
H1	Mobil Vinç İle Vinç Raylarının Döşenmesi	G15	(3,4,5) (2,3,3) (3,5,6)	(2.7,3.3,4.6)
H2	İki Ray Üzerine Köprünün Oturtulması	H1	(0.5,1,1.5) (0.4,0.6,1.2) (0.8,1,1.2)	(0.6,0.9,1.3)
H3	Köprünün Üzerine Motorların Montajı	H2	(0.4,0.5,0.6) (0.3,0.5,0.6) (0.5,0.7,0.8)	(0.4,0.6,0.7)
H3'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	G12,G14	(1,1.5,2) (0.9,1.3,1.6) (0.5,1,1.5)	(0.8,1.3,1.7)
H4	Vinç Elektrik Tesisatlarının Çekilmesi ve Bağlantısı	H3, H3'	(1,2,2) (2,3,4) (2,3,3)	(1.7,2.7,3)
	Katrak Makinasının Kurulması			
I1	Makine Duvar Kalıplarının Çakılması	G15	(3,4,5) (2,3,3) (3,5,6)	(2.6,4,4.6)
I2	Makine Duvar Demirlerinin Örülmesi	I1	(1,2,2) (2,3,4) (2,3,3)	(1.6,2.3,3)
I3	Makine Duvar Betonunun Atılması	I2	(0.3,0.4,0.5) (0.2,0.3,0.3) (0.3,0.5,0.6)	(0.3,0.4,0.5)
I4	Kalıpların Sökülmesi	I3	(0.2,0.3,0.4) (0.1,0.2,0.2) (0.3,0.5,0.6)	(0.2,0.3,0.4)
I5	Makine Motorunun Beton Zemine Oturtulması	I4	(0.5,1,1.5) (0.4,0.6,1.2) (0.8,1,1.2)	(0.4,0.9,1.3)
I6	Kesici Tellerin Gövde Montajının Yapılması	I5	(1,2,5) (2,3,5) (3,4,6)	(2,3,5,3)
I7	Motor İle Kesici Arası Aktarma Kolunun Montajı	I6	(0.5,1,1.5) (0.4,0.6,1.2) (0.8,1,1.2)	(0.6,0.5,1.3)
I7'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	G12,G14	(2,2,5) (3,4,5) (2,4,5)	(2.3,3.3,5)
I8	Makine Elektrik Panosunun Montajı ve Elektrik Bağlantısı	I7,I7'	(1,2,2) (2,3,4) (2,3,3)	(1.7,2.7,3)
	Plaka Silim Hattının Kurulması			
K1	Zemine Kalıp Çakılması	G15	(1,1.5,2) (0.5,1,1.5) (1,1.5,2)	(0.8,1.3,3)
K2	Zemine Terazili Şekilde Beton Atılması	K1	(0.4,1,1.2) (0.3,1.3,1.6) (0.3,1,1.2)	(0.3,1.1,1.6)
K3	Makinanın Konumlandırılması	K2	(0.3,0.4,0.5) (0.2,0.3,0.3)	(0.3,0.4,0.5)

			(0.3,0.5,0.6)	
K4	Giriş ve Çıkış Konveyörlerinin Kurulması	K3	(2,4,5) (3,4,5) (3,4,6)	(2.7,4,5.3)
K5	Plaka Yükleme Robotunun Kurulması	K4	(2,3,5) (3,4,5) (2,4,5)	(2.3,3.7,5)
K5'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	G12, G14	(2,3,4) (1.5,2,4) (2,4,6)	(1.8,3,4.7)
K6	Makine Elektrik Tesisatının Çekilmesi ve Bağlantısı	K5, K5'	(1,2,2) (2,3,4) (2,3,3)	(1.7,2.7,3)
	Köprü Kesim Makinasının Kurulması			
L1	Makinanın Konumlandırılması	G15	(1,1,5,2) (0.9,1.3,1.6) (0.5,1,1.5)	(0.8,1.3,1.7)
L2	Ayaklar ile Makinanın Terazeye Alınması	L1	(1.2,1.6,2) (1,1.3,1.7) (0.5,1,1.5)	(0.9,1.3,1.7)
L2'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	G12,G14	(1,2,2) (2,3,4) (2,3,3)	(1.7,2.7,3)
L3	Makine Elektrik Tesisatının Çekilmesi ve Bağlanması	L2, L2'	(1.6,2,2.5) (1.4,2,2.8) (1.5,2,2.4)	(1.5,2.1,2.6)
L4	Kesim Kalibrasyonlarının Yapılması	L3	(0.8,1,1.4) (1,1.3,1.5) (0.6,0.9,1.1)	(0.8,1.1,1.3)
	İdari Bölüm Zemin Kat İnşaat İşleri			
M1	Tuğla ile Duvar Örülmesi	G4'	(8,11,12) (6,8,10) (5,9,11)	(6.3,9.3,11)
M1'	Duvarlara Boru Kanallarının Açılması	M1	(4,5,6) (3,5,6) (5,7,8)	(3.3,5.7,6.7)
M2	Pencerelerin Montajı	M1	(3,4,5) (2,3,3) (3,5,6)	(2.7,4,4.7)
M3	Elektrik Tesisatı Çekilmesi	M1	(6,8,11) (7,9,10) (9,10,11)	(7.3,9,10.7)
M4	Su Tesisatı ve Kalorifer Tesisatı Çekilmesi	M1	(2,2,5) (3,4,5) (2,4,5)	(2.3,3,3,5)
M5	Pis Su Borularının Döşenmesi	M1',G7	(1,2,2) (2,3,4) (2,3,3)	(1.3,2.7,3)
M6	Şap Atılması	M2,M3,M4,M5	(4,5,6) (3,4,4) (4,6,7)	(3.7,5,5.7)
M6'	Şapın Sertleşmesi için Sulanması	M6	(0.6,0.8,1) (0.5,0.8,1)	(0.5,0.7,0.9)

			(0.5,0.6,0.7)	
M7	Sıva ve Alçı İşlerinin Yapılması	M6'	(9,11,13) (8,10,11) (10,11,12)	(9,10.7,12)
M8	Seramik, Fayans İşleri	M7	(4,5,6) (4,6,7) (5,6,8)	(4.7,5.7,7)
M9	Boya İşleri	M8	(2,2,5) (3,4,5) (2,4,5)	(2.3,3.3,5)
M10	Doğalgaz Tesisatı ve Petek Montajı	M9	(4,5,6) (4,6,7) (5,6,8)	(4.3,5.7,7)
M11	Parke, Kapılar, Dolapların Montajı	M10	(4,5,6) (3,4,4) (4,6,7)	(3.7,5,5.7)
	İdari Bölüm 1. Kat İnşaat İşleri			
N1	Tuğla ile Duvar Örülmesi	G4'	(8,11,12) (6,8,10) (5,9,11)	(6.3,9.3,11)
N1'	Duvarlara Boru Kanallarının Açılması	N1,M6'	(4,5,6) (3,5,6) (5,7,8)	(3.3,5.7,6.7)
N2	Pencerelerin Montajı	N1,M6'	(3,4,5) (2,3,3) (3,5,6)	(2.7,4,4.7)
N3	Elektrik Tesisatı Çekilmesi	N1,M6'	(6,8,11) (7,9,10) (9,10,11)	(7.3,9,10.7)
N4	Su Tesisatı ve Kalorifer Tesisatı Çekilmesi	N1,M6'	(2,2,5) (3,4,5) (2,4,5)	(2.3,3.3,5)
N5	Pis Su Borularının Döşenmesi	N1',G7	(1,2,2) (2,3,4) (2,3,3)	(1.3,2.7,3)
N6	Şap Atılması	N2,N3,N4,N5	(4,5,6) (3,4,4) (4,6,7)	(3.7,5,5.7)
N6'	Şapın Sertleşmesi için Sulanması	N6	(0.6,0.8,1) (0.5,0.8,1) (0.5,0.6,0.7)	(0.5,0.7,0.9)
N7	Sıva ve Alçı İşlerinin Yapılması	N6',M7	(9,11,13) (8,10,11) (10,11,12)	(9,10.7,12)
N8	Seramik, Fayans İşleri	N7,M8	(4,5,6) (4,6,7) (5,6,8)	(4.7,5.7,7)
N9	Boya İşleri	N8,M9	(2,2,5) (3,4,5) (2,4,5)	(2.3,3.3,5)
N10	Doğalgaz Tesisatı ve Petek Montajı	N9,M10	(4,5,6) (4,6,7) (5,6,8)	(4.3,5.7,7)
N11	Parke, Kapılar, Dolapların Montajı	N10,M11	(4,5,6) (3,4,4) (4,6,7)	(3.7,5,5.7)

	Dış Cephe ve Çevre Düzenlemesi			
O1	Dış Cepheye Yalıtım İçin İskele Kurulması	N6	(3,4,5) (2,3,3) (3,5,6)	(2,7,4,4,7)
O2	Yalıtım Malzemelerinin Döşenmesi	O1	(6,8,9) (6,7,8) (5,7,9)	(5,7,7,3,8,7)
O3	Dış Sıva ve Boya	O2	(2,3,3) (3,4,5) (3,4,4)	(2,7,3,7,4)
O4	Bahçe Duvarının Örülmesi	O3	(7,9,11) (8,9,10) (9,10,12)	(8,9,3,11)
O5	Parke Taş Döşenmesi	O4	(5,8,10) (5,7,8) (4,6,9)	(4,7,7,9)
O6	Yeşil Alan Çalışmaları	O5	(1,2,2) (2,3,4) (2,3,3)	(1,7,2,7,3)

Çizelge 6.3’de gösterilmiş olan bulanık faaliyetlerin ve faaliyet zamanlarının değerlerinden elde edilen erken başlama (ES), erken bitme (EF), Çizelge 6.4’te, son başlama (LS) ve son bitme (LF) süreleri Çizelge 6.5’te hesaplanmıştır ve tablodaki gibi gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. Erken başlama (ES), erken bitme (EF) zamanları

Kod	Faaliyet	ES	EF
	Harfiyat ve Temel İşleri		
A	Zemin Düzenlemesi	0	(2,3,5,3)
B	Kolon Çukurlarının Açılması	(2,3,5,3)	(4,3,6,3,10,3)
C	Zemin Kanalizasyon Borularının Döşenmesi	(4,3,6,3,10,3)	(5,6,8,3,14)
D	Kolon Çukurlarına Temel Kalıpları Çakılması	(5,6,8,3,14)	(8,9,13,20,3)
E	Kalıpların İçine Demir Döşenmesi	(8,9,13,20,3)	(14,2,19,7, 28,3)
F	Yapı Denetimi	(14,2,19,7,28,3)	(14,6,20,3,29)
G	Kalıplara Beton Dökümü ve Sertleşmesi	(14,6,20,3,29)	(17,2,24,6,34,6)
H	Kalıpların Sökülmesi	(17,2,24,6,34,6)	(18,5,26,9,37,6)
	Prefabrik Fabrika Binası İnşaat İşleri		
G1	Beton Kolonların Yuvalara Yerleştirilmesi	(18,5,26,9,37,6)	(26,5,36,2,48,6)
G2	Kolonların Kirişlerle Birleştirilmesi	(26,5,36,2,48,6)	(31,8,42,5,56,9)
G3	Fabrika Zeminine Beton Dökülmesi	(31,8,42,5,59,6)	(35,1,47,5,63,2)
G4	İdari Bina Katlarına Beton Zeminlerin Döşenmesi	(35,1,47,5,63,2)	(37,7,51,5,68,5)
G4'	Montaj Noktalarına Beton Atılması	(37,7,51,5,68,5)	(39,3,54,1,71,5)
G5	Çatı Panellerinin Montajı	(39,3,54,1,71,5)	(43,6,59,7,78,5)

G6	Yağmur Suyu Bacalarının Döşenmesi	(43.6,59.7,78.5)	(46.2,63.7,83.1)
G7	Kanalizasyon Bacalarının Döşenmesi	(5.6,8.3,14)	(8.2,12.3,18.6)
G8	Yağmur Suyu Hattı Döşenmesi	(46.2,63.7,83.1)	(48.8,68,88.7)
G9	Kolonlar Üzerine Demir Profiller Kaynatılması	(31.8,42.5,56.9)	(48.1,60.8,76.5)
G10	Duvar Panellerinin Profillere Montajı	(48.1,60.8,76.5)	(53.4,67.1,84.8)
G11	Fabrika Kapılarının ve Yangın Kapılarının Montajı	(53.4,67.1,84.8)	(57,72.1,90.4)
G12	Fabrika içi Elektrik Tesisatının Döşenmesi	(57,72.1,90.4)	(78,96.1,116.4)
G13	Fabrika İçi Hava Tesisatının Döşenmesi	(57,72.1,90.4)	(59.3,75.4,95.4)
G14	Fabrika İçi Su Tesisatının Döşenmesi	(57,72.1,90.4)	(60.3,76.7,96.7)
G15	Üretim Birimlerinin Sac Levhalar ile Bölünmesi	(57,72.1,90.4)	(67,83.7,103.4)
	Fabrika İçi Vinç Kurulması		
H1	Mobil Vinç İle Vinç Raylarının Döşenmesi	(67,83.7,103.4)	(69.7,87,108)
H2	İki Ray Üzerine Köprünün Oturtulması	(69.7,87,108)	(70.3,87.9,109.3)
H3	Köprünün Üzerine Motorların Montajı	(70.3,87.9,109.3)	(70.7,88.5,110)
H3'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	(78,96.1,116.4)	(78.8,97.4,117.7)
H4	Vinç Elektrik Tesisatlarının Çekilmesi ve Bağlantısı	(78.8,97.4,117.7)	(80.5,100.1,120.7)
	Katnak Makinasının Kurulması		
I1	Makine Duvar Kalıplarının Çakılması	(67,83.7,103.4)	(69.6,87.7,108)
I2	Makine Duvar Demirlerinin Örülmesi	(69.6,87.7,108)	(71.2,90,111)
I3	Makine Duvar Betonunun Atılması	(71.2,90,111)	(71.5,90.4,111.5)
I4	Kalıpların Sökülmesi	(71.5,90.4,111.5)	(71.7,90.7,111.9)
I5	Makine Motorunun Beton Zemine Oturtulması	(71.7,90.7,111.9)	(72.1,91.6,113.2)
I6	Kesici Tellerin Gövde Montajının Yapılması	(72.1,91.6,113.2)	(74.1,94.6,118.5)
I7	Motor İle Kesici Arası Aktarma Kolunun Montajı	(74.1,94.6,118.5)	(74.7,95.1,119.8)
I7'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	(78,96.1,116.4)	(80.3,99.4,121.4)
I8	Makine Elektrik Panosunun Montajı ve Elektrik Bağlantısı	(80.3,99.4,121.4)	(82,102.1,124.4)
	Plaka Silim Hattının Kurulması		
K1	Zemine Kalıp Çakılması	(67,83.7,103.4)	(67.8,85,106.4)
K2	Zemine Terazili Şekilde Beton Atılması	(67.8,85,106.4)	(68.1,86.1,108)
K3	Makinanın Konumlandırılması	(68.1,86.1,108)	(68.4,86.5,108.5)
K4	Giriş ve Çıkış Konveyörlerinin Kurulması	(68.4,86.5,108.5)	(71.1,90.5,113.8)
K5	Plaka Yükleme Robotunun Kurulması	(71.1,90.5,113.8)	(73.4,94.2,118.8)
K5'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	(78,96.1,116.4)	(79.8,99.1,121.1)
K6	Makine Elektrik Tesisatının Çekilmesi ve Bağlantısı	(79.8,99.1,121.1)	(81.5,101.8,124.1)
	Köprü Kesim Makinasının Kurulması		
L1	Makinanın Konumlandırılması	(67,83.7,103.4)	(67.8,85,105.1)
L2	Ayaklar ile Makinanın Terazeye Alınması	(67.8,85,105.1)	(68.7,86.3,106.8)
L2'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	(78,96.1,116.4)	(79.7,98.8,119.4)
L3	Makine Elektrik Tesisatının Çekilmesi ve Bağlanması	(79.7,98.8,119.4)	(81.2,100.9,122)
L4	Kesim Kalibrasyonlarının Yapılması	(81.2,100.9,122)	(82,102,123.3)
	İdari Bölüm Zemin Kat İnşaat İşleri		
M1	Tuğla ile Duvar Örülmesi	(39.3,54.1,71.5)	(45.6,63.4,82.5)
M1'	Duvarlara Boru Kanallarının Açılması	(45.6,63.4,82.5)	(48.9,69.1,89.2)

M2	Pencerelerin Montajı	(45.6,63.4,82.5)	(48.3,67.4,87.2)
M3	Elektrik Tesisatı Çekilmesi	(45.6,63.4,82.5)	(52.9,72.4,93.2)
M4	Su Tesisatı ve Kalorifer Tesisatı Çekilmesi	(45.6,63.4,82.5)	(47.9,66.7,87.5)
M5	Pis Su Borularının Döşenmesi	(48.9,69.1,89.2)	(50.2,71.8,92.2)
M6	Şap Atılması	(52.9,72.4,93.2)	(56.6,77.4,98.9)
M6'	Şapın Sertleşmesi için Sulanması	(56.6,77.4,98.9)	(57.1,78.1,99.8)
M7	Sıva ve Alçı İşlerinin Yapılması	(57.1,78.1,99.8)	(66.1,88.8,111.8)
M8	Seramik, Fayans İşleri	(66.1,88.8,111.8)	(70.8,94.5,118.8)
M9	Boya İşleri	(70.8,94.5,118.8)	(73.1,97.8,123.8)
M10	Doğalgaz Tesisatı ve Petek Montajı	(73.1,97.8,123.8)	(77.4,103.5,130.8)
M11	Parke, Kapılar, Dolapların Montajı	(77.4,103.5,130.8)	(81.1,108.5,136.5)
	İdari Bölüm 1. Kat İnşaat İşleri		
N1	Tuğla ile Duvar Örülmesi	(39.3,54.1,71.5)	(45.6,63.4,82.5)
N1'	Duvarlara Boru Kanallarının Açılması	(57.1,78.1,99.8)	(60.4,83.8,106.5)
N2	Pencerelerin Montajı	(57.1,78.1,99.8)	(59.8,82.1,104.5)
N3	Elektrik Tesisatı Çekilmesi	(57.1,78.1,99.8)	(64.4,87.1,110.5)
N4	Su Tesisatı ve Kalorifer Tesisatı Çekilmesi	(57.1,78.1,99.8)	(59.4,81.4,104.8)
N5	Pis Su Borularının Döşenmesi	(60.4,83.8,106.5)	(61.7,86.5,109.5)
N6	Şap Atılması	(64.4,87.1,110.5)	(68.1,92.1,116.2)
N6'	Şapın Sertleşmesi için Sulanması	(68.1,92.1,116.2)	(68.6,92.8,117.1)
N7	Sıva ve Alçı İşlerinin Yapılması	(68.6,92.8,117.1)	(77.6,103.5,129.1)
N8	Seramik, Fayans İşleri	(77.6,103.5,129.1)	(82.3,109.2,136.1)
N9	Boya İşleri	(82.3,109.2,136.1)	(84.6,112.5,141.1)
N10	Doğalgaz Tesisatı ve Petek Montajı	(84.6,112.5,141.1)	(88.9,118.2,148.1)
N11	Parke, Kapılar, Dolapların Montajı	(88.9,118.2,148.1)	(92.6,123.2,153.8)
	Dış Cephe ve Çevre Düzenlemesi		
O1	Dış Cepheye Yalıtım İçin İskele Kurulması	(68.1,92.1,116.2)	(70.8,96.1,120.9)
O2	Yalıtım Malzemelerinin Döşenmesi	(70.8,96.1,120.9)	(76.5,103.4,129.6)
O3	Dış Sıva ve Boya	(76.5,103.4,129.6)	(79.2,107.1,133.6)
O4	Bahçe Duvarının Örülmesi	(79.2,107.1,133.6)	(87.2,116.4,144.6)
O5	Parke Taş Döşenmesi	(87.2,116.4,144.6)	(91.9,123.4,153.9)
O6	Yeşil Alan Çalışmaları	(91.9,123.4,153.6)	(93.6,126.1,156.6)

Çizelge 6.5. Son başlama (LS), son bitme (LF) zamanları

Kod	Faaliyet	LS	LF
	Harfiyat ve Temel İşleri		
A	Zemin Düzenlemesi	0	(2,3,5,3)
B	Kolon Çukurlarının Açılması	(2,3,5,3)	(4,3,6,3,10,3)
C	Zemin Kanalizasyon Borularının Döşenmesi	(4,3,6,3,10,3)	(5,6,8,3,14)
D	Kolon Çukurlarına Temel Kalıpları Çakılması	(5,6,8,3,14)	(8,9,13,20,3)
E	Kalıpların İçine Demir Döşenmesi	(8,9,13,20,3)	(14,2,19,7,28,3)
F	Yapı Denetimi	(14,2,19,7,28,3)	(14,6,20,3,29)
G	Kalıplara Beton Dökümü ve Sertleşmesi	(14,6,20,3,29)	(17,2,24,6,34,6)
H	Kalıpların Sökülmesi	(17,2,24,6,34,6)	(18,5,26,9,37,6)
	Prefabrik Fabrika Binası İnşaat İşleri		
G1	Beton Kolonların Yuvalara Yerleştirilmesi	(18,5,26,9,37,6)	(26,5,36,2,48,6)

G2	Kolonların Kirişlerle Birleştirilmesi	(26.5,36.2,48.6)	(31.8,42.5,56.9)
G3	Fabrika Zeminine Beton Dökülmesi	(31.8,42.5,56.9)	(35.1,47.5,63.2)
G4	İdari Bina Katlarına Beton Zeminlerin Döşenmesi	(31.5,47.5,63.2)	(37.7,51.5,68.5)
G4'	Montaj Noktalarına Beton Atılması	(37.7,51.1,68.5)	(39.3,54.1,71.5)
G5	Çatı Panellerinin Montajı	(84.1,112.2,139.4)	(88.4,117.8,146.4)
G6	Yağmur Suyu Bacalarının Döşenmesi	(88.4,117.8,146.4)	(91,121.8,151)
G7	Kanalizasyon Bacalarının Döşenmesi	(49,65.7,85.6)	(51.6,69.7,90.2)
G8	Yağmur Suyu Hattı Döşenmesi	(91,121.8,151)	(93.6,126.1,156.6)
G9	Kolonlar Üzerine Demir Profiller Kaynatılması	(43.4,66.5,89.1)	(59.7,84.8,108.7)
G10	Duvar Panellerinin Profillere Montajı	(59.7,84.8,108.7)	(65,91.1,117)
G11	Fabrika Kapılarının ve Yangın Kapılarının Montajı	(65,91.1,117)	(68.6,96.1,122.6)
G12	Fabrika içi Elektrik Tesisatının Döşenmesi	(68.6,96.1,122.6)	(89.6, 120.1,148.6)
G13	Fabrika İçi Hava Tesisatının Döşenmesi	(91.3,122.8,151.6)	(93.6,126.1,156.6)
G14	Fabrika İçi Su Tesisatının Döşenmesi	(86.3,115.5,142.3)	(89.6,120.1,148.6)
G15	Üretim Birimlerinin Sac Levhalar ile Bölünmesi	(74.2,100.4,124.2)	(84.2,112,137.2)
	Fabrika İçi Vinç Kurulması		
H1	Mobil Vinç İle Vinç Raylarının Döşenmesi	(88.2,118.6,147)	(90.9,121.9,151.6)
H2	İki Ray Üzerine Köprünün Oturtulması	(90.9,121.9,151.6)	(91.5,122.8,152.9)
H3	Köprünün Üzerine Motorların Montajı	(91.5,122.8,152.9)	(91.9,123.4,153.6)
H3'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	(91.1,122.1,152.3)	(91.9,123.4,153.6)
H4	Vinç Elektrik Tesisatlarının Çekilmesi ve Bağlantısı	(91.9,123.4,153.6)	(93.6,126.1,156.6)
	Katnak Makinasının Kurulması		
I1	Makine Duvar Kalıplarının Çakılması	(84.2,112,137.2)	(86.8,116,141.8)
I2	Makine Duvar Demirlerinin Örülmesi	(86.8,116,141.8)	(88.4,118.3,144.8)
I3	Makine Duvar Betonunun Atılması	(88.4,118.3,144.8)	(88.7,118.7,145.3)
I4	Kalıpların Sökülmesi	(88.7,118.7,145.3)	(88.9,119,145.7)
I5	Makine Motorunun Beton Zemine Oturtulması	(88.9,119,145.7)	(89.3,119.9,147)
I6	Kesici Tellerin Gövde Montajının Yapılması	(89.3,119.9,147)	(91.3,122.9,152.3)
I7	Motor İle Kesici Arası Aktarma Kolunun Montajı	(91.3,122.9,152.3)	(91.9,123.4,153.6)
I7'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	(89.6,120.1,148.6)	(91.9,123.4,153.6)
I8	Makine Elektrik Panosunun Montajı ve Elektrik Bağlantısı	(91.9,123.4,153.6)	(93.6,126.1,156.6)
	Plaka Silim Hattının Kurulması		
K1	Zemine Kalıp Çakılması	(85.5,112.9,138.2)	(86.3,114.2,141.2)
K2	Zemine Terazili Şekilde Beton Atılması	(86.3,114.2,141.2)	(86.6,115.3,142.8)
K3	Makinanın Konumlandırılması	(86.6,115.3,142.8)	(86.9,115.7,143.3)
K4	Giriş ve Çıkış Konveyörlerinin Kurulması	(86.9,115.1,143.3)	(89.6,119.7,148.6)
K5	Plaka Yükleme Robotunun Kurulması	(89.6,119.7,148.6)	(91.9,123.4,153.6)
K5'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	(90.1,120.4,148.9)	(91.9,123.4,153.6)
K6	Makine Elektrik Tesisatının Çekilmesi ve Bağlantısı	(91.9,123.4,153.6)	(93.6,126.1,156.6)
	Köprü Kesim Makinasının Kurulması		
L1	Makinanın Konumlandırılması	(89.6,120.3,149.3)	(90.4,121.6,151)
L2	Ayaklar ile Makinanın Terazeye Alınması	(90.4,121.6,151)	(91.3,122.9,152.7)
L2'	Elektrik Kablo Kanallarının Döşenmesi	(89.6,120.2,149.7)	(91.3,122.9,152.7)
L3	Makine Elektrik Tesisatının Çekilmesi ve	(91.3,122.9,152.7)	(92.8,125,155.3)

	Bağlanması		
L4	Kesim Kalibrasyonlarının Yapılması	(92.8,125,155.3)	(93.6,126.1,156.6)
	İdari Bölüm Zemin Kat İnşaat İşleri		
M1	Tuğla ile Duvar Örülmesi	(39.3,54.1,71.5)	(45.6,63.4,82.5)
M1'	Duvarlara Boru Kanallarının Açılması	(48.3,64,83.5)	(51.6,69.7,90.2)
M2	Pencerelerin Montajı	(50.2,68.4,88.5)	(52.9,72.4,93.2)
M3	Elektrik Tesisatı Çekilmesi	(45.6,63.4,82.5)	(52.9,72.4,93.2)
M4	Su Tesisatı ve Kalorifer Tesisatı Çekilmesi	(50.6,69.1,88.2)	(52.9,72.4,93.2)
M5	Pis Su Borularının Döşenmesi	(51.6,69.7,90.2)	(52.9,72.4,93.2)
M6	Şap Atılması	(52.9,72.4,93.2)	(56.6,77.4,98.9)
M6'	Şapın Sertleşmesi için Sulanması	(56.6,77.4,98.9)	(57.1,78.1,98.9)
M7	Sıva ve Alçı İşlerinin Yapılması	(60.6,85,107.9)	(69.6,95.7,119.9)
M8	Seramik, Fayans İşleri	(73.9,100.7,124.9)	(78.6,106.4,131.9)
M9	Boya İşleri	(79,106.4,131.9)	(81.3,109.7,136.9)
M10	Doğalgaz Tesisatı ve Petek Montajı	(81.3,109.7,136.9)	(85.6,115.4,143.9)
M11	Parke, Kapılar, Dolapların Montajı	(86.2,116.1,145.2)	(89.9,121.1,150.9)
	İdari Bölüm 1. Kat İnşaat İşleri		
N1	Tuğla ile Duvar Örülmesi	(50.8,68.8,88.8)	(57.1,78.1,99.8)
N1'	Duvarlara Boru Kanallarının Açılması	(59.8,78.7,100.8)	(63.1,84.4,107.5)
N2	Pencerelerin Montajı	(61.7,83.1,105.8)	(64.4,87.1,110.5)
N3	Elektrik Tesisatı Çekilmesi	(57.1,78.1,99.8)	(64.4,87.1,110.5)
N4	Su Tesisatı ve Kalorifer Tesisatı Çekilmesi	(62.1,83.8,105.5)	(64.4,87.1,110.5)
N5	Pis Su Borularının Döşenmesi	(63.1,84.4,107.5)	(64.4,87.1,110.5)
N6	Şap Atılması	(64.4,87.1,110.5)	(68.1,92.1,116.2)
N6'	Şapın Sertleşmesi için Sulanması	(69.1,95,119)	(69.6,95.7,119.9)
N7	Sıva ve Alçı İşlerinin Yapılması	(69.6,95.7,119.9)	(78.6,106.4,131.9)
N8	Seramik, Fayans İşleri	(78.6,106.4,131.9)	(83.3,112.1,138.9)
N9	Boya İşleri	(83.3,112.1,138.9)	(85.6,115.4,143.9)
N10	Doğalgaz Tesisatı ve Petek Montajı	(85.6,115.4,143.9)	(89.9,121.1,150.9)
N11	Parke, Kapılar, Dolapların Montajı	(89.9,121.1,150.9)	(93.6,126.1,156.6)
	Dış Cephe ve Çevre Düzenlemesi		
O1	Dış Cepheye Yalıtım İçin İskele Kurulması	(68.1,92.1,116.2)	(70.8,96.1,120.9)
O2	Yalıtım Malzemelerinin Döşenmesi	(70.8,96.1,120.9)	(76.5,103.4,129.6)
O3	Dış Sıva ve Boya	(76.5,103.4,129.6)	(79.2,107.1,133.6)
O4	Bahçe Duvarının Örülmesi	(79.2,107.1,133.6)	(87.2,116.4,144.6)
O5	Parke Taş Döşenmesi	(87.2,116.4,144.6)	(91.9,123.4,153.6)
O6	Yeşil Alan Çalışmaları	(91.9,123.4,153.6)	(93.6,126.1,156.6)

Hesaplanan süreler göre, tamamlanma süresi T, O6 işinin, tablodaki EF süresidir.

Bu durum aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\mu_t(x) = \begin{cases} (x-93.6) / (126.1-93.6), & 93.6 \leq x \leq 126.1 \\ (156.6-x) / (156.6-126.1), & 126.1 \leq x \leq 151.6 \\ 0, & 156.6 < x \end{cases} \quad (6.4)$$

$$C_{pi} = \sup [T_{pi} \wedge T] \quad (6.5)$$

Formül içerisindeki T_{pi} , i. yolun bulanık yol uzunluğu, \wedge iki kümenin kesişimi, \sup ise bir kümenin en büyük değeridir ve $T_{pi} = (+)_{j=p_i} A_j$ şeklinde hesaplanabilir [29]. Mermer fabrikası kurulumu için, projenin başlangıcı ile bitişi arasında örnek olarak 16 tane alternatif rota bulunmaktadır. Bu rotalar aşağıdaki gibi listelenmiştir. Bütün faaliyet süreleri 3 köşeli bulanık sayılar olduğu için, bulanık yol uzunlukları, rota içindeki tüm faaliyetlerin bulanık sürelerinin toplamı şeklinde hesaplanmıştır.

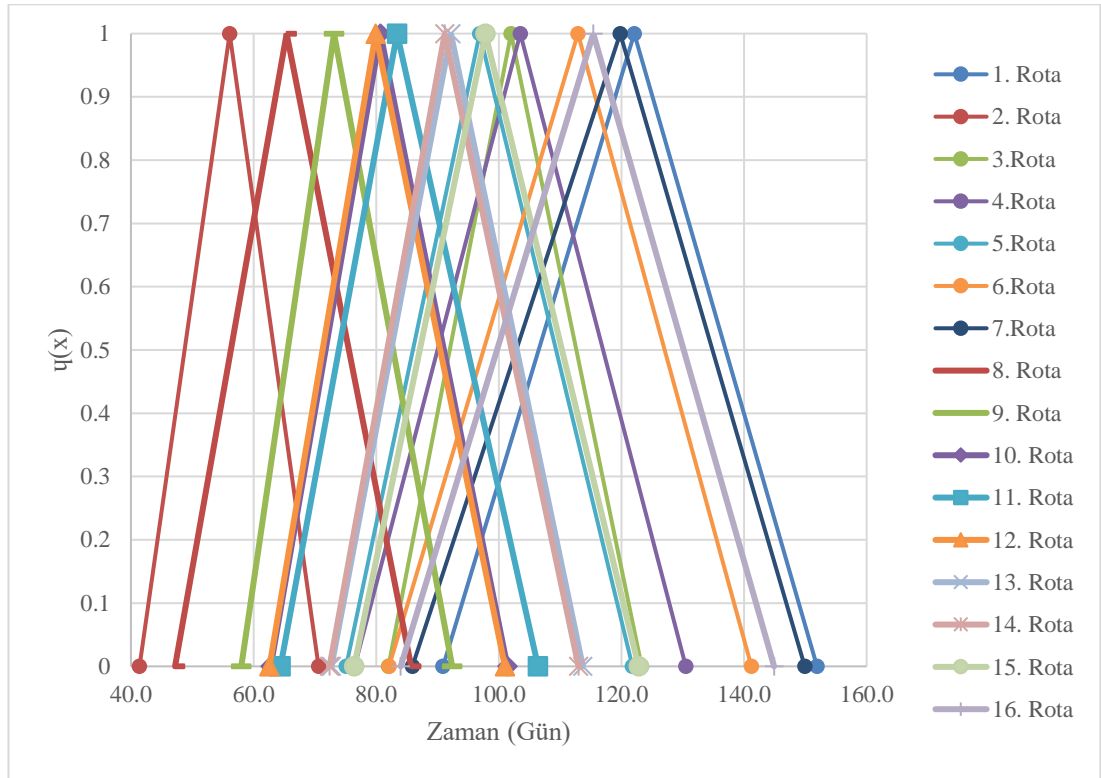
1. Rota: A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G3-G4-G4'-M1-M3-M6-M6'-N3-N6-O2-O3-O4-O5-O6: **(90.9,122.1,151.9)**
2. Rota: A-B-C-G7-M5-M6-M6'M7-M8-M9-M10-M11-N11: **(41.40,56.10,76.60)**
- 3.Rota: A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G9-G10-G11-G12-L2'-L3-L4: **(82,102,123,30)**
- 4.Rota: A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G3-G4-G4'-N1-N2-N6-N6'-N7-N8-N9-N10-N11 : **(76.5,103.5,130.5)**
- 5.Rota: A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G9-G10-G11-G15-K1-K2-K3-K4-K5-K6: **(75.1,96.9,121.8)**
- 6.Rota: A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G3-G4-G4'-M1-M1'-M5-M6-M6'-M7-M8-M9-M10-M11-N11: **(82.10,112.90,141.2)**
- 7.Rota: A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G3-G4-G4'-M1-M4-M6-M6'-N1'-N5-N6-O1-O2-O3-O4-O5-O6: **(85.90,119.80,149.90)**
- 8.Rota: A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G3-G4-G5-G6-G8: **(47.20, 65.40,85.7)**
- 9.Rota: A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G9-G10-G11-G13: **(58, 73.1, 92.40)**
- 10.Rota: A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G9-G10-G11-G14-H3'-H4: **(62.8, 80.7,101.4)**
- 11.Rota: A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G9-G10-G11-G14-K5'-K5: **(64.4, 83.4, 106.4)**
12. Rota: A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G9-G10-G11-G14-I7-I8: **(62.6,79.9,101)**
- 13.Rota: A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G9-G10-G11-G15-L1-L2-L3-L4: **(72.7,92.2,113.7)**

14.Rota: A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G9-G10-G11-G15-H1-H2-H3-H4:
(72.4,91.2,113)

15.Rota: A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G9-G10-G11-G15-I1-I2-I3-I4-I5-I6-I7-I8:
(76.4,97.8,122.8)

16. Rota: A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G3-G4-G4'-M1-M2-M6-M6'-N4-N6-01-02-03-04-05-06: (84, 115.4, 144.9)

Şebeke diyagramındaki tüm alternatif yolların süreleri hesaplandıktan sonra, tüm yolların kritiklik dereceleri hesaplanabilir. Şekil 6.4'te tüm yolların kritiklik dereceleri hesaplanmıştır ve Çizelge 6.6'da gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Alternatif rotaların kritiklik derecesi (Cp_i) hesaplanması

Çizelge 6.6. Yolların Kritiklik Dereceleri

Yol	Cp_i
1.Rota	1.00
2. Rota	-0.44
3. Rota	0.61
4. Rota	0.68
5. Rota	0.55
6. Rota	0.84
7. Rota	0.96
8. Rota	-0.1
9. Rota	0.03
10. Rota	0.20
11. Rota	0.28
12. Rota	0.19
13. Rota	0.43
14. Rota	0.41
15. Rota	0.56
16. Rota	0.88

BÖLÜM 7

SONUÇLAR

Proje yönetimi, üretimde ve inşaat sektöründe yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. İnşaat sürecinin zorluğu ve karmaşık birçok faaliyet bulundurmasından dolayı proje yönetimi tekniklerinin etkili bir şekilde kullanılması önemlidir. Bu projede klasik PERT ve bulanık PERT teknikleri kullanılmıştır. Mermer fabrikası kurulumu için tasarlanmış proje yönetimi, her iki teknikle de uygulanmıştır.

Klasik PERT tekniğinde projenin toplam tamamlanma süresi 119.22 gün olarak bulunmuştur. Projenin kritik yolu A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G3-G4-G4'-M1-M3-M6-M6'-N3-N6-O2-O3-O4-O5-06 olarak bulunmuştur. Bulanık PERT yönteminde ise, tüm şebeke diyagramının içerdiği 16 alternatif yol arasından, çizelgedeki kritiklik dereceleri sonuçlarına göre, kritiklik derecesi 1'e en yakın değer olan projenin kritik yolu 1. rota yani, A-B-C-D-E-F-G-H-G1-G2-G3-G4-G4'-M1-M3-M6-M6'-N3-N6-O2-O3-O4-O5-06 rotası, bulanık süreler olarak da (90.9,122.1,151.9) gün olarak belirlenmiştir. Her iki teknikte de kritik yollar aynı bulunmuştur.

Genel olarak da iki teknikle bulunan sonuçlar kıyaslandığı zaman, teknikler arasında büyük farklılıklar bulunmamıştır. Klasik PERT yönteminin proje tamamlanma zamanı, bulanık PERT yöntemine göre çok yakın bir değer olmakla beraber daha kısadır. Projelerin tamamlanma zamanlarındaki bu farklılığın sebebi, klasik PERT tekniğinde iş zamanlarındaki tahminlerde bir olasılık dağılımı kullanılırken, bulanık PERT tekniğinde olasılık söz konusu değildir ve iş zamanları bulanık, yani proje süreleri kesin sınırları belirli olmayan sürelerle hesaplanmaktadır. Hesaplamalar yapılırken, klasik PERT tekniğinden farklı bir şekilde, bir belirsizliğin hakimiyeti söz konusudur. Bu belirsizlik proje ekibine, projelerin tamamlanma süreleri hakkında

oluşabilecek herhangi bir sapma hakkında fikirler verebilmektedir. Yani proje ekibine, projenin tamamlanma süresini planlarken, esneklik sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

1. Ertuğrul, İ. ve Tuş, A., “CPM optimizasyonunda bulanık verilerin kullanılması”, YA/EM 2006 – Yöneylem Arastırması / Endüstri Mühendisligi – XXVI. Ulusal Kongresi, 3 – 5 Temmuz 2006, Kocaeli,364-367 (2006).
- 2 . L.A. Zadeh, "Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes", IEEE Transactions on Systems, man, and Cybernetics, Vol. SMC-3, No. 1,,28-44, (1973).
3. Yamak, O., “Proje yönetim teknikleri”, İstanbul (1998).
4. Paula, Martin and Karen, Tate. “Getting started in project management”, New York: John Wiley&SonsInc (2001)
5. İnternet: Savaş Sakar “Proje Yönetimi”
https://members.tripod.com/war_project/projeler/proje1.html
6. İnternet: BEM - Bir Endüstri Mühendisi “Proje yönetiminin tarihsel gelişimi”
<https://www.birendustrimuhendisi.com/proje-yonetimi-tarihcesi/?cv=1>
7. Albayrak, B., Proje Yönetimi ve Analizi. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım (2009).
8. Spinner, M. P., “Project Management, Principles and Practices”. New Jersey: Prentice Hall, 1st Edition, Syf. 4-16 (1997).
9. Meredith, Jack R.,Mantel, Jr, Samuel J. “Project Management”, A Managerial Approach. New York: John Wiley&SonsInc., 4th Edition, Syf 303-363 (2000).
10. Kargül, D. “Yatırımlarda Proje Analizi. İstanbul”, İstanbul Menkul Kıymetler Borsası, Syf. 225-227 (1996).
11. Render, Barry and Stair, Ralph, M. “Quantitative Analysis for Management, New Jersey: PrenticeHall, 5th Edition, Syf. 731-732 (1994).
12. DeGarmo, E. Paul, Sullivan, William G. ve Canada, John R.,”Engineering Economy”. New York: Macmillan Publishing Company, 7th Edition, Syf 565-566 (2000)

13. Render, Barry and Stair, Ralph, M., “Quantitative Analysis for Management”. New Jersey: PrenticeHall, 5th Edition, Syf. 731-733 (1994).
14. Render, Barry and Stair, Ralph, M. “Quantitative Analysis for Management”. New Jersey: PrenticeHall, 5th Edition, Syf. 731-733 (1994).
15. Cinemre, N., Yöneylem Araştırması, İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım, 2.Baskı, Syf. 196-197 (2004).
16. Sağın, S., “ Ağ Çözümleme Yöntemleri ile Planlama ve İzleme”. İstanbul: Sistem Yayını, No:2, Syf. 37-38 (1974).
17. Cinemre, N., Yöneylem Araştırması, İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım, 2.Baskı, Syf. 196-197 (2004).
18. İnternet: “Fuzzy Logic” www.ta-eng.com/industry/mforum/fuzzy/preface.htm (2002)
19. Russel S. ve Norvig P., Artificial Intelligence, “A Modern Approach”, 2nd Edition, Prentice Hall, California (2003).
20. Temurtaş, F. Kimyasal Sensör Dizilerinde Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık Uygulamaları: Gazların Sınıflandırılması ve Gaz Konsantrasyonlarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya (2000).
21. Yılmaz M., Arslan E., İTÜ, “Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması”, Harita Ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri Stb Komisyonu (2005).
22. Başlıgil, H., “Bulanık AHP ile Yazılım Seçimi”, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, İstanbul, (2004).
23. Wu, H.C. 1997. Fuzzy-valued Integrals of Fuzzy-valued Measurable Functions with Respect to Fuzzy-valued Measures Based on Closed Intervals. Fuzzy Sets and Systems, 87 65-78 (1997).
24. Kaufman, A. ve Gupta, M.M., Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science, Elsevier Science Publishers B.V., The Netherlands (1988).
25. Chanas, S.ve Zielinski, P., “Critical Path Analysis in the Network with Fuzzy Activity Times”, Fuzzy Sets and Systems , 122, 195-204. (2001).
26. Dubois, D., Chanas, S, Necessary criticality in the network with imprecise activity times. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics 32, 393–407 (2002).

27. McCahon, C.S., and E.S. Lee, “Comparing Fuzzy Numbers: The Proportion of the Optimum Method,” *Inter’l Journal of Approx, Reasoning*, Vol 4, pp. 159-163 (1988).
28. Buckley, J.J.: Fuzzy PERT. In: Evans, G.W., Karwowski, W., Wilhelm, M.R. (eds.) *Applications of Fuzzy Set Methodologies in Industrial Engineering*, pp. 103–114. Elsevier Science, Amsterdam (1989).
29. Gencer, C. ve Türkbey, O., “Proje Tamamlanma Zamanının Bulunmasında İstatistiksel Analiz Yardımıyla Bulanık PERT, Klasik PERT ve Gerçek Dağılım Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, *DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt: 3 Sayı: 2 Sh. 29-39 Mayıs (2001).

ÖZGEÇMİŞ

Emre KENAR, 1992 yılında Ankara'da doğdu; ilkokul ve ortaokulu Ankara'da tamamladı. Balgat Anadolu Teknik Lisesi Mekatronik Bölümü'nden mezun oldu. 2010 yılında Gazi Üniversitesi Kontrol ve Otomasyon Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2012'de mezun oldu. Önlisans eğitimi sırasında akaryakıt istasyonları otomasyon sistemleri kurulumu işi yaptı. 2012 yılında Karabük Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başladı ve 2017 yılında mezun oldu. Ayrıca ikinci üniversite programı kapsamında Anadolu Üniversitesi Lojistik Bölümü'nden 2019 yılında mezun oldu. 2017 yılından itibaren maden sektörüne hizmet veren özel bir firmada endüstri mühendisi ve teknik servis olarak çalışmaya devam etmektedir.
