

Şebeke Analizinde Cpm Tekniği ve Bir Uygulama

Bahman Alp Rençber¹

Özet

Bu çalışmanın amacı, şebeke analizinde CPM tekniğinin araştırılmasıdır. Bu amaçla verileri “Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryollarından” temin edilen Kayaş – Kayseri arasında bulunan demiryolu hattına kurulacak olan “Merkezi Trafik Kontrol” projesi ele alınmıştır. Projeye ait şebekede kritik ve kritik olmayan faaliyetler belirlenmiş ve bu faaliyetlerden yararlanarak kritik yol bulunmuştur. Ayrıca faaliyetler için hızlandırılmış zaman ve hızlandırılmış maliyetler dikkate alınarak projenin en kısa sürede ve en az maliyetle tamamlanması hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Şebeke Analizi, CPM Tekniği, Hızlandırılmış Zaman Ve Maliyetler.

Cpm Technique in Network Analysis and Its Application

Abstract

The purpose of this study is to investigate the CPM technique in network analysis. Fort this aim, “Central Traffic Control” Project obtained from “Turkish State Railways” that will be established in Kayaş- Kayseri line is elaborated. The critical and non-critical activities were determined and with the aid of these activities, the critical path was devised. Furthermore, considering the accelerated time and costs, the method to complete the Project in the soonest period and with the lowest cost is calculated.

Key Words: Network Analysis, CPM Technique, Accelerated Time and Costs

1.GİRİŞ

Günümüzde büyük ölçekli projelerin planlanması, programlanması ve kontrol tekniklerinin ortak kullanışı şebeke ağı planlanması olarak bilinir. Şebeke, faaliyetler listeleri ve öncelik listelerinin hazırlanmasıyla geliştirilebilir. Bir şebeke projenin tamamlanması için işlem sırasını resmeder. Hareket noktasından son tamamlanma hedefine kadar hangi işlemlerin nasıl bir sırayla yerine getirileceğini gösterir. Büyük ölçekli projelerin niteliği, ne yapılması gerektiğinin planlanması ve başarı programının birlikte yapılmasını gerektirir. Bunlar birbirine bağlıdır ve büyük ölçekli projelerin planlanması kaynakların toplam projeye dağıtılması için bir plan da içerir. Bunu yapmak için gerekli işlemleri, bunların zamanlama ve birbiriyle ilişkilerini, yapılabilecek bütün programların insan gücü ve diğer kaynak gereksinimlerini ve bütün bunların projenin tamamlanma tarihi ile ilişkilerini belirlemeliyiz. Projelerin karmaşık olması, gerekli

¹ Yrd. Doç. Dr., Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi, Endüstriyel Teknoloji Eğitim Bölümü, e-mail: bahman@gazi.edu.tr

işlemler , program ve kaynakların dağıtımını kapsayan eşgüdümlü bir planı gerektirir. Bu gereksinmeyi karşılamak üzere şebeke planlama teknikleri geliştirilmiştir (Sezgin ve Ada,1991: 251).

Şebeke analizi, projenin belirlenen hedeflerine varabilmesi için projeye ayrılan kaynakları, var olan çevre şartları içinde, optimum şekilde kullanılmasına olanak sağlar. Başka bir deyişle; şebeke analizinin amacı, maliyetleri ve süreyi minimize etmektir (Halaç, 1987).

Şebeke analizinde projenin gerçekleştirilmesi için gerekli planlama, programlama ve kontrolü kapsayan genel yönetim faaliyetleridir. Burada;

- a) **Planlama:** proje yönetiminde en önemli safha proje planlamasıdır. Planlama aşaması, projeyi çeşitli faaliyetlere bölmekle başlar. Daha sonra faaliyetlerin süreleri tahmin edilir ve iş akış şeması çizilir.Çizilen iş akış şeması,projenin faaliyetleri arasında ilişkileri temsil eden bir çizelgedir.Planlama aşaması olarak iş akış şemasının çizilmesi farklı işleri ayrıntıları ile inceleme avantajı sağlar ve proje uygulamaya konulmadan önce önerilen geliştirmeleri yapma olanağı verir.Çok daha önemli olan yönü, proje için programı geliştirmede kullanılmasıdır.
- b) **Programlama:** programlama aşamasının amacı, her bir faaliyet için başlama ve bitiş zamanını gösteren bir zaman diyagramı hazırlamaktır. Bu diyagram belirlenen faaliyetin projenin diğer faaliyetlerle ilişkisini de gösterir. Ayrıca program, proje zamanında tamamlanırsa, özen gerektiren zaman açısından kritik faaliyetleri göstermelidir. Program kritik olmayan faaliyetler için geciktirildikleri zaman veya sınırlı kaynaklar etkin bir şekilde kullanıldığı zaman kullanılması avantajlı olan gecikme miktarı veya serbestlik süresini göstermelidir.
- c) **Kontrol:** Kontrol aşamasında, düzenli aralıklarla proje için ilerleme raporlarını düzenleme amacına yöneliktir ve bu amaçla iş akış diyagramı ile zaman diyagramı kullanılır. Kontrol aşaması ile proje güncelleştirilir, analiz edilir ve gerekirse projenin kalan bölümleri için seçenekler belirlenir (Gaither, 1980: 297).

2.MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Araştırma materyalini “Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryollarından” temin edilen Kayaş – Kayseri arasında bulunan demiryolu hattına kurulacak olan “Merkezi Trafik kontrol” sisteminin kurulması oluşturmaktadır. Proje analizinde CPM tekniği kullanılmıştır.

Projenin faaliyetleri Tablo 1’de ve faaliyetler ile ilgili tamamlama zamanı ve maliyetleri tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 1. Projeye Ait Faaliyetler.

Faaliyetler		
Öncül Faaliyetler		
A	Sinyalizasyon tesisinin kurulacağı hattın incelenmesi	-
B	Blok uzunluklarını etkileyen faktörlerin tespiti	-
C	Bu faktörlere bağlı olarak blok bölgelerin ve OS'lerin tespiti	A B
D	Yapılan tespitlere göre blok devre planlarının çizimi	C
E	Kablo planlarının oluşturulması	C
F	Gerekli sinyal, ATS ve makas ekipmanlarının getirilmesi	D
G	Sinoptik panel, merkez ekipman ve merkez bilgisayarların getirilmesi	D
H	İstasyon içi teçizatlar ve masaların getirilmesi	D
I	Gerekli yedek parçanın getirilmesi	D
J	Sinyal, OS dolaplarının ve telefon kutularının yaptırılması	D
K	Kablo güzergahının kazılması ve kablunun eşzamanlı yerleştirilmesi	E
L	Blok bölgelerine sinyal dolaplarının yerleştirilmesi	J
M	Blok bölgelerine sinyallerin, ATS cihazlarının ve telefonların yerleştirilmesi	F
N	Sinyaller, ATS cihazları ve sinyal dolapları bağlantılarının yapılması	K L M
O	İstasyon teçizat dolaplarının yerleştirilmesi	H
P	İstasyon içi giriş-çıkış sinyalleri, OS makasları ve ATS cihazlarının yerleştirilmesi	F
Q	İstasyon içi makas, sinyal ve ATS'lerin teçizat dolapları ile bağlantılarının yapılması	K O P
R	İstasyon masalarının yerleştirilmesi ve hat bağlantılarının yapılması	Q
S	Merkez sinoptik panelin kurulması ve bilgisayarların yerleştirilmesi	G
T	Merkez yönetim cihazları ile hat bağlantılarının yapılması, kontrolü	N R S
U	Merkez CTC cihazlarının çalışma sistemlerinin simülatör üzerinde kontrolü	T
V	Sistemi çalıştıracak olan dispeçerlere sistem eğitiminin verilmesi	S
W	Geçici kabul için sisteme ait bütün komponentlerin TCDD yetkilileri huzurunda testi	U V
X	Geçici kabul döneminde sistemin dispeçerler tarafından çalıştırılması	W
Y	Sistemin tam kabulü	I X

Tablo 2: Proje Faaliyetler İle İlgili Tamamlama Zamanı ve Maliyetleri

Faaliyetler	Normal zaman (hafta)	Hızlandırılmış Zaman (hafta)	Normal Maliyet (\$)	Hızlandırılmış Maliyet (\$)	Azaltılmış Hafta sayısı	Maliyet Artışı (\$)	Haftalık maliyet artışı (\$)
A	5	4	70000	100000	1	30000	30000
B	4	3	60000	80000	1	20000	20000
C	4	3	60000	70000	1	10000	10000
D	6	4	40000	60000	2	20000	10000
E	3	2	40000	50000	1	10000	10000
F	9	9	2760000	2760000	0	0	
G	11	11	1860000	1860000	0	0	
H	16	16	2570000	2570000	0	0	
I	15	15	5180000	5180000	0	0	
J	9	7	660000	850000	2	190000	95000
K	16	13	580000	880000	3	300000	100000
L	14	12	80000	120000	2	40000	20000
M	18	15	100000	150000	3	50000	16700
N	10	9	250000	380000	1	130000	130000
O	14	11	100000	130000	3	30000	10000
P	20	16	580000	790000	4	210000	52500
Q	12	11	940000	1290000	1	350000	350000
R	11	10	330000	450000	1	120000	120000
S	3	3	250000	250000	0	0	
T	7	6	410000	560000	1	150000	150000
U	14	14	1210000	1210000	0	0	
V	8	8	580000	580000	0	0	
W	2	2	30000	30000	0	0	
X	16	16	220000	220000	0	0	
Y	1	1	20000	20000	0	0	

2.2 Yöntem

Şebeke analizinde Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (Project Evaluation and Review Technique, PERT) ve Kritik Yol Metodu (Critical Path Method, CPM) projelerin planlanması ve uygulamadaki denetimi için kullanılan yöntemlerdir (Öztürk, 1987:169). Ele alınan projenin analizinde CPM metodu kullanılmıştır.

PERT ve CPM yöntemleri arasındaki fark projelerin tamamlanma süresi ve maliyetleriyle ilgilidir. CPM yönteminde proje daha önce yapıldığından dolayı eldeki

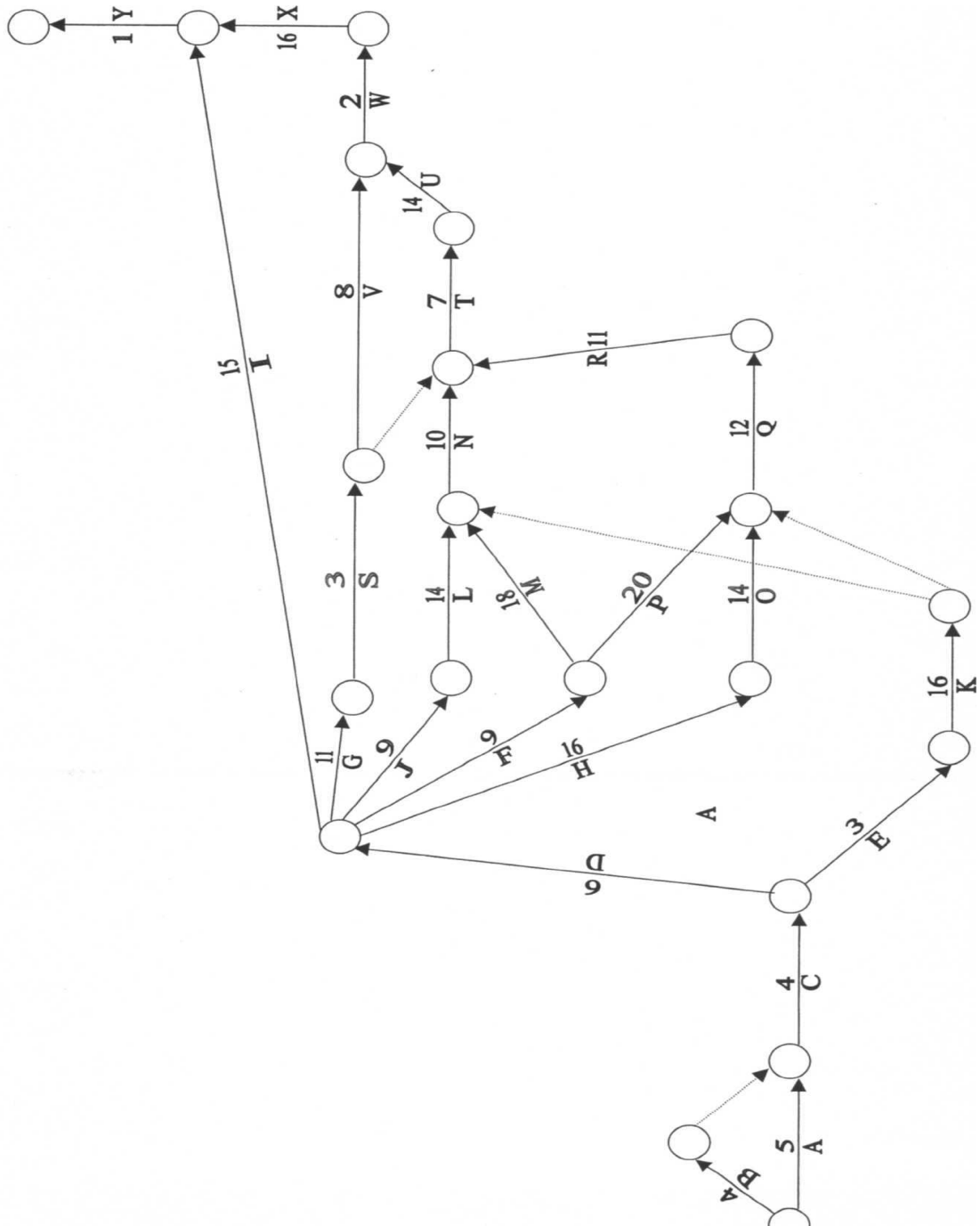
bilgilerden yararlanarak projenin tamamlanma süresi ve maliyeti hesaplanabilmektedir. PERT yönteminde ise, proje ilk kez uygulandığı için faaliyetlerin zamanının belirlenmesinde iyimser, en olası ve kötümser zamanlardan yararlanır. Bu üç zamanın ortalaması, faaliyetin tamamlanma süresini belirlemektedir (Evans ve ark.,1984).

CPM metodundan yararlanarak projeler en az maliyet ve en kısa sürede bitirilebilmektedir. Bu yöntem daha önce uygulanmış projelerin analizinde kullanılmaktadır. Dolayısıyla projenin tamamlanma süresi ve maliyeti ile ilgili bilgiler bilinmektedir. CPM'de tüm faaliyetler için, normal zaman ve hızlandırılmış zaman olmak üzere iki zaman ve normal maliyet ve hızlandırılmış maliyet olmak üzere iki maliyet hesaplanmaktadır. Normal zaman bir faaliyetin normal şartlar altında yapılan zamanı göstermektedir. Normal maliyet, işlemlerin normal zamanda tamamlanması için gereken maliyettir. Hızlandırılmış zaman faaliyetin normal zamana göre daha kısa sürede bitirileceği zamanı göstermektedir. Hızlandırılmış maliyet hızlandırılmış zamanda faaliyetin tamamlanması için gerekli maliyettir (Gibbs,1984).

Toplam proje süresini kısaltmak için kritik yol üzerindeki faaliyetlerin kısaltılması gerekir. Bu amaçla kritik olmayan faaliyetlerin artık zamanlarından faydalanılır ve kaynaklar kritik olmayan faaliyetlerden kritik faaliyetlere aktarılır. Bunun için öncelikle hangi işlemi kısaltmanın maliyetinin en düşük olduğu belirlenmelidir. Aynı zamanda kritik yolu kısaltma hedefinin bir parçası olarak, kritik olmayan faaliyetleri, farklı zaman – maliyet özellikleriyle toplam proje maliyetini minimize etmede kullanabiliriz. İşlem zamanını bir birim kısaltmanın görece olarak daha yüksek maliyetli olduğu faaliyet sürelerini artırıp, daha düşük maliyetli faaliyetleri kısaltarak toplam proje maliyetini azaltabiliriz (Sezgin ve Ada, 1991: 257).

3. BULGULAR VE YORUM

Ele alınan projenin analizinde CPM yönteminden yararlanılmıştır. Projeye ait şebeke şeması şekil 1'de gösterilmiştir. Analiz sonuçları tablo 3 ve 4'de verilmiştir. Tablo 3'de tüm faaliyetlerin en erken başlama zamanı (The Earliest Start Time, ES) ve en erken bitiş zamanı (The Earliest Finish Time, EF), aynı şekilde faaliyetlerin en geç başlama zamanı (The Latest Start Time, LS) ve en geç bitiş zamanı (The Latest Finish Time, LF) elde edilmiştir. Bu değerlerden yararlanarak faaliyetler için serbest zaman bulunmuş ve serbest zaman değerine göre kritik ve kritik olmayan faaliyetler belirlenmiştir. Serbest zamanı sıfır olan faaliyetler kritik faaliyetlerdir. Tablo 3'de görüldüğü üzere A, C, D, H, O, Q, R, T, U, W, X ve Y faaliyetleri kritik faaliyetlerdir.



Şekil 1: Projeye Ait Şebeke Şeması

Kritik faaliyetlerin tamamlanmasında gecikme olduğu takdirde projenin tamamlanma süresi gecikme ile karşı karşıya kalacaktır. Dolayısıyla kritik faaliyetlerin zamanında bitirilmesine dikkat edilmelidir. Serbest zamanı sıfırdan farklı olan faaliyetler kritik olmayan faaliyetlerdir. Bu tür faaliyetlerin tamamlanmasında serbest zaman değerine göre gecikme yapılabilmektedir. Bu gecikmeler projenin tamamlanma süresine hiç bir etki yapmaz.

Tablo 3: Projeye Ait Kritik Yol

Faaliyetler	Süre (hafta)	En erken başlama zamanı (ES)	En erken Bitiş zamanı (EF)	En geç Başlama zamanı (LS)	En geç bitiş zamanı (LF)	Serbest zaman =LS-ES = LF-EF	Kritik yol üzerinde bulunma
A	5	0	5	0	5	0	Evet
B	4	0	4	1	5	1	Hayır
C	4	5	9	5	9	0	Evet
D	6	9	15	9	15	0	Evet
E	3	9	12	26	29	17	Hayır
F	9	15	24	16	25	1	Hayır
G	11	15	26	54	65	39	Hayır
H	16	15	31	15	31	0	Evet
I	15	15	30	92	107	77	Hayır
J	9	15	24	35	44	20	Hayır
K	16	12	28	29	45	17	Hayır
L	14	24	38	44	58	20	Hayır
M	18	24	42	40	58	16	Hayır
N	10	42	52	58	68	16	Hayır
O	14	31	45	31	45	0	Evet
P	20	24	44	25	45	1	Hayır
Q	12	45	57	45	57	0	Evet
R	11	57	68	57	68	0	Evet
S	3	26	29	65	68	39	Hayır
T	7	68	75	68	75	0	Evet
U	14	75	89	75	89	0	Evet
V	8	29	37	81	89	52	Hayır
W	2	89	91	89	91	0	Evet
X	16	91	107	91	107	0	Evet
Y	1	107	108	107	108	0	Evet
Kritik Yol :		A-C-D-H-O-Q-R-T-U-W-X-Y					

Şekil 1'deki şebeke şemasından görüldüğü üzere şebekenin ilk ve son olayları arasında çeşitli yollar (güzergahlar) bulunmaktadır. Bu yollar içerisinde en uzun olanına kritik yol denir. Bu yolun üzerinde olacak herhangi bir gecikme bütün projenin tamamlanmasını geciktirir. Tablo 3'den ve şebeke şemasından görüldüğü üzere A-C-D-H-O-Q-R-T-U-W-X ve Y faaliyetlerinin bulunduğu yol en uzun yoldur. Bu yol projenin kritik yoludur. Kritik yolda yer alan faaliyetlerin tamamlanma süreleri 108 haftadır. Bu süre projenin tamamlanma süresine eşit olmaktadır. Başka bir deyişle, ele alınan proje normal zamanda 108 haftada tamamlanacaktır.

Tablo 4: Hızlandırılmış Durumda Projenin Tamamlanma Süresi ve Maliyeti

	Hızlandırılmış faaliyetler	(C)	(D)	(O)	(A)	(B)	(P)	(R)	(T)	(Q)	
	Şebeke üzerindeki çeşitli yollar (güzergahlar)	Normal zaman	1. kade me	2. kade me	3. kade me	4. kade me	5. kade m	6. kade me	7. kade me	8. kade me	9. kadem e
1	A C D I Y	31	30	28	28	27	27	27	27	27	27
2	A C D G S V W X Y	56	55	53	53	52	52	52	52	52	52
3	A C D G S T U W X Y	69	68	66	66	65	65	65	65	64	64
4	A C D J L N T U W X Y	88	87	85	85	84	84	84	84	83	83
5	A C D F M N T U W X Y	92	91	89	89	88	88	88	88	87	87
6	A C D F P Q R T U W X Y	107	106	104	104	103	103	99	98	97	96
7	A C D H 0 Q R T U W X Y	108	107	105	102	101	101	101	100	99	98
8	A C E K Q R T U W X Y	91	90	90	90	89	89	89	88	87	86
9	A C E K N T U W X Y	78	77	77	77	76	76	76	76	75.	75
10	B C D I Y	30	29	27	27	27	26	26	26	26	26
11	B C D G S V W X Y	55	54	52	52	52	51	51	51	51	51
12	B C D G S T U W X Y	68	67	65	65	65	64	64	64	63	63
13	B C D J L N T U W X Y	87	86	84	84	84	83	83	83	82	82
14	B C D F M N T U W X Y	91	90	88	88	88	87	87	87	86	86
15	B C D F P Q R T U W X Y	106	105	103	103	103	102	98	97	96	95
16	B C D H 0 Q R T U W X Y	107	106	104	101	101	100	100	99	98	97
17	B C E K Q R T U W X Y	90	89	89	89	89	88	88	87	86	85
18	B C E K N T U W X Y	77	76	76	76	76	75	75	75	74	74

1.KADEME	C:	4	>	3	1*10000=10000 \$
2.KADEME	D:	6	>	4	2*10000=20000 \$
3.KADEME	O:	14	>	11	3*10000=30000 \$
4.KADEME	A:	5	>	4	1*30000=30000 \$
5.KADEME	B:	4	>	3	1*20000=20000 \$
6.KADEME	P:	20	>	16	4*52500=210000 \$
7.KADEME	R:	11	>	10	1*120000=120000 \$
8.KADEME	T:	7	>	6	1*150000=150000 \$
9.KADEME	Q:	12	>	11	1*350000=350000 \$

Normal Hızda	
Toplam süre :	108 hafta
Toplam maliyet :	18 980 000 \$
Hızlandırılmış Durumda	
Toplam süre :	98 hafta
Toplam maliyet :	19 920 000 \$

Ancak projenin en kısa sürede ve en az maliyetle bitirilebilmesi amacıyla faaliyetler için hızlandırılmış zaman dikkate alınmıştır. Bu amaçla, kritik yolda en düşük hızlandırma maliyeti olan faaliyet kısaltılır. Bu işlemden sonra yeni bir kritik yol elde edilir. Yeni kritik yolda yine en düşük hızlandırma maliyeti olan faaliyet kısaltılır. Tekrar başka bir kritik yol elde edilir. Bu kritik yolda tekrar en düşük hızlandırma maliyeti olan faaliyet kısaltılır. Bu işlemlere tüm faaliyetleri hızlandırılmış olan bir kritik yolun elde edilmesine kadar devam edilir. Tüm faaliyetleri hızlandırılmış bir kritik yolun bulunması ile amaca ulaşılmış olur. Yani, projenin tamamlanması için en kısa süre ve en az maliyet elde edilmiş olur. Araştırma için ele alınan proje için yukarıda ifade edilen işlemlerin sonucu tablo 4'de verilmiştir. Bu tablo'dan görüldüğü üzere normal hızda projenin tamamlanma süresi 108 hafta, ve maliyeti 18 980 000 dolar olmaktadır. Ancak hızlandırılmış durumda projenin tamamlanma süresi 98 hafta, ve maliyeti 19 920 000 dolar olmaktadır.

4. Sonuç ve Öneriler

Görüldüğü gibi ele alınan projenin en kısa süre ve en düşük maliyetle tamamlanması için çeşitli kritik yollar üzerinde bulunan faaliyetlerin süreleri hızlandırılmıştır. Bu işlemler tüm faaliyetleri hızlandırılmış bir kritik yolun bulunması ile son bulmuştur. Elde edilen son kritik yol, projenin en kısa süre olarak 98 haftada ve en az maliyet olan 19 920 000 dolar'la tamamlanabileceğini göstermektedir.

Teknolojik gelişmelere paralel olarak büyük ölçekli projeler gün geçtikçe daha karmaşık hale gelmektedir. Bu projeler yüzlerce ve bazen binlerce faaliyet içermektedir. Bu tür projelerin niteliği, ne yapılması gerektiğinin planlanması ve başarı programının birlikte yapılmasını gerektirir. Bunu yapmak için gerekli faaliyetleri, bunların zamanlama ve birbirleriyle ilişkilerini ve bütün bunların projenin tamamlanma süresi ile ilişkilerini belirlemeliyiz. Proje yöneticisi, etkin bir plan geliştirilmesi için, hangi faaliyetlerin yerine getirileceği, ne zaman ve kimler tarafından gerçekleştirileceğini, faaliyetlerin ne şekilde yapılacağını, ne zaman tamamlanacağını belirtmektedir. Bu sorulara cevap bulduğu zaman hedeflerini ve planın temellerini belirler.

Büyük ölçekli projelerde zaman ve maliyet kontrolü, projelerin faaliyet sayısının artması sebebiyle zorlaşmaktadır. Dolayısıyla projelerde zaman ve maliyet kontrolü klasik yöntemlerle mümkün olamamaktadır. Bunun için şebeke analizinde kantitatif tekniklerin kullanılması kaçınılmaz bir gerçektir. Bu yöntemler PERT ve CPM'dir. Proje yöneticileri bu yöntemlerden yararlanarak projelerin tamamlanma sürelerini minimize edebilmekte ve dolayısıyla projeler en az maliyetle uygulanabilmektedir.

KAYNAKLAR

- Evans, J.; Anderson, D.; Sweeney, D.; Williams, T. (1984), “Applied Production and Operations Management”, West Publishing Company, Minnesota.
- Gaither, N. (1980), Production and Operation Management: A Problem Solving and Decision-Making Approach, The Dryden Press, N.Y.
- Gibbs, M. (1984), The Management of Operations, John Wiley and Sons Inc., N.Y.
- Halaç, O. (1978), Kantitatif Karar Verme Teknikleri, Arpaz Matbaacılık, İstanbul.
- Öztürk, A. (1978), Yöneylem Araştırması, Uludağ Üniversitesi Yayınları, No: 3-040-0113, Bursa.
- Sezgin, A.; Ada, E. (1991), İşletmeciler İçin Yöneylem Araştırması, Türk Pazarlama Vakfı Yayınları, Ankara.