

PAPER DETAILS

TITLE: PROJE TAMAMLANMA ZAMANININ BULUNMASINDA İSTATİSTİKSEL ANALİZ
YARDIMIYLA BULANIK-PERT, KLASİK-PERT VE GERÇEK-DAGILIM YÖNTEMLERİNİN
KARSILASTIRILMASI

AUTHORS: Cevriye GENCER, Orhan TÜRKBEY

PAGES: 29-39

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/590977>



**PROJE TAMAMLANMA ZAMANININ BULUNMASINDA İSTATİSTİKSEL
ANALİZ YARDIMIYLA BULANIK-PERT, KLASİK-PERT VE GERÇEK-DAĞILIM
YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**(COMPARISON OF FUZZY-PERT, CLASSICAL-PERT AND REAL-DISTRIBUTION
METHODS BY USING THE STATISTICAL ANALYSIS IN FINDING THE
COMPLETING TIME OF PROJECT)**

Cevriye GENCER*, Orhan TÜRKBEY*

ÖZET/ABSTRACT

Bir projenin gerçekleşmesi için sıralanan işlerin ileriye dönük "başlama ve bitişi ile ilgili bilgilerin belirlenmesinde" kullanılan planlama ve kontrol tekniklerinden biri Klasik Pert (KPert) tekniğidir. Literatürde KPert tekniğine alternatif olarak Fuzzy-Pert (FPert) ve Gerçek Dağılım (GDag) teknikleri bulunmaktadır. Her üç teknik ile bir projenin; başlama ve bitişi ile ilgili bilgiler hesaplanabilir. Ancak, bir projenin başlama ve bitiş zamanlarının bulunmasında projenin büyüklüğünün değişebilirliğine bağlı olarak belirtilen yöntemlerin birbirlerine göre istatistiki anlamlılık yönünden üstünlükleri üzerinde durulmamıştır. Bu çalışmada, istenen amacı sağlayabilmek için aynı proje örnekleri üzerinde belirtilen metotlar istatistiki anlamlılık yönünden karşılaştırılarak bir analiz ve değerlendirme çalışması yapılmıştır.

*In the literature, **Classical-PERT** (CPert), **Fuzzy-PERT** (FPert) and **Real-PERT** (RPert) techniques take place in the probabilistic determination of starting and finishing times, which are towards to the future of operational activities that are found in a project planning and control technique. But in each of these three techniques a statistical analysis is not done in terms of operation number, operation confusion, solution time and quality. In this study, by constructing a network, a comparable statistical analysis is made according to the mentioned performance criteria of each of the three techniques. Between the mentioned techniques, the paired-t test is applied in order to investigate whether there is a statistically significant difference or not. It is seen that CPert technique is more dominant when the results are considered in terms of solution difficulties and quality, operation confusion.*

ANAHTAR KELİMELER/KEY WORDS

Proje değerlendirme, Şebeke optimizasyonu, Bulanık kümeler, İstatistiksel analiz, Gerçek dağılım
Project evaluation, Network optimization, Fuzzy sets, Statistical analysis, Reald Distribution

1. GİRİŞ

PERT (Program Evaluation and Review Technique) şebeke analizinde kullanılan bir Planlama ve Kontrol tekniğidir. Bu teknik “bir projenin gerçekleşmesi yönünde yapılan işlerin, ne zaman başlayacağını, biteceğini ve ne gibi işlerin ne zaman ve hangi sıra ile yapılacağını” şebeke şeklinde yöneticiye görsel bilgiler sunar.

Projenin planlamasında işler için öngörülen süreler; uygulamaya geçildiğinde iklim koşulları, makine bozulmaları, malzeme temininde ki aksamalar, işçi sorunları v.b. çeşitli nedenlerden kaynaklanan değişiklikler gösterebilir. Pert tekniğinde, projenin belirsizlik ortamında yürütüldüğü ve şansa bağlı olarak çeşitli nedenlerden kaynaklanan değişikliklerden etkilenilebileceği dikkate alınmaktadır. Böylece işlerin sürelerinin belirli bir olasılık dağılımı ile oluştuğu kabul edilerek, projenin toplam süresiyle ilgili olasılıklar hesaplanabilmektedir. Pert hesaplamalarında, iş sürelerinin beta dağılımına uyduğu varsayılmaktadır. Ayrıca, beklenen değer ($\bar{t}$) ve standart sapma (σ) hesabında kullanılan formüller aşağıda verilmiştir.

$$\bar{t} = \mu = (a + 4m + b) / 6 \quad \text{ve} \quad \sigma = (b - a) / 6 \quad (1)$$

Burada; a = iyimser tahmin, b = kötümser tahmin, c = en olası tahmindir. Yine $a \leq m \leq b$ olmalıdır.

Çalışmada, kritik yol üzerindeki işler belirlenirken, işlerin ortalama sürelerinden yararlanmıştır. Şebeke üzerindeki kritik işlerin sürelerinin birbirinden bağımsız ve beta dağılımına uygun olduğu varsayıldığından, bu sürelerin toplamı, merkezi limit teoremi' ne göre normal dağılımlı bir rasgele değişken olmaktadır. Böylece toplam rasgele değişken değeri (T) aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$T = \sum_{i=1}^n x_i \quad (n = \text{birbirinden bağımsız rasgele değişken}) \quad (2)$$

Kritik yolun beklenen değeri (μ_T) ve varyansı (Γ_T^2), her bir değişkenin beklenen değeri (μ_i) ve varyansı (Γ_i^2) toplanarak bulunur. Yani

$$\mu_T = \sum_{i=1}^n \mu_i \quad \text{ve} \quad \Gamma_T^2 = \sum_{i=1}^n \Gamma_i^2 \quad (3)$$

Ancak, burada bulunan "toplam proje süresi" (μ_T) iyimser bir tahmindir. Gerçekte beklenen değer daha yüksektir. Yine, Pert yöntemiyle bulunan varyans değeri gerçek varyans değerinden daha büyüktür. Ayrıca Pert yöntemiyle bulunan kritik yol' un gerçek kritik yol olduğunu söylemek her zaman mümkün değildir. Bu çalışmada, Pert tekniği ile *Klasik Pert tekniği* (KPert) kastedilmektedir.

Projenin gerçek tamamlanma zamanını bulabilmek için, her bir iş için verilen a, m ve b değerlerinin ayrı ayrı hesaplanması gerekir. Böyle bir durumda proje gerçekleştiğinde; a, m, b = 3 ve yol (iş) sayısı = n alınırsa, $k = 3^n$ adet olası durumun olduğu görülecektir. Oluşan her bir olası durum için kritik yol ve süreler hesaplanabilir. Böylece, projenin olası tamamlanma süreleri, bu sürelerin tekrarlı sıklık değerleri bulunabilir ve o zaman projenin

gerçek tamamlanma zamanının beklenen değeri hesaplanabilir. Bu yöntemle “*Gerçek Dağılım metodu* (GDag)” denir.

Projenin tamamlanma zamanını bulmanın bir başka yöntemi de *Fuzzy Pert* (FPert) metodudur. Şebeke analizinde Bulanık Küme Teorisi (Fuzzy Set Theory) kullanılarak, proje tamamlanma zamanını bulmak yeni bir fikir değildir. Dubois ve Prade, Chanas ve Kamburowski ve Lee ve Li proje yönetimi problemlerine Bulanık Küme Teorisi’ni uygulamışlardır (Dubois ve Prade, 1979; Prade, 1981; Chanas ve Kamburowski, 1981; Lee ve Li, 1987). Dubois ve Prade bulanık iş zamanlarını hesaplarken Ford’un algoritmasında ki prensipleri kullanmışlar ve projelerinde her bir iş için “erken başlama ve geç bitiş zamanlarını” hesaplamışlardır (Dubois ve Prade, 1979; Prade, 1981). Chanas ve Kamburowski, Dubois ve Prade’nin metoduna benzer FPert diye anılan bir metodu geliştirmişlerdir (Dubois ve Prade, 1981; Chanas ve Kamburowski, 1979). Esas olarak FPert metodunda da Ford algoritması kullanılmaktadır. McChahon ve Lee ise, “bulanık iş zamanları” belli olan bir projenin tamamlanma zamanını bulmak için iki metodu karşılaştırmışlardır (McCohen ve Lee, 1988).

Lootsma ise, bir projenin “iş zamanları” uzman kişiler tarafından tahmin edildiğinde, proje planlamasındaki belirsizlikler üzerine çalışmış ve nümerik örnek üzerinde, proje tamamlanma zamanı açısından KPert, FPert ve simülasyon yöntemlerinin karşılaştırmasını yapmıştır (Lootsma, 1989).

Shipley, Korvin ve Ömer beta dağılımı yerine bulanık olasılıklı BIFPET metodunu önermişlerdir (Shipley, Korvin ve Ömer, 1997). Mon, Cheng ve Lu proje yönetiminde bulanık dağılımlı maliyet analizi üzerinde çalışmışlardır (Mon, Cheng ve Lu, 1995).

Bu çalışmada ise, proje tamamlanma zamanının bulunmasında KPert, FPert ve GDag metotları karşılaştırılmaya çalışılmıştır. Literatürde FPert metodunun farklı çözüm algoritmaları bulunmaktadır. Bu nedenle bir karışıklığa meydan vermemek için çalışmada kullanılan FPert metodunun aşamaları detaylı olarak dikkate alınmıştır.

2. FPERT YÖNTEMİ

McCahon ve Lee çalışmalarında, proje tamamlanma zamanının bulunmasında Lee ve Li’nin kıyaslama (comparison) metodu ile bileşik (composite) metodunu çözüm açısından karşılaştırmışlar ve bu metotlardan kıyaslama metodunun daha kısa ve anlaşılabilir olduğunu belirtmişlerdir (McCahon ve Lee, 1988; Lee and Li, 1987). Bu çalışmada, FPert metodu olarak bilinen kıyaslama metodu kullanılmıştır.

Örnek projede her işin bulanık zamanlarının bilindiği varsayılmaktadır. 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 hesaplanmaktadır.

$$E\tilde{S}_i = \max_{v_j \in P_i} [E\tilde{S}_j (+) \tilde{A}_j] \quad (4)$$

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

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

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

A_j j işinin bulanık iş 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 durumlar da, yeni başlayacak bir işin en erken başlama zamanının bulunmasında kullanılan bulanık öncüllük faktörleri $S(\tilde{A}_i), m(\tilde{A}_i)$

$$m(\tilde{A}_i) > m(\tilde{A}_j) \quad \text{veya} \quad m(\tilde{A}_i) = m(\tilde{A}_j) \quad (5)$$

ve

$$s(\tilde{A}_i) < s(\tilde{A}_j) \quad (6)$$

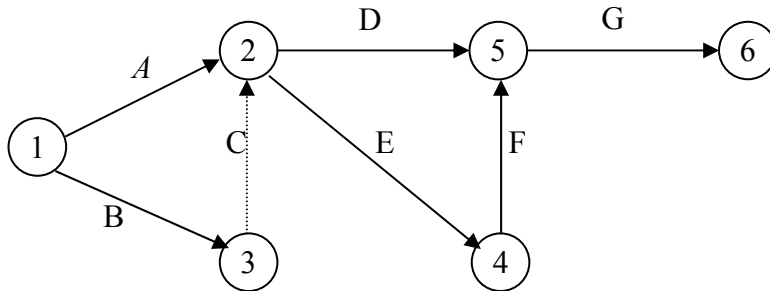
koşulları sağlandığında $\tilde{A}_i > \tilde{A}_j$ olduğu kabul edilmekte ve $\tilde{A}_i$ nin değerleri en erken başlama zamanları olarak dikkate alınmaktadır. Burada

$$m(\tilde{A}) = 1/3(a + b + c) \quad \text{ve} \quad s(\tilde{A}) = 1/18(a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc) \quad (7)$$

Algoritmanın daha iyi anlaşılabilmesi için aşağıda çözümlü bir örnek verilmiştir.

3. ÖRNEK

Şekil 1’de örnek şebeke, Çizelge 1’de de örnek şebekenin bulanık iş zamanları verilmektedir.



Şekil 1. Örnek projenin öncelik diyagramı

İş zamanları, (a,b,c) formunda üç köşeli bulanık sayılar olarak kabul edilmiştir. Burada, a bir setin en küçük, b bir setin orta, c bir setin en büyük değeri olarak tanımlanmaktadır. Örnek problemin, $E\tilde{S}$ (erken başlama) ve $E\tilde{F}$ (erken bitme) değerleri Çizelge 2’de, $L\tilde{S}$ (son başlama) ve $L\tilde{F}$ (son bitme) değerleri Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 1. Örnek problemin bulanık iş zamanları

İşler	Bulanık Zamanlar
A	(2,6,10)
B	(5,9,13)
C	(0,0,0)
D	(3,8,13)
E	(1,7,13)
F	(6,9,12)
G	(9,12,15)

Çizelge 2. A-G işleri için bulanık $E\tilde{S}$ ve $E\tilde{F}$ zamanları

İş	$E\tilde{S}$	$E\tilde{F}$
A	0	(2,6,10)
B	0	(5,9,13)
C	(5,9,13)	(5,9,13)
D	$\max [E\tilde{F}_A, E\tilde{F}_C] = E\tilde{F}_C = (5,9,13)$	(8,17,26)
E	$\max [E\tilde{F}_A, E\tilde{F}_C] = E\tilde{F}_C = (5,9,13)$	(6,16,26)
F	(6,16,26)	(12,25,38)
G	$\max[E\tilde{F}_D, E\tilde{F}_F] = E\tilde{F}_F = (12,25,38)$	(21,37,53)

Çizelge 3. A-G işleri için bulanık $L\tilde{S}$ ve $L\tilde{F}$ zamanları

İş	$L\tilde{S}$	$L\tilde{F}$
A	(3,3,3)	$\min [L\tilde{S}_D, L\tilde{S}_E] = L\tilde{S}_E = (5,9,13)$
B	(0,0,0)	(5,9,13)
C	(5,9,13)	$\min [L\tilde{S}_D, L\tilde{S}_E] = L\tilde{S}_E = (5,9,13)$
D	(9,17,25)	(12,25,38)
E	(5,9,13)	(6,16,26)
F	(6,16,26)	(12,25,38)
G	(12,25,38)	(21,37,53)

Bu durumda, bulanık proje tamamlanma zamanı $\tilde{T}$, G işinin $E\tilde{F}$ zamanıdır ve aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\mu_{\tilde{T}}(x) = \begin{cases} (x-21)/16, & 21 \leq x \leq 37 \\ (53-x)/16, & 37 < x \leq 53 \\ 0, & \text{d.d} \end{cases} \quad (8)$$

İş zamanları bulanık iken kritik yolu belirlemek zordur. Bu nedenle şebeke üzerinde yer alan her bir yolun kritiklik derecesi hesaplanmalı ve buna göre karar verilmelidir. Bir i yolunun kritiklik derecesi Cp_i şu şekilde hesaplanabilir.

$$Cp_i = \sup_x [\tilde{T}p_i \wedge \tilde{T}] \quad (9)$$

Burada $\tilde{T}p_i$, i. yolun bulanık yol uzunluğu, $\wedge$ iki kümenin kesişimi, sup ise bir kümenin en büyük değeridir ve $\tilde{T}p_i = (+) \tilde{A}_j$ şeklinde hesaplanabilir.

Örnek şebekede başlangıç ve bitiş arasında dört alternatif yol vardır. Bunlar; (A-D-G), (A-E-F-G), (B-C-D-G) ve (B-C-E-F-G)'dir.

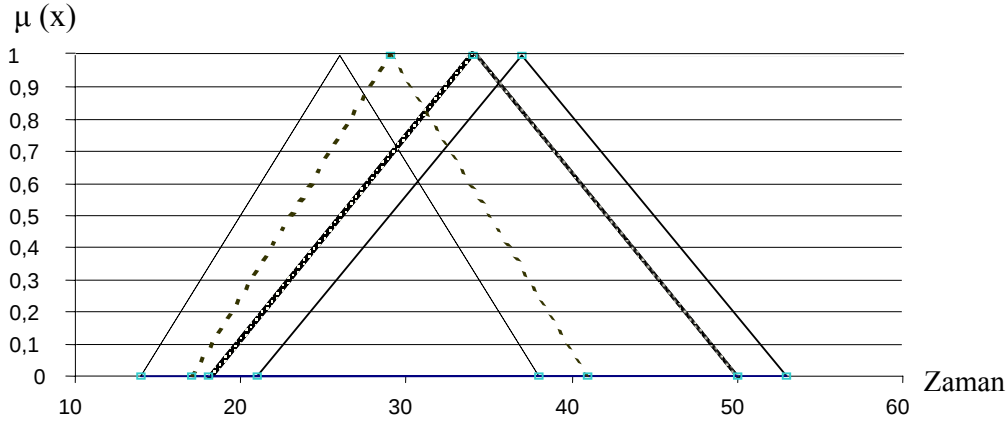
Tüm işler üç köşeli bulanık sayılarla temsil edildiğinden, bulanık yol uzunlukları aşağıdaki gibi kolayca hesaplanabilir.

1. (2,6,10) (+) (3,8,13) (+) (9,12,15) = (14,26,38)
2. (2,6,10) (+) (1,7,13) (+) (6,9,12) (+) (9,12,15) = (18,34,50)
3. (5,9,13) (+) (0,0,0) (+) (3,8,13) (+) (9,12,15) = (17,29,41)
4. (5,9,13) (+) (0,0,0) (+) (1,7,13) (+) (6,9,12) (+) (9,12,15) = (21,37,53)

Bundan sonra her bir yolun kritiklik dereceleri hesaplanabilir. Çizelge 4’de kritiklik dereceleri, Şekil 2’de ise bunların hesapları görülmektedir. Projenin bulanık kritik yolu (B-C-E-F-G)’dir.

Çizelge 4. Yolların kritiklik dereceleri

Yol	Cp_i
1	0.61
2	0.91
3	0.71
4	1.00



Şekil 2. Yolların kritiklik derecelerinin hesabı

4. ÖRNEK PROBLEMİN KPert YÖNTEMİYLE ÇÖZÜMÜ

KPert yöntemine göre işlerin ortalama zamanları ve varyansları Çizelge 5’te verilmektedir.

KPert metoduna göre projenin; beklenen değeri (projenin tamamlanma zamanı) $\mu_T = 37$, standart sapması $\Gamma_T = 2.788$ ve kritik yolu (B-C-E-F-G)’dir.

Çizelge 5. KPert metoduna göre ortalama iş zamanları

İşler	Zamanlar	Varyanslar
A	6	1.777
B	9	1.777
C	0	0.000
D	8	2.777
E	7	4.000
F	9	1.000
G	12	1.000

5. ÖRNEK PROBLEMİN GDAG YÖNTEMİYLE ÇÖZÜMÜ

Örnek problemde 7 yol (iş) vardır. Bu durumda $k = 3^7 = 2187$ olası durum söz konusudur. 2187 durumda yer alan kritik sürelerin ve bunların sıklıklarının belirlenmesi gerekir. Burada sıklık anlamı; örneğin Çizelge 6’da verilen 21 kritik sürenin, 2187 olası durum içinde 3 defa bulunduğunu ifade etmektedir. Bu nedenle “Borland Pascal dilinde kodlanan program” kullanılarak, kritik süreler ve sıklıklar bulunmuştur. Çizelge 6’da problem için kritik süreler,

Çizelge 6. GDag metoduna göre sonuçlar

Kritik Süreler	P(x _i)	Sıklık	$\sum P(T \leq x_i)$
21	3	0.0013	0.0013
22	6	0.0027	0.0040
23	3	0.0013	0.0053
24	9	0.0041	0.0094
25	18	0.0082	0.0176
26	15	0.0069	0.0245
27	39	0.0179	0.0424
28	54	0.0247	0.0671
29	36	0.0165	0.0836
30	54	0.0247	0.1083
31	105	0.0480	0.1563
32	99	0.0453	0.2016
33	66	0.0302	0.2318
34	129	0.0590	0.2908
35	177	0.0810	0.3718
36	45	0.0206	0.3924
37	138	0.0631	0.4555
38	219	0.1001	0.5556
39	36	0.0161	0.5720
40	108	0.0493	0.6213
41	225	0.1029	0.7242
42	18	0.0082	0.7324
43	90	0.0411	0.7735
44	180	0.0823	0.8558
45	9	0.0041	0.8599
46	45	0.0205	0.8804
47	144	0.0659	0.9463
49	18	0.0082	0.9545
50	72	0.0330	0.9875
53	27	0.0123	1.0000

sıklıklar ve sıklıkların ortaya çıkma olasılıkları ($P(x_i)$) ile birikimli olasılıklar ($\sum P(T \leq x_i)$) verilmektedir. Yine, $P(x_i)$ sıklıkların ortaya çıkma olasılıkları, “sıklık/olası durum sayısı” na oranlanarak bulunmaktadır (Örneğin, Çizelge 6’da $3/2187 = 0,0013$). $\sum P(T \leq x_i)$ birikimli olasılıklar ise, kümülatif değerleri ifade etmektedir.

Beklenen Değer (projenin tamamlanma zamanı) = $83430 / 2187 = 38.148$ ’dir. Projenin olası bütün değerleri incelendiğinde (2187 durum), bütün olası durumlar kritik yol olabileceğinden, tek bir kritik yolun belirlenmesi bu metot için mümkün değildir.

6. YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Aynı örnek problem üç metot ile çözülmüştür. Sonuçlara bakıldığında, özellikle FPert ve GDag yöntemlerinde inceleme aralıklarının aynı olduğu görülmektedir. Bu inceleme aralığı $21 \leq x_i \leq 53$ şeklindedir. Üç metodun karşılaştırılmasında “tamamlanma zamanı olasılıkları” dikkate alınmıştır. Çünkü, KPert metodu sonucu bulunan proje tamamlanma zamanı (beklenen değer) % 50 olasılıkla tamamlanma zamanıdır. Bu nedenle, olasılıklı bir durum olduğundan, diğer yöntemlerin sonucunun da olasılıklı ifade edilmesi gerekir. GDag ve KPert yöntemlerinde tamamlanma zamanı olasılıklarını hesaplamak kolaydır. Bu olasılıkların FPert metodunda da hesaplanabilmesi için fuzzy entegralden ($Poss(T \leq x)$) yararlanılmıştır (Cahon ve Lee, 1988). FPert metodunda bulunan süreler olasılıklı değildir. Ancak, diğer metotlarla aynı bazda mukayese yapabilmek için bu süreleri olasılıklı hale getirmede fuzzy entegral

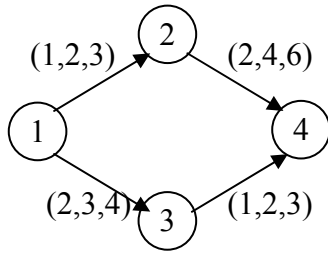
metodu kullanılmıştır. Örneğin, $x=25$ için $\int_{21}^{25} \frac{x}{16} dx - \int_{21}^{25} \frac{21}{16} dx$ ve $x=39$ için $8 + \int_{37}^{39} \frac{53}{16} dx - \int_{37}^{39} \frac{x}{16} dx$

dir. Burada $x=39$ ifadesindeki 8 değeri, $21 \leq x \leq 37$ aralığında tanımlanan üçgen alanıdır. Örnek problemin her üç metot için bazı tamamlanma zamanlarının $P(T \leq x)$ değerleri Çizelge 7’de verilmektedir (burada bütün x_i değerleri ve olasılıkları verilmemiştir).

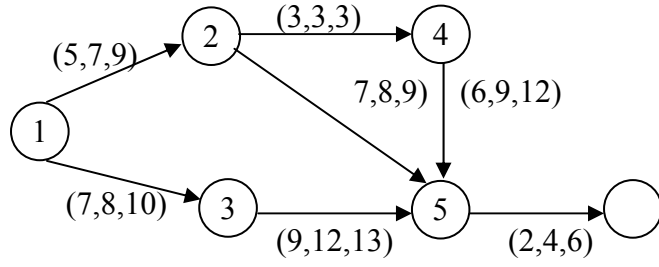
Çizelge 7. Örnek problem için bazı proje tamamlanma zamanlarının olasılıkları

X	FPert	KPert	GDag
23	0.00	0.00	0.00
25	0.03	0.00	0.01
27	0.07	0.00	0.04
30	0.15	0.01	0.10
33	0.28	0.07	0.23
35	0.38	0.23	0.37
37	0.50	0.50	0.45
38.148	0.56	0.66	0.55
39	0.61	0.76	0.57
40	0.67	0.85	0.62
43	0.80	0.98	0.77
45	0.87	0.99	0.85
47	0.93	0.99	0.94
50	0.98	1.00	0.98
53	1.00	1.00	1.00

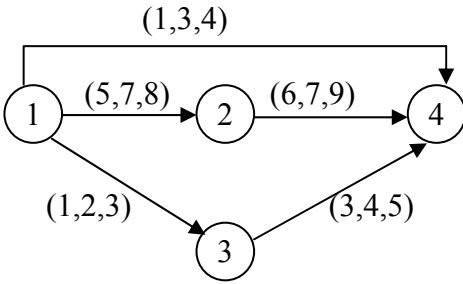
Üç metodun aynı bazda karşılaştırmasını yapabilmek için örnek probleme ilaveten 9 farklı şebeke seçilmiştir. Bu şebekeler Şekil 3’de verilmektedir.



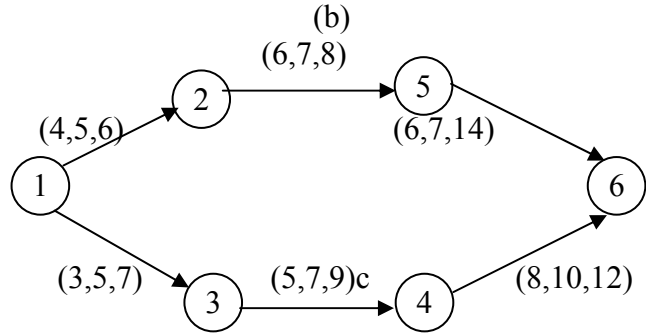
(a)



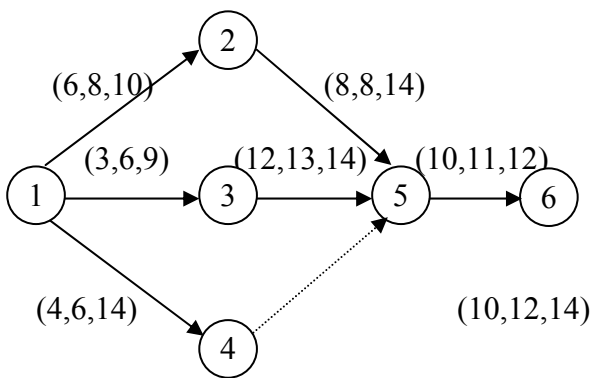
(b)



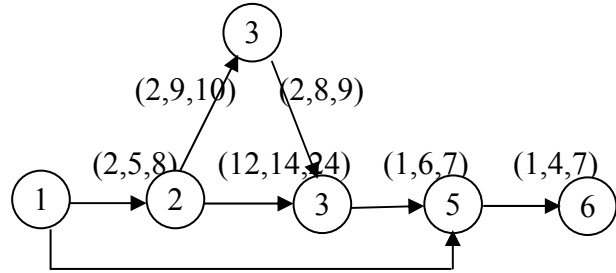
(c)



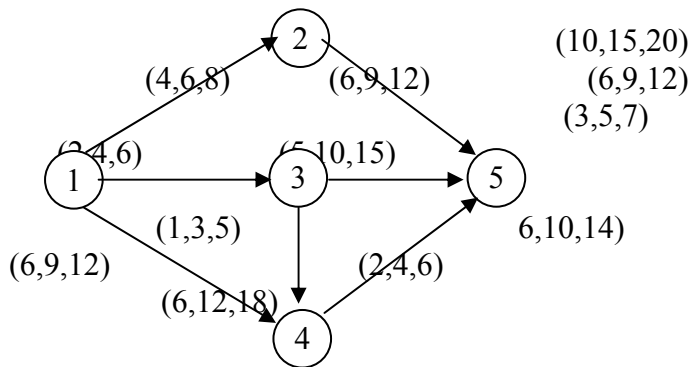
(d)



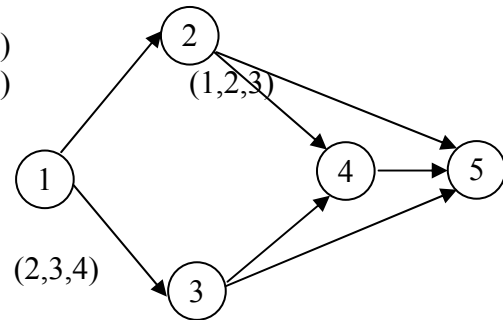
(e)



(f)

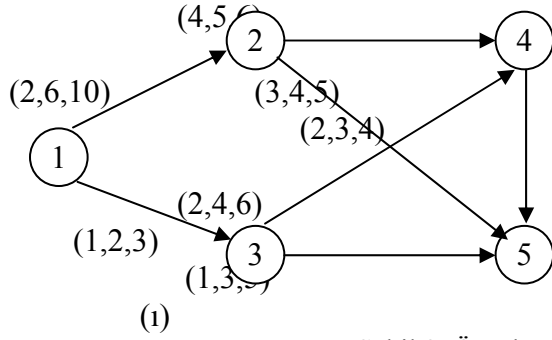


(g)



(h)

Şekil 3. Örnek şebekeler.



Şekil 3. Örnek şebekeler (Devamı)

Her bir şebeke için KPert, FPert ve GDag metotları ayrı ayrı uygulanmış ve bütün x değerleri için $P(T \leq x)$ değerleri bulunmuştur. Bütün x değerlerinin kullanılmasının nedeni, projenin tamamlanma süresi aralığı olan $21 \leq x \leq 53$ değerleri arasında gerçekleşecek olan tamamlanma zamanı olasılıklarının bütünsel olarak çözüm uzayında ifade edilebilmesini sağlamaktır. Bu metotlar arasında istatistiksel anlamlı bir farklılığın bulunup bulunmadığını araştırmak amacıyla “ikili-t (paired-t)” testi kullanılmış ve hata payı 0.01 olarak alınmış olup, test sonuçları Çizelge 8’de görülmektedir. Burada ikili-t testi; söz konusu metotları ikili karşılaştırarak, aralarında istatistiki anlamlı farklılık olup olmadığını bulmak amacıyla kullanılmaktadır.

Çizelge 8. FPert, KPert ve GDag yöntemlerine göre örnek problemlerin ikili-t testi sonuçları

Örnekler	FPert-KPert	FPert-GDag	KPert-GDag
Örnek a	0.6924	0.9261	0.7982
Örnek b	0.2299	0.9199	0.0648
Örnek c	1.0000	0.0361	0.1738
Örnek d	0.9235	0.0047*	0.1334
Örnek e	0.3213	0.9930	0.0996
Örnek f	0.0814	0.0000*	0.0008*
Örnek g	0.9780	0.0071*	0.2157
Örnek h	0.6766	0.6590	0.6518
Örnek i	0.9754	0.2138	0.5462
Örnek j	0.9545	0.0000*	0.2934

* İstatistiksel anlamlı farklılık vardır.

Çizelge 8’de yer alan sonuçlara göre 0.01 hata payına göre FPert ve KPert metodu arasında anlamlı bir farklılık yoktur. Yani, her iki metodun uygulanması sonucunda bulunan kritik yol ve tamamlanma zamanları aynıdır. FPert ve GDag metodu arasında 6 örnekte anlamlı bir farklılık yok iken, 4 örnekte anlamlı bir farklılık vardır. Bu durum, aynı problemin her iki metot ile çözümünde aynı sonuçların her zaman elde edilemeyeceği anlamındadır. KPert ve GDag metodunda ise 9 örnekte anlamlı bir farklılık olmayıp, 1 örnekte anlamlı bir farklılık vardır (Gencer ve Türkbe, 2001).

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada, literatürde proje tamamlanma zamanının bulunmasında kullanılan üç metot karşılaştırılmıştır. Her metot ile bir projenin olası bütün tamamlanma zamanları ve bunların olasılıkları hesaplanmıştır. Sonuçlara göre genel olarak metotlar arasında çok büyük farklılıklar bulunmamaktadır. Ancak yöntemlerin işlem zorlukları göz önünde bulundurulabilir. Özellikle GDag metodunda, büyük şebekelerde iş sayısı arttıkça olası durumların bilgisayar ortamında bile teker teker değerlendirilmesi hafızada yer problemi yaratmaktadır. Örneğin, 7 işli bir şebekede 2187 olası durum var iken iş sayısı 1 arttığında ($n=8$) 6561 olası durum, 2 arttığında ($n=9$) 19683 olası durum, 3 arttığında ($n=10$) 59049 olası durum ortaya çıkmaktadır. Artış üssel olduğu için çözümü zorlaştırmaktadır. Bu nedenle GDag metodu tercih edilmeyebilir. FPert metodunda ise, her iş üç köşeli bulanık sayılarla ifade edildiğinden, örnek problemdeki çözümünden de görüldüğü gibi işlem kargaşası yaratmaktadır. Özellikle işler için bulanık öncüllük faktörlerinin kullanılması gerektiği durumlarda, her zaman bu faktörler geçerli olamamakta ve bu durum projenin tamamlanma zamanının tanımlanmasında güçlük çıkarmaktadır. Bu faktörlerin geçerli olduğu durumlarda ise, özellikle büyük boyutlu ve fazla öncül işli şebekelerde işlem fazlasına ve kargaşasına sebep olmaktadır. Bu metotla da yine iş sayısı arttığında işlem kargaşası artacaktır. KPert metodunda ise, işlerin zamanlarının ortalama zamanları bulunup tek değere indirildiğinden işlemler akıcı ve basittir. Ancak, yapılan istatistiksel analiz sonucu FPert ve KPert arasında istatistiksel anlamlı farklılık olmadığından, seçim kullanıcıya bırakılabilir.

İleriye dönük yapılacak çalışmalarda istatistiksel analiz sonuçlarını, her iş için tanımlanan a , m ve b değerlerinin sağa yada sola yakınlık durumlarının değiştirip değiştirmeyeceği incelenecektir.

KAYNAKLAR

- Dubois D.; Prade H. (1979): "Decision-making under fuzziness, In Advances in Fuzzy Set and Applications", p. 279-302, North-Holland, Amsterdam.
- Prade H. (1981): "Operations research with fuzzy data, In Fuzzy Sets-Theory and Applications to Policy Analysis and Information Systems", p. 155-169, Plenum Press, New York.
- Chanas S., Kamburowski J. (1981): "The use of fuzzy variables in PERT", Fuzzy Sets Systems, V.5, pp.11-19.
- Li R.J., Lee E.S. (1987): "Ranking fuzzy numbers-a comparison", Proceedings of NAFIPS, May. 5-7, West Lafayette, Indiana.
- McCahon C.S., Lee E.S. (1988): "Project network analysis with fuzzy activity times", Computers and Mathematics Applications, V.15 (10), pp.829-838.
- Lootsma F.A. (1989): "Stochastic and fuzzy Pert", European Journal of Operations Research, V.43, pp.174-183.
- Shipley M.F., Korvin A., Ömer K. (1997): "BIFPET methodology versus PERT in project management: fuzzy probability instead of the beta distribution", Journal of Engineering and Technology Management, V.14, pp.49-65.
- Mon D.L., Cheng C.H., Lu H.C. (1995): "Application of fuzzy distributions on project management", Fuzzy Sets and Systems, V.73, pp.227-234.
- Gencer C., Türkbey (2001): "The statistical analysis in finding the completing time of project" The I. Conf. On Computers and Industrial Eng. (28th ICC & IE), Cocoa Beach, Florida.