



Karadeniz Teknik Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

MÜHENDİSLİK EKONOMİSİ

KISIM 2

ÖRNEK PROBLEMLER

Yrd.Doç.Dr. Kemal ÜÇÜNCÜ

Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

TRABZON – 2016

İÇİNDEKİLER

1. EN KÜÇÜK KARELER YÖNTEMİ
2. PARA – ZAMAN İLİŞKİSİNİN ESASLARI
 - 2.1. Nakit Akım Şemaları
 - 2.2. Faiz
 - 2.3. Basit Faiz Hesabı
 - 2.4. Bileşik Faiz Hesabı
 - 2.5. Faktör Notasyonları ve Formüller
3. PROJE DEĞERLEME YÖNTEMLERİ
 - 3.1. Statik Yöntemler
 - 3.1.1. Geri Ödeme Süresi Yöntemi
 - 3.1.2. Karlılık Oranı Yöntemi
 - 3.2. Dinamik Yöntemler
 - 3.2.1. Bugünkü Değer Yöntemi
 - 3.2.2. Gelecek Değer Yöntemi
 - 3.2.3. Fayda-Masraf Oranı Yöntemi
 - 3.2.4. İç Karlılık Oranı Yöntemi
 - 3.2.5. Yıllık Eşdeğer Maliyet Yöntemi
 - 3.3. Başabaş Noktası Analizi
 - 3.4. Duyarlılık Analizi
4. PROJE PROGRAMLAMA MODELLERİ
 - 4.1. Ağ Diyagramları
 - 4.2. Zaman Hesabı ve Kritik Yol

1. EN KÜÇÜK KARELER YÖNTEMİ

X bağımsız değişkeni ile Y bağımlı değişkeni arasındaki doğrusal ilişki:

$$Y = a + bX$$

Denklemin parametreleri (a ve b) bulunduktan sonra X değişkeninin alacağı değer bilindiği takdirde Y değişkeninin alacağı değer kolaylıkla tahmin edilebilir.

Denklemin parametreleri için aşağıdaki eşitlikler kullanılır.

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \quad (1.1)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - b \sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1.2)$$

Doğru denkleminin korelasyon katsayısı aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (1.3)$$

Basit doğrusal regresyon yönteminde X ile Y değişkenleri arasında kurulan doğrusal ilişkinin ne kadar güçlü/zayıf olduğunu korelasyon (ilişki) katsayısı (r) gösterir.

Determinasyon (belirleme) katsayısı (r^2) ise Y'deki değişmelerin ne kadarının X'deki değişmelerden kaynaklandığını gösteren ve 0 ile 1 arasında değerler alabilen bir büyüklüktür. Belirleme katsayısı, basit bir şekilde, korelasyon katsayısının karesi alınarak bulunabilir.

Belirleme katsayısı (r^2) 0.75'den büyük olan regresyon modelleri genellikle başarılı sayılmaktadır.

Örnek Problem 1.1. (0,4), ((1,8), (2,10), (3,13), (4,15) veri noktaları için uygun doğru denklemini belirleyiniz ve grafiğini çiziniz. Korelasyon ve belirtme katsayılarını belirleyiniz. Sonucu yorumlayınız.

X_i	0	1	2	3	4
Y_i	4	8	10	13	15

Çözüm 1.1.

Denklemin katsayılarının hesabındaki terimler ayrı ayrı hesaplanarak denkleminde yerine konur.

$$\sum_{i=1}^n X_i = 0 + 1 + 2 + 3 + 4 = 10$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i = 4 + 8 + 10 + 13 + 15 = 50$$

$$\sum_{i=1}^5 X_i Y_i = 0 \times 4 + 1 \times 8 + 2 \times 9 + 3 \times 13 + 4 \times 15 = 127$$

$$\sum_{i=1}^5 X_i^2 = 0^2 + 1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 = 30$$

$$\left(\sum_{i=1}^5 X_i \right) \left(\sum_{i=1}^5 Y_i \right) = 10 \times 50 = 500$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2}$$

$$b = \frac{5 \times 127 - 500}{5 \times 30 - 10^2} = 2.7$$

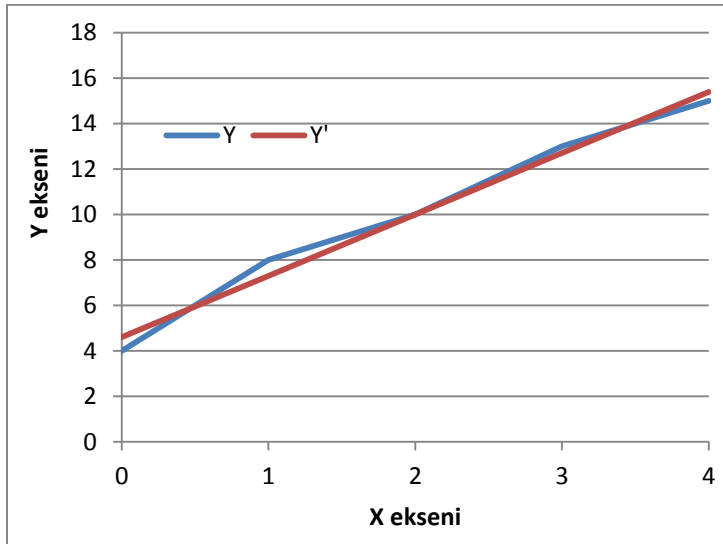
$$a = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - b \sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$a = \frac{50 - 2.7 \times 10}{5} = 4.6$$

Doğru denklemi

$$Y = 4.6 + 2.7 X$$

Grafik:



Korelasyon katsayısı:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

$$r = \frac{27}{(10 \times 74)^{0.5}} = 0.9925$$

Belirtme katsayısı:

$$r^2 = (0.9925)^2 = 0.9851$$

Doğru denklemi ilişkiliyi başarılı bir şekilde temsil eder.

Örnek Problem 1.2. Polyester dökümü yapan bir işletme dökümde kullandığı bir katılaştırıcı ile dökümün erken kurumasını sağlamak istemektedir. Yapılan 10 deney sonucu kullanılan katılaştırıcı miktarı ile kuruma süresi verileri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Katılaştırıcının kuruma üzerinde etkili olup olmadığını değerlendiriniz.

SN	Katılaştırıcı miktarı (g) (Xi)	Katılma süresi (dak) (Yi)
1	5	15
2	6	13
3	7	12
4	8	10
5	9	10
6	10	10
7	11	10
8	12	10
9	13	10
10	14	10

Çözüm 1.2.

Denklemlerde kullanılan parametrelerin hesabı tablo ile düzenlenebilir.

SN	Xi	Yi	Y'	(XiYi)	Xi2	Yi2	(Xi-Xo)	(Yi-Yo)	(Xi-Xo)(Yi-Yo)	(Xi-Xo)2	(Yi-Yo)2
1	5	15	13,07	75	25	225	-4,5	4,0	-18	20,25	16
2	6	13	12,61	78	36	169	-3,5	2,0	-7	12,25	4
3	7	12	12,15	84	49	144	-2,5	1,0	-2,5	6,25	1
4	8	10	11,69	80	64	100	-1,5	-1,0	1,5	2,25	1
5	9	10	11,23	90	81	100	-0,5	-1,0	0,5	0,25	1
6	10	10	10,77	100	100	100	0,5	-1,0	-0,5	0,25	1
7	11	10	10,31	110	121	100	1,5	-1,0	-1,5	2,25	1
8	12	10	9,85	120	144	100	2,5	-1,0	-2,5	6,25	1
9	13	10	9,39	130	169	100	3,5	-1,0	-3,5	12,25	1
10	14	10	8,93	140	196	100	4,5	-1,0	-4,5	20,25	1
Top.	95	110	110,00	1007	985	1238	0	0	-38	82,5	28
Ort.	9,5	11,0									
b=	-0,46										
a=	15,38										
r=	-0,79										
r2=	0,63										

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2}$$

$$b = \frac{10 \times 1007 - 95 \times 110}{10 \times 985 - (95)^2} = 0.46$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - b \sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$a = \frac{110 - 0.46 \times 95}{10} = 15.38$$

Regresyon denklemi:

$$Y = 15.38 + 0.46 X$$

Korelasyon katsayısı:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

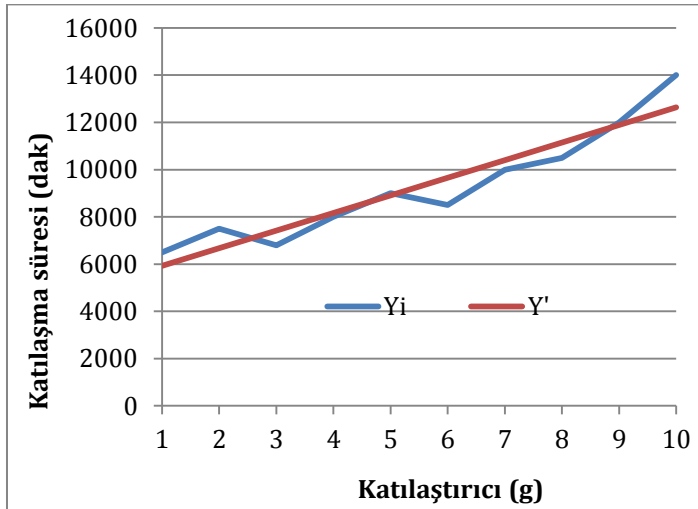
$$r = \frac{-38}{(82.5 \times 28)^{0.5}} = -0.79$$

Belirtme katsayısı:

$$r^2 = (-0.79)^2 = 0.63$$

Katılaştırıcının kuruma süresinde etkili olduğu görülmektedir.

Grafik:



Grafikte, katılaştırıcının 8 g miktarından sonra kuruma süresi üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.

Bu sonuçlara bakarak ilgili mühendis hangi oranda katılaştırıcı kullanacağına karar verirken katılaştırıcının maliyetini, kullanım güçlüklerini vb. dikkate alacaktır.

Örnek Problem 1.3. MET döküm işletmesi su sayacı üretmeyi planlamaktadır. Yaptırdığı piyasa araştırmasında yıllar itibarıyla su sayacı talebine ilişkin aşağıdaki

verileri elde etmiştir. İşletmenin 2020 yılı için 18000 su sayacı üretmeyi hedeflemektedir. Mevcut verilerin işletme hedefleri ile uyumunu değerlendiriniz.

SN	Yıllar	Xi	Su sayacı talebi (adet) (Yi)
1	2005	1	6500
2	2006	2	7500
3	2007	3	6800
4	2008	4	8000
5	2009	5	9000
6	2010	6	8500
7	2011	7	10000
8	2012	8	10500
9	2013	9	12000
10	2014	10	14000

Çözüm 1.3.

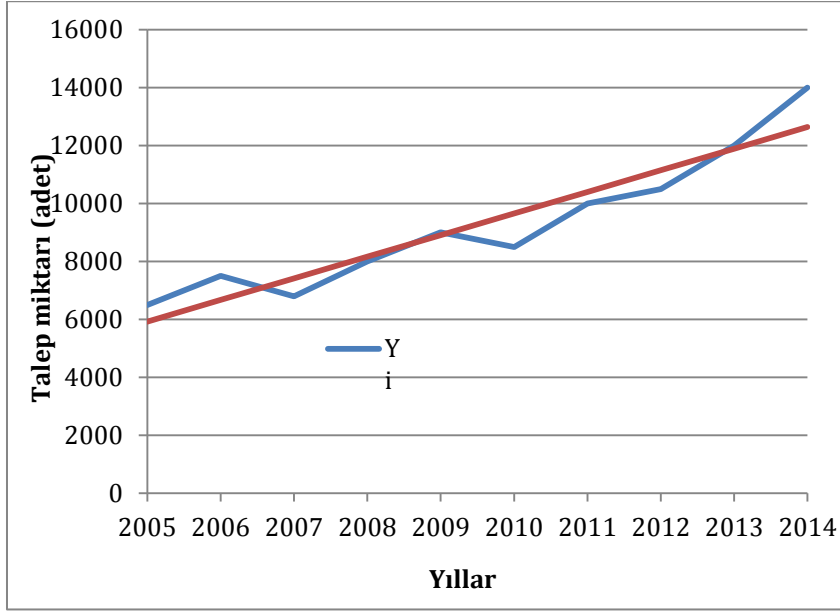
Çözüm tablosu hazırlanır. Bunun için MS Excel programı kullanılabilir.

SN	Yıllar	Xi	Yi	Y'	(XiYi)	Xi2	Yi2	(Xi-Xo)	(Yi-Yo)	(Xi-Xo)(Yi-Yo)	(Xi-Xo)2	(Yi-Yo)2
1	2005	1	6500	5925	6500	1	42250000	-5	-2780	12510	20	7728400
2	2006	2	7500	6671	15000	4	56250000	-4	-1780	6230	12	3168400
3	2007	3	6800	7416	20400	9	46240000	-3	-2480	6200	6	6150400
4	2008	4	8000	8162	32000	16	64000000	-2	-1280	1920	2	1638400
5	2009	5	9000	8907	45000	25	81000000	-1	-280	140	0	78400
6	2010	6	8500	9653	51000	36	72250000	1	-780	-390	0	608400
7	2011	7	10000	10398	70000	49	100000000	2	720	1080	2	518400
8	2012	8	10500	11144	84000	64	110250000	3	1220	3050	6	1488400
9	2013	9	12000	11889	108000	81	144000000	4	2720	9520	12	7398400
10	2014	10	14000	12635	140000	100	196000000	5	4720	21240	20	22278400
Top.		55	92800	92800	571900	385	912240000	0	0	61500	83	51056000
Ort.		5,5	9280									
	b=	745,45										
	a=	5180,0										
	r=	0,95										
	r ² =	0,90										

Regresyon denklemi:

$$Y = 5180 + 745.45 X$$

Yüksek dereceli bir ilişki vardır ($r^2 = 0.90$).



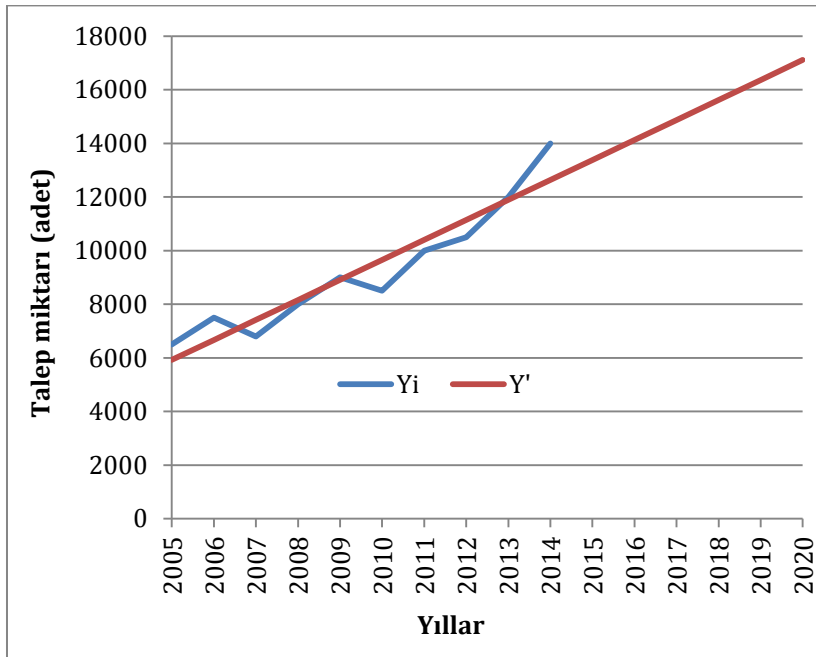
2020 yılında $X_i = 16$ olacaktır.

Buna göre 2020 yılı için muhtemel su sayacı talebi:

$$Y_{2020} = 5180 + 745.45 \times 16$$

$$Y_{2020} = 17107 \text{ adet}$$

2020 yılında su sayacı talebi 17107 olup, işletmenin üretmeyi düşündüğü 18000 adetten daha düşüktür. Bu değerlere göre işletme bu projeden uygulamayacaktır. Ancak, başkaca faktörlerin etkisi ile işletme kararı farklı olabilir.



2. PARA – ZAMAN İLİŞKİSİNİN ESASLARI

2.1. Nakit Akım Şemaları

Kredi, kiralama, tahvil, bono veya benzeri ticari ilişkilerde ödemelerin nasıl yapılacağını gösteren bir ödeme planı hazırlanır. Ödeme planı alternatifleri aşağıdaki şekillerde olabilir:

- 1) Anapara ve faiz sözleşme sonunda ödenebilir.
- 2) Anapara sözleşme sonunda ve faizler her yıl ödenebilir.
- 3) Anapara ve faizler eşit taksitler halinde her yılın sonunda ödenir.
- 4) Anapara her yıl eşit taksitler halinde faizleriyle birlikte ödenebilir.
- 5) Anapara sözleşme dönemi ortasında ve sözleşme sonunda olmak üzere iki taksitte ve faizler her altı ayda bir ödenebilir.
- 6) Başkaca ödeme planları yapılabilir.

Paranın zaman değerini içeren problemlerde, nakit akımlarının durumu nakit akım şemalarıyla gösterilebilir. Nakit akım şemalarında yatay eksen zamanı, üstündeki oklar ilgili zaman dilimi sonunda doğacak nakit akımlarını gösterir. Aynı şekilde ara ödemeler ve peşin ödemeler de şemaya eklenir.

Nakit akım şemasında üst oklar gelirleri ve alt oklar ödemeleri gösterir. Bir okta birden çok nakit girişi ve çıkışı bulunabilir. Bunlar hesaplara ayrı ayrı dahil edilebileceği gibi, toplamaları da esas alınabilir ve her iki halde de sonuç değişmez.

Nakit akım serileri beş grupta incelenebilir:

a) Basit nakit akımları serisi

P gibi bir miktarın % i faiz oranı üzerinden n yıl (m dönem) sonundaki F değerinin hesaplanmasını kapsar.

$$F = P (1 + i)^n$$



Şekil 2.1. Basit nakit akımları serisi

b) Yeknesak nakit akımları serisi

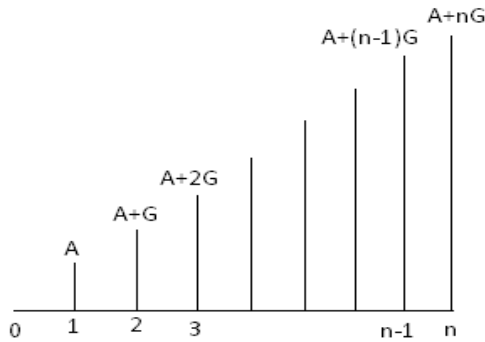
Bir seride nakit giriş veya çıkışları n yıl (m dönem) boyunca A gibi eşit miktarlar halinde gerçekleşir. Kiralama, tahvil ihracı, eşit taksitler halinde borçlanma ödemesi vb. bu serilere uyar.



Şekil 2.2. Yeknesak nakit akımları serisi

c) Aritmetik artışlı nakit akımları serisi

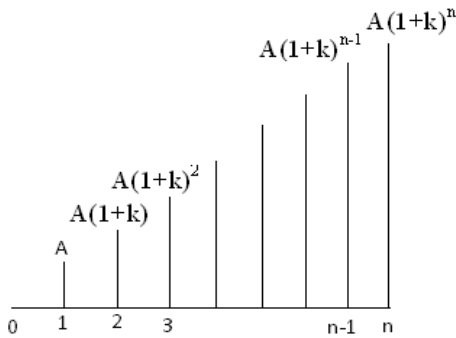
Bazı işlemlerde nakit giriş çıkışları her yıl (dönem) G gibi bir miktarla artarak veya azalarak lineer bir seri oluşturur.



Şekil 2.3. Aritmetik artışlı nakit akımları serisi

d) Geometrik artışlı nakit akımları serisi

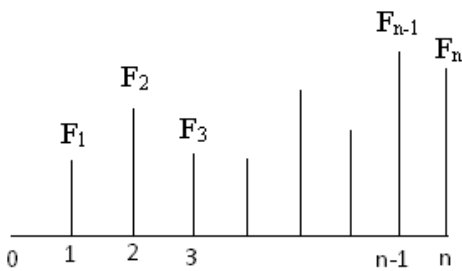
Eğer nakit akımları ilk yıl (dönem) belirli bir sabit sayı ve sonra % k gibi bir oranda artıyorsa ya da azalıyorsa bu bir geometrik artış veya azalış serisini ifade eder. Örneğin ilk yıl 100 TL olmak üzere sonraki yıllarda her yıl % k kadar artar veya azalır.



Şekil 2.4. Geometrik artışlı nakit akımları serisi

e) Düzensiz nakit akımları serileri

Bazı nakit akımları serileri oldukça düzensiz bir dağılım gösterir. Hangi zaman döneminde hangi miktar nakit akımının olacağı belli değildir.



Şekil 2.5. Düzensiz nakit akımları serisi

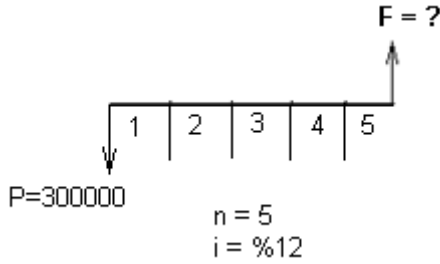
Örnek Problem 2.1. METMAL işletmesi BANK bankasından %12 faizli, 5 yıl vadeli 300000 TL makina kredisi kullanmıştır. İşletmenin vade sonunda ödeyeceği borç miktarını hesaplayınız. Grafikte gösteriniz.

Çözüm 2.1.

$$F = P (F/P, \%12, 5) = P (1 + i)^n = 300000 (1 + 0,12)^5$$

$$F = 528702.5 \text{ TL}$$

İşletme vade bitiminde (5 yıl sonunda) 528702.5 TL borç ödeyecektir.



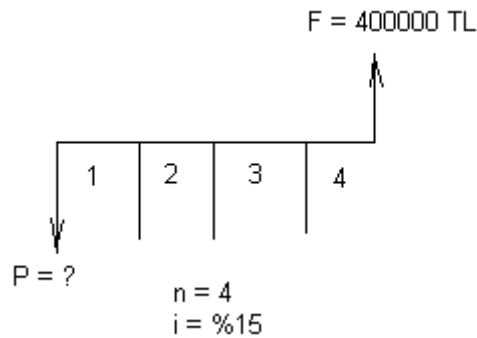
Örnek Problem 2.2. METMAL işletmesi döküm atölyesinde genişletme çalışması yapacaktır. Yenileme maliyeti 400000 TL ve işletmenin getiri oranı %15 ise, işletme şu anda bu yatırım için ne kadar para ayırmalıdır?

Çözüm 2.2.

$$P = F (P/F, \%15, 4)$$

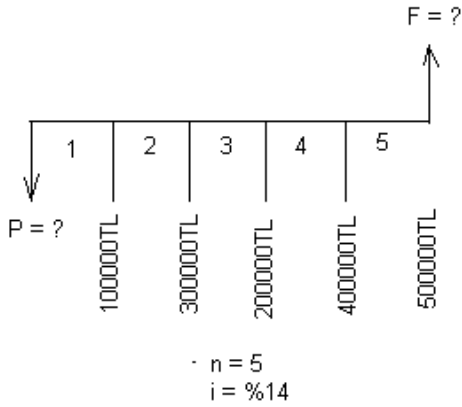
$$P = \frac{F}{(1 + i)^n} = \frac{400000}{(1 + 0.15)^4} = 228701 \text{ TL}$$

İşletme 4 yıl sonra planladığı 400000 TL'lik yatırımın karşılığında mevcut koşullara göre bugünden 228701 TL ayırmalıdır.



Örnek Problem 2.3. METMAL şirketi birinci yıl 100000 TL, ikinci yıl 300000 TL, üçüncü yıl 200000 TL, dördüncü yıl 400000 TL ve beşinci yıl 500000 TL harcayarak takı üretimi yapan bir tesis kuracaktır. Sermaye maliyeti % 14'dür. Nakit akım şemasını çiziniz. Şirket harcamalarının 5. yılsonu ve bugünkü değerini hesaplayınız.

Çözüm 2.3.



İşletme yatırımının 5 yıl sonraki değeri:

$$F = 100000 (1 + 0.14)^4 + 300000 (1 + 0.14)^3 + 200000 (1 + 0.14)^2 + 400000 (1 + 0.14)^1 + 500000$$

$$F = 1829279 \text{ TL}$$

İşletme harcamalarının 5 yıl sonraki maliyeti 1829279 TL'dir.

Yatırımın bugünkü değeri:

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n} = \frac{1829279}{(1 + 0.14)^5} = 950070 \text{ TL}$$

Normalde işletme harcamalarının toplamı:

$$P = 100000 + 300000 + 200000 + 400000 + 500000 = 1500000 \text{ TL}$$

2.2. Faiz

Örnek Problem 2.4. Yıllık faiz

10000 TL'nin %12'den bir yıllık faizini hesaplayınız.

Çözüm 2.4.

$$F = \frac{A n t}{100}$$

$$F = \frac{10000 \times 1 \times 12}{100} = 1200 \text{ TL}$$

Örnek Problem 2.5. Aylık faiz

10000 TL'nin %12'den 6 aylık faizini hesaplayınız.

Çözüm 2.5.

$$F = \frac{A n t}{1200}$$

$$F = \frac{10000 \times 6 \times 12}{1200} = 600 \text{ TL}$$

Örnek Problem 2.6. Günlük faiz

10000 TL'nin %12 faiz oranıyla 180 günlük faizini hesaplayınız.

Çözüm 2.6.

$$F = \frac{A n t}{36000}$$

$$F = \frac{10000 \times 180 \times 12}{36000} = 600 \text{ TL}$$

2.3. Basit Faiz Hesabı

Örnek Problem 2.7. Basit Faiz Tutarı

Bir dairesi olan vatandaşa 2013 yılı sonunda tahakkuk ettirilen 500 TL emlak vergisini zamanında ödememiştir. Ödemeyi %23 basit faiz oranı ile 2016 yılı sonunda yapacak olan vatandaşın yapması gereken toplam ödeme tutarını ve faiz tutarını hesaplayınız

Çözüm 2.7.

Ödeme 3 yıl sonra yapılmış olacaktır.

$$n = 3$$

$$i = \%23$$

Basit faiz denklemi:

$$F = P (1 + i n)$$

Toplam ödenecek tutar:

$$F = 500 (1 + 0,23 \times 3) = 845 \text{ TL}$$

Faiz tutarı:

$$F_A = F - P = 845 - 500 = 345 \text{ TL}$$

Örnek Problem 2.8. Vade Süresi

Bir kişi 100000 TL borcunu vadesinde ödemeyerek, %20 faizle 250000 TL ödemek durumunda kalmıştır. Borçlunun borcunu ne kadar geciktirdiğini basit faiz üzerinden hesaplayınız.

Çözüm 2.8.

Basit faiz bağıntısı:

$$F = P (1 + i n)$$

olup, bu bağıntıdan n (süre, yıl) çekilerek yeni bağıntı oluşturulur.

$$n = \frac{F - P}{P i}$$

$$n = \frac{250000 - 100000}{100000 \times 0.20} = 7.5 \text{ yıl}$$

Örnek Problem 2.9. Basit Faiz Oranı

Bir işletme bankadan basit faizle kullandığı 200000 TL kredi için 5 yıl sonunda 400000 TL ödeme yapmıştır. Kullanılan krediye uygulanan faiz oranını hesaplayınız.

Çözüm 2.9.

$$F = P (1 + i n)$$

$$i = \frac{F - P}{P n}$$

$$i = \frac{400000 - 200000}{200000 \times 5} = 0.20 = \%20$$

Örnek Problem 2.10. Basit Faiz ve Faiz Tutarı

Bir kişi tazminat cezasını 4 yıl sonra 12000 TL olarak ödemiştir. Cezaya %25 basit faiz uygulandığı bilinmektedir. Kişi borcun zamanında ödeseydi ne kadar ödeme yapacaktı? Kişi ne kadar faiz ödemiştir?

Çözüm 2.10.

Zamanında ödenmesi gereken tutar:

$$P = \frac{F}{(1 + i n)}$$

$$P = \frac{12000}{(1 + 0,25 \times 4)} = 6000 \text{ TL}$$

Ödenen faiz tutarı:

$$F_A = F - P = 12000 - 6000 = 6000 \text{ TL}$$

2.4. BİLEŞİK FAİZ HESABI

Örnek Problem 2.11. Bileşik Faiz Tutarı

Bir işletme bankadan % 10 bileşik faizle 5 yıl vadeli 400000 TL kredi kullanmıştır. Vade sonunda ödemesi gereken miktarı hesaplayınız.

Çözüm 2.11.

$$F = P (1 + i)^n$$

$$F = 400000 (1 + 0.10)^5 = 644204 \text{ TL}$$

Örnek Problem 2.12. Bileşik Faiz Anapara

Bir kişi kullandığı krediyi 4 yıl gecikmeli olarak % 25 bileşik faizle 500000 TL ödeyerek borcunu kapatmıştır. Kişinin gerçek borcu ne kadardı?

Çözüm 2.12.

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

$$P = \frac{500000}{(1 + 0.25)^5} = 204800 \text{ TL}$$

Örnek Problem 2.13. Bileşik Faiz Oranı

Kişi bankadan 10 yıl vade ile 200000 TL konut kredisi kullanarak vade sonunda 420000 TL ödemiştir. Uygulanan bileşik faiz oranını hesaplayınız.

Çözüm 3.13.

$$F = P (1 + i)^n$$

Denklemden i çekilerek

$$i = \sqrt[n]{\frac{F}{P}} - 1$$

$$i = \left(\frac{F}{P}\right)^{1/n} - 1$$

$$i = \left(\frac{420000}{200000}\right)^{1/10} - 1 = 0.077 = \%7.7$$

Örnek Problem 2.14. Bileşik Faiz Vadesi

Bir girişimci bankadan %12 bileşik faizle kullandığı 405500 TL kredi borcunu 800000 TL ödeyerek kapatmıştır. Kredinin vadesini hesaplayınız.

Çözüm 2.14.

$$F = P (1 + i)^n$$

denkleminde gerekli dönüşümler yapılarak (logaritması alınarak üssel fonksiyondan arındırılır) vade için

$$n = \frac{\log F - \log P}{\log(1 + i)}$$

veya

$$n = \frac{\log(F/P)}{\log(1 + i)}$$

elde edilir.

$$n = \frac{\log(800000) - \log(405500)}{\log(1 + 0.120)} = 6 \text{ yıl}$$

Örnek Problem 2.15. Nominal ve reel faiz

Bir banka kredi kartlarına aylık % 2.52 faiz uygulamaktadır.

Bu faizin yıllık nominal ve reel faizini hesaplayınız.

Cevap 2.15.

Nominal faiz:

$$b = i_m m$$

$$b = 0.0252 \times 12 = 0.3024 = \% 30.24$$

Reel faiz:

$$i = (1 + i_m)^m - 1$$

$$i = (1 + 0.0252)^{12} - 1 = 0.348 = \%34.8$$

Örnek Problem 2.16. Dönem faizi

METMAL şirketi ŞOKbank'tan %15 faizle ve 10 yıl vadeli 500000 TL kredi kullanmıştır. Yıllık, altı aylık, üç aylık, aylık, haftalık, günlük dönemlerle devamlı bileşik faiz uygulamaları halinde ödenecek kredi borcunu hesaplayınız.

Çözüm 2.16.

Yıllık:

$$F_{\text{yıl}} = P (1 + i)^n$$

$$F_{\text{yıl}} = 500000 (1 + 0.15)^{10} = 2022779 \text{ TL}$$

Altı aylık (m = 12/6 = 2):

Bir yıl içinde birden çok dönemde (m) faiz hesaplaması durumunda F için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$F = P \left(1 + \frac{b}{m} \right)^{mn}$$

Benzer şekilde P için de aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$P = \frac{F}{\left(1 + \frac{b}{m} \right)^{mn}}$$

Buna göre 6 aylık dönem için F değeri:

Altı aylık (m = 12/6 = 2)

$$F_{6ay} = P \left(1 + \frac{b}{m} \right)^{mn}$$

$$F_{6ay} = 500000 \left(1 + \frac{0.15}{2} \right)^{2 \times 10} = 2123926 \text{ TL}$$

Üç aylık dönem için F değeri:

Üç aylık (m = 12/3 = 4)

$$F_{3ay} = 500000 \left(1 + \frac{0.15}{4} \right)^{4 \times 10} = 2180189 \text{ TL}$$

Aylık dönem için F değeri:

Aylık (m = 12/1 = 12)

$$F_{ay} = 500000 \left(1 + \frac{0.15}{12} \right)^{12 \times 10} = 2220107 \text{ TL}$$

Haftalık dönem için F değeri:

Haftalık (m = 52/1 = 52)

$$F_{hafta} = 500000 \left(1 + \frac{0.15}{52} \right)^{52 \times 10} = 2236011 \text{ TL}$$

Günlük dönem için F değeri:

Günlük (m = 360/1 = 360)

$$F_{gün} = 500000 \left(1 + \frac{0.15}{360} \right)^{360 \times 10} = 2240145 \text{ TL}$$

Burada m faiz hesaplama dönemini, b nominal faizi göstermektedir.

Aynı hesaplar reel faiz

$$i = \left(1 + \frac{b}{m} \right)^m - 1$$

eşitliğinden hesaplandıktan sonra

$$F = P (1 + i)^n$$

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

eşitliklerinden hesaplanabilir.

Örnek Problem 2.17. Kırık faiz

120 gün vadeli % 15 faizle 300000 TL kredi kullanan bir işletmenin vade sonundaki borcunu hesaplayınız.

Çözüm 2.17.

Bankalar genellikle kırık faiz denen günlük, haftalık, aylık faizler uygularlar. Bu durumda

$$F = P \left(1 + i \frac{m}{n}\right)$$

eşitlik kullanılır.

$$F = 300000 \left(1 + 0.15 \frac{120}{360}\right) = 315000 \text{ TL}$$

Örnek Problem 2.18. Reel Faiz Oranı

Bir girişimci elindeki 500000 TL nakitle bir yatırım yapmak istemektedir. Ülkedeki enflasyon oranı %10 olup, girişimci %12 reel kazanmak istemektedir. Girişim hangi oranda kazandırırorsa girişimcinin talebini karşılayabilir.

Çözüm 2.18.

$$i = (1 + i_r) (1 + i_e) - 1$$

$$i = (1 + 0.12) (1 + 0.10) - 1$$

$$i = 0.232 = \% 23.2$$

Örnek Problem 2.19. Reel Getiri

Bir yatırımcı yılsonu itibariyle %24 getiri elde etmiştir. Ülkedeki enflasyonun %10 olduğu durumda yatırımcının reel getirisi ne olur?

Çözüm 2.19.

$$i = (1 + i_r) (1 + i_e) - 1$$

$$i_r = \frac{i - i_e}{1 + i_e}$$

$$i_r = \frac{0.24 - 0.10}{1 + 0.10} = 0.127 = \%12.7$$

Örnek Problem 2.20. Depozitolu Faiz Oranı

Bir banka kullandırdığı kredinin %12'ini hesapta tutma koşulu ile kredi kullanırmaktadır. Banka kredisi % 16 ise, bu kredinin reel faizi ne olur?

Çözüm 2.20.

$$i = \frac{b}{1 - s}$$

$$i = \frac{0.16}{1 - 0.12} = 18,2 = \%18.2$$

Örnek Problem 2.21. Peşin Faiz Oranı

METMAL şirketi bankadan 1 yıl vade ve % 20 faizle kullandığı 200000 TL'lik kredinin faizi peşin olarak kesilmiştir. Reel faizi hesaplayınız.

Çözüm 2.21.

$$F = 200000 \text{ TL}$$

$$P = F - f = 200000 - 0.20 \times 200000 = 160000 \text{ TL}$$

$$i = \frac{F}{P} - 1$$

$$i = \frac{200000}{160000} - 1 = 0.25 = \%25$$

2.5. FAKTÖR NOTASYONLARI VE FORMÜLLER

Mühendislik ekonomisi çalışmalarında formüllerin arka arkaya yazılması bazen karışıklık meydana getirmektedir. Bu sebeple formülleri sistematik olarak ifade edecek notasyonların kullanılması problemin tasarımı konusunda kolaylıklar sağlar.

Örneğin,

$$F = P (1 + i)^n$$

denkleminde, belirli bir para miktarının P, % i faiz oranı üzerinden n yıl sonra ulaşacağı F değerinin arandığı görülmektedir. Bu denklem notasyonla aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$F = P(F/P, \%i, n)$$

Bu denklemin anlamı; % i faiz oranı üzerinden n yıl için verilen P tutarındaki bir paranın gelecekteki F değerinin bulunması demektir. F/P demek, P verildiği zaman F değerini hesaplama anlamında kullanılmaktadır. Diğer bir ifade ile birinci terim aranan, ikinci terim istenendir. Örneğin, P = 100000 TL, i = % 30, n = 10 yıl ise;

$$F = 100000 (1 + 0.30)^{10} = 100000 (F/P, \%30, 10)$$

Notasyonlar: i : Etkin faiz oranı n : Vade sayısı P : Paranın şimdiki zaman değeri (Bir veya daha fazla sayıda nakit akışının şimdiki zaman değeri) F : Paranın gelecek zaman değeri (Bir veya daha fazla sayıda nakit akışının gelecek zaman değeri) A : Vade sonu nakit akışı (Bir vadenin sonundan belirlenmiş bir vade sayısı boyunca her bir vade sonu oluşan eşit nakit akışı). $(F/P, \%i, n) = P$ miktarındaki paranın $\%i$ ve n yıl sonraki F değeri $(P/F, \%i, n) = F$ miktarındaki paranın $\%i$ ve n yıl önceki P değeri $(A/P, \%i, n) = P$ miktarındaki paranın $\%i$ ve n yıl için A değeri $(P/A, \%i, n) = A$ miktarındaki paranın $\%i$ ve n yıl için P değeri $(A/F, \%i, n) = F$ miktarındaki paranın $\%i$ ve n yıl için A değeri $(F/A, \%i, n) = A$ miktarındaki paranın $\%i$ ve n yıl için F değeri

Tablo 2.1. Bileşik faiz formülleri ve sembollerle gösterimi

SN	İstenen	Verilen	Formül	Gösterim	Açıklama
1	F	P	$F = P (1 + i)^n$	$(F/P, \%i, n)$	GD
2	P	F	$P = F \frac{1}{(1 + i)^n}$	$(P/F, \%i, n)$	
3	A	P	$A = P \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$	$(A/P, \%i, n)$	
4	P	A	$P = A \frac{(1 + i)^n - 1}{i (1 + i)^n}$	$(P/A, \%i, n)$	
5	F	A	$F = A \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$	$(F/A, \%i, n)$	
6	A	F	$A = F \frac{i}{(1 + i)^n - 1}$	$(A/F, \%i, n)$	

Örnek Problem 2.22. 1 Nolu durum / Gelecek değerBugünkü değeri 1000 TL olan paranın $\%10$ faizle gelecek yılki değeri ne olur?

$$F = P (1 + i)^n$$

$$P = 1000 \text{ TL}$$

$$i = \%10$$

$$n = 1 \text{ yıl}$$

$$F = 1000 (1 + 0,10)^1$$

$$F = 1100 \text{ TL}$$

$$P(F/P, \%i, n) = P(F/1000, \%10, 1) = 1100 \text{ PB}$$

Örnek Problem 2.23. 2 Nolu durum / Şimdiki değer

Bir girişimci 5 yıl sonra tahmini fiyatı 100000 TL olan bir makinayı satınalmak için %10 faizle bankaya ne kadar para yatırmalıdır?

$$F = 100000 \text{ TL}$$

$$i = \%10$$

$$n = 5 \text{ yıl}$$

$$P = F \frac{1}{(1 + i)^n}$$

$$P = 100000 \frac{1}{(1 + 0.10)^5} = 100000 \frac{1}{1.61} = 100000 \times 0.620921$$

$$P = 62092.1 \text{ TL}$$

$$F(P/F, \%i, n) = F(P/100000, \%10, 5) = 62092.1 \text{ TL}$$

Örnek Problem 2.24. 3 Nolu durum

1000 TL yatırıldığında % 10 faiz durumunda her yıl alınacak eşit ödemeli miktar ne olur?

$$P = 1000 \text{ TL}$$

$$i = \%10$$

$$n = 5 \text{ yıl}$$

$$A = P \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

$$A = 1000 \frac{0.10 (1 + 0.10)^5}{(1 + 0.10)^5 - 1}$$

$$A = 263.8 \text{ TL}$$

$$(A/P, \%i, n) = 263.8 \text{ TL}$$

Örnek Problem 2.25. 4 Nolu durum

5 yıl boyunca her yıl 263.8 TL almak için %10 faizle ne kadar para yatırılmalıdır?

$$A = 263.8 \text{ TL}$$

$$i = \%10$$

$$n = 5 \text{ yıl}$$

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$P = 263.8 \frac{(1+0.10)^5 - 1}{0.10(1+0.10)^5}$$

$$P = 1000 \text{ TL}$$

$$(P/A, \%i, n) = 1000 \text{ TL}$$

Örnek Problem 2.26. 5 Nolu durum

Bir kamu çalışanı bireysel emeklilik fonuna her yıl 1200 TL yatırmaktadır. %10 faiz oranında 10 yıl sonra birikimi ne olacaktır?

$$A = 1200 \text{ TL}$$

$$i = \%10$$

$$n = 10 \text{ yıl}$$

$$F = A \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$$F = 1200 \frac{(1+0.10)^{10} - 1}{0.10}$$

$$F = 19125 \text{ TL}$$

$$(F/A, \%i, n) = 19125 \text{ TL}$$

Örnek Problem 2.27. 6 Nolu durum

Faizin %10 olduğu bir durumda 10. yılın sonunda 19125 TL birikmesi için her yıl bankaya ne kadar para yatırılması gerekir?

$$F = 19125 \text{ TL}$$

$$i = \%10$$

$$n = 10 \text{ yıl}$$

$$A = F \frac{i}{(1+i)^n - 1}$$

$$A = 19125 \frac{0.10}{(1+0.10)^{10} - 1}$$

$$A = 1200 \text{ TL}$$

$$(A/F, \%i, n) = 1200 \text{ TL}$$

Birden Çok Düzensiz Nakit Akımının Verilmesi Halinde F ve P Değerlerinin Bulunması

Mühendislik ekonomisi uygulamalarının çoğunda nakit akımları zamanın belirli noktalarında meydana gelir. Böyle bir durumda bu serinin P veya F değerinin hesaplanması gerekebilir.

Örneğin, METALİK projesinin nakit akımları 5 yıl boyunca yıllar itibariyle sırasıyla 50000 TL, 150000 TL, 20000 TL, 75000 TL ve 100000 TL olsun. Faiz oranı %35 ise nakit akımlarının bugünkü değeri (P) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$P = \frac{50000}{(1 + 0.35)^1} + \frac{150000}{(1 + 0.35)^2} + \frac{20000}{(1 + 0.35)^3} + \frac{75000}{(1 + 0.35)^4} + \frac{100000}{(1 + 0.35)^5}$$

$$P = 172352 \text{ TL}$$

Yıllara dağılan iskonto oranları ile nakit akım tablosu aşağıdaki gibidir.

Yıllar	i	İskonto	Pi	Pih
1	0,35	0,741	50000	37037
2	0,35	0,549	150000	82305
3	0,35	0,406	20000	8129
4	0,35	0,301	75000	22580
5	0,35	0,223	100000	22301
			P=	172352

Benzer şekilde gelecek değeri (F) ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$F = 50000(1 + 0.35)^1 + 150000(1 + 0.35)^2 + 20000(1 + 0.35)^3 + 75000(1 + 0.35)^4 + 100000(1 + 0.35)^5$$

$$F = 772832 \text{ TL}$$

Bununla birlikte nakit akımlarının bugünkü değeri belirlendiği için aşağıdaki şekilde daha kısa biçimde F değeri hesaplanabilir.

$$F = P(1 + i)^n$$

$$F = 172352(1 + 0.35)^5$$

$$F = 772832 \text{ TL}$$

Üniform/Yeknesak Seri Değeri A'nın Bulunması

A değerleri proje dönemleri içerisinde değişmez ve her dönem aynı değeri gösterir. P ve F değerinin A değeri veya A değerinin P ve F değeri istenebilir. Nakit akımları konusunda yeknesak nakit akımları serisi gösterilmiştir.

Burada iki durum geçerlidir:

- 1) P değeri ilk A değerinden bir önceki faiz döneminde tahakkuk eder.

2) F değeri son A değeri ile n'inci yılda aynı zamanda meydana gelir.

a) A verildiği Zaman F'nin Bulunması

Bir nakit akımı şemasında her dönemin sonunda verilen A değerlerinin % faiz oranı üzerinden n'inci dönemin sonundaki F değeri bulunmak istenirse, her döneme ait seri değerlerinin gelecekteki değerleri ayrı ayrı hesaplanıp bunların toplanmasıyla F değeri elde edilir.

Buna göre;

$$F = A_1(1+i)^{n-1} + A_2(1+i)^{n-2} + \dots + A_{n-1}(1+i)^1 + A_n(1+i)^0$$

eşitliği yazılabilir. Bu eşitlik geliştirilerek

$$F = A \frac{(1+i)^n}{i} = A(F/A, \%i, n)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Örneğin, METMAL şirketi ŞOKbank'tan almış olduğu %10 faizli ve 10 yıl vadeli 200000 TL için her yıl bankaya 100000 TL ödeyerek borcunu kapatmak istemektedir. Şirket borcunun 10. Yılın sonunda bir defada ödeyecek olsaydı ne kadar ödeme yaparak borcunu ödemiş olacaktı?

$$F = 100000 \frac{(1+0,10)^{10}}{0,10} = 310585 \text{ TL}$$

$$A(F/A, \%i, n) = 310585 \text{ TL}$$

b) F Verildiği Zaman A'nın Bulunması

Eğer bir nakit akımı şemasında n'inci yılın sonundaki F değerinin her yıl ki seri değeri A bulunmak istenirse

$$A = F \frac{i}{(1+i)^n - 1}$$

eşitliği kullanılır.

Örneğin, METMAL şirketinin ŞOKbank'tan almış olduğu % 15 faizli ve 10 yıl vadeli kredi için 10. Yıl sonunda 500000 TL ödemiştir. Bu krediyi eşit taksitler halinde ödemiş olsaydı yıllık takti tutarı ne olurdu?

$$A = 500000 \frac{0.15}{(1+0.15)^{10} - 1}$$

$$A = 24626 \text{ TL/ay}$$

c) A verildiği Zaman P'nin Bulunması

Bir nakit akımı serisinde yeknesak seri değerleri A verildiğinde serinin bugünkü değeri (P) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$P = A \frac{(1 + i)^n - 1}{i (1 + i)^n}$$

Örneğin, METMAL şirketi aldığı makine karşılığında 10 yıl boyunca her yıl 125000 TL ödeyerek borcundan kurtulacaktır. Faiz oranı %15'dir. Şirket her yıl 125000 TL ödemek yerine peşin olarak bütün borcunu ödeyecek olsaydı ne kadar ödeme yapacaktı?

$$P = 125000 \frac{(1 + 0.15)^{10} - 1}{0.15 (1 + 0.15)^{10}}$$

$$P = 627346 \text{ TL}$$

d) P Verildiği Zaman A'nın Bulunması

Bir nakit akımı serisinde P değerleri, faiz oranı ve vade verilerek bu serinin eşiti olan A değerinin belirlenmesi istenirse aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$A = P \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Örneğin, METMAL şirketi ŞOKbank'tan almış olduğu %15 faizli ve 10 yıl vadeli 1000000 TL krediyi 5 eşit taksitte yıl sonlarında ödeyecektir. Taksit tutarı ne olacaktır?

$$A = 1000000 \frac{0.15 (1 + 0.15)^{10}}{(1 + 0.15)^{10} - 1}$$

$$A = 199252 \text{ TL/yıl}$$

3. PROJE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

3.1. YATIRIM GELİR VE GİDERLERİ

İşletmelerin temel amacı işletme karının enbüyüklenmesidir. İşletmenin varlığı bu amacını gerçekleştirme düzeyine bağlıdır.

Sabit Maliyetler

İşletmede üretime bağlı olmaksızın meydana gelen ve üretim olsa da olmasa da mevcut olan ve değişmeyen giderlere sabit maliyetler denir. Amortismanlar, tükenme payları, zamana bağlı işçilikler, genel üretim giderlerinin bir bölümü, yönetim ve pazarlama giderlerinin sabit bölümü, finans giderleri, emlak vergileri, sigorta giderleri, kiralara, genel giderler sabit maliyetlerin başlıcalarıdır. Üretim miktarı değişse de bu maliyetler değişmez. Ancak, kapasite artırılırsa sabit maliyetlerin yeni kapasiteye göre tekrar belirlenmelidir.

Değişken Giderler

Üretim miktarı ile artan veya azalan, üretim olmadığı zaman oluşmayan giderlerdir. Birim başına direkt işçilik, hammadde, enerji, yönetim ve pazarlama giderlerinin değişken kısımları değişken giderlerdir. Bu giderler doğrusaldır. Bununla birlikte, bazı üretim tiplerinde bu doğrusallığın eğrisel hale dönüştüğü görülmektedir. Üretim olmadığı zaman değişken giderler de olmaz.

Toplam Maliyetler

Sabit giderlerle değişken giderlerin toplamına toplam giderler denir.

$$TM = F + v Q$$

Üretim miktarı arttıkça toplam maliyetler de artar.

Ortalama Birim Maliyet

Sabit ve değişken maliyetler bir dönem ve üretim miktarıyla açıklanabilir. Belirli bir sürede üretilen mal ve hizmetler için yapılan toplam maliyetleri üretilen mal ve hizmet miktarına bölünerek birim maliyet bulunur.

$$BM = \frac{TM}{Q}$$

$$BM = \frac{F + v Q}{Q}$$

Marjinal Maliyet

Üretime ilave edilen son birimin maliyeti marjinal maliyettir. Örneğin, 100 birim ürün üretirken üretim miktarı 101 birime çıkarılırsa, 101. Ürünün maliyeti marjinal maliyeti verir.

$$MM = \Delta F + \Delta vQ$$

Satış Geliri

Satış geliri birim satış fiyatı ile satılan miktarın çarpımından oluşur.

$$SG = p Q$$

Kar

Kar faktörü, maliyetin, miktarın ve satış fiyatının bir fonksiyonudur.

$$Kar = f(\text{Fiyat, Miktar, Maliyet})$$

Kar, gelirlerle giderler arasındaki farktır.

İşletme gelirleri

$$SG = p Q$$

Giderleri de

$$TM = F + v Q$$

eşitlikleri ile ifade edilmektedir. Bu eşitliklerde; SG satış gelirleri, p birim satış fiyatı, Q satış miktarı, F sabit maliyetler, v birim üretim maliyetidir.

Buna göre kar fonksiyonu (K) aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$K = p Q - (F + vQ)$$

İşletmeler sınırlı kaynaklarının kullanımı bakımından, alternatif yatırım önerileri arasından uygun olanı seçerler. Kaynakların alternatif kullanım alanları arasında bir seçim yapabilmek ve kaynakları amaca uygun en iyi sonuçlar verebilecek yatırımlara tahsis edebilmek için projeler değerlendirilerek karar verilmelidir.

Proje değerlemesi konusundaki yöntemler genel olarak statik ve dinamik yöntemler olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir. Statik yöntemlerin ortak özelliği, paranın zaman değerinin gözönüne alınmaksızın değerlendirilmesidir. Dinamik yöntemlerin ortak özelliği ise, paranın zaman değerinin gözönüne alınarak değerlendirilmesidir.

Mali planlamanın yapılabilmesi için yatırım ve üretim giderlerinin açıkça belirlenmesi gerekmektedir.

3.2. STATİK YÖNTEMLER

Statik yöntemlerden en çok kullanılan geri ödeme süresi yöntemi ile karlılık oranı yöntemidir.

3.2.1. Geri Ödeme Süresi Yöntemi

Geri ödeme süresi, yatırımın yıllık gelirleri ile amortisman toplamının başlangıçtaki yatırım tutarına eşit oluncaya kadar geçmesi gereken süredir. Enflasyon oranının düşük olduğu piyasalarda uygulanabilir. Bu yöntemle göre kendisini en kısa sürede ödeyecek yatırım, riski en az olan yatırımdır.

Geri ödeme süresi yönteminde, yatırım gelirlerinin yıllar itibariyle sabit ve değişken olmasına göre iki şekilde hesaplama yapılır.

Yıllara göre sağlanan gelirler değişmiyorsa, yatırım tutarı (I) yıllık yatırım gelirine (K) bölünerek geri ödeme süresi (n) bulunur.

$$n = \frac{I}{K} \quad (3.1)$$

Birden çok projenin değerlendirilmesinde geri ödeme süresi kısa olan seçilir. Tek projenin değerlendirilmesinde ise, projenin geri ödeme süresi yatırımcı tarafından kabul edilen en uzun süreden ($\bar{n}$) küçükse seçilir.

Örnek Problem 3.1. Bir projeye ilişkin yatırım tutarı ile yıllık gelirler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Yatırımcı tarafından yatırım için geri ödeme süresi üst sınırı 5 yıl olarak kabul edilmiştir. Projenin kabul edilip edilemeyeceğini belirleyiniz.

Tablo 3.1. Tek yatırım projesi tutarı ve 5 yıllık geliri

Yatırım tutarı (TL)	Yıllar itibariyle yatırım gelirleri (TL/yıl)				
	1	2	3	4	5
1200000	300000	300000	300000	300000	300000

Çözüm 3.1.

Yıllar itibariyle yatırım gelirleri değişmediğinden, geri ödeme süresi (4.1) eşitliği ile hesaplanabilir.

$$n = \frac{1200000 \text{ TL}}{300000 \text{ TL}} = 4 \text{ yıl}$$

$n = 4 < n_{\max} = 5$ olduğundan proje kabul edilebilir.

Örnek Problem 3.2. Bir yatırım projesinin maliyeti 1600000 TL'dir. Projenin amortismanlar dahil olmak üzere, yıllara göre aşağıdaki nakit girişlerini yaratması beklenmektedir. Geri ödeme süresini belirleyiniz.

Yıl	Net nakit girişi	Birikimli net nakit girişi
1	200000	200000
2	300000	500000
3	400000	900000
4	500000	1400000
5	600000	2000000*

Geri ödeme süresi tabloda 5 yıl olarak görülmekle birlikte, kesin süre için

$$4 + \frac{200000}{600000} = 4\frac{1}{3} \text{ yıl}$$

olarak hesaplanır.

Örnek Problem 3.3. Yıllar itibariyle geliri değişiklik gösteren 4 projeye ilişkin yatırım tutarları ve yıllık gelirleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Projeleri geri ödeme süresine göre sıralayınız ve uygun projeyi belirleyiniz.

Tablo 3.2. Dört yatırım projesi ve 10 yıllık geliri

Yıllar	Proje A	Proje B	Proje C	Proje D
Yatırım tutarı (PB)	1.000	1.000	2.000	2.000
1	250	500	2.000	400
2	250	500	100	400
3	250	100	100	400
4	250	100	100	400
5	250	100		400
6	250	50		400
7	250	50		400
8	250	50		400
9	250	50		400
10	250	50		400

Çözüm 3.3.

Geri ödeme süresinin belirlenmesi maksadıyla, yıllık gelirler yatırım tutarına eşit oluncaya kadar toplanır yani birikimli toplama (BT) yapılır.. Yıllık gelirler toplamının yatırım tutarına eşit olduğu yıl geri ödeme süresini verir.

Tablo 3.3. Dört yatırım projesi ve 10 yıllık geliri

Yıllar	Proje A	BT(A)	Proje B	BT(B)	Proje C	BT(C)	Proje D	BT(D)
Yatırım tutarı (PB)	1.000		1.000		2.000		2.000	
1	250	250	500	500	2.000	2000	400	400
2	250	500	500	1000	100		400	800
3	250	750	100		100		400	1200
4	250	1000	100		100		400	1600
5	250		100				400	2000
6	250		50				400	
7	250		50				400	
8	250		50				400	
9	250		50				400	
10	250		50				400	
Geri Ödeme Süresi (Yıl)	4		2		1		5	
Öncelik Sırası	3		2		1		4	

Yapılan değerlendirme sonucuna göre, geri ödeme süresi 1 yıl ile en düşük olan C proje alternatifi birinci öncelikte seçilir. Ancak, işletme kendini 2 yılda ödeyecek yatırımlara fon tahsis edecekse B projesini de yatırım alternatifleri arasında düşünmelidir.

Geri ödeme süresi yönteminin bazı yararlı yanları şunlardır:

- Uygulanması ve anlaşılması basit bir yöntemdir.
- Yatırılan sermayeyi en kısa sürede geri ödeyen projelerin seçimine imkan verdiği için risk ve belirsizliği azdır.
- Fon yetersizliği olan işletmelerin fonlarının kısa süre içerisinde geri dönmesini sağlar.

Yani kısa sürede kendilerini ödeyen projelere öncelik verilerek faaliyetlerin devamı için gerekli fonların yaratılmasını sağlar.

Geri ödeme süresinin yararlı yanlarına karşılık sakıncalı yanları da vardır. Bu sakıncalar aşağıda örnekle açıklanmıştır.

Statik bir yöntem olan geri ödeme süresi yöntemi paranın zaman değerini dikkate almaz.

Örnek Problem 3.4. A ve B gibi iki projenin yatırım tutarları ile yıllık getirileri (PB) aşağıdaki tabloda verilmiştir. Projelerin geri ödeme sürelerini hesaplayınız, paranın zaman değeri yönünden yorumlayınız.

Tablo 3.4. İki projenin yatırım tutarı ve 10 yıllık geliri

Yıllar	Proje A	Proje B
0	1500000	1500000
1	600000	400000
2	500000	500000
3	400000	600000
4	300000	600000
5	300000	300000
6	300000	300000
7	300000	300000
8	300000	300000
9	300000	300000
10	300000	300000

Çözüm 3.4.

Her projenin yıllık getirileri yatırım tutarına eşitleninceye kadar birikimli toplama yapılır.

Tablo 3.5. İki projenin yatırım tutarı ve 10 yıllık geliri

Yıllar	Proje A	BT (A)	Proje B	BT (B)
0	1500000		1500000	
1	600000	600000	400000	400000
2	500000	1100000	500000	900000
3	400000	1500000	600000	1500000
4	300000		600000	
5	300000		300000	
6	300000		300000	
7	300000		300000	
8	300000		300000	
9	300000		300000	
10	300000		300000	
Geri Ödeme Süresi	3		3	
Öncelik Sırası	1		1	

Her iki projenin yatırım tutarı 1500000 PB olup, iki proje de kendisini 3 yılda geri ödemektedir. Bununla birlikte, Proje A ilki 2 yılda 1100000 PB gelir getirirken, Proje B ise 900000 PB gelir getirmektedir. Paranın zaman değeri dikkate alınrsa Proje A'nın Proje B'den daha uygun bir yatırım olduğu görülecektir.

- 1) Geri ödeme süresi yöntemi, geri ödeme süresinden sonraki yatırım gelirlerini dikkate almaz. Örnek tabloda Proje A geri ödeme süresinden sonra dördüncü yıldan itibaren onuncu yıla kadar her yıl sabit 300000 PB olmak üzere toplam 2100000 PB gelir getirirken, Proje B dördüncü yıl 600000 PB ve bundan sonra her yıl sabit ve 300000 PB olmak üzere toplam 2400000 PB gelir getirmektedir.
- 2) Geri ödeme süresi yönteminde kısa ömürlü projelere öncelik verilir. İşletme için stratejik önemi olabilecek uzun ömürlü projeler dikkate alınmaz.

Bu özellikleri dikkate alındığında, yatırım kararı için geri ödeme süresi yöntemi tek kriter olarak kullanılmamalıdır.

3.2.2. Karlılık Oranı Yöntemi

Karlılık oranı yöntemi, yatırımın faydalı ömrü boyunca sağlayacağı karların yatırım tutarına oranlanması ile yatırım projelerinin sıralanmasına imkan veren bir yöntemdir. Paranın zaman değeri hesaba katılmaz. İşletmeler daha çok kar amacı taşıdıklarından, bu yöntem sıklıkla kullanılmaktadır. Hesaplama esas alınan kara göre iki karlılık yöntemi uygulanmaktadır.

- 1) Yıllık karın yatırım tutarına oranı yöntemi.
- 2) Ortalama yıllık karın yatırım tutarına oranı yöntemi.

a) Yıllık Karın Yatırım Tutarına Oranı Yöntemi

Bu yöntemde yatırımın faydalı ömrü boyunca sağlayacağı karlar ve yatırım için yapılması gereken harcamalar bilinmelidir.

Yıllık karın yatırım tutarına oranı (YKYTO), yatırımın faaliyete geçtiği, normal düzende çalıştığı ve karlarında istikrar seyreden yılların birinde sağlanacak karın yatırım tutarına bölünmesi ile bulunur.

YKYTO = Yıllık Kar / Yatırım Tutarı

$$YKYTO = \frac{A}{C}$$

Örnek Problem 3.5. Üç alternatif yatırım projesine ilişkin veriler aşağıdaki gibidir. Tercih sıralamasını YKYTO yöntemine göre yapınız.

Yatırım Projesi	Yatırım Tutarı (C)	Toplam Nakit Girişi (A)	YKYTO	Tercih Sırası
A	500000	400000	0.8	3
B	500000	500000	1.0	2
C	500000	600000	1.2	1

Örnek Problem 3.6. Aşağıda verilen dört projenin öncelik sırasını yıllık karın yatırım tutarına oranı (YKYTO) yöntemi ile belirleyiniz.

Tablo 3.6. Dört yatırım projesi ve 10 yıllık geliri

Yıllar	Proje A	Proje B	Proje C	Proje D
Yatırım tutarı (PB)	1.000	1.000	2.000	2.000
1	250	500	2.000	400
2	250	500	100	400
3	250	100	100	400
4	250	100	100	400
5	250	100		400
6	250	50		400
7	250	50		400
8	250	50		400
9	250	50		400
10	250	50		400

Çözüm 3.6. İlk yıldaki gelirler yatırım tutarına oranlanır.

$$\text{Proje A: } YKYTO(A) = \frac{250}{1000} = 0.25 = \%25$$

$$\text{Proje B: } YKYTO(B) = \frac{500}{1000} = 0.50 = \%50$$

$$\text{Proje C: } YKYTO(C) = \frac{2000}{2000} = 1.00 = \%100$$

$$\text{Proje D: } YKYTO(D) = \frac{400}{2000} = 0.20 = \%20$$

Tablo 3.7. Dört projenin öncelik sırası

Yıllar	Projeler			
	A	B	C	D
YKYTO (%)	25	50	100	20
Öncelik Sırası	3	2	1	4

Yıllık karın yatırım tutarına oranı yöntemine göre yapılan öncelik sıralamasında C projesi % 100 değeri ile seçilmelidir. Bundan sonra sırasıyla B, A ve D projeleri gelmektedir.

b) Ortalama Yıllık Karın Yatırım Tutarına Oranı

Bir işletme faydalı ömrü boyunca yıllar itibariyle, çeşitli nedenlerle, aynı gelirleri elde edemeyebilirler. Bu durumda, faydalı ömrü boyunca sağlanacak gelirin herhangi bir yılını esas alarak yatırım tutarına oranlanması sağlıklı sonuç vermez. Bu tür özellikteki yatırım projelerinde kara dayalı sağlıklı bir sıralama yapmak için ortalama yıllık karın yatırım tutarına oranı (OYKYTO) yöntemi kullanılmalıdır.

$$\text{Yatırımın ortalama karlılık oranı (YOKO)} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{n}}{C}$$

$$C = S + \frac{1}{2} (C + H)$$

Burada; K yıllık karlar, n yatırımın faydalı ömrü, S işletme sermayesi, H yatırımın faydalı ömrü sonundaki hurda değeri, C sabit yatırım tutarı, t yıl sayısıdır.

Örnek Problem 3.7. Üç alternatif projeye ilişkin veriler aşağıdaki gibidir. Tercih sırasını YOKO yöntemine göre belirleyiniz.

Yatırım Projesi	Yatırım Tutarı (C)	Ekonomik ömür (yıl)	Toplam Nakit Girişi (A)	YOKO	Tercih Sırası
A	300000	1	300000	1	1
B	600000	2	600000	0.5	2
C	800000	3	960000	0.4	3

Örnek Problem 3.8. Aşağıda verilen projeleri yatırımın ortalama karlılık oranı (YOKO) ile değerlendiriniz.

Tablo 3.8. Dört yatırım projesi ve 10 yıllık geliri

Yıllar	Proje A	Proje B	Proje C	Proje D
Yatırım tutarı (PB)	1.000	1.000	2.000	2.000
1	250	500	2.000	400
2	250	500	100	400
3	250	100	100	400
4	250	100	100	400
5	250	100		400
6	250	50		400
7	250	50		400
8	250	50		400
9	250	50		400
10	250	50		400

Çözüm 3.8.

A Projesi:

$$YOKO_A = \frac{(250 + 250 + 250 + 250 + 250 + 250 + 250 + 250 + 250 + 250) / 10}{1.000}$$

$$YOKO_A = 0.25 = \%25$$

B Projesi:

$$YOKO_B = \frac{(500 + 500 + 100 + 100 + 100 + 50 + 50 + 50 + 50 + 50)/10}{1.000}$$

$$YOKO_A = 0.155 = \%15.5$$

C Projesi:

$$YOKO_C = \frac{(2.000 + 100 + 100 + 100)/4}{2.000}$$

$$YOKO_C = 0.2875 = \%28.75$$

D Projesi:

$$YOKO_D = \frac{(400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400)/10}{2.000}$$

$$YOKO_C = 0.20 = \%20$$

Tablo 3.9. Dört yatırım projesi ve 10 yıllık geliri

Yıllar	Proje A	Proje B	Proje C	Proje D
Yatırım tutarı (PB)	1.000	1.000	2.000	2.000
1	250	500	2.000	400
2	250	500	100	400
3	250	100	100	400
4	250	100	100	400
5	250	100		400
6	250	50		400
7	250	50		400
8	250	50		400
9	250	50		400
10	250	50		400
Toplam Gelir	2500	1550	2300	4000
Yıllık Ortalama	250	155	575	400
YOKO (%)	25	15.5	28.75	20
Öncelik Sırası	2	4	1	3

Projelerin ortalama karlılık oranlarına göre öncelik sırası aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Buna göre, öncelikle C projesi seçilecektir. Bundan sonra sırasıyla A, D ve B projeleri sıralanır.

Karlılık oranı yöntemi paranın zaman değerini dikkate almayan statik bir yöntemdir. Bu nedenle, yatırımdan sağlanacak gelirlerin ilk yıllarda fazla veya az olmasının hesaplamalar üzerinde herhangi bir etkisi olmaz.

3.3. DİNAMİK YÖNTEMLER

Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde kullanılan dinamik yöntemler paranın zaman değerini dikkate alır. Paranın zaman değeri, sermayenin bağlı kaldığı süre içinde sağlayacağı gelir veya vadesi gelmemiş bir alacağı tahsil etmek için katlanması gereken maliyettir. Yatırım projesi için yapılacak harcamalar ile yatırımın faydalı ömrü içinde sağlayacağı parasal gelirler paranın zaman değeri dikkate alınarak hesaplanır.

Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde en çok kullanılan dinamik yöntemler şunlardır:

- 1) Net bugünkü değer yöntemi.
- 2) Fayda – masraf oranı yöntemi.
- 3) İç karlılık oranı yöntemi.
- 4) Yıllık eşdeğer masraf oranı yöntemi.

3.3.1. Net Bugünkü Değer Yöntemi

Net bugünkü değer (NBD) ya da diğer bir ifade ile net şimdiki değer (NŞD) yönteminde, yatırımın her yıl sağlayacağı nakit girişleri, belirli bir iskonto haddi üzerinden indirgenerek toplanır. Yatırım için yapılacak harcamaların da belirli bir iskonto haddi üzerinden bugünkü değeri bulunur. Yatırım gelirlerinin bugünkü değerlerinden yatırım harcamalarının bugünkü değeri çıkarılır. Aradaki fark pozitif ise yatırım kabul edilir. Birden fazla yatırım projesinin değerlemesi söz konusu ise, bu projeler arasındaki en büyük pozitif değeri veren proje seçilir.

Nakit girişlerinin belirlenen iskonto oranı ile başlangıç dönemine indirgenmesi

$$A = \frac{A_1}{(1+r)^1} + \frac{A_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{A_n}{(1+r)^n} + \frac{H}{(1+r)^{n+1}}$$

eşitliği ile hesaplanır. Yıllar itibariyle projeden sağlanacak nakit girişleri eşit ise, toplam nakit girişinin bugünkü değeri

$$A = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{(1+r)^i} + \frac{H}{(1+r)^{n+1}}$$

eşitliği ile bulunur. Burada; A nakit girişlerinin bugünkü değerleri toplamını, n yatırımın faydalı ömrünü, A_i yatırımdan sağlanacak nakit girişlerini, r faiz oranını, H yatırımın faydalı ömrü sonundaki hurda değerini ifade etmektedir.

Yatırım harcamaları birden fazla dönemde gerçekleşiyorsa, indirgeme işlemi

$$C = \frac{C_1}{(1+r)^1} + \frac{C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{C_n}{(1+r)^n}$$

eşitliği ile yapılır. Yıllar itibariyle yapılacak harcamalar eşit ise, toplam nakit çıkışlarının bugünkü değeri

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada; C nakit çıkışlarının bugünkü değerleri toplamını, C_i yatırım için yapılması gereken nakit çıkışlarını ifade etmektedir.

Net bugünkü değer

$$NBD = A - C$$

şeklinde veya daha açık ifadesiyle

$$NBD = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{(1+r)^i} + \frac{H}{(1+r)^{n+1}} - \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

eşitliği ile ifade edilir. Eğer $A > C$ ise yatırım kararı alınır.

Örnek Problem 3.9. Aşağıda verilen A ve D projelerini net bugünkü değer yöntemi ile değerlendiriniz. Faiz oranı % 15'tir.

Tablo 3.10. Dört yatırım projesi ve 10 yıllık geliri

Yıllar	Proje A	Proje B	Proje C	Proje D
Yatırım tutarı (PB)	1.000	1.000	2.000	2.000
1	250	500	2.000	400
2	250	500	100	400
3	250	100	100	400
4	250	100	100	400
5	250	100		400
6	250	50		400
7	250	50		400
8	250	50		400
9	250	50		400
10	250	50		400

Çözüm 3.9.

A ve D projelerinin iskonto hadleri, yıllar itibariyle bugünkü değerleri ve net bugünkü değerleri hesaplanarak aşağıdaki tabloda verilmiştir. Her iki projede nakit çıkışı başlangıç yatırımında gerçekleştiği için net bugünkü değer olarak alınmıştır.

A Projesi:

$$BD(A) = \frac{250}{(1+0.15)^9} + \frac{250}{(1+0.15)^8} + \frac{250}{(1+0.15)^7} + \frac{250}{(1+0.15)^6} + \frac{250}{(1+0.15)^5} + \frac{250}{(1+0.15)^4} + \frac{250}{(1+0.15)^3} + \frac{250}{(1+0.15)^2} + \frac{250}{(1+0.15)^1} + 250$$

$$BD(A) = 1442.90 \text{ PB}$$

$$NBD(A) = 1442.90 - 1000 = 442.90 \text{ TL}$$

D Projesi:

$$BD(D) = \frac{400}{(1+0.15)^9} + \frac{400}{(1+0.15)^8} + \frac{400}{(1+0.15)^7} + \frac{400}{(1+0.15)^6} + \frac{400}{(1+0.15)^5} + \frac{400}{(1+0.15)^4} + \frac{400}{(1+0.15)^3} + \frac{400}{(1+0.15)^2} + \frac{400}{(1+0.15)^1} + 400$$

$$BD(D) = 2308.63 \text{ PB}$$

$$NBD(D) = 2308.63 - 2000 = 308.63 \text{ TL}$$

Tablo 3.11. Dört projenin net bugünkü değerleri

Yıllar	İskonto (%15)	Projeler			
		A		D	
		Nakit akımı	BD	Nakit akımı	BD
0		1000	1000	2000	2000
1	1	250	250.00	400	400.00
2	0,870	250	217.39	400	347.83
3	0,756	250	189.04	400	302.46
4	0,658	250	164.38	400	263.01
5	0,572	250	142.94	400	228.70
6	0,497	250	124.29	400	198.87
7	0,432	250	108.08	400	172.93
8	0,376	250	93.98	400	150.37
9	0,327	250	81.73	400	130.76
10	0,284	250	71.07	400	113.70
Toplam		2500	1442.90	4000	2308,63
NBD			442.90		308.63

A projesinin net bugünkü değeri 442.90 PB değeri ile D projesinin 308.63 PB değerinden büyük olduğu için tercih edilecektir.

Net bugünkü değer yönteminin önemli özellikleri aşağıda ifade edilmiştir:

- 1) Net bugünkü değer yöntemi paranın zaman değerini dikkate alır.
- 2) İskonto oranı nakit girişlerini etkiler. Büyük iskonto oranlarının belirlenmesi halinde, başlangıç yıllarında büyük nakit girişleri sağlayan yatırımlar tercih edilir. Oranın düşük tutulması halinde ise, daha çok son yıllarda yüksek gelir sağlayan yatırım projeleri seçilir.
- 3) İskonto oranının belirlenmesini etkileyen kaynak maliyeti, karlılık oranı, ekonomideki faiz oranı gibi faktörler zaman içinde değiştiğinden sözkonusu oranın belirlenmesinde güçlükler vardır.
- 4) Yatırım tutarı büyük olan projenin karlılığı yatırım tutarı küçük olan projeye göre daha düşük olduğunda da bazen tercihte öncelik kazanabilir.

3.3.2. Fayda Masraf Oranı Yöntemi

Yatırımın faydalı ömrü boyunca sağlayacağı nakit girişlerinin bugünkü değerinin yatırım harcamalarına oranına fayda masraf oranı (FMO) veya karlılık indeksi yöntemi denir.

Bu yöntemin hesaplama tekniği de net bugünkü değer yöntemine benzer. Nakit girişleri ile harcamalar bugünkü değer indirgenip, nakit girişlerinin bugünkü değeri yatırım harcamalarının bugünkü değerine bölünerek fayda masraf oranı bulunur.

Fayda masraf oranı (FMO), nakit girişlerinin bugünkü değeri (A), yatırım harcamalarının bugünkü değeri (C) olmak üzere

$$FMO = \frac{A}{C}$$

eşitliği ile ya da daha açık ifadeleriyle

$$FMO = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{(1+r)^i} + \frac{H}{(1+r)^{n+1}}}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}}$$

eşitlikleri ile hesaplanır.

Örnek Problem 3.10. Örnek 3.6’da verilen A ve D projelerinin fayda masraf oranlarını hesaplayarak değerlendiriniz.

Çözüm 3.10.

A ve D projelerinin nakit girişlerinin bugünkü değeri (NGBD) ve yatırım harcamalarının bugünkü değeri (YHBD) hesaplanarak fayda masraf oranı bulunur.

A ve D projelerinin bugünkü değerleri Örnek Problem 4.6’da bulunmuştur.

A Projesi:

$$BD(A) = 442.90 \text{ TL}$$

$$FMO(A) = \frac{NBD(A)}{YHBD(A)} = \frac{1442.90}{1000} = 1.443$$

D Projesi:

$$BD(D) = 2308.63 \text{ PB}$$

$$FMO(D) = \frac{NBD(D)}{YHBD(D)} = \frac{2308.63}{2000} = 1.154$$

A projesinin fayda masraf oranı 1.443; D projesinin ise 1.154 olup, büyük FMO değerine sahip olan A projesi seçilir.

Projeler FMO yöntemine göre yüksek FMO değerinden düşük olana doğru sıralanır. Bu sıralamanın yapılabilmesi için FMO değerlerinin 1’den büyük olması gerekir. Net

bugünkü değer yöntemi ile proje değerlemesinde projelerin karlılıklarına göre sıralama yapılamazken, FMO yöntemi ile karlılık sıralaması yapılabilmektedir.

3.3.3. İç Karlılık Oranı Yöntemi

İç karlılık oranı (İKO) yöntemi, paranın zaman değerini gözönünde bulunduran, projenin sağlayacağı verimi bulmak için kullanılan bir değerlendirme yöntemidir. İç karlılık oranı, yatırımın faydalı ömrü boyunca sağlayacağı nakit girişlerinin bugünkü değerinin yatırım için yapılacak harcamaların bugünkü değerine eşitliğini sağlayan faiz oranıdır. İç karlılık oranı yöntemi indirgenmiş nakit akımları, sermayenin marjinal etkinliği, gerçek verim usulü gibi değişik isimlerle de ifade edilmektedir.

Yatırımın iç karlılık oranının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikler kullanılır.

$$C = A$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{(1+r)^i} + \frac{H}{(1+r)^{n+1}}$$

Buna göre, yatırım harcamalarının bugünkü değerini yatırımdan sağlanacak nakit girişlerinin bugünkü değerine eşitleyen faiz oranı yatırımın iç karlılık oranını verecektir.

Yatırımdan beklenen iç karlılık oranı, eğer yatırımcının beklentilerini karşılamıyorsa yatırım kararı alınmaz.

3.3.4. Yıllık Eşdeğer Masraf Yöntemi

Yıllık eşdeğer masraf (YEM) yönteminde, alternatif yatırım projelerinin yıllık giderleri karşılaştırılarak yıllık giderleri en düşük olan proje seçilir. Böyle bir karşılaştırmanın yapılabilmesi için projelerin bütün giderlerinin yatırım dönemi ve işletme dönemleri boyunca eş masraf şeklinde gerçekleşmesi gerekir.

Bir yatırım projesinin yıllık gideri, işletme giderleri ile yatırım tutarının bir yıla düşen payının toplamına eşittir. Yatırım tutarının bir yıla isabet eden payı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$YEYM = C \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right]$$

Burada; YEYM yatırım tutarının bir yıla düşen payı, C toplam yatırım tutarı, n yatırımın faydalı ömrü, r faiz oranıdır. Bugünkü değerin yıllara eşit taksitlendirilmesinde bu bağıntı geçerlidir.

Yatırımın hurda değerinin olması halinde, bununda yıllık eşdeğer tutarı hesaplanarak işleme dahil edilir.

Yatırımın hurda değerinin yıllık eşdeğeri

$$YEHD = HD \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$$

bağıntısı ile hesaplanır. HD gelecek değer olduğundan, yıllara eşit taksitlendirilmesinde bu bağıntı kullanılır.

Yatırım maliyeti, yıllık işletme giderleri ve hurda değerın yıllık eşdeğer tutarları hesaplandıktan sonra, yıllık eşdeğer gider

$$YEG = YEYM + YİG - YEHD$$

eşitliği ile hesaplanır.

Örnek Problem 3.11. Aşağıda verilen projeleri yıllık eşdeğer masraf yöntemi ile karşılaştırınız.

Tablo 3.12. İki projenin yatırım işletme giderleri

Değerler	Proje A	Proje B
Yatırım tutarı (PB)	500000000	1000000000
Faydalı ömür (Yıl)	20	15
İşletme giderleri (PB)	150000000	200000000
Faiz oranı (%)	15	15

Çözüm 3.11.

A Projesi:

Yatırım tutarının bir yıla isabet eden payı:

$$G_A = 500.000.000 \times \left[\frac{0,15(1+0,15)^{20}}{(1+0,15)^{20} - 1} \right] = 79.880.700PB$$

Projenin yıllık eşdeğer masrafı

$$YEM_A = 150.000.000 + 79.880.700 = 229.880.700PB$$

B Projesi:

Yatırım tutarının bir yıla isabet eden payı:

$$G_B = 1.000.000.000 \times \left[\frac{0,15(1+0,15)^{15}}{(1+0,15)^{15} - 1} \right] = 171.017.000PB$$

Projenin yıllık eşdeğer masrafı

$$YEM_A = 200.000.000 + 171.017.000 = 371.017.000PB$$

Yıllık eşdeğer masrafı düşük olan proje seçileceğinden,

($YEM_A = 229.880.700$) < ($YEM_B = 371.017.000$) olup, A projesi seçilir.

Örnek Problem 3.12. Yıllık Eşdeğer Gider Yöntemi

Yıllık eşdeğer gider yöntemine göre aşağıda tabloda yer alan verilere göre hangi proje tercih edilmelidir?

Nakit akışları	Proje A	Proje B
Yatırım tutarı (TL)	-4000000	-3500000
İşletme gideri (TL/yıl)	-100000	-200000
Hurda değer (TL)	500000	300000
Projenin ekonomik ömrü (yıl)	15	20
İskonto oranı (%)	15	15

Çözüm 3.12.

$$K(YEYM) = \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right]$$

$$K(YEYM1) = \left(\frac{0.15 (1 + 0.15)^{15}}{(1 + 0.15)^{15} - 1} \right)$$

$$K(YEYM1) = 0.1710171$$

$$K(YEYM1) = \left(\frac{0.15 (1 + 0.15)^{20}}{(1 + 0.15)^{20} - 1} \right)$$

$$K(YEYM1) = 0.15976$$

$$K(YEHD) = \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$K(YEHD1) = \left[\frac{0.15}{(1 + 0.15)^{15} - 1} \right]$$

$$K(YEHD1) = 0.02102$$

$$K(YEHD2) = \left[\frac{0.15}{(1 + 0.15)^{20} - 1} \right]$$

$$K(YEHD1) = 0.00976$$

Nakit akışları	Proje A	Proje B
YEYM	-4000000x0.1229=-684000	-3500000*0.15976=-559160
YEİG	-100000	-200000
YEHD	500000*0,02102=10510	300000*0,00976=2928
YEG	-773560	-756237
Sıralama	2	1

B projesi düşük masraf gerektirdiği için daha uygun görünmektedir.

Örnek Problem 3.13. METMAL Şirketi maliyeti 175000 \$ olan bir döküm atölyesi kuracaktır. Şirket dökümhaneyi kurduktan sonra her yıl 37000\$ getiri beklemektedir. Kurulacak tesisin ekonomik ömrü 10 yıldır. Tesisin ekonomik ömrü sonunda hurda değeri yoktur. Beklenen karlılığın %20 olması halinde NBD ve İKO yöntemlerine göre şirketin projeyi uygulayıp uygulamayacağını değerlendiriniz.

Çözüm 3.13.

NBD Yöntemi:

Nakit girişlerinin bugünkü değeri bulunur.

$$P(A) = A \left[\frac{(1 + r)^n - 1}{r (1 + r)^n} \right]$$

$$P(A) = 37000 \times \left[\frac{(1 + 0.20)^{10} - 1}{0.20 \times (1 + 0.20)^{10}} \right]$$

$$P(A) = 155141 \$$$

$$NBD = P(A) - C$$

$$NBD = 155141 - 175000$$

$$NBD = -19859 \$$$

$NBD = -19859 < 0$ olduğundan yatırım yapmak anlamlı değildir.

İKO Yöntemi

Bu yöntemde gelirleri giderlere eşitleyen iç karlılık oranı bulunur. Bunun için deneme yanılma yöntemi uygulanır; gelirlerle giderlerin net bugünkü değerleri birbirine eşitlenir.

$r_1 = 0.21$ için:

$$P(A) = A \left[\frac{(1 + r)^n - 1}{r (1 + r)^n} \right]$$

$$P(A) = 37000 \times \left[\frac{(1 + 0.21)^{10} - 1}{0.21 \times (1 + 0.21)^{10}} \right]$$

$$P(A) = 149998 \$$$

$$NBD = 149998 - 175000 = -25002 \$$$

$NBD = -25002 < 0$ olduğundan r değeri azaltılmalıdır.

$r_1 = 0.16$ için:

$$P(A) = 37000 \times \left[\frac{(1 + 0.16)^{10} - 1}{0.16 \times (1 + 0.16)^{10}} \right]$$

$$P(A) = 178821 \$$$

$$NBD = 178821 - 175000 = 3821 \$$$

$NBD = 3821 > 0$ olduğundan r değeri artırılmalıdır.

Enterpolasyon yapılır:

$$r_{iKO} = 0.16 + \frac{3821}{3821 + |-25002|}$$

$$r_{iKO} = 0.1666$$

$r_{iKO} < 0.20$ olduğundan yatırım yapmak anlamlı değildir.

Örnek Problem 3.14. Bir yatırım projesinin bir yıllık kuruluş dönemindeki yatırım harcaması 22000 PB'dir. Projenin faydalı ömrü 4 yıldır. İşletme döneminde yıllık 7500 PB sabit getirisi olan bu projenin ekonomik ömrü sonundaki hurda değeri 12500 PB'dir. Üretim ve bakım faaliyetleri ile işletmede yıllık 2500 PB işletme harcaması yapılmaktadır. Proje yönetimi %12'lik iskonto oranını kabul edebilecek durumdadır. Bu verilere göre projeyi NBD ve İKO yöntemleri ile değerlendiriniz.

NBD Yöntemi:

Nakit girişi:

$$A = \frac{7500}{(1 + 0.12)^1} + \frac{7500}{(1 + 0.12)^2} + \frac{7500}{(1 + 0.12)^3} + \frac{7500}{(1 + 0.12)^4} + \frac{12500}{(1 + 0.12)^4}$$

$$A = 307214 \text{ PB}$$

Nakit çıkışı:

$$C = 22000 + \frac{2500}{(1 + 0.12)^1} + \frac{2500}{(1 + 0.12)^2} + \frac{2500}{(1 + 0.12)^3} + \frac{2500}{(1 + 0.12)^4}$$

$$C = 29593 \text{ PB}$$

$$NBD = A - C$$

$$NBD = 30724 - 29593$$

$$NBD = 1131 \text{ PB}$$

$NBD = 1131 > 0$ olduğundan proje kabul edilebilir.

İKO Yöntemi:

$r_1 = 0.10$ için:

$$A = \frac{7500}{(1 + 0.10)^1} + \frac{7500}{(1 + 0.10)^2} + \frac{7500}{(1 + 0.10)^3} + \frac{7500}{(1 + 0.10)^4} + \frac{12500}{(1 + 0.10)^4}$$

$$A = 32312 \text{ PB}$$

$$C = 22000 + \frac{2500}{(1 + 0.10)^1} + \frac{2500}{(1 + 0.10)^2} + \frac{2500}{(1 + 0.10)^3} + \frac{2500}{(1 + 0.10)^4}$$

$$C = 29925 \text{ PB}$$

$$A - C = 32312 - 29925 = 2387 \text{ PB}$$

$NBD(r_1) = 2387 > 0$ olduğundan r değeri artırılmalıdır.

$r_2 = 0.15$ için:

$$A = \frac{7500}{(1 + 0.15)^1} + \frac{7500}{(1 + 0.15)^2} + \frac{7500}{(1 + 0.15)^3} + \frac{7500}{(1 + 0.15)^4} + \frac{12500}{(1 + 0.15)^4}$$

$$A = 28559 \text{ PB}$$

$$C = 22000 + \frac{2500}{(1 + 0.15)^1} + \frac{2500}{(1 + 0.15)^2} + \frac{2500}{(1 + 0.15)^3} + \frac{2500}{(1 + 0.15)^4}$$

$$C = 29137 \text{ PB}$$

$$A - C = 28559 - 29137 = -578 \text{ PB}$$

$NBD(r_1) = -578 < 0$ olduğundan r değeri azaltılmalıdır.

Enterpolasyon:

$$r_{IKO} = r_1 + \frac{NBD(r_1)}{NBD(r_1) + |NBD(r_2)|}$$

$$r_{IKO} = 0.10 + \frac{2387}{2387 + 578}$$

$$r_{IKO} = 0.14$$

$r_{IKO} = 0.14 > 0.12$ olduğundan proje kabul edilebilir.

Excel programından doğrudan deneme yanılma ile İKO bulunabilir.

3.4. BELİRSİZLİK ALTINDA MALİ DEĞERLENDİRME

Her yatırım, geleceğe ilişkin tahminleri içerdiğinden mutlaka belli ölçüde bir risk içerir. Bu nedenle, yatırım projelerinin riskini nicel olarak ölçmek yatırımlar arasındaki risk farklılığını gidererek aynı bazda karşılaştırmak gerekir.

Yatırımlar verileri açısından belirli, belirsiz ve riskli durumlar içerebilir.

Belirlilik, yatırım ile ilgili çevresel faktörlerin ne şekilde gelişeceğini ve buna göre yatırım sonuçlarının ne olacağını önceden kesinlikle bilindiği durumu ifade eder.

Risk, yatırım ile ilgili çevresel faktörlerin ne şekilde gelişeceğini ve buna göre yatırım sonuçlarının ne olacağını önceden kesinlikle bilinemediği, bununla birlikte çevresel faktörler ile sonuçların olasılıklarının tahmin edilebildiği durumu ifade eder.

Belirsizlik, risk halinden daha fazla riskli olduğu bir durumu ifade eder. Bu durumda karar vericinin, kararını etkileyen çevresel faktörlerin gerçekleşme olasılıkları bile nicel olarak belirlenmesi söz konusu değildir.

Talep, üretim ve satış tahminleri dinamik piyasa koşullarında kesin olmayabilir. Benzer şekilde, üretim ve yatırım giderleri, fiyatlar ve proje ömrü tahminleri de doğru

olmayabilir. Belirsizlik koşulları altında bir yatırımın özellikle satış geliri, üretim ve yatırım giderleri incelenmelidir. Belirsizliğin başlıca nedenleri enflasyon, teknolojik değişimler, hatalı kapasite tahmini, inşaat ve işletmeye geçiş dönemi uzunluğudur.

Yatırım Riski:

Yatırımcılar açısından üç durum yatırım riskini oluşturur:

- 1) Yatırımdan beklenen verimin kesin bir değer olmayıp olasılıklı bir değer olması
- 2) Yatırımdan beklenen verimin ümit edilen düzeyin altına düşmesi olasılığı
- 3) Yatırım sermayesinin tümünün ya da bir kısmının kaybedilmesi olasılığı

Risk Durumunda Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesi

Ris kurumu, yatırım seçeneklerinin değerlendirilmesi kararının girdileri niteliğindeki aşağıdaki unsurlardan en az birinin bir olasılık dağılımı ile ifade edilebildiği durumdur:

- a) Yatırımın maliyeti (ilk yatırım tutarı)
- b) Net nakit girişlerinin zamanlaması
- c) Net nakit girişlerinin tutarları
- d) Yatırımın ekonomik ömrü
- e) Yatırımın ekonomik ömründe geçerli olacak faiz veya iskonto oranları
- f) Yatırımın hurda değeri

Belirsizlik analizi kapsamında sırasıyla başabaş noktası analizi, duyarlık analizi ve olasılık analizi yapılabilir.

Yatırım projelerine ilişkin unsurların olasılıklarına bağlı olarak beklenen değer hesaplanır.

$$E(X) = \sum_{i=1}^n (X_i P_i)$$

Bu denklemde;

$E(X)$: Beklenen değer

X_i : i. hal için projenin verimi

P_i : i. Halin gerçekleşme olasılığı

n : Muhtemel sonuçlarını sayısıdır.

Örnek Problem 3.15. Bir projeye ilişkin veriler aşağıdaki gibi ise beklenen verim ne olacaktır?

Ekonomik koşullar	Olasılık	Projenin verimi (PB)
Kötü	0.30	100000
Orta	0.40	200000
İyi	0.30	300000

Beklenen değer:

$$E(X) = 0.30 \times 100000 + 0.40 \times 200000 + 0.30 \times 300000$$

$$E(X) = 200000 \text{ PB}$$

Örnek Problem 3.16. Bir yatırımın tutarı 3000000 PB ve ekonomik ömrü 4 yıl olup, beklenen net nakit girişleri ile ilgili olasılık dağılımları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Yatırım kararını verecek olan işletmenin ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti (yıllık iskonto oranı) % 50 olduğuna göre, yatırımın

- Beklenen ortalama verimliliğini
- Beklenen yıllık ortalama verimliliğini
- Beklenen geri ödeme süresini
- Beklenen iskontolandırılmış geri ödeme süresini
- Beklenen net bugünkü değerini
- Beklenen karlılık endeksini

hesaplayınız.

Yıl	Olasılık dağılımı ve NNG (PB)			
	Pr = 0.20	Pr = 0.30	Pr = 0.30	Pr = 0.20
1	500000	1000000	1500000	2000000
2	1500000	2000000	2500000	3000000
3	2000000	2500000	3000000	3500000
4	3000000	3500000	4000000	4500000

Her yıla ilişkin net nakit girişlerinin beklenen değerleri:

$$\text{Yıl 1: } (500000 \times 0.20) + (1000000 \times 0.30) + (1500000 \times 0.30) + (2000000 \times 0.20) = 1250000 \text{ PB}$$

$$\text{Yıl 2: } (1500000 \times 0.20) + (2000000 \times 0.30) + (2500000 \times 0.30) + (3000000 \times 0.20) = 2250000 \text{ PB}$$

$$\text{Yıl 3: } (2000000 \times 0.20) + (2500000 \times 0.30) + (3000000 \times 0.30) + (3500000 \times 0.20) = 2750000 \text{ PB}$$

$$\text{Yıl 4: } (3000000 \times 0.20) + (3500000 \times 0.30) + (4000000 \times 0.30) + (4500000 \times 0.20) = 3750000 \text{ PB}$$

Toplam net nakit girişi:

$$TNNG = \sum A = 1250000 + 2250000 + 2750000 + 3750000 = 10000000 \text{ PB}$$

$$\text{a) } OK = \frac{\sum A}{C} = \frac{10000000}{3000000} = 3.333$$

$$\text{b) } YOK = \frac{\sum A/n}{C} = \frac{10000000/4}{3000000} = 0.833$$

$$\text{c) } GÖS = n = 1 + \frac{750000}{2250000} = 1.6 \text{ yıl}$$

$$\text{d) } \text{NNG bugünkü değeri}$$

$$\text{Yıl 1: } \frac{1250000}{(1+0.50)^1} = 833333 \text{ PB}$$

$$\text{Yıl 2: } \frac{2250000}{(1+0.50)^2} = 1000000 \text{ PB}$$

$$\text{Yıl 3: } \frac{2750000}{(1+0.50)^3} = 814814 \text{ PB}$$

$$\text{Yıl 4: } \frac{3750000}{(1+0.50)^4} = 740740 \text{ PB}$$

$$\text{Toplam: } P(A) = 833333 + 1000000 + 814814 + 740740 = 3388887 \text{ PB}$$

$$GÖS = 3 + 351853/740740$$

$$GÖS = 3.475\text{yıl}$$

$$\text{e) } NBD = \sum EP(NNG) - C = 3388887 - 3000000 = 388887 \text{ PB}$$

$$\text{f) } KE = \frac{\sum EP(NNG)}{C} = \frac{3388887}{3000000} = 1.13$$

3.4.1. Başabaş Noktası Analizi

Ürün maliyetini ilgilendiren çeşitli bilgiler ekonomik analizlerle değerlendirildikten sonra yeni ürün, makine, süreç seçiminde ve kapasite planlamasında vb birçok alanda veri olarak kullanılabilir.

Yer seçimi, tasarım, makine-teçhizat seçimi, kapasite planlama vb. faaliyetlerde başvurulacak maliyet analizi tekniklerinin başında Başabaş Noktası (BBN) Analizi veya diğer adıyla Sıfır Kar Noktası (SKN) Analizi gelir. Bu analizlerde maliyetler genel olarak iki gruba ayrılmıştır:

- 1) *Sabit maliyetler*: Üretim hacmi ne olursa olsun miktarı değişmeyen harcamalar toplamıdır. Kira, tesis yatırım masrafları, vergiler, yönetici ücretleri, vb. masraflar bu gruba girerler.
- 2) *Değişir maliyetler*: Üretim hacmi ile orantılı artan maliyet unsurları toplamıdır. Malzeme ve direkt işçilik harcamaları ile genel masrafların bir kısmı bu gruba girerler.

SKN basit bir lineer denklem yardımıyla hesaplanabilir. Bu maksatla ürünün toplam satış geliri ile toplam üretim maliyetleri arasındaki eşitlikten yararlanılır.

Başabaş noktası, satış gelirlerinin üretim giderlerine eşit olduğu kapasite kullanım düzeyi olarak ifade edilebilir. Başabaş noktası analizi diğer mali değerlendirme yöntemlerine yardımcı bir araç olarak kullanılabilir.

Satış denklemi

$$y = px$$

üretim giderleri denklemi

$$y = vx + F$$

ile ifade edilebilir. Burada; y satış geliri veya üretim gideri, p ürünün birim satış fiyatı, v ürünün birim üretim maliyet, f sabit üretim giderleri, x ürün miktarıdır.

Başabaş noktasında satış gelirleri üretim giderlerine eşit olacağından

$$px = vx + F$$

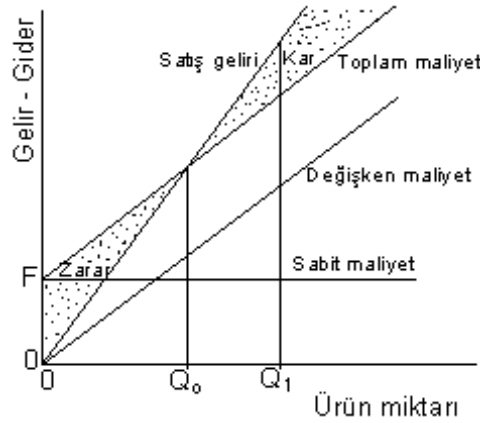
olup, başabaş noktasındaki üretim miktarı için

$$x_0 = \frac{F}{p - v}$$

eşitliği elde edilir.

Tam kapasitede satış geliri r olmak üzere, başabaş noktasındaki kapasite kullanım oranı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$KKO_0 = \frac{F}{r - v}$$



Şekil 6.x. Başabaş noktası grafiği

Örnek Problem 3.15. Sabit üretim giderleri 3280000 PB, birim satış fiyatı 6.25 PB/adet, birim değişken maliyet 3.25 PB/adet, satış geliri 12500000 PB, amortisman değeri 780000 PB ve değişken üretim giderleri 6500000 PB ve üretim miktarı 2000000 adet olduğuna göre kapasite kullanım oranını (KKO) belirleyiniz.

Başabaş noktasında üretim miktarı (x_0)

$$x_0 = \frac{F}{p - v}$$

$$x_0 = \frac{3.280.000}{6,25 - 3,25} = 1.093.333 \text{ adet}$$

Başabaş noktasında satış geliri

$$y = px$$

$$y_0 = 6,25 \times 1.093.333 = 6.833.331 PB$$

Başabaş noktasında kapasite kullanım oranı (KKO_0)

$$KKO_0 = \frac{F}{r - v}$$

$$KKO_0 = \frac{3.280.000}{12.500.000 - 6.500.000} = 0,55 = \%55$$

Buna göre başabaş noktası % 55 kapasite kullanım oranında gerçekleşmektedir.

3.4.2. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi, proje karlılığının belirlenmesi maksadıyla yapılır. Proje planlama aşamasında temel girdilerle ilgili değerler iyimser ve kötümser sınırlar arasında belirlenerek belirsizliğin ortadan kaldırılmasına çalışılır.

Örnek Problem 3.10. Örnek 3.15'deki verilere bağlı olarak; birim satış fiyatı, değişken ve üretim giderlerindeki değişmelerin başabaş noktasına etkilerini duyarlılık analizi ile değerlendiriniz.

$$x = 2.000.000 a \text{ det}$$

$$v = 6.500.000 PB$$

$$F = 3.280.000 PB$$

$$p_1 = 5,75 PB / a \text{ det}$$

$$p_2 = 5,50 PB / a \text{ det}$$

a) Birim satış fiyatının etkisi:

$p_1 = 5.75 PB/adet$ ve $p_2 = 5.50 PB/adet$ olması hali:

$p_1 = 5.75 PB/adet$ için;

Kapasite kullanım oranı

$$KKO_1 = \frac{3.270.000}{5,75 \times 2.000.000 - 6.500.000} = 0,65 = \%65$$

Üretim miktarı

$$x_1 = KKO_1 \cdot x = 0,65 \cdot 2.000.000 = 1.300.000 a \text{ det}$$

Satış geliri

$$Y_1 = p_1 x_1 = 5,75 \cdot 1.300.000 = 7.475.000 PB$$

$p_2 = 5,50 PB/adet$ için;

Kapasite kullanım oranı

$$KKO_2 = \frac{3.270.000}{5,50 \times 2.000.000 - 6.500.000} = 0,73 = \%73$$

Üretim miktarı

$$x_2 = KKO_2 * x = 0,73 * 2.000.000 = 1.460.000 \text{ adet}$$

Satış geliri

$$Y_2 = p_1 x_2 = 5,50 * 1.460.000 = 8.030.000 \text{ PB}$$

Başabaş noktasında satış fiyatı

$$p_0 = \frac{vx + f}{x} = \frac{3,25 * 2.000.000 + 3.280.000}{2.000.000} = 4,89 \text{ PB / adet}$$

Projenin, birim satış fiyatı cinsinden güvence sınırı

$$GS(p) = \frac{p - p_0}{p} * 100 = \%21,8$$

olarak hesaplanır.

Üretim bakımından güvence sınırı başabaş noktasındaki kapasite kullanım oranı ile beklenen kapasite kullanımı arasındaki farktır.

$$GS(KKO) = KKO_b - KKO_i$$

Beklenen kapasite kullanım oranı % 100 olduğu kabul edilirse;

$$GS(KKO_1) = 100 - 65 = \%35$$

$$GS(KKO_2) = 100 - 73 = \%27$$

olarak hesaplanır.

b) Değişir giderler:

i) Değişir giderler % 10 artmakta, amortisman ve diğer işletme giderleri değişmemektedir.

$$KKO_1 = \frac{3.280.000}{11.500.000 - (6.500.000 * 1,1)} = \%61$$

$$x_1 = 0,61 * 2.000.000 = 1.220.000 \text{ adet}$$

$$Y_1 = 6,25 * 1.220.000 = 7.625.000 \text{ PB}$$

ii) Değişir giderler % 10 azalmakta, amortisman ve diğer işletme giderleri değişmemektedir.

$$KKO_2 = \frac{3.280.000}{11.500.000 - (6.500.000 * 0,9)} = \%49$$

$$x_2 = 0,49 * 2.000.000 = 980.000 \text{ adet}$$

$$Y_2 = 6,25 * 980.000 = 6.125.000 \text{ PB}$$

c) Satış gelirleri

i) Satış gelirleri % 10 artmakta, amortisman ve diğer giderler değişmemektedir.

$$KKO_1 = \frac{2.500.000 + 250.000 + 780.000}{12.500.000 - 6.500.000} = \%59$$

$$x_1 = 0,59 * 2.000.000 = 1.180.000 \text{ adet}$$

$$Y_1 = 6,25 * 1.180.000 = 7.375.000 \text{ PB}$$

ii) Satış geliri % 10 azalmakta, diğer giderler değişmemektedir.

$$KKO_2 = \frac{2.500.000 - 250.000 + 780.000}{12.500.000 - 6.500.000} = \%50$$

$$x_2 = 0,50 * 2.000.000 = 1.000.000 \text{ adet}$$

$$Y_2 = 6,25 * 1.000.000 = 6.250.000 \text{ PB}$$

d) Amortisman değişiklikleri için amortisman giderleri dikkate alınmazken, diğer sabit ve değişir üretim giderleri aynı kalır. Arta kalan üretim giderleri proje tarafından karşılanmazsa işletme etkiliklerini sürdüremez.

$$KKO_1 = \frac{2.500.000}{12.500.000 - 6.500.000} = \%42$$

$$x_1 = 0,42 * 2.000.000 = 820.000 \text{ adet}$$

$$Y_1 = 6,25 * 820.000 = 5.125.000 \text{ PB}$$

En az üretim 820.000 adet veya bunun 5.125.000 PB birimi karşılığı kadar olmalıdır.

4. PROJE PROGRAMLAMA MODELLERİ

4.1. AĞ DİYAGRAMLARI

Ağ diyagramları, bir projenin amacına ulaşabilmesi için yapılması gereken faaliyet ve olayların birbirleriyle olan sıra ve mantık ilişkilerini gösteren şemalar yardımı ile yürütülen bir proje planlama ve denetim teknikleri topluluğudur. İşletmeler için zaman, maliyetleri etkileyen önemli bir faktördür. Bu sebeple faaliyetleri, kapsadıkları zaman sürelerine göre birbirini izleyen mantıksal bir sıraya koyan zaman kayıplarını azaltmak gerekir.

İkinci dünya savaşını izleyen yıllarda hızla gelişen teknoloji ve projelerin planlama, programlama ve yöntemler üzerinde araştırmalar yoğunlaştı. Bu araştırmalar sonucunda Kritik Yol Yöntemi (Critical Path Method, CPM) ve Program değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (Program Evaluation and Review Technique, PERT) geliştirilmiştir.

CPM ve PERT arasında iki fark vardır:

Bunlardan birincisi, faaliyet zamanlarının tahmini ile ilgilidir. PERT’de her faaliyet süresinin hesaplanmasında belirsizlik etkilerinin giderilmesi amacıyla iyimser (t_i), kötümser (t_k) ve muhtemel (t_m) gibi üç zaman tahmini yapılmaktadır. Ortalama zamanın hesaplanmasında

$$t_0 = \frac{t_i + 4t_m + t_k}{6}$$

eşitliği kullanılır. Buna karşılık CPM’de normal ve sıkışık (hızlı) zaman olmak üzere iki zaman tahmini yapılmaktadır.

CPM ve PERT arasında ikinci farklılık, CPM’de planlama ve denetim süresine maliyetlerin de ilave edilmesi, zaman – maliyet ilişkisinin kurulmasıdır. PERT’de ise, maliyete ilişkin bilgiler analize girmemektedir. Buna karşılık PERT’in maliyeti de içeren bir çeşidi olan PERT/MALİYET tekniği geliştirilmiştir. Bu iki farklılık dışında her iki yöntemin uygulama biçimi aynıdır.

Ağ diyagramlarına ilişkin tekniklerin uygulanması ile sağlanacak başlıca yararlar:

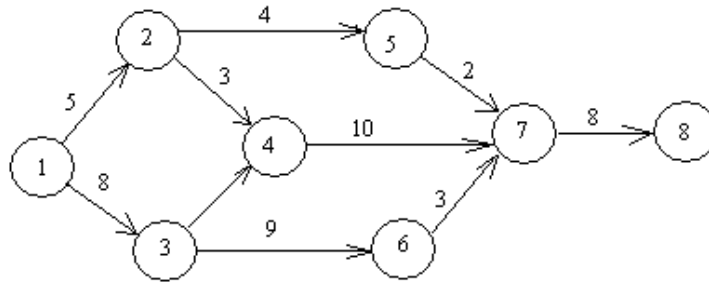
- 1) Her elemanter faaliyet sırasında ortaya çıkabilecek engeller ve gecikmeler zamanında önlenir.
- 2) Faaliyetlerin plana uygunluğu etkin bir şekilde kontrol edilebilir.
- 3) İstenen elemanter faaliyet üzerinde ayrıntılı çalışma ve kontrol mümkün olur.
- 4) Her elemanter faaliyet için en uygun insan gücü, tesis ve mali imkan dağıtımı mümkün olur.
- 5) Proje süresini ve maliyetini etkileyen elemanter faaliyetler üzerinde durulmasına imkan verir.

4.2. ZAMAN HESABI VE KRİTİK YOLUN BELİRLENMESİ

Örnek Problem 4.1. 8 düğüm noktası ve 10 faaliyetten oluşan bir projeye ait faaliyet süreleri aşağıda verilmiştir. Ağ diyagramını çizerek gerekli zamanları hesaplayınız ve kritik yolu belirleyiniz.

Tablo 5.1. 8 düğüm noktalı 10 faaliyetli proje

Sıra	Faaliyet	Süre (Hatfa)
1	1-2	5
2	1-3	8
3	2-4	3
4	2-5	4
5	3-4	6
6	3-6	9
7	4-7	10
8	5-7	2
9	6-7	3
10	7-8	8



Şekil 5.1. Ağ diyagramı

Düğüm noktaları için gösterilecek daireler aşağıdaki şekilde bölümlenir.



Şekil 5.2. Düğüm noktası

4.2.1. En Erken Gerçekleşme Zamanı (EEGZ)

Herhangi bir olaya varabilmek için daha önce yapılması gereken faaliyetlerin tahmini sürelerinin toplamı o olaya ait en erken gerçekleşme zamanını verir. Ancak diyagramlarda bir olaya erişebilmek için birkaç ayrı yol bulunuyorsa, EEGZ için, farklı yolların her biri için hesaplanan zamanların en büyüğü alınır.

Düğüm 1: Başlangıç noktası zamanı sıfır olarak alınır.

Düğüm 2: Başlangıçta (1-2) işi ile (1) düğüm noktasına bağlıdır.

$$T_{ee}(2) = T_{ee}(1) + t_0(1-2)$$

$$T_{ee}(2) = 0 + 5 = 5 \text{ hafta}$$

Düğüm 3: (1-3) işi ile (1) düğüm noktasına bağlıdır.

$$T_{ee}(3) = T_{ee}(1) + t_0(1-3)$$

$$T_{ee}(3) = 0 + 8 = 8 \text{ hafta}$$

Düğüm 4: 4 numaralı düğüm noktasına 1-2-4 ve 1-3-4 yolu ile ulaşır. Her iki yolda geçen süreler ayrı ayrı hesaplanıp, en büyük değer alınır.

$$2 - 4 \text{ yolu: } T_{ee}(4) = T_{ee}(2) + t_0(2-4)$$

$$T_{ee}(4) = 5 + 3 = 8 \text{ hafta}$$

$$3 - 4 \text{ yolu: } T_{ee}(4) = T_{ee}(3) + t_0(3-4)$$

$$T_{ee}(4) = 8 + 6 = 14 \text{ hafta (seçilir).}$$

Düğüm 5:

$$T_{ee}(5) = T_{ee}(2) + t_0(2-5)$$

$$T_{ee}(5) = 5 + 4 = 9 \text{ hafta}$$

Düğüm 6: $T_{ee}(6) = T_{ee}(3) + t_0(3-6)$

$$T_{ee}(6) = 8 + 9 = 17 \text{ hafta}$$

Düğüm 7: 7 nolu düğüme üç ayrı yoldan ulaşılmaktadır.

$$4 - 7 \text{ yolu: } T_{ee}(7) = T_{ee}(4) + t_0(4-7)$$

$$T_{ee}(7) = 14 + 10 = 24 \text{ hafta (seçilir).}$$

$$5 - 7 \text{ yolu: } T_{ee}(7) = T_{ee}(5) + t_0(5-7)$$

$$T_{ee}(7) = 9 + 2 = 11 \text{ hafta}$$

$$6 - 7 \text{ yolu: } T_{ee}(7) = T_{ee}(6) + t_0(6-7)$$

$$T_{ee}(7) = 17 + 3 = 20 \text{ hafta}$$

Düğüm 8: $T_{ee}(8) = T_{ee}(7) + t_0(7-8)$

$$T_{ee}(8) = 24 + 8 = 32\text{hafta}$$

Son düğüm noktası olan (8) numaralı olayın gerçekleşmesi için 32 haftalık süre gerekmektedir. O halde proje faaliyetlerinin düzenlendiği şekilde aralıksız olarak yürütülmesi halinde en erken gerçekleşme süresi 32 hafta olacaktır.

4.3. En Geç Gerçekleşme Zamanı (EGGZ)

En gerçekleşme zamanı, daha sonra gelen faaliyetlerin tamamlanmasına engel olmayacak şekilde bir olayın en geç tamamlanacağı zamandır. Diğer bir ifade ile, o olaya toplam proje süresinin uzamasına sebep olmadan ulaşılabilecek en geç gerçekleşme zamanıdır. En geç gerçekleşme zamanları, projenin son olayının en erken gerçekleşme zamanından hareketle bir önceki faaliyetin süresini çıkarmak suretiyle hesaplanır. Geri dönüşte, bir düğüm noktasına birden fazla yoldan geliniyorsa, bu yollardan en küçük zamanı olan en geç gerçekleşme zamanı olarak seçilir.

Düğüm 8: Son düğüm noktasının en geç gerçekleşme zamanı, en erken gerçekleşme zamanına eşit olarak alınır.

$$T_{eg}(8) = 32\text{hafta}$$

Düğüm 7:

$$T_{eg}(7) = T_{eg}(8) - t_0(8-7) = 32 - 8 = 24\text{hafta}$$

Düğüm 6:

$$T_{eg}(6) = T_{eg}(7) - t_0(7-6) = 24 - 3 = 21\text{hafta}$$

Düğüm 5:

$$T_{eg}(5) = T_{eg}(8) - t_0(7-5) = 24 - 2 = 22\text{hafta}$$

Düğüm 4:

$$T_{eg}(4) = T_{eg}(7) - t_0(7-4) = 24 - 10 = 14\text{hafta}$$

Düğüm 3: 3 nolu düğüm noktasına 2 yoldan: (4-3) ve (6-3) gelinmektedir.

$$T_{eg}(3) = T_{eg}(4) - t_0(4-3) = 14 - 6 = 8\text{hafta (seçilir).}$$

$$T_{eg}(3) = T_{eg}(6) - t_0(6-3) = 21 - 9 = 12\text{hafta}$$

Düğüm 2: 2 nolu düğüm noktasına 2 yoldan: (4-2) ve (5-2) gelinmektedir.

$$T_{eg}(2) = T_{eg}(4) - t_0(4-2) = 14 - 3 = 11\text{hafta (seçilir).}$$

$$T_{eg}(2) = T_{eg}(5) - t_0(5-2) = 22 - 4 = 18\text{hafta}$$

Düğüm 1: 1 nolu düğüm noktasına 2 yoldan: (2-1) ve (3-1) gelinmektedir.

$$T_{eg}(1) = T_{eg}(2) - t_0(2-1) = 11 - 5 = 6\text{hafta}$$

$$T_{eg}(1) = T_{eg}(3) - t_0(3-1) = 8 - 8 = 0\text{hafta (seçilir).}$$

4.4. Serbest Zaman ve Kritik Yol

Serbest zaman herhangi bir düğüm noktasındaki en geç zamandan en erken zaman çıkarılarak elde edilir. Marjinal zaman olarak da ifade edilen bu farklar

$$M(i) = T_{eg}(i) - T_{ee}(i)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Düğüm 1:

$$M(1) = T_{eg}(1) - T_{ee}(1) = 0 - 0 = 0\text{hafta [x]}$$

Düğüm 2:

$$M(2) = T_{eg}(2) - T_{ee}(2) = 11 - 5 = 6\text{hafta}$$

Düğüm 3:

$$M(3) = T_{eg}(3) - T_{ee}(3) = 8 - 8 = 0\text{hafta [x]}$$

Düğüm 4:

$$M(4) = T_{eg}(4) - T_{ee}(4) = 14 - 14 = 0\text{hafta [x]}$$

Düğüm 5:

$$M(5) = T_{eg}(5) - T_{ee}(5) = 22 - 9 = 13\text{hafta}$$

Düğüm 6:

$$M(6) = T_{eg}(6) - T_{ee}(6) = 21 - 17 = 4\text{hafta}$$

Düğüm 7:

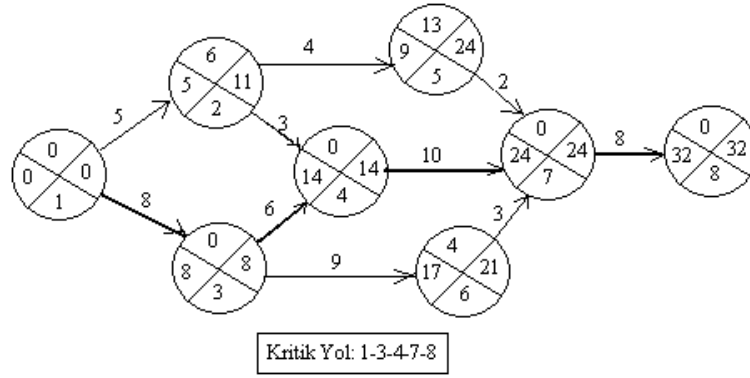
$$M(7) = T_{eg}(7) - T_{ee}(7) = 24 - 24 = 0\text{hafta [x]}$$

Düğüm 8:

$$M(8) = T_{eg}(8) - T_{ee}(8) = 24 - 24 = 0\text{hafta [x]}$$

[x] düğüm noktaları kritik yol üzerinde bulunmaktadır.

Ağ diyagramı çizilerek ilgili zamanlar gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Çözümlü ağ diyagramı

Ağ diyagramında da görüldüğü gibi, faaliyetler (2) düğüm noktasında 6 hafta, (5) düğüm noktasında 13 hafta ve (6) düğüm noktasında 4 hafta geciktirilebilir. Diğer düğüm noktalarında marjlar (serbest zaman) sıfır olduğundan, bu faaliyetlerin bitiş tarihlerinde en küçük gecikmelere izin verilmez. Marjları sıfır olan noktalar ağ diyagramının başından sonuna kadar bir hat oluşturduğu şekilde görülmektedir. Projenin bu hat üzerindeki elemanter faaliyetlerin geciktirilmeden tamamlanmasına özen göstermek gerekmektedir.

Ağ diyagramında en erken gerçekleşme zamanı ile en geç gerçekleşme zamanı aynı olan faaliyetleri birleştiren yola kritik yol denir. Bu hat üzerinde serbest zamanlar sıfırdır.

Kritik yol üzerinde elemanter faaliyetlerde meydana gelebilecek gecikme projenin bütününe gecikmesine neden olacaktır. Bu bakımdan kritik yol üzerindeki işleri bitirebilmek için özel dikkat gösterilmelidir. Bu hat için tahsis edilecek insan gücü, makine, malzeme ve diğer imkanları tam, eksiksiz ve verimli biçimde kullanmak zorunludur. Bazen kritik yol dışındaki işler için ayrılmış imkanlardan yararlanma yoluna gidilebilir.