

INS-401 MÜHENDİSLİK EKONOMİSİ

Dr.Öğr.Üyesi Kağan CEBE

2- MÜHENDİSLİK EKONOMİSİ

KAYNAKLAR:

- Akbıyıklı, R. Mühendislik Ekonomisi, Temel Prensipleri ve Uygulamaları, Birsen Yayınevi, 2014.
- Üçüncü K., KTÜ, Met. Malz Müh. Ders Notları, 2016.
- Işık, A., Mühendislik Ekonomisi, DÜ Müh. Fak. Endüstri Müh. Böl., Birsen Yayınevi, 2005.
- Yılmaz, M.F., OMÜ İnş. Müh., Mühendislik Ekonomisi Ders Notları.

MÜHENDİSLİK EKONOMİSİ

Belirli bir işin yapılması gerektiğinde, çoğu zaman alternatif yollar vardır. Bir işletmede her alternatife ait bilgilerin büyük bir kısmı T.L. cinsinden gelir ve gider olarak ifade edilebilir.

Mühendislik alternatifleri, malzeme, teçhizat, işçilik v.b. için sermaye yatırımları ihtiva ettiği zaman, en iyi alternatifi belirlemek üzere ekonomik analiz teknikleri kullanılabilir.

Mühendislik ekonomisi, yatırım alternatiflerinin ekonomik analizi için teknikler sunan bir bilimdir. Bu teknikler matematiksel tekniklerdir ve karlılığı maksimize etmeye çalışır.

MÜHENDİSLİK EKONOMİSİ

Mühendislik ekonomisi, sınırlı kaynaklar altında alternatif kullanımları belirleyen, ihtiyaç duyulan bilgileri toplayan ve bu bilgileri en iyi alternatifi seçmek için analiz eden operasyonel seviyede ekonomi bilimidir.

Mühendislik ekonomisinin yöntemleri aşağıda sıralanan ve benzeri konulara uygulanabilir:

- a) Bir yapı, makine- teçhizat, ürün ya da hizmet için teknolojik yönden yapılabilir alternatiflerden uygun birisinin seçimi,
- b) Bir üretim tesisinde modernleşmenin ya da otomasyonun sağlayabileceği iyileştirmelerin tahmini ve analizi,
- c) Yerine getirilmesi gereken bir iş ya da hizmet için kiralama ya da satınalma seçeneklerinin değerlendirilmesi,
- d) Üretimi çevre yönetmeliklerine uygun bir biçime dönüştürmek için önerilen çözümler arasında seçim,

MÜHENDİSLİK EKONOMİSİ

Başlıca mühendislik ekonomisi kararları:

- ▶ Hizmet geliştirilmesi
- ▶ Ekipman ve proses (süreç) seçimi
- ▶ Ekipman yenilenmesi
- ▶ Yeni ürün ve ürün yelpazesi genişletilmesi
- ▶ Maliyet azaltılması



MÜHENDİSLİK EKONOMİSİ

- ▶ Genellikle bütün mühendislik problemleri birden fazla yolla çözümlenebilir.
- ▶ Hemen hemen bütün işletme kararları, birden fazla alternatif incelenerek alınır.
- ▶ Tek bir alternatifle yatırım yapılması inşaat sektöründe söz konusu olamaz.
- ▶ Mühendislik ekonomisi alternatiflerin ekonomik neticeleri arasındaki farkı inceler.
- ▶ Mühendislik ekonomisinde esas olan, bir yatırımın gelecekteki optimum getirisini verecek olan alternatifi birkaç alternatifi kıyaslamak suretiyle seçmektir.
- ▶ Eğer alternatif yoksa, mühendislik ekonomisi eğitime de gerek yoktur.

MÜHENDİSLİK EKONOMİSİ

Mühendislik Ekonomisi Uygulamalarında 4 ana prensip bulunmaktadır:

1) Paranın zaman değeri söz konusudur.

- ▶ Bugün elde edilen paranın faiz kazanımı olduğundan aynı miktarda paranın erken bir şekilde elde edilmesi geç elde edilmesinden daha iyidir.
- ▶ Bu husus bütün mühendislik projelerinin ekonomik olarak değerlendirilmesinin temelini oluşturur.

2) Esas olan alternatifler arasındaki farklardır (Alternatifler arasında maliyet farkı dikkate alınır).

- ▶ Bir ekonomik karar dikkate alınan alternatifler arasındaki farklara dayandırılır.
- ▶ Alternatiflerin birbirine olan benzerliklerinin karar almada bir geçerliliği yoktur.
- ▶ Ekonomik karar için en iyi alternatif, en az (sınırlı) kaynak kullanan alternatiftir. Seçimi yapılan alternatifin fırsat maliyeti vazgeçilmez en iyi alternatif değeridir.

MÜHENDİSLİK EKONOMİSİ

Mühendislik Ekonomisi Uygulamalarında 4 ana prensip bulunmaktadır:

3) Marjinal (birim) gelir, marjinal (birim) maliyetten fazla olmalıdır.

- ▶ Marjinal gelir, bir birim daha fazla ürün satıldığında toplam gelirdeki artıştır. Bu birim piyasa fiyatından satıldığından, serbest rekabet halindeki bir şirket için marjinal gelir, fiyata eşittir.
- ▶ ekonomik prensip, gelirin giderden fazla olması üzerine kuruludur.
- ▶ Marjinal kazancın marjinal maliyetten büyük olması halinde üretim artar.
- ▶ Üretimin artması için marjinal kazancın marjinal maliyetten büyük olması gerekir.

4) Beklenen ilave gelirler olmadan ilave riskler alınmaz.

- ▶ Yatırımcılar KEMKO'nun (Kabul Edilebilir Minimum Kâr Oranı) tahmini enflasyon oranı veya herhangi bir riskten (yatırım riski) daha fazla olmasını isterler.
- ▶ Bu belirsizlik ve risklere karşılık yeterli gelir elde etmek için önceden tesis yatırımı yapmak gerekir.

FİZİKSEL VE EKONOMİK VERİM

FİZİKSEL VERİM:

Mühendislik uygulamalarında amaç birim miktardaki kaynak girişi işe en yüksek miktarda ürün elde etmektir. Bu durum fiziksel verimin ifadesidir. Fiziksel verim adet, m, mt, m2, m3, kW vb birimlerdeki ürünün girdi miktarına bölünmesi ile elde edilen birimsiz orandır. Fiziksel verim genellikle 1'den (%100'den küçüktür).

$$\text{Fiziksel Verim} = \frac{\text{ürün miktarı}}{\text{girdi miktarı}}$$

FİZİKSEL VE EKONOMİK VERİM

Ekonomik Verim:

Ekonomik verim ise ekonomik birimle ifade edilen ürünün ekonomik birimle ifade edilen girdiye oranıdır. Fiziksel olarak verimsiz olabilen sistemler ekonomik olarak verimli olabilirler. Fiziksel verim %100'ün üzerinde olamazken, ekonomik verim %100'ün altında olan sistemler ekonomik olarak uygun değildir.

$$\text{Ekonomik Verim} = \frac{\text{ürünün değeri}}{\text{gider}}$$

FİZİKSEL VE EKONOMİK VERİM

Örnek 1:

Bir şantiyede 21 adet 12 metre uzunluğundaki yapısal çelik profiller kesilerek 16 adet 7 metre, 26 adet 5 metre açıklığında kiriş inşa edilmiştir. elde kalan profiller ise hurda olarak ayrılmıştır. Buna göre çelik profillerle imalat işindeki fiziksel verim nedir ?

Kullanılan (girdi) = $21 \times 12 = 252\text{m}$

Üretim (çıktı) = $16 \times 7 + 26 \times 5 = 242\text{m}$

$$\text{Fiziksel Verim} = \frac{\text{ürün miktarı}}{\text{girdi miktarı}} = \frac{242}{252} = 0.9603 = \%96.03$$

FİZİKSEL VE EKONOMİK VERİM

Örnek 2:

Bir şantiyede boyutları 1.25mx2.5m olan plywood kalıplardan 42 adet kullanılarak 100m²'lik bir kalıp imalatı yapılmıştır. Bir adet plywood kalıp 400TL, ilave malzemelerin tamamı 2400TL tutmaktadır. Kalıp imalatı için 7000TL işçilik ücreti ödenmiş ve bu imalat karşılığında işverenden 30000 ödeme alınmıştır. Yapılan kalıp imalatının fiziksel ve ekonomik verimi nedir?

$$\text{Fiziksel Verim} = \frac{\text{ürün miktarı}}{\text{girdi miktarı}}$$

$$\text{Fiziksel Verim} = \frac{100}{42 \times 1.25 \times 2.5} = \frac{100}{131.25} = 0.7619 = \%76.19$$

$$\text{Giderlerin toplamı} = 42 \times 400 + 2400 + 7000 = 16800 + 2400 + 7000 = 26200\text{TL}$$

$$\text{Ekonomik Verim} = \frac{\text{ürünün değeri}}{\text{gider}} = \frac{30000}{26200} = 1.145 = \% 114.5$$

MÜHENDİSLİKTE KARAR/SEÇİM

Mühendislik ekonomisi alternatiflerin ekonomik neticeleri arasındaki farkı incelediğine göre, alternatifler arasında Mühendislik Ekonomisi prensiplerine göre seçim yapmayı gerektirir. Bu seçimler aşağıdaki ana başlıklarda gruplanabilir:

► Malzeme seçimi:

Yapılan işin teknik gerekliliklerini sağlayan malzeme fenni açıdan tercih edilmelidir. Eğer teknik gereklilikleri sağlayan birden fazla malzeme çeşidi bulunuyorsa, aynı işleve sahip olan iki tür/marka malzeme arasında fiyatı ekonomik olan malzeme tercih edilmelidir.

► Üretim biçimi/ hızı seçimi:

Bir imalat için birden fazla üretim biçimi seçeneği bulunuyorsa fiziki/ekonomik verimi yüksek olan üretim biçimi / hızı tercih edilmelidir. En uygun kriter girdi ve çıktı arasındaki farkı yani net geliri maksimize etmektir.

► Fiyat belirleme seçimleri:

Öncelikle, yapılacak bir projede başlangıç yatırımı ve yıllık maliyetler hesaplanmalı, paranın zaman değeri de hesaba katılarak tüm bu maliyetleri karşılayacak şekilde üretim başına minimum birim fiyat hesaplanmalıdır. Üretilen ürünün piyasadaki arz/talep dengesine göre maksimum ekonomik verimi sağlayan birim fiyat tercih edilmelidir.

MÜHENDİSLİKTE KARAR/SEÇİM

Örnek (Malzeme seçimi):

Bir soğuk hava deposunun tasarımında, iç yüzey ve dış yüzey arasında 30 °C'lik bir sıcaklık farkı olduğunda, metre kare duvar başına saatte azami 30.000 joule ısı transferi gerektirir. İki farklı yalıtım malzemesinin teknik özellikleri ve fiyatları aşağıdaki gibidir. Buna göre hangi malzeme tercih edilmelidir?

İzolasyon malzemesi	Maliyeti (\$/m ³)	*Isıl iletkenlik
Taş yünü	12.50	140
Strafor	14.00	110

* Isı yalıtım malzemesinin birbirine dik 1m mesafedeki 1m²'lik yüzeyi arasından, sıcaklık farkı $\Delta T=1^{\circ}\text{C}$ olduğunda geçen ısı miktarıdır. Yani ısı yalıtım malzemelerinde bu değer küçüldükçe malzemenin ısı yalıtım performansı da o kadar artar.

Isı transferi denklemi: $Q = \frac{K \cdot \Delta T}{L}$

Q: ısı transferi

K: ısı iletkenlik katsayısı

ΔT : yüzeyler arasındaki sıcaklık farkı

L: malzeme kalınlığı

MÜHENDİSLİKTE KARAR/SEÇİM

$$Q = \frac{K \cdot \Delta T}{L}$$

Q: ısı transferi

K: ısıl iletkenlik katsayısı

ΔT : yüzeyler arasındaki sıcaklık farkı

L: malzeme kalınlığı

Taşıyünü için : $30000 = \frac{140 \cdot 30}{L}$ $L = 0.14m$ *Birim Maliyet* = $0.14 \cdot 12.5 = 1.75\$/m^2$

Staför için : $30000 = \frac{110 \cdot 30}{L}$ $L = 0.11m$ *Birim Maliyet* = $0.11 \cdot 14 = 1.54\$/m^2$

Sonuç:

Strafor malzemenin ısı yalıtım performansı daha iyi (K=110) ancak birim fiyatı daha yüksektir (BF=14\$/m³). Buna rağmen teknik gereklilikleri sağlamak için kullanılacak strafor malzemesinin kalınlığa oranla maliyeti, taşıyününden daha düşük olduğu için Strafor tercih edilmelidir.

MÜHENDİSLİKTE KARAR/SEÇİM

Örnek (Malzeme seçimi):

Bir jet motoruna ait parça tasarımında ya alüminyum dökme alaşım ya da dökme çelik kullanılacaktır. Her iki malzemenin de bakım ihtiyacı aynıdır, fakat alüminyum dökme alaşım 1.2kg iken, dökme çelik 1.35kg'dır. Alüminyumun döküm maliyeti 12\$/kg iken, çeliğin döküm maliyeti 5.50\$/kg'dır. Alüminyumun makinede işleme maliyeti 23\$/kg ve çeliğinki 26\$/kg'dır. İmalatta kullanılan malzemenin ağırlığı arttıkça-uçuşta yakıt tüketimi arttığından, çelik parçanın alüminyuma göre kg artışı başına 200 \$ ceza uygulanmaktadır. Hangi malzeme kullanılmalıdır? Seçilen malzemenin ekonomik avantajı ne kadardır?

Malzeme	Parça Ağırlığı(kg)	Döküm Maliyeti(\$/kg)	İşleme Maliyeti(\$/kg)	Ceza (\$/adet)
Alm. Dökme Alaşım	1.2	12	23	-
Dökme Çelik	1.35	5.5	26	200x(1.35-1.2)

MÜHENDİSLİKTE KARAR/SEÇİM

Malzeme	Parça Ağırlığı(kg)	Döküm Maliyeti(\$/kg)	İşleme Maliyeti(\$/kg)	Ceza (\$/adet)
Alm. Dökme Alaşım	1.2	12	23	-
Dökme Çelik	1.35	5.5	26	200x(1.35-1.2)

Toplam Maliyet = Döküm Maliyeti + İşleme Maliyeti + Ceza

Alm. Dökme Alaşım için:

Parça başına Toplam Maliyet = 1.2kg x (12\$/kg + 23\$/kg) = 42.00\$/parça

Dökme Çelik için:

P. B. T. Maliyet = 1.35kg x (5.5\$/kg + 26\$/kg) + 200(1.35-1.2) = 72.53\$/parça

Alm. Alaşım parçanın ekonomik avantajı = 72.53 - 42.00 = 30.53\$/parça

Sonuç:

Her ne kadar dökme çelik parçanın döküm maliyeti alm. Alaşımdan daha düşük olsa da ilave ağırlık cezası da eklenince parça başına toplam maliyeti daha yüksek çıkmaktadır. Bu nedenle parçanın alüminyum alaşımdan imal edilmesi tercih edilmelidir.

MÜHENDİSLİKTE KARAR/SEÇİM

Örnek (Malzeme seçimi):

Mobilya üretiminde kullanılan malzeme çeşidine göre mobilya üretim maliyeti ve piyasaya göre satış fiyatları için ortaya çıkan alternatifler aşağıdaki tablodaki gibidir. Tüm üretim seçeneklerinde aynı sürede imalat yapıldığı ve ürünlerin tablodaki satış fiyatlarından satılabildiği göz önüne alınırsa mobilya üretimi için hangi malzeme seçilmelidir?

Malzeme	Maliyet (TL)	Satış Fiyatı (TL)
A	600	800
B	1500	1900
C	1800	2250
D	2100	2500

MÜHENDİSLİKTE KARAR/SEÇİM

Malzeme	Maliyet (TL)	Satış Fiyatı (TL)
A	600	800
B	1500	1900
C	1800	2250
D	2100	2500

Kazanç = Satış Fiyatı - Maliyet

A malzemesi için : Kazanç = 800-600 = 200TL

B malzemesi için : Kazanç = 1500-1900 = 400TL

C malzemesi için : Kazanç = 2250-1800 = 450TL

D malzemesi için : Kazanç = 2500-2100 = 400TL

Sonuç:

Birden fazla malzeme biçimi arasından uygun seçimi yapmak için en uygun kriter girdi ve çıktı arasındaki farkı, yani net geliri maksimize etmektir. Bu durumda Kazancın en fazla olduğu C malzemesi ile üretim yapılmalıdır.

MÜHENDİSLİKTE KARAR/SEÇİM

Örnek (Üretim biçimi seçimi):

Bir petrol dağıtım şirketi yakıt depolamak için servis istasyonlarına sacdan üretilen 12m^3 hacme sahip depo yaptıracaktır. Deponun küp ya da silindir şeklinde imal edilmesine izin verilmektedir. Deponun maliyeti kullanılacak sacın alanına bağlı olduğu düşünülürse en ekonomik tankın şekli ve boyutları ne olmalıdır?

Burada öncelikle maliyetleri azaltmak için imal edilecek deponun yüzey alanını minimize etmek gerektiği anlaşılmalıdır. Seçenekler içerisindeki geometrik şekillerin hacim ve yüzey alanı formülleri çıkarılır:

Geometrik Şekil	Hacim (m ³)	Yüzey Alanı (m ²)
Küp	a^3	$6 \cdot a^2$
Silindir	$\pi(d^2/4)h$	$2\pi d^2/4 + \pi dh$

Küp için: $12\text{m}^3 = a^3$ $a = 2.29\text{m}$

Yüzey alanı : $6 \times 2.29 \times 2.29 = 31.46 \text{ m}^2$

MÜHENDİSLİKTE KARAR/SEÇİM

Silindir için: $\pi(d^2/4)h = 12m^3$ $h = 48/(\pi d^2)$

2 adet değişken bulunmaktadır. Bu durumda yüzey alanını minimum yapan değer hesaplanması gereklidir. Yüzey alan formülünün türevini sıfıra eşitleyen değer yüzey alanını minimum yapan değerdir.

Yüzey Alanı: $S = \frac{2\pi d^2}{4} + \pi dh = \frac{2\pi d^2}{4} + \pi d \left[\frac{48}{\pi d^2} \right] = \frac{\pi d^2}{2} + \frac{48}{d}$

Türevi $S' = \pi d - \frac{48}{d^2} = 0$ $\pi d = \frac{48}{d^2}$ $d^3 = \frac{48}{\pi} = 15.2789$ $d = 2.48m$ $h = \left[\frac{48}{\pi d^2} \right] = 2.48m$

$$S = \frac{2\pi d^2}{4} + \pi dh \cong 28.98m^2$$

Geometrik Şekil	Hacim (m ³)	Yüzey Alanı Formülü	Yüzey Alanı (m ²)
Küp	a ³	6.a ²	31.46
Silindir	$\pi(d^2/4)h$	$2\pi d^2/4 + \pi dh$	28.98

Sonuç:

12m³ hacmi sağlayan bir tankta minimum yüzey alanını elde etmek için d=2.48m h=2.45m boyutlarda, silindir şeklinde bir tank üretimi yapılmalıdır.

MÜHENDİSLİKTE KARAR/SEÇİM

Örnek (Üretim hızı seçimi):

Bir işletmede üretilen bir ürünün, üretim miktarına karşılık gelen toplam maliyet ile bahsi geçen miktarda ürünün piyasaya sürüldüğünde ortaya çıkan piyasa fiyatı aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Buna göre en ekonomik aylık üretim miktarı ne olmalıdır?

Üretim miktarı (ad/ay)	Toplam Maliyet (\$)	Satış Fiyatı (\$/ad)
50	300	16
100	500	10
150	700	9
200	1400	8
250	2000	7

MÜHENDİSLİKTE KARAR/SEÇİM

En uygun ekonomik kriter net kazancı yani toplam gelir ve toplam maliyet farkını maksimize etmektir. Tüm üretim miktarları için toplam maliyet bellidir. Toplam gelir ise ürün satış fiyatı ile üretim miktarının çarpımıdır.

Üretim Miktarı (ad/ay)	Toplam Maliyet (\$)	Satış Fiyatı (\$/ad)	Toplam Gelir (\$)	Net Kazanç (\$)
50	300	16	$50 \times 16 = 800$	$800 - 300 = 500$
100	500	10	$100 \times 10 = 1000$	$1000 - 500 = 500$
150	700	9	$150 \times 9 = 1350$	$1350 - 700 = 650$
200	1400	8	$200 \times 8 = 1600$	$1600 - 1400 = 200$
250	2000	7	$250 \times 7 = 1750$	$1750 - 2000 = -250$

Sonuç:

Tabloda hesaplandığı gibi en fazla üretim durumunda 250\$ zarar edilmektedir. Maksimum net kazanç aylık 150 adet üretim ile 9\$/ad satış fiyatının elde edildiği durumdur.