

ÖĞRENME FAKTÖRÜNÜN ÜRETİM MALİYETLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN GENEL BİR DEĞERLENDİRMESİ

Recep GÜNEŞ^(*)

Özet: Öğrenme eğrileri modelleri uygulamaları -özellikle planlama ve kontrol uygulamalarında- muhasebede ilginç bir konu olmuştur. Fiyat oryantasyonlu öğrenme eğrileri özellikle işletme planlamalarında kullanılmaktadır. Bu çalışmada, öğrenme eğrileri üzerine teorik bir çerçeve içerisinde, öğrenme eğrilerinin analiz edilmesi, maliyetlerin tahmin edilmesi, formüle edilmesi üzerinde durulmuştur. Genel olarak öğrenmenin üretimde etkisi ve maliyetlerin tahmin edilmesi öğrenme eğrileri açısından tartışılmıştır.

Abstract: The application of the learning curve model in accounting- especially for planning and control- has been an interesting subject. The price-oriented learning curve has been extensively utilized as a model in corporate planning. The aim of this paper is to theoretically analyse the effect of learning on the estimation of product cost, to formulate it and to draw a theoretical framework. In generally, the effect of learning in production and estimation of costs are analyzed and discussed in terms and from the point of learning curve.

I. Giriş

Piyasa ekonomisinde alıcıların piyasaya hakim olması durumunda, satıcılar mamul fiyatlarını istedikleri gibi belirlemediklerinden, işletmenin karlılığı, yöneticilerin maliyetleri kontrol altında tutma yeteneğine bağlı olmaktadır. Bu nedenle, giderlerin planlama ve kontrol aşamasında, yöneticilerin gerek duyduğu bilgi akışının sağlanabilmesi için birçok teknik ve yöntem geliştirilmiştir. Bu tekniklerden bir çoğu mal veya hizmet üretimi için gerekli finansal kaynağın sağlanması ve sağlanan finansal kaynağın en iyi bir şekilde kullanılmasına yöneliktir.

Öte yandan, üretim teknolojisinde meydana gelen sürekli yenilikler, üretim maliyetlerinin doğru tahmin edilmesini güçleştirmektedir. Çünkü, gelecekte üretilecek bir mamulün maliyetinin tahmin edilmesinde, tarihi maliyetlerin kullanılması, gerçek maliyetlerin tahmininde sakıncalar ortaya çıkarmaktadır. Örneğin sektörler arasında farklılık olmasına rağmen üretim maliyetleri içerisinde önemli bir yeri olan işgücü maliyetlerinin ve verimliliğinin tahmin edilmesinde, çalışanların iş üzerindeki deneyimleri arttıkça performans ve verimlilik artacaktır. Bu faktörün dikkate alınmaması sonucunda, tahmin edilen maliyetler çoğu kez gerçeği yansıtmayacaktır. Bu gerçeği göz önüne alan birçok yazar, son yıllarda dikkatlerini öğrenme eğrileri üzerinde yoğunlaştırmışlardır. Bu çalışmada genel olarak öğrenme eğrileri üzerinde durularak, öğrenme eğrilerinin uygulanabilirliği, varsayımları ve

^(*) Doç.Dr. İnönü Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Öğretim Üyesi

uygulama sınırları üzerinde durulacaktır. Ayrıca, öğrenme eğrilerinin diğer bir çok üretim ve hizmet alanlarında olduğu gibi, son zamanlarda yoğun bir şekilde bio-medikal gibi özel araştırmalarda da kullanılır olması (Wang ve Lee, 2001:491-499) dolayısıyla konunun Türkçe literatüre sokulması amaçlanmıştır.

II. Konunun Literatür Araştırması

Öğrenme veya deneyim eğrilerinin üretim maliyetleri üzerindeki çeşitli etkilerinden dolayı planlama ve mamul geliştirme konusunda halen yerini tutması ile birlikte, son zamanlarda stratejik planlama için üretim verimliliğinin artırılması tahminleri konusundaki çalışmalar literatürde önemli ölçüde tartışılmaktadır. Özellikle 19.yüzyılda ilk defa saat üretiminde ortaya atılan bu teori (Ergin,1992:89) II.Dünya Savaşında uçak üretiminde artması ile daha da önem kazanmıştır (Gürlek,1993:29-42). 1950'li yılların başında ve ortalarında (Summer ve Welsh,:159-168) balistik füze üretiminin geliştirilmesinde de maliyetlerdeki indirim öğrenme eğrisi etkisini ortaya çıkarılmış, (Togo, 2001:211-223) balistik füze üretiminde maliyet tahmini ve fiyat teklifleri konusunu incelenmiştir.

Bu konuda, (Adler ve Nanda,1974:14-20; Behnezhad ve Khoshnevis, 1988:309-326; Rachamadugu ve Tan 1997: 157-165; Jaber ve Bonney 2003:95-101) gibi yazarlar tarafından öncelikle üretimde optimal parti üretim hacminin belirlenmesi olmak üzere bir çok makale yazılmış ve araştırma yapılmıştır. Öğrenme etkisi altında mamul hattının dizaynı konulu çalışmalar (Chakravarty, 1987:186-193), verimlilik (Khoshnevis. 1983: 111-118) ve ileri üretim teknolojisi ve grup teknolojisinin belirlenmesi üzerine (Globerson ve Miller 1989:1653-1664; Meredith ve Comm, 1989:256-271) araştırmalar yapılmıştır. Ayrıca öğrenme eğrilerinin (Summer ve Welsh, :159-168), kâr planlaması ve mamul fiyatlandırmasında, (Bump,1974:19-34) üretim-maliyet değerlemesi ve kontrolü, (Mc Intryre, 1977:149-160) maliyet hacim kar analizlerinde kullanılabileceği ortaya çıkarılmıştır. (David ve Soliman 1983:181-189) öğrenme eğrisi etkisi altında standart maliyet sapmaları ve sapma analizleri incelenmiştir. Son yıllarda (Wank ve Lee 2001: 491-499) verimliliğin sürekliliği açısından öğrenme eğrilerinin önemi, (Jaber ve Bonney 1999: 93-102) ekonomik sipariş miktarı ve öğrenme faktörü, (Boretto ve Kypreos, 2003:1-14) enerji araştırma geliştirme programlarında öğrenme, (Iberhold, 2002:1181-1189) Almanya, Danimarka ve İngiltere'de rüzgar gücünden enerji üretimi ve ülkeler arasında öğrenme eğrilerinin karşılaştırılması ile enerji politikasının belirlenmesi konusu tartışılmıştır. Smunt ve Watts (2003:93-107) üretimde her bir parçanın öğrenme eğrilerinin belirlenmesinde en küçük kareler yöntemini kullanılabileceğini, (Pramongkit ve diğerleri 2002:89-101) Tayvan endüstrisinde bir çok sektörün öğrenme profili üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Yukarıda belirtilen çalışmalardan da anlaşıldığı gibi, üretim ve hizmet işlemlerinde planlama, kontrol ve yönetim amaçlı olarak öğrenme eğrileri son otuz yıldan beri yoğun bir şekilde kullanılmaktadır

III. Genel Bilgi

Öğrenme eğrileri veya literatürde sıkça kullanılan “deneyim eğrileri”, “üretim gelişim işlevleri”, “etkinlik eğrileri”, “performans eğrileri” teorisinin temelinde; yapılan bir işin sayısının artmasıyla, iş ile işçi arasındaki uyumun artacağı, bu uyum sonucunda işçilik giderlerinde bir azalma olacağı düşüncesi yatmaktadır. Bu düşüncenin altındaki zımnî varsayım, işçinin işe karşı uyumu ve tutarlılığının var olmasıdır.

Öğrenme eğrileri ile ilgili geniş uygulama ve genelleme, işgücü (emek) yoğun endüstrilerde yıllarca tartışılmıştır (Baloff,1977:329-340). Ancak, bu sadece işçilerin çalışma sürelerinin öğrenme ile azalacağı anlamına gelmemektedir. İşçinin çalışma süresinin artması; işe alışması ve hammadde kullanım alışkanlığının artması dolaylı olarak maliyetleri etkileyebilir. Üretim maliyetlerini etkileyen faktörleri; işçinin denetimi altındaki faktörler ve işçinin denetimi altında olmayan faktörler olarak iki grupta topladığımızda, birinci grup faktörlerin deneyim veya öğrenme ile direkt olarak ilişkili olduğu, ikinci grubun ise dolaylı ilişkisi olduğu görülür.

Örneğin, üretimde kullanılan malzemenin kalitesi ve özelliklerinin değişmesi, üretim araçlarının zamanla iş görme etkinliğinin azalması, işletmenin yöntem ve tekniklerinde yapılması zorunlu değişiklikler ve diğer çevresel koşullarda meydana gelen değişimler, iş görenin hızını dolaylı olarak etkilerler. Çalışanların işyerine karşı davranışlarının değişmesi ve işçinin becerisine bağlı olarak ortaya çıkan bazı faktörler işin hızını direkt olarak etkileyen faktörlerdir.

Öğrenme eğrilerinin etkilerinden yararlanılmasının ilk şartı, yüksek nitelikli ve uzun süreli iş gücü istihdamının üretimde gerekli olmasıdır (Engin,1992:90). Bu işgücü istihdamına ek olarak, öğrenme eğrisinin başarılı bir şekilde kullanılabilirliği bazı koşullara bağlıdır. Bu koşullar Harris ve Stephens'in (1978:47-52) çalışmasında belirtildiği gibi üç başlık altında toplanabilir.

1) Mamul yenilenmesi: Üretilen mamulün dizaynının sıkça değişmesi, yeni mamullerin sıkça gündeme getirilmesi, öğrenme faktörünü ön plana çıkarır ve çalışanların performansı önemli ölçüde öğrenme ile ölçülebilir.

2) Faktör Planlama: Üretim işlemlerinde üretim yönteminin belirlenmesinde, üretim sürecinin önceden planlanması gereklidir. Önceden planlanan işlemlerde kontrol işlevi daha etkin olacağı için, işçilik giderlerinde tahmin edilenden daha fazla tasarruf sağlanabilir.

3) Emek yoğun üretim olması: Öğrenme eğrilerinin emek yoğun üretimde daha fazla etkili olduğu bilinmektedir. Örneğin %75 emek yoğun, %25 makine yoğun üretimlerde %80 öğrenme faktörüne sıkça rastlanabilir. Bu

oranın %50 olması durumunda öğrenme faktörüne nadiren rastlanır. Oswald'ın (1989:162) belirttiği gibi, ağırlıklı olarak sermaye yoğun üretimlerde makine bakım süresi ve makine ayarlama süreleri hariç, öğrenme faktörünün fazlaca etkisi olmayacağı ileri sürülmektedir.

Öğrenme eğrilerini, birçok formel modellerde, genellikle kişilerin kompleks görevleri, deneyim ve alışkanlık ile elde ettiklerinde, bu görevin daha az zamanda yapılacağı ileri sürülür. Maliyetler üzerindeki bu deneyim etkisi öğrenme rasyosu olarak bilinir.

Öğrenme rasyosu deneyimler sonucu, yapılan iş iki katına çıktığında işçilik süresinde veya giderlerinde sabit bir azalma olduğu görülmüştür. Bu oranın genellikle %80 dolayında olduğu ileri sürülmektedir. Bu rasyo;

İlk 2X üretim için Ortalama direkt işçilik maliyeti veya saati
İlk X için ortalama direkt işçilik maliyeti veya saati

olarak hesaplanır. Öğrenme rasyosu örnek açıklamalar ile birlikte aşağıdaki bölümde hesaplanacaktır.

A-Öğrenme Eğrisi Diyagramı ve Formüle Edilmesi

Öğrenme üretim miktarı ile üretim için harcanan işçilik saatleri arasındaki deneysel ilişkileri açıklar. Bu deneysel ilişkinin sonucu matematiksel olarak üstel ve genellikle Logaritmik bir fonksiyon ile ifade edilir. Logaritmik fonksiyonda üretimde kullanılan işçilik saatleri sabit bir oranda azalırken üretim miktarı geometrik olarak artmaktadır (Togo,2001:212-213). Diğer bir anlatımla öğrenme eğrileri yukarıda tanımlandığı gibi deneyimden kaynaklanan üretim maliyetlerindeki işçilik giderleri veya zamanda meydana gelen azalmayı ifade etmektedir. Bu azalmanın bir sonucu olarak, öğrenme eğrisinin şekli, şekil 1'de gösterildiği gibi, yukarıdan aşağıya doğru eğimli bir fonksiyon oluşturmaktadır. Şekilde görüleceği gibi, maliyet veya zaman üretimin başlangıç aşamalarında çok hızlı bir düşüş göstermekte ve zaman arttıkça bu düşüş ihmal edilecek kadar küçük olarak gerçekleşmektedir. Bunun anlamı, başlangıçta öğrenmenin çok fazla sonraki dönemlerde ise sifıra yaklaşmasıdır. Bundan dolayıdır ki, öğrenme etkisi, toplam üretim içerisinde bir birimlik üretim kaynakları açısından üstel fonksiyon olarak ifade edilmiştir.

Öğrenme eğrisi matematiksel denklem olarak ifade edildiğinde;
$$Y_u = aX^b \quad (1)$$

şeklinde belirtilmektedir.

Burada;

Y_u = kümülatif olarak ortalama işçilik giderleri veya direkt işçilik süresi,
 a = Başlangıç üretimi için belirlenen veya tahmin edilen direkt işçilik gideri veya süresi,

X= kümülatif üretim miktarı,

b= Negatif bir değer olama koşulu ile öğrenme rasyosu

olarak ifade edilir. Genel olarak öğrenme eğrileri konusu oldukça kantitatif, yani matematiksel ifadeler ile açıklanabilen bir konudur. Ancak, bu uygulama konusu ve çalışmamızın dışında tuttuğumuz bir konu olması dolayısıyla matematiksel ifadelere fazla yer vermeden öğrenme eğrisi ile ilgili bilgileri ayrıntılı bir örnek ile açıklanması uygun görülmektedir.

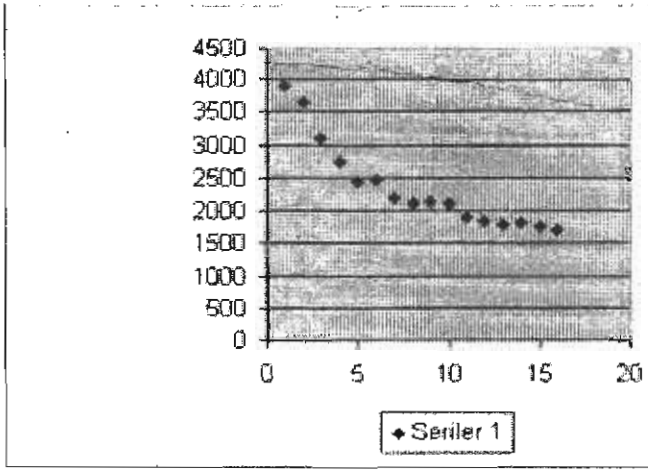
Akamai Missile Şirketi Amerikan Savunma Bakanlığına balistik füze üretimi yapan bir şirkettir. Şirket, Körfez Savaşında savunmada başarılı bir şekilde kullanılan 15 adet anti-balistik füze üretmiştir. Füzeler ile ilgili bilgiler aşağıdaki gibidir (Togo,2001:211-223).

Tablo 1: Akamai Missile Şirketi Üretim Miktarları ve Tüketilen Direkt İşçilik Saatleri Birim, Kümülatif Toplam, Kümülatif Ortalama ve Logaritma Değerleri

Mamul No	Tüketilen D.İ.S	Kümülatif D.İ.S.	Küm. Ort D.İ.S.	Log birim	Log (D.İ.S)	Log(Küm.D.İ.S)
1	3900	3900	3900	0,00000	3,59106	3,59106
2	3650	7550	3775	0,30103	3,56229	3,57692
3	3100	10650	3550	0,47712	3,49136	3,55023
4	2750	13400	3350	0,60206	3,43933	3,52504
5	2450	15850	3170	0,69897	3,38917	3,50106
6	2475	18325	3054	0,77815	3,39358	3,48489
7	2200	20525	2932	0,84510	3,34242	3,46719
8	2100	22625	2828	0,90309	3,32222	3,45150
9	2150	24775	2753	0,95424	3,33244	3,43977
10	2100	26875	2688	1,00000	3,32222	3,42935
11	1900	28775	2616	1,04139	3,27875	3,41762
12	1850	30625	2552	1,07918	3,26717	3,40689
13	1775	32400	2492	1,11394	3,24920	3,39660
14	1800	34200	2443	1,14613	3,25527	3,38790
15	1750	35950	2397	1,17609	3,24304	3,37961
16	1700	37650	2353	1,20412	3,23045	3,37164

Tablo 1 deki verilerden, üretilen mamul miktarı ile direkt işçilik saatleri arasındaki ilişkiyi EXCEL programı ile XY dağılım grafiği çizildiğinde Şekil 1 deki dağılım grafiği ortaya çıkacaktır. Bu verilere en küçük kareler yöntemi uygulandığında fonksiyon;

$$Y = 4259,4X^{-0,2021} \text{ ve } r^2 = 0,9758 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

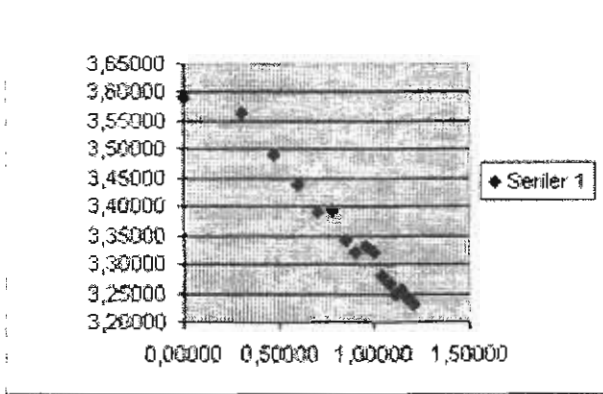


Şekil 1 : Üretim Birimleri İle Direkt İşçilik Saatleri Arasındaki
Kaynak: (Togo,2001:218)

Normal birimlere göre en küçük kareler yöntemi uygulandığında $Y = 4253,4X^{-0,3266}$ ve $r^2 = 0,9758$ olarak bulunmuştur.

Kümülatif ortalama verileri ile üretim miktarları arasındaki ilişkiyi normal birimlere uygulanan yöntem uygulandığında, üretim miktarı ile tüketilen direkt işçilik saatleri arasındaki fonksiyon; $Y = 4259,4X^{-0,2021}$ ve $r^2 = 0,9586$ olarak hesaplanır. Bağımlı değişken ile açıklayıcı değişken arasındaki ilişkinin derecesi r^2 ile açıklandığı göz önüne alındığında, r^2 değeri büyük olan normal birimler ile tüketilen direkt işçilik saatleri arasındaki ilişkinin dikkate alınması gerekmektedir. Bu veriler dikkate alındığında ve öğrenme faktörü $b = \log r / \log 2$ formülüne göre; $b = \log(+0,3266) / \log 2 = 0,7974$ olarak hesaplanabilir.

Tablo 1 deki verilerden üretim birimlerinin logaritmik değerleri (x eksen) ile tüketilen saatlerin logaritmik değerler (y eksen) dağılım grafiğinde gösterildiğinde aşağıdaki şekil 2 deki grafik elde edilir.



Şekil 2: Üretim Miktarları Logaritması İle Tüketilen Direkt İşçilik Saatleri Arasındaki İlişki

Kaynak: (Togo,2001:222)

Şekil 2'den de görüleceği gibi üretim miktarı arttıkça tüketilen direkt işçilik saatleri sabit bir oranda azalmaktadır. Logaritmik değerler ile en küçük kareler yöntemi uygulandığında, $Y = -0,3266X + 3,6287$ denklemi elde edilecektir.

Bu hesaplamalardan sonra, ilk balistik füzenin prototipi 4.000 direkt işçilik saati olan yeni balistik füzelerin maliyetleri, hükümet ile yapılan anlaşmaya göre aşağıdaki formüle göre hesaplanacaktır.

Direkt hammadde giderler	Toplam kullanılan direkt hammadde tutarı
Direkt işçilik	Tüketilen toplam direkt işçilik saati x 75\$
Değişken genel üretim giderleri	Tüketilen toplam direkt işçilik saati x 25\$
Diğer genel üretim giderleri	Toplam giderler x0,05
Toplam maliyet	Giderlerin toplamı

Bu durumda 15 adet balistik füzelerin toplam maliyeti:

Direkt hammadde 600.000 \$/ad. x 15 birim	= 9.000.000.\$
Direkt İşçilik Gid. 4.000 D.İ.S/ ad. x 15 adetx75 \$/ adet	= 4.500.000.\$
Değişken G.Ü.Gid. 4.000 D.İ.S/ad.x 15 ad.x 25\$/ ad.	= 1.500.000.\$
Diğer Genel üretim Gid. (9.+4,5+1,5)x1000.000 x0,05	= 750.000.\$
Toplam	15.750.000.\$

olarak hesaplanacaktır. Halbuki yaklaşık %80 öğrenme faktörüne göre, ilk üretimin prototip üretim olması dolayısıyla ilk başlangıç üretim için gerekli süre 4.000 direkt işçilik saati olarak alındığında ve kalan 15 adet üretimi öğrenme eğrisine göre hesapladığımızda: aşağıdaki tabloyu oluşturabiliriz.

Tablo 2: %80 Öğrenme Faktörüne Göre Birim ve Kümülatif Direkt İşçilik Saati

Birim sayısı	%80 öğrenme D.İ.S.	%80Kümülatif toplam D.İ.S
1	4.000	4.000
2	3.200	7.200
3	2.808	10.008
4	2.560	12.568
.	.	.
.	.	.
.	.	.
16	1638	35.680

Tablodan görüleceği gibi ilk 16 üretim için %80 öğrenme faktörüne göre gerekli olan direkt işçilik saati 35.680 saatidir. Ancak, ilk prototip üretim olan 4.000 saatli direkt işçilik saat hesaplanan tutardan çıkarıldığında (35.680-4.000=) 31.680 direk işçilik saati gerekeceği açıktır. Buna göre, yukarıda belirlenen hükümet anlaşmasına göre hesaplanacak maliyet aşağıdaki gibi olacaktır.

Direkt hammadde 600.000 \$/ad. x 15 birim	= 9.000.000.\$
Direkt İşçilik Gid. 31.680 D.İ.S x75. x \$/D.İ.S	= 2.376.000.\$
Değişken G.Ü.Gid 31.680.D.İ.S x 25\$/ D.İ.S	= 792.000.\$
Diğer Genel üretim Gid. (9.+2,376+0,792)x1000.000 x0,05	= 608.400.\$
Toplam	12.776.400.\$

olarak hesaplanmıştır. Bu iki maliyet hesaplama arasındaki (15.750.000.\$-12.776.400\$ =2.973.600\$) fark öğrenme faktöründen kaynaklanmaktadır. Karar verici bu farkı her türlü yönetim kararlarında kullanabilmelidir.

B. Üretimde Öğrenmenin Nedenleri ve Gerekliği

İşletmelerde yöneticinin ulaşmak istediği amaç başarılı olabilmek ve işletmenin verimliliğini arttırmaktır. Başarı ve verimlilik çıktı-girdi arasındaki ilişki ile belirlendiğinde, performans ve verimliliğin ölçülmesinde öğrenmenin önemli rolü vardır.

Öğrenme dönemlerinde, öğrenmenin artışına bağlı olarak üretim ve gelirlerde de artış olacaktır. Öğrenmenin önemli türleri tipik olarak süreç çözümlerinin ayarlanması, boş geçen sürelerin ve kusurlu mamullerin azaltılması için üretim araçlarının ve ekipmanların motive edilmesi, üretimde daha hızlı denetim mekanizmalarını geliştirilmesini kapsamaktadır. Özellikle günümüz üretim teknolojilerindeki hızlı değişme, ileri üretim teknolojilerinde deneyim ve öğreniminde hızlı gelişmesine neden olacaktır. Hızlı gelişme ile birlikte mamul fiyatlarının hızla düşmesi, mamullerin piyasaya girişteki rekabet fiyatının yüksek olmasına ve yeni mamullerin ilk döneminde pazara girmesini zorlaştıracaktır.

Garvin (1993:78-91), işletmelerin gelişme perspektiflerini pratiğe sık olarak dökemediklerinden, öğrenmenin kısa dönemde bir ödeme aracı olmadığını, uzun dönem için bir yatırım olduğunu ileri sürmektedir. Bu daha çok çalışanların bilgi ve becerilerini artırmak için yapılan eğitim kursları ve seminerlerini kapsamaktadır. Bu tür grup eğitimlerinin kişiye sağlayacağı faydalar;

- Stratejik düşünme alışkanlığının yerleştirilmesi,
- Yöneticinin kendi eksikliklerini ve olumlu niteliklerinin bilincine daha kolay varılması,
- Sosyal ilişki yeteneğini geliştirme,
- Değişime uyabilme kabiliyetini artırma,
- Bireysel çalışmaya göre bilgi ve becerinin daha hızlı bir şekilde arttırma, olarak ortaya çıkar.

Öte yandan üretim ve hizmet işletmelerinde, üretim modelinden veya üretim sürecinden kaynaklanan nedenlerden dolayı ya yöneticilerin verimsizliği ya da işçilerin davranışlarından doğan etken olmayan (verimsiz) süreler ortaya çıkabilir. Bu süreler toplam üretim süresi ile birlikte üretim maliyetini de arttıracaktır. Öğrenme ile ortadan kaldırılabilecek veya minimum kılınacak etkin olmayan süre, maliyetlerde de azalmaya neden olacaktır. Örneğin, bir işçinin çalışabileceği optimum hızı etkileyen faktörler;

- İşin gerektirdiği fiziksel çabaya,
 - İşçinin göstermesi gereken dikkate,
 - İşçinin eğitimine,
- bağlıdır.

İşçinin eğitimi veya deneyiminin artması, el alışkanlığı ve işe olan alışkanlıktan dolayı daha az fiziksel çabayı gerektirecektir. Daha fazla fiziksel çaba, fiziksel ve zihinsel yorgunluktan dolayı, üretim hızını yavaşlatacağı düşünülrse öğrenim bu yavaşlatmayı ortadan kaldıracaktır. İşçinin göstermesi gereken dikkat ve eğitimsizlik işin süresini arttıracığı için eğitim veya öğretim ile üretim hızı artırılabilir.

Üretimde öğrenim etkileri, nedenleri ve gerekliliği aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Aynı iş tekrarlandıkça çalışanlar işi öğrenmekte ve özellikle işgücü yoğun üretimde işgücü etkinliğini artırmaktadır.
- Bir işte uzmanlaşma, çalışanların daha etkin yöntemler uygulanacağından üretimde etkinliği arttıracaktır.
- Deneyim arttıkça makine ve teçhizatın daha verimli olarak kullanıldığı şekiller bulunabilecektir.
- Deneyim arttıkça üreticinin daha ucuza ve daha verimli hammadde ve kaynakları kullanımı imkanı bulunmakta veya deneyim arttıkça mamul standartlaştırması daha kolaylaşabilecektir. Standartlaşma yapılan işin tekrarını kolaylaştırarak maliyeti azaltır.

- Belirli bir işte uzmanlaşma kalite kontrol problemlerini de en aza indirgenmesine neden olur. Bu nedenle kalite kontrol maliyetleri, bozuk ve defolu ürün maliyetleri ve bu üretimler için ek üretim giderlerinde azalma meydana getirir (Kaulomas,1992:161-168).

- Yeniden üretim dizayn edilmesi kaliteyi arttırırken değişik öğrenilebilecek üretim yöntemleri ortaya çıkarır. Bu yöntemler öğrenim yoluyla ortadan kaldırılarak maliyeti azaltıcı yönde rol oynayacaktır.

C. Öğrenme Eğrilerini Etkileyen Faktörler

Öğrenme eğrileri uygulamada tedarik, üretim ve finansal boyutu ile ortaya çıkar. Özellikle giderlerin tahmin edilmesinde çok önemli olmasına karşın kendine has bazı problemleri de bulunmaktadır. En azından öğrenme fonksiyonundaki a ve b parametrelerinin tahmin edilmesi oldukça güçtür. Bu parametreler mühendislik çalışması veya uzun süreli deneyim ve analiz gerektirebilir. Bunun dışında, aşağıda belirtilen varsayımlar ve sınırlara bakıldığında bazı konuların öğrenme faktörünü direkt etkilediğini görmekteyiz. Wild'e (1986:248-251) göre bu faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1) Yapılacak işin süre açısından büyüklüğü: Üretim için gerekli süre uzadıkça genellikle öğrenme azalır. Bu durum, belirli bir performans düzeyine ulaşmak için gerekli zaman açısından önemli değildir, ancak öğrenmenin temel varsayımlarındaki tekrarı açısından önem kazanmaktadır. Süre uzadıkça işin tekrarı azalacağından öğrenme zamanı düşecektir.

2) Deneyim: İlk yapılan iş üzerinde çalışanların hiç deneyimi olmadığından veya çok az deneyimi olduğundan, ilk yapılan üretimin maliyeti daha sonraki üretim maliyetinden çok daha fazla olacaktır. Burada, işçilerin bu konuda daha önce görmüş oldukları eğitim veya işin önceki işlemlere benzerliği önem kazanmaktadır.

3) Organizasyonun büyümesi: İşletmelerde her departman veya üst düzey yöneticileri, mamul üretiminin artması ile organizasyonun genişletilmesine çalışırlar. Organizasyonun genişlemesi; üretimin genişlemesini, kalitenin artmasını, dizayn kompleksliğini azaltma, teknolojik gelişme ve yeni teknolojilere sahip olma gibi bazı faktörleri de birlikte getirecektir. Bu faktörlerin bazıları yeni öğrenme alanları ortaya çıkarırken bazıları eski işlemlerin pratikleşmesine ve daha kısa sürede yapılmasına neden olacaktır. Gelişen organizasyon daha kaliteli iş gücü istihdam edebilme imkanına sahip olacağı için öğrenme daha da kolaylaşacaktır.

4) Mamulün karakteristiği: Mamulün başlangıç aşamasındaki daha kompleks gibi görünen üretim sürecinden, öğrenmeden dolayı daha az kompleks üretim sürecine geçilmesi direkt işçilik kaynaklarının daha az kullanılmasına neden olur. Aynı şekilde, üretimin kompleks ve karmaşık üretim olması, daha az karmaşık üretime göre daha fazla direkt işçilik gerektirir ve öğrenme faktörüne daha fazla konu olur. Jaber ve Bonney (1999:94) mamul yaşam seyre açısından öğrenmeyi; mamulün ilk üretim dönemlerinde üretim

araçları, düzenler, iş yapısı uygulama ve çalışma koşulları hakkında yeni bilgi sahibi olacaklarından öğrenme daha az, gelişme döneminde daha fazla olabileceğini belirtmiştir.

5) İşçinin durumu: İşçinin kapasitesi, mesleği, mesleki eğitimi ve yapılacak işe olan alışkanlığı zamanla direkt işçilik giderlerinde verimliliği etkilemektedir. İşin niteliğine göre uzmanlaşmış veya eğitim görmüş bir işçide, diğer işçilere göre öğrenme faktörü daha yüksek olacaktır.

6) Çalışanların motivasyonu: İşçinin işe motivasyonu mesleğinin gelişmesine neden olacaktır. Bu nedenle öğrenme oryantasyonları, uygun üretme stratejileri geliştirme ve üretim çevresini tanımada, işçinin iş ve çevreyi daha fazla tanımalarına yardımcı olarak öğrenme etkisini hızlandırır. Bunun, satış elemanlarında daha etkili olabileceği düşünülebilir. Wang ve Lee (2001: 494) göre, öğrenme eğrilerinin bireysel performansla birlikte grup performansı olarak da algılanabileceği, bu nedenle grupların performanslarının endirekt ve direk işçilik açısından karşılaştırma yapılması gerekmektedir. Teknolojik gelişmeler bir tür öğrenme süreci olduğunda, endüstriyel öğrenme eğrileri basit tekrarların yapılması ile bireysel becerilerin artması olarak değerlendirilebilir.

D. Öğrenme Eğrilerinin Varsayımları

Geleneksel öğrenme eğrileri modellerinde zımni olarak üretim performansının kümülatif üretim miktarı ile artacağını ve yönetim kararlarından etkilenmediğini varsaymaktadır. Ancak öğrenme eğrisini etkileyen bir çok yönetim kararı bilinmektedir (Terwiesch ve Bohn, 2001:2). Öte yandan öğrenme eğrilerinin varsayımlarının oldukça kompleks olduğu düşünülebilir. Bu kompleksliğe karşılık öğrenim eğrileri, işçilik giderleri dışında üretime dahil edilen diğer üretim faktörleri hakkında çok az bilgi vermektedir. Örneğin öğrenme eğrileri üzerine yapılan tüm araştırmalar sadece işçilik giderleri üzerine kurulmuştur. Hammadde ve diğer giderler konunun kapsamı dışında tutulmuştur. Ancak, öğrenme faktöründe yapılan işin zamanı veya işçilik giderleri arasındaki ilişkiyi saptayabilmek için önceden kabul edilmesi zorunlu olan varsayımlar bulunmaktadır. Bu varsayımlar:

- Bir birim mamul üretim için gerekli olan zamanın, o mamulün üretiminin tekrarlanması ile azalacağı,
- Bu azalma miktarının rakamsal olarak tekrar arttıkça azalacağı,
- Zaman birimindeki azalmanın genel bir kalıp içerisinde takip edeceği, şeklindedir.

Genel olarak varsayımlara bakıldığında, varsayımların üçü de sonuç olarak öğrenmeden etkilenen varsayımlardır. Birinci varsayım genel ve temel varsayım olmakla birlikte, diğer iki varsayımın açıklanması gerekmektedir.

İkinci varsayımda azalmanın rakamsal olarak azalacağı varsayımı sonsuz değildir. Öğrenme rasyosu fonksiyonda üst olarak alındığında, bu değer 0 ile -1 arasında değişeceği daha önce belirtilmişti. Yani, öğrenme olgusu bir yerde ihmal edilebilecek kadar azalarak, fonksiyon X eksenine

paralel hale gelecektir. Standart maliyet sisteminin zımnı varsayımları da öğrenme etkisini realize etmiş, yani öğrenme etkisini tamamlamıştır. Aksi durumda, geleceğin yönetim felsefesi olan standart maliyette; fiili sonuçlar ile standart veriler arasında standart maliyet felsefesine uygun olmayan sapmalar ortaya çıkacaktır.

Üçüncü varsayım da öğrenmenin genel bir kalıp içerisinde takip edileceği durumudur ve bunun ortalama %80 öğrenme olacağı ileri sürülmektedir. Yani, üretim iki katına çıktığında, süre ilk üretimin %80'i kadar olacak ve bu durum devam edecektir. Bu varsayıma göre, mamulün hayat seyri boyunca aynı tür üretim sistemi ile üretim yapılması gerekmektedir. Ancak, mamulün hayat seyri içerisinde teknolojik değişimler, kalite farklılıkları, her bir parti üretim hacmindeki değişme, işletmenin finansal ve yönetim yapısındaki değişiklikler yeniden dizayn problemini ortaya çıkarabilir. Bu işlemlerin bazıları yeni öğrenme problemleri ortaya çıkararak maliyeti artırırken bazıları öğrenmeden dolayı giderleri azaltıcı yönde etki edebilirler.

E- Öğrenme Eğrisinin Sınırları

Öğrenme eğrisi teorileri özellikle muhasebecileri yakından ilgilendiren bir konu olmuştur. Maliyetlerin tahmin edilmesi, bütçeler ve tarihi maliyetler ile karşılaştırma açısından öğrenme eğrileri karar sürecinde önemli yer tutar. Kontrol açısından öğrenme etkisi hizmet ve genel üretim giderleri açısından karar ve sorumluluk merkezleri ile ilişkilendirilir. Çünkü, genel üretim giderleri, genel olarak direkt işçilik saati oranına göre dağıtım tabii tutulduğundan, üretimde harcanan süredeki değişimlere bağlı olarak her bir gider merkezinin dağıtımdan alacağı gider payı açısından etkilenecektir. Ancak, örneğin uzun süreli ve aynı üretim yöntemi ile üretim yapılan bir işletmede sürekli öğrenimden bahsedilmesi mümkün değildir.

Öğrenme eğrisi işletmede giderlerin tahmin edilmesinde bir strateji olarak kullanıldığında, bazı sınırlamaların göz önüne alınması gerekmektedir. Strateji, işletmenin sahip olduğu kaynakların gerçekçi bir şekilde ele alınması ve çevrenin hassas bir şekilde değerlendirmesine dayalı olarak, işin nereye gittiği ve varıldığında hangi durumda olunacağı hakkında muhakeme düzenlerinin şekillendirilmesi olarak tanımlanır. Bu tanımdan hareketle, öğrenmenin strateji olarak kabulünde, en önemli problem yönetim stratejilerinin direkt işçilik trendleri üzerinde yoğunlaşacağı ve diğer üretim faktörleri göz ardı edileceğidir (Eugene,1978:44-46). Örneğin, önemsiz muhasebe verilerinin yeniden düzenlenmesi ile işçilik tasarrufu, uzmanlaşmış işçi ile uzmanlaşmamış işçi oranının değişmesi, üretim veya kapasite düzeylerinin değişmesi tehlike olarak görülmektedir.

Öğrenme eğrisini öneren bir çok kişi, zımnı olarak birbirinden farklı fakat birbiri ile ilişkili olan üretim miktarındaki artış ile maliyetlerdeki azalış arasında bazı ilişkiler kurmuşlardır. Abernaty ve Wayne (1974:109-119) göre bu ilişkiler;

- Öğrenim eğrisinde hacim arttığında maliyetlerin düştüğü gözlenir. Ancak, bu tipik olarak bazı standartlaştırılmış mamuller için geçerlidir.

- Öğrenme eğrisinde, zamanla birlikte üretim maliyetlerinin azaldığı görülmür. Fakat, bu üretim sürecinde üretim dizaynında yapılacak bir dizayn değişikliği göz önüne alınmaz.

-Her iki durum birçok işletme planları ve analizlerinde de kullanılabilir olmasına rağmen, işletme politikalarının gelişen teknolojiye ve pazar koşullarına uydurulmasında önemli problemlerle karşılaşılabilir. Örneğin, fiyat politikalarında veya üretim dizaynında yapılabilecek bir değişme öğrenme faktörünü etkileyebilir.

Maliyet indirimi ve hacim artışı stratejisi pratik uygulamalarda bazen doğru olmayan sonuçlara neden olabilir. Bu nedenle üretim ve satış etkinlikleri olan dizayn, pazarlama, satın alma, mühendislik ve üretim departmanları dikkatli bir şekilde koordine edilmeli ve yönetilmelidir. Yöneticinin üretim maliyeti ile ilişkili olan etkenlerin ortak etkisini dikkate alarak karar vermesi sonucunda, düşük maliyetli-yüksek hacim şartlarının oluşumuna etki eden varsayımlarından birisinin ortadan kalkması ile ortaya çıkabilecek yüksek maliyetler önlenmiş olacaktır.

Birçok işletme, öğrenme eğrisinin varsayımlarından hareket ederek başarılı bir üretim ve pazarlama stratejileri oluşturabilirler. Üretim hacmi ve pazar payının artması ile birlikte maliyetlerde meydana gelen azalma rakip işletmelere karşı maliyet avantajı sağlayabilir. Ancak, takip edilen maliyet minimizasyonu stratejileri işletme yöneticilerini çok az sayıda rekabet opsiyonları ile karşı karşıya bırakır ve maliyet indirimi stratejisi bir noktadan sonra üretim hacminde de azalmalara neden olabilir.

IV. Sonuç

Günümüz teknolojisinde meydana gelen değişmeler, üretim sistemlerinde önemli değişiklikleri üretimin birim maliyetleri üzerindeki etkileri ile birlikte ortaya çıkarmaktadır. Üretim kuramının odak noktası olan verimlilik, girdi faktörleri ile çıktı arasında bağıntı olarak belirlendiğinde; işletme yöneticilerinin verimliliği arttırmak için girdi faktörlerini miktar ve fiyat açısından kontrol etmeleri zorunluluk haline gelmiştir. Çünkü, gelişen teknoloji ile orantılı olarak artan rekabet, mamulün satış fiyatından çok maliyetini ön plana çıkarmaktadır.

Teknolojik değişmelerin diğer etkileri, değişen teknoloji ile tüketici taleplerinin değişmesi, ileri teknolojik üretimlerde mamulün hayat süresini giderek kısaltmakta ve aynı zamanda yüksek yenileme veya geliştirme maliyetleri ile mamulün piyasadaki rekabet gücünü azaltmaktadır. Öte yandan teknolojik öğrenme teknolojik gelişmelere de neden olmaktadır. Teknolojik öğrenme teknik, sosyal,ekonomi, çevre ve işletme organizasyonları gibi bir çok faktörden etkilendiği göz önüne alındığında, öğrenme eğrilerinin günümüz retim süreçlerinde stratejik kararların alınmasındaki önemi ortadadır.

Sonuç olarak, öğrenme eğrilerinin yönetim kararları açısından temel felsefesi, üretim miktarı iki katına çıktığında üretim zamanında belli bir oranda azalma meydana geleceğidir. Bu varsayımda üretim hacmi ile maliyet arasında, üretim hacminin iki katı ile ters bir ilişki kurulmuştur. Yalnız bu ilişki standartlaşmış bir üretim sürecinde yeniden dizayn ve teknolojik gelişmelerin olmadığı durumlarda söz konusu olacaktır. Teknolojik gelişmeye ayak uyduran işletmelerin ürünleri müşteri ağırlıklı ve kısa geliştirme sürecine sahip, yüksek teknolojiye dayalı üretim olduğundan, üretim süreçleri içerisinde yeni öğrenme olgusu ortaya çıkaracaktır. Bu sonuç, öğrenme eğrilerine verilen önemi daha da arttırmaktadır.

Kaynakça

- Abernaty, W.J.; Wayne, K. "Limits of learning curve", *Harvard Business Review*, September- October, 1974.
- Adler. G.; Nanda, R. "The effect of learning curve on optimal lot size determination- a single product case", *AIIE Transaction*, 6 (1) 1974.
- Baloff, N. "Extension of the learning curve same empirical results", *Operational Research Quarterly*, cilt 22, no:4, 1977.
- Barreto, L.; Kypreos, S. "Endogenizing R&D and market experience in the "bottom-up" energy system ERIS model", *Technovation*, 23, 2003.
- Behnezhad, A.D.; Khoshnevis, B. "The effect of manufacturing progress function on machine requirements and aggregate planning problem", *International Production Research*, 26(2) 1988.
- Bump, F.A. "Effects of learning on cost productions", *Management Accounting*, May, 1974.
- Chakravarty, A.K. "Line balancing with task learning effects", *AIIE Transaction*, 20(2) 1987.
- David, V.H.; Soliman, Y.S. "Standard cost variance analysis in a learning curve environment", *Accounting Business Research*, no 51, 1983.
- Ekonomist*, "Grup eğitimi", 5 Kasım, 1995.
- Ergin, Esin, İşletme Politikası, Der yayınları , İstanbul, 1992.
- Eugene, A. Imhoff. " The learning curve and its applications", *Management Accounting*, February 1978.
- Garvin, D. A. "Building a learning organization", *Harvard Business Review*, July-August, 1993.
- Globerson, S.; Miller, R. "Determining learning curve in group technology setting", *International Journal of Production Research*, 27(10) 1989.
- Gürlek , Bilgehan. " Öğrenme eğrileri ve uygulamaları", *Verimlilik Dergisi*, sayı 1993/1 MPM Ankara, 1993.
- Harris, L.C.; Stephens, W.L. The learning curve: a case study", *Management Accounting*, February 1978.

- Ibenhold, Karin. "Explaining learning curves for wind power", *Energy Policy*, 30, 2002.
- Jaber, Y.M; Bonney, Maurice, "The economic manufacture/order quantity (EMQ/EOQ) and the learning curve: Past, present, future", *International Journal of Production Economics*, 59, 1999.
- Jaber, Y. M; Bonney, Maurice, "Lot sizing with learning and forgetting n set-ups and product quality", *International Journal of Production Economics*, 83, 2003.
- Kaulomas, C. "Quality improvement through product redesign and learning curve", *Journal of International Management Science*, cilt 20, sayı 2 , 1992.
- Khoshnevis. B.; Wolfe, P.M. "An aggregation production planning model incorporating dynamic productivity; part I. Model development", *AIIE Transaction*, 15 (2), 1983.
- McIntyre, E.V. "Cost-volume- profit analysis adjusted for learning curve", *Management Science*, October, 1977.
- Meredith, J.; Comm, J. "Modeling synergy and learning under multiple advanced manufacturing technology", *Decision Science*, 40:20, 1989.
- Oswald, Philip F. Cost Estimating, 2.ci baskı, Prentice Hall Inc. New Jersey, 1989.
- Pramonkit, P.; Shawyun, T.; Sirinaovakul, B. " Prodiktivity growth and learning potencail of Thai industry", *Technological forecasting and Social Change*, 69, 2002.
- Rachamadugu, R. Tan, Chong L. "Policies for lot sizing with setup learning", *International Journal of Production Economics*, 48, 1997.
- Smunt, L. Timothy, Watts A. Charles, "Improving operations planning with learning curves: overcoming the pitfalls of 'messy' shop floor data", *Journal of Operation Management*, 21, 2003.
- Summers, E.L.; Welsh, A.G. " How learning curve models can be applied to profit planning", Accounting For Managerial Decision içinde; Ed. John W. Buckley, Manville Publishing Company, California,
- Terwiesch, Christian; Bohn, E. Roger, "Learning and process improvement during production ramp-up", *International Journal Of Production Economics*, 70, 2001.
- Togo, Dennis F. "A curvilinear approach to teaching learning effects for cost estimation", *Journal of Accounting Education*, 19,2001.
- Wild, Ray. Production and Operation Management, Principles and Techniques, English Language Book Society, Cassel, 1986.
- Wang,F.K.; Lee,W. "Learning curve analysis in total productive maintenance, Omega, *The International Journal of Management Science*, 29, 2001.