

ÜRETİM PROGRAMLAMA: PERT VE TAM SAYILI PROGRAMLAMA

Feray ODMAN ÇELİKÇAPA*

1. GİRİŞ

Programlama, belirli bir takım görevleri yerine getirmek için kaynakların zaman içinde dağıtımını olarak tanımlanabilir. Üretim programlama sisteminde görevler; belirli ürün veya hizmetleri meydana getiren kişiler, kaynaklar ise makineler tarafından temsil edilmektedir. Bu sistemlerde işleri gerçekleştirecek kaynakların, ne zaman ve nasıl kullanılacağına saptanabilmesi için belirli bir amaç konulması ve bu amaca en uygun sıralamanın tesbiti gerekmektedir.

Programlama sırasındaki amaçlar sürenin veya maliyetlerin en azlanması ile kârın en çoklanması olarak düşünülebilir. Bu makalede de; Pert ve tam sayılı programlama kullanılarak orta ölçekli bir işletmede üretim programcısının vereceği kararlarda en uygun çözümleri nasıl seçebileceğine ilişkin bir örnek yer almaktadır.

Pert yönteminde belirli ürünlerin üretimindeki operasyonlar ayrı ayrı incelenmiş ve ürünlerin toplam beklenen süreleri hesaplanmıştır. Aynı işletmede makinelerin yüklenmesi için en uygun makinelerin seçiminde tam sayılı programlama kullanılmıştır. Diğer bir ifadeyle, hangi makinenin hangi ürünün üretilmesinde kullanılabileceği saptanmıştır. Burada değerlendirme ölçütü olarak toplam maliyetlerin en azlanması seçilmiştir. Her iki yöntemde de ürün cinsleri için ayrı ayrı değerlendirme yapılmıştır.

* *Yrd. Doç. Dr.; Uludağ Üniv. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Üretim-Pazarlama Anabilim Dalı*

İşletme beş ayrı ürün grubu üretmektedir ve üretim süreci genel olarak karmaşık değildir. Siparişe göre faaliyet gösteren işletmenin her ürün cinsi grubundan satış gelirleri ve üretim miktarı açısından stratejik olan ürünler seçilmiş ve işletmenin bu ürün cinsi için beş bin adet özel bir ürün siparişi aldığı varsayılmıştır.

2. PERT YÖNTEMİ

Şebeke ağı yöntemlerinden biri olan Pert yönteminde, ürün cinsleri için işletmenin daha önceden zaman etüdü sonucu belirlediği süreler, olası süreler olarak alınmıştır. Bundan sonra işletmenin üretim raporları incelenerek, her ürün cinsinin operasyonlarına ait en az ve en çok süreler saptanmıştır. Operasyonlara ait en az ve en çok süreler göre de kötümser ve iyimser süreler belirlenmiştir. Üretim raporları incelenirken ürün cinslerine ait benzer ve farklı operasyonlar gözden geçirilmiştir.

A ürün cinsi için $(a+4m+b)/b$ formülüne göre bilgisayarda yapılan hesaplamalar ile elde edilen sonuçlar Tablo: 1'de yer almaktadır. Burada a iyimser süre, m olası süre ve b kötümser süredir.

Tablo: 1
A Ürün Cinsine İlişkin Pert Sonuçları

	ADAM SAAT		MAKİNE SAAT	
	Beklenen Süre	Varyans	Beklenen Süre	Varyans
1. operasyon	5.3	0.2500	5.4	0.1469
2. operasyon	1.2	0.0469	3.0	0.0011
3. operasyon	0.3	0.0003	0.9	0.0000
4. operasyon	0.3	0.0003	1.5	0.0056
5. operasyon	9.1	0.1878	19.1	1.2844
6. operasyon	6.8	0.2669	8.2	0.0469
7. operasyon	0.9	0.0059	2.2	0.8510
8. operasyon	5.7	0.1344	5.6	0.1469
9. operasyon	5.6	6.4225	5.6	0.5136
Adam Saat Toplam Süre : 45.9		Varyans: 0	Boş Süre: 10.6	
Makine Saat Toplam Süre: 51.4		Varyans: 2.21	Boş Süre: 0	

Tablo 1 incelendiğinde A ürün cinsinden 5000 birim üretebilmek için yaklaşık olarak adam-saat olarak toplam süre 46 saat ve makine-saat olarak 51

saat gerekmektedir. Adam saatte toplam boş süre yaklaşık 11 saat ve makine saatte varyans 2.21'dir. Makine-saatte operasyonlar arası boş süre yoktur ve bütün operasyonların kritik olduğu söylenebilir.

Ürünler için verileri bilgisayara girerken kötümser, iyimser ve olası süreler arasında dengesizlikler olduğu saptanmıştır. Bu noktalar üretim yöneticisine bildirildiğinde bazı kayıtlarda ve zaman etüdü ile saptanan olası sürelerde hatalar olduğu ortaya çıkmıştır. Ürün gruplarından bu iki konuda tutarlı verilere sahip ürün cinsleri tercih edilmiştir.

Tablo: 2
Ürün Cinslerine İlişkin Özet Sonuçlar

	Toplam Beklenen Süre		Varyans		Boş Süre	
	Adam-Saat	Makine-Saat	Adam-Saat	Makine-Saat	Adam-Saat	Makine-Saat
A Ürünü	34.3	50.7	1.5	3.2	0	0
B Ürünü	45.9	51.4	0.0	2.2	10.6	0
C Ürünü	33.4	46.0	20.0	20.5	0	0
D Ürünü	32.5	47.2	1.8	1.8	0	0
E Ürünü	30.5	42.0	0.6	0.8	0	0
F Ürünü	51.4	51.4	0	0	1.3	2.21
G Ürünü	20.6	20.6	0	0	7.3	0.1
H Ürünü	26.3	32.0	5.0	4.8	0	0
I Ürünü	28.7	16.0	0	5.0	0	0
J Ürünü	11.9	17.6	0.2	1.0	0	0

Tablo 2'de on ayrı ürün cinsi için hesaplanan toplam beklenen süreler, bu sürelerin varyansları ve toplam boş süreler görülmektedir. Tablo 2 incelendiğinde F ve G ürün cinslerinin adam ve makine saatleri birbirine eşittir. C ve H ürün cinslerinin varyansları oldukça yüksektir. Bu ürün cinsleri için sürelerle ilgili kayıtlar veya ölçümler incelenebilir. Toplam boş süreler açısından ise ürün cinslerinin çoğunda boş süreler sıfır olduğu için operasyonlar arası bekleme yapılmaması gerekir ve bu operasyonlar kritiktir.

Pert yöntemi ile ürün grupları için ürünlerin toplam beklenen süreleri boş süreleri incelenerek, alınan siparişlerin teslim süreleri ve üretim programlaması sırasında teslim sürelerinin ortaya çıkma olasılıkları hesaplanabilir. Ayrıca operasyon bazında inceleme yapılarak bazı özel siparişler için gerekli önlemler önceden alınabilir.

3. TAM SAYILI PROGRAMLAMA

Üretim süreci içinde "darboğaz" operasyon seçilmiş ve ürün cinslerinden de Pert yönteminde olduğu gibi işletmenin en çok üretilip satıldığı ve satış gelirlerinin yüksek olduğu ürün cinsleri tercih edilmiştir. Bu operasyonla ilgili makinelerin özellikleri birbirine benzemektedir. Ancak kapasite ve enerji maliyetleri açısından makineler arasında farklılıklar vardır. Makine seçiminde kullanılan maliyetlerin enazlanmasında maliyetler değişken ve sabit maliyet olarak ikiye ayrılmıştır. Değişken maliyet olarak enerji maliyetleri alınmış ve sabit maliyet olarak da amortisman giderleri seçilmiştir. Burada da işletmenin 5000 birimlik özel bir sipariş aldığı varsayılmış ve Tablo 3'deki bilgiler işletmenin üretim raporlarından elde edilmiştir.

Tablo: 3
Ürün Cinslerine ve Makinelere İlişkin Bilgiler

Ürünler	Makineler		Ortalama İşlem Süresi (Makine-Saat)	Değişken Gider (000.-)	Sabit Gider (000.-)
	Makine	Kapasite			
A	1	1000	18	360.-	20.000.-
	2	1500	19	380.-	25.000.-
	3	2000	15	300.-	30.000.-
	4	3000	12	240.-	35.000.-
	5	1200	10	200.-	22.000.-
	6	1800	14	280.-	28.000.-
	7	1500	16	320.-	25.000.-
	8	1100	13	260.-	20.000.-
B	1	1000	32	640.-	20.000.-
	2	1500	21	420.-	25.000.-
	3	2000	12	240.-	30.000.-
	4	3000	18	360.-	35.000.-
	5	1200	15	300.-	22.000.-
	6	1800	30	600.-	28.000.-
	7	1500	25	500.-	25.000.-
	8	1100	28	560.-	20.000.-
C	1	1000	21	420.-	20.000.-
	2	1500	17	340.-	25.000.-
	3	2000	24	480.-	30.000.-
	4	3000	23	460.-	35.000.-
	5	1200	25	500.-	22.000.-
	6	1800	20	400.-	28.000.-
	7	1500	18	360.-	25.000.-
	8	1100	19	380.-	20.000.-
D	1	1000	11	220.-	20.000.-
	2	1500	10	200.-	25.000.-
	3	2000	10	200.-	30.000.-
	4	3000	9	180.-	35.000.-
	5	1200	8	160.-	22.000.-
	6	1800	12	240.-	28.000.-
	7	1500	15	300.-	25.000.-
	8	1100	5	100.-	20.000.-
E	1	1000	11	220.-	20.000.-
	2	1500	7	140.-	25.000.-
	3	2000	10	200.-	30.000.-
	4	3000	12	240.-	35.000.-
	5	1200	14	280.-	22.000.-
	6	1800	16	320.-	28.000.-
	7	1500	13	260.-	25.000.-
	8	1100	15	300.-	20.000.-

Bu modelde yöneticinin her ürün cinsi için seçebileceği sekiz alternatif makine vardır ve bu alternatifler modelin karar değişkenlerini oluşturur:

X_j = j makinesinde üretilebilecek ürün miktarları

$j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$

Makinelerin kullanılması, makinenin yüklenmesine bağlıdır. Bu nedenle makineye iş yüklenip yüklenemeyeceğine karar verilmesi gerekir. Bu nedenle modelin kontrol değişkenleri şunlardır:

$Y_j = 0$ j makinesine iş yüklemeyin.

1 j makinesine iş yükleyin.

Burada her ürün için ayrı bir amaç fonksiyonu belirlenecek ve her ürün için yükleme yapılacak makineler ayrı ayrı belirlenecektir. Örneğin A ürünü için amaç fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 360 X_1 + 20.000 Y_1 + 380 X_2 + 25.000 Y_2 + 300 X_3 + \\ & 30.000 Y_3 + 240 X_4 + 35.000 Y_4 + 200 X_5 + 22.000 Y_5 + \\ & 280 X_6 + 28.000 Y_6 + 320 X_7 + 25.000 Y_7 + 260 X_8 + 20.000 Y_8 \end{aligned}$$

İşletme her ürün cinsi için 5000 birimlik sipariş aldığı varsayıldığından, işletme en az 5000 birim ürün üretecektir. Bu nedenle talebe ilişkin kısıtlayıcı:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 \geq 5000$$

Diğer taraftan her makinenin kapasitesine ilişkin kısıtlayıcı ise:

$$X_1 \leq 1000$$

$$X_5 \leq 1200$$

$$X_2 \leq 1500$$

$$X_6 \leq 1800$$

$$X_3 \leq 2000$$

$$X_7 \leq 1500$$

$$X_4 \leq 3000$$

$$X_8 \leq 1100$$

Makinelerin yüklenmesine bağlı olarak aşağıdaki kısıtlayıcılar da eklenebilir:

$$X_1 \leq MY_1$$

$$X_5 \leq MY_5$$

$$X_2 \leq MY_2$$

$$X_6 \leq MY_6$$

$$X_3 \leq MY_3$$

$$X_7 \leq MY_7$$

$$X_4 \leq MY_4$$

$$X_8 \leq MY_8$$

Problemin bilgisayarda çözümü için M'nin yerine bir sayı koymamız gerekecektir. Bu sayının büyük olması gerekmektedir. Aksi takdirde çözüme ulaşamayabiliriz. Bu sayının çözümün kilitlenmemesi için yeterince büyük olmasında yarar vardır. Makinelerin kapasiteleri arasında en büyük sayının 3000 olması nedeniyle, 3000'den büyük bir sayının seçilmesi yeterli olacaktır.

Tablo 4'te tam sayılı programlama kullanılarak bilgisayarda çözüm ile elde edilen sonuçlar yer almaktadır. Bu sonuçlara göre işletme A ürün cinsi için dördüncü makinede 3000, beşinci makinede 1200, sekizinci makinede 800 ürün üretirse en az toplam maliyeti 1.168.000.- TL. olacaktır. Ayrıca y_4 , y_5 ve y_8 değişkenleri de 1 değerini alacaktır. Kontrol değişkenleri olarak seçilen bu değişkenlerin 1 değeri ve diğer y değişkenlerinin 0 alması, toplam maliyetlerin en azlanması için bu üç makinenin seçilmesi gerektiğini belirtmektedir. Genel sonuçlara baktığımızda her ürün cinsi için toplam maliyetlerin en azlanmasında seçilebilecek makineler ve bu makinelerde üretilebilecek ürün miktarları gözükmektedir.

Tablo: 4
Ürün Cinslerine İlişkin Özet Sonuçlar

Ürün Cinsi	Makine	Üretilecek Ürün Miktarı	Toplam Maliyet
A Ürünü	4. Makine	3000	1.168.000.- TL.
	5. Makine	1200	
	8. Makine	800	
B Ürünü	3. Makine	2000	1.488.000.- TL.
	4. Makine	1800	
	5. Makine	1200	
C Ürünü	2. Makine	1500	1.828.000.- TL.
	6. Makine	900	
	7. Makine	1500	
	8. Makine	1100	
D Ürünü	4. Makine	2700	788.000.- TL.
	5. Makine	1200	
	8. Makine	1100	
E Ürünü	1. Makine	1000	950.000.- TL.
	2. Makine	1500	
	3. Makine	2000	
	4. Makine	500	

Bir başka sorun da analizlerin yapılması ve modellerin oluşturulması ve modellerin oluşturulmasında sınıflandırılmasıdır. Bu gibi sorunlarda yönetici ve uzman eleman işbirliği ile çözümlenebilir. Sonuçta karar alma süreci içinde etkinlik sağlanmış olur. Tablo-4'teki ürün cinsleri arasında en az toplam maliyet açısından sıralama D, E, A, B, C şeklindedir.

Tam sayılı programlama örneğinde bütün ürün cinsleri için toplam maliyetlerin en azlanması açısından makineler, üretilecek miktarlar ve toplam maliyetler belirlenebilir. Üretim programcısı bu bilgilere göre sıralamayı tesbit edebilir. Toplam maliyetler açısından enerji ve amortisman giderlerine diğer maliyet kalemleri de eklenebilir. Özellikle sabit maliyetler için makineleri sürece hazırlama maliyeti alınabilir. İşletme amortisman, bakım-onarım, ayarlama maliyetlerini makine bazında hesaplıyorsa, bu maliyetlerin toplamı sabit maliyet olarak analizde kullanılabilir.

4. SONUÇ

Üretim programcısı bu iki yöntemden yararlanarak, programlama sırasında daha rasyonel kararlar verebilir ve kaynakları da etkin olarak kullanmış olur. Sayısal yöntemlerle gerçekleştirilen analizler karar verici konumundaki yöneticilerin en büyük yardımcısıdır. Yöneticiler genellikle bu tür analizleri yapmak için zamanlarının kısıtlı olmasından ve modellerin kullanılmasında çok sayıda değişken olabileceği için hesaplamalarda işlem çokluğundan yakınırlar. Ancak içinde yaşadığımız çağda bilgisayarlar çok sayıda işlemi kısa sürede çözümlenebilmektedir.

KAYNAKLAR

- Acar, Ahmet (1989);** *Linear Programming for Managerial Decisions*, Middle East Technical University, Ankara.
- Halaç, Osman (1978);** *Kantitatif Karar Verme Teknikleri*, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayını, No. 86, Arpaz Matbaası, İstanbul.
- Tulunay, Yılmaz (1980);** *Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları*, İstanbul Üniversitesi Yayın No. 2721, İstanbul.
- Yılmaz, Zekai (1988);** *Sayısal Yöntemler*, Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayını, Bursa.