

Toplam Planlama/Ana Programlama : Bir Yaklaşım

Dr. Erhan KOZAN*

GİRİŞ

Medeniyetteki gelişmeler sonucu ortaya çıkan yeni yaşam biçimi kişilerin ve toplumların isteklerinin kalite ve kantite yönünden sürekli olarak artmasına neden olmaktadır. Ayrıca dünya nüfusundaki artış da buna eklenince geçmişe oranla oldukça karmaşık ürünlerin büyük miktarlara üretilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Bu üretim artışını sağlayabilmek için endüstrileşmiş ülkelerde olduğu kadar, endüstrileşme sürecinde bulunan ülkelerde de işletmelerin verimli bir biçimde çalıştırılması gerekmektedir. Bu ise üretim yöntem ve yönetimlerindeki oldukça karmaşık kavram ve fonksiyonlara gereksinim duyulmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada, bu kavramlarından biri olan üretim planlama/programlama işlevi ele alınmaktadır. Amacımız bu tür problemlerin karmaşık niteliği göz önünde bulundurularak pratikte kullanılabilecek bir yöntem geliştirmek ve uygulanabilirliğini saptamaktır.

Üretim yönetiminin amacı yukarıda değinildiği gibi verimliliği arttırmak ve asgari maliyeti elde etmek olmakla beraber genelde kaynaklardan optimum yararlanmaya yöneliktir. Ürtemi planlama/programlama, işletme kapasitelerinin optimum kullanılmasında, zaman sürecini esas alarak kaynak dağılımını sağlayan en

(*) Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Yönetimi Bölümü Öğretim Görevlisi.

önemli üretim yönetimi alt işlemlerinden biri olup gelecekteki dönemler için üretim sürecinin düzey ve limitlerini belirleyen ve buna ilişkin olarak anamal işgücü ve stok miktarları ve bunların birleşimi ile ilgili kararların alınmasını kapsamaktadır. İşletmeler bu planlar çerçevesinde fabrika içi ve dışı üretim olanaklarını değerlendirerek, üretim hızlarını ve bunun gerektirdiği kaynak kullanımını belirlemektedirler.¹ Bilimsel işletmeciliğin öncülerinden H. Gantt tarafından başlatılmış olan bu planlama işlevi, günümüz işletmelerinde de geliştirilmiş biçimiyle kullanılmaktadır.

Üretim yönetiminde, üretim planlaması çeşitli amaçlara hizmet etmektedir. Yeni sermaye mallarının satın alınması, fabrika binalarının temini ve geliştirilmesi yalnız gelecekteki kısa dönemleri etkileyen bir planlama olmayıp daha uzun dönemleri de içeren niteliktedir. Buna karşılık işgücünün temini ve eğitilmesi daha kısa bir süreyi kapsamaktadır. Bu nedenle, herhangi bir zamanda, bir işletmenin birden fazla plana ihtiyacı olup bu planların süreleri gibi kullanım amaçları da değişiktir.²

Dolayısıyla süreleri uzun, orta ve kısa dönem olmak üzere üç genel gruba ayırmak ve her devrede verilecek kararların ve bunlarla ilgili planların ayrı ayrı belirlenmesi gerekmektedir.³

Üretim planlamasında, uzun dönem planlar yeni ürün geliştirme fabrika kurma ve tevsî gibi yatırım planlarını içermekte olup genellikle bir yıldan uzun süreleri kapsamaktadırlar. Orta dönem planlar uzun devreli planlarla saptanan kaynakların ve sınırlamaların nasıl karşılanacağını belirlemekte ve genellikle bir yıldan kısa süreleri kapsamaktadırlar. Kısa dönem planlar ise eldeki kaynakların ayrıntılı bir şekilde, çeşitli ürün ve faaliyetlere tahsisi kararlarını vermektedirler. Genellikle günlük, haftalık veya bir aylık süreyi kapsamaktadırlar.

Görüldüğü gibi üretim planlamasında uzun dönem planlar, orta dönem, orta dönem planlar da kısa dönem planlara çerçeve olmaktadır. Diğer bir deyişle kısa dönemli planların orta, orta

- (1) Johnson, R. A., Newell, W. T., and Vergin R. C., **Operation Management : A system Concept**, Houghton Mifflin Co. Boston, 1972, s. 355.
- (2) Bock, R. R., and Holstein, N. K., **Production Planning and Control** (2. baskı), Charles E. Merrill Books Inc. Columbus, Ohio, 1964, s. 4.
- (3) Plossl, G. W. and Wight, O. W., **Production and Inventory Control**, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1967, s. 15.

dönemli planların da uzun dönemdeki planların kısıtları ve amaçları çerçevesinde yapılması zorunlu olmaktadır.

Süreler göz önüne alınarak yapılan ayırımlardan bu çalışma açısından önemli olan orta dönemli planlar ve bu planların problemleridir. Orta dönemli planlar üretim yönetiminde geleneksel olarak toplam planlar/ana programlar deyimi ile adlandırılmaktadır.

Toplam planlar/ana programlar işletmeler için ekonomik önem taşımakta olup işletmelerin çeşitli kapasite kaynaklarından en iyi şekilde faydalanmalarını sağlamaktadırlar. Üretim yönetiminde toplam planlar ilerideki oniki aylık dönemde işletmelerin talep dalgalanmalarını minimum maliyetle karşılamak amacı ile geliştirilen plan ve stratejilerdir.

İşletmeler bir ürün üretmeye karar verdikleri an ürünlerin tamamlanma sürelerini de kesin olarak belirlemek zorundadırlar. Bu tür karar sonuçlarını içeren belgelere ise ana programlar denilmektedir. Ana programlar ürün teslim tarihlerini stok ve malzeme akışını, malzeme ve işgücü planlaması gibi faktörleri göz önüne aldıklarından toplam planları ayrıntı düzeyinde tamamlamaktadırlar. Holt, Modigliani Muth ve Simon⁴ ana programlamada işgücü seviyesi, üretim hızı, stok seviyesi taşaron kullanılması ve mamül fiyatları ile oynayarak talep dengesinin korunması alternatifi gibi değişkenleri kontrol edip en iyi seçeneğin saptanması gerektiğini vurgulamaktadırlar. Dilworth⁵ ise Ana programlamayı «İşgücü bütünlüğü, üretim hızı ve stok seviyesi gibi değişkenleri kontrol edip en iyi seçeneğin saptanması» şeklinde ifade etmektedir.

Yukarıda verilen değişkenlerden yalnız bir tanesini kullanarak geçerli bir dengenin bulunması oldukça güçtür. Zira, talepteki dalgalanmalar yalnız stoklar kullanılarak karşılandığında, depo, sigorta taşıma -yerleşme maliyetlerinin yanı sıra sermaye ve yıpranma maliyetleri de yükselmektedir. Yalnızca işgücünde yapılan değişikliklerle talepteki dalgalanmalar karşılanmaya çalışılırsa, bu da işçi dönüşüm maliyetleri ile fazla mesai ve vardiya priminin

(4) Holt, C. C., Modigliani, F., Simon, H. A. ve Muth, J. F., «A linear Decision Rule for Production and Employment Scheduling» **Management Science**, Vol. 2, No. 2 (Ekim 1955) s. 10-30.

(5) Dilworth, J. B., **Production and Operations Management**, Random House, 1979, s. 248.

getirdiği maliyetleri yükseltmektedir. Bunların yanısıra kamu ilişkileri ve kamu imajı gibi elle tutulamayan etkiler ve işten çıkarmanın diğer maliyetleri de söz konusu olmaktadır. Talepteki dalgalanmaların, üretim düzeyinde değişiklik yapılarak karşılanmasında, artışlar halinde fazla mesai maliyetleri, düşüşler halinde aylık işçilik maliyetleri söz konusu olmaktadır. Görüldüğü gibi her stratejiye ilişkin maliyetler, seçeneklerin akıllı bir birleşiminin aranmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla, yukarıda verilen genel yapı içinde toplam planlama/programlama modelinin kurulması gerekmektedir.

Model kurulurken en önemli kararlardan birisi problemin yapısı ile ilgilidir. Problemin yapısı ise aşağıdaki özelliklerden hangisinin sistemin problemleri için geçerli olduğunun saptanması ile belirlenmektedir.⁶

- Doğrusal veya doğrusal olmayan
- Durağan veya devingen
- Kesikli veya sürekli zaman
- Tek işlem veya çok işlem
- Kesikli veya sürekli değer

Yukarıda özellikleri belirtilen problemler için kurulacak modeller de iki temel yaklaşım kullanılabilir bunlar :

- Matematiksel fonksiyonlarla kurulan modeller,
- Hesaplama algoritmaları ile kurulan modellerdir.

Matematiksel fonksiyonlarla kurulan modellerde sistemlerin eleman ve elemanlar arasındaki ilişkileri simgeler ve matematiksel ifadelerle temsil edilir.⁷ Bu yaklaşımın en büyük avantajı çözüme analitik teknik ve yöntemlerle —differansiyel, doğrusal programlama, tam sayılı programlama gibi— çabuk ve kolay ulaşılmasıdır. Kullanılan basitleştirici varsayımların sistemi gerçekten kısmen uzaklaştırması ise bu yaklaşımın dezavantajıdır.

(6) Buffa, E. S. and Miller G. J., **Production - Inventory Systems : Planning and Control**, Richard D. Irvin, Inc., Ontario 1979, s. 256.

(7) Dilworth, a.g.e., s. 36.

Hesaplama algoritmaları ile kurulan modellerde ise sistem bir «Kapalı Kutu»⁸ olarak var sayılır ve karar değişkenleri şeklinde sisteme sokulan girdiler bir dizi çıktıya dönüştürülür.⁹ Bu tür modeller : Tablolar, grafikler, bilgisayar programları ve karar tablolarıdır. Bu modellerle en iyiye ulaşılması güçtür. Ancak problemlerin yapısını göstermede, matematiksel fonksiyonlarla kurulan modellerin güçsüz kaldığı veya çok karmaşık oldukları durumlarda büyük avantajlar sağlayabilmektedirler.

Günümüzde sık karşılaşılan çok aşamalı problemlerde modelin kuruluş biçimi ve buna bağlı kararlar büyük önem taşımaktadırlar. Bu kararları içeren toplam planlama/ana programlama problemlerine değişik çözüm yaklaşımları bulunmaktadır. Örneğin, firmaların uzun vadedeki plan ve stratejilerinin ışığı altında kapasite ve stok seviyelerinin birlikte değerlendirilmesi, toplam planlar/ana programlar ile yapılmaktadır. Bu bilgiler, dar boğazın ve kapasite fazlalığının nereden kaynaklandığının saptanmasına yardımcı olmaktadır. Bu özellikleriyle toplam planlar/ana programlar fazla mesai ve departmanlar arası iş kaydırılması gibi kararlarda önemli rol oynamaktadırlar. Literatürde, toplam planlama/ana programlama problemlerinin çözümü için birçok değişik yöntem ve teknik geliştirilmiş olup bir uçta küçük işletmelere uygulanabilecek basit (direkt, sezgisel) yaklaşımlar, diğer uçta ise oldukça karmaşık yaklaşımlar bulunmaktadır. Bunların çoğunun uygulanması ve fayda sağlaması çok özel problemler dışında mümkün değildir. Genelde toplam planlama/ana programlama tekniklerini dört ana grupta toplamak mümkündür. Bunlar analitik, iteratif, huristik ve diyagram yaklaşımlarıdır.

A. ANALİTİK YAKLAŞIM

Kesikli üretim sistemlerinde toplam planlama/ana programlama problemlerinin çözümlenmesinde çeşitli matematiksel modeller kullanılmaktadır. Bu amaçla en yaygın olarak «Doğrusal Prog-

(8) Krick, E. V., Methods Engineering, John Wiley Inc., New York, 1962, s. 31. Kapalı kutu, problem çözümlenmesinde bilinmeyen ve belirlenemeyen unsurları içeren bir sistem olarak kabul edilmiş ve bir kriter esas alınarak sistem girdilerini çıktılara haline dönüştürme işlevi bu kriterlere göre değerlendirilmiştir.

(9) Buffa ve Miller, a.g.e., s. 255.

ramlama» ve «Doğrusal Karar Kuralları» yöntemlerinden yararlanılmaktadır.

Doğrusal Program Yöntemleri; toplam planlama/ana programlama problemlerinin çözümlenmesinde doğrusal programlama yaklaşımı ilk defa Bowman¹⁰ tarafından kullanılmıştır. Bowman, modelinde üretim ve stoklama maliyetlerini minimize eden bir amaç fonksiyonu kullanmaktadır. Model, tüm talebin kapasite limitlerini aşmadan karşılanmasını da sağlamaktadır. Modelin kısıtlarını satış gereksinimleri, başlangıç stoku ve üretim kapasitesi oluşturmaktadır. Model, planlama sürecindeki belirli sayıdaki period için geliştirilmiştir. Modelde kullanılan dönem başı ve dönem sonu stokların önceden belirlenmiş olması gerekmektedir. Ancak model üretim ile ilgili kapasite seviyelerini değiştirme sonucu doğacak maliyet artışlarını dikkate almamaktadır.

Bishop¹¹, Bowman'ın modelini geliştirerek fazla mesaide üretme maliyetini ve bununla ilgili kapasite kısıtlarını da modele eklemiştir. Ancak, Bishop'un modelinde de Bowman'ın modelindeki dezavantajlar mevcuttur.

Doğrusal programlama uygulamasındaki dezavantajları gidermek üzere Hansman ve Hess¹² ve McGarrah¹³ Bowman'ın modelinde değişiklik yapmışlardır. Kapasite seviyelerini değiştirmenin ve stok yokluğunun getireceği maliyetleri toplam planlama/ana programlama modellerine ilave etmişler ve Simpleks yöntem ile çözüme ulaşmışlardır.

Yukarıda sözü edilen doğrusal programlama yöntemleri toplam planlama/ana programlama problemlerinin çözümünde kolaylıklar sağlamışlardır. Ancak siparişlerin gecikmeli olarak karşılanmasının ve satışların kaybedilmesinin getirebileceği maliyetleri ya-

-
- (10) Bowman, E. H., «Production Scheduling by the Transportation Method of Linear Programming». **Operations Research**, Vol. 4, No. 1 (Şubat s. 100-103).
- (11) Bishop, G. T., «On a Problem of Production Scheduling», **Operation Research**, Vol. 5, 1957.
- (12) Hansman, F. ve Hess S. W., «A Linear Programming Approach to Production and Employment Scheduling», **Management Technology** (1), Ocak 1960, s. 46-52.
- (13) McGarrah, R. E., **Production and Logistics Management: Text and Cases**, John Wiley, New York 1963, Bölüm 5.

pılarında bulundurmamaktadırlar. Ayrıca işgücü seviyelerindeki değişikliklerin (fazla işçi alma ve işçi çıkarma) getirebileceği maliyetleri de içermemektedirler. Bu nedenle, bu tür maliyetleri göstermekte doğrusal fonksiyon ilişkileri yetersiz kalmaktadır. Bu sorunlar «Doğrusal Karar Kuralı» ile çözümlenebildiklerinden bu kuralın açıklanmasında yarar vardır.

Doğrusal Karar Kuralı : Bu kural ilk defa Holt, Modigliani, Muth ve Simon¹⁴ (HMMS modeli) tarafından kullanılmıştır. HMMS modelinde, genel giderler ile kiralama, fazla çalışma, stokta bulundurma, sipariş; makina yükleme ve normal giderleri içeren maliyetler ikinci dereceden bir fonksiyon olarak gösterilmektedir. Türevi alınarak birinci derece fonksiyon haline dönüştürülen maliyet fonksiyonları kullanılarak, oniki aylık zaman dilimi için işgücü ve üretim seviyelerinin bulunması amacıyla, modelde doğrusal karar kuralları türetilmiştir.

Literatürde ve uygulamada en çok geçen doğrusal karar kuralları yöntemlerinin yanısıra toplam planlama/ana programlama problemleri «Dinamik Programlama» ve «Arama Karar Kuralları» gibi diğer yöntemlerle çözümlenmeye çalışılmıştır. Ancak bu yaklaşımlar teorik bazda kalmışlardır.

B. İTERATİF YAKLAŞIM

İteratif yaklaşımda, problem çözümlenme, alternatif çözümlerin iteratif olarak taranması ile yapılır. Toplam planlama/ana programlama problemlerinde işlem sıralamaları için bütün alternatif kombinasyonlar denenerek en iyici seçilir. Özellikle işlem sayısı arttıkça alternatif kombinasyonlar çoğalacak ve iterasyon sayısında hızlı olarak artacaktır. m sayıda makina parkında k sayıda işlem

m
için π [K!]; alternatif kombinasyonun iteratif olarak denenme-
i = 1

si gerekecektir. Bu tür problemlerde iteratif yaklaşımın el çözümleri için imkansız, bilgisayar çözümleri için ise çok zaman alıcı olduğu gözlenmektedir.

(14) Holt, Modigliani, Muth, Simon, a.g.e., s. 10-30.

C. HURİSTİK¹⁵ YAKLAŞIM

Huristik yaklaşımlarda mantıksal karar kuralları veya bilgisayar benzetişim modelleri kullanılarak problem çözümlenmesine çalışılır. Genellikle huristik yaklaşımla en uygun çözümü bulmak mümkün değildir. Sürenin ve hesaplama işlemlerinin izin verdiği sınırlar içinde en uygun çözüme oldukça yaklaşılr. Örneğin, Jones¹⁶ huristik yaklaşımı parametrik üretim planlaması problemlerine uygulamıştır. Bu çalışmada iki karar kuralı (işgücü ve üretim oranı) kullanmıştır. Çalışmada, her karar kuralı için iki parametre saptanmakta ve kararlar dört boyuta çıkarılarak incelenmektedir. Parametrelerin birleşimi ise minimum maliyet işlemine bağlanmaktadır. Bu şekilde, planlama döneminde tek bir maliyet yapısı ele alınarak değişik parametreler seti hesaplanmakta ve maliyeti minimize eden parametre seti belirlenmektedir.

D. DİYAGRAM YAKLAŞIMI

Üretim planlamasında geleneksel olarak bilinen yaklaşım diyagram yaklaşımıdır. Bu yaklaşımın her ölçekli fabrika ve atelyede uygulama olanağı vardır. Bu yaklaşım çubuk diyagramlarının bir şekli olan Gantt diyagramlarının ya da onun kavramlarının deterministik tipteki sistemlere uygulanmasıdır. Yaklaşımında kullanılan gantt şemaları ve bunlardan geliştirilen diğer şemalar toplam planlama/ana programlama işlevi için kullanılan en önemli karar araçlarıdır.¹⁷

Bu yaklaşım, küçük ve orta ölçekli kesikli üretim sistemlerine uygulanması halinde gayet iyi sonuçlar vermektedir. Ancak sistemdeki işlemlerin sürelerinin, sisteme giriş sıralarının ve rotalarının deterministik olması halinde uygulama olanağı bulmaktadır.¹⁸ Bu

(15) Turban E. ve Meredith J. R., **Fundamentals of Management Science**, Business Publications Inc. Texas 1977, s. 571.

Huristik Yaklaşım, Benzer problem durumlarında uygulanan bir problem çözümlene yaklaşımı olup, yaklaşımda kullanılan «Huristik Terimi» deneyime dayalı «karine» lerdir.

(16) Jones, C. H., «Parametric Planning», **Management Science**, Vol. 13, No. 11 (Temmuz 1967), s. 843-866.

(17) Buffa E. S., **Modern Production Management**, John Wiley and Sons Inc., New York 1968, (3. baskı), s. 581.

(18) Buffa ve Miller, a.g.e., s. 552.

taklaşımın bazıları şunlardır; yükleme diyagramları, Gantt diyagramları, üretim akış diyagramları, katod ışın tüplerinin Gantt diyagramları ile uygulanmasıdır.

ÜRETİM DÜZENLEME MODELİ

Üretim düzenleme modelinin amacı, periodlara göre değişen talebi karşılamak üzere yapılacak üretimin, toplam üretim ve stokta tutma maliyetini en düşük düzeye indirmektir. Bu çalışmada, üretim düzenleme modeli, bir doğrusal programlama modeli olarak kurulmuştur. Doğrusal programlama modelinin seçilmesinin nedenleri : a) Eldeki problemin özelliklerinin doğrusal programlama modelinin varsayımına uyması, b) Eldeki problemin değişken ve kısıt sayısı gözönüne alındığında, doğrusal programlamanın çözüm elde etmede sağladığı tasarruftur.

Modelde kullanılan varsayımlar, semboller ve modelin kanonik formu aşağıda verilmektedir.

Modelin Varsayımları

- 1) Her period ve ürün türü için talep önceden ve kesinlikle bilinmektedir.
- 2) Modelde kullanılan amaç ve kısıt fonksiyonları doğrusaldır : Üretim, stokta tutma maliyeti ve gerekli makina zamanları üretilen miktarların doğrusal fonksiyonu olarak artmaktadır.
- 3) Bir periodda üretilen ürünler, aynı periodda kullanılabilir veya daha sonra gelen periodların talebini karşılamak için stoklanabilir.
- 4) Stokta tutma maliyeti, ürünün değişken maliyeti üzerinden hesaplanan bileşik faiz oranına eşittir.
- 5) Makinalar arasında taşıma süreleri sıfırdır.

Modelde Kullanılan Semboller

a. Alt - sayıçlar :

i = üretim periodu ($i=1, 2, \dots, 12$)

j = tüketim periodu ($j=1, 2, \dots, 12$)

p =ürün çeşidi ($p=1, 2, \dots, m$)

k =makina çeşidi ($k=1, 2, \dots, n$)

b. Parametreler :

1. Teknolojik :

a_{pk} = bir birim p ürününün üretimi için gereken k makinası süresi.

2. Talep :

b_{jp} = j periodunda talep edilen p ürünü miktarı.

3. Kapasite :

c_{ik} = k makinasının i periodunda «normal zaman» üretiminde kullanılabileceği süre.

d_{ik} = k makinasının i periodunda «fazla çalışma» üretiminde kullanılabileceği süre.

4. Maliyet :

Modelde kullanılan maliyet parametreleri üretim ve stokta tutma maliyetlerini içermektedir. Üretim maliyetleri, sabit ve değişken üretim maliyet kalemlerine ayrılmaktadır. Bu ayırımın nedeni, sermaye (faiz) maliyetinin sadece değişken maliyetler için geçerli olmasıdır. Aynı mantıkla, işçilik maliyetleri «normal zaman» üretiminde sabit, «fazla çalışma» üretiminde değişken maliyetler içinde ele alınmıştır. Sonuç olarak, bir periodluk sermaye maliyeti (faiz oranı) r olarak alındığında, «normal süre» ve «fazla çalışma» üretimleri için birim maliyet parametreleri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır :

$e_{j,p}$ = i periodunda normal zamanda üretilen ve j periodundaki talebi karşılamakta kullanılan bir birim p ürününün toplam üretim ve stokta tutma maliyeti.

= üretim (sabit + değişken) maliyet + sermaye maliyetine (faiz oranına) tabi değişken maliyetler.

= $[g_{.p} + V_{.p}] + V_{.p} [(1 + r)^{j-i} - 1]$

$f_{j,p}$ = i periodunda fazla çalışmada üretilen ve j periodundaki tale-

bi karşılımda kullanılan bir birim p ürününün toplam üretim ve stokta tutma maliyeti.

= üretim (sabit + değişken) maliyet + sermaye maliyetine (faiz oranına) tâbi değişken maliyetler.

$$= [g'_{.p} + V'_{.p}] + V'_{.p} [(1 + r)^{j-i} - 1]$$

c. Karar Değişkenleri :

x_{ijp} = j periodundaki talebi karşılamak üzere i periodunda «normal zamanda» üretilecek p ürünü miktarı.

y_{ijp} = j periodundaki talebi karşılamak üzere i periodunda «fazla çalışmada» üretilecek p ürünü miktarı.

Amaç Fonksiyonu :

$$\min Z = \sum_{p=1}^m \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=i}^{12} e_{ijp} x_{ijp} + \sum_{p=1}^m \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=i}^{12} f_{ijp} y_{ijp} \quad (1)$$

Kısıtlar

$$\sum_{p=1}^m \sum_{j=i}^{12} a_{pk} x_{ijp} \leq c_{ik} \quad \begin{matrix} (i = 1, 2, \dots, 12) \\ (k = 1, 2, \dots, n) \end{matrix} \quad (2)$$

$$\sum_{p=1}^m \sum_{j=i}^{12} a_{pk} y_{ijp} \leq d_{ik} \quad \begin{matrix} (i = 1, 2, \dots, 12) \\ (k = 1, 2, \dots, n) \end{matrix} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^j x_{ijp} + y_{ijp} = b_{jp} \quad \begin{matrix} (p = 1, 2, \dots, m) \\ (j = 1, 2, \dots, 12) \end{matrix} \quad (4)$$

Negatif Olmama Koşulu

$$x_{ijp}, y_{ijp} \geq 0 \quad \begin{matrix} (i = 1, 2, \dots, 12) \\ (j = 1, 2, \dots, 12) \\ (p = 1, 2, \dots, m) \end{matrix} \quad (5)$$

Amaç fonksiyonu (1) normal zamandaki ve fazla çalışmadaki üretim ve stokta tutma maliyetleri toplamını minimize ederek perodlarda, normal zaman ve fazla çalışmadaki, en uygun üretim miktarının bulunmasını sağlamaktadır.

Modeldeki kısıtlayıcı koşullardan birincisi (2), makinaların her perodda normal zaman üretiminde en fazla ne kadar kullanılabi-

lineceğini ve ikinci kısıtlayıcı koşul (3), makinaların her periyotta fazla çalışma üretiminde en fazla ne kadar kullanılabilineceğini göstermektedir üçüncü kısıt (4) ise her periyotta talebin karşılanması gerektiğini yansıtmaktadır.

Üretim düzenleme modelinin uygulama aşamasında kesikli üretim sistemlerinde tek düzen bir üretim için aşağıdaki karar durumları ortaya çıkmaktadır.

1. Kapasite kısıtları altında üretim miktarı :

- Her periyotta her ürünün üretim miktarı
- Bir periyotta kullanılmak üzere bundan önceki periyottaki üretim miktarı
- Fabrikadaki çıktı miktarını kısıtlayan kapasite darboğazları.

1. Finansal kısıt altında üretim miktarı :

- Ürünlere olan talep yalnız talep dönemindeki üretimle mi karşılanmalıdır?
- Ürünlere olan talep önceki dönemlerdeki üretimden mi karşılanmalıdır?
- Yukardaki alternatiflerin uygun bir birleşimi mi bulunmalıdır.

Modelin teknoloji, talep, kapasite ve maliyet ile ilgili parametreleri uygulamaya konu olacak sistemde belirlendikten sonra model Tempo (MPS/Basic) paket programı ile çözümlenebilir duruma gelmektedir.

Modelde, tüm periyotlardaki taleplerin karşılanmasını sağlayan alternatifler (normal zaman üretimi, fazla çalışma üretimi ve stokta tutma) değerlendirilerek, toplam maliyeti minimize eden uygun çözüm bulunmaktadır.

Modelin uygulanması sonucu elde edilen ana programlama ile her periyotta her üründen normal zamanda ve fazla çalışmada ne kadar üretileceği saptanmaktadır. Eğer periyotlardaki talep mevcut kapasite ile karşılanabilmekte ise yalnız normal zaman üretimi ya-

pılmaktadır. Zira en az maliyetle talebin karşılanması ancak bu şekilde mümkün olmaktadır. Eğer periodlardaki normal kapasite sunumu ile talep karşılanacak durumda ise alternatiflerden biri talep periodundan önceki periodlardaki kapasite artığını kullanarak üretim yapmak ve bunları talep perioduna kadar stokta tutmaktır. İkinci alternatif ise talep periodunda fazla çalışma yapılarak talebin karşılanmasıdır. Üçüncü alternatif ise yukarıdaki alternatiflerin bileşimlerinden oluşmaktadır. Bu durumda talep, normal zamanda veya fazla çalışmada üretilip stoklanmış veya anında kullanıma sunulmuş ürünlerin uygun bir birleşimi ile karşılanmaktadır.

Genellikle kesikli üretim yapan sistemlerde makinaların kapasite sunumları ve ürünlerin makinalardaki işlem süreleri farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar aynı miktardaki ürünün üretiminde bazı makinaların kapasitelerinin yetersiz kalmasına (darboğaz oluşmasına) bazılarında ise oldukça fazla artık kapasite oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum ise üretim miktarını darboğaz yaratan makinaların kapasitelerine bağımlı kılmaktadır. Bu nedenle makina kapasitelerinin hangi oranda kullanılarak, ana programlama ile saptanan üretim miktarının gerçekleştirildiğinin bilinmesinde yarar vardır. Her periyotta her makinanın normal zamandaki ve fazla çalışmadaki üretim için ne kadar süre kullanıldıkları ve boş bekledikleri Tempo (MPS/Basic) paket programı ile çözümlenebilen «Üretim Düzenleme Modeli» sonucu elde edilebilmektedir.

Bu şekilde, normal üretim, fazla çalışmadaki üretim ve stokta tutma maliyetleri toplamını minimize ederek talebi karşılayan en uygun üretim miktarı her periyot için belirlenebilmektedir. Üretim miktarına paralel olarak periyotlardaki makina kapasite kullanımları ve dolayısıyla tüm üretimi etkileyen makinalardaki kapasite darboğazları saptanabilmektedir. Sonuçta darboğaz yaratan makina gruplarında kapasite arttırımının en iyi çözüm üzerindeki etkilerinin incelenmesi mümkün olabilmekte, darboğazdan doğan maliyetle makina ilavelerinin getireceği maliyetin karşılaştırılması yapılabilmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada kesikli üretim sistemlerinde ana programlama problemleri ele alınmaktadır. Çalışmanın amacı, bu tür problemlerin karmaşık niteliği gözönünde bulundurularak pratikte kullanılabilenecek bir yöntem geliştirmektedir.

Ana programlama, «Üretim Düzenleme Modeli» olarak isimlendirilen bir doğrusal programlama modeli ile yapılmaktadır. Modelin seçiminde, ana programlama problemlerindeki değişken ve kısıt sayısı dikkate alınarak, doğrusal programlama modellerinin çözüm elde etmede sağladığı tasarruf göz önünde bulundurulmaktadır. «Üretim Düzenleme Modeli» periodlara göre değişen talep kısıtı çerçevesinde normal zaman, fazla çalışma ve stokta tutma maliyetleri toplamını en düşük düzeye indirmektedir.

Doğrusal programlar, kullanılan parametrelere dayalı karar durumlarında «Duyarlık Analizi» ile karar vericiye alternatifler hakkında ışık tutabilmektedir. Çalışmada kullanılan «Üretim Düzenleme Modeli»nin duyarlık analizinin kolaylıkla yapılabilmesi, kullanıcı açısından büyük esneklik getirmekte ve modelin bir karar verme aracı olarak değerini arttırmaktadır. Bilindiği gibi doğrusal programlama modellerinde, birincil problem için elde edilen en iyi çözüm, aynı zamanda ikincil problemin de en iyi çözümünü vermektedir. Bu nedenle duyarlık analizinde kullanılan ikincil problem çözümü için ek bir çalışma gerekmemektedir. Üretim düzenleme modeli üzerinde uygulanacak duyarlık analizi kullanım amacına göre iki grupta toplanabilir. Bunlar :

- Model kurucu tarafından, kullanılan parametre değerlerindeki olası tahminleme hatalarının en iyi çözüm üzerinde etkisinin;
- Model sonuçlarının uygulamaya konulmasından sonra, öngörülen koşullardaki değişikliklerin saptanan en iyi çözümün değiştirilmesini gerektirip gerektirmediğinin,

belirlenmesi olmaktadır. Tüm modelleme çalışmalarında olduğu gibi, bu modelde kullanılan parametre değerlerinin de tahminleme hatalarını içermesi olasıdır. Ancak duyarlık analizi, en iyi çözümün parametre değerlerine duyarlılığını verdiği için, modelin veri gereksinimleri daha güvenilir olarak bulunabilmektedir.

Planlama periodu süresince, öngörülen koşullardaki değişimler, yukarıda değinildiği gibi, parametre değerlerine yansımaktadır. Bu şekilde ortaya çıkan parametrelerdeki değer değişikliklerinin, en iyi çözüm ve toplam maliyeti ne şekilde etkilediğinin bilinmesi gereklidir.

Bu uygulamada :

- Fazla/normal süre birim maliyetlerindeki,
- Teknoloji/design değişikliği sonucu «makina» zaman/ürün parametrelerindeki değişiklik,
- Periodlar için talep ve toplam makina kapasite miktarlarındaki,

değişikliklerin sonuca etkisi karar verici tarafından kolaylıkla belirlenebilmektedir. Ayrıca, bir ikame ürünün mevcut «gölge fiyatları» çerçevesinde üretiminin karlı olup olmayacağı duyarlık analizi sonucundan saptanabilmektedir.

Öte yandan, doğrusal programlama modellerinin sadece fonksiyon ilişkilerine dayalı olması karar durumlarında bazı kısıtlamalar getirmektedir. Örneğin,

- Siparişlerin gecikmeli olarak karşılanması,
- Satış kayıpları,
- İşgücü seviyelerindeki değişiklikler,

gibi durumlarda, üretim düzenleme modeli karar vericiye yeterince yararlı olamamaktadır.

Çalışmanın daha çok teorik bazlı olması nedeniyle karar durumlarındaki duyarlık analizi ilerideki araştırmalara açık bulunmaktadır.

Ana programlama problemlerinin çözümlenmesine, literatürde geliştirilen yaklaşımlarda, gerekse bu çalışmanın dayandığı varsayımlar da getirilecek gerçekçi esneklikler problem çözümünde yeni boyutlar ve çözümler getirebilir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Bishop, G. T., «On a problem of Production Scheduling», **Operations Research**, Vol. 5, 1957.
- Bock, R. H., and Holstein, N. K., **Production Planning and Control** (2. baskı) Charles E. Merrill Books Inc. Columbus, Ohio, 1964.
- Bowman, E. H., «Production Scheduling by the Transportation Method of Linear Programming». **Operations Research**, Vol. 4, No. 1, Şubat 1956.
- Buffa, E. S., **Modern Production Management**, (3. baskı), John Wiley and Sons Inc., New York, 1968.
- ve Miller G. J., **Production - Inventory Systems : Planning and Control**, Richard D. Irvin, Inc., Ontario, 1979.
- Dilworth, J. B., **Production and Operations Management : Manufacturing and Nonmanufacturing**, Random House, 1979.
- Hansman, F., ve Hess, S. W., «A Linear Programing Aproach to Production and Employment Scheduling», **Management Technology** 1, Ocak 1960.
- Holt, C. C., Modigliani, F., Muth, J. F., ve Simon, H. A., «A Linear Decision Rule for Production and Employment Scheduling», **Management Science**, Vol. 2, No. 2, Ekim 1955.
- Johnson, A. R., Newell, T. W., ve Vergin, C. R., **Operation Management : A System Concept**, Houghton Mifflin Boston, 1972.
- Jones, C. H., «Parametric Planning», **Management Science**, Vol. 13, No. 11, Temmuz 1967.
- Krick, E. V., **Methods Engineering**, John Wiley Inc., New York 1962.
- McGarrah, R. E., **Production and Logistics Management : Text and Cases**, John Wiley, New York, 1963.
- Plossl, G. W., ve Weight, O. W., **Production and Inventory Control : Principles and Techniques**, Prentice - Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1967.
- Turban, E., ve Meredith, J. R., **Fundamentals of Management Science**, Business Publications Inc. Texad, 1977.