

**ÜRETİM İŞLETMELERİNDE
ANA ÜRETİM PLANLAMASINDA
HİYERARŞİK PROGRAMLAMA VE
BİR UYGULAMA DENEMESİ**

Ali ÖZDEMİR
(Yüksek Lisans Tezi)

Eskişehir, 2000

**ÜRETİM İŞLETMELERİNDE ANA ÜRETİM
PLANLAMASINDA HİYERARŞİK PROGRAMLAMA VE
BİR UYGULAMA DENEMESİ**

Ali ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İşletme Anabilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç.Dr.Mahmut ATLAS

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Eylül-2000

YÜKSEK LİSANS TEZ ÖZÜ**ÜRETİM İŞLETMELERİNDE ANA ÜRETİM PLANLAMASINDA
HİYERARŞİK PROGRAMLAMA VE BİR UYGULAMA DENEMESİ****Ali ÖZDEMİR****İşletme Anabilim Dalı****Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eylül-2000****Danışman: Yrd.Doç.Dr.Mahmut ATLAS**

Üretim planlaması, yöneylem araştırması, tekniklerinin geniş bir uygulama alanı olmaktadır. Yöneylem araştırmasının ilk ortaya çıkışından beri üretim planlamasıyla ilgili birçok model ortaya konulmuştur.

Bu çalışma hiyerarşik üretim planlaması çatısında bir ana üretim planı sunmaktadır. İlk bölümde üretim planlaması ve kontrol sistemi anlatılmıştır. İkinci bölümde ana üretim planlamasında kullanılan modeller açıklanmaya çalışılmıştır. Bu bölümde hiyerarşik üretim planlaması etraflıca açıklanmıştır.

Son bölümde bir üretim tesisi için hiyerarşik üretim planlaması önerilmiştir. Önerilen bu üretim planı bir yöneylem araştırması hazır programıyla çözümlenerek fazla mesai maliyeti ile işlem-arası-stoğu maliyetini minimize eden haftalık üretim miktarı hesaplanmaktadır.

ABSTRACT

Production planning is one of the major fields of application of operations research. From the very beginning of operations research, many models have been introduced dealing with production planning.

This study presents an aggregate production planning model with a hierarchical production planning framework. In the first section, the production planning and control systems described. At the following section, the models used in aggregate production planning explained. In this section the hierarchical production planning technique is defined in detail.

At the last section, a model of hierarchical production planning is introduced for application in a manufacturing plant. Model is solved by an operations research software. The production quantity for weeks determined with minimum overtime cost and inventory carrying cost.

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Ali ÖZDEMİR'in "Üretim İşletmelerinde Ana Üretim Planlamasında Hiyerarşik Programlama ve Bir Uygulama Denemesi" başlıklı tezi 12 Eylül 2000 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca, İşletme (Sayısal Yöntemler) Anabilim Dalında, yüksek lisans tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

İmza

Üye (Tez Danışmanı) : Yrd.Doç.Dr.Mahmut ATLAS

Üye : Prof.Dr.İlyas ŞIKLAR

Üye : Yrd.Doç.Dr.N.Kemal ERDOĞAN

Prof.Dr. Enver ÖZKALP
Anadolu Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü

İÇİNDEKİLER

| | |
|---------------------------------|-----|
| ÖZ | ii |
| ABSTRACT | iii |
| JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI | iv |
| ÖZGEÇMİŞ | v |
| TABLolar LİSTESİ | x |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | xi |
| GİRİŞ | 1 |

BİRİNCİ BÖLÜM

ÜRETİM PLANLAMASI VE KONTROLÜ

| | |
|---|----|
| 1. ÜRETİM PLANLAMASININ KAPSAMI | 3 |
| 1.1. Stratejik Planlama | 6 |
| 1.2. Üretim Planlaması | 6 |
| 1.3. Ana Üretim Çizelgelemesi | 7 |
| 1.4. Malzeme Gereksinim Planlaması | 8 |
| 1.5. Ayrıntılı Planlama (Çizelgeleme) | 8 |
| 2. ÜRETİM PLANLAMASININ AMAÇLARI | 10 |
| 3. ÜRETİM PLANLAMASININ ÖZELLİKLERİ | 12 |
| 4. ÜRETİM KONTROLÜ | 13 |
| 5. ÜRETİM PLANLAMASI VE KONTROLÜNÜN İŞLETME İÇERİSİNDEKİ YERİ | 14 |
| 6. ÜRETİM PLANLAMASI VE KONTROLÜ FONKSİYONUNUN İŞLETMENİN DİĞER FONKSİYONLARI İLE İLİŞKİSİ | 15 |
| 7. ÜRETİM PLANLAMASI VE KONTROL SİSTEMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER | 16 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 7.1. Üretim Sistemleri | 17 |
| 7.2. İşletmenin Büyüklüğü | 19 |
| 7.3. Endüstrinin Tipi | 20 |

İKİNCİ BÖLÜM

ANA ÜRETİM PLANLANMASI

| | |
|---|----|
| 1. ANA ÜRETİM PLANLAMASININ KAPSAMI | 21 |
| 2. ANA ÜRETİM PLANLAMASININ YÖNETİM BİRİMLERİYLE İLİŞKİSİ | 23 |
| 3. ANA ÜRETİM PLANLAMASININ AŞAMALARI | 24 |
| 3.1. Ana Talep Tahminin Hazırlanması | 25 |
| 3.2. Kapasite Kullanımı Düzenleyici Politikaların Belirlenmesi | 25 |
| 3.3. Uygulanabilir Üretim Seçeneklerinin Belirlenmesi | 26 |
| 3.3.1. Stok Düzeylerini Değiştirmek | 27 |
| 3.3.2. İşe Alma ya da Çıkarma Yoluyla İşgücü Büyüklüğünü Değiştirmek | 27 |
| 3.3.3. Fazla Mesai ya da Aylak Zaman Yolu İle Üretim Hızını Değiştirme | 27 |
| 3.4. Optimal Üretim Stratejisinin Bulunması | 28 |
| 4. ANA ÜRETİM PLANLAMASINA İLİŞKİN MALİYETLER | 28 |
| 4.1. Sabit Maliyetler | 29 |
| 4.2. Değişken Maliyetler | 29 |
| 4.3. Elemanı İşe Almanın Maliyeti | 29 |
| 4.4. Elemanı İşten Çıkarma Maliyeti | 30 |

| | |
|---|-----------|
| 4.5. Telafi ya da Sonradan Teslim Sipariş Maliyeti | 30 |
| 4.6. Stok Bulundurma Maliyeti | 30 |
| 4.7. Taşeron Kullanma Maliyeti | 30 |
| 5. ANA ÜRETİM PLANLAMASINDA MATEMATİKSEL MODELLER | 30 |
| 5.1. Optimum Çözüm Veren Teknikler | 32 |
| 5.1.1. Doğrusal Programlama Modeli | 32 |
| 5.1.1.1. İşgücünün Sabit Olduğu Modelin Formülasyonu | 34 |
| 5.1.1.2. İşgücünün Değişken Olduğu Modelin Formülasyonu | 36 |
| 5.1.2. Amaç Programlama | 39 |
| 5.1.3. Doğrusal Karar Kuralı (Linear Decision Rule) | 43 |
| 5.2. Sezgisel (Optimuma Yakın Çözüm Veren) Teknikler . | 43 |
| 5.2.1. Arama Karar Kuralı (Search Decision Rule) . | 45 |
| 5.2.2. Benzetim Yaklaşımı | 45 |
| 5.3. Uygun Çözüm Veren Yöntemler | 46 |
| 5.3.1. Grafik Tekniği | 46 |
| 6. HİYERARŞİK ÜRETİM PLANLAMASI (HIERARCHICAL PRODUCTION PLANNING) | 47 |
| 6.1. Bütünleşik ve Ayrıntılı Çizelgelemenin Birlikte Ele Alınması | 52 |

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BİR EMAYE VE DÖKÜM İŞLETMESİNDE HİYERARŞİK ÜRETİM PROGRAMLAMA UYGULAMA DENEMESİ

| | |
|---|----|
| 1. UYGULAMA YAPILAN İŞLETMENİN TANITIMI . . . | 59 |
| 2. Q MODELİNİN KURULMASI | 61 |
| 3. Q MODELİNİN ÇÖZÜLMESİ | 65 |
| 4. ÇÖZÜM SONUÇLARI | 67 |
| | |
| SONUÇ | 68 |
| | |
| EKLER | 69 |
| | |
| KAYNAKÇA | 85 |

TABLÖLAR LİSTESİ

| | |
|--|-----------|
| Tablo 1: Genel Doğrusal Programlamaya Dayanan Çözüm Teknikleri | 33 |
| Tablo 2: Hedeflerin Eşitlik Haline Getirilmesi ve İstenmeyen Sapma Değişkenleri | 43 |

SEKİLLER LİSTESİ

| | |
|--|----|
| Şekil 1: Üretim Sürecinin Genel Biçimi | 4 |
| Şekil 2: Üretim Planlama Süreci Seviyeleri | 6 |
| Şekil 3: Üretim Planlama ve Kontrol Sistemi | 7 |
| Şekil 4: Üretim Planlaması Fonksiyonu | 9 |
| Şekil 5: Üretim Planlaması ve Kontrolü Birimi Organizasyon Şeması | 15 |
| Şekil 6: Üretim Planlama Süreci Girdi-Çıktı İlişkisi | 22 |
| Şekil 7: Ana Üretim Planlamasına Fonksiyonel Bölümlerden Sağlanan Yönetsel Girdiler | 24 |
| Şekil 8: Hiyerarşik Üretim Planlama Şeması | 50 |
| Şekil 9: Hiyerarşik Planlama Süreci İşleyişi | 53 |
| Şekil 10: Üretim Akışı | 60 |

GİRİŞ

İşletmelerin verimli bir şekilde üretim faaliyetlerinde bulunması için üretim faktörlerinin iyi bir plana göre kullanılması zorunlu olmaktadır. Üretim olanaklarına göre hangi ürünün ne zaman ve ne miktarda ne tip bir üretim sistemiyle imal edileceği saptanmalıdır. Üretimle ilgili bütün bu işlemlerin işletmede düzenli olarak yürütülmesi üretim planlamasıyla mümkün olmaktadır.

Son yıllarda ekonomik rekabetin artması işletmeleri, üretimde en yüksek verimliliği yakalama amacına itmektedir. Üretimde en yüksek verimlilik ise istenilen miktarda ürünü, istenilen zamanda ve kalitede en düşük maliyetlerle üretmekle sağlanabilir (Acar, 1989).

Genel olarak üretim planlama ve kontrol sistemi, üretimde verimlilik hedefine ulaşmak için üretim faaliyetlerinin koordinasyonunu sağlayan bir araçtır. Hiyerarşik üretim planlaması modeli Hax ve Meal tarafından 1975 yılında geliştirilmiştir. İzleyen yıllarda Hax ve Golovin (1978), Bitran, Haas ve Hax (1981, 1982)'ın çalışmalarına, kaynaklarda rastlanılmaktadır. Hiyerarşik üretim planlaması, üretim planlaması problemini alt problemlere ayırmakta ve bu alt problemleri uygun matematiksel modellerle çözmektedir. Hiyerarşik üretim planlaması imalat sisteminin yapısıyla ilişkili olması nedeniyle, tüm üretim sistemleri için standart bir model sunamamaktadır.

Bu çalışmada, işletme için çok önemli olan üretim planlaması ve kontrolü faaliyetlerinden üretim planlamasının, hiyerarşik üretim planlaması yaklaşımı ile planlamanın bir uygulama denemesi yapılmaya çalışılmaktadır.

Birinci bölümde üretim planlaması ve kontrolünün ne anlama geldiği, amaçları, özellikleri, işletme örgütündeki yeri ve planlama ve kontrol sürecini etkileyen faktörler anlatılmaya çalışılmıştır.

Ana üretim planlaması ve ana üretim planlamasında kullanılan planlama teknikleri ikinci bölümde açıklanmaya çalışılmıştır. Yine bu bölümde uygulamada kullanılacak model sunulmuştur.

Uygulamanın yapıldığı üçüncü bölümde ise önce uygulama yapılan işletme tanıtılmaya çalışılmıştır. Daha sonra üretimin planlanması için önerilen model, işletmeden elde edilen verilerden yararlanılarak kurulmuş ve yöneylem araştırması paket programı Lindo ile çözülmüş ve sonuçlar yorumlanmaya çalışılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ÜRETİM PLANLAMASI VE KONTROLÜ

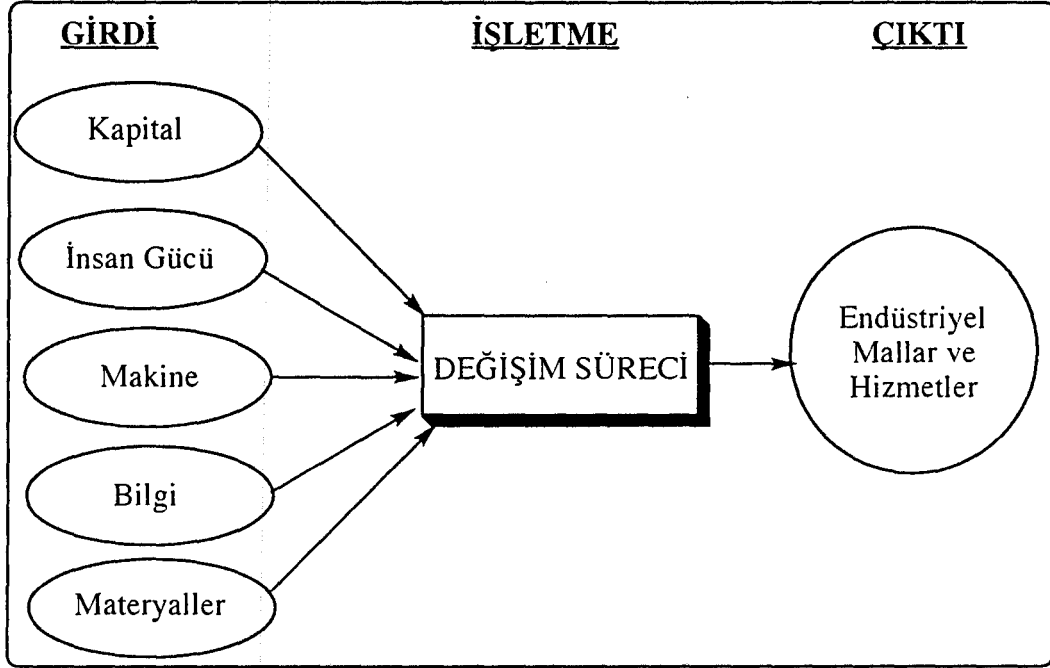
Günümüzde işletme yönetiminde planlamanın önemi giderek artmaktadır. Plan, işletmelerin amacına erişebilmesi için ne gibi işlerin yapılacağını, bunların nasıl, ne zaman ve ne biçimde yapılması gerektiğini gösteren bir tasarıdır (Tütek, Gümüšođlu, 1994). Kısaca planlama; gelecekte yapılacak işleri, tercih edilecek yolları ve davranış biçimlerini önceden belirlemektir.

1. ÜRETİM PLANLAMASININ KAPSAMI

İşletmelerin ana amacı, kıt kaynakların işletme amacına uygun olarak en verimli bir biçimde kullanılmasının sağlanmasıdır. Genellikle üretim, bir fiziksel varlık üzerinde, insan, materyal, donatım gibi öğelerin kullanılarak onun değerini artırıcı bir değişiklik yapmak veya hammadde ve yarı mamulleri mamule dönüştürmek olarak düşünülür (Demir, 1988). Ekonomide, her türlü fayda yaratmaya, faydalı mal ve hizmetler ortaya koymaya 'üretim' adı verilmektedir (Acar, 1989). Buradan anlaşılacağı gibi üretim; sadece fiziksel üretimi değil, girdilerin fiziksel durumunda bir değişimin söz konusu olmadığı ancak yine de topluma bir değer yaratıldığı, hizmet üreten sistemleri de (eğitim, ulaşım, vb.) kapsamaktadır. Mal ve hizmet üretim sisteminde, işletmeler ulaşmak istedikleri amaç için, kıt kaynakları verimli bir biçimde kullanmaya çalışmalıdır. Üretim sürecinde kullanılabilen kıt kaynakları başlıklar halinde aşağıdaki gibi gruplayabiliriz.

- i) Bilgi
- ii) İnsan Gücü
- iii) Makine
- iv) Sermaye
- v) Materyaller

Üretim süreci örgütlerde mevcut kaynakların ürün haline dönüştürülmesi sürecidir. Bu bir kombinasyon işlemidir ve söz konusu kombinasyonda var olan bütün üretim öğeleri satışa hazır hale getirilmek üzere birleştirilir. Bu süreç genel olarak Şekil 1'deki gibi gösterilebilir (Demir ve Gümüsoğlu, 1998).



Şekil 1: Üretim Sürecinin Genel Biçimi

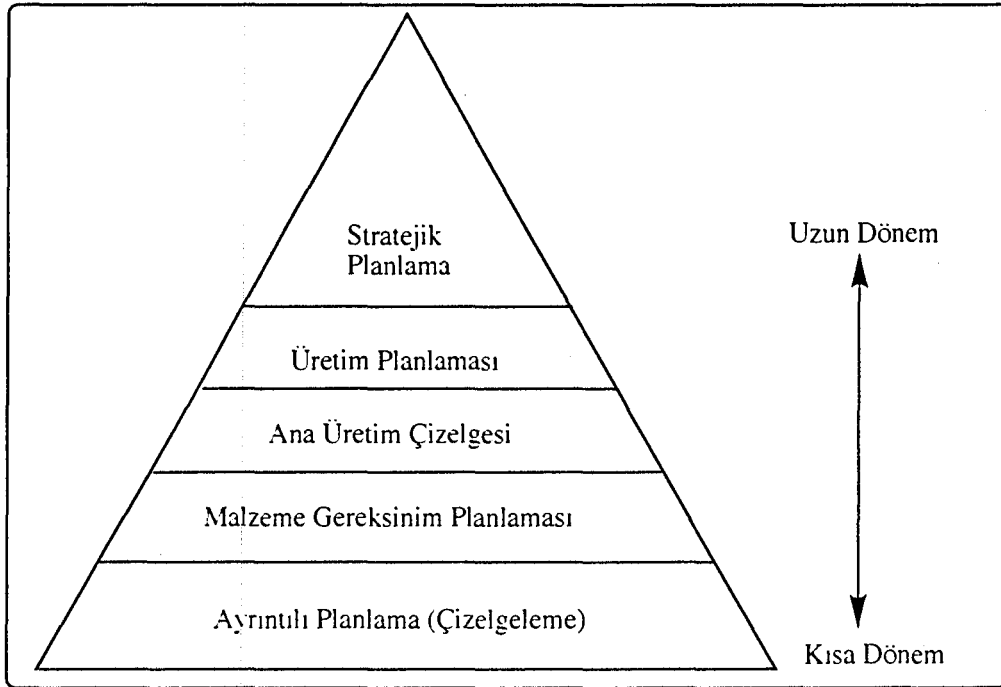
Üretimde kaynakların kıt olması bunların en ekonomik bir biçimde kullanılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bir işletmenin sahip olduğu kaynaklarının, belirli bir mamulü istenilen kalitede, istenilen zamanda ve mümkünse en düşük maliyette üretimini sağlayacak biçimde bir araya getirmesi işine genel olarak üretim yönetimi denir (Demir, 1988). Üretim yönetimi, üretim sürecini ilgilendiren tüm kararların alınması ile ilgilidir. Üretim planlaması ve kontrolü birbiriyle çok sıkı ilişki içerisinde olan üretim yönetimi faaliyetleridir.

Üretim işletmeleri oldukça dinamik bir ortamda çalışmalarını sürdürürler. Bu nedenle ileriye dönük çalışmaların önceden tasarlanması, seçeneklerin belirlenmesi, karşılaşılabilecek olası sonuçların neler olabileceğinin önceden tahmin edilmesi gerekir.

Üretim planlaması, gelecekte istenen nitelik ve nicelikte ürünlerin üretilmesi konusunda karar almada yardımcı olur.

Üretim planlaması işlemi, hangi ürünün üretileceğini belirlemek, teçhizat ihtiyacını ortaya koymak ve ürünlerin doğru sayıda istenilen zamanda ve arzu edilen kalite düzeyinde yapılmasını sağlayacak çizelgeleri hazırlamak için kullanılır (Demir ve Gümüšođlu, 1998). Üretim planları hedeflenen zamanda, tahmini talebi ve müşteri siparişlerini karşılayacak insan gücü, teçhizat ve makine ihtiyaçlarını belirler. İşletmenin gelecekte üreteceği ürün ya da ürünler için gerekli olan kaynakların belirlenmesi, izlenmesi gereken üretim politikalarının önceden saptanması olmaktadır. Üretim planları küçük ayrıntılara boğulmadan kaynakları dağıtma imkanını verir. Üretim planlaması işletmeler için, üst yönetimden, imalata anahtar iletişim bağlantıları sağlar. Fiyat, kalite, zaman, işletmenin içinde bulunduğu finansal durum, ürünlerin niteliğinden doğan sınırlamalar, taleplerdeki değişkenlik gibi kısıtlar, üretime geçilmeden önce üretim faaliyetlerinin planlanmasını gerekli kılar. İşletme yöneticileri planlama faaliyetlerine başlamadan önce gelecekte yapılacak üretim işleminin sonucunda elde edilecek ürünün veya ürünlerin piyasadaki durumunu tahmin yöntemleri kullanarak önceden saptamaya çalışır. Bu tahminlerin elde edilmesinden sonra planlama işlemine geçilmektedir.

Üretim tahminlerinin kullanılmasıyla meydana getirilen planlar süre bakımında çeşitli seviyelere ayrılmaktadır (Vollmann, Berry, Whybark, 1997). Planlama süreci seviyeleri uzun dönemden kısa döneme doğru Şekil 2'deki gibi ifade edilebilir (Tersine, 1985). Planlama dönemi ile ihtiyaç duyulan bilgi arasında ters yönde bir ilişki vardır. Planlama dönemi kısaldıkça daha ayrıntılı bilgiye ihtiyaç duyulurken, planlama dönemi uzadıkça daha az ayrıntılı bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır (Kostas, 1981).



Şekil 2: Üretim Planlama Süreci Seviyeleri

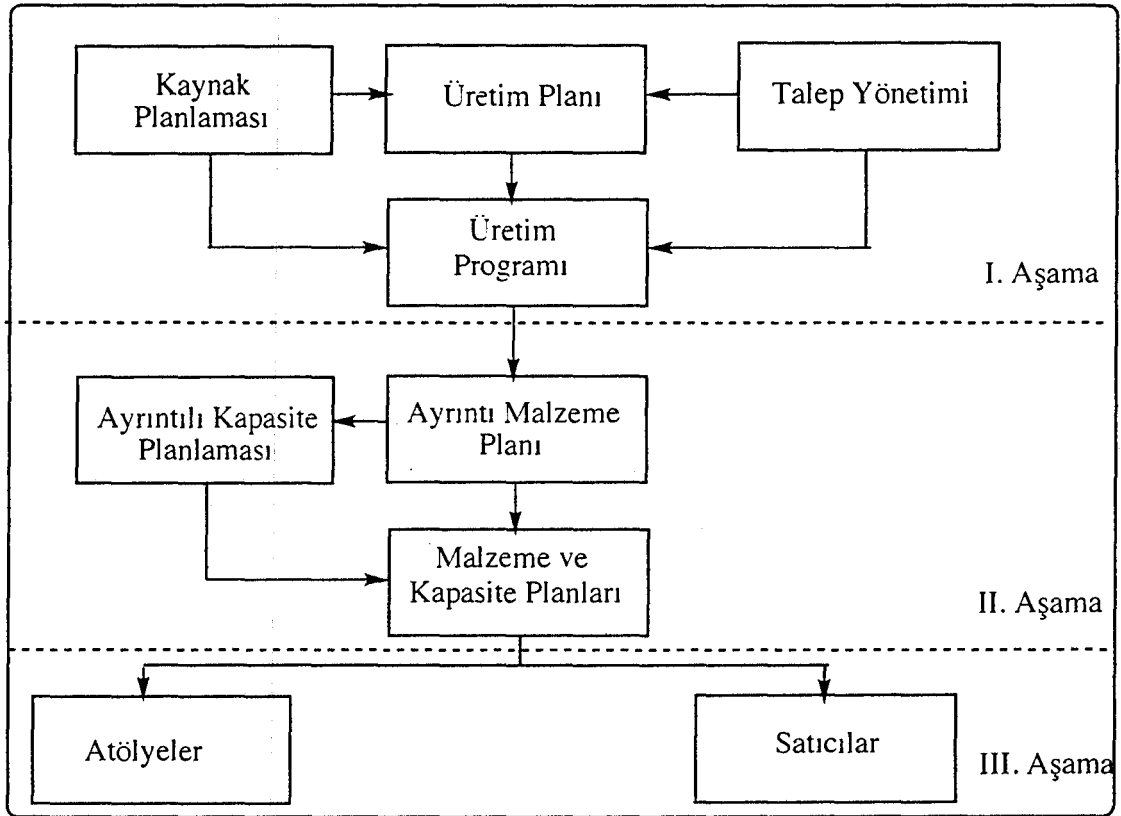
1.1. Stratejik Planlama

Bu planlama sürecinde uzun dönemde işletmenin hedeflerinin saptanmasıdır. Stratejik planlama, işletmenin olanakları ile içinde bulunduğu ekonomik ve politik çevrede bu hedeflere nasıl ulaşılabileceği ifade etmektedir. Stratejik planlama üretim şeklinin belirlenmesi, tesislerin, ambarların, üretim birimlerinin yerleştirilmesi, dağıtım kanallarının seçilmesi, üretim ve depo kapasitelerinin belirlenmesi gibi kararları içerir. Ayrıca pazar araştırması, uzun dönemli tahminler ve kaynak planlaması gibi ön çalışmaları gerektirir. Bu tip kararlar bir ile beş yıllık planlama dönemini kapsar (Tersine, 1985).

1.2. Üretim Planlaması

İşletmenin genel politikası ve kaynak kısıtları çerçevesinde, üretilecek ürün (adet, ton...), kullanılacak kaynaklar, hammadde (ton...), makine (adam-saat), teçhizat (makine-saat) ve işgücü belirlenir. Şekil 3 üretim planlaması ve kontrol sistemi

içerisinde üretim planının diğer faaliyetlerle ilişkisi gösterilmektedir (Vollmann, Berry, Whybark, 1997). İşletmenin üretim sisteminde üretilecek ürün miktarı, talep tahmin bilgileri ve mevcut üretim kaynakları göz önünde bulundurularak saptanır. Öncelikle üretilecek ürüne olan talep uygun talep tahmin teknikleri kullanılarak ve müşteri siparişleri dikkate alınarak belirlenir. Üretilecek ürün miktarı işletmenin sahip olduğu mevcut kaynaklar; malzeme, işgücü, makine, teçhizat ve fazla mesai, dikkate alınarak saptanır.



Şekil 3: Üretim Planlama ve Kontrol Sistemi

1.3. Ana Üretim Çizelgesi

Ana üretim programlaması olarak da isimlendirilen bu süreç; üretim planlamasının üç aylık veya daha uzun süreler için ayrıntılandırılması işidir. Ana üretim çizelgesi, çizelgelenen dönemde tüm ürün çeşidinin üretim akışı içerisindeki taleplerini gösterir. Ana üretim planı üst yönetime yol gösterirken, ana program elverişli kapasiteye göre iş yüklerinin dağıtımını yapar ve bu niteliği ile orta ve üst kademe yöneticisine yol gösterici olur (Stevenson, 1996).

1.4. Malzeme Gereksinim Planlaması

Malzeme gereksinim planlaması, bilgisayar tabanlı üretim planlaması ve stok kontrol sistemidir (Tersine, 1985). MRP (Material Requirements Planning) hem üretim çizelgelemesi hem de stok kontrolü ile ilgilenir. Üretim programında üretilecek ürünler için tüm hammadde ve parça ihtiyacını belirleyerek, kusursuz bir çizelgeleme sistemi sağlar. Ayrıca etkin bir malzeme kontrol sistemi ve değişimler sonucu bir işlemin tekrar planlanması, çizelgelenmesi için bilgi sağlar. Malzeme gereksinim planlamasının ana amaçları şöyle sıralanabilir (Aslan, 1985).

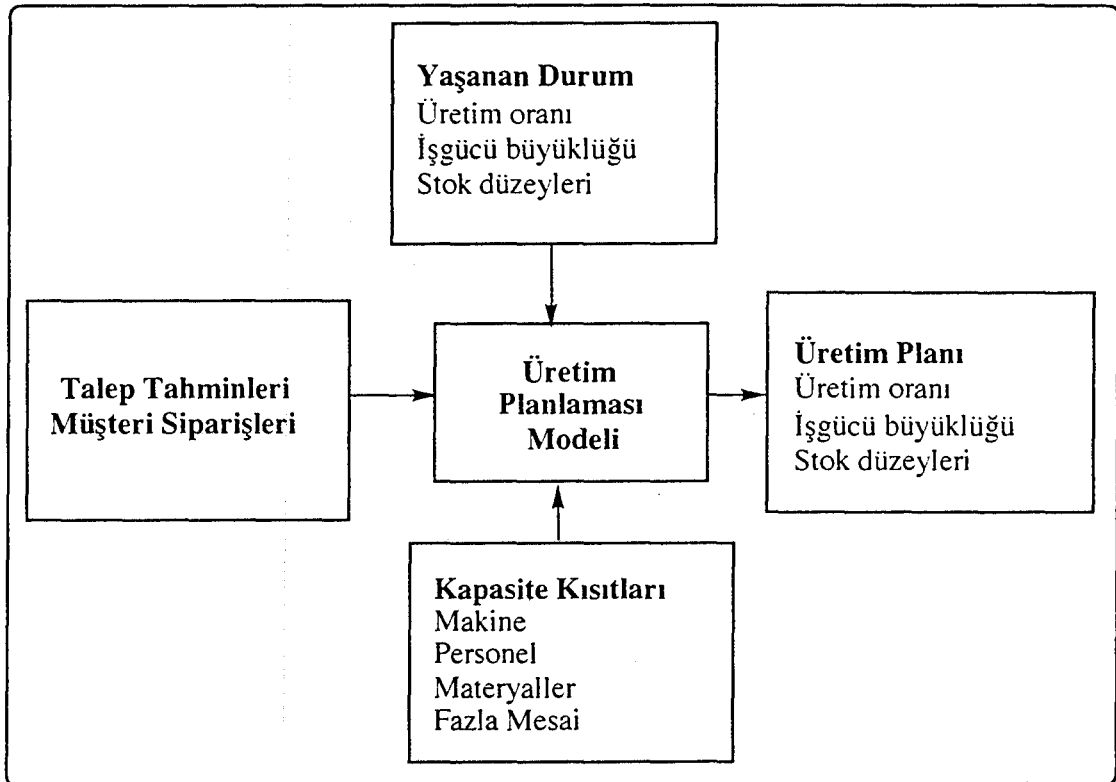
- Planlanan üretim için malzemelerin, parçaların ve dolayısıyla ürünlerin elverişliliğini sağlamak,
- Olası en küçük stok düzeyini sağlamak,
- Satınalma, imalat ve teslim programlarını planlamak.

1.5. Ayrıntılı Planlama (Çizelgeleme)

Ayrıntılı planlama, ana üretim planlamasının tespit ettiği temel üretim politikaları çerçevesinde yapılacak işlerin sırasını, ve bu işlere ayrılacak kaynak miktarlarını belirler. Üretim programında üç aylık ve daha uzun planlama dönemi göz önünde bulundurularak orta dönemli kararlar verilirken ayrıntılı planlama, kısa dönemli planlama olarak kabul edilir. Kısa dönemde daha çok atölye temelinde planlar yapılır. Ayrıntılı planlama süresinde üretim çizelgeleri ve iş programları bir iki hafta için hazırlanır. Ana üretim planlamasında sadece matematiksel modelin kurulması yeterli değildir Ana üretim planı geliştirildikten sonra ilgili planların başarılı olması için bu modeli besleyecek ve planlama süreci boyunca model parametre değerlerini yenileyecek bir bilişim sistemine ihtiyaç duyulur. (Acar, 1989)

Teknolojinin hızlı gelişmesi, üretim faaliyetlerinin karmaşıklığı, üretim kaynaklarının ekonomik olarak kullanılma zorunluluğu, işletmelerin birbirlerinden tam

bağımsız olarak faaliyet gösterememeleri vb. sebeplerden dolayı üretim planlama her işletme için hayati önem taşımaktadır. İyi bir üretim planı işletme politikası ile tutarlı bir şekilde, talep gereksinmelerini karşılar, kapasite kısıtlarını sağlar ve maliyeti minimize eder. Üretim planlaması fonksiyonu, genel olarak Şekil 4'deki gibi ifade edilebilir (Tersine, 1985).



Şekil 4: Üretim Planlaması Fonksiyonu

Bir üretim planının hazırlanmasında izlenecek aşamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Gavett, 1968).

- Üretim planının kapsayacağı zaman aralığının saptanması.
- Ekonomik stok düzeyinin bulunması.
- Satış tahminlerinin yapılması. Ayrıca satışların oranını önemli derecede etkileyebilecek kampanyaların tüm planlama dönemi boyunca göz önünde tutulması.

- Planlama döneminin başında ürünlerin toplam stoğunun belirlenmesi.
- Planlama döneminin sonundaki stok düzeyinin belirlenmesi.
- Planlama döneminde, başlangıç ve dönem sonu stok düzeyleri arasındaki farkın hesaplanması.
- Planlama döneminde üretilmesi gereken ürün miktarının hesaplanması.
- Üretilmesi gereken ürün miktarının dönemlere dağıtılması (Bu adımda resmi tatiller, üretim oranının değiştirilmesi gibi etkenler dikkate alınmaktadır)

2. ÜRETİM PLANLAMASININ AMAÇLARI

Üretimi en uygun bir biçimde hazır duruma getirecek faktörlerin faaliyete geçirilmesi bir üretim planlaması gerekir. Üretim planları başlıca iki amaç için hazırlanır ve kullanılırlar. Bunlardan birincisi öngörülen maliyetler, üretim politikası, işgücü düzeyinin korunması, finansman ve müşteri servisi gereksinmelerini karşılamak üzere planlama, ikincisi ise işletmenin temel politikasını ortaya koymak ve yöneticiye yol göstermesi için hazırlanan planlar (Aslan, 1985). Bu amaçların gerçekleştirilmesinde karşılaşılan güçlük, amaçların birbirleriyle çelişkili olmasından kaynaklanmaktadır. İşletme müşterilerine en yüksek düzeyde hizmet sağlamak istediğinde, değişken müşteri taleplerini zamanında karşılayabilmek için fazla miktarda stok yapmak durumunda kalabilir. Bu ise işletmenin stoklara en düşük düzeyde yatırım yapma amacına ters düşmektedir. İşletme yönetiminin hedefi, birbirleriyle ters düşebilen bu amaçları en uygun bir şekilde gerçekleştirmek olmaktadır. Bir işletmede üretim faaliyetleri planlanırken genelde altı amaç göz önünde bulundurulur (Krajewski and Ritzman, 1996).

- Maliyetin Enküçüklenmesi / Kârın Enbüyüklenmesi Eğer müşteri talebi plan tarafından etkilenmiyorsa maliyetin enküçüklenmesi karı maksimize edecektir.

- Müşteri Hizmetlerinin Eniyilenmesi: Sipariş teslim sürelerinin geliştirilmesi ve tam zamanında teslim fazladan işgücü, makine kapasitesi gerektirebilir.
- Üretim Oranındaki Değişmelerin Minimizasyonu: Üretim oranındaki sık değişimler materyellerin temini ve üretim bandının tekrar dengelenmesinde güçlükler sebebe olabilir.
- İşgücü Düzeylerinde Değişimin Minimize Edilmesi: Değişken işgücü düzeyleri yeni alınacakların tamamen verimli olmaları için süre gerekeceğinden, daha düşük verimliliğe neden olabilir.
- Fabrika ve Materyellerin Kullanımının Maksimize Edilmesi : Üretime odaklı firmalar için fabrika ve materyellerden sürekli yüksek kullanım gerekmektedir.

Bu farklı amaçların kabul edilebilir bir üretim planlamasında toplanabilmesi için üretim planı hazırlamadan önce çeşitli alternatifleri göz önünde bulundurmaya gerektirir.

Karar vericiler, üretim planlaması yaparken, bir çok sayısal teknikten yararlanırlar. Genel olarak üretim planlaması yapabilmek için aşağıdaki temel bilgilere ihtiyaç vardır (Stevenson, 1996):

- i) Her bir dönem için talebin belirlenmesi,
- ii) Her bir dönem için kapasitelerin (Normal çalışma süresi, fazla çalışma süresi) belirlenmesi,
- iii) İşletme ve bölüm politikalarının (emniyet stoğu oranının belirlenmesi, makul bir işgücü düzeyinin korunması) tespit edilmesi,

- iv) Normal çalışma, fazla çalışma, stokta tutma ve diğer, konu ile ilgili birim başına maliyetlerin belirlenmesi,
- v) Alternatif planların geliştirilmesi ve her biri için maliyetlerin hesaplanması,
- vi) Yeterli derecede iyi planlar ortaya çıktıysa amaçları en iyi biçimde doyuranlar seçilir aksi halde beşinci adıma geri dönülür.

3. ÜRETİM PLANLAMASININ ÖZELLİKLERİ

Sağlıklı bir üretim planı yapılırken, matematiksel modeller önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Matematiksel modellerin üretim planlamasında uygulanması, ilk defa 1940'lı yıllarda ortaya çıkmış ve onu takip eden yıllarda gelişerek devam etmiştir (Kistner and Switalski, 1989).

Üretim planlama işlevi ileriye dönük bir çalışma olduğundan satış tahminlerine dayanmaktadır. Satış tahminleri gelecekte umulan üretim hacmini verir. Eğer ürünün talebinde mevsimlik dalgalanmalar var ise stok düzeylerinin minimum seviyede tutulabilmesi için, satışların bilinmesi gerekir. Bunun yanı sıra uzun dönem planlaması, işletmenin genişletilmesi, yeni tesislerin kurulması, yeni teknoloji ile donatılmış makinelerin alınması gibi uzun dönemde alınması gereken kararlara temel oluşturmaktadır.

Geleceğe yönelik, tahminlerin birebir gerçekleşmesi genellikle imkansızdır. Bu sebeple hazırlanacak üretim planı, olası değişikliklere uyum gösterebilecek nitelikte olmalıdır. Üretim planlamasının bu özelliği, değişen koşullara uyacak yeni üretim planları yapmak yerine, uygulanmakta olan planda düzeltmeler yapılmasına olanak verecek ve planın her zaman uygulanabilir olmasını mümkün kılacaktır (Gülerman, 1971).

Planlamada, karar vericilerin gözden kaçırmaması gereken bir diğer unsurda süre uzadıkça geleceğe ait tahminlerin isabet derecelerinin azalmasıdır. Bunun için üretim planlarının uygulanacağı süre çok uzun tutulmamalıdır.

4. ÜRETİM KONTROLÜ

Üretim kontrolü bir üretim esnasında yapılan bir işlemdir. İşlem önceden belirlenmiş üretim planı ya da politikasının uygulanmasını, planlanmış hedeflerin ve programların gerçekleşmesini sağlamak için üretimin tüm yönlerinin kontrolünü kapsamaktadır (Demir ve Gümüšoğlu, 1998). Üretim kontrolü fonksiyonu, üretim planlamasından sonra işlerlik kazanmakta, üretim sırası ve sonrası aşamaları kapsamaktadır.

Üretim planlama ve kontrolünün hedefi, kaynak kayıplarını, en aza indirmek ve üretimde en yüksek verimliliği (İstenilen ürünü, istenilen zaman ve kalitede, en iyi ve ucuz yöntemlerle üretmek) sağlamaktır (Tersine, 1985).

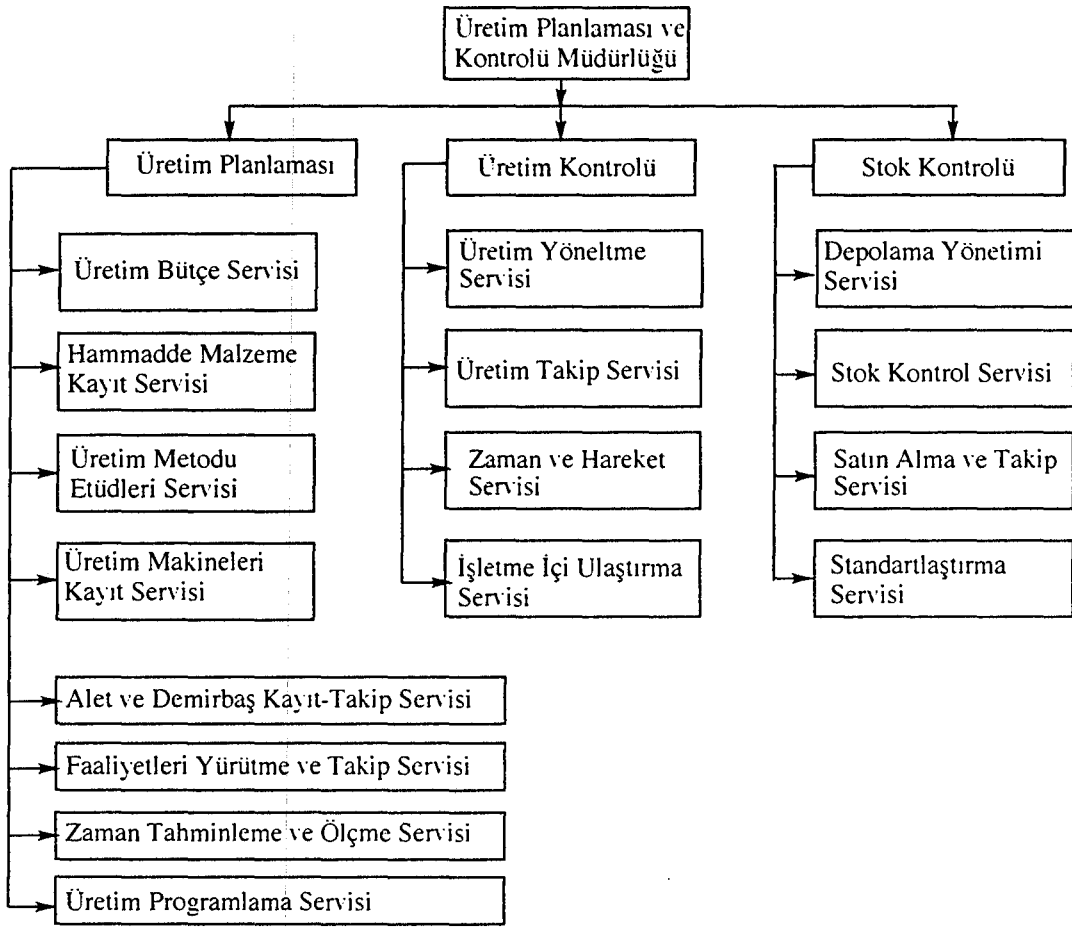
Hazırlanan planlar üretim sırasında varılmak istenen hedefler göz önünde tutularak denetlenir. Ortaya çıkabilecek aksaklıkları önleme ve üretim planı için bilgi sağlama açısından kontrol işlemi işletme için önemli bir faaliyet olmaktadır. Üretim kontrolü işleminin elemanlarını beş gruba toplamak mümkündür.

- İşlemleri başlatma,
- Görevlerin akışını kaydetme,
- Üretim sürecinin plan ve programlarla kıyaslanması,
- Hedeflere olabildiğince yaklaşabilmek için kontrol yapılması, gerektiğinde planlarda değişiklik yapılması veya görevlerin yeniden düzenlenmesi,
- Gelecekteki üretim planlaması ve üretim kontrolünü gerçekleştirmek amacı ile gerekli bilgilerin sağlanması için tamamlanmış üretim sonucunun analiz edilmesi.

Üretim kontrolü işlemleri birbirinin tamamlayıcısı durumundadır ve bir bütün olarak düşünölmeleri gerekmektedir. Kontrol işlemleri elemanlarından ilk üçü kontrol elemanı; i. emirlerin verilmesi, gözlemleme, çözümlenme ve düzeltici elemanlar, ii. bilgi toplama, iii. izleme ve kıyaslama işlemleridir. Üretim sırasında gerçekleştirilen faaliyetlerin kaydedilmesi haftalık çıktı çizelgeleri, Gantt şemaları ve görsel çizelgeler kullanılarak sağlanabilmektedir. Bu işlemler sayesinde istenilen kalitede ve zamanda, düşük maliyetli bir üretim yapma imkanı sağlanabilmektedir.

5. ÜRETİM PLANLAMASI VE KONTROLÜNÜN İŞLETME İÇERİSİNDEKİ YERİ

Üretim planlaması, programlaması ve kontrolünün en önemli fonksiyonu, işletmenin kapasitesini mümkün olduğunca verimli bir biçimde kullanmak ve programlamak olmaktadır. Üretim planlaması ve kontrolü, üretim bölümü yöneticilerinin alacakları kararlara temel oluşturmaktadır (Demir ve Gümüšođlu, 1986). Üretim planlaması ve kontrolü zamana ve maliyet giderlerine bağlı olarak müşterilerin istemlerini karşılama amacına uygun olarak yürütölür. Üretim planlaması ve kontrolü biriminin, işletme içinde bütün üretim planlaması ve kontrolü fonksiyonlarını etkin bir düzeyde yürütebilecek ve diğer birimlerle sürekli iletişim içinde olabilecek bir yapıya sahip olması gerekir. Aşağıdaki şekilde genel bir üretim planlaması ve kontrolü birimi organizasyon şeması verilmiştir (Acar, 1989).



Şekil 5: Üretim Planlaması ve Kontrolü Birimi Organizasyon Şeması

Genellikle üretim planlaması ve kontrolü bölümü örgüt içinde iş akışına göre yer almakta ve kuruluşun bünyesine göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu çalışmada, endüstriyel malın, ne kadar hammadde ile, ne zaman ve ne miktarda üretileceği ile ilgilenilmektedir.

6. ÜRETİM PLANLAMASI VE KONTROLÜ FONKSİYONUNUN İŞLETMENİN DİĞER FONKSİYONLARI İLE İLİŞKİSİ

Üretim planlaması ve kontrol sürecinin amaçlarının gerçekleştirilebilmesi için, başta pazarlama ve finans bölümleri olmak üzere işletmede yer alan satış, satın alma, malzeme yönetimi, imalat ve diğer bölümlerin birbirleriyle koordinasyonlu çalışmalarına ihtiyaç vardır. İşletmenin araştırma bölümü gelecekte piyasada

oluşabilecek müşteri taleplerini belirlemeye çalışmaktadır. Satış bölümü müşteri taleplerinin alınması, teslim tarihlerinin saptanması ve bu siparişlerle ilgili bilgileri planlama ve kontrol bölümlerine vermektedir. Planlama ve kontrol bölümü, bu verilerden faydalanarak işletmenin stok, teslim zamanı, fazla mesai gibi konularda izleyeceği politikayı belirlemektedir. Bölümler arasındaki bağlantılar, üretim planlaması ve kontrol sürecini geliştirmesinin, yanında, planlama bölümünün yöneticilerinin, işletmenin diğer bölümlerinin fonksiyonlarını da dikkate alma gereğini ortaya çıkarmaktadır (Stevenson, 1996).

7. ÜRETİM PLANLAMASI VE KONTROL SİSTEMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Üretim planlaması ve kontrolü, pazar koşullarının gereklerini yerine getirmek ve işletme stratejisini desteklemek için tasarlanmaktadır. Etkili bir üretim planlama ve kontrol sistemine sahip bir işletme, kendi pazarında yer alan diğer işletmelere büyük bir rekabet avantajı sağlamaktadır (Vollmann, Berry, Whybark, 1997). Günümüzde pazar koşulları, teknoloji ve rekabet yaptırımları sürekli olarak değişmektedir. Bu yüzden işletme için bugün etkili olan bir üretim planlama ve kontrol sistemi gelecekte etkili olmayabilmektedir. Ayrıca işletmelerin izledikleri politikalar, içinde buldukları sanayi kolunun gerekleri, çalıştırdıkları insangücünün yetenek ve çalışma şekilleri yüzünden, tüm işletmelerde uygulanabilecek standart bir üretim ve kontrol sisteminin geliştirilmesi olanaksızdır. Çünkü işletmelerin bazılarında robot teknolojileri ile çağdaş düzeyde üretimde bulunulurken, bazılarında da ilkel sistemler hala kullanılmaktadır (Silver and Peterson, 1985).

Genel olarak işletme örgütünde üretim planlaması ve kontrolü sisteminin geliştirilmesinde etkili olan faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir.

i) Üretim Sistemleri

ii) İşletmenin Büyüklüğü

iii) Endüstrinin tipi

7.1. Üretim Sistemleri

Hızla değişen teknoloji ve pazar koşulları işletmeleri yeni üretim sistemleri geliştirmeyi zorlamış, bunun sonucu olarak yeni bazı üretim türleri tasarlanmıştır (Şahin, 1998). Üretimin her tipi, yönetimin tüm planlarında ve düzeylerinde kendi taleplerini yaratır (Demir ve Gümüšoğlu, 1998). Üretim sistemlerini sekiz ayrı sınıfta toplamak mümkündür. Bu üretim sistemleri aşağıda açıklanmaya çalışılmıştır.

i. Tek (Proje tipi) tip üretim sistemi : Bir işletmenin veya birden çok işletme grubunun, yalnızca bir tek üretim biriminin tamamını aynı yerde üretmesidir. Bu tür üretime en yaygın örnekler; köprü yapımı, fabrika kurma, baraj inşası, gemi yapımı vb.'dir. Bu üretim sisteminde üretilecek mamul hareket etmez, tüm üretim girdileri üretilecek birim etrafında toplanır. Proje tipi üretimde üretilecek birimin karmaşıklığı, projelerin tasarlanmasında, çok uzun ve kapsamlı araştırma ve plan çalışmalarını gerekli kılar. Proje tipi üretim sistemlerinin planlaması ve kontrolünde Gannt, CPM ve Pert gibi programlama yöntemlerinden faydalanılır. Bu yöntemlerle, projenin en erken, normal veya en geç, ne kadar sürede ve maliyetle tamamlanacağı, projenin hangi üretim faaliyetlerinden oluştuğu, hangi faaliyetin hangi faaliyetten önce ya da sonra yapılması gerektiği gibi konularda karar verilir.

ii. Parti tipi üretim sistemi: Diğer bir adı seri üretim olan bu sistemde, belirli bir mamul türünden bir parti veya bir seri üretildikten sonra, üretim programı değiştirilerek başka bir mamulün üretimine geçilir. Parti tipi üretim sistemini kullanan işletmelerde üretilecek her parti için hammadde akışı, iş akışı zamanlama gibi değişkenler farklılaşmaktadır. Bunun sonucu olarak parti üretiminde, üretilecek her parti için ayrı bir üretim planlaması yapma zorunluluğu vardır (Şahin, 1998).

iii. Akış tipi (Flow) üretim sistemi: Bu üretim sisteminde, tüm üretim

araç ve gereçleri ve makineleri, baştan sona kadar, bir üretim hattı etrafında ya da kayan şerit etrafına yerleştirilmiştir. Üretim hattının başında sisteme giren hammadde ilk işlem merkezinden itibaren bir hat boyunca şekillendirme ve montaj işlemleri yapılarak, hattın sonunda mamul haline getirilir. Akıcı üretimde, tüm sistemin en ince ayrıntısına kadar dengelenmesi gerekir (Şahin,1998). Sistemde herhangi bir üretim noktasındaki duraksama bütün hattı etkileyeceğinden üretim hattı bir bütün olarak ele alınmalıdır.

iv. Sipariş tipi üretim sistemi: Sipariş tipi üretim sistemi, özelliklerinin müşteriler tarafından tanımlandığı, değişik türde mamullerin üretildiği bir sistemdir. Bu üretim sisteminde müşteri isteği doğrultusunda şekillenen üründen, istediği kadar ve zamanda üretim yapılır. Sipariş üzerine üretim sisteminde, her ürünün üretimi gerek nicelik gerekse nitelik bakımından değişik işlemleri gerektirmektedir. Bu ürünlerin üretiminde kullanılan makine, araç-gereç ile diğer üretim materyelleri her ürünün üretiminde geçirdiği aşamalara göre düzenlenebilme esnekliğine sahiptir. Sistemde stok yapılmaz. Üretim süreci veya aşamaları her farklı siparişte yeniden planlanır (Yazgaç ve Özdamar, 1996).

v. Süreç (process) tipi üretim sistemi: Bu sistemde çok büyük hacimli mamüller, zaman içerisinde sürekli bir akış içerisinde üretilmektedir. Üretimde sermaye yoğun yatırımlardır. Petrol rafineleri, şişe ve cam fabrikaları, demir-çelik fabrikaları sürekli üretim sistemi örnekleridir. Bu sistemlerde ürünün özelliği nedeniyle, sistemdeki ocakların, fırınların ve kazanların sürekli çalışması gerekmektedir. Süreç tipi üretim sisteminde yılın 365 günü üretim devam eder, (Şahin, 1998).

vi. Kitle (Mass) üretim sistemleri: Kitle üretimi, tek üretim, parti üretimi, veya akış tipi üretim sistemlerinden biri kullanılarak yapılan çok büyük ölçekli üretim olmaktadır. Bu üretim sisteminde büyük miktarlarda üretim yapılarak birim dolaysız işçilik ve sabit yatırım maliyetleri azaltılabilmektedir. Kitle üretimi yapılabilmesi için, pazarın çok büyük olması gerekir. (Şahin, 1998)

vii. Grup teknolojisi sistemi: Bu üretim sisteminde benzer parçalar, belirli çemberler içinde toplanır ve bu üretim birimlerinde bir araya getirilen farklı makine ve iş gören grupları tarafından üretim gerçekleştirilir. Bu üretim sisteminde üretilen parçaların tasarım ve imalat özelliklerinin benzerliğinden faydalanılarak üretim verimliliğini ve kalitesini artırma amaçlanır (Kistner, Schumacher, Steven, 1991).

viii. Tam zamanında üretim (JIT) sistemi: Tam zamanında üretim sistemi Japonya' da geliştirilmiş ilk defa 1970'li yılların ortalarında Japon imalatçılar tarafından uygulamaya konulmuştur. Tam zamanında üretim sistemi rekabet koşulları içerisinde işletme içerisinde verimliliği ve kaliteyi artırma düşüncesine dayanmaktadır. Sıfır stokla çalışma yaklaşımı, sonuçta, ıskarta, kusurlu üretim, yer israfı, fazla stok bulundurma, atıl kapasite vb. israfları önlemeyi ve tüm birimlerin ortak çalışmasıyla sürekli gelişimi hedefler (Stevenson, 1996).

7.2. İşletmenin Büyüklüğü

Üretim planlaması ve kontrol sürecinin geliştirilmesinde ekili olan faktörlerden bir tanesi de işletmenin büyüklüğüdür. İşletme büyüklüğü; belirli bir zamanda kullanılmaya hazır teknik üretim ve donatım araçlarının büyüklüğü olmaktadır. İşletme büyüklüğü; girişimin başarıya ulaşmasında, maliyetlerin oluşumunda ve gelirlerin sağlanmasında etkili bir öge olması nedeniyle büyük önem taşımaktadır (Demir ve Gümüšoğlu, 1998). İşletmeler genelde 'küçük', 'orta' ve 'büyük' işletmeler diye sınıflandırılmışlardır.

İşletmelerin büyüklük derecesinin saptanmasında aşağıdaki ölçüler kullanılmaktadır (Demir ve Gümüšoğlu, 1998).

- Pazarlama kapasitesi
- Çalışanların sayısı
- Üretim öğelerinin yoğunluğu
- Sermaye

İşletme büyüklüğünü belli edecek büyüklük ölçütünün seçiminde büyüklüğün ölçülebileceği işletme büyüklüğün hangi amaç için kullanılacağı gözönünde tutulmalıdır. İşletme ne kadar büyükse üretim öğelerinin yoğunluğu artacak ve karmaşıklaşacaktır.

7.3. Endüstrinin Tipi

Üretim planlaması ve kontrol süreci geliştirilirken dikkate alınması gereken bir diğer özellik ise işlemenin, üretim faaliyetini gerçekleştirdiği sanayi dalı olmaktadır. İşletmenin içinde bulunduğu sanayi kolu, üretimde kullanılan temel hammadde ile elde edilen mamül ya da mamüller dikkate alınarak belirlenebilmektedir. Ancak işletmeler çok çeşitli hammadde kullandıklarından, hammaddeyi temel alarak, içinde buldukları sanayi kolunun saptanması etkin bir yol olmayabilir. Her sanayi dalının kendine has bir üretim planlama ve kontrol süreci olmaktadır.

Üretim sürecinde etkin olan ve karar vericilere sürekli bilgi sağlayabilen, üretim planı tekniklerinden, Ana Üretim Planlaması ikinci bölümde daha ayrıntılı olarak açıklanmaya çalışılacaktır.

İKİNCİ BÖLÜM

ANA ÜRETİM PLANLANMASI

Üretim sisteminde belirlenen bir zaman kesitinde üretilecek ürün miktarının belirlenmesi bir planlama eylemini gerektirecektir. Genel olarak ana üretim planlaması, üretilecek ürüne veya ürünlere olan talebin saptanması, kapasite kullanımı düzenleyici politikaların ve uygulanabilir üretim seçeneklerinin belirlenmesi gibi bir dizi kararların alınmasıdır.

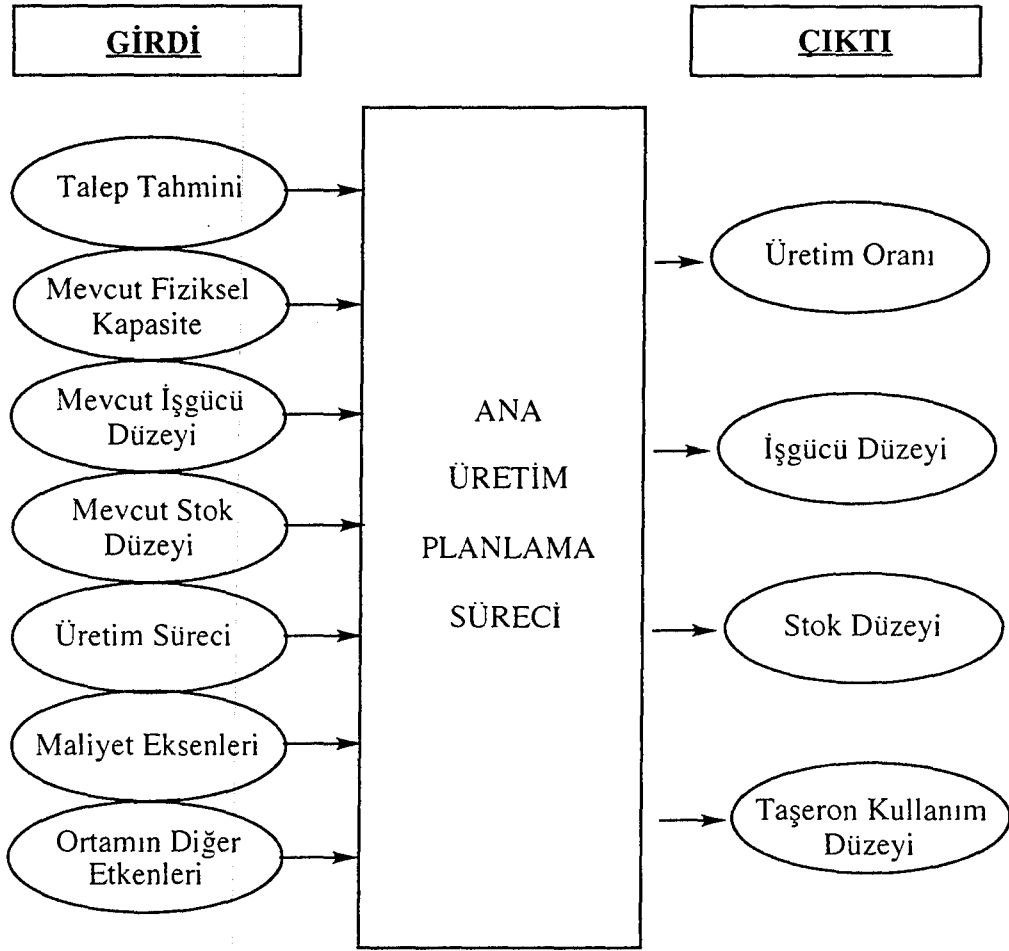
Ana üretim planlaması, çıktı olarak işletmenin sahip olduğu mevcut kaynaklar ve işletme politikasını dikkate alarak, belirlenen dönem için en uygun üretim oranlarını, stok düzeylerini ve işgücü büyüklüğünü belirlemeye yarar (Tersine, 1985).

1. ANA ÜRETİM PLANLAMASININ KAPSAMI

Üretim planlaması, düzensiz şekilde değişen talepleri karşılamak için, stok ve işgücü düzeylerini saptama işi olarak tanımlanabilir. Planlama yapılırken, işletmelerin sahip oldukları fiziksel kaynaklar sabit olarak varsayılmakta ve planlama çalışmaları bu kaynakların en iyi bir biçimde kullanılmasını hedeflemektedir. Günümüz rekabet koşullarında; talepleri zamanında ve istenilen miktarda karşılamakla işletme kaynaklarının verimli kullanılması sık sık çatışmaktadır. Üretim yöntemini etkileyen faktörler değişkenlik gösterdiğinde, (talepte meydana gelen değişimler, maliyet faktörleri, vb.) etkili kaynak kullanımı elde edebilmek için üretim toplu bir biçimde planlanmalıdır (Hax, 1978). Çoğunlukla planlama dönemi altı ay ile 18 ay arasında değişmektedir. Uygulamada planlar daha çok 12 aylık bir dönem için hazırlanmaktadır. Mevsimsel talep söz konusu ise, bu durumda mevsim dönemi tek bir planlama boyutu olarak da alınabilmektedir.

Ana üretim planlama sürecinin temel girdileri; talep tahminleri, sipariş miktarı,

stok seviyeleri, işgücü düzeyleri, üretim merkezinin kapasitesi, maliyet ve satış fiyatları, yönetim politikası ve üretim ortamının diğer etkenleri olmaktadır. Üretim planlama sürecinde girdi çıktı ilişkisi Şekil 6' daki gibi gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 6: Üretim Planlama Süreci Girdi-Çıktı İlişkisi

İşletmeler için ana üretim planlaması; işletmenin elinde bulunduracağı hammadde ve ürün stok seviyesi, iş görüşmeleri, ulaşım anlaşmaları gibi orta dönem kararların doğru olmasına olanak sağlamaktadır.

İşletmeler ana üretim planlama tekniğini kullanmadıklarında, üretim sürecinde bir çok problemle karşılaşabilmektedirler. Bunlara örnek olarak; siparişin zamanında teslim edilememesi, hammadde yokluğu, üretimi yapılan ürüne ait olan kimi parçaların az veya fazla sayıda üretilmemesi, bazı bölümlerin fazla mesai yaparken bazılarının aylak kalması verilebilir.

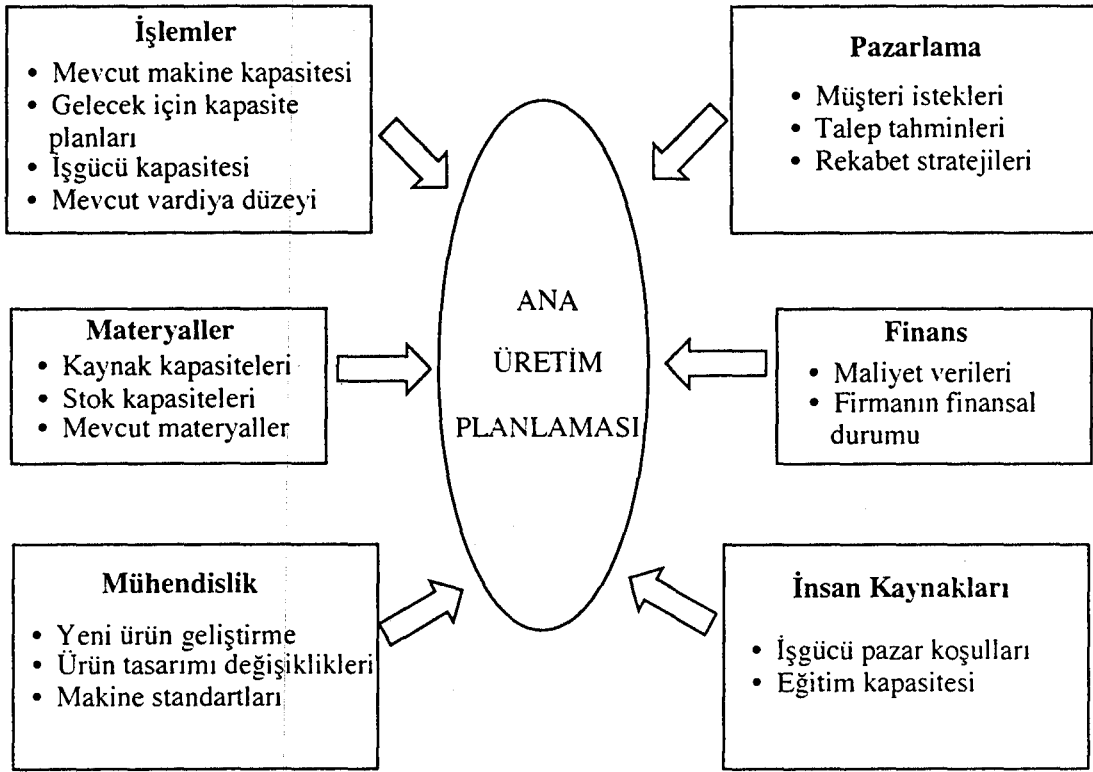
İşletmenin ürettiği ürüne olan talebin bilindiği ve sabit olduğu bir durum söz konusu ise, üretim planlaması kolaydır ve üretim süreci kontrol altında tutulabilir. Sabit ve belirli bir talebe göre üretim yapan işletmeler ana üretim planlaması hazırlamak yerine doğrudan çizelgeleme aşamasına geçebilmektedirler (Silver, Pyke, Peterson, 1998).

2. ANA ÜRETİM PLANLAMASININ YÖNETİM BİRİMLERİYLE İLİŞKİSİ

Ana üretim planlaması, işletmenin üretim yönetimi, pazarlama ve finansal yönetim fonksiyonları ile yakın ilişki içindedir. Ana üretim planlaması pazarlama ve finans kararları başta olmak üzere işletmenin diğer kararlarından ayrı tutulamaz. Aksi halde işletme için hazırlanan ana üretim planı etkili olamaz. Örneğin, pazarlama fonksiyonu ile yapılacak bilgi alışverişi sonucunda, talepte meydana gelebilecek ani değişimleri karşılayabilmek ancak ana üretim planı kullanmakla mümkün olabilir. Böyle bir koordinasyon sağlanmadığında, üretim ve pazarlama bölümü arasında, anlaşmazlıklar çıkabilmektedir.

Benzer şekilde hammadde stoğu ve aramal stoğu planlama çalışmaları, işletmenin finansal planlamacılarının bilgisi dahilinde yapılmaktadır. Üretim planlaması ve finansal yönetim fonksiyonları arasında bilgi akışı sağlanmadığında, işletmenin çekebileceği nakit sıkıntısına bağlı olarak, işten çıkarma vb. başka sorunlarla karşılaşabilmektedir. Bir işletme yönetimi için, karşılaşılacak problemleri çözmekten çok bu problemlerin ortaya çıkmasını önlemek daha önemlidir. Bu nedenle işletme içinde bölümler bireysel olarak en kârlı seçeneği geliştirmek yerine, karlı olabilecek işleri bir plan dahilinde değerlendirerek belirleyebilmelidir.

Ana üretim planlamasına işletme içersindeki diğer fonksiyonel bölümlerden sağlanan yönetsel girdiler Şekil 7'de gösterilmeye çalışılmıştır (Karajewski and Ritzman, 1996).



Şekil 7: Ana Üretim Planlamasına Fonksiyonel Bölümlerden Sağlanan Yönetsel Girdiler

Şekil 7'de görüldüğü gibi işletmede ana üretim planlaması ile diğer fonksiyonları arasındaki koordinasyonun sağlanması gerektiği açıktır. Sağlıklı bir üretim planında üretim planlama fonksiyonu, işletmenin diğer fonksiyonları ile sıkı bir ilişki içerisinde olmalıdır. Her fonksiyonun kararlarını, bütün birimlerin dikkate aldığı bir sistemin oluşturulması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca bilgi akışını merkezileştirmek suretiyle, yöneticilerin gerekli bilgilere zamanında ulaşması, işletme içersinde bir otomasyon sistemi yardımıyla gerçekleştirilebilmektedir.

3. ANA ÜRETİM PLANLAMASININ AŞAMALARI

Ana üretim planlaması geliştirilirken dört aşamadan oluşan bir süreç izlenmektedir. Ana üretim planı hazırlanırken her aşamada olası seçeneklerin bulunması ve her aşamanın incelenmesi gereklidir. Bu aşamalar (Kostas, 1981):

- Ana talep tahmininin hazırlanması,
- kapasite kullanımı düzenleyici politikaların belirlenmesi,
- uygulanabilir üretim seçeneklerinin ,
- optimal üretim stratejisinin belirlenmesidir.

3.1. Ana Talep Tahminin Hazırlanması

Ana üretim planlamasının bu aşamasında, istatistiksel tahmin teknikleri kullanılarak, planlama süresinde her dönem için üretilecek ürünlerin talep miktarı belirlenmeye çalışılır. Talep tahmininde; orta ve uzun dönem için; En Küçük Kareler Tekniği, Box-Jenkins Yöntemi, kısa dönem için; Hareketli Ortalamalar Tekniği, Üssel Düzeltme Tekniği kullanılmaktadır (Silver and Peterson,1985). Belirli bir ürün tipi için talebin doğru tahmin edilmesiyle, daha sonra yapılacak çizelgeleme aşamasında, kesinleşen siparişlerin bölümlere veya vardiyalara atanmasında önem kazanmaktadır. Burada planlama döneminde üretilecek ürünler ortak birimlerle ifade edilmeye çalışılır. Örneğin, gazlı içecek üreticisi bir işletme toplam talebi şişe boyutlarına bakmaksızın litreyle ifade edebilir.

3.2. Kapasite Kullanımı Düzenleyici Politikaların Belirlenmesi

Ana üretim planlamasının ikinci aşamasında, işletmenin araştırma grubu tarafından bir önceki aşamada tahmin edilen ana talebi karşılayabilecek politikalar belirlenmeye çalışılmaktadır. Üretim için, hangi üretim politikasının uygulanacağı belirlenmeden önce üst yönetim, pazarlama ve üretim yönetimi birimlerinin koordinasyonu ile işletmeye uygun olan tüm olası üretim seçeneklerini belirlemelidir (Kostas, 1981). Uygulanabilecek politikalar;

- Normalde üretilen ürünlere talebin az olduğu dönemlerde, başka ürünler üretmek. Örneğin, üretilen ürün türü klima iken, bu ürüne talebin düşük olduğu dönemlerde ısıtıcı üretmek gibi,
- Reklam veya promosyon kampanyaları ile talebin miktar ve zamanlamasını etkilemek,

- Ürüne olan talebin fiyat elastikiyeti yüksek ise, esnek bir fiyatlandırma politikası ile talebin miktarı ve zamanlamasını etkilemek. Örneğin talep seviyesinin düşük olduğu bir dönemde taksitli kampanyalar düzenleyerek talebi canlandırmak gibi,
- Müşterilerle özel anlaşmalar yaparak, siparişleri teslim tarihlerinde esneklik yaratmak. Örneğin otomobil satışlarında bu tür anlaşmalar yapılmaktadır.

3.3. Uygulanabilir Üretim Seçeneklerinin Belirlenmesi

Ana üretim planlamasının bu aşamasında, talep düzenleme stratejilerine bağlı olarak, talebi en düşük maliyetle karşılayan alternatif üretim seçenekleri belirlenmektedir. Alternatif üretim seçeneklerini belirlemeden önce, yönetimin yanıtlaması gereken çeşitli sorular vardır (Demir ve Gümüšoğlu,1998):

- Planlama döneminde talepteki değişimleri gidermek amacıyla stok kullanılmalı mıdır?
- Talepte değişiklik olduğunda, işgücü büyüklüğünde değişiklik yapılmalı mıdır?
- Talepte meydana gelebilecek dalgalanmaları gidermek amacıyla fazla mesai uygulaması kullanılmalı mıdır?
- Dalgalanan sipariş karşısında işgücünü aynı düzeyde korumak amacıyla taşeronlar kullanılmalı mıdır?
- Talebi etkilemek amacıyla fiyatlar ya da diğer öğeler değiştirmeli midir?

Yönetim uygun üretim planını geliştirirken bunların yanında şu stratejileri de göz önünde bulundurur.

3.3.1. Stok Düzeylerini Değiştirmek

Bazı işletmeler talebin düşük olduğu dönemlerde stok seviyesi arttırarak ileride gerçekleşebilecek yüksek talebi bu stoktan karşılamaktadır. Bu strateji seçildiğinde, elde bulundurma, sigorta, yıpranma, yatırım faizi gibi giderler artmaktadır. Öte yandan moda ya bağlı ürünler (ayakkabı, giysi gibi) ile bozulabilen, stok ömrü kısıtlı ürünleri üreten işletmeler bu stratejiden faydalanamaz (Silver, Pyke, Peterson, 1998).

3.3.2. İşe Alma ya da Çıkarma Yoluyla İşgücü Büyüklüğünü Değiştirmek

Talep seviyesindeki değişimlere mevcut çalışma saatleri (fazla mesai veya aylak zaman) ile cevap verilemiyorsa, talebi karşılamamanın bir yolu, üretim hızına bağlı olarak işgücü büyüklüğünde değişiklikler yapmak olabilir. Eğer talep fazla ise, buna bağlı olarak, üretim hızını arttırmak için yeni personel alınmasına gidilir. Eğer talep düşük seviyede ise bu defa üretim hızını düşürmek üzere personeli işten çıkarma yoluna gidilir. Yeni personel alımında, genellikle yeni alınan personelin eğitilmesi gerekeceğinden, verimde düşüklükler ortaya çıkmaktadır. İşe alma ve işten çıkarmalar tüm çalışanların morali üzerinde olumsuz etkiler doğurabileceğinden verimde de düşmelere yol açabilmektedir. (Demir ve Gümüsoğlu, 1998)

İşe alma ve işten çıkarma yoluyla üretim hızı düzenlemesi yapmak stratejisi ancak işe alınan ve çıkarılan personelin beceri düzeylerinin çok düşük olduğu işletmeler için geçerlidir.

3.3.3. Fazla Mesai ya da Aylak Zaman Yolu İle Üretim Hızını Değiştirme

Bu stratejide çalışma saatlerinde değişiklikler yapılarak işgücü büyüklüğü aynı seviyede tutulmaktadır. Böylelikle fazla mesai kullanılarak üretim hızı değiştirilir. Talep seviyesinin yüksek olduğu dönemlerde, fazla mesai kullanılarak üretim hızı artırılır.

Ancak fazla mesai, daha fazla gider demektir. Ayrıca sürekli mesai verimlilik düşmesine yol açabilmektedir. Bu yönüyle talep arttığında ne kadar fazla mesai yapılabilir sorusu gündeme gelmektedir. Öte yandan talebin düşük düzeyde olması halinde personelin çalışma temposu azaltılır veya çalışma saatleri azaltılarak üretim hızı düşürülür.

Geçici işçi kullanmak özellikle hizmet sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin kullanabilecekleri bir strateji olmaktadır. Hizmet sektöründe vasıfsız işçi ihtiyacı, geçici işçi yoluyla giderilebilmektedir.

3.4. Optimal Üretim Stratejisinin Bulunması

Bu aşamada uygun üretim seçenekleri saptandıktan ve bunların maliyetleri tahmin edildikten sonra, optimal stratejinin bulunması işlemine başlanabilir. Bu planlama süreci toplam maliyetleri en aza indirerek talebi karşılama çalışmalarını kapsamaktadır.

Ana üretim planlamasında kullanılan yöntemler, optimum sonucu veren, optimum sonuca yakın sonuç veren ve deneme yanılma yöntemleri olarak sınıflandırılmaktadır.

4. ANA ÜRETİM PLANLAMASINA İLİŞKİN MALİYETLER

İşletmeler, en iyi üretim planını yaparken stratejilerini saptarken üretim planlama stratejilerinden yalnız birini seçip kullanabilecekleri gibi iki veya daha çok stratejinin bir bileşimini de kullanabilmektedirler. Bir işletme için temel amaçlardan biri toplam üretim maliyetini minimize eden stratejiyi geliştirmektir.

Üretim stratejilerinin değerlendirilmesinde kullanılan maliyetler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Saatçioğlu, 1987);

- Sabit maliyetler
- Değişken maliyetler
- Elemanı işe alma maliyeti

- Elemanı işten çıkarma maliyeti
- Telafi ya da sonradan teslim sipariş maliyeti
- Stok bulundurma maliyeti
- Taşeron kullanma maliyeti

Şimdi bu maliyet çeşitleri sırasıyla açıklanmaya çalışılacaktır.

4.1. Sabit Maliyetler

Üretim aşamasına geçmeden önce makinelerin hazır duruma getirilmesi, üretilecek ürünün cinsine bağlı olarak gerekli araç ve gereçlerin hazırlanması, işletme içerisinde üretim için gerekli olacak çevre düzenlemesinin hazırlanması gibi hazırlık maliyetleriyle, talepteki değişikliklerden veya başka sebeplerden dolayı hazırlıkların bozulmasından kaynaklanan maliyetler, sabit maliyetleri oluşturmaktadır. Üretilecek ürünün üretim miktarı sabit maliyetleri etkilememektedir.

4.2. Değişken Maliyetler

Üretimde görev alan elemanların normal mesai için aldıkları ücretler, üretim oranını arttırmak için yada yaşanmış çeşitli aksaklıklardan kaynaklanan üretim açığının karşılanması için aldıkları fazla mesai ücretleri, üretilen ürün için kullanılan hammaddenin maliyeti, harcanan enerji ve diğer maliyetler değişken maliyetleri oluşturmaktadır. Üretim miktarına bağlı olarak değişken maliyetler değişmektedir.

4.3. Elemanı İşe Almanın Maliyeti

Eleman alımı için verilen ilanlar, görüşmeler, yapılmış ise sınavların değerlendirilmesi gibi maliyetler, eleman işe alındıktan sonraki eğitim ve öğrenme süresince elemana ödenen ücretler bu maliyet kalemini oluşturmaktadır. Ancak firma kendi bünyesinde bir atama gerçekleştirdiyse, bu durumda bu masrafların bir kısmı azalmaktadır.

4.4. Elemanı İşten Çıkarma Maliyeti

Ana üretim planlamasına göre işletmenin içindeki eleman sayısı fazla ise işletme eleman çıkarma yoluna gider. Eleman çıkarmanın maliyeti o elemana ödenecek tazminattır. Ancak işletmenin elemanını işten çıkarması ona prestij kaybettirebilmektedir.

4.5. Telafi ya da Sonradan Teslim Sipariş Maliyeti

Bu maliyet siparişin istenen süre içerisinde karşılanamaması halinde, siparişin sonradan teslim edilmesi sonucunda ortaya çıkabilmektedir. Böyle bir durumda müşteri siparişinden vazgeçebilir ve işletme satış gelirlerinde kayba uğrayabilir. Bunun yanı sıra işletme siparişi zamanında teslim edememesi sonucu müşterilerin işletmeye olan güvenlerini sarsabilmektedir.

4.6. Stok Bulundurma Maliyeti

Talepte meydana gelebilecek değişimler elde stok bulundurulularak karşılanacak ise bu işletmeye belirli bir maliyet getirmektedir. Bu maliyetin içine; depolama, sigorta, vergiler, bozulma ve eskime giderleri ile elde tutulan stoğa bağlanan sermayenin maliyeti girmektedir.

4.7. Taşeron Kullanma Maliyeti

Talepte meydana gelebilecek ani değişiklikleri karşılamamanın diğer bir yolu da, üretim yöntemine göre işin tamamını ya da bir kısmını başka firmalara yaptırmaktır. Burada işletme yapılan üretim karşılığında bir ücret ödemektedir. Ayrıca böyle bir durumda işletme müşteriye başka firmalara kaptırma durumuyla karşılaşabilmektedir.

5. ANA ÜRETİM PLANLAMASINDA MATEMATİKSEL MODELLER

İşletme problemleri için matematiksel modellerin geliştirilmesine ikinci dünya

savaşımdan sonra başlanmıştır. Böylece çeşitli işletme problemlerine çözüm bulan modeller ve çözüm teknikleri geliştirilmiştir. İşletme problemlerinin çözümüne, sistemin bir modeli kurularak başlanır. Model kurmada fonksiyonel ve sezgiye dayalı olmak üzere iki temel yaklaşım söz konusu olmaktadır (Gürdoğan, 1981). İşletme yönetiminde bu yaklaşımla daha etkili ve doğru karar verme aracı olarak kullanılmaktadırlar. Ana üretim planlaması ile ilgili kararların desteklenmesinde üretim sisteminin modellenmesi çok önemlidir.

Ana üretim planlaması için bir çok teknik geliştirilmesine rağmen, yöneticiler ana üretim planlama sürecinin, gerçek durumu tam anlamıyla yansıtamadığını düşünmektedirler. Yöneticilerin modele eksik yansıtıldığını düşündükleri durumlardan biri işgücü ile ilgili olmaktadır. İşgücünü oluşturan bireylerin hepsinin eşit sayılması varsayımı ile gerçek hayattaki durumun çeliştiğini iddia etmektedirler. Yöneticilere göre işe alma ve işten çıkarma maliyetleri dikkate alındığında işgücünün bazı bireyleri diğerlerine göre daha değerli kabul ettiği görülmektedir.

Ana üretim planlaması da kullanılan matematiksel teknikler, optimum karar derecesine göre sınıflandırılabilirler. Sınıflar; optimum çözüm veren teknikler, sezgisel (optimuma yakın çözüm veren) ile uygun çözüm üreten şeklinde olmaktadır. Ana üretim planlamasında kullanılan bu teknikler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Gilgeous,1989).

Sınıflandırma

Optimum Çözüm
Veren Teknikler

Sezgisel (Optimuma Yakın
Çözüm Veren) Teknikler

Uygun Çözüm
Veren Teknikler

Modelin Tipi

Doğrusal Programlama Modeli
Doğrusal Karar Kuralı
Amaç Programlama

Yönetici Katsayısı Modeli
Arama Karar Kuralı Benzetim

Grafik Yöntemi

5.1. Optimum Çözüm Veren Teknikler

Ana üretim planlamasına birçok matematiksel teknik bulunmaktadır. Bu tekniklerin genel adı matematiksel programlama modelleridir. Bu modellerden en çok bilineni ise 'Doğrusal Programlama' modelidir. Ana üretim planlamasında matematiksel programlama modellerinin kullanılması sonucunda karar vericiler optimum sonuç elde edebilmekte ancak problemi olduğu gibi, tüm gerçekliği ile modellemeleri sınırlı kalmaktadır.

Planlama kararları alınırken kullanılan modellerin bir kısmında karar değişkenleri ve teknik kısıtlamaların doğrusal birer fonksiyonla ifade edilebildikleri varsayımına dayanmaktadır. Üretim maliyetlerinin doğrusal olduğu varsayımına dayanan bu modeller hedeflenen amaçlara göre formülasyon aşamasında iki ayrı sınıfa ayrılabilir. Bunlardan ilki tek bir hedefi gösteren amaç fonksiyonuna sahip klasik doğrusal programlama diğeri ise, birden fazla hedefin amaçlandığı, çok amaçlı programlamadır.

Herhangi bir teknik sınırlamanın veya amaç fonksiyonunun doğrusal olmaması durumunda ise 'Doğrusal Olmayan Programlama' modeli gerekmektedir.

5.1.1. Doğrusal Programlama Modeli

Ana üretim planlaması problemlerinin çözümünde kullanılan tekniklerden birisi doğrusal programlamadır. Doğrusal programlama modeli bir çok endüstriyel üretim alanında başarıyla ve yaygın bir şekilde uygulanan bir yöneylem araştırması tekniğidir. Doğrusal programlama, ana üretim planlaması problemini standart doğrusal programlama modeli şeklinde gösterirken matematiksel bir yaklaşım kullanmaktadır (Nam and Logendran, 1991; Öztürk, 1994).

Doğrusal ana üretim planlaması modelleri; talebin bilindiği varsayımı altında, maliyeti minimize edecek üretim miktarı ve işgücü düzeyini bulmayı amaçlamaktadır. Bu modellerin dayandığı varsayımlar ise aşağıda sıralanmıştır;

- Talep deterministiktir.
- Üretim maliyetleri verilen planlama sürecinde doğrusaldır.
- Verilen bir dönemde üretim oranını değiştirmeden doğan maliyet de doğrusaldır.
- Planlama sürecinin tamamında stok düzeyi sınırlandırılabilir.
- Stok bulundurma maliyeti her bir planlama döneminde farklılık gösterebilmektedir.
- Genellikle talebin sonradan karşılanmasına izin verilmez.

Ana üretim planlamasında kullanılan çeşitli doğrusal çözüm yaklaşımları Tablo 1'de verilmiştir(Nam and Logendran, 1991).

| Kaynak | Yaklaşım | Talep | Üretim Maliyeti | Üretim Oranını Değiştirme |
|-------------------------|------------------------|----------|------------------|---------------------------|
| Charnes Cooper (1954) | Doğrusal Prog. | Sabit | Doğrusal Konveks | Yok |
| Simon Holt (1954) | - | Sabit | Monoton Artan | Yok |
| Hoffman Jacobs (1954) | Doğrusal Prog. | Sabit | Yok | Doğrusal Konveks |
| Johnson Dantzig (1955) | Primal-Dual Doğ. Prog. | Sabit | Yok | Konveks veya Konkav |
| Bowman (1956) | Ulaştırma | Sabit | Artan | Yok |
| Manne (1957) | Ulaştırma | Sabit | Doğrusal | Yok |
| Bishop (1957) | Ulaştırma | Sabit | Doğrusal Konveks | Kısmi Doğrusal |
| Hansmann, Hess (1960) | Doğrusal Prog. | Değişken | Doğrusal | Kısmi Doğrusal |
| Klein (1961) | Doğrusal Prog. | Sabit | Monoton | Kısmi Doğrusal |
| Fetter (1962) | Doğrusal Prog. | Değişken | Doğrusal Konveks | Yok |
| Orrbeck at al. (1968) | Doğrusal Prog. | Sabit | Doğrusal | Kısmi Doğrusal |
| Laurent (1976) | Hedef (Range) Prg. | Sabit | Doğrusal | Kısmi Doğrusal |
| Meij (1980) | Ayrılabilir Prog. | Sabit | Doğrusal | Kısmi Doğrusal |
| Posner, Szwarc (1963) | Ulaştırma | Sabit | Doğrusal Konveks | Kısmi Doğrusal |
| Akinc, Roodman (1996) | Ulaştırma | Sabit | Kısmi Doğrusal | Kısmi Doğrusal |
| Singhal, Adlakha (1989) | Ulaştırma | Sabit | Doğrusal Konveks | Kısmi Doğrusal |

Tablo 1: Genel Doğrusal Programlamaya Dayanan Çözüm Teknikleri

Doğrusal ana üretim planlama modellerinde, her bir planlama dönemine dayanan üretimle ilgili değişkenleri planlamacı belirlemektedir. Modelin kısıtlayıcıları ise eşitsizlik ve eşitlikler biçiminde ifade edilebilmektedir. Stok miktarı ise, dönem başındaki stok düzeyi ile üretim miktarı toplamından bu dönemde gerçekleşen satışların çıkarılması ile bulunmaktadır. Talebin sonradan karşılanması söz konusu değilse, bu durumda modelde stok düzeyi pozitif olarak alınmaktadır. Tersi bir durum söz konusu olduğunda ise negatif stok düzeyi olasılığı modelde açıkça belirtilmelidir.

Amaç fonksiyonu ise; tüm planlama süreci boyunca, her bir planlama dönemi için uygun üretim oranı ve işgücü düzeyini belirleyerek, problemde formüle edilen tüm üretim ve stok değişkenlerinin maliyetlerini minimize etmeyi amaçlamaktadır (Buffa, 1976).

Doğrusal programlama modellerinin en büyük eksiği talebin deterministik olduğu varsayımı olmaktadır. Endüstriyel üretimde yönetici ve planlamacıların gelecekteki olayları kesin bir biçimde tahmin edebilmeleri çok zayıf bir ihtimaldir. Uygulamada karşılaşılan bir diğer eksik ise doğrusal maliyet fonksiyonları varsayımı olmaktadır. Endüstride tüm maliyet fonksiyonlarının doğrusal olduğu yönünde veya doğrusal kabul edilebileceği yönünde bir kanıt bulunmamaktadır. Tüm maliyetlerin gerçekten doğrusal olmadığı durumlarda doğrusal model çözüm için ilgi çekici seçenek olmaktan çıkar. (Nam and Logendran, 1991).

Klasik doğrusal programlama modelinde, elemanı işten çıkarmanın ya da işe almanın dikkate alınmasına göre; sabit ve değişken işgücü modelleri formüle edilebilir.(Candea and Hax, 1987)

5.1.1.1. İşgücünün Sabit Olduğu Modelin Formülasyonu

Planlama sürecinde meydana gelebilecek talep değişimlerini karşılayabilmek için eleman alımına veya elemanı işten çıkarmaya izin verilmemekte, işgücü seviyesi sabit tutulmaktadır. Üretim hızını arttırmak için fazla mesai kullanılmaktadır.

Modelin Formülasyonu:

Karar değişkenleri:

- X_{it} = t döneminde i' inci üründen üretilecek miktar
 I_{it} = t döneminde i' inci üründen elde tutulacak stok miktarı
 W_t = t döneminde kullanılan normal işgücü saati
 O_t = t döneminde kullanılan fazla mesai işgücü saati

Parametreler:

- v_{it} = t' inci dönemde i' inci ürünün birim üretim maliyeti
 c_{it} = t' inci dönemden bir sonraki döneme i' inci ürünün birim taşıma maliyeti
 r_t = t' inci dönemde bir işçinin maliyeti(TL/Saat)
 o_t = t' inci dönemde bir işçinin fazla mesai maliyeti(TL/Saat)
 d_{it} = t döneminde i' inci ürünün talep tahmini
 k_i = i ürününü üretim zamanı (saat/ birim)
 $(rm)_t$ = t' inci dönemde toplam normal mesai (Saat)
 $(om)_t$ = t' inci dönemde toplam fazla mesai (Saat)
 I_{i0} = i' inci ürün için başlangıç stok seviyesi
 W_0 = başlangıç normal işgücü (saat)
 T = planlanan dönem
 N = toplam ürün sayısı

Doğrusal Programlama Modeli,

$$\text{Enküçük } Z = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (v_{it} X_{it} + c_{it} I_{it}) + \sum_{t=1}^T (r_t W_t + o_t O_t)$$

$$X_{it} + I_i(t-1) - I_{it} = d_{it} \quad t = 1,2,\dots,T \quad (1)$$

$$i = 1,2,\dots,N$$

$$\sum_{i=1}^N k_i X_{it} - W_t - O_t = 0 \quad t = 1,2,\dots,T \quad (2)$$

$$0 \leq W_t \leq (rm)_t \quad t = 1,2,\dots,T \quad (3)$$

$$0 \leq O_t \leq (om)_t \quad t = 1,2,\dots,T \quad (4)$$

$$X_{it}, I_{it} \geq 0 \quad i = 1,2,\dots,N \quad (5)$$

$$t = 1,2,\dots,T$$

Bu modelde amaç üretim, stok, normal ve fazla mesai değişkenlerinin maliyetini enküçüklemeştir.

- (1) nolu kısıt, üretim stok dengesini kurmaktadır,
- (2) nolu kısıt, her dönem için kullanılacak toplam işgücü miktarını göstermektedir,
- (3) nolu kısıt, her dönemdeki normal mesai iş saati alt ve üst sınırını belirlemektedir,
- (4) nolu kısıt, her dönemdeki fazla mesai iş saati alt ve üst sınırını belirlemektedir,
- (5) nolu kısıt zamanından sonra tedarik olayını engellemektedir. Eğer işletme dönem sonundaki stoğunun belirlediği bir miktarın altına düşmesini istemiyorsa, $I_{it} \geq s_{it}$ şeklinde modele bir alt sınır getirebilmektedir. Burada s_{it} t'inci dönemdeki i'inci ürün için konulan emniyet stok miktarı olmaktadır.

Bu modelde planlamacı, planlama süreci (T) ve planlama sürecinin kaç dönemden oluşacağını belirlemektedir. Model her dönem sonunda yeniden çözülmekte ve eğer bir değişim söz konusu ise bu bilgiler ışığında parametre değerleri güncellenmektedir.

5.1.1.2. İşgücünün Değişken Olduğu Modelin Formülasyonu

Planlama sürecinde meydana gelebilecek talep değişimlerini karşılayabilmek için,

eleman alımına veya elemanı işten çıkarma yoluna gidiliyorsa, işgücü seviyesi bir karar değişkeni olarak modele dahil edilmektedir. Amaç fonksiyonuna elemanı işten çıkarma ve elemanı işe alma maliyetleri eklenmektedir.

Modelin Formülasyonu:

Karar değişkenleri:

- X_{it} = t döneminde i'inci üründen üretilen miktar
 I_{it} = t döneminde i'inci üründen elde tutulacak stok miktarı
 W_t = t döneminde kullanılan normal işgücü saati
 O_t = t döneminde kullanılan fazla mesai işgücü saati
 H_t = t döneminde işe alınan normal işgücü (Saat)
 F_t = t döneminde işten çıkarılan normal işgücü (Saat)
 h_t = t döneminde birim işsaati işe alma maliyeti (TL/Saat)
 f_t = t döneminde birim işsaati işten çıkarma maliyeti (TL/Saat)
 p = normal çalışma saatine göre izin verilen fazla mesai oranı

Parametreler:

- v_{it} = t'inci dönemde i'inci ürünün birim üretim maliyeti
 c_{it} = t'inci dönemden bir sonraki döneme i'inci ürünün birim taşıma maliyeti
 r_t = t'inci dönemde bir işçinin maliyeti (TL/Saat)
 o_t = t'inci dönemde bir işçinin fazla mesai maliyeti (TL/Saat)
 d_{it} = t döneminde i'inci ürünün talep tahmini
 k_i = i ürününü üretim zamanı (Saat/ birim)
 $(rm)_t$ = t'inci dönemde toplam normal mesai (Saat)
 $(om)_t$ = t'inci dönemde toplam fazla mesai (Saat)
 I_{i0} = i'inci ürün için başlangıç stok seviyesi
 W_0 = başlangıç normal işgücü (saat)
 h_t = t döneminde birim işsaati işe alma maliyeti (TL/Saat)
 f_t = t döneminde birim işsaati işten çıkarma maliyeti (TL/Saat)

- p = normal çalışma saatine göre izin verilen fazla mesai oranı
 T = planlanan dönem
 N = toplam ürün sayısı

Doğrusal Programlama Modeli,

$$\text{Enküçük } Z = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (v_{it} X_{it} + c_{it} I_{it}) + \sum_{t=1}^T (r_t W_t + o_t O_t + h_t H_t + f_t F_t)$$

Kısıtlar:

$$X_{it} + I_i(t-1) - I_{it} = d_{it} \quad \begin{array}{l} t = 1,2,\dots,T \\ i = 1,2,\dots,N \end{array} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^N k_i X_{it} - W_t - O_t = 0 \quad t = 1,2,\dots,T \quad (2)$$

$$W_t - W_{(t-1)} - H_t + F_t = 0 \quad t = 1,2,\dots,T \quad (3)$$

$$-pW_t + O_t \leq 0 \quad t = 1,2,\dots,T \quad (4)$$

$$X_{it}, I_{it} \geq 0 \quad \begin{array}{l} i = 1,2,\dots,N \\ t = 1,2,\dots,T \end{array} \quad (5)$$

$$W_t, O_t, P, H_t, F_t \geq 0 \quad t = 1,2,\dots,T \quad (6)$$

- (1) nolu kısıt, üretim stok dengesini kurmaktadır,
- (2) nolu kısıt, her dönem kullanılacak toplam işgücü miktarını tanımlamakta ve üretimi işgücüne göre ayarlamaktadır. İşe eleman almanın ve işten elemanı çıkarmanın maliyeti olduğundan planlama ufku içerisinde W_t nin 0 değerini alma olasılığı mevcut olmaktadır.
- (3) nolu kısıt, dönemi içerisindeki işgücündeki değişiklikleri göstermektedir. H_t , pozitif bir değer aldığı anda işgücü düzeyinde artışı, F_t , pozitif bir değer

aldığında ise işgücü düzeyinde azalma anlaşılmaktadır. Her iki değişkende işletme için birer maliyet unsuru durumunda olmaktadır.

- (4) nolu kısıt, t döneminde kullanılabilir fazla mesaiyi üstten kısıtlandırmaktadır.
- (5) nolu kısıt, zamanından sonra tedarik olayını engellemektedir.
- (6) nolu kısıt, ilgili değişkenlerin pozitif olma koşulunu sağlamaktadır.

5.1.2. Amaç Programlama

Ana üretim planlaması probleminin çözüm yaklaşımlarından birisi de amaç programlama modelleridir. Amaç programlama, çoklu karar verme problemlerinin çözümünde kullanılan tekniklerden biridir. Birbiriyle çelişen amaçlara aynı anda ulaşılmak istendiğinde faydalı olan bir çözüm tekniğidir (Hughes and Grawiog, 1973). Bu modelleme yöntemi ile üretim yöneticileri, ulaşmaları gereken birden fazla hedef ve amacı birlikte gerçekleştirme olanağı bulmaktadırlar (Nam and Logendran, 1991).

Amaç programlarının temelinde, amaçların kısıtlayıcılar olarak modele dahil edilmesi bulunmaktadır. Amaç fonksiyonu ise, yönetsel hedeflerin başarılmasının ölçüsünü ortaya koymaktadır (Sierksma, 1996). Çözüm sonucunda hedef değerlerinden sapmalar, pozitif ya da negatif yönde olabilir. Ana amaç önceden belirlenen hedeflerden sapmaların minimize edilmesini içermektedir (Render and Stair, 1991).

Amaç programlama modelinde bazı durumlarda, tüm hedeflerin en iyilenmesi mümkün olmamaktadır. Böyle durumlarda amaçlara tatmin edici düzeyde yaklaşılmaya çalışılır. Bunun sağlanması için, amaçların öncelik seviyelerinin belirlenerek ağırlıklandırılması gerekmektedir. Önce yüksek öncelikli amaçlar sağlanmaya çalışılır, daha sonra sırasıyla daha alt öncelikli amaçlar göz önüne alınır. Ancak daha alt öncelikli amaca ulaşmak için, ulaşılmış olan daha yüksek öncelikli hedeften vazgeçilmez (Song, Laurence, Bernand, 1990).

Amaç programlama modelinde, karar verici, ulaşmak istediği her bir amaç sayısal bir hedef değer belirler. Modelin çözümü sonunda elde edilen değerlerin bu hedef değerlerinden sapmalarını minimize eden çözüm en iyi çözüm olarak kabul edilmektedir (Charnes and Cooper, 1977)

İşletmede, üretim ve stok maliyetlerinin minimizasyonu, üretim gelirleri veya kar maksimizasyonu, işgücünden yararlanmak, yönetim için önemli amaçlar olarak ortaya çıkmaktadır. Genelde, üretim planlarını geliştirirken en fazla kabul gören amaç, karın enbüyüklenmesi şeklindedir. Günümüz işletmeleri için, üretim planlamaları yapılırken, karın enbüyüklenmesi çoğunlukla tek amaç olarak alınmaktadır. Öncelikli amaç kârın maksimizasyonu olmakla birlikte, kârlılığın sürekli hale getirilmesi için; verimlilik, stok ve yönetim düzeyleri gibi planlama kriterleri üzerinde de durulması gerekir (Gilgeous, 1989). Sadece ekonomik bir yaklaşımla üretim planlanması yapmak, uygulamada, mevcut sistemin tamamının modele taşınmaması durumunu ortaya çıkarmaktadır.

Doğrusal programlama modeli için geçerli olan varsayımlar, amaç programlama modeli için de geçerlidir. İkisi arasındaki fark, amaç fonksiyonlarının şekli yönündendir. Amaç programlamada, doğrusal programlamadaki gibi amaç fonksiyonunun enbüyüklenme ve enküçükleme çabası yoktur. Amaç programlamada, ulaşılmak istenen amaçlar ile gerçekleşen sonuçlar arasındaki sapmalar enküçüklemeye çalışılır. Amaç programlama farklı ve çelişen çeşitli amaçların eniyilenmesini araştıran matematiksel bir yöneylem araştırması tekniğidir. Çoklu hedeflerin bulunduğu durumlarda, doğrusal programlama teknikleri yetersiz kalmaktadır. Amaç programlama ise çoklu hedefleri birlikte ele alabilmektedir. (Gilgeous, 1989)

Ana üretim planlanmasında, amaç programlama modeli ilk olarak Lee ve Moore (1974) tarafından kullanılmıştır. Modelin formülasyonunda, öncelikle karar değişkenleri belirlenmiştir. Modeldeki karar değişkenleri klasik doğrusal programlama modelinin karar değişkenlerine benzemektedir. Örneğin; her bir üründen üretilen birim sayısı gibi. Sonra yönetsel amaçlar belirlenmekte ve bunlar öncelik seviyelerine göre sıralanmaktadır. Formülasyonda karar değişkenlerini amaçlara bağlayan amaç

kısıtları bulunmaktadır. Amaç kısıtları, ulaşılmak istenen hedef değerlerini göstermektedir. Sapma kısıtları, her alt-amaç ya da amaçtan sapmayı temsil etmektedir. Amaç fonksiyonu ise, istenmeyen sapmaların minimizasyonu şeklinde formüle edilmektedir.

Amaç programlamada; öncelik sırasına göre seviyelendirilmiş her belirli amaç, mümkün olan en iyi noktaya getirilmektedir. Çözüm aşamasında, ilk olarak en yüksek, öncelikli amaçtan sapmalar en küçükmekte, bir sonraki aşamada, ikinci en yüksek öncelikli amaçtan sapmalar en küçükmekte ve bu şekilde geriye doğru devam eden iteratif bir yöntem izlenmektedir. Yüksek öncelikli bir amaç eniyilendiği zaman daha düşük öncelikli amacın eniyilenmesi bir önceki amacın başarı düzeyini etkilememektedir.

Amaç programlama modelinde bulunan kısıtlayıcılar; sistem kısıtlayıcıları ve hedef kısıtlayıcılar olmaktadır. Sistem kısıtlayıcıları çevresel kısıtlayıcılar olmakta, hedef kısıtlayıcıları ise, çoklu çevresel kısıtlayıcılar olmaktadır. Sistem kısıtlayıcılarının ulaşılmak istenen amaçla direkt bir ilişkisi bulunmamaktadır. Hedef kısıtlayıcıları ise, çoklu amaçlar için ulaşılmak istenen sayısal değerler saptanarak bu değerlerin modele kısıtlayıcı olarak eklenmesidir (Davis, Mc Keown, Robes, 1986).

Karar vericinin, amaçlar için belirlediği hedef değerlerini ve bu hedeflerin öncelik seviyesini modele dahil edebilir. Böyle bir durumda amaç programlama modeli aşağıdaki gibi gösterilebilir.

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Min}[P_1h_1(d^-,d^+), P_2h_2(d^-,d^+) \dots, P_ph_p(d^-,d^+)]$$

Kısıtlayıcılar:

$$g_k(x) \leq 0$$

$$k=1,2,\dots,p$$

$$f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad i=1,2,\dots,m$$

$$d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad \forall_i$$

Bu modelde;

- X = n boyutlu karar değişkenleri vektörü
 $g_k(x)$ = k'inci sistem kısıtlayıcısı
 $f_i(x)$ = i'inci hedef kısıtlayıcısı
 d_i^- = i'inci hedeften negatif sapma değişkeni
 d_i^+ = i'inci hedeften pozitif sapma değişkeni
 b_i = i'inci hedef için ulaşılmak istenen değerdir.
 $h_l(d^-, d^+)$ = l'inci öncelikli hedeften sapmayı gösteren fonksiyon
 P_l = Karar verici tarafından belirlenen hedeflerin önceliklerini gösteren ağırlık değeridir ($l = 1, 2, \dots, L$)

Burada P_l değeri, hedeflenen amaçların, öncelik seviyelerini belirlemek için verilmiş ağırlık değerleri olmaktadır. Böylece amaçlar hiyerarşik bir şekilde sıralanmış olmaktadırlar. $P_l h_l(d^-, d^+)$, öncelik seviyesi en yüksek olan istenmeyen sapmayı ifade etmektedir.

Bu tip problemlerin çözümünde öncelik seviyesi en yüksek amaç için, işlemlere istenmeyen sapma minimize edilene kadar devam edilmektedir. Bundan sonra, ikinci önemli amaç için sistem kısıtları ve ilk öncelikli amaç ile tanımlanan çözüm alanı içinde istenmeyen sapma minimize edilene kadar işlemler devam ettirilmektedir. Bu şekilde tüm amaçlar için sapmalar minimize edilmekte ve sonunda toplam minimum sapmaya ulaşılmaktadır.

Hedeflerin eşitlik haline dönüştürülmesi ve istenmeyen sapma değişkenleri, Tablo 2'de gösterilmektedir (Ignizio, 1976).

| Orjinal Hedef | Eşitlik Durumu | İstenmeyen Sapma Değişkeni |
|-------------------|--------------------------------|----------------------------|
| $f_i(x) \leq b_i$ | $f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$ | d_i^+ |
| $f_i(x) \geq b_i$ | $f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$ | d_i^- |
| $f_i(x) = b_i$ | $f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$ | $d_i^- + d_i^+$ |

Tablo 2: Hedeflerin Eşitlik Haline Getirilmesi ve İstenmeyen Sapma Değişkenleri

5.1.3. Doğrusal Karar Kuralı (Linear Decision Rule)

Ana üretim planlaması için doğrusal karar kuralı 1950'de Holt, Modigliani, Muth ve Simon (HMMS) tarafından geliştirilmiştir.

Doğrusal karar kuralı doğrusal programlamaya benzemekle birlikte, doğrusal karar kuralında girdilerin maliyetlendirilmesinde fark söz konusudur. Doğrusal karar kuralının dört maliyet elemanı; i. personel ücret maliyeti, ii. elemanı işe alma ve elemanı işten çıkarma maliyeti, iii. fazla çalışma maliyeti ve iv. stok bulundurma maliyetidir. Doğrusal karar kuralında, personel ücret maliyeti doğrusal bir fonksiyon durumundadır. Diğer maliyet kalemlerinin ise karesel maliyet fonksiyonuna uyduğu varsayılmaktadır (Vollmann, Berry, Whybark, 1997).

Maliyet verileri doğrusal ve kareli olduğundan problemin çözümü cebirsel yolla bulunabilmektedir. Bu analizlerin sonucu; her ay için, üretim oranını ve işgücü düzeyini veren iki karar değişkeninin aldığı değerlerden oluşan bir çözüm kümesidir.

Doğrusal karar kuralı kabul ettiği varsayımlar nedeniyle, endüstriyel üretim çevresinde pek kabul görmemiştir (Welam, 1978).

5.2. Sezgisel (Optimuma Yakın Çözüm Veren) Teknikler

Doğrusal programlama ve diğer matematiksel programlama teknikleri ile ana üretim planlamasının modellenmesinde bazı varsayımların kabul edilmesi, gerçek

problemin modele taşınırken sınırlandırılmasını zorunlu kılar. Bu zorunluluk, yöneylem araştırmacılarını başka modeller bulma arayışlarına yöneltmiştir. Sezgisel yöntemler bu arayışların sonucunda ortaya çıkmıştır (Nam and Logendran, 1991). Son yıllarda arama yöntemleri ve sezgisel yöntemlerin ana üretim planlaması modellenmesinde kullanımlarında artan bir ilgi gözlenmektedir (Goodman, 1974).

$$P_t = aW_{t-1} - bI_t + cF_t + K$$

Burada;

P_t = Verilen t zaman dönemi için üretim oranı

W_{t-1} = Bir önceki dönemdeki işgücü düzeyi

I_t = Bir önceki dönem sonu stok düzeyi

F_{t+1} = Bir sonraki dönem için talep tahmini

a, b, c ve k ise sabitler olmaktadır.

Bowman'ın yaklaşımında ilk adım P, W, I ve F için geçmiş dönem bilgilerinin elde edilmesidir. a, b, c ve k parametreleri tahmin edilir. a, b, c, k katsayılarının saptanmasında üç teknik kullanılmaktadır (Bowman and Fetter, 1968). Bu teknikler;

- Benzetim
- Yönetici Kararları
- Matematiksel analiz

Yöneticiler, açıkça maliyetleri ifade edemeseler de, neyin önemli olduğunu bilmektedirler. Ancak yöneticiler özel durumlarla karşılaştıklarında aşırı tepki gösterebilirler veya düzeltmelerde bulunurken yavaş kalabilirler. Her iki durumda da kararlarını alma aşamasında yargılarına başvurmaları gerekmektedir. Yönetici katsayıları modelinde regresyon analizi geleceğe yönelik kararların alınmasında bu yargıyı ortalama bir seviyeye çekmektedir.

5.2.1. Arama Karar Kuralı (Search Decision Rule)

Ana üretim planlamasında kullanılan arama karar kuralı Taubert (1968) tarafından geliştirilmiştir (Silver and Peterson, 1985). Doğrusal programlama modellerinde kısıtlayıcılar; doğrusal maliyet fonksiyonları, doğrusal karar kuralında ise doğrusal ve kareli maliyet fonksiyonlarıdır. Arama karar kuralı yaklaşımı maliyet veri girdilerini çok basit terimlerle ifade etmeye imkan vererek bu kısıtlandırmaları aşmayı amaçlamaktadır. Bu işlemler yapılırken tek gerekli olan araç, tüm üretim planlaması maliyetlerini değerlendiren bir bilgisayar programıdır (Vollmann, Berry, Whybark, 1997). İşletme yöntemi minimum maliyetli üretim planını yapmak için alternatif planlar arasından en iyisini bulmaya çalışır. Ancak bu modelin kullanılması ile elde edilecek ana üretim planının her zaman en iyi plan olduğu söylenemez (Silver and Peterson, 1985).

Ana üretim planının hazırlanması esnasında, planlama modelinin bilgisayar ortamına taşınması sonucunda bir çok değişik maliyet fonksiyonunun modele dahil edilebilmesine, olanak tanınmaktadır. Ancak böylesi kapsamlı bir programın yazılması ve kullanılması bir uzman gerektirmektedir (Nam and Logendran, 1991).

5.2.2. Benzetim Yaklaşımı

Benzetim yolu ile ana üretim planlaması karmaşık maliyet yapılarının modele dahil edilmesi gerekliliği durumunda kullanılabilir. 1966 yılında Vergin ana üretim planlaması kararları için parametrelerin seçiminde benzetimin nasıl kullanılabileceğini göstermiştir (Nam and Logendran, 1991). Benzetim tekniğinin kullanılması sayesinde düşünülen herhangi bir maliyet kalemi veya başka amaçlar değerlendirilebilmektedir.

Benzetim yolu ile üretim planlaması yapılırken çözüm aşamasında ilk adımda; işletmenin o anadaki durumunu ortaya koyan veya tecrübeye dayalı olarak hazırlanmış bir başlangıç çizelgesi ortaya konmakta, sonraki adımda ise işgücü düzeyinde, fazla

mesai, stok düzeylerinde değişiklikler denenerek amaç fonksiyonunun eniyilenmesine çalışılmaktadır.

Benzetim yaklaşımı ile planlama kararları alınırken, çizelgeleme problemlerinde karşılaşılabilen özel durumlar yakalanabilmektedir.

5.3. Uygun Çözüm Veren Yöntemler

Uygun çözüm veren yöntemler, her zaman matematiksel olarak optimum çözüm vermezler ancak daima uygun bir çözüm verirler (Silver and Peterson, 1985).

5.3.1. Grafik Tekniği

Grafiksel teknikler anlaşılması ve uygulanması kolay teknikler olmaktadır. Bu nedenle uygulamada kolaylıkla kullanılan planlama tekniklerinden biridir. Temelde bu planlar belirli zamanda az değişkenle çalışmaktadırlar. Bunlar bir anlamda deneme ve yanılma yaklaşımları olmaktadır.(Demir ve Gümüőöđlu, 1998)

Grafiksel yöntem uygulanırken genelde beş aşama izlenmektedir;

- Her bir dönem için talebin belirlenmesi,
- Her bir dönem için normal çalışma, taşeron, fazla mesai çalışma süreleri için gerekli kapasiteleri belirlemek
- Elemanı işe alma ve elemanı işten çıkarma ile ilgili işgücü giderleri ve stoğu elde bulundurma maliyetlerini saptamak
- İşçilere ya da stok düzeylerine uygulanacak işletme politikasını belirlemek
- Seçenek planlar geliştirerek onların toplam maliyetlerinin belirlenmesi

Ana üretim planlaması çözüm yaklaşımları basitten en karmaşığa doğru sıralandığında grafik yöntem en başlarda yer almaktadır. Grafik yöntem anlaşılması kolay bir yöntem olmakla birlikte en iyi üretim planını garanti etmemektedir.

6. HİYERARŞİK ÜRETİM PLANLAMASI (HIERARCHICAL PRODUCTION PLANNING)

Üretim planlaması, birbirini izleyen dönemlerde kaynakların kapasite vb. kısıtlayıcıları sağlarken, kar maksimizasyonu veya maliyet minimizasyonu gibi amaçları optimize ederek, imal edilecek ürün miktarını belirlemeye yarayan ana üretim planlama tekniğidir (Vollmann, Berry, Whybark, 1997). Hiyerarşik üretim modelinde, hem içsel (kaynakların yetersizliği) hem de dışsal (hammadde teslimatında ertelenme, talepte beklenmeyen değişimler) olayların birlikte modele dahil edilmesi, modeli daha da karmaşık hale getirmektedir (Mehra, Minis, Proth, 1994).

Üretim planlama sistemleri, planlama eylemlerinin farklı düzeylerde ayrılması sonucu hiyerarşıktır. Öyle ki üst düzeydeki planlama işlemi daha az ayrıntılı olmakta ancak daha uzun bir planlama sürecini kapsamaktadır, buna karşın ayrıntılı planlama daha kısa bir planlama sürecini kapsarken üst düzeydekine göre daha ayrıntılı olmaktadır. Planlama sürecinde, bir üst düzey planlama çıktıları planlama sürecinde yer alan bir sonraki (alt) düzey için kısıtlayıcı durumundadır. Eğer süreç sadece iki düzeyden oluşuyorsa, bunlar genellikle ana üretim planlaması ve ayrıntılı planlama olarak adlandırılmaktadır (Axsater, 1986).

Üretim planlaması probleminin çözümünde etkin kullanılan iki yaklaşımdan söz edilmektedir. Bunlardan birincisi, problemin tümünün tamsayılı programlama (Integer Linear Programming) modeli kullanılarak çözülmesidir. İkincisi ise ana modeli alt modellere ayırıp, bu alt modelleri sırasıyla, farklı hiyerarşik düzeylerde çözümlendiren, hiyerarşik üretim planlamasıdır. Hiyerarşik üretim planlama yaklaşımının avantajları; modelde karmaşıklığın indirgenmesi ve rassal olayların kademeli bir biçimde eritilmesi olmaktadır (Mehra, Minis, Proth, 1994).

Uygulamada, üretimde üretilecek mamullerin miktarlarının tamsayı olmasını gerektiren bir çok problem bulunmaktadır (Tulunay, 1980). Uygulamada karşılaşılan problemler, değişkenlerinin bir kısmı veya tamamının tamsayılı olma koşulu olmadığında, doğrusal programlama ile modellenmektedir (Vanderbei, 1996). Ancak değişkenlerin tamamının tamsayılı olması kısıtı altında, problemlerin

modellenmesinde tam sayılı programlama değişkenlerin bir kısmının tamsayı olması koşulu altında ise karma tamsayılı programlama (Mixed integer programming) kullanılmaktadır (Kuip, 1993).

Chung ve Karajewski çıktı olarak minimum maliyetle aylık üretim miktarını bulan karma tamsayılı model önerilmiştir (Vollmann, Berry, Whybark, 1997). Chung ve Karajewski' nin ana üretim planlaması modeli;

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^m [C_{si}\sigma(X_{it}) + C_{mi}(X_{it}) + C_{li}I_{it}] + \sum_{t=1}^m [C_H H_t + C_F F_t + C_o O_t + A_{,t} C_R W_t]$$

$$I_{it-1} - I_{it} + X_{it} = D_{it} \quad i=1,2,\dots,n \quad (1)$$

$$t=1,2,\dots,m$$

$$A_{,t} W_t O_t - \sum_{i=1}^n X_{it} - \sum_{i=1}^n \beta_i \sigma(X_{it}) \geq 0 \quad t=1,2,\dots,m \quad (2)$$

$$W_t - W_{t-1} - H_t + F_t = 0 \quad t=1,2,\dots,m \quad (3)$$

$$O_t - A_{2t} W_t \leq 0 \quad t=1,2,\dots,m \quad (4)$$

$$-O_t \sigma(X_{it}) + X_{it} \leq 0 \quad t=1,2,\dots,m \quad (5)$$

$$i=1,2,\dots,n$$

$$\sigma_{,t}(X_{it}) = \begin{cases} 1, X_{it} > 0 \\ 0, X_{it} = 0 \end{cases} \quad t=1,2,\dots,m \text{ ve } i=1,2,\dots,n \quad (6)$$

$$X_{it}, I_{it}, F_{it}, O_{it}, W_{it} \geq 0 \quad t=1,2,\dots,m \quad (7)$$

$$i=1,2,\dots,n$$

Karar değişkenleri ve parametreler;

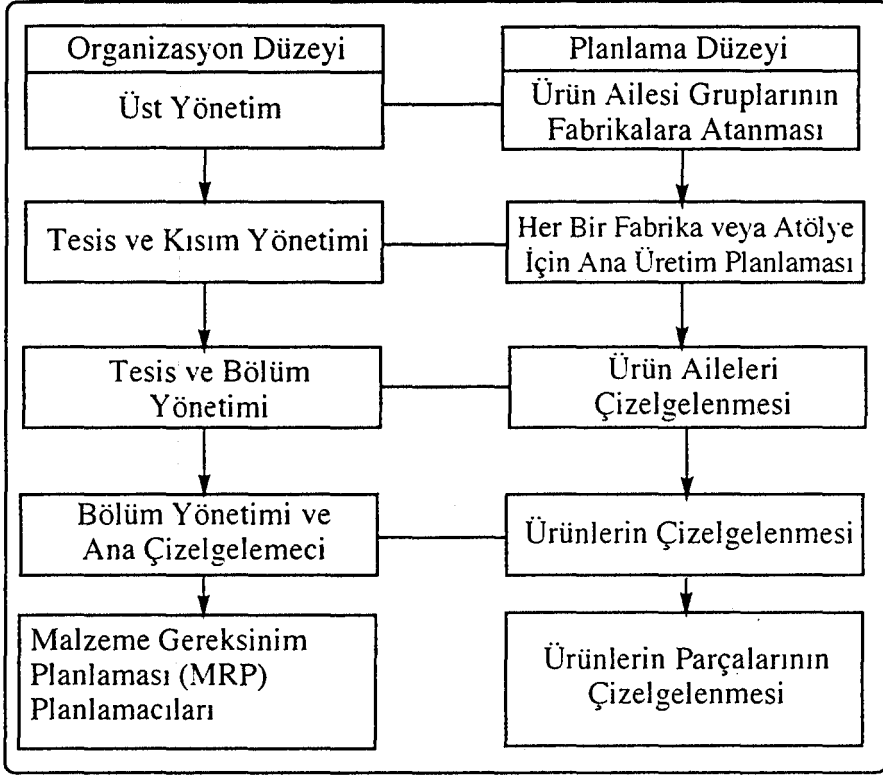
$$X_{it} = t \text{ ayında } i \text{ ürün grubunun üretim miktarı}$$

- I_{it} = t ayında i ürün grubunun stokta kaldığı süre
 D_{it} = t ayında i ürün grubunun üretilmesi için gerekli olan süre
 H_t = t ayında işe alınan eleman sayısı
 F_t = t ayında işine son verilen eleman sayısı
 W_t = t ayında normal çalışan sayısı
 O_t = t ayında yapılan fazla mesai süresi
 $\sigma(X_{it})$ = t ayında i ürün grubu hazırlık süresi değişkeni
 C_{si} = i ürün ailesinin hazırlık maliyeti
 C_{li} = birim stok bulundurma maliyeti
 C_{mi} = i ürün grubunun üretiminde birim materyel kullanım maliyeti
 C_F = Elemanı işten çıkarma maliyeti
 C_H = Elemanı işe alma maliyeti
 C_o = birim fazla mesai süresi maliyeti (saat)
 C_R = birim işgücü maliyeti(saat)
 A_{1t} = t ayında eleman başına birim normal çalışma süresi(saat)
 A_{2t} = t ayında eleman başına birim fazla çalışma süresi(saat)
 Q_i = Büyük bir sayı
 n = ürün grupları($n=1,2,\dots,N$)
 m = planlama sürecindeki ayların sayısı($m=1,2,\dots,M$)

Birinci kısıtlayıcıda stok dengesi kurulmaktadır. İkinci kısıtlayıcıda, üretim ve hazırlık süreleri, üçüncü kısıtlayıcıda işgücü düzeyi, dengelenmektedir. Dördüncü kısıtlayıcıda, eleman başına yapılabilecek en yüksek mesai miktarının aşılmasını sağlamaktadır. Beşinci ve altıncı kısıtlayıcılardan altıncısı beşinci kısıtta hangi ürün grubu hazırlık değişkeninin kullanılacağını belirler. Altıncı kısıt hazırlık süresinin ürün grubunun üretiminin yapıldığı ayda yer almasını sağlamaktadır. Yedinci kısıt ise ilgili değişkenlerin pozitif olmasını sağlamaktadır.

Hiyerarşik üretim planlaması ise, ayrışma (disaggregation) kavramına dayanan ve işletme içerisinde bir çok tesisi birleştiren kapasite analizlerini bütünleştiren bir yaklaşımdır. Yaklaşım işletme içerisinde ürün bütünleştirmeleri ile karar alma düzeylerini ilişkilendirme düşüncesine dayanmaktadır. Bu yüzden hiyerarşik üretim

planlaması yaklaşımı, tek bir matematiksel modelden ibaret değildir. Bunun yerine formüle edilebilen bir dizi model kullanan bir teknik durumundadır. Aşağıdaki Şekil 8'de hiyerarşik üretim planlaması yaklaşımının akış şeması verilmeye çalışılmıştır (Volmann, Berry, Whybark, 1997).



Şekil 8: Hiyerarşik Üretim Planlama Şeması

Ana üretim planlamasının, hazırlanmasında hiyerarşik üretim planlanmasının kullanımı üzerine, Bitran, Haas, Hax, Meal ve diğerlerinin çalışmaları vardır (Kistner, Steven, 1990). Bu çalışmaların bir kısmı matematiksel katkılar içerirken bir kısmı da uygulama derinliği ve genişliğini arttırmaktadır.(Volmann, Berry, Whybark, 1997).

Planlama süreci Şekil 8'deki gibidir. Birinci aşama hangi ürünlerin hangi fabrikalarda veya atölyelerde üretileceğinin belirlenmesidir. Ürünlerin bütünleştirme işlemlerini, fabrikalara atanmasını ve buna bağlı olarak sistemin modelleme sürecini kolaylaştırmak için, aynı işlemlere tabi olan ve hazırlık maliyeti gerektirmeyen ürünler aynı ürün ailesi gruplarında birleştirilirler (Yazgaç ve Özdamar, 1996).

Üretilecek ürünlerin fabrikalara atamaları, yatırım, imalat ve ulaşım maliyetlerinin minimizasyonuna dayanmaktadır.

İkinci aşamada, her bir fabrikaya veya atölyeye ürün atamaları yapıldıktan ve yönetsel girdiler dahil edildikten sonra, her bir fabrika veya atölye için ayrı ayrı ana üretim planlaması yapılmaktadır. Burada ana (bütünleşik) üretim planlaması yapılırken daha önce ele alınan planlama tekniklerinden yararlanılmaktadır. Ana üretim planlaması üretim düzeylerini, stok düzeylerini, fazla çalışmayı vb. belirler. Bu plan tesise atanan ürünler ve miktarları ile kısıtlandırılmıştır(Volmann, Berry, Whybark, 1997).

Üçüncü aşama, fabrika içersinde ürün ailesi gruplarının çizelgelenmesi işlemidir. Ürün aile grubu çizelgesi, ana üretim planı ile sınırlandırılmıştır ve bir ürün grubu için oluşabilecek stoğu da dikkate alır. Burada amaç ürün ailesi grubunu birlikte üreterek, üretim ekonomikliğini ortaya çıkarmaktır (Bowers, Jarvis, 1992). Ayrıca bu aşamada ürün aile grupları için üretim miktarları ayrı ayrı belirlenir ve sıralanır. Eğer grupları birer birim olarak ele almak büyük bir ekonomik fayda sağlamıyorsa, süreç her bir maddenin çizelgelenmesi basamağına geçer.

Her bir birim için çizelgeleme, ana üretim çizelgelemesi ile benzerdir. Hiyerarşik üretim planlaması şemasında görüldüğü gibi, birimlerin (maddelerin) çizelgelenmesi bir önceki basamakta çizelgelenmiş ürün aile grupları tarafından kısıtlandırılır ve daha kısa süreli bir planlama devresini kapsar. Üretim birimleri, ait oldukları ürün aileleri için ayrılmış kapasite içinde çizelgenirler. Ayrıntılı kısım ve parçaların çizelgelenmesi ise malzeme gereksinim planlaması ile veya matematiksel modelleme ile yapılmalıdır (Volmann, Berry, Whybark, 1997).

Verilen bir imalat sistemi için optimum hiyerarşik üretim planlaması sistemi planlaması, henüz çözümlenememiş bir problemdir (Mehra, Minis, Proth, 1994).

Literatürde, hiyerarşik planlama modelleri stoğa üretim ortamları için önerilmiştir. Ancak, benzeri fikirler sipariş üzerine üretimde de kullanılabilir (Yazgaç;

Özdamar, 1996). Bowers ve Jarvis (1992), stoğa ve siparişe üretim yapan bir karma ortam için, üç seviyeli bir hiyerarşik planlama modeli önermişlerdir (Bowers ve Jarvis, 1992). Moodie ve Lin demir-çelik imalat sistemi için (Moodie, Lin, 1989), 1986 yılında Tsubone ve Sugawara ise motor imalat sistemi için hiyerarşik üretim planlaması sistemi önermişlerdir.

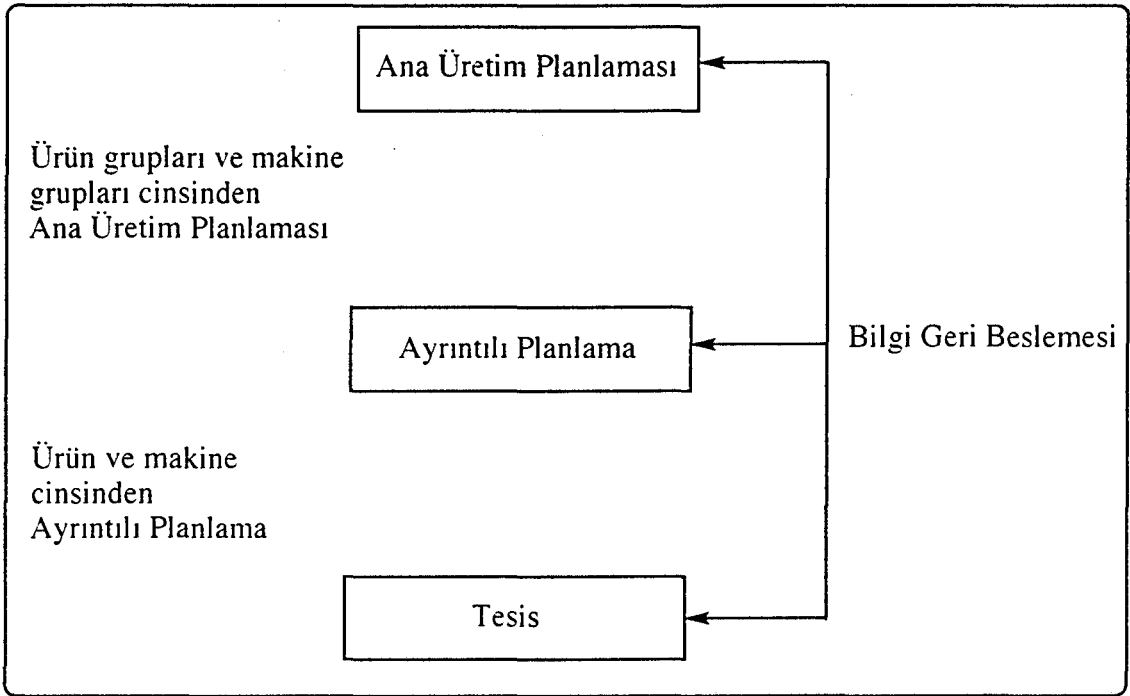
Hiyerarşik üretim planlaması, ana üretim planlaması problemini, ana üretim planlaması probleminden daha az karmaşık alt problemlere böler. Bu alt problemlerin çözülmesi ana üretim planlaması problemine göre daha kolay olmaktadır. Alt problemlerin çözümünde yöneylem araştırması model ve teknikleri uygulanmaktadır. Alt problemlerin sonuçları, ana üretim planlaması amaçları çerçevesinde dikkatle değerlendirilmelidir (Switalski, 1988).

Hiyerarşik üretim planlama modelinde yakın zamanda görülen ilave gelişme, sabit (fix) planlama döneminin yerine değişken planlama dönemlerinin kullanılmasıdır. Oden, yıllık stok elde bulundurma maliyetlerini ve kuruluş maliyetlerinin toplamını minimize edecek bir algoritma geliştirmiştir. Oden in modeli sabit düzenli yaklaşıma göre üretim maliyetlerinde (fazla çalışma, kuruluş, stok bulundurma) tutarlı azalma yaratmaktadır (Volmann, Berry, Whybark, 1997).

6.1. Bütünleşik ve Ayrıntılı Çizelgelemenin Birlikte Ele Alınması

Ana üretim planlaması ve ayrıntılı çizelgelemeyi bir arada ele alan hiyerarşik planlamanın kullanılması, bir kaç çeşit ürün üreten işletmeler için, ana üretim planlamasından daha iyi sonuçlar vermesinden kaynaklanmaktadır (Buffa, 1976).

Hiyerarşik planlama, daha ayrıntılı planlama yapılırken gereken kısıtlayıcıları, ana üretim planlaması düzeyinde sağlamaktadır. Planlama sürecinde ayrıntılı plandan sağlanan bilgileri, daha üst düzey kararların alınmasında geri besleme için kullanmaktadır. Şekil 9'da hiyerarşik planlama süreci işleyişi gösterilmektedir (Axsater, 1986). Kısaca hiyerarşik planlama sisteminin işletmenin organizasyonel yapısına bağlı olan ve planlama eylemlerini bölüp aralarındaki bağlantıları kuran bir yapı olduğu söylenebilir (Buffa, 1976).



Şekil 9: Hiyerarşik Planlama Süreci İşleyişi

Hiyerarşik planlama, stoğa üretim yapan, sipariş üzerine üretim yapan, hem stoğa hem de sipariş üzerine üretim yapan işletmeler için modeller geliştirilmektedir.

Aşağıda sipariş üzerine üretim yapan bir işletme için geliştirilmiş bir ana üretim planlaması modeli ele alınmaktadır. Bu modelde siparişler ürün ailesi bazında haftalık olarak toplanmaktadır. Model çözümlendiğinde ise; ardışıklama ve fazla mesai çalışma saatlerine dayanan maliyetin minimize edildiği hafta bazında üretim miktarı elde edilecektir.

Geliştirilen model değişkenleri ve parametreleri aşağıdaki gibi olmaktadır (Yazgaç ve Özdamar, 1996).

$$\text{Enk } Z = \sum_k \sum_t cb_k B_{kt} + \sum co O_t$$

Kısıtlayıcılar

$$\sum_{n=t}^{t+\Delta k} P_{kjn} \geq d_{kjt} \quad \forall k, j, t \quad (1)$$

$$\sum_{n=t}^{t+\Delta k} P_{kji} \geq \sum_{i=1}^t d_{kji} \quad \forall k, j, t \quad (2)$$

$$\sum_j P_{kjt} - B_{k,t-1} + B_{kt} = \sum_j d_{kjt} \quad \forall k, t \quad (3)$$

$$\sum_j \sum_k c_j P_{kjt} + \delta_{jt} S_j \leq cr_t + O_t \quad \forall t \quad (4)$$

$$O_t \leq or_t \quad \forall t \quad (5)$$

$$\sum_k P_{kjt} \leq M \delta_{jt} \quad \forall j, t \quad (6)$$

$$O_t, P_{kjt}, B_{kt} \geq 0 \quad \forall k, j, t \quad (7)$$

$$\delta_{jt} = 0,1 \quad \forall j, t \quad (8)$$

Karar değişkenleri ve parametreler:

P_{kjt} : t haftasında k siparişine ait j ürün ailesinin üretim miktarı

B_{kt} : t haftasında k siparişine ait ardsımarlama miktarı ($B_{k0} = 0, \forall k$)

J : ürün ailesi indeksi ($j=1,2,3,\dots,J$)

t : hafta indeksi ($t=1,2,3,\dots,T$)

k : sipariş indeksi ($k=1,2,3,\dots,K$)

O_t : t haftasında fazla mesai miktarı (saat)

- δ_{jt} = 1, t haftasında j ürün ailesi üretiliyorsa
 δ_{jt} = 0, aksi halde
M : göreceli büyük bir sayı
 Δk : bir siparişin azami teslim süresi
 c_j : c ürün ailesinin üretim zamanı (saat/birim)
 cr_t : haftalık normal mesai kapasitesi(saat)
 or_t : haftalık fazla mesai kapasitesi(saat)
 d_{kjt} : t haftası için ısmarlanmış k siparişine ait j ürün ailesinin talebi
 co : fazla mesai işçilik maliyeti(TL/saat)
 cb_k : k siparişine ait ardısmarlama (işlem – arası – stoğu) maliyeti
(TL/ birim – hafta)
 S_j : j ürün ailesinin hazırlık süresi(saat)

Modelde yer alan kısıtlayıcılar şöyle açıklanabilir;

- (1) nolu kısıt siparişin alındığı haftadan itibaren azami teslim süresi(Bu süre siparişi veren işletmeyle siparişin verilme zamanında belirlenmektedir.) boyunca siparişin tümünün üretilmesini sağlamaktadır.
- (2) nolu kısıt, birinci kısıtın tamamlayıcısı durumunda olmakta ve birikimli talebin karşılanmasını garanti etmektedir.
- (3) nolu kısıt, üretim, ardısmarlama, ve talep dengesini kurmaktadır.
- (4) nolu kısıt, haftalık normal ve fazla mesai çalışma kapasitelerinin, hazırlık süresi dahil edilmek üzere, üretim tarafından aşılmamasını sağlamaktadır.
- (5) nolu kısıt, haftalık fazla mesainin kapasite sınırları içerisinde kalmasını sağlamaktadır.
- (6) nolu kısıt, ürün ailesi hazırlığının, üretimi yapıldığı haftada oluşmasını sağlamaktadır.

- (7) nolu kısıt, ilgili değişkenlerin pozitif değerler almasını sağlamaktadır.
- (8) nolu kısıt hangi ürün ailesinin hazırlık süresinin dördüncü kısıtlayıcıda kullanılacağını belirlemektedir.

P modeli, sipariş üzerine üretimin tüm unsurlarını birleştirek ele almakla birlikte, tam sayılı değişkenler içermesi sebebiyle gerçek olaylarda çözüm süresi uzayabilmektedir (Yazgaç ve Özdamar, 1996). Geliştirilen modelin boyutlarının asgari düzeye çekilebilmesi amacıyla, siparişler, ürün ailesi hiyerarşisi içinde ele alınmıştır.

Gerçek olaylarda tamsayılı değişkenlerin çözüm süresini arttırabileceği düşüncesi ile P modelinde yer alan tam sayılı değişkenlerin gözardı edildiği Q modeli tanımlanmaktadır. Bu modelde P modelinde yer alan altıncı ve sekizinci kısıtlar ile tamsayı değer alan değişkenler yer almayacaktır. Bu durumda Q modeli aşığıdaki gibi olacaktır;

$$\text{Enk } Z = \sum_k \sum_t c b_k B_{kt} + \sum_t c o O_t$$

Kısıtlar:

$$\sum_{n=t}^{t+\Delta k} P_{kjn} \geq d_{kjt} \quad \forall k, j, t \quad (1)$$

$$\sum_{n=t}^{t+\Delta k} P_{kji} \geq \sum_{i=1}^t d_{kji} \quad \forall k, j, t \quad (2)$$

$$\sum_j P_{kjt} - B_{k,t-1} + B_{kt} = \sum_j d_{kjt} \quad \forall k, t \quad (3)$$

$$\sum_j \sum_k c_i P_{kjt} + \delta_{jt} S_j \leq cr_t + O_t \quad \forall t \quad (4)$$

$$O_t \leq or_t \quad \forall t \quad (5)$$

$$O_t, P_{kjt}, B_{kt} \geq 0 \quad \forall k, j, t \quad (6)$$

Gerçek olaylar düşünüldüğünde kapasitenin, hazırlık sürelerinin de dikkate alınarak ayarlanması gerekir. Bu amaçla, kapasitenin aşama aşama ayarlandığı her aşamada yeni kapasite sınırları ile çözümlene yapılan sezgisel yaklaşım, iteratif algoritma önerilmiştir (Yazgaç ve Özdamar, 1996).

İteratif Algoritma;

Bu iteratif algoritmada: Q problemi bir paket program kullanılarak çözülmekte, çıktılarda gerekli üretim süresi (PH_t) ve hazırlık süresi (SH_t) hesaplanmaktadır. Bunların toplamı, gerekli haftalık çalışma süresini vermektedir. Ayrıca modelde, fazla mesai ve arısmarlama maliyetlerinden oluşan toplam maliyet hesaplanmaktadır. İteratif algoritmada aşağıdaki adımlar izlenir:

1. Normal mesai kapasitesi (RC)= cr En Küçük Maliyet (MIC)= ∞
2. Q modelini çöz ($cr=RC$).
3. Q modelinin çözümünü analiz et.
 - 3.1. P_{kjt} değerlerine göre ana üretim planını hazırla.
 - 3.2. Gerekli üretim süresi (PH_t) ve hazırlık süresini (SH_t) haftalık olarak hesapla.
Ek fazla mesai $AO_t = \min\{ (SH_t), \max[0, (PH_t) + (SH_t) - cr]\}$
 - 3.3. Toplam maliyet;
$$TC = \sum_t \max\{0, (PH_t) + (SH_t) - cr\}co + \sum_k \sum_t c_{bk} B_{kt}$$
4. Eğer $TC < MIC$, 5. adıma git. Aksi takdirde dur.
5. Sonraki iterasyona hazırlık;
 - 5.1. Normal mesaiden düşülecek süre $CD = \sum AO_t/T$
 - 5.2. $RC = RC - CD, \forall t$
 - 5.3. $MIC = TC$
 - 5.4. 2. adıma git

AO_t , toplam çalışma süresinden normal mesainin çıkarılması ile bulunur. Bir

sonraki iterasyonda normal mesaiden düşülecek süre CD , AO_t 'nin aritmetik ortalamasına eşittir. CD hesaplanırken, yalnızca hazırlık sürelerinin dahil edilmesiyle hesaplanan ek fazla mesai süresi ele alınmaktadır. Bir sonraki iterasyonda, yeni RC değeri ile Q problemi yeniden çözülür. Eğer toplam maliyet bir önceki iterasyondan düşükse, iterasyonlara devam edilir. Eğer toplam maliyet bir önceki iterasyondan fazla ise ve kapasite düşürülür çözüm, uygun çözüm olmaktan çıkıyorsa işleme devam edilmez, algoritma son çözümü en iyi çözüm kabul eder. Böylece algoritma her iterasyonda ortalama AO_t kadar normal mesaiden kısılarak bazı haftalardaki toplam çalışma sürelerini zaman içerisinde dengelemeyi ve hazırlık sürelerini haftalar arasına dağıtmayı hedeflemektedir.

Burada açıklanmaya çalışılan hiyerarşik üretim planlaması tekniği, üçüncü bölümde, bir üretim işletmesinde uygulanarak, işletme için ana üretim planlaması yapılmaya çalışılacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BİR EMAYE VE DÖKÜM İŞLETMESİNDE HİYERARŞİK ÜRETİM PROGRAMLAMA UYGULAMA DENEMESİ

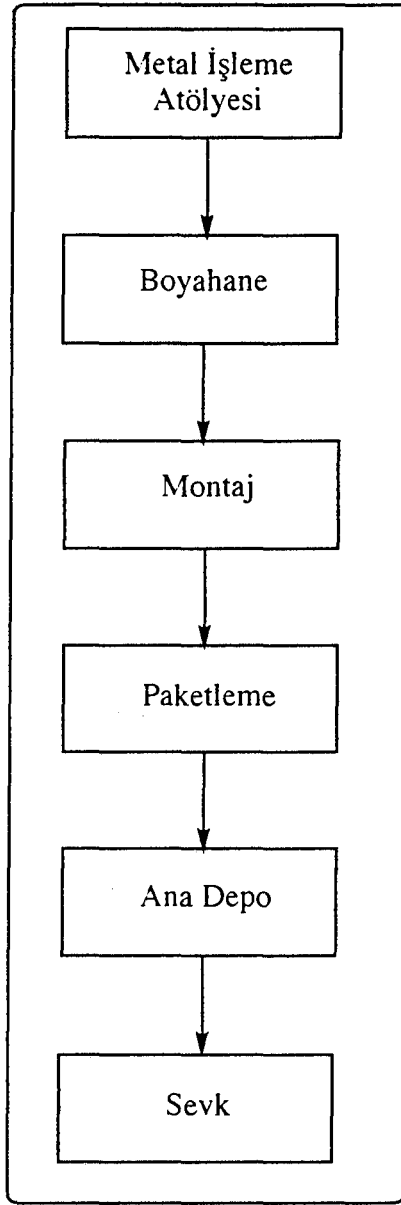
İkinci bölümde açıklanmaya çalışılan hiyerarşik üretim planlaması modeli Eskişehir' de faaliyet gösteren bir emaye ve döküm imalathanesinde denemeye çalışılmıştır.

1. UYGULAMA YAPILAN İŞLETMENİN TANITIMI

İşletme 1985 yılından günümüze emaye ve döküm sektöründe faaliyet göstermektedir. İşletmede yaklaşık 200 personel çalışmakta ve 8 çeşit ürün üretilmektedir. Üretilen ürünler; elektrikli termosifon, tamboyfırın, gazlı ocak, elektrikli ocak, aspiratör, katı yakıtlı soba, elektrikli soba ve mini fırındır.

İşletme İSO9002 kalite belgesine, ayrıca ürünlerini ihraç etmekte olduğu tüm ülkelerin kendi standart enstitüsü belgelerine sahiptir. Bu ülkelerden bazılarında fason üretim yapılırken bazılarında da kendi markasıyla satış yapabilmektedir. Ürünlerini ihraç ettiği ülkeler; Fransa, Almanya, Hollanda, İngiltere, tüm İskandinav ülkeleri, Ermenistan, Rus Cumhuriyetleri, İsrail, Ürdün, Mısır ve Suudi Arabistan' dır.

İşletme sipariş üzerine üretim yapmaktadır. Üretim akışı ise aşağıdaki gibidir. Boyahaneden çıktıktan sonra her bir ürün kendi üretim bandında monte edilmektedir. Bundan sonra paketlenmekte ve ana depoya sevk edilmektedirler.



Şekil 10: Üretim Akışı

Ürünler boyahane dahil olmak üzere her biri diğerinden bağımsız olarak, farklı üretim bandında işlem görmektedirler. Sadece metal işleme atölyesi bölümünde ürünlerin tümü işlem görmektedir. Bu nedenle ürünler ürün aile gruplarına ayrılırken bu bölüm dikkate alınmıştır. Bu bölümde farklı ürün grupları için işlem yapıldığında bir ürün grubundan diğerine geçişte hazırlık süresi gerekmektedir. Bu hazırlık süresi makinelerin bir sonraki ürün grubunun işlemleri için ayarlanmasını içermektedir.

Burada aynı işleme tabi olanlar gruplandırılarak dört farklı ürün aile grubu elde edilmiştir. Gruplandırma işlemi bu bölümün yöneticilerinin verdiği bilgi ve öneriler doğrultusunda yapılmıştır. Buna göre birinci grupta, elektrikli termosifon, mini fırın, tamboy fırın ve gazlı ocak, ikinci grupta, elektrikli ocak ve elektrikli soba, üçüncü grupta aspiratör, dördüncü grupta katı yakıtlı soba yer almaktadır. Modelde geçen fazla mesai maliyeti, mevcut fazla mesai işçiliğinden hesaplanmaktadır. Ardışmarlama maliyeti, ürünün üretildikten sonra, teslim edilmediği süre içinde stokta kalması sonucu, haftalık nakit girişinin gecikmesini temsil eden faiz maliyetidir.

Problemde yer alan parametreler ve sipariş miktarları ise işletme yöneticilerinden elde edilmiştir. Modelde yer alan siparişlerin teslim süreleri, siparişi veren firmanın istekleri, siparişin miktarı, işletmenin mevcut iş yoğunluğuna gibi faktörlerin etkisi altındadır. Ancak bu uygulamaya özgü olarak, işletmenin sipariş teslim süreleri konusunda herhangi bir sıkıntı yaşamadığı varsayılmaktadır. Parametre değerleri aşağıdaki gibidir (Sipariş değerleri ek-1 verilmiştir):

| Co | S _j | c _j | cr | cb _k | Or |
|---------------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|
| 1.25 milyar TL/saat | 0,5 saat | 0,15 saat | 45 saat/hafta | 10000 TL/hafta | 20 saat/hafta |

2. Q MODELİNİN KURULMASI

Model kurulmadan önce aşağıdaki varsayımlar kabul edilmiştir.

- 1) İşletmenin dört haftalık planlama sürecinde siparişlerin bilindiği varsayılmıştır.
- 2) Haftalık normal çalışma süresi Cumartesi yarım gün olmak üzere, toplam 5,5 gün 45 saattir. Fazla mesai süresi ise haftada 20 saat olmaktadır.
- 3) Hammaddenin temini konusunda herhangi bir problemin olmadığı varsayılmıştır.
- 4) İşletmenin ilerideki, dört haftalık dönemde önceden kabul edilip kesinleşen siparişlerin, teslim tarih ve miktarlarının bilindiği varsayılmaktadır.

Parametre ve ekte sunulan sipariş değerleri dikkate alınarak Q modeli oluşturulmuş ve çözülmüştür.

Modelin Formülasyonu:

Karar modelinin kurulabilmesi için önce amaç, karar değişkenleri ve kısıtlayıcılar belirlenir.

Amaç: Fazla mesai ve ardısmarlama maliyetlerini enküçükmektedir

Karar Değişkenleri: k' inci siparişe ait ardısmarlama miktarı(Haftalık)

Haftalık fazla mesai miktarı(saat)

Kısıtlayıcılar:

- (1) İşletme siparişlerin azami teslim süreleri içerisinde teslim edilmesini istemektedir
- (2) Haftalık dönemlerde, üst üste aynı ürün grubuna siparişler alındığında yine bu birikimli siparişlerin süresinde tamamlanmasını istemektedir.
- (3) Üretim, ardısmarlama ve sipariş dengelenmelidir.
- (4) Normal mesai ve fazla mesai kapasitesinin aşılması gerekir.
- (5) Karar değişkenlerinin alacağı değerler negatif olamaz.

Q Modeli

$$\text{Min } Z = 10 B_{11} + 10 B_{12} + 10 B_{13} + 10 B_{14} + 10 B_{21} + 10 B_{22} + 10 B_{23} + 10 B_{24} + 10 B_{31} + 10 B_{32} + 10 B_{33} + 10 B_{34} + 1250 O_1 + 1250 O_2 + 1250 O_3 + 1250 O_4$$

Kısıtlayıcılar:

$$P_{111} + P_{112} + P_{113} + P_{114} \geq 600$$

$$P_{121} + P_{122} + P_{123} + P_{124} \geq 950$$

$$P_{131} + P_{132} + P_{133} + P_{134} \geq 80$$

$$P_{141} + P_{142} + P_{143} + P_{144} \geq 50$$

$$P_{211} + P_{212} + P_{213} \geq 750$$

$$P_{221} + P_{222} + P_{223} \geq 600$$

$$P_{231} + P_{232} + P_{233} \geq 70$$

$$P_{241} + P_{242} + P_{243} \geq 25$$

$$P_{331} + P_{332} \geq 120$$

$$P_{341} + P_{342} \geq 40$$

$$P_{112} \geq 260$$

$$P_{122} \geq 600$$

$$P_{142} \geq 180$$

$$P_{212} + P_{213} + P_{214} \geq 780$$

$$P_{222} + P_{223} + P_{224} \geq 1050$$

$$P_{232} + P_{233} + P_{234} \geq 160$$

$$P_{312} + P_{313} \geq 150$$

$$P_{332} + P_{333} \geq 140$$

$$P_{342} + P_{343} \geq 210$$

$$P_{113} + P_{114} \geq 750$$

$$P_{123} + P_{124} \geq 450$$

$$P_{143} + P_{144} \geq 160$$

$$P_{213} + P_{214} \geq 170$$

$$P_{223} + P_{224} \geq 190$$

$$P_{233} + P_{234} \geq 195$$

$$P_{323} \geq 470$$

$$P_{114} \geq 420$$

$$P_{124} \geq 700$$

$$P_{134} \geq 125$$

$$P_{144} \geq 240$$

$$P_{224} \geq 550$$

$$P_{314} \geq 375$$

$$P_{324} \geq 200$$

$$P_{334} \geq 70$$

$$P_{344} \geq 120$$

$$P_{111} + P_{112} + P_{113} + P_{114} \geq 860$$

$$P_{121} + P_{122} + P_{123} + P_{124} \geq 1550$$

$$P_{141} + P_{142} + P_{143} + P_{144} \geq 230$$

$$P_{211} + P_{212} + P_{213} + P_{214} \geq 1530$$

$$P_{221} + P_{222} + P_{223} + P_{224} \geq 1650$$

$$P_{231} + P_{232} + P_{233} + P_{234} \geq 230$$

$$P_{331} + P_{332} + P_{333} \geq 260$$

$$P_{341} + P_{342} + P_{343} \geq 250$$

$$P_{111} + P_{112} + P_{113} + P_{114} \geq 1610$$

$$P_{121} + P_{122} + P_{123} + P_{124} \geq 2000$$

$$P_{141} + P_{142} + P_{143} + P_{144} \geq 390$$

$$P_{211} + P_{212} + P_{213} + P_{214} \geq 1700$$

$$P_{221} + P_{222} + P_{223} + P_{224} \geq 1840$$

$$P_{231} + P_{232} + P_{233} + P_{234} \geq 425$$

$$P_{111} + P_{112} + P_{113} + P_{114} \geq 2030$$

$$P_{121} + P_{122} + P_{123} + P_{124} \geq 2700$$

$$P_{131} + P_{132} + P_{133} + P_{134} \geq 205$$

$$P_{141} + P_{142} + P_{143} + P_{144} \geq 630$$

$$P_{221} + P_{222} + P_{223} + P_{224} \geq 2390$$

$$P_{111} + P_{121} + P_{131} + P_{141} + B_{11} = 1680$$

$$P_{211} + P_{221} + P_{231} + P_{241} + B_{21} = 1445$$

$$P_{331} + P_{341} + B_{31} = 160$$

$$P_{112} + P_{122} + P_{132} + P_{142} - B_{11} + B_{12} = 1040$$

$$P_{212} + P_{222} + P_{232} + P_{242} - B_{21} + B_{22} = 1990$$

$$P_{312} + P_{332} + P_{342} - B_{31} + B_{32} = 500$$

$$P_{113} + P_{123} + P_{133} + P_{143} - B_{12} + B_{13} = 1360$$

$$P_{213} + P_{223} + P_{233} + P_{243} - B_{22} + B_{23} = 555$$

$$P_{313} + P_{323} + P_{333} + P_{343} - B_{32} + B_{33} = 470$$

$$P_{114} + P_{124} + P_{134} + P_{144} - B_{13} + B_{14} = 1485$$

$$P_{214} + P_{224} + P_{234} - B_{23} + B_{24} = 550$$

$$P_{314} + P_{324} + P_{334} + P_{344} - B_{33} + B_{34} = 765$$

$$0.015 P_{111} + 0.015 P_{211} + 0.015 P_{311} + 0.015 P_{121} + 0.015 P_{221} + 0.015 P_{321} + 0.015 P_{131} + 0.015 P_{231} + 0.015 P_{331} + 0.015 P_{141} + 0.015 P_{241} + 0.015 P_{341} - O_1 \leq 45$$

$$0.015 P_{112} + 0.015 P_{212} + 0.015 P_{312} + 0.015 P_{122} + 0.015 P_{222} + 0.015 P_{322} + 0.015 P_{132} + 0.015 P_{232} + 0.015 P_{332} + 0.015 P_{142} + 0.015 P_{242} + 0.015 P_{342} - O_2 \leq 45$$

$$0.015 P_{113} + 0.015 P_{213} + 0.015 P_{313} + 0.015 P_{123} + 0.015 P_{223} + 0.015 P_{323} + 0.015 P_{133} + 0.015 P_{233} + 0.015 P_{333} + 0.015 P_{143} + 0.015 P_{243} + 0.015 P_{343} - O_3 \leq 45$$

$$0.015 P_{114} + 0.015 P_{214} + 0.015 P_{314} + 0.015 P_{124} + 0.015 P_{224} + 0.015 P_{324} + 0.015 P_{134} + 0.015 P_{234} + 0.015 P_{334} + 0.015 P_{144} + 0.015 P_{244} + 0.015 P_{344} - O_4 \leq 45$$

$$O_1 \leq 20$$

$$O_2 \leq 20$$

$$O_3 \leq 20$$

$$O_4 \leq 20$$

$$P_{kjt}, B_{kt}, O_t \geq 0$$

$$k = 1,2,3$$

$$t = 1,2,3,4$$

$$j = 1,2,3,4$$

3. Q MODELİNİN ÇÖZÜLMESİ

Modelin çözülmesinde Lindo for Pc Release 6.1 (1999) paket programının öğrenci versiyonu kullanılmıştır. Bu versiyonda 150 kısıtlayıcı ve 300 değişkenli modeller çözülebilmektedir. Modelin çözümü ardışıklama ve fazla mesai maliyetlerini minimize eden ana üretim planıdır.

NO. ITERATIONS= 74

| NAME | PRIMAL |
|------|----------|
| B22 | 179.9999 |
| B32 | 350 |
| O1 | 4.274999 |
| P111 | 1020 |
| P112 | 260 |
| P113 | 330 |
| P114 | 420 |
| P121 | 370 |
| P122 | 600 |
| P123 | 1030 |
| P124 | 700 |
| P131 | 80 |
| P134 | 125 |
| P141 | 210 |
| P142 | 180 |
| P144 | 240 |
| P211 | 920 |
| P212 | 240.0001 |
| P213 | 539.9999 |
| P221 | 270 |
| P222 | 1570 |
| P231 | 230 |
| P233 | 195 |
| P241 | 25 |
| P331 | 120 |
| P341 | 40 |
| P224 | 550 |
| P312 | 150 |
| P333 | 140 |

| | |
|------|-----|
| P343 | 210 |
| P323 | 470 |
| P314 | 375 |
| P324 | 200 |
| P334 | 70 |
| P344 | 120 |

4. ÇÖZÜM SONUÇLARI

P_{kjt} sipariş bazında t haftasında j inci ürün grubundan üretilecek miktarı ifade etmektedir. Modelin çözümü sonucunda toplam arđısmarlama ve fazla mesai işçilik maliyeti (minimum), 10.643.750.000 TL olarak bulunmuştur. Bu modelin sonuçları diğer değişken değerleri ile birlikte Ek-2 de verilmiştir. Hazırlık süreleri dahil edilip iteratif algoritma çalıştırıldığında; sonuca birinci iterasyonda ulaşılmakta ve ana üretim planı aynı kalırken toplam maliyet, 14.056.500.000 TL olmaktadır. Bu işlemler Ek-4 de gösterilmiştir. Algoritmanın ikinci iterasyonunda ise toplam maliyet, 17.061.250.000 TL olmuştur. Model ve çözümü Ek-2 de, algoritma sonuçları ise Ek-5 te verilmiştir.

Planlama sürecinde siparişlerin gelmesi ile birlikte model her hafta için çalıştırılarak, haftalık dönem bazında ana üretim planlamasına ulaşılabilir. Hazırlık sürelerinin hesaplamalar yapılırken dikkate alınması; gerçek işletme ortamını modele taşıırken işlemekte olan sistemi daha iyi bir biçimde yansıtmamızda yardımcı olmuştur. Böylece gerçek duruma biraz daha yaklaşılmıştır. İteratif algoritmanın sonucunda normal mesai çalışma süreleri kısılarak üretimin planlama süreci içinde olabildiğince yayılması hedeflenmiştir.

SONUÇ

Ana üretim planlaması, üretim planlaması ve kontrolünün en önemli unsuru durumundadır. Ana üretim planlaması ile belirli bir süre için talebi karşılamak amacıyla, üretim miktarını, insangücü, stok, taşeron kullanım ve fazla mesai sürelerini saptamaktadır. Bu çalışmada, ana üretim planlaması için hiyerarşik üretim planlaması yaklaşımı önerilmiştir.

Hiyerarşik üretim planlamasının, üretim planlamasında kullanılması karar vericiye iki önemli avantaj sağlamaktadır. Bunlardan birincisi ürünlerin ürün aile grupları cinsinden işlem görmesidir. Bu, modeli daha az kısıtlayıcı ve değişkenli hale getirerek çözüm süresinin kısılmasına yardımcı olmaktadır. İkincisi ise, planlama kararları alınırken, belirli karar alma düzeylerine bölünmüş planlama faaliyetleri arasında bilgi akışını sağlayarak, sistemin bütün olarak çalışmasına yardımcı olmaktadır.

Uygulamada işletme yöneticilerinden alınan bilgiler ışığında, bir ana üretim planlaması modeli kurulmuş ve Lindo paket programı ile çözülmüştür. Sonuçlar irdelenerek iteratif algoritma çalıştırılmış, bu işlemler sonucunda hedeflenen amaç doğrultusunda bir ana üretim planı elde edilmiştir.

EKLER

EK1

| | | 1.Ürün Ailesi | 2.Ürün Ailesi | 3.Ürün Ailesi | 4.Ürün Ailesi |
|----------------|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1.HAFTA | 1.Sipariş | 600 | 950 | 80 | 50 |
| | 2.Sipariş | 750 | 600 | 70 | 25 |
| | 3.Sipariş | - | - | 120 | 40 |
| 2.HAFTA | 1.Sipariş | 260 | 600 | - | 180 |
| | 2.Sipariş | 780 | 1050 | 160 | - |
| | 3.Sipariş | 150 | - | 140 | 210 |
| 3.HAFTA | 1.Sipariş | 750 | 450 | - | 160 |
| | 2.Sipariş | 170 | 190 | 195 | - |
| | 3.Sipariş | - | 470 | - | - |
| 4.HAFTA | 1.Sipariş | 420 | 700 | 125 | 240 |
| | 2.Sipariş | - | 550 | - | - |
| | 3.Sipariş | 375 | 200 | 70 | 120 |
| | Toplam | 4255 | 5760 | 960 | 1025 |

ÜRÜN AİLESİ BAZINDA HAFTALIK SİPARİŞLER

EK2

$$\text{Min } z = 10 B_{11} + 10 B_{12} + 10 B_{13} + 10 B_{14} + 10 B_{21} + 10 B_{22} + 10 B_{23} + 10 B_{24} + 10 B_{31} + 10 B_{32} + 10 B_{33} + 10 B_{34} + 1250 O_1 + 1250 O_2 + 1250 O_3 + 1250 O_4$$

Kısıtlayıcılar:

$$P_{111} + P_{112} + P_{113} + P_{114} \geq 600$$

$$P_{121} + P_{122} + P_{123} + P_{124} \geq 950$$

$$P_{131} + P_{132} + P_{133} + P_{134} \geq 80$$

$$P_{141} + P_{142} + P_{143} + P_{144} \geq 50$$

$$P_{211} + P_{212} + P_{213} \geq 750$$

$$P_{221} + P_{222} + P_{223} \geq 600$$

$$P_{231} + P_{232} + P_{233} \geq 70$$

$$P_{241} + P_{242} + P_{243} \geq 25$$

$$P_{331} + P_{332} \geq 120$$

$$P_{341} + P_{342} \geq 40$$

$$P_{112} \geq 260$$

$$P_{122} \geq 600$$

$$P_{142} \geq 180$$

$$P_{212} + P_{213} + P_{214} \geq 780$$

$$P_{222} + P_{223} + P_{224} \geq 1050$$

$$P_{232} + P_{233} + P_{234} \geq 160$$

$$P_{312} + P_{313} \geq 150$$

$$P_{332} + P_{333} \geq 140$$

$$P_{342} + P_{343} \geq 210$$

$$P_{113} + P_{114} \geq 750$$

$$P123 + P124 \geq 450$$

$$P143 + P144 \geq 160$$

$$P213 + P214 \geq 170$$

$$P223 + P224 \geq 190$$

$$P233 + P234 \geq 195$$

$$P323 \geq 470$$

$$P114 \geq 420$$

$$P124 \geq 700$$

$$P134 \geq 125$$

$$P144 \geq 240$$

$$P224 \geq 550$$

$$P314 \geq 375$$

$$P324 \geq 200$$

$$P334 \geq 70$$

$$P344 \geq 120$$

$$P111 + P112 + P113 + P114 \geq 860$$

$$P121 + P122 + P123 + P124 \geq 1550$$

$$P141 + P142 + P143 + P144 \geq 230$$

$$P211 + P212 + P213 + P214 \geq 1530$$

$$P221 + P222 + P223 + P224 \geq 1650$$

$$P231 + P232 + P233 + P234 \geq 230$$

$$P331 + P332 + P333 \geq 260$$

$$P341 + P342 + P343 \geq 250$$

$$P111 + P112 + P113 + P114 \geq 1610$$

$$P121 + P122 + P123 + P124 \geq 2000$$

$$P141 + P142 + P143 + P144 \geq 390$$

$$P211 + P212 + P213 + P214 \geq 1700$$

$$P221 + P222 + P223 + P224 \geq 1840$$

$$P231 + P232 + P233 + P234 \geq 425$$

$$P111 + P112 + P113 + P114 \geq 2030$$

$$P121 + P122 + P123 + P124 \geq 2700$$

$$P131 + P132 + P133 + P134 \geq 205$$

$$P141 + P142 + P143 + P144 \geq 630$$

$$P221 + P222 + P223 + P224 \geq 2390$$

$$P111 + P121 + P131 + P141 + B11 = 1680$$

$$P211 + P221 + P231 + P241 + B21 = 1445$$

$$P331 + P341 + B31 = 160$$

$$P112 + P122 + P132 + P142 - B11 + B12 = 1040$$

$$P212 + P222 + P232 + P242 - B21 + B22 = 1990$$

$$P312 + P332 + P342 - B31 + B32 = 500$$

$$P113 + P123 + P133 + P143 - B12 + B13 = 1360$$

$$P213 + P223 + P233 + P243 - B22 + B23 = 555$$

$$P313 + P323 + P333 + P343 - B32 + B33 = 470$$

$$P114 + P124 + P134 + P144 - B13 + B14 = 1485$$

$$P214 + P224 + P234 - B23 + B24 = 550$$

$$P314 + P324 + P334 + P344 - B33 + B34 = 765$$

$$0.015 P111 + 0.015 P211 + 0.015 P311 + 0.015 P121 + 0.015 P221 + 0.015 P321 + 0.015 P131 + 0.015 P231 + 0.015 P331 + 0.015 P141 + 0.015 P241 + 0.015 P341 - O1 \leq 45$$

$$0.015 P112 + 0.015 P212 + 0.015 P312 + 0.015 P122 + 0.015 P222 + 0.015 P322 + 0.015 P132 + 0.015 P232 + 0.015 P332 + 0.015 P142 + 0.015 P242 + 0.015 P342 - O2 \leq 45$$

$$0.015 P113 + 0.015 P213 + 0.015 P313 + 0.015 P123 + 0.015 P223 + 0.015 P323 + 0.015 P133 + 0.015 P233 + 0.015 P333 + 0.015 P143 + 0.015 P243 + 0.015 P343 - O3 \leq 45$$

$$0.015 P_{114} + 0.015 P_{214} + 0.015 P_{314} + 0.015 P_{124} + 0.015 P_{224} + 0.015 P_{324} + 0.015 P_{134} + 0.015 P_{234} + 0.015 P_{334} + 0.015 P_{144} + 0.015 P_{244} + 0.015 P_{344} - O_4 \leq 45$$

$$O_1 \leq 20$$

$$O_2 \leq 20$$

$$O_3 \leq 20$$

$$O_4 \leq 20$$

$$P_{kjt}, B_{kt}, O_t \geq 0 \quad \forall k,j,t,$$

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 10643.75

| VARIABLE | VALUE | REDUCED COST |
|----------|------------|--------------|
| B11 | 0.000000 | 1.250000 |
| B12 | 0.000000 | 0.000000 |
| B13 | 0.000000 | 10.000000 |
| B14 | 0.000000 | 10.000000 |
| B21 | 0.000000 | 1.250000 |
| B22 | 179.999939 | 0.000000 |
| B23 | 0.000000 | 10.000000 |
| B24 | 0.000000 | 10.000000 |
| B31 | 0.000000 | 1.250000 |
| B32 | 350.000000 | 0.000000 |
| B33 | 0.000000 | 10.000000 |
| B34 | 0.000000 | 10.000000 |
| O1 | 4.274999 | 0.000000 |
| O2 | 0.000000 | 583.333313 |
| O3 | 0.000000 | 1250.000000 |
| O4 | 0.000000 | 1250.000000 |

| | | |
|------|-------------|----------|
| P111 | 1020.000000 | 0.000000 |
| P112 | 260.000000 | 0.000000 |
| P113 | 330.000000 | 0.000000 |
| P114 | 420.000000 | 0.000000 |
| P121 | 370.000000 | 0.000000 |
| P122 | 600.000000 | 0.000000 |
| P123 | 1030.000000 | 0.000000 |
| P124 | 700.000000 | 0.000000 |
| P131 | 80.000000 | 0.000000 |
| P132 | 0.000000 | 0.000000 |
| P133 | 0.000000 | 0.000000 |
| P134 | 125.000000 | 0.000000 |
| P141 | 210.000000 | 0.000000 |
| P142 | 180.000000 | 0.000000 |
| P143 | 0.000000 | 0.000000 |
| P144 | 240.000000 | 0.000000 |
| P211 | 920.000000 | 0.000000 |
| P212 | 240.000061 | 0.000000 |
| P213 | 539.999939 | 0.000000 |
| P221 | 270.000000 | 0.000000 |
| P222 | 1570.000000 | 0.000000 |
| P223 | 0.000000 | 0.000000 |
| P231 | 230.000000 | 0.000000 |
| P232 | 0.000000 | 0.000000 |
| P233 | 195.000000 | 0.000000 |
| P241 | 25.000000 | 0.000000 |
| P242 | 0.000000 | 0.000000 |
| P243 | 0.000000 | 0.000000 |
| P331 | 120.000000 | 0.000000 |
| P332 | 0.000000 | 0.000000 |
| P341 | 40.000000 | 0.000000 |
| P342 | 0.000000 | 0.000000 |

| | | |
|------|------------|-----------|
| P214 | 0.000000 | 0.000000 |
| P224 | 550.000000 | 0.000000 |
| P234 | 0.000000 | 0.000000 |
| P312 | 150.000000 | 0.000000 |
| P313 | 0.000000 | 0.000000 |
| P333 | 140.000000 | 0.000000 |
| P343 | 210.000000 | 0.000000 |
| P323 | 470.000000 | 0.000000 |
| P314 | 375.000000 | 0.000000 |
| P324 | 200.000000 | 0.000000 |
| P334 | 70.000000 | 0.000000 |
| P344 | 120.000000 | 0.000000 |
| P311 | 0.000000 | 18.750000 |
| P321 | 0.000000 | 18.750000 |
| P322 | 0.000000 | 10.000000 |
| P244 | 0.000000 | 0.000000 |

EK3

$$\text{Min } z = 10 B_{11} + 10 B_{12} + 10 B_{13} + 10 B_{14} + 10 B_{21} + 10 B_{22} + 10 B_{23} + 10 B_{24} + 10 B_{31} + 10 B_{32} + 10 B_{33} + 10 B_{34} + 1250 O_1 + 1250 O_2 + 1250 O_3 + 1250 O_4$$

Kısıtlayıcılar:

$$P_{111} + P_{112} + P_{113} + P_{114} \geq 600$$

$$P_{121} + P_{122} + P_{123} + P_{124} \geq 950$$

$$P_{131} + P_{132} + P_{133} + P_{134} \geq 80$$

$$P_{141} + P_{142} + P_{143} + P_{144} \geq 50$$

$$P_{211} + P_{212} + P_{213} \geq 750$$

$$P_{221} + P_{222} + P_{223} \geq 600$$

$$P_{231} + P_{232} + P_{233} \geq 70$$

$$P_{241} + P_{242} + P_{243} \geq 25$$

$$P_{331} + P_{332} \geq 120$$

$$P_{341} + P_{342} \geq 40$$

$$P_{112} \geq 260$$

$$P_{122} \geq 600$$

$$P_{142} \geq 180$$

$$P_{212} + P_{213} + P_{214} \geq 780$$

$$P_{222} + P_{223} + P_{224} \geq 1050$$

$$P_{232} + P_{233} + P_{234} \geq 160$$

$$P_{312} + P_{313} \geq 150$$

$$P_{332} + P_{333} \geq 140$$

$$P_{342} + P_{343} \geq 210$$

$$P113 + P114 \geq 750$$

$$P123 + P124 \geq 450$$

$$P143 + P144 \geq 160$$

$$P213 + P214 \geq 170$$

$$P223 + P224 \geq 190$$

$$P233 + P234 \geq 195$$

$$P323 \geq 470$$

$$P114 \geq 420$$

$$P124 \geq 700$$

$$P134 \geq 125$$

$$P144 \geq 240$$

$$P224 \geq 550$$

$$P314 \geq 375$$

$$P324 \geq 200$$

$$P334 \geq 70$$

$$P344 \geq 120$$

$$P111 + P112 + P113 + P114 \geq 860$$

$$P121 + P122 + P123 + P124 \geq 1550$$

$$P141 + P142 + P143 + P144 \geq 230$$

$$P211 + P212 + P213 + P214 \geq 1530$$

$$P221 + P222 + P223 + P224 \geq 1650$$

$$P231 + P232 + P233 + P234 \geq 230$$

$$P331 + P332 + P333 \geq 260$$

$$P341 + P342 + P343 \geq 250$$

$$P111 + P112 + P113 + P114 \geq 1610$$

$$P121 + P122 + P123 + P124 \geq 2000$$

$$P141 + P142 + P143 + P144 \geq 390$$

$$P211 + P212 + P213 + P214 \geq 1700$$

$$P221 + P222 + P223 + P224 \geq 1840$$

$$P231 + P232 + P233 + P234 \geq 425$$

$$P111 + P112 + P113 + P114 \geq 2030$$

$$P121 + P122 + P123 + P124 \geq 2700$$

$$P131 + P132 + P133 + P134 \geq 205$$

$$P141 + P142 + P143 + P144 \geq 630$$

$$P221 + P222 + P223 + P224 \geq 2390$$

$$P111 + P121 + P131 + P141 + B11 = 1680$$

$$P211 + P221 + P231 + P241 + B21 = 1445$$

$$P331 + P341 + B31 = 160$$

$$P112 + P122 + P132 + P142 - B11 + B12 = 1040$$

$$P212 + P222 + P232 + P242 - B21 + B22 = 1990$$

$$P312 + P332 + P342 - B31 + B32 = 500$$

$$P113 + P123 + P133 + P143 - B12 + B13 = 1360$$

$$P213 + P223 + P233 + P243 - B22 + B23 = 555$$

$$P313 + P323 + P333 + P343 - B32 + B33 = 470$$

$$P114 + P124 + P134 + P144 - B13 + B14 = 1485$$

$$P214 + P224 + P234 - B23 + B24 = 550$$

$$P314 + P324 + P334 + P344 - B33 + B34 = 765$$

$$0.015 P111 + 0.015 P211 + 0.015 P311 + 0.015 P121 + 0.015 P221 + 0.015 P321 + 0.015 P131 + 0.015 P231 + 0.015 P331 + 0.015 P141 + 0.015 P241 + 0.015 P341 - O1 \leq 45$$

$$0.015 P112 + 0.015 P212 + 0.015 P312 + 0.015 P122 + 0.015 P222 + 0.015 P322 + 0.015 P132 + 0.015 P232 + 0.015 P332 + 0.015 P142 + 0.015 P242 + 0.015 P342 - O2 \leq 45$$

$$0.015 P113 + 0.015 P213 + 0.015 P313 + 0.015 P123 + 0.015 P223 + 0.015 P323 + 0.015 P133 + 0.015 P233 + 0.015 P333 + 0.015 P143 + 0.015 P243 + 0.015 P343 - O3 \leq 45$$

$$0.015 P_{114} + 0.015 P_{214} + 0.015 P_{314} + 0.015 P_{124} + 0.015 P_{224} + 0.015 P_{324} + 0.015 P_{134} + 0.015 P_{234} + 0.015 P_{334} + 0.015 P_{144} + 0.015 P_{244} + 0.015 P_{344} - O_4 \leq 45$$

$$O_1 \leq 20$$

$$O_2 \leq 20$$

$$O_3 \leq 20$$

$$O_4 \leq 20$$

$$P_{kjt}, B_{kt}, O_t \geq 0 \quad \forall k,j,t$$

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 66

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 12058.33

| VARIABLE | VALUE | REDUCED COST |
|----------|------------|--------------|
| B11 | 0.000000 | 10.000000 |
| B12 | 0.000000 | 0.000000 |
| B13 | 0.000000 | 1.250000 |
| B14 | 0.000000 | 10.000000 |
| B21 | 0.000000 | 10.000000 |
| B22 | 68.333397 | 0.000000 |
| B23 | 0.000000 | 1.250000 |
| B24 | 0.000000 | 10.000000 |
| B31 | 0.000000 | 10.000000 |
| B32 | 500.000000 | 0.000000 |
| B33 | 0.000000 | 1.250000 |
| B34 | 0.000000 | 10.000000 |

| | | |
|------|-------------|-------------|
| O1 | 4.974999 | 0.000000 |
| O2 | 0.124998 | 0.000000 |
| O3 | 0.000000 | 666.666687 |
| O4 | 0.000000 | 1250.000000 |
| P111 | 1020.000000 | 0.000000 |
| P112 | 260.000000 | 0.000000 |
| P113 | 330.000000 | 0.000000 |
| P114 | 420.000000 | 0.000000 |
| P121 | 370.000000 | 0.000000 |
| P122 | 600.000000 | 0.000000 |
| P123 | 1030.000000 | 0.000000 |
| P124 | 700.000000 | 0.000000 |
| P131 | 80.000000 | 0.000000 |
| P132 | 0.000000 | 0.000000 |
| P133 | 0.000000 | 0.000000 |
| P134 | 125.000000 | 0.000000 |
| P141 | 210.000000 | 0.000000 |
| P142 | 180.000000 | 0.000000 |
| P143 | 0.000000 | 0.000000 |
| P144 | 240.000000 | 0.000000 |
| P211 | 920.000000 | 0.000000 |
| P212 | 610.000000 | 0.000000 |
| P213 | 170.000000 | 0.000000 |
| P221 | 525.000000 | 0.000000 |
| P222 | 1286.666626 | 0.000000 |
| P223 | 28.333399 | 0.000000 |
| P231 | 0.000000 | 0.000000 |
| P232 | 0.000000 | 0.000000 |
| P233 | 425.000000 | 0.000000 |
| P241 | 0.000000 | 0.000000 |
| P242 | 25.000000 | 0.000000 |
| P243 | 0.000000 | 0.000000 |

| | | |
|------|------------|-----------|
| P331 | 120.000000 | 0.000000 |
| P332 | 0.000000 | 0.000000 |
| P341 | 40.000000 | 0.000000 |
| P342 | 0.000000 | 0.000000 |
| P214 | 0.000000 | 0.000000 |
| P224 | 550.000000 | 0.000000 |
| P234 | 0.000000 | 0.000000 |
| P312 | 0.000000 | 0.000000 |
| P313 | 150.000000 | 0.000000 |
| P333 | 140.000000 | 0.000000 |
| P343 | 210.000000 | 0.000000 |
| P323 | 470.000000 | 0.000000 |
| P314 | 375.000000 | 0.000000 |
| P324 | 200.000000 | 0.000000 |
| P334 | 70.000000 | 0.000000 |
| P344 | 120.000000 | 0.000000 |
| P311 | 0.000000 | 18.750000 |
| P321 | 0.000000 | 18.750000 |
| P322 | 0.000000 | 18.750000 |
| P244 | 0.000000 | 0.000000 |

EK4

ALGORİTMANIN BİRİNCİ İTERASYON SONUÇLARI

 $cr=45$ $PH1=49,28$ $PH2=45$ $PH3=43,725$ $PH4=42$ $SH1=1,5$ $SH2=1$ $SH3=1,5$ $SH4=1,5$

ZORLANAN EK MESAI MİKTARI:

 $AO1 = 1,5$ $AO2 = 1$ $AO3= 0,225$ $AO4 = 0$ $CD= \sum AO_i / T$ NORMAL MESAI SÜRESİNDEN DÜŞÜLECEK SÜRE $CD= 0,7$ YENİ NORMAL MESAI SÜRESİ; $RC=44,3$ $\forall t$ TOPLAM MALİYET $TC=14.056.500.000$ TL

EK5

ALGORİTMANIN İKİNCİ İTERASYON SONUÇLARI

$$cr=44,3$$

$$PH1=49,28$$

$$PH2=44,43$$

$$PH3=44,3$$

$$PH4=42$$

$$SH1=1,5$$

$$SH2=1$$

$$SH3=1,5$$

$$SH4=1,5$$

ZORLANAN EK MESAI MİKTARI:

$$AO1 = 1,5$$

$$AO2 = 1$$

$$AO3= 1,5$$

$$AO4 = 0$$

$$CD= \sum AO_i / T$$

NORMAL MESAI SÜRESİNDEN DÜŞÜLECEK SÜRE CD= 1

YENİ NORMAL MESAI SÜRESİ; RC=43,3 $\forall t$

TOPLAM MALİYET TC=17.061.250.000 TL

KAYNAKÇA

- Acar, Nesime, **Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları**. M.P.M. Yayınları, No 280, Ankara 1989, s.2, 9, 25, 91.
- Aslan, Demir A., **Mühendisler ve İşletmeciler İçin Üretim Planlama**. Bilgehan Basımevi, İzmir, 1985, s.23, 245.
- Axsäter, Sven. "On the Feasibility of Aggregate Production Plans", **Operations Research**. Vol. 34, No: 5, September-October 1996, p. 796-800.
- Bowers, Melissa R., James P.Jarvis. "A Hierarchical Production Planning and Scheduling Model", **Decision Sciences**, Vol. 23, 1991, s.144-148.
- Bowman, Edward. H. and Robert B. Fetter, **Analysis for Production and Operations Management**. Third Edi., Irwin Inc., Illionis, 1967, p.802-805.
- Buffa, Elwood. S. **Operations Management : The Management of Productive Systems**. John Wiley and Sons, New York, 1976, p. 451, 470.
- Candea, A.D. and Hax, A.C. **Production and Inventory Management**. New York: Prentice Hall, 1987, p.72-78.
- Charnes, Cooper. "Goal Programming and Multiple Objective Optimizations", **European Journal of Operational Research**. Vol. 1, No: 1, 1977, p. 340-362.

Davis K. Rocoe, Mc Keown, Patrick G., Robes Terry R. **Management Science An Introduction**. Boston, Kent Publishing Co., 1986, p. 361-375.

Demir, Hulusi, **Üretim Yönetimi**. Üçüncü Baskı, Aydın Yayınevi, İzmir, 1988, s.1, 5.

Demir, Hulusi ve Gümüšoğlu, Şevkinaz, **Üretim Yönetimi**. Cilt 2, Aydın Yayınevi, İzmir 1986, s.54, 56.

Demir, M.Hulusi. ve Gümüšoğlu. Şevkinaz. **Üretim Yönetimi / İşlemler Yönetimi**. 5. Baskı. İstanbul: Beta Yayınevi, 1998 s.6, 60, 160, 382.

Edward H Bowner, Robert B. Fetter. **Analysis for Production and Operations Management**. Third Edition. Illionis: Irwin Inc. p. 802-805.

Gavett, J. William, **Production and Operations Management**, The McMillian Co. New York, 1968, s.194-195.

Gilgeous, Vic, "Modelling Realism In Aggregate Planning: A Goal-Search Approach", **International Journal Of Operations Research**. Vol. 27, p.1179-1193.

Gülerman, Adnan, **Yığın Üretimi Planlaması Programlaması ve Stok Kontrolü Metodlarının Bir Madeni Eşya Üreten Firmaya Uygulanması**. Sevinç Matbaası, Ankara 1971, s. 98.

Gürdoğan, Nazif, **Üretim Planlamasında Doğrusal Programlama ve Demir Çelik Endüstrisinde Bir Uygulama**. Ankara, 1981, s.15-19.

Hax, A.C. "Aggregate Production Planning", **Handbook of Operations Research**, VanNostrand Reinhold. New York, 1978, p.40

Hughes, Ann J. and Grawiog, Dennis E. **Linear Programming An Emphasis On Decision**. New York: Addison-Wesley Publishing Inc. 1973, p. 300-312.

Kistner, Klaus, Schumacher, Stephan ve Steven Marion, "Hierarchical Production Planning In Group Technologies", **New Directions For Operations Research In Manufacturing**. Proceedings of a Joint US / German Conference 1992, p.60

K.P. Kistner, M. Switalski, "Hierarchical Production Planning Necessity Problems and Methods", **ZOR- Methods and Models of Operations Research**. 1989, Vol.33, p.199

Krajewski, Lee J. and Ritzman, Larry P. **Operations Management Strategy and Analysis**. Fourth Edition, Massachusetts: Wesley Publishing Company Reading, 1996, p.594.

Kostas, Dervitsiotis, N. **Operations Management**, Auckland: McGraw-Hill International Book Co., 1981, p. 475, 478-483.

Kuip, C. A. C. "Algebraic Languages for Mathematical Programming" **Journal Of Operational Research**. Vol. 67, 1993, p. 35.

Lin, C.W., Modie, C.L., "Hierarchical Production Planning For a Modern Steel Manufacturing System", **Internation Journal of Production Research**. Vol.127, 1989, p.613.

Mehra Anshu, Ionnis Minis, Jean M. Proth. **Hierachical Production Planning for Complex Manufacturing Systems**. Maryland: 1994. s. 2.-7.

Nam, Song-Jin, Logendran Rasaratnam, "Aggregate Production Planning Models", **European Journal Of Operations Research**. Vol. 61, 1992, p. 255-272.

- Öztürk, Ahmet. **Yöneylem Araştırması**. Ekim Kitabevi, Bursa, 1994, s. 17.
- Render, Barry and Stair Ralph M. **Quantative Analysis For Management**. Fourth Edition, Allyn and Bacon, New York, 1991, p. 604-605.
- Saatçioğlu, Ömer. **Ana Üretim Planlama Sistemi Tasarımı**. ODTÜ, Ankara 1987, s.7-8.
- Sierksma, Gerald. **Linear and Integer Programming : Theory and Practice**. New York: Marcel Dekker Inc. 1996, p. 45.
- Silver, Edward A. and Peterson. Rein. **Decision Systems For Inventory Management And Production Planning**. Second Edition, New York: John Wiley and Sons, 1985 p.90-106, 558-559, 575-577.
- Silver, Edward A., Pyke David F., Peterson, Rein. **Inventory Management and Production Planning and Scheduling**, New York : J. Wiley, 1998. p. 502-505.
- Song, M. Lee., Laurence, T. Moore. Bernand, Taylor. **Management Science**. Third Edition, New York: Allyn and Bacon, 1990, p. 662-670.
- Switalski, Marion. "Feelds of Application of Hierarchical Production Planning", **VIII. Symposium on Operations Research**, University of Paderborn, September, 1998, p.145.
- Stevenson, William J., **Production / Operations Management**. Fifth Edition, Irwin Co., London, 1996, p. 14, 35-40, 598, 609.
- Şahin, Mehmet, **Üretim Yönetimi**. Eskişehir, 1998, s.35-39.

Tersine, Richard J., **Production / Operations Management**, Second Edition, North-Holland, New York, 1985. p.8, 458-460, 497

Tulunay, Yılmaz. **Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları**. İstanbul: 1980, s 491.

Tütek, Hülya H. ve Gümüsoğlu, Şevkinaz. **Sayısal Yöntemler / Yönetmel Yaklaşım**. Genişletilmiş ve Yenilenmiş 2.Bası. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım, 1994, s.2-4

Vollman, E.Thomas, Berry, L. and Whybark, D.Clay, **Manufacturing Planning and Control Systems**, Fourth Edition, Irwin McGraw Hill, 1997, p.3, 15, 615-622.

Welam, Ulf Peter. "An HMMS Type Interactive Model for Aggregate Planning" **Management Science**. Vol.24, No 5, January 1975. p. 564-567.

Yazgaç T., Özdamar L., "Sipariş Üzerine Üretimde Ürün Ailelerine Bağlı Bir Üretim Planlama Yaklaşımı", **Yönelem Araştırması Dergisi**. 1996, Sayı 2, s.61-72.