

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

106255

ÜRETİM PLANLAMA VE KONTROL
SİSTEMİNİN TEMEL GİRDİLERİNE BAĞLI OLARAK
TOPLU ÜRETİM PLANLAMASININ BİLGİSAYAR
DESTEKLİ OPTİMİZASYONU

Endüstri Müh. Doğan ÖZGEN

106255

F.B.E Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEC. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Yaşar Baki CENGİZ

JÜRİ

Prof. Yaşar B. CENGİZ

Prof. Dr. Hacıyın BAYLIGİL

Yrd. Doç. Dr. Fahri TAŞGI

İSTANBUL, 2001

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMA LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
ÖNSÖZ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. ÜRETİM PLANLAMA VE KONTROL SİSTEMİ.....	3
2.1 Üretim Planlama ve Kontrol (ÜPK) Sisteminin Tanımı.....	3
2.2 Üretim Planlama ve Kontrol Faaliyetlerinin Organizasyonlardaki Yeri.....	6
2.2.1 Üretim planlama ve kontrol faaliyetlerinin sağladığı yararlar.....	6
2.3 Üretim planlama ve Kontrol Faaliyetlerinin Aşamaları ve Girdileri.....	7
2.4 Üretim Proseslerinin Yürütülmesi.....	10
2.4.1 Üretim/Lojistik prosesleri.....	10
2.4.2 Yönetimsel problemler.....	11
2.4.3 Veri tabanı.....	15
2.5 Üretim Planlama Hiyerarşisi.....	15
2.6 Üretim Tiplerinin Sınıflandırılması.....	17
2.6.1 Atölye tipi üretim-Yığın üretimi.....	17
2.6.2 Stoğa üretim, siparişe göre üretim, siparişe montaj	19
2.6.3 Son ürünün cinsine göre sınıflandırma.....	21
2.7 ÜPK Sistemlerinin Yönetim Yaklaşımları.....	22
2.7.1 Havuz sistemi.....	22
2.7.2 İtme sistemi.....	23
2.7.3 Çekme sistemi.....	23
2.7.4 Diğer Yaklaşımlar.....	25
3. TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİ.....	27
3.1 Talep Tahmininin Zaman Aralığı.....	27
3.2 Talep Tahmininin Üretim Planlama ve Kontrol Açısından Önemi ve Prensipleri	28
3.3 Hata Ölçme.....	28
3.4 Kısa Süreli Tahmin Yöntemleri.....	29
3.4.1 Hareketli ortalama.....	29
3.4.2 Ağırlıklı hareketli ortalama.....	30
3.4.3 Üssel düzeltme.....	31
3.5 Eğri Yardımıyla Tahmin.....	39

3.6	Yeni Bir İşletme İçin Talep Tahmini.....	43
3.7	Toplu Talep Tahminlerinin Detaylandırılması.....	45
4.	TOPLU ÜRETİM PLANLAMA.....	50
4.1	Toplu Üretim Planlama Kavramı.....	51
4.2	Toplu Üretim Planlamanın Amaç ve Kapsamı.....	51
4.3	Toplu Üretim Planlama Teknikleri.....	54
4.3.1	Deneme yanılma tekniği.....	54
4.3.2	Matematiksel teknikler.....	64
4.4	Toplu Üretim Planlamanın Ana Üretim Çizelgelemeye Açılımı.....	72
4.5	Toplu Üretim Planlamada Excel Solver Aracının Kullanılması.....	72
5.	ANA ÜRETİM ÇİZELGELEME (AÜÇ).....	75
5.1	Ana Üretim Çizelgelemenin Aşamaları.....	76
5.2	Ana Üretim Çizelgeleme.....	77
5.3	Ana Üretim Çizelgesinin Oluşturulması.....	78
5.3.1	Zaman fazlı kayıt tutma.....	78
5.3.2	Zamana bağlı olarak AÜÇ'nin güncellenmesi.....	80
5.3.3	Kesinleşen siparişler.....	81
5.3.4	Siparişe bağlı olarak talep tahmininin birleştirilmesi.....	84
5.4	İki Kademeli Ana Üretim Çizelgeleme.....	85
5.4.1	Müşteri siparişlerinin kayıt edilmesi.....	87
5.4.2	Alternatif teknikler.....	89
5.4.2.1	Alternatif siparişe gönderilebilecek dönem sonu stok açılımı.....	89
5.4.2.2	Gelen siparişlerin yönetilmesi.....	90
5.4.2.3	Ana üretim çizelgelemenin kapasite cinsinden düzenlenmesi.....	91
5.4.3	Mamul ağacı oluşturulması.....	92
6.	UYGULAMA.....	98
6.1	Yöntem.....	98
6.2	Optimizasyon Aracı.....	98
6.3	Bir Buzdolabı Firmasına Ait Optimum Toplu Üretim Planının Yaratılması.....	99
6.3.1	Firmanın toplu üretim planına başlamadan önce sahip olduğu veriler ve bu verilerle Excel tablosunun düzenlenmesi.....	99
6.3.2	Firmanın toplu üretim planı yapmaktaki amacı.....	103
6.3.3	Solver tablosu ve optimizasyonun çalıştırılması.....	103
6.4	Optimizasyonun Sonucu.....	106
7.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	108
	KAYNAKLAR.....	110
	ÖZGEÇMİŞ.....	112

KISALTMA LİSTESİ

ATP	Available to Promise
AÜÇ	Ana Üretim Çizelgeleme
DBS	Dönem Başı Stok
DSS	Dönem Sonu Stok
HSS	Hatanın Sapması
JIT	Just in Time
MİP	Malzeme İhtiyaç Planlaması
MRP	Material Requirements Planning
OH	Hataların Ortalaması
OHK	Hataların Karelerinin Ortalaması
OKKA	Ortak Komponent Kullanım Analizi
OMH	Hata Ortalamasının Mutlak Değeri
OÜT	Optimize Üretim Teknolojisi
SG-DSS	Siparişe Gönderilebilecek Dönem Sonu Stok
TZÜ	Tam Zamanında Üretim
ÜPK	Üretim Planlama ve Kontrol



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	ÜPK ile üst yönetimin ilişkisi.....	5
Şekil 2.2	ÜPK sisteminin üç aşaması.....	8
Şekil 2.3	Üretim/Lojistik süreçleri ve karşılaşılan problemler.....	12
Şekil 2.4	Uzun, orta, kısa dönemli planlamanın birbiriyle olan ilişkisi.....	16
Şekil 2.5	Ana üretim çizelgeleme ile diğer üretim fonksiyonlarının ilişkisi.....	17
Şekil 2.6	Üretim tiplerinde ürün miktarı-ürün çeşitliliği ilişkisi.....	19
Şekil 2.7	Stokla yürütülen veya siparişe göre yapılan üretimler için sınıflandırma.....	20
Şekil 2.8	ÜPK planlamasına havuz sistemi yaklaşımı.....	22
Şekil 2.9	TZÜ felsefesinin temel yapıtaşları.....	24
Şekil 3.1	Yıllar ve talep arasındaki ilişki.....	41
Şekil 3.2	Toplu talep tahmininin detaylandırılması.....	46
Şekil 3.3	Toplu talep tahmininin detaylandırılması.....	47
Şekil 3.4	Toplu talep tahmininin detaylandırılması.....	48
Şekil 3.5	Toplu hale getirmenin tahmin doğruluğuna etkisi.....	49
Şekil 4.1	Kısa,orta,uzun dönemli planlamalarda yapılan işler.....	50
Şekil 4.2	Toplu üretim planı.....	52
Şekil 4.3	Kümülatif üretimin ihtiyaçları, kümülatif üretim, zaman.....	60
Şekil 4.4	Kuadratik işe alma/çıkarma maliyetleri.....	71
Şekil 4.5	Toplu üretim planının AÜÇ'ye açılımı.....	73
Şekil 4.6	Toplu üretim planı ve solver kullanımı.....	74
Şekil 5.1	AÜÇ'nin girdileri ve çıktıları.....	79
Şekil 5.2	AÜÇ'nin revize edilmesi.....	81
Şekil 5.3	Kaplamalı masa ürünü için detaysız mamul ağacı.....	86
Şekil 5.4	A ürün ailesinin mamul ağacının detaylandırılması.....	97
Şekil 6.1	Optimizasyon sırasında solver menüsü.....	105
Şekil 6.2	Optimizasyon sırasında solver-options menüsünün görünümü.....	106

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1	6 aylık talepler.....	30
Çizelge 3.2	Taleplerdeki göreceli ağırlıklar.....	31
Çizelge 3.3	$\alpha=0,2$ değeri için talep tahmini.....	33
Çizelge 3.4	$\alpha=0,6$ değeri için talep tahmini.....	33
Çizelge 3.5	1. döneme ait tahmin verisi ve α değeri.....	35
Çizelge 3.6	Tahmin değerleri için Excel’de formül yazılması.....	35
Çizelge 3.7	F_t tahmin sütun değerlerinin hesaplanması.....	36
Çizelge 3.8	Çizelge 3.7 içindeki son değerler.....	36
Çizelge 3.9	Hatanın minimum yapılabilmesi için Excel Solver aracının kullanılması.....	38
Çizelge 3.10	Hatanın minimum değeri ve son α değeri.....	39
Çizelge 3.11	Bir kereste üreticisi için geçmiş yıllardaki talep.....	41
Çizelge 3.12	Tahmin edilmiş talep.....	43
Çizelge 3.13	Yurtiçi tüketimler.....	44
Çizelge 4.1	Düzgün olmayan talebi karşılayabilmek için stratejiler.....	53
Çizelge 4.2	Toplu üretim planlama için tablolama örneği 1.....	55
Çizelge 4.3	Toplu üretim planlama için tablolama örneği 2.....	56
Çizelge 4.4	Bir yelken firmasının 12 aylık üretim adetleri tahmini.....	59
Çizelge 4.5	Sadece işgücü oranını değiştiren 12 aylık plan.....	61
Çizelge 4.6	Sadece envanter seviyesini değiştiren 12 aylık plan.....	62
Çizelge 4.7	Karma 12 aylık plan.....	63
Çizelge 4.8	Toplu üretim planlama için transport yöntemi kayıt formu.....	69
Çizelge 5.1	Ana üretim çizelgeleme örneği.....	78
Çizelge 5.2	AÜÇ’de sabit üretim stratejisi.....	79
Çizelge 5.3	AÜÇ’de talebi izleme stratejisi.....	80
Çizelge 5.4	AÜÇ’de parti üretimi.....	80
Çizelge 5.5	1 hafta geçtikten sonra AÜÇ talep tahminlerinin gözden geçirilmesi.....	81
Çizelge 5.6	1 hafta geçtikten sonra talep tahmininin değişimi sonucu üretimin revizyonu.....	82
Çizelge 5.7	Söz verilen sipariş örneği: hafta 1.....	82
Çizelge 5.8	Söz verilen sipariş örneği: hafta 2.....	83
Çizelge 5.9	Söz verilen sipariş örneği: hafta 3.....	84
Çizelge 5.10	Kaplamalı masa ürünü için 2 kademeli AÜÇ kaydı.....	87
Çizelge 5.11	Model 623 için 40 adetlik siparişin yerleştirilmesinden sonra AÜÇ kaydı.....	88
Çizelge 5.12	3.haftada 2 kademeli AÜÇ kaydının durumu.....	90
Çizelge 5.13	4.haftanın başlangıcı (tüketilmemiş miktar eklenmemiş).....	90
Çizelge 5.14	4.haftanın başlangıcı (tüketilmemiş miktar eklenmiş).....	91
Çizelge 5.15	Kaynak bölümünün kapasite planlaması.....	92
Çizelge 5.16	Matris mamul ağacı yapısı.....	93
Çizelge 5.17	Bir malzeme taşıyıcısı üreticisi için OKKA uygulaması.....	96
Çizelge 6.1	Toplu üretim planı formu-tablosu.....	100
Çizelge 6.2	Talep tahmini ile teslimat arasındaki sayısal ilişki.....	102
Çizelge 6.3	Toplu üretim planlamanın Excel’de formülasyonu.....	104
Çizelge 6.4	Toplu üretim planının optimum çözümü.....	107

ÖNSÖZ

Bu çalışmada günümüzde firmalar açısından çok önemli olan üretim planlama faaliyetlerinin girdileri incelenerek, bu faaliyetlerde oluşacak maliyetler düşürülmeye çalışılmıştır. Bunu gerçekleştirirken de bilgisayar desteğinden ve lineer programlamadan faydalanılmıştır.

Yapılan uygulama çalışması ile tezde savunulan konular, bir buzdolabı üreticisine uyarlanmış ve sonuçlar incelenmiştir.

Bu çalışmanın hazırlanması sırasında bana yol gösteren Sayın Hocam Prof.Yaşar Baki CENGİZ'e, değerli katkılarından dolayı Sayın Hocam Yrd.Doç.Dr.H.İbrahim ERDEM'e, maddi ve manevi desteğiyle her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.

İstanbul, 2001

Endüstri Müh.Doğan ÖZGEN



ÖZET

Üretim planlama ve kontrol sistemi, endüstriyel işletmelerin stratejik karar/amaçları ile üretim sahası arasında köprü görevi görür. Şirket vizyonundaki hedefler sayısal olarak belirlendikten sonra üretim planlama ve kontrol sistemi bu verilere bağlı olarak çalışmaya başlar. Üretim planlama ve kontrol sistemi üç safhada değerlendirilebilir; üretim planlama ve kontrolün girdileri, üretim planlama ve kontrolün bu girdilere bağlı olarak işleyişi ve son olarak üretim planlama ve kontrolün çıktıları/raporları.

Üretim planlama ve kontrolün girdilerini oluşturan modüller tezin farklı bölümlerinde ele alınmıştır. Çalışmanın giriş bölümünde üretim planlama hakkında genel bir bilgi verilmiş ve girdilerinin neler olduğundan bahsedilmiştir.

İkinci bölümde, üretim planlama ve kontrol sisteminin tanımına ve organizasyonel açıdan öneminde yer verilmiştir. Ayrıca üretim tiplerinin sınıflandırılması ve üretim planlama ve kontrol sistemlerinin yönetim yaklaşımlarına kısaca değinilmiştir.

Üçüncü bölümde sık kullanılan talep tahmin yöntemleri incelenmiş, hata oranını azaltabilmek için bilgisayarla kullanılan bir optimizasyon aracından bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde orta dönem planlama sınıfına giren toplu üretim planının tanımına yer verilmiş, bu planı hazırlarken kullanılan matematiksel yöntemlerden ve deneme yanılma yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde ana üretim çizelgeleme ve iki kademeli ana üretim çizelgeleme yöntemlerinden ve bu yöntemler için gerekli mamul ağacı yapısından söz edilmiştir.

Sonuç bölümünde ise, işletmelerin üretim planlama ve kontrolün girdilerine vermesi gereken önem vurgulanmış ve toplu üretim planının bilgisayar aracılığıyla optimizasyonu çalışmasıyla işletmelerin elde edecekleri faydalar belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Üretim Planlama, Talep Tahmini, Toplu Üretim Planlaması, Ana Üretim Çizelgeleme , Excel Solver

ABSTRACT

Production planning and control system acts as a bridge between strategic decisions and objectives of manufacturing companies and manufacturing area. Once the targets of a company's vision are determined in numerically, production planning begins to work with regard to these inputs. Production planning and control system can be evaluated in three phases: inputs, engine, and outputs.

In the first chapter, basic activities in a production system were defined and business functions affecting this system were given in order to focus on basic inputs.

In the second chapter, definitions of production planning and control and organizational importance were given in detail. Moreover, classification of production types and organizational approaches of production systems were stated in brief. Demand forecasting methods were analyzed as an input to production planning and control system to develop a sound forecast with a least error. This would lead to production cost reduction in a greater degree. A computer assisted optimization method was also mentioned to reduce this deviation from actual data.

In the third chapter, mathematical methods and non-mathematical methods used in developing aggregate production planning were examined. Outputs from aggregate production planning will be inputs to master production scheduling with respect to rough-cut capacity planning data.

In the fifth chapter, master production scheduling methods, which are used in hierarchical format to schedule different models of a product family were given.

In the sixth chapter, the issues about capacity and rough-cut capacity planning were analyzed.

In the sixth chapter, an example was given to show optimal aggregate planning design using computer software for a manufacturing company. It was also developed a planning template using an iterative procedure.

In the final chapter, a general brief of production planning systems and inputs affecting this system was explained. It was also showed that an aggregate planning with the minimum cost could be obtained accurately using a computer assisted planning.

In the conclusion, the need for optimization of aggregate production planning and computer support in this plan were discussed. Also, some advantages of such an application for the companies were shown.

Key Words: Production Planning, Demand Forecast, Aggregate Production Planning, Master Production Scheduling, Excel Solver

1.GİRİŞ

Üretim planlama ve kontrol sisteminin temel amacı, işletme içindeki üretimin planlamasını ve gerçekleştirilen üretim prosesinin bu plana bağlı olarak izlenmesini sağlamaktır. Herbiri binlerce parçadan oluşan çok sayıda ürünün üretildiği işletmelerde, parçaların üretilmesi, montajı ve bunların müşterilere dağıtılması faaliyetlerinin koordinasyonu oldukça karmaşık bir fonksiyondur. Bu karmaşıklığı en aza indirmek için, üretim tesisindeki temel faaliyetler bir çevrim oluşturacak şekilde sınıflandırılmalıdır. Bu çevrimin ilk adımını iş kolu fonksiyonu oluşturmaktadır. Bu adımı sırasıyla, ürün tasarımı, üretim planlama ve üretim kontrolü izlemektedir.

İş kolu fonksiyonları, müşteriyle iletişim için kullanılan temel araçları içermektedir. Bu kategori içinde, satışlar, pazarlama, satış tahminleri, sipariş girişi, maliyet muhasebesi, müşteri faturalama vb. konular bulunmaktadır. Bir ürünün üretilmesi için gerekli emir, işletme içindeki satış ve pazarlama departmanından ortaya çıkmaktadır. Bu sipariş veya emir, müşteri spesifikasyonlarına göre özel bir sipariş olabilir, üreticinin bir veya daha fazla ürününü satın almaya yönelik olabilir veya ürünün gelecekteki talep tahminlerine bağlı olarak ortaya çıkabilir.

Ürün tasarımı ise, müşteri tarafından belirlenen özelliklere göre ürünün üretilmesi konusunu kapsamaktadır. Eğer ürün işletmenin kendi markası ise, bu ürünün geliştirilmesi ve tasarlanması, o işletmenin sorumluluğu altındadır. Yeni bir ürünün tasarımı fikri, benzer şekilde yine satış ve pazarlama departmanı tarafından ortaya çıkmaktadır. Ürün tasarımı fonksiyonunu gerçekleştirmek için, araştırma geliştirme, tasarım mühendisliği, çizim ve prototip üretim vb. konular gözönüne alınmalıdır.

Ürün tasarımını oluşturan bilgi ve dökümanlar, üretim planlama fonksiyonuna doğru bir akış sağlarlar. Üretim planlamayla ilgilenen departmanlar, üretim mühendisliği, endüstri mühendisliği ile üretim planlama ve kontrol konularını gözönüne almaktadır. Üretim planlamada ortaya çıkan bilgiler, proses planlama, ana çizelgeleme, ihtiyaç planlama ve kapasite planlama konularını kapsamaktadır.

Üretim kontrol ise, üretim planlarının uygulanması için fabrika içindeki fiziksel operasyonların yönetilmesi ve kontrol edilmesiyle ilgilenmektedir. Buradaki bilgi akışı, planlamadan kontrole doğru olmaktadır. Genel anlamda üretim kontrol fonksiyonu, atölye düzey kontrolü, envanter kontrolü, kalite kontrolü ve diğer çeşitli kontrol faaliyetlerini kapsamaktadır.

Bu çalışmada, üretim planlama ve kontrol sisteminin temel girdileri olan talep tahmini, toplu üretim planlama, ana üretim çizelgeleme konuları incelenmiştir. Bu girdilerden olan toplu üretim planlaması detaylı olarak ele alınmıştır. Toplu üretim planlaması ile ilgili problemlerin çözümü için deneme yanılma yöntemleri ve matematiksel yöntemler kullanılmaktadır. Karar verici bu aşamada, zaman ve uygulanabilirlik açısından deneme yanılma yöntemini kullanabilir. Diğer yandan, optimum sonuca ulaşılmasında matematiksel yöntemlerin kullanılması daha uygundur. Ancak, bu yöntemlerin modellenmesi ve kurulması karmaşık ve zaman alıcıdır. Bu çalışmada, pratikliği açısından deneme yanılma yöntemi baz alınarak, işletmelerde toplu üretim planlamasının optimizasyonunun yapılması için bilgisayar desteğinden nasıl yararlanıldığı gösterilmiştir.



2. ÜRETİM PLANLAMA ve KONTROL SİSTEMİ

2.1 Üretim Planlama ve Kontrol (ÜPK) Sisteminin Tanımı

Üretim planlama ve kontrol kapsam bakımından oldukça geniş, faaliyet hacmi çok yüklü bir işletmecilik fonksiyonudur. Buna göre üretim planlama ve kontrol için aşağıdaki gibi tanımlar yapılmaktadır:

- Üretim planlama ve kontrol, malzeme akışlarının hızlı ve verimli yönetilmesi, çalışanların ve ekipmanın verimli kullanılması, çalışanlar ve ekipman arasındaki koordinasyonun eksiksiz sağlanması, pazardaki müşteri taleplerinin eksiksiz ve hızlı bir şekilde üretim sistemine aktarılması ve bütün bunların yönetilmesi için bilgi sağlayan bir sistemdir (Vollmann vd., 1997).
- Üretim planlaması gelecekteki imalat faaliyetlerinin(veya miktarlarının) düzeylerini ve limitlerini belirleyen fonksiyon olarak tanımlanabilir (Kobu,1996).
- Üretim planlama ve kontrol zamana bağlı yetiştirilmesi gereken emirlerin kaynaklara aktarılması faaliyetlerinin bir bütünüdür (Giebels,2000).

Önemli olan sistemin, yöneticiler için gerekli bilgiyi sağlayabilmesidir. ÜPK sistemi, üretimle ilgili kararları vermez veya operasyonları gerçekleştirmez, bunları yöneticiler yapar. Bu sistem yöneticiler veya karar mekanizmalarının şirket için doğru karar vermelerinde sadece bir araçtır.

ÜPK sistemi tarafından desteklenen yönetim faaliyetleri aşağıdaki gibidir (Vollmann vd., 1997):

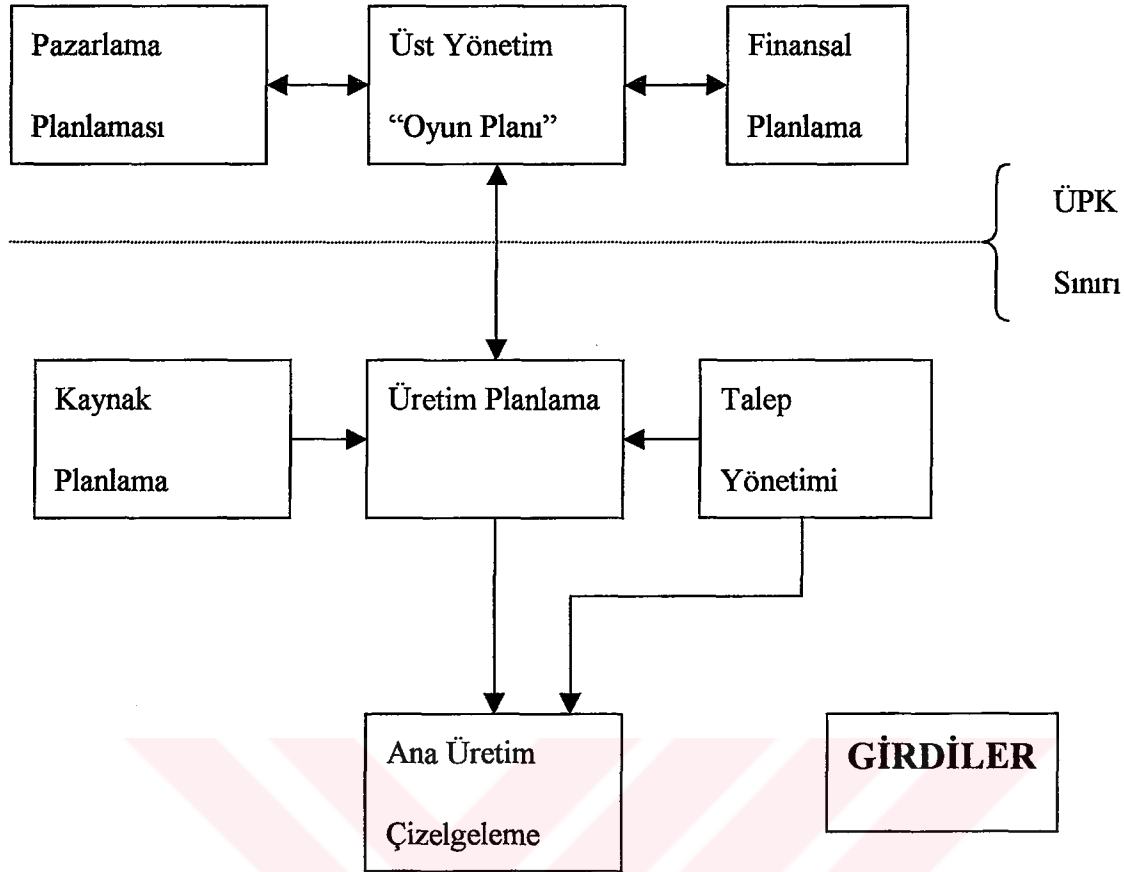
- Mevcut kapasite kullanımı için gerekenleri belirlemek ve bunların hedeflenen pazarı karşılayıp karşılamayacağını araştırmak,
- Ürünün üretilebilmesi için gerekli malzemelerin istenen zaman ve miktarlarda gelmesi için planlar yapmak,
- Fabrika içi ekipman kullanımının yüksek seviyede olmasını sağlamak, gerekiyorsa tedarikçilerin sistemlerini de geliştirmek,
- Üretime girmemiş hammadde/malzeme, yarı mamul (üretime girmiş olan) ve son mamul envanter stoklarının tutmak,

- Üretim faaliyetlerinin çalışan ve ekipman açısından çizelgelemek,
- Malzeme, insan, müşteri talepleri, ekipman ve fabrika içindeki diğer kaynakları izlemek,
- Müşteriler ve tedarikçilerle uzun döneme dayalı ilişkilerin kurmak ve geliştirmek.
- Tahmin yapması zor dinamik pazar koşullarında müşterilerin ihtiyacını karşılayabilmek,
- Yanlış giden bir durum veya bir problem oluştuğunda tepki vermek,
- Üretimle ilgili olan diğer departmanlara bilgi aktarabilmek.

ÜPK sisteminin önemi üretim sistemlerinin gelişmesine paralel olarak hızla artmıştır. Modern bir imalat işletmesinde ÜPK'nın kaçınılmaz bir şekilde yer almasını gerektiren nedenler şöyle sıralanabilir (Kobu, 1996):

- Üretim sistemlerinin faaliyet yoğunluğu ve karmaşıklığı,
- İşletme içi faaliyetlerin koordinasyon zorunluluğu,
- İşletmeler arasındaki bağımlılık ve ilişkilerin gelişmesi,
- Tüketici kütesinin genişlemesi ve isteklerinin değişik olması,
- Tedarik ve dağıtım faaliyetlerinin geniş bir alana yayılması,
- Hizmet, kalite ve fiyat rekabetinin yoğunlaşması,
- İşletmenin ekonomik düzeyde çalışmasını sağlamak amacı ile malzeme, makina zamanı ve insangücü kayıplarının minimum düzeye indirilme zorunluluğu.

ÜPK'nın kullanılış biçimini, şirketin diğer birçok departmanını(mühendislik, pazarlama, finans) birbirine bağlayan oyun planı belirler. Şekil 2.1'den görülebileceği üzere bu plan üst yönetim tarafından belirlenir ve onların sorumluluğundadır. Bu plan her zaman stratejik planlar, departman bütçeleri ve firma yetenekleriyle bağdaşmalıdır. Üretim planları ise genel oyun planının, amaçlanan hedefleri yakalayabilmek için firmanın yapması gereken üretimi düzenleyen kısmıdır.



Şekil 2.1 ÜPK ile Üst Yönetimin İlişkisi (Vollmann vd., 1997)

Bir ÜPK sisteminin tasarımı üretimin proseslerine, müşteri beklentilerine ve yönetimin ihtiyaçlarına göre değişmektedir. Buna ek olarak ÜPK sisteminin gereksinimleri statik değildir. Bazı ortamlar kontrol altında tutulsa bile yeni problemlerle karşılaşmak olasıdır. ÜPK teknolojisi zaman ilerledikçe gelişmektedir. Mesela malzeme ihtiyaç planlaması (MİP) bilgisayar teknolojisi gelişmeden önce pratik bir şekilde uygulanamıyordu. Çok yakın bir zamanda gelişmiş olan anlık (online) sistemler de kontrol mekanizmasını kökünden değiştirmiştir. Anlık sistemler sayesinde yazılı üretim raporlarının sayısı azalmış ve planlama prosesi bir günde yeniden yapılabilir hale gelmiştir. Bu da envanter miktarlarının azalması ve daha birçok yarar sağlamıştır; en önemli faydalarından bir tanesi ÜPK sisteminin planlanmasını dinamik bir hale sokmuş olmasıdır.

Kendi başına prosesin zaten statik olmaması işleri daha da karışık hale sokmaktadır. ÜPK sistemlerindeki diğer bir gelişme fiziksel proseslerdeki değişimdir. Atölyeler hat üretimi yapar şekle sokulmaktadır. Ekipmanlar (tezgahlar, kullanılan takımlar) birbirine benzeyen parçalardan oluşan grupları üretmek için bir araya getirilmektedir (hücreli imalat). Üretici ile tedarikçi

firma arasındaki ilişkiler de değişmektedir. Tam zamanında üretim veya tam zamanında satın alma gibi kavramların önemi gün geçtikçe artmaktadır.

ÜPK sisteminin tasarımı firmanın-fabrikanın stratejisi değildir. Sistem stratejinin çalışmasını desteklemektedir. Bir benzetme yapmak gerekirse termostat evin sıcaklığını ölçer ve kazana çalışmasını söyler, bu sistemdir. Strateji ise ev sahibinin sıcaklığı istediği dereceye göre baştan ayarlamasıdır. Bu kavramların birbirinden ayrılması oldukça önemlidir. Sistem sözcüğü çok geniş bir kapsam alanını ifade etse de kullanımı gayet dardır. Yöneticiler ancak stratejiyi, buna bağlı olarak sistemin gerçekleştireceği hedefleri ve de en son olarak sistemin elemanlarını iyi anladıklarında, uygun ÜPK sistem seçimini yapabileceklerdir (Vollmann vd.,1997)

2.2 Üretim Planlama ve Kontrol Faaliyetlerinin Organizasyonlardaki Yeri

Günümüzde tüm modern firmaların rekabet ettiği nokta müşteri taleplerini zamanında, hızlı ve rekabet edilebilir bir fiyatta karşılamaktır. Firmalar bu amaç doğrultusunda üretim sektöründeki üç anahtar kaynağı, makine, malzeme ve işgücünü en iyi şekilde planlayarak maliyetlerini düşürmeyi hedeflemektedir. Bu ise ancak üretim planlama ve kontrol faaliyetlerinin modern kaynaklar kullanılarak gerçekleştirilmesinden geçmektedir.

Firmalar söz konusu yoğun rekabet ortamında varlıklarını kabul ettirebilmek için faaliyetlerini amaca uygun ve en iyi şekilde yapmalıdır. Doğru yapılmayan işler, kaybedilen kaynak ve buna bağlı olarak para demektir ve sorunlar genellikle müşteri siparişlerini zamanında karşılayamama, acil isteklere cevap verememe, kalitesizlik ve hazırlık sürelerinin yüksek olmasıdır. İşte bu noktada üretim planlama ve kontrol faaliyetleri önem kazanır. Çünkü organizasyonlardaki diğer faaliyetlerle desteklenen üretim planlama ve kontrol faaliyetleri tüm faaliyetlerin en karmaşık ve can alıcı noktasıdır. Bunun yanı sıra rekabet ortamında, üretim planlama ve kontrol nispeten küçük yatırımlarla, daha hızlı ve güvenilir sevkiyat süreleri, pahalı kaynakları daha etkin kullanma, daha az darboğaz ve stoklarda azalma vb. gibi önemli gelişmelerin sağlandığı bir alandır (Emanet,1997).

2.2.1 Üretim Planlama ve Kontrol Faaliyetlerinin Sağladığı Yararlar

Bu yararlar aşağıda sıralanmıştır (Eren, 1997):

- Malzeme, parça, yarı mamul ve mamul envanteri dengeli bir şekilde tutulur.

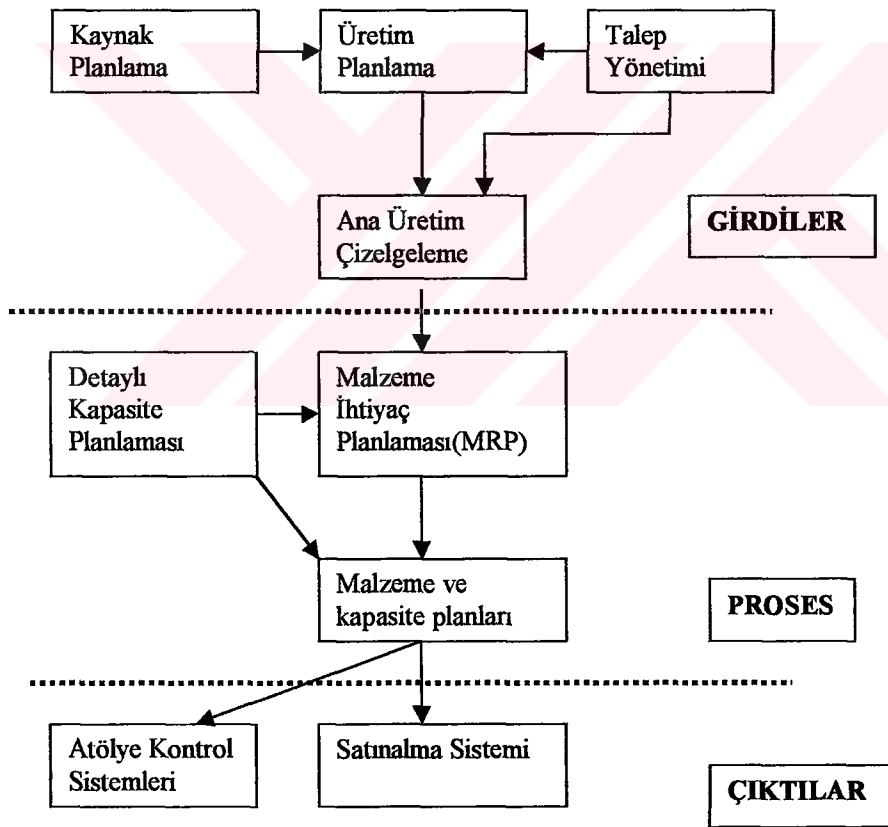
- Düzgün ve dengeli bir üretim sağlanır. Mamul ve üretim için gerekli elemanların akışı düzgün bir şekilde sağlanır; bunların akışı düzgün ve dengeli olur.
- İşgücü, teçhizat ve takımlardan maksimum yararlanma sağlar.
- İmalat ve depolama kapasitelerinden en iyi şekilde faydalanılır.
- Her kademe elemanlar arasındaki haberleşme ve anlaşmayı kolaylaştırır.
- Envanterlere minimum yatırım yapılmasını sağlar.
- Dolaylı maliyetler, malzeme taşıma gibi bu sınıfa giren maliyetler azalır.
- Hazırlık maliyeti azalır. İmalatın iyi bir şekilde planlanması ve programlanması ile, en iyi yapım miktarlarında çalışılır ve böylece hazırlıkların sayısı optimum olur.
- Yeniden işlemler azalır. İyi bir üretim planlama, en uygun işletme şartlarında üretim yapmayı sağlar. Bunun sonucu olarak fire ve yeniden işlenmesi gereken parçaların oranı azalır.
- Envanter kayıpları azalır, herhangi bir mamul değişikliği sonucunda kullanılmaz hale gelen envanterlerin miktarı azalır, çünkü düşük envanterle çalışılmaktadır.
- Müşterilere daha güvenilir teslim tarihleri verilir. Planlanmış ve programlanmış bir imalat müşterilere söz verilen kalite ve miktardaki son ürünün zamanında teslimine yardımcı olur.
- Müşteri talepleri daha kısa sürede karşılanır. Satış hacmi artar, diğer rakip firmalardan daha çabuk servis yapılır.
- Düşük mamul maliyetleri ve daha büyük bir fiyat esnekliği sağlanır.
- Yeni veya geliştirilen mamuller için pazarlama kolaylaşır.

2.3 Üretim Planlama ve Kontrolün Aşamaları ve Girdileri

Bir şirkette üretim planlama ve kontrol üç aşamada gerçekleşir. Birinci kısımda şirketin oyun planı doğrultusunda genel bir üretim planlaması yapılır (ürün seçimleri veya son ürün). İkinci kısım genel üretim planını destekleyen kısımdır ve burada detaylı malzeme ve kapasite planlamaları yapılır. Üçüncü ve en son kısımda ise bütün bu üretim planlarının üretim sahasında ve satın alma departmanında uygulanması ve sonuç alınması vardır.

Şekil 2.2 modern bir ÜPK sistemini şematik olarak göstermektedir. Bütün sistem diğer veri girişlerini, sistem modüllerini ve geri besleme bağlantılarını içermektedir: şekil üç kısma ayrılmıştır; en üstte yer alan üretim planlamanın girdileri kısmında bütün sistemin yönetilebilmesi için gerekli olan üretim aktiviteleri ve sistemleri bulunmaktadır. Talep planlaması müşteri, son ürün taleplerini, sipariş girişlerini ve dışarıda üretilecek parçaların tahmin adetlerini kapsamaktadır. Aslında üretim stratejisi için gerekli kapasitelerin hepsi talep yönetimi modülü tarafından ele alınmaktadır. Üretim planlaması modülü ise üst yönetimin belirlediği ana stratejiyi sayısal verilerle ana üretim çizelgelemeye ileten kısımdır.

Ana üretim çizelgeleme modülü üretim planlama modülünden aldığı verilerin detaylandırılmış halidir. Ana üretim çizelgeleme üretim sahasının ileriki zamanda ne üreteceğinin bir planıdır (Vollmann vd., 1997).



Şekil 2.2 ÜPK Sisteminin Üç Aşaması(Vollmann, vd., 1997)

Şekil 2.2’de orta kısımda bulunan proses kısmı detaylı malzeme ve kapasite planlarının bulunduğu bölümdür. Ana üretim çizelgeleme doğrudan malzeme ihtiyaç planlamasını (MİP) gönderdiği verilerle besler. MİP dönem dönem(zamana bağlı olarak) ana üretim çizelgelemesinde yer alan malzemenin planlarını belirler. Bu planlar daha sonra detaylı kapasite

planlaması modülünde işçilik ve işlem merkezlerinin üretim için gerekli olan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılır.

Son kısım olan üretim planlamanın çıktılarında ise atölye kontrolü ve satış sistemleri yer almaktadır. Atölye kontrol sisteminde işler öncelik sıralarına yani önem derecelerine göre çizelgelenirler ve bu doğrultuda üretilirler. Üretilmeyen parçalar ise dışarıdan hazır olarak satın alınacaktır. Ana üretim çizelgelemesine bu parçalar için verilmiş olan siparişler ve planlanan siparişler dahil edilmelidir.

Ana üretim çizelgelemesinden başlayarak ÜPK çıktılarına kadar olan bütün alt sistemlerin yönetimi ve bunların arasındaki bilgi akışları çeşitli bilgisayar donanımları ve yazılımları tarafından desteklenmektedir. Örneğin ana üretim çizelgeleme bilgisayar sistemi sayesinde MİP modülüne bilgiyi tam doğrulukta ve çok kısa bir zamanda iletebilmektedir.

Detaylı malzeme ve kapasite planlarının yapılması makina ve iş merkezlerinin çizelgelenmesini gerektirmektedir. Fabrika içerisinde bu çizelgelemeye parçalar için başlama ve bitiş zamanları, çeşitli problemler, durmalar ve gereken yerde olmama gibi unsurlar dahildir. Bu karmaşık çizelgelerin genellikle günde en az bir sefer güncellenmeleri gerekmektedir. Benzer şekilde detaylı bir çizelgenin de dışardan satın alınacak parçalar için de hazırlanması gerekmektedir. Satın alma aslında iş merkezi kapasitesinin dışardan karşılanması anlamına gelmektedir. Bu aktivitenin iyi bir şekilde yürütülmesi satıcı ile uzun süreli üretim anlaşmaları ve satıcıların sistemlerinin üretim sistemine entegrasyonu ile olmaktadır.

Sistemde son yapılması gereken aktivitelerden bir tanesi de üretim sonuçlarının ölçülmesidir. Ürünler üretildikçe üretim miktarı ve zamanları planlanan değerlerle karşılaştırılmalıdır. Müşterilere siparişler gönderildikçe, müşteri hizmetleri departmanı tarafından müşteri tatmin dereceleri ölçülmelidir. Gene benzer şekilde kapasite kullanım oranlarının ölçümleri yapılmalı ve tüm bu değerler ile planlanan değerler arasındaki hata payları incelenmeli ve beklenmedik değerlerle karşılaşıldığında proseslerde düzeltmelere gidilmelidir.

Sonuç olarak yukarıdaki şekilde gösterilen üç kısımlı ÜPK sistemi bilgisayar yazılımları sayesinde malzeme akışlarında karşılaşılan problemleri büyük ölçüde ortadan kaldırır ve bunların bir plan çerçevesinde yapılmasını sağlar. Bu aşamalardaki faaliyetlerin özet bir sıralaması aşağıdaki gibidir (Wild, 1980):

- Zaman aralığı saptanır,
- Satış tahmini yapılır,
- Ekonomik stok düzeyleri hesaplanır,
- Mevcut stoklar ölçülür,
- Mevcut ve arttırılabilir kapasite tespit edilir,
- Dönemlere göre üretilecek olan miktarlar saptanır,
- Kaynak planlaması yapılır,
- İşgücü planlaması yapılır,
- Kontrol planı belirlenir.

2.4 Üretim Proseslerinin Yürütülmesi

2.4.1 Üretim/Lojistik Prosesleri

Şekil 2.3 birçok işletmedeki üretime bağlı olan tipik malzeme akışlarını göstermektedir. Üst kısımda satıcılardan satın alınan ve envantere giren malzemeler gösterilmektedir. Üretim işlemleri ve diğer fabrikasyon aşamalarından sonra hammadde yarımamule dönüşmektedir. Bu yarımamuller envanterden çıkartılıp montajda birleştirildikten sonra son mamul olarak müşterilere gönderilmektedir. Bitmiş mamuller dağıtım kanalları veya depolar aracılığı ile müşterilere ulaştırılmaktadır. Bu yapı genelde evrensel olmakla birlikte şirket bazında detaylı ÜPK sistemleri incelendiğinde farklılıklar oluşabilmektedir.

Farklılıkların başında fabrikasyon aşaması gelir. Bazı firmalar atölye tipi üretimi tercih ederken parçalar atölye tipinde işleme merkezleri arasında rotalara göre hareket ederler. Diğer firmalar akış tipi üretimi tercih ederler; bir veya grup halindeki parçalar, özel üretim için bir dizi üretim işleminden geçirilirler. Otomobil üretimi veya proses tipi üretim(sıvı maddelerin üretimi) buna örnek gösterilebilir. Bu üretim tipini birebir etkileyen hususların başında akış oranı gelir. Atölye tipinin avantajları arasında daha esnek ve değişikliklere hızlı ayak uydurma varken, akış tipinde bu yoktur. Ancak akış tipinde hız ve verimli çalışma en önemli avantajdır. Akış tipi üretimde ayar zamanlarının minimum seviyede olması gerekir; aksi durumda yaşanacak gecikmeler bütün

üretimi durdurabilir. Her iki tip üretimde de çizelgelemeye ihtiyaç vardır. Her ne kadar farklılıklar varsa da, iki üretim tipinde karşılaşılan ortak temel problemler vardır.

Üretici firmalar müşteri isteklerine verdikleri cevaplara göre de ayrılabilirler. Siparişe göre üretimde, firma müşterinin istediği mala göre üretimini ayarlar. Siparişe göre montajda, firma standartlaştırdığı küçük seçeneklerin kombinasyonu ile geniş bir ürün yelpazesi yaratır. Stoka üretimde ise ürünler son mamul ambarına konmak üzere hazırlanırlar. Siparişe göre montaj yapan bir firmada aynı zamanda mevcut müşteri siparişlerinin seçenek sunma ve son montajla entegrasyonunun sağlanması şarttır.

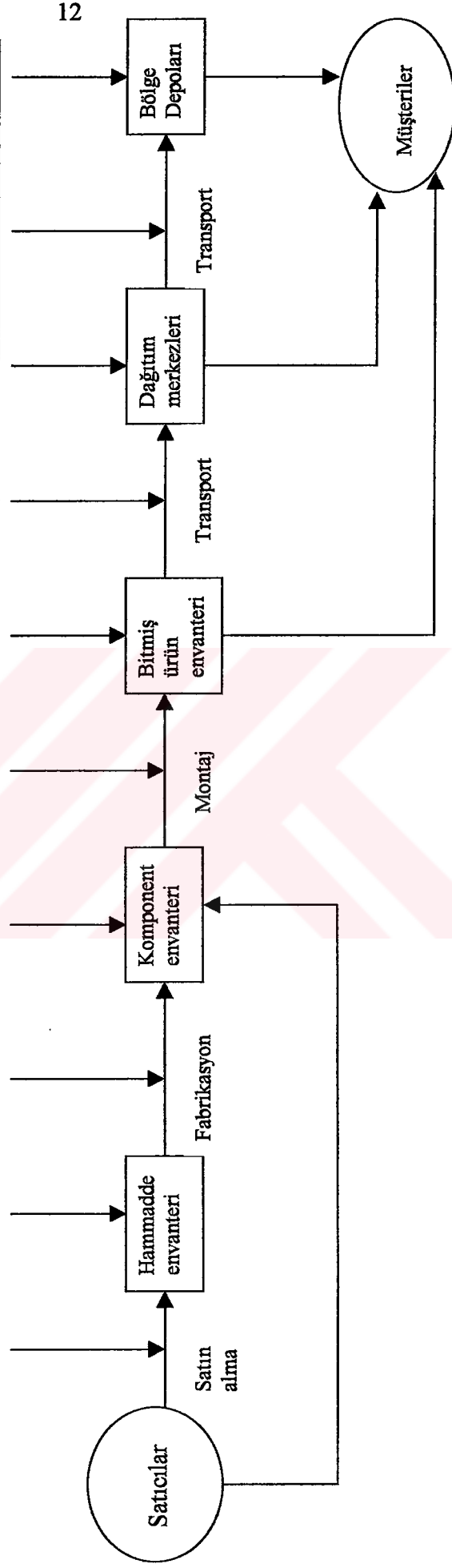
Üretim yapan firmaları birbirinden ayıran diğer bir husus karmaşık parçaları üretebilme kabiliyetleridir. Bazı firmalar içinde çok az üretim yapıp, montajda gerekli olan malzemeleri veya yarı mamulleri dışardan alırlar. Diğerleri kapsamlı makineleri ve dönüşüm prosesleri ile, karmaşık mamul veya yarı mamul imalatına sahiptirler. Benzer şekilde karmaşık yarı mamul veya mamul imalatı için gerçekleştirilen montaj yapısında da büyük farklar vardır. Bazı firmaların üretim parti büyüklüğü bir düzine iken, diğerlerinin yüz veya bin adet olabilir. Bu farklılıklar detaylı incelendiğinde firmaların neden farklı ÜPK sistemlerine ihtiyaç duyduğuna işaret etmektedir.

2.4.2 Yönetimsel Problemler

Şekil 2.3'ün üst kısmında üretimin farklı aşamalarında karşılaşılan yönetimsel problemlere dikkat çekilmektedir. Her aşama için (A'dan J'ye kadar sıralanan) önemli sorular vardır. Şekil 2.3'de bu problemleri çözmek için geliştirilmiş olan karar verme teknikleri ve sistemleri ve de bu sistemler için (problemleri çözmek için) doğru girdiler de belirlenmiştir.

- A. Bu aşama hammadde ve yarımamul alımı ile ilişkilidir. Burada çözülmesi gereken anahtar yönetimsel problemler satıcıların seçilmesi, satıcılarla nasıl bir iletişim kurulacağı ve satıcıların performans olarak nasıl değerlendirilebilecekleridir.
- B. Bu aşama hammadde envanteri ile ilgilidir. Bu aşama ile ilişkili olan konuların başında istenen envanter seviyelerinin nasıl belirleneceği, envanter seviyesinin kontrolü için uygun yönetimin seçimi ve envanter kaydının ne şekilde tutulacağı yer alır.
- C. Aşama C hammaddenin yarımamule dönüştürüldüğü üretim aşamasıdır. Yapılması gerekenler, yarımamulün her üretim aşaması için çizelgeleme yapmak, mamullerin

Aşama	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Yönetimle ilgili Problemler	Satıcı performansını nasıl izlenecek	Hammadde kayıtlarının doğruluğu	Yarı mamullerin çizelgelenmesi	Yarı mamul üretimi için gerekenler	Son montajın nasıl çizelgeleneceği	Her ürün için talebin nasıl tahmin edileceği	Malzemenin dağıtım merkezine nasıl iletileceği	Ne kadar ve ne zaman sipariş verileceği	Taşıma araçlarının nasıl seçileceği	Müşteri ihtiyaçlarının nasıl karşılanacağı
Teknikler ve Sistemler	Satıcı çizelgelenme prosedürleri	Devir sayma teknikleri	Atölye kontrol sistemleri	Malzeme ihtiyaç planlama(MRP) sistemleri	Ana Üretim çizelgelem sistemleri (MPS)	Üssel ortalama tahmin yöntemleri	Araç yükleme prosedürleri	Talebe bağlı envanter sistemleri	Envanter/taşıma teknikleri	Dağıtım gereksinimlerinin planlanması
Veritabanı elemanları	Satınalma emirleri	Envanter kayıtları	Parça rotaları	Mamul ağaçları	Açık müşteri siparişleri	Geçmiş satış miktarları	Taşıma maliyetleri	Planlanmış siparişler	Transportasyon teknikleri	Müşterilerin sipariş biçimi



Şekil 2.3 Üretim/Lojistik Süreçleri ve Karşılaşılan Problemler (Vollmann vd., 1992)

montaj/üretim aşamaları için üretim adımlarını belirlemek ve iş merkezlerinin verimliliğini en iyi derecede kullanmaktır.

- D. Yarı mamul envanterini içeren D aşaması doğrudan C aşaması ile ilişkilidir. Bu nedenle yarı mamul envanterlerinin yenilenmesi, yarı mamulu oluşturan parçaların üretiminde (satıcılardan satın alma işleminde) ihtiyaç ortaya çıkartmaktadır. Bazı temel problemler üretim siparişlerinin nasıl planlanacağı ve verileceği, parti büyüklüğü ve envanterin fiziksel kontrolünün nasıl yapılacağı olarak sıralanabilir.
- E. Bu adım yarımamullerin son ürüne dönüştürüldüğü üretim / montaj aşamasıdır. Karşılaşılan yönetim konuları ürünlerin miktarlarının ayarlanması, her mamul veya opsiyonları için çizelgelerin ayarlanması ve üretim performansının izlenmesidir.
- F. Bitmiş ürünlerin envanteri , montajla alakalıdır; istenen siparişlerde bazı sebeplerden dolayı eksilmeler ve bunların yerine konması problemleri yaşanabilir. Burada talep tahmini, emniyet stoklarının ayarlanması, mamul giriş-çıkışlarının kontrolü, envanter yönetimi ile bağlantılı diğer başlıca konulardır.
- G. Ürünlerin fiziksel dağıtımı ile pazara ulaştırılması aşamasında ise dağıtım merkezlerinin adedi ve yerleştirilmeleri, taşıma araçlarının geliş-gidiş zamanlarının çizelgelenmesi ve bu dağıtımın envanter ile entegrasyonu en önemli konulardır.
- H. Temel problemlerden bir tanesi dağıtım merkezlerinin her ürün veya firma için oluşturulmasının gerekli olup olmadığıdır. “Dağıtım merkezi olmalı mıdır”, “Envanteri yenileme yöntemi ne olmalıdır” soruları bu aşamanın yönetsel problemleridir.
- I. Mamullerin dağıtım merkezlerinden bölge depolarına dağıtımı aşamasında taşıma yöntemleri, gönderilen siparişlerin çizelgeleri, hangi dağıtım kanalının seçileceği problemleri ile karşılaşılır.
- J. Şekil 2.3’de gösterilen ve son aşama olan J bölge depolarıdır. Envanterle ilgili bütün problemler bu aşama için de geçerlidir; dağıtım kanalı yapısı, entegrasyon, hangi ürünlerin getirilip getirilmeyeceği, envanter yönetimi ve istenen envanter seviyelerinin hangi yöntemlerle oluşturulacağı belirlenmelidir.

Bütün bu aşamalar kendi içlerinde bağımsız olsalar bile bir sistem olarak bütün aşamalar birbirlerini etkiler ve bütün bir üretim faaliyetini gerçekleştirirler. Aşamalardaki yapılar ve

karmaşıklık derecesi üretimden üretime değıştikçe ÜPK sistemlerinin yapıları da farklılık gösterir. Yukarda anlatılan problemlere çare bulmak amacıyla çeşitli yöntemler ve teknikler mevcuttur. Bunlar her firmada veya üretim tipinde uygulanmazlar. Başarının anahtarı olan bu teknikler genellikle sistemlerini iyileştirmek için gayret gösteren başarılı şirketlerde veya fabrikalarda uygulanırlar.

2.4.2.1 Problemlerin Aşılmasında Kullanılan Sistemler ve Teknikler

Yukarda karşılaşılan problemleri çözmek için birçok teknik, sistem ve prosedür geliştirilmiştir. Dağıtım merkezlerinin yerlerinin belirlenmesi gibi bir problem, tekrar etmeyen problemler içerisine girer. Ancak diğer birçok problem sistematik bir yaklaşım veya karar mekanizması ile kontrol altına alınmalıdır. Rutin işlemlere örnek olarak yarı mamullerin planlanması, bitmemiş işler için öncelik derecelerinin ayarlanması, herhangi bir üretim işlemine üretim emri alındıktan sonra başlanması, depoda biten bir ürünün yenilenmesi gibi faaliyetler gösterilebilir.

Rutin işlemlerden hangilerinin bilgisayar ile bütünleştirileceği tartışma konusudur. Bilgisayarın getirdiği avantaj, çalışan bilgisayar programının kurallar setini çok hızlı bir biçimde işletmesi ve bu kuralların dışına çıkılmamasını sağlamasıdır, yani prosedürleri standartlaştırmasıdır.

Böyle bir sistem veya kurallar seti işlerin yürütülmesi için bir kullanım kılavuzu oluşturur. Yönetimsel problemler ise sistemin nasıl dizayn edileceği, verinin sağlanması, sistemin uygulanması, performansın takibi ve iyileştirmelerin yapılabilmesidir. İyileştirme mevcut prosesin geliştirilmesi ile olur. Bu iyileştirme daha iyi teknikler, daha iyi entegrasyon, daha iyi veri vb unsurlarla gerçekleştirilebilir.

Şekil 2.3’de gösterilen sistemdeki aşamaların birbiriyle bağlantılı olması, haberleşebilmesi çok önemlidir. Sistemdeki aşamalar birbirlerinin müşterileridir. Örneğin aşama D’nin girdileri aşama C’nin çıktılarıdır. Aşama C’nin çıktıları açık ve doğru olmazsa yanlışlık tüm sistemin işleyişini bozacak veya durduracaktır.

A’dan J’ye kadar olan aşamaların bazılarında çizelgeleme tekniklerinin kullanılması gerekir (A,C,E,G ve I). Buradaki problem her aşamada yapılan çizelgeleme diğer aşamalarınkini etkilemektedir. O halde aşamalardaki çizelgelemelerin birbirleriyle entegrasyonu şarttır.

Diğer bir problem envanter yönetimidir. Aşama B,D,F,H ve J’de envanter yönetimi söz konusudur. Envanter sistemleri birçok uygulama tipine ve tekniğine sahiptir. Ayrıca envanter seviyeleri ile üretim çizelgeleme birbirlerine bağımlıdır.

2.4.3 Veri Tabanı

Her teknik ve sistem temel bir bilgiye dayanır. Örneğin geniş bir atölye çizelgelemesi yapabilmek için üretilecek olan her parça hakkında gerekli bilgilere sahip olmak gerekir; fabrikasyon için gerekli adımlar, her adımın standart zamanı, adımlar için tahmin edilen zaman, her aşama için gerekli olan işçilik, her aşamada kaç parça işleneceği ve her parça ile ilgili iş emiri.

Şekil 2.3’de gösterilen veri tabanı elemanları tekniklerin ve sistemlerin desteklenmesi için şarttır. Üretim planlama ve kontroldeki problemler genellikle analitik olarak zor ve karmaşık değildirler. Zor olan istenen ölçekteki bir üretimi gerçekleştirebilmek için çok büyük bir veri yönetimine ihtiyaç duyulmasıdır. Örnek vermek gerekirse beş milyon adet veri orta-büyük ölçekli bir üretim faaliyeti için büyük bir rakam sayılmamaktadır.

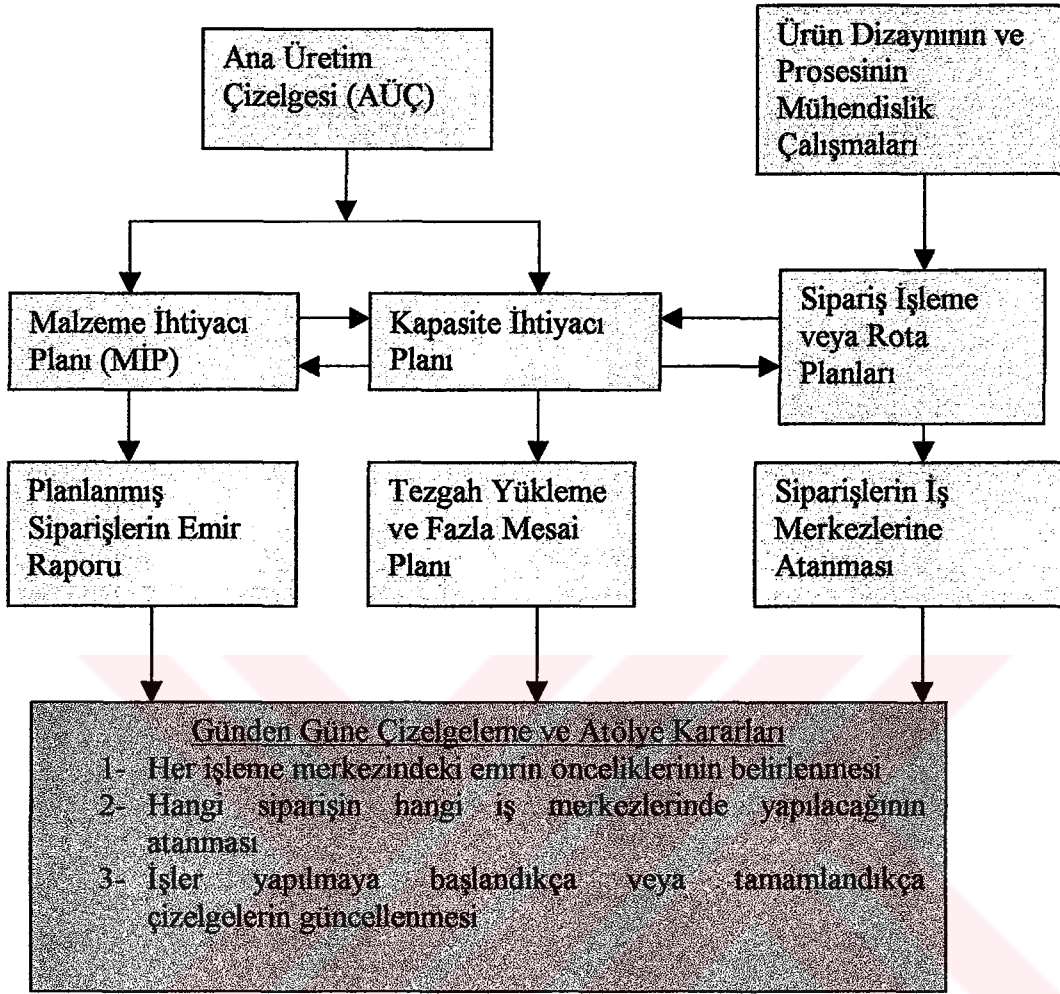
Çok iyi bir sisteme sahip olmak yeterli olmaz. Sistemin uygun, tutarlı ve doğru veriyle desteklenmesi gerekmektedir. Veri elemanlarının tüm uygulamalarda aynı olması şarttır. Örneğin parça 1234 için eldeki veri 120 adet kaldığını gösteriyorsa, bu sayı envanter sayımı yapıldığında, finansal sistemde, üretim sisteminde, vb gibi yerlerde aynı olmalıdır.

Birçok firma için bu veri entegrasyonunu sağlayabilmek günlük operasyonlarda yapılacak kapsamlı değişikliklerle gerçekleştirilebilir. Veri yönetimi, diğer kaynakların yönetimi gibi şirketlerin düşünce yapısında, alışkanlıklarında ve prosedürlerinde köklü değişikliklere ihtiyaç duymaktadır.

Modern üretim sistemlerinin temel yapı taşlarından bir tanesi entegre veri tabanı sistemleridir. Bu sistem içerisindeki veriler açık, anlaşılır ve her departman için aynı şeyi ifade eder şekilde düzenlenmelidirler. Sistemin geliştirilmesi, optimizasyonu, yönetimi (veriler ışığında karar alabilmek veya kararlarda değişikliğe gitmek)için ilk araç veri tabanı sistemleridir.

2.5 Üretim Planlama Hiyerarşisi

Şekil 2.4 uzun, orta, kısa dönem üretim planlamanın birbirleriyle olan ilişkisini göstermektedir. Uzun dönem üretim planları ekipman ve fabrika yerleşimi, ana tedarikçilerin belirlenmesi ve üretim proseslerinin seçilmesi için hazırlanırlar. Bu plan aynı zamanda orta dönem ve kısa dönem üretim planlarının da girdilerini oluşturur. Orta vadeli planda ise işçilik, orta vadeli envanter seviyeleri, kullanılacak araç gereç, fabrikadaki değişiklikler vb planlanır (Gaither, 1996). Bu planı kısa dönemli planlar izler.



Şekil 2.5 Ana üretim çizelgeleme ile diğer üretim fonksiyonlarının ilişkisi (Gaither, 1996)

2.6 Üretim Tiplerinin Sınıflandırılması

Literatür araştırması yapıldığı zaman üretim sistemlerinin birçok şekilde sınıflandırıldığı görülmektedir. Buna örnek olarak atölye-yığın-sürekli üretim sınıflandırması veya ürün tipine göre sınıflandırma verilebilir. Bunlardan sık kullanılanlar aşağıda incelenmiştir.

2.6.1 Atölye Tipi Üretim – Yığın Üretimi

Üretim faaliyetleri süreklilik gösteren faaliyetlerden oluşur. Bu faaliyetler iki kısma ayrılabilir. Bunlar sürekli proses ve kesikli parça imalatı şeklindedir (Wild, 1980). Sürekli proses ürünlerin imalatındaki sürekli üretim faaliyetleri olarak tanımlanmaktadır. Fiziksel veya mekaniksel işlemlerden çok kimyasal prosesler için bu sınıflandırma kullanılmaktadır (Brown, 1996).

Şekil 2.6’da görüldüğü gibi atölye tipi üretimden başlayıp sürekli üretime kadar olan sınıflandırma üretim miktarına ve arka arkaya üretilen ürünlerin arasındaki fark derecesine göre yapılmıştır.

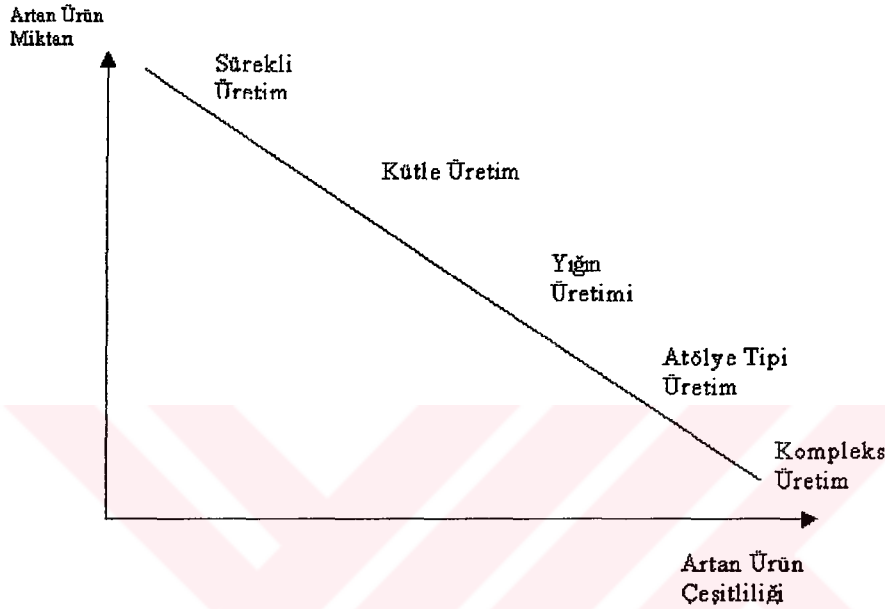
Atölye Tipi Üretim: Atölye tipi üretimin karakteristiği bir seferde üretilen ürünlerin az sayıda oluşu ve ürünlerden herhangi biri için talep tahmininin zor oluşudur. Üretilen herhangi bir ürünün veya ürün grubunun tamamen aynı özelliklere sahip olarak tekrar üretilmesine nadiren rastlanır. Herhangi bir ürün ailesine bağlı olarak tesisin o andaki kapasitesini belirlemek çok zordur. Rotalar parçaların geçeceği işlemler ve bu işlemlerin gerçekleştirileceği tezgahların yerleşim düzenlerine göre hazırlanırlar. Bu üretim tipi genellikle emek yoğunudur ve işçilerin deneyimli ve yetenekli olmaları istenir. Tesis ve içinde bulunan teçhizatın esnekliğinin fazla olması gene bu üretim tipinin özelliklerindendir.

Akış Tipi Üretim : Akış tipi üretim az sayıdaki ürün tipinin çok sayıda üretilmesi diye tarif edilmektedir. Kısa-orta vadeli talep sabittir ve bir ürünün hayat seyri boyunca dizayn değişikliği çok azdır. Rotalar yüksek otomasyonun bulunduğu fabrikalarda sabittir ve fabrika alanı ürünün en verimli şekilde üretileceği şekilde düzenlenmiştir. Bu üretim tipi atölye tipi üretime göre daha az yetenek gerektirir ve daha az emek yoğun bir üretim tipidir. Bu üretim tipine örnek olarak otomotiv endüstrisi örnek gösterilebilir. Bu iki üretim klasmanı arasında çok farklı çizelgeleme ve planlama farklılıkları oluşmaktadır (Taylor and Blonder, 1994).

Parti Tipi Üretim : Atölye tipi üretimde ürün çeşitliliği ve bir seferde üretilen ürün sayısı orta ölçekli olduğu zaman bu üretim sınıfına parti tipi üretim denmektedir (Brown,1996). Bir işlemten sonra diğer biri başlamadan, partideki bütün parçalar işlemten geçirilirler. Atölye tipi üretimde karşılaşılan zorluklarla bu üretim tipinde de karşılaşılır. Fabrika yerleşimi esnek işleme kabiliyetini sağlayabilecek makina donanımını bünyesinde bulundurur. Talebi tahmin etmek ve de kapasiteyi herhangi bir anda tespit etmek güçtür. Parti tipi üretimin devamlılığı, üretilen ürünün dizaynı ve parti adetlerinin talep edilmesine bağlıdır. Parti tipi üretilen ürünlere olan talep, yığın tipi üretim yapmayı gerektirecek kadar bir yatırım maliyetini doğrulamalıdır. Aksi takdirde talep eğer çok fazla ise parti tipi üretime geçilebilir. Parti tipi üretimde parti büyüklükleri maksimum karı sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır.

Proje veya Karmaşık Üretim: Proje tipi üretim şekil 2.6’dan da görüleceği üzere ürün dizaynındaki değişikliğin diğer bir ürüne göre çok fazla olduğu ve üretim adedinin de çok az

olduğu bölgede yer almaktadır. Ürün büyüklüğü ve diğer ürünlere göre benzersiz oluşu bu üretim tipinin özelliğidir. Üretim sürekliliğinin en sonunda yer alan bu üretim tipinde genellikle her üründen bir tane üretilir (Hill, 1991). Müşteri isteklerinin tam olarak karşılanması için büyük ölçekli girdilerin ve üretim hazırlıklarının yapıldığı üretim tipidir.



Şekil 2.6 Üretim tiplerinde ürün miktarı-ürün çeşitliliği ilişkisi (Porter vd., 1999)

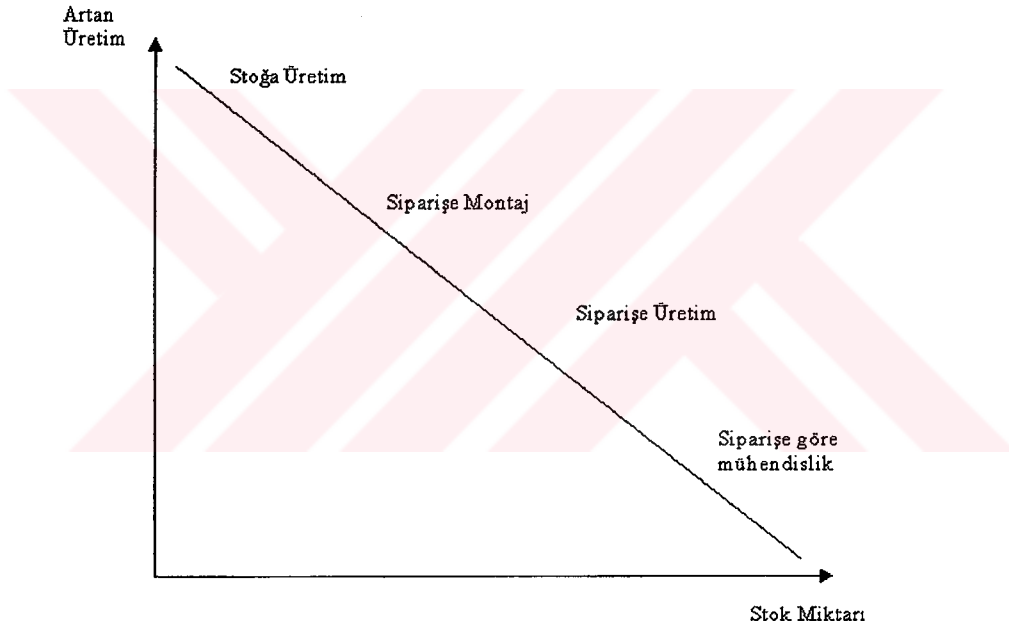
Bu üretim tipindeki kapasiteler projedeki faaliyetler tablosuna bağlı olarak değişkendir. Girdiler, kaynaklar ve gerekli üretim aktiviteleri bir proje planına göre çizelgelenirler. Bazı girdiler daha sonra zamanı geldiğinde ürüne monte edilmek üzere fason olarak dışarıda yaptırılabilir. Proje tipi üretimlerdeki en önemli amaç, müşteri ihtiyacını tam olarak karşılayacak ürünü zamanında (ceza maliyeti almadan) tamamlayabilmektir.

2.6.2 Stoğa Üretim, Siparişe Göre Üretim, Siparişe Montaj

Birçok endüstride stokla çalışmak veya üretim içi proseslerde stok yaratmak yaygın bir özelliktir. Halbuki bazı sektörlerde tamamen müşterinin sözüne güvenilmektedir. İstenen talebi karşılamak bir yana günümüzde yeni eğilim, bireysel müşterilerin farklı isteklerini en kısa sürede karşılayabilecek şekilde ürünleri müşteriye özel hale en kısa sürede getirmek olmuştur. Birçok firma için gelecekte ayakta kalabilme kriteri, pazardan gelen talebe en kısa zamanda cevap verebilmek için elde mal bulundurma oranını en iyi şekilde ayarlamaktır. Stokla yürütülen

veya siparişe göre yapılan üretimler içinde şöyle bir sınıflandırma yapmak mümkündür (Şekil 2.7):

- Stoğa üretim,
- Siparişe montaj,
- Siparişe göre üretim,
- Siparişe göre mühendislik,
- Siparişe göre tasarım.



Şekil 2.7 Stokla yürütülen veya siparişe göre yapılan üretimler için sınıflandırma (Porter vd., 1999)

Stoğa üretimde belli çeşitteki ürün karması için oluşacak talep önceden bilinmektedir veya tahmin edilebilmektedir. Müşterilerin isteyeceği spesifikasyonlar ve tasarım sınırlıdır. Her ürünün üretiminde yüksek miktarlarda çıktı alınır. Müşteri tatmini, belirsiz olabilecek talep için stoklanmış olan malın depoda bulunup bulunmamasına bağlıdır. Malın depoda bulunmaması müşteride oluşacak zarar maliyetleri dolayısıyla müşteri sadakatinin kaybedilmesi maliyeti veya malın depoda bulunması envanter maliyeti gibi maliyetler yaratacağından her iki durumda da son ürünün fiyatları artacaktır.

Siparişe montajda, son ürün diye bir kavram yoktur. Son ürünü oluşturacak yarı mamuller üretilip depolanırlar ve müşteriden talep geldiğinde istenen son ürün tipini oluşturacak yarı mamuller envanterden çekilerek montajlanırlar. Üretim sahası içerisinde stok oluşmaması gerekir ve bir ürünün yapılabilmesi, onun alt bileşenlerinin envanterde bulunup bulunmamasına bağlıdır.

Siparişe göre üretimde, üretimci firma müşterilerine ürün seçeneklerinin olduğu kataloğu dağıtır. Malzeme satın alınması, üretim planı yapılmış bile olsa, üretim ancak müşteri sipariş verdikten sonra başlar.

Siparişe göre mühendislikte, mevcut ürünün üzerine eklenebilecek ek tasarım seçenekleri hazırdır. İstenen seçeneklere göre sipariş teslim süresi uzayabilir.

Siparişe göre tasarımda, tasarımcılar üretilecek ürün için müşteriyle birebir görüşmeye giderler ve müşterinin istekleri doğrultusunda ürün meydana çıkar. Her ürün benzersiz ve müşteriye özeldir. Çok uzun teslimat tarihleri söz konusudur.

2.6.3 Son Ürünün Cinsine Göre Sınıflandırma

Bazı durumlarda, üretilen ürünün nitelikleri üretim sisteminin karakteristiklerinin belirlenmesinde fazla ağırlık taşır. Fabrika binasının yapısı, kullanılan makineler, insangücü yapısı belirli tip mamule göre oluşabilir. Demir-çelik, kömür vs üretimi böyledir. Mamule göre isim alan belli başlı üretim sistemleri şöyle sıralanabilir (Kobu,1996):

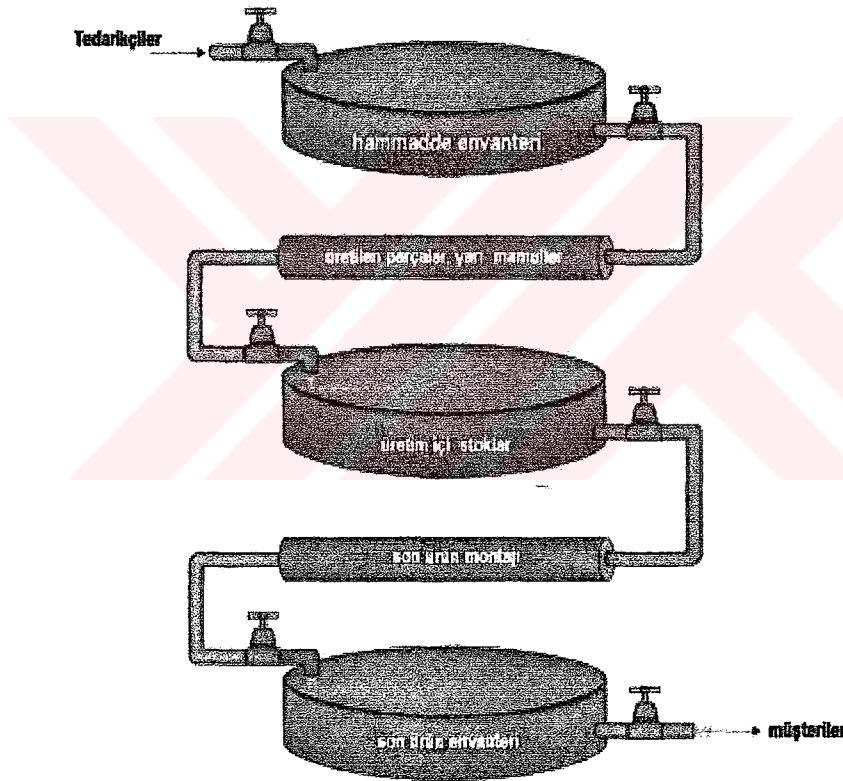
- Demir-çelik üretimi,
- Kömür üretimi,
- Takım tezgahları üretimi,
- Kimyasal maddeler üretimi,
- Elektrik/elektronik araç-gereç üretimi,
- Tekstil mamullerinin üretimi.

Ürün cinsine göre tanımlanan sınıflar aynı zamanda birer endüstri dalı olarak isimlendirilmektedirler.

2.7 ÜPK Sistemlerinin Yönetim Yaklaşımları

2.7.1 Havuz Sistemi

Bu yaklaşımda üretimi desteklemek için elde envanter bulundurma anlayışı hakimdir. Şekil 2.8 ÜPK sisteminin en basit tariflerinden birini göstermektedir. Havuz sistemi yaklaşımında müşteri ile üretici arasında çok az iletişim vardır. Üretici müşterinin ne zaman ve ne miktarlarda mal talep edeceğini bilmediğinden dolayı ürünler talep zamanından önce üretilip depolanır ve saklanırlar. Talep edilen ürün miktarı depoyu harekete geçirir. Depoda eksilen malları yerine koyabilmek için yarımamul envanterinde bulunan parçalar montaja sokulur. Gene yarımamul



Şekil 2.8 ÜPK planlamasına havuz sistemi yaklaşımı (Gaither, 1996)

envanterinin eksikliğinin giderilmesi bunun üretimine dolayısıyla yeni hammadde girişine bağımlıdır; hammadde eksildikçe yeni sipariş emirleri açılır. Eğer bir şirket stoğa üretim yerine siparişe üretim yapıyorsa Şekil 2.8’de yer alan son ürün envanterinin yerine müşteri siparişleri gelecektir.

Günümüzde gelişen iletişim ve yönetim bilgi sistemleri sayesinde bu anlayış biraz demode olmuştur, ancak hala bu yöntemi uygulayan şirketler bulunmaktadır. Bu yaklaşım talebin

tamamıyla rassal olduğu durumlarda en iyi sonuçları verir. Yarımamul ve son mamul için sipariş verme yöntemleri sistemin işleyiş performansında çok önemlidirler.

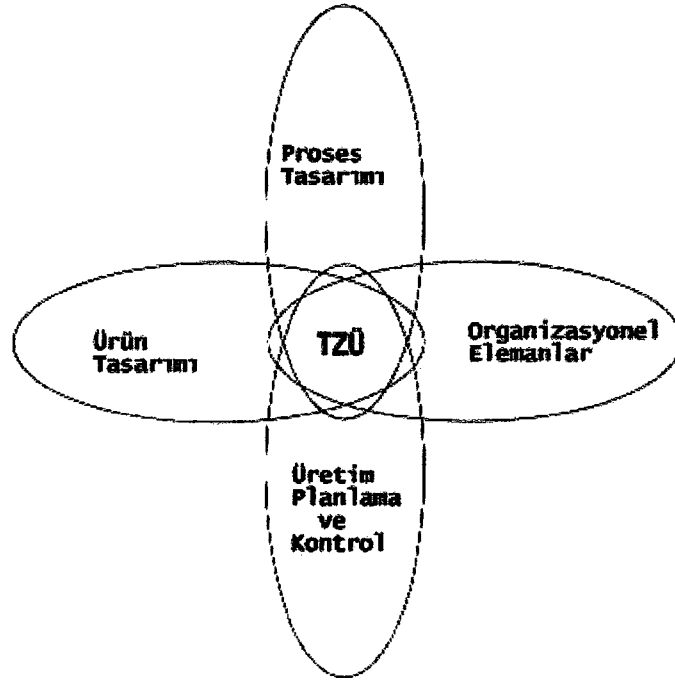
2.7.2 İtme Sistemleri

İtme sisteminin ana fikrinde müşteriler, tedarikçiler ve üretici arasında malzeme akışını yönetmek için kurulan iletişim vardır. İhtiyaç duyulduğu zaman yarımamul üretimi ve alt montajları gerçekleştirebilmek için hammaddeler partiler halinde fabrikaya gelmektedirler. Hammaddeler peş peşe fabrikanın girişinden itilip çeşitli üretim safhalarından geçtikten sonra son ürün haline gelirler. Bir seri planlanmış çizelge sayesinde malzemelerin ne zaman nerede olacakları belirlenmiş olur. Buna itme sistemi denir; “Malzemeleri işleyerek, bir sonraki aşamaya çizelgenin emrettiği anda göndermek”(Gaither,1996). Bir itme sisteminde istenen ürün adedini istenen zamanda teslim edebilmek çizelgelemenin doğruluğuna bağlıdır. Çizelgenin doğruluğu ise büyük ölçüde müşteri talebi bilgilerinin doğruluğuna ve temin zamanlarına bağlıdır. Proses tipi üretimlerde havuz sistemlerine göre hammadde envanterlerinde tasarruf, işçilik ve makina kullanımlarında da daha yüksek kullanım oranları sağlamaktadır.

2.7.3 Çekme Sistemleri

Çekme sistemlerinin yapısında her üretim aşamasındaki envanter seviyelerinin azaltılması unsuru vardır. İtme sistemlerinde çizelgeye bakılır ve üretilmesi gereken miktar üretilir. Çekme sistemlerinde ise bir sonraki üretim safhasının ihtiyacına bakılır ve ihtiyaç kadar üretilir. Hammadde veya yarımamuller üretimin ilk aşamasından tamamlanma aşamasında kadar çok az stok miktarlarıyla hareket ederler. Yani, hammadde veya yarımamuller üretimin son safhasından ilk safhasında doğru çekilirler. Günümüzde bu üretim tipine Tam Zamanında Üretim (TZÜ) de denmektedir.

TZÜ yöneticilerinin üretimin atölye sahası problemlerin çözümü için bilgili kişiler olması gereklidir. Prosese girmiş envanterde, her malzeme kalite standartlarını karşılamalı, her parça istenen zamanda istenen miktarda istenen yerde bulunmalı, her makina bozulmadan çalışmalıdır. Aksi taktirde durmalardan dolayı oluşabilecek üretim kesintileri tolere edilemezler. TZÜ’nün temel felsefelerinden biri de ortaya çıkan problemlerin bir daha ortaya çıkmaması amacıyla tamamen ortadan kaldırmaktır. Bu yüzden yetkililerin uzman ve çok bilgili kişiler olması gerekmektedir. TZÜ sisteminin dört yapıtaşı Şekil 2.9’da gösterilmektedir.



Şekil 2.9 TZÜ felsefesinin temel yapıtaşları (Ohno, 1986)

Başarılı TZÜ uygulamaları daha çok küçük çaplı ve tekrarlı üretim yapan işletmelerde görülmektedir. Atölyedeki karmaşıklık TZÜ uygulamalarında engel oluşturmaktadır. Ancak az seviyedeki fabrika içi envanter, ürünün hızlı teslimatı, geliştirilmiş ürün kalitesi ve düşük maliyetler TZÜ sistemlerinin tercih edilme nedenleri olmaktadır. İtme sistemlerinde çalışan işletmeler bu büyük avantajlardan dolayı TZÜ sistemine geçmeyi tercih etmektedirler.

Tekrarlı, veya sürekli üretim ortamlarında, özellikle toplam talebin sabitlenebildiği esnek üretim sistemlerinde veya hücreli üretimde, tam Zamanında Üretim tekniği uygulaması en iyi sonuçları vermektedir. Esas olarak JIT, malzemelerin prosese girmesi için tetikleyici olarak çalışır. Burada, işlemlerin işlem başlangıcına doğru ters yönde programlamak söz konusudur. Genellikle kartlar (Kanban) kontrol mekanizması olarak kullanılır. Kart veya benzeri elektronik araç, kontrol sinyali göndererek üretim akış başlangıç işlemini tetikler ve aktif hale getirir. Böylece üretim akışının sonuç işlem ihtiyaçları kısa sürede beslenir. Sistemin başarılı olabilmesi için, malzeme transferi yapılmadan önce malzemenin tamamen tüketimini engelleyecek çalışan bir tampon mekanizmasının kurulması gerekir.

Başarılı bir JIT uygulaması için genellikle geçerli olan bazı önkoşullar aşağıda sıralanmıştır (Porter vd.,1999):

- Genellikle ilgili işlemler süreklilik için dengelenirler, ve işin akışında beklenmeyen durumları göz önüne almak için fazlalık kapasite derecelerine sahiptir.
- Tüm tedarikçiler (dış tedarikçiler veya organizasyon içindeki ilgili diğer işlemler) güvenilir olmalıdır.
- İşin akış hızı ve kompozisyonunu oluşturabilmek için, ilk sürücü olarak bazı planlama yapılarına ihtiyaç duyulur. Bu yapı, genellikle malzeme ihtiyaç planlama veya bazı basit çizelgeleme yapılarıdır.

2.7.4 Diğer Yaklaşımlar

Kısıtlara Bağlı Planlama: Bazı ÜPK sistemleri üretimdeki operasyon, makina veya darboğazlarını gidermeye yönelik çalışmalar yapmaktadır. Darboğazlarda üretimin çeşitli safhalarında kapasite uyumsuzlukları gözlemlenir ve parçalar üretildikleri yerlere gereğinden daha hızlı veya daha çok miktarlarda gelmektedirler.

Birçok üretim ortamı, işlem yapısının herhangi bir yerinde sınırlama veya darboğazları içerir. Goldratt (1998), bu alanda yaptığı çalışmada, bu yaklaşımı aşağıdaki şekilde açıklamıştır:

- Darboğazlar vardır.
- Adımlar, tüm olası durumlardaki darboğazların işlemlerini sürdürebilecek şekilde atılmalıdır.
- Diğer sınırlı-olmayan kaynaklar sadece sınırlı olanların kullanımına ihtiyaç duyulduğunda işleme tabi tutulmalıdır.

Optimize Üretim Teknolojisi (OÜT): Optimize üretim teknolojisi karmaşık atölye yapıları için geliştirilmiş olan bir ÜPK sistemidir. Her iş merkezinde üretilecek olan iş miktarının belirlenmesiyle, OÜT, verilen bir ürün karması için üretim prosesindeki darboğazları ortaya çıkarır. Eğer bir ürün operasyonlar serisinden geçecek ise, operasyonların ne kadar hızlı olduğu önemli değildir çünkü darboğaz kapasiteyi belirlemektedir. İşte bu noktada OÜT diğer sistemlere göre avantajını ortaya çıkarmaktadır. Bir sefer darboğaz ortaya çıkarıldığında, OÜT çalışanları, makinaları ve araç-gereci çizelgeleyen bir dizi algoritma kullanır. Sistem sonucu

olarak üretimdeki en yavaş veya en az çıktı veren iş merkezindeki kapasite artırma çalışmalarına, proses iyileştirme mantığına dayanmaktadır (Dilworth, 1993).

Senkronize Üretim: Senkronize üretim felsefesinde organizasyonel amaçları gerçekleştirmede üretimdeki her prosedürün ve tekniğin bu amaçları etkilediği düşüncesi yer almaktadır. Bu felsefedeki temel olgu üretim performansının sürekli iyileştirilmesidir. Geleneksel formüller yerine çıktı(ürün satışlarının geliri), envanter (envanterde harcanan para) ve işletim harcamaları (envanteri çıktıya dönüştürmede kullanılan para) ölçütleri üretim performansını ölçmede kullanılırlar. Ana düşünce envanter ve işletim giderlerini azaltırken çıktıyı arttırmaktır (Gaither, 1996).



3. TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİ

Çoğu firma gelecekteki faaliyetlerini planlamak için yeterli bir zamana sahip olmak istemektedir. Bu durum, özellikle fabrika kurulması ve operasyonlardan sorumlu mühendisler ve yöneticilerin karşılaştığı bir problemdir. Buradaki sorumlular, fabrikanın ne kadar büyük olması, hangi tezgahların satın alınması, personel sayısı ve eğitilmesi, bu işler için finansman sağlanması gibi kararlar vermektedirler. Bu soruların cevapları, ürünlerin tahmini veya beklenen satışlarına bağlı olmaktadır.

Tahmin yöntemleri, iki temel kategoride incelenmektedir; kantitatif (sayısal) ve kalitatif (niteliksel) yöntemler. Kantitatif yöntemler, geçmiş performansla ilgili sayılar veriler mevcut olduğunda ve gelecekte de aynı veri örneklerinin devam edeceği durumlarda uygulanmaktadır. Diğer yandan kalitatif tahminler, belirgin bir veriye ihtiyaç duymamaktadır, ancak özel bir faaliyet ve ürünle ilgili geniş bilgi ve deneyime sahip kişilerin fikirlerine, yargılarına ve sezgilerine bağlı olmaktadır (Flores, 1986). Yeni bir ürünün piyasaya sürülmesi gibi geçmiş verilerin bulunmadığı durumlarda, kalitatif yöntemler tahmin için tek yol olarak kullanılmaktadır. Bu teknikler, gelecekteki faaliyetlere ait verilerin geçmişte belirgin olmayan faktörlerden etkilendiği durumlarda, kantitatif metotları destekleyerek, karar vermeyi kolaylaştırmaktadır. Burada bazı kantitatif tahmin teknikleri incelenmiştir. Ancak bu incelemeden önce iyi bir tahminin ne anlama geldiğini belirlemek gerekmektedir.

3.1 Talep Tahmininin Zaman Aralığı

Talep tahminleri zamana göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır (Kobu 1996):

- **Çok kısa vadeli tahminler**; haftalık, hatta günlük olarak parça, malzeme ve mamul stoklarının kontrolü veya montaj hattı iş programlarının hazırlanması amacı ile yapılır. Daha çok işletme içi verilerden yararlanılır.
- **Kısa vadeli tahminler**; en uygun imalat parti hacimlerinin, tedarik zamanlarının ve sipariş büyüklüğünün saptanması amacına yöneliktir. Ayrıca makinalara iş yükleme ve insan gücü ihtiyaçlarının tespiti faaliyetlerine veri hazırlamak için de yapılır. Genellikle 3-6 aylık bir süreyi kapsarlar.

- **Orta vadeli tahminler.** tedarik süresi belirsiz veya uzun olan malzeme alımlarının, üretim prosesi karmaşık mamullere ait imalat faaliyetlerinin , talebi mevsimsel dalgalanma gösteren mamul stoklarının planlanması amacıyla hizmet ederler. Altı aydan başlayarak 5 yıla uzanan bir süreyi kapsayabilirler.
- **Uzun Vadeli Tahminler.** İşletme tesislerinin genişletilmesi, yeni makina alımları gibi yatırım planlamasını ilgilendiren konulara veri sağlama amacı taşırlar. Beş yıl veya daha uzun bir süre için yapılırlar.

3.2 Talep Tahmininin Üretim Planlama ve Kontrol Açısından Önemi ve Prensipleri

Talep tahminleri ÜPK departmanının sorumluluğu altında bulunan bir faaliyet değildir. Bununla beraber bu faaliyetin ortaya çıkardığı sonuçlardan en fazla yararlanmak ve etkilenmek durumunda bulunan departman ÜPK'dır. Üretim planlarının hazırlanmasından, ekonomik stok düzeylerinin korunmasından, malzeme tedariklerinden ve sapmalar karşısında etkin tedbirlerin alınmasından doğrudan sorumlu olan ÜPK'nın dayandığı temel verilerin başında talep tahminleri gelir. Bu nedenle ÜPK'da görev alanların talep tahmini konusunda bilgili olmaları gerekmektedir.

Talep tahminlerinde göz önüne alınması yararlı olan prensiplerden belli başlıları şöyle sıralanabilir (Kobu,1996):

- Miktar veya çeşit bakımından büyük olan gruplar için yapılan tahminler daha duyarlıdır.
- Tahminlerin kapsadığı zaman aralığı kısaldıkça (kısa vadeye gidildikçe) duyarlılık artar.
- Her talep tahmin araştırmasında sapmaları belirleyecek hata hesaplamaları yer almalıdır.
- Herhangi bir talep tahmin araştırmasının sonuçlarını uygulamaya geçmeden önce kullanılan yöntemin testi yapılmalıdır.

3.3 Hata Ölçme

Tahmin değeri F ile mevcut talep D arasındaki değer, tahmindeki hata (yanılma) değeri e 'dir. Amaç ağırlık gibi bu hata değerini en aza indirecek tahmin yöntemini ve/veya ilgili parametreleri belirlemek olacaktır.

Matematiksel olarak, t peryodundaki hata $e = F_t - D_t$ şeklinde ifade edilebilir. Eğer tahmin ve talep için n peryod varsa, toplam hatayı bulmak için birçok yöntem bulunmaktadır (Dilworth, 1993):

$$OH = \sum_{t=1}^n \frac{e_t}{n},$$

$$OMH = \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{n},$$

$$OHK = \sum_{t=1}^n \frac{e_t^2}{n-1},$$

$$HSS = \sqrt{\sum_{t=1}^n \frac{e_t^2}{n-1}}$$

OH = Hataların Ortalaması

OMH = Mutlak Hatanın Ortalaması

OHK = Hataların Karelerinin Ortalaması

HSS = Hatanın Standart Sapması

Bazı koşullar altında, daha uygun hata ölçümleri yapılabilir. Ancak OHK , yukarıda bahsedilen hata ölçüm prosedürlerinin en yaygın olanıdır.

3.4 Kısa Süreli Tahmin Metotları

Tahmin yöntemlerini genelde 4 başlık altında toplanabilir;

3.4.1 Hareketli Ortalama

Geçmiş dönemlerdeki verinin ortalamasını alan bu tahmin metodu, kullanıcıdan ortalamaya katılacak olan gözlem adedini istemektedir. Yeni veri mevcut olduğunda, en eski gözlem değeri iptal edilip, gelecek peryodun talebini tahmin etmek için en yeni gözlem değeri hesaplamaya katılmaktadır. Talep tahmini, matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$F_t = \frac{\sum_{i=1}^n D_{t-i}}{n}$$

Burada F_t , t peryodundaki tahmin edilen taleptir, $D_{t-i}, t-i$ peryodundaki mevcut taleptir ($i=1,2,\dots,n$ ve n ortalamaya katılan gözlem adedi).Örneğin, $n=3$ olduğu ve geçen 6 ay için mevcut talebin verildiği örneği göz önüne alalım.

Çizelge 3.1 6 aylık talepler (Stevenson, 1996)

Aylar	Gözlenen Talep
Ocak	500
Şubat	515
Mart	600
Nisan	620
Mayıs	595
Haziran	635

$$F_{Temmuz} = \frac{(620 + 595 + 635)}{3} = 616,66 \text{ veya } 617 \text{ adet,}$$

Temmuz için mevcut talep 625 olsaydı, Ağustos'un değeri

$$F_{Ağustos} = \frac{(595 + 635 + 625)}{3} = 618,33 \text{ veya } 618 \text{ adet.}$$

3.4.2 Ağırlıklı Hareketli Ortalama

Önceki metotta, hareketli ortalamaya katılan her gözlem hesaplamaya eşit katkıda bulunmaktadır, veya “eşit ağırlığa sahiptirler”. En son gözlemlere daha fazla, önceki gözlemlere de daha az önem vermek istendiği zaman, her veri noktasına bir ağırlık veren bu yöntem kullanılmaktadır. Tablo 5.4’de ağırlıkların verildiğini varsayarsak, Temmuz döneminin talep tahmini

$$\frac{1}{8}(620) + \frac{1}{4}(595) + \frac{5}{8}(635) = 623$$

veya genel ifadeyle

$$F_t = \frac{\sum_{i=1}^n (W_{t-i} \times D_{t-i})}{n}$$

olur, W_{t-i} , $t-i$ gözlemine verilen ağırlık değerini gösterir.

Çizelge 3.2 Taleplerdeki göreceli ağırlıklar (Stevenson,1996)

Gözlem	Ağırlık	Göreceli Ağırlık
1 ay eski	5	5 / 8
2 ay eski	2	1 / 4
3 ay eski	1	1 / 4
Toplam	8	

3.4.3 Üssel Düzeltme

Yukarıdaki yöntemde eski gözlemler yerine en son gözlem değerlerine daha fazla ağırlık verilmesine rağmen, her bir gözlem noktasına ağırlık vermek oldukça karmaşık bir konudur. Üssel düzeltme, ağırlıkların geçmiş yıllara göre azalan bir şekilde atandığı diğer seçenektir. Burada, son dönemde gerçekleşen ve tahmin edilmiş talep ile düzeltme katsayısının bilinmesi yeterlidir. Pratikte bu yöntem, kısa dönemli tahminlerde kullanılır.

Bu yöntemin geliştirilmesindeki temel düşünce, tahmin edilen talep ile gerçekleşen talep arasındaki farklılığın iki faktörden dolayı oluşmasıdır. Birincisi trend ve ikincisi ise rastlantısal dalgalanmalardır. Genelde bir sonraki tahmin, talebi takip eder ve dalgalanmaya tepki göstermez. Burada karar verilmesi gereken şey, gerçekleşen ile tahmin edilen talep arasında, trendden dolayı “yüzde kaç”lık bir fark (düzeltme katsayısı) oluşacağıdır.. Gelecek zaman periyodu için talep tahmini trende göre ayarlanmaktadır.

Yukarıda açıklananlar, matematiksel olarak şöyle ifade edilebilmektedir:

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(D_t - F_t)$$

F_{t+1} = $t+1$ dönemi için talep tahmini

D_t = t peryodundaki talep

$\alpha = 0 < \alpha < 1$ olan düzeltme katsayısı

Yukarıdaki ifadeler düzenlenirse

$$F_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha)F_t$$

olup, geçmiş gözlemlerin etkisinin nasıl azaldığını görmek için, F_t yerine yukarıdaki ifade kullanılırsa

$$\begin{aligned} F_t &= \alpha D_t + (1 - \alpha)[\alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1}] \\ &= \alpha D_t + \alpha(1 - \alpha)D_{t-1} + (1 - \alpha)^2 F_{t-1} \end{aligned}$$

İşleme devam edilirse,

$$F_{t+1} = \alpha D_t + \alpha(1 - \alpha)D_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 D_{t-2} + \alpha(1 - \alpha)^{n-1} D_{t-(n-1)} + (1 - \alpha)^n F_{t-(n-1)}$$

elde edilir, $\alpha < 1$ ve her gözlemin ağırlığı $1 - \alpha$ oranında azaldığından dolayı, eski gözlemlerin ağırlıkları üssel olarak azalmaktadır (Co,2000).

İlk olarak α değerinin sabitlenmesi gerekmektedir. Önceki örnekte $\alpha = 0,2$ olarak kabul edilirse, her peryod için hesaplanmış olan talep tahminleri Çizelge 3.3’de oluşturulabilir.

Prosedüre başlamak için, 1. peryod olan Ocak ayına ait talep tahmin değeri, gerçekleşen talep değeriyle eşit varsayılmıştır. Şubatta, Ocak ayınınikiyle aynıdır, çünkü Ocak ayında talep

tahmininde hata yoktur. Mart ayının ki ise, $500 + 0,2 (515-500) = 503$ 'dür. Tahmin değerleri ile gerçekleşen değerler arasındaki farklar incelenirse, tahmin edilen değerler çok iyi olarak kabul edilemez. Başka bir α değeri, örneğin 0,6 rassal olarak seçilecek olursa, Çizelge 3.4'de verilen değerler elde edilir.

Çizelge 3.3 $\alpha=0,2$ Değeri için talep tahmini

Ay	Tahmin	Gerçekleşen Talep
Ocak	500,0	500,0
Şubat	500,0	515,0
Mart	503,0	600,0
Nisan	522,4	620,0
Mayıs	541,9	595,0
Haziran	552,5	635,0
Temmuz	569,0	

Çizelge 3.4 $\alpha=0,6$ Değeri için talep tahmini

Ay	Tahmin	Gerçekleşen Talep
Ocak	500,0	500,0
Şubat	500,0	515,0
Mart	509,0	600,0
Nisan	563,6	620,0
Mayıs	597,4	595,0
Haziran	594,9	635,0

Şimdi tahmin değerleri iyileşmiştir, ancak α değerinin optimum değerinin belirlenmesi gerekmektedir. Uygulanabilecek yöntemlerden bir tanesi de, değişik α değerlerini denemek, herbiri için ortalama hatanın karesi payını hesaplamak ve en düşük “ortalama hatanın karesi”ni veren değeri seçmektir. Bu örnekte en iyi α değeri, tek dıjıtlık hassasiyet ile 0,9 değeridir.

3.4.3.1 Excel Programı Yardımıyla α Değerinin Optimizasyonu

Üssel düzeltme yöntemi geçmiş tahmin hatalarını düzeltmeye çalışır (Co, 2000);

- Yeni tahmin = Eski tahmin + “ bir düzeltme”,
- “Düzeltilme”= en yakın tahmin hatasının küçük bir kısmıdır,
- Küçük bir kısım düzeltme sabiti olan α değeri ile belirlenir. Bu değeri 0 ile 1 arasındadır,
- Yeni tahmin α değerine bağılıdır,
- Yeni bir tahmin yapabilmek için, son yapılmış tahminin bilinmesi şartı vardır,
- Düzeltilmemiş tahminin ilk α değeri 1’dir.

Örnek olarak aşağıdaki çizelge incelendiğinde ilk tahmin değerinin 38 olduğu görülmektedir (Y_t değerleri fiili gerçeri değerlerdir, F_t ise Y_t dönemindeki tahmin değerleridir). Çizelgedeki diğeri değerler ve 13. dönem buna göre tahmin edilebileceklerdir. α değeri başlangıç için 0,2’dir.

3.dönemin tahmin değeri = 2.dönemin tahmin değeri + α * (2.dönemin fiili değeri-2.dönemin tahmin değeridir).

Bu formül n.dönem için de yazılabilir ;

n.dönemin tahmin değeri = n-1.dönemin tahmin değeri + α * (n-1.dönemin fiili değeri-n-1.dönemin tahmin değeridir).

Çizelge 3.6’da formülün excel tablosunda hazırlanışı gösterilmektedir. Excel’de kullanılan \$ işareti, 12 dönemin tahmin edilen değerlerini otomatik olarak yaratırken α değerinin sabit kalmasını (0,2) sağlar.

Çizelge 3.5 1.döneme ait tahmin verisi ve α değeri (Co, 2000)

	A	B	C	D	E
1	t	Y _t	F _t	Y _t - F _t	(Y _t -F _t) ²
2	1	38	38		
3	2	44			
4	3	40			
5	4	48			
6	5	55			
7	6	68			
8	7	64			
9	8	70			
10	9	75			
11	10	70			
12	11	78			
13	12	82			
14					
15	$\alpha =$	0,2			

Çizelge 3.6 Tahmin değerleri için Excel'de formül yazılması

	A	B	C	D	E
1	t	Y _t	F _t	Y _t - F _t	(Y _t -F _t) ²
2	1	38	38		
3	2	44	C2+\$B\$15*(B2-C2)		
4	3	40			
5	4	48			
6	5	55			
7	6	68			
8	7	64			
9	8	70			
10	9	75			
11	10	70			
12	11	78			
13	12	82			
14					
15	$\alpha =$	0,2			

C3 hücresindeki formül [C2+\$B\$15*(B2-C2)], C3 hücresinden C14 hücresine kadar tutulup çekildiğinde, C3-C14 hücreleri arasındaki formülasyonlar otomatik olarak yapılacak ve formüldeki C2, B2 ve C2 değerleri otomatik olarak değişecektir. Örneğin C13 hücresindeki

formül $C13+\$B\$15*(B13-C13)$ şeklinde olacaktır. Değerlerin son hali ise aşağıdaki çizyer almaktadır:

Çizelge 3.7 Ft tahmin sütun değerlerinin yaratılması

	A	B	C	D	E
1	t	Yt	Ft	$ Yt - Ft $	$(Yt-Ft)^2$
2	1	38	38		
3	2	44	38,000		
4	3	40	39,200		
5	4	48	39,360		
6	5	55	41,088		
7	6	68	43,870		
8	7	64	48,696		
9	8	70	51,757		
10	9	75	55,406		
11	10	70	59,325		
12	11	78	61,460		
13	12	82	64,768		
14					
15	$\alpha =$	0,2			

Bundan sonraki aşamada ise D ve E sütunlarının değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. D sütunundaki değerleri hesaplayabilmek için D2 hücresine $=ABS(B2-C2)$ formülünün yazılması (hatayı hesaplayan mutlak değer formülü), E2 hücresine ise $= (B2-C2)^2$ formülünün girilmesi

Çizelge 3.8 Çizelge 3.7 içindeki son değerler (Co, 2000)

	A	B	C	D	E
1	t	Yt	Ft	$ Yt - Ft $	$(Yt-Ft)^2$
2	1	38	38	0	0
3	2	44	38,000	6	36
4	3	40	39,200	0,8	0,64
5	4	48	39,360	8,64	74,65
6	5	55	41,088	13,912	193,54
7	6	68	43,870	24,13	582,24
8	7	64	48,696	15,304	234,2
9	8	70	51,757	18,243	332,81
10	9	75	55,406	19,594	383,94
11	10	70	59,325	10,675	113,97
12	11	78	61,460	16,54	273,58
13	12	82	64,768	17,232	296,95
14					
15	$\alpha =$	0,2		12,589	229,32

(mutlak hatanın karesi) ve D2,E2 hücrelerinin D13 ve E13 hücrelerine kadar formüllerinin kopyalanmaları gerekmektedir. Çizelgedeki son değerler aşağıdaki Çizelge 3.8'deki gibi oluşacaktır.

D15 hücresinde yer alan değer (12,5892) yukarda bahsedilen OMH = Mutlak Hatanın Ortalaması değeridir ve D15 hücresinde yer alan formül $=average(D2:D13)$ 'dür. E15 hücresindeki değer (229,3200) ise OHK = Hataların Karelerinin Ortalaması'dır. E15 hücresindeki formül $= "sum(E2:E13)/(count(E2:E13)-1)"$ 'dir.

Çizelgedeki bu değerler bulunduktan sonra Excel'deki Solver aracıyla bir hata ölçüm kriteri olan OHK = Hataların Karelerinin Ortalaması'nın azaltılmasına, yani t.dönem(1'den 13'e kadar) tahmin edilen (planlanan) değerler ile gerçekleşen değerler arasındaki farkın en aza indirilmesine çalışılacaktır.

Seçilen solver menüsündeki değerlere bakacak olursak amaç fonksiyonu E15 hücresinin(OHK 'nın) minimize edilmesidir. Bu değişiklik C2 ve B15 hücrelerindeki değerler değiştirilerek ve $B15 \leq 1$, $B15 \geq 0$ kısıtlarına bağlı kalınarak elde edilecektir. Zaten tablodaki tüm değerlerin referans formülleri C2 ve B15 hücrelerine bağlı olduğundan Solver'ın bu hücrelerde yaptığı değişiklik diğer hücrelerdeki değerleri de otomatik olarak değiştirecektir.

Aşağıdaki çizelgelerden de görüldüğü üzere solver aracı burada en iyi sonucu veren (E15 hücresinin minimum değerini veren) 2 değerde değişiklik yapmıştır. Bunlar C2 hücresi ve B15 hücresi α 'nın değerleridir. Çizelge 3.9 ile karşılaştırıldığında E15 (OHK) değeri 229 ,32 iken Solver sayesinde bu değer Çizelge 3.10'da 46,90 bulunmuştur. 46,90 değerindeki bu değişiklik F_t sütunundaki bütün tahmin değerlerimizde de iyileşme ve optimum hata değerlerine ulaşmayı sağlamıştır.

Çizelge 3.9 Hatanın minimum yapılabilmesi için excel solver aracının kullanılması

	A	B	C	D	E	F	G
1	t	Yt	Ft	$ Y_t - F_t $	$(Y_t - F_t)^2$		
2	1	38	38	0	0		
3	2	44	38,000	6	36		
4	3	40	39,200	0,8	0,64		
5	4	48	39,360	8,64	74,65		
6	5	55	41,088	13,912	193,54		
7	6	68	43,870	24,13	582,24		
8	7	64	48,696	15,304	234,2		
9	8	70	51,757	18,243	332,81		
10	9	75	55,406	19,594	383,94		
11	10	70	59,325	10,675	113,97		
12	11	78	61,460	16,54	273,58		
13	12	82	64,768	17,232	296,95		
14							
15	$\alpha =$	0,2		12,589	229,32		
16	Solver Parameters Set Target Cell: \$E\$15 Equal To: ☐ Max ☒ Min ☐ Value of: 0 By Changing Cells: \$C\$2:\$B\$15 Subject to the Constraints: \$B\$15 <= 1 \$B\$15 >= 0 Solve Close Options Reset All Help						
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

Solver ile optimizasyondan sonra oluşan değerler Çizelge 3.10'daki gibidir:

Çizelge 3.10 Hatanın minimum değeri ve son α değeri

	A	B	C	D	E
1	t	Y _t	F _t	Y _t - F _t	(Y _t -F _t) ²
2	1	38	38	0	0
3	2	44	38,000	6	36
4	3	40	44,000	4	16
5	4	48	40,000	8	64
6	5	55	48,000	7	49
7	6	68	55,000	13	169
8	7	64	68,000	4	16
9	8	70	64,000	6	36
10	9	75	70,000	5	25
11	10	70	75,000	5	25
12	11	78	70,000	8	64
13	12	82	78,000	4	16
14					
15	$\alpha =$	1		5,8333	46,909

3.5 Eğri Yardımıyla Tahmin

Diğer bir yöntem, eldeki verilerden bir eğri oluşturmak, bu verilere göre bir denklem belirlemek ve gelecek tahmin değerleri için bu eğriyi kullanmaktır. Buradaki yöntem, değerleri mevcut, kontrol edilebilen veya ölçülebilen çok sayıda bağımsız değişkenden oluşmaktadır. Beklenen talebin tahmini, ancak bu değerler bilindiği zaman yapılabilir. Denklemlerin katsayıları, en küçük kareler yöntemine göre değerlendirilmektedir. Yani hata karelerinin toplamını minimum yapan yöntem kullanılmaktadır.

Eğri denkleminin aşağıdaki gibi olduğunu varsayalım:

$$Y = b_0 + b_1X_{1i} + b_2X_{2i} + \dots + b_mX_{mi}$$

Burada, m bağımsız değişkenler ve n gözlemler olmak üzere $\hat{Y}_i$, talebin tahmin edilen değeri, ve Y_i ise, talebin i . periyottaki tahmin edilen değeri olsun. Hata ölçüm değeri $e = (Y_i - \hat{Y}_i)$ 'dir ve en küçük kareler yöntemine göre;

$$\begin{aligned}\min e^2 &= \min \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \\ &= \min \sum_{i=1}^n [Y_i - (b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + \dots + b_m X_{mi})]^2\end{aligned}$$

Minimizasyon, her katsayıya göre $(b_0, b_1, \dots, b_m)$ ilk türevler alınıp denklem 0'a eşitlendikten sonra, her katsayının değerlerinin bulunmasıyla elde edilmektedir. Regresyon analizi olarak bilinen bu en basit yöntemde, sadece bir bağımsız değişken kullanılır. Örneğin, “zaman periyodu”, $Y = b_0 + b_1 X_i$ denklemin içinde bağımsız değişken olabilir. Burada eğri, düz bir doğru oluşturur ve denklemdeki katsayılar aşağıdaki gibi belirlenir:

$$b_1 = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n}, \quad \bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \text{ olmak üzere } b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X} \text{ olmaktadır (Makridakis, 1989).}$$

Yukardaki katsayıların bulunmasına dair aşağıda bir örnek verilmiştir. Bu örnekte bir kereste üreticisi, yarı mamul olarak talaş elde etmekte ve bu talaşları kullanarak bir yakacak odunu üreten bir tesis kurmak istemektedir. Ürünlerini satabileceğini düşündüğü 100 millik bir çap içinde, mağazalar ile bağlantı kurarak, bu alandaki yakacak odunlarla ilgili geçmiş 6 mevsime ait talep bilgileri elde etmiştir. Bu bilgiler çizelge 3.11’de verilmiştir.

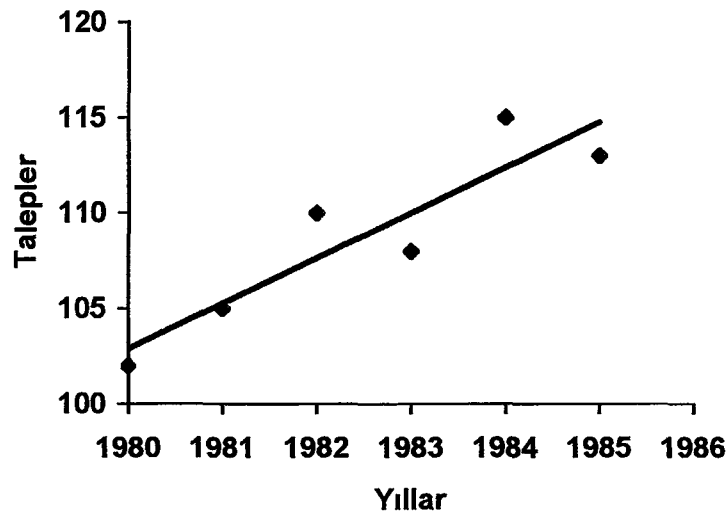
Üretici firma, ilk sene pazar payını %10 olarak ve sonraki 3 senede ise bu payı senelik olarak %3 arttırmayı hedeflemektedir. Gelecek 4 sene için, üretici firmanın talep tahminini hesaplanmasını istemektedir.

Çizelge 3.11 Bir kereste üreticisi için geçmiş yıllardaki talep (Gaither, 1996)

YILLAR (X)	Talep (000) (Y)
1980	102
1981	105
1982	110
1983	108
1984	115
1985	113

Veri noktalarının çizimi, Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Yıllar ve talep arasındaki ilişki lineer bir doğru ile ifade edilebilir.

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_i \text{ olmaktadır.}$$



Şekil 3.1 Yıllar ve talep arasındaki ilişki (Gaither, 1996)

$\hat{Y}_i$, X_i yılında tahmin edilen talep olmak üzere alınırsa, hesaplamada yıllar 1980, 1981, ... olarak alınabilir. Diğer bir yöntem, 1980 yılı çıkarılarak, 0, 1, 2, 3 şeklinde değerler elde edilebilir. X_i değerleri 1980, 1981, ... şeklinde alınırsa,

$$b_1 = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

ve

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}$$

$$\sum X_i = 11.895, \sum X_i^2 = 23.581.855$$

$$\bar{X} = 1982,5$$

$$\sum Y_i = 653, \quad (\sum X_i)(\sum Y_i) = 1.294.614$$

$$\bar{Y} = 108,83$$

olup, yukarıdaki değerler yerlerine konulursa

$$b_1 = 2,3714, \quad b_0 = -4592,47$$

Denklem

$$\hat{Y} = -4592,47 + 2,3714 X_i$$

bulunur. Şimdi bu grafiği genişleterek ve üreticinin pazar payını bilerek gelecek 4 sene için talep tahmini gerçekleştirilebilir. Bu değerler, Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Seneler için 1980=0, 1981=1, ... değerleri kullanılsaydı, denklemin sonucu

$$\hat{Y}_i = 102,90 + 2,3714 X_i$$

olurdu. Burada da, 1986 yılı için 6 değerini kullanmak, yukarıdaki 1986 senesinin aynı sonucunu vermektedir.

Çizelge 3.12 Tahmin Edilmiş Talep (Gaither, 1996)

X_i	$\hat{Y}_i(\text{x1000})$	Pazar Payı	Tahmin Edilen Talep(x1000)
1986	117,13	%10	11,71
1987	119,50	%13	15,54
1988	121,87	%16	19,50
1989	124,24	%19	23,61

Bu çözüm sürekli bir lineer trendi göstermektedir. Ancak gelecekteki uzak bir noktayı tahmin etmek subjektif bir konudur. Örneğin zaman aşımı içinde talep doyma derecesine gelebilir. Bu düşünce doğrultusunda, eğimin denkleminin değiştirilmesi gerekebilir. Bu değişimin denklemi aşağıdaki formda olabilir:

$$\hat{Y}_i = b_0 X_i^{b_1}$$

3.6 Yeni Bir İşletme İçin Talep Tahmini

Bundan sonraki iki örnekte, devlete ait kayıtlar ve raporlar kullanılarak nasıl tahmin yapılabileceği gösterilmektedir. İlk örnek krom musluk ve duş başlıkları ile ilgili bir uygulamadır. İstatistiksel bir rapor ile, 1980 ile 1984 seneleri arasında (Çizelge 3.13) yurtdışında gerçekleşen krom musluk satışları gösterilmiştir. Rapordaki değerler, toplam satışlardan ihracat yapılan miktarlar çıkartılarak elde edilmiştir.

Çizelge 3.13 Yurt içi tüketimler (Evans, 1997)

Yıl	Krom Musluklar	Krom Duş Başlıkları
1981	579.337	566.170
1982	524.958	552.970
1983	514.989	458.936
1984	519.239	551.481
1985	632.444	595.291

Basit regresyon analizi sonuçlarına göre denklemler aşağıdaki yapıda oluşur:

Krom musluklar için,

İlgili yıldaki talep = $524.004,9 + 510.049,5 (\text{ilgili yıl} - 1980)$

Krom duş başlıkları için,

İlgili yıldaki talep = $527.943,7 + 5.675,3 (\text{ilgili yıl} - 1980)$

Regresyon analizinden elde edilen sonuçlar, satışları doğrudan etkileyebilecek yeni binaların yapımı ve binaların yeniden kiralanması gibi bazı faktörler de gözönüne alınarak geliştirilebilir. Ancak, ilk talep tahmini için yukarıdaki denklemler oldukça uygun birer tahmin edici sayılabilirler.

İkinci örnek olay, ev ve küçük iş yerleri için bilgisayar masası (bilgisayar, printer, scanner, vb gibi cihazların üzerine konacağı) üreten bir işletmenin yapmaya çalıştığı tahminle ilgilidir. Daha önceki yıllara ait devlet veya herhangi bir kuruluş tarafından tutulmuş olan kayıt bulunmadığından, gelecek dönemlerdeki satış tahminleri geçen dönemlere ait verilerden elde edilemeyecektir. Kişisel olarak veya telefonla yapılan görüşmeler doğrultusunda, bilgisayar kullanıcılarının %61,8'inin böyle bir ürüne sahip olmak istediği anlaşılmıştır. Yayınlanan bir rapora göre, 1985 yılında Amerikan ev halkının %10'unun evinde bir bilgisayar bulunmaktadır. Ticaret Bakanlığı bilgilerine göre, 1984 yılında ev bilgisayarlarının adedi 8,5 milyondur. Business Week'deki diğer bir araştırmaya göre, bilgisayar satışlarının her sene 2 milyon kadar

artması beklenmektedir. Buna diz üstü bilgisayarlar da dahildir ve bu kullanıcılar da bir bilgisayar masası kullanmayı isteyebileceklerdir.

Şubat 1985 yılındaki duruma bakılırsa, 8,5 milyon bilgisayar sahibinin %61,8'i 5,25 milyon kişi etmektedir. Bu topluluğa, her sene 2 milyon kişi eklenecektir. Ancak gene bunların %61,8'i, masa sahibi olmak isteyecektir. 1987, firmanın ilk yılı olduğundan dolayı talep tahmini bu senede başlayacak ve 5 sene sürecektir. Talepler, bin adet cinsinden aşağıdaki gibidir:

Talepler (x 1000) (Evans, 1997):

1987 : $0,109 [(5,25)+3(1,23)]=974,46$ (1985'den 1987 yılına kadar olan projeksiyon),

1988 : $0,109 (0,70(8,94)+1,23)=1002,23$

1989: $0,109 (0,891(7,49)+1,23)= 861,491$

1990 : $0,109 (0,891(6,473)+1,23)= 762,72$

1991 : $0,109 (0,891(5,76+1,23)= 693,475$

Burada 8,94 , 1987 yılında bilgisayar sahibi olması beklenen toplum nüfusedir, 10,9'u bilgisayar masası almış iken geriye kalan %89,1'inin bilgisayar masası olmayacaktır.

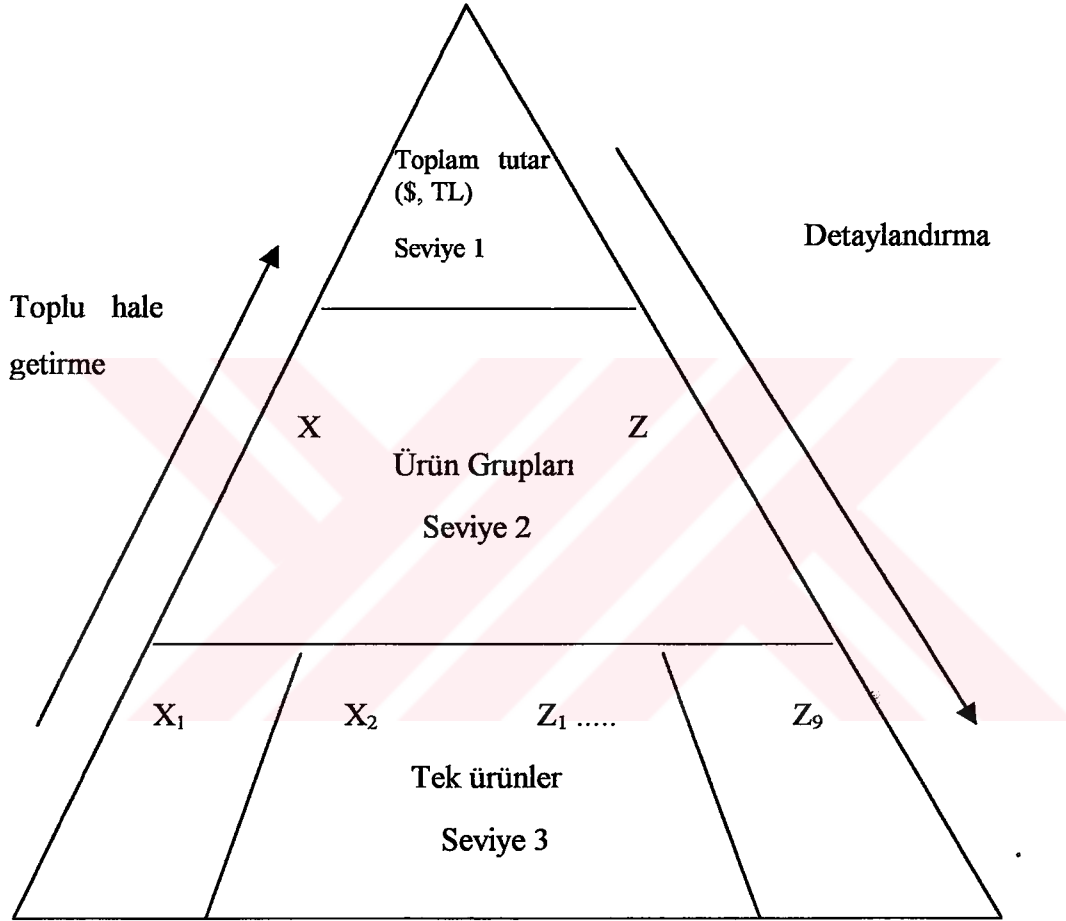
Eğer firma, yıllar itibarıyla toplam pazarın %2, %4, %5,5, %6,5, %7,5'lik dilimlerine sahip olmayı hedefliyorsa, potansiyel talebi sırasıyla 19.489, 40.089, 47.382, 49.577, 52.011 olacaktır.

3.7 Toplu Talep Tahmin Değerlerinin Detaylandırılması

Tahminler, firmanın çeşitli departmanlarında çalışan çok farklı kişiler tarafından birçok yerde kullanılmak üzere hazırlanırlar. Üretimdeki çizelgelemenin dışında yöneticiler tahminleri bütçe hazırlıklarında ve genel planlarda kullanırlar. Ürün müdürleri ürün grupları için oluşan tahminleri ürünün adedi, ağırlığı, parasal hacmi temel olmak üzere , ürünlerin promosyonları için pazarlama planları, reklam ve fiziksel dağıtıma verilecek ağırlıkları bulmakta kullanırlar.

Kullanılan tahmin yöntemlerinden bir tanesi piramit yöntemidir. Bu yöntem firmadaki farklı departmanlar tarafından gerçekleştirilmiş ürün tahminlerini tek yerde toplar. O halde bu yöntemle tespit edilen tahminler pazarlama, üretim, dağıtım gibi departmanlarda kullanılabilirler.

Piramit yönteminde öncelikle şekil 3.2’den de görüleceği üzere prosese seviye 3’den başlanmaktadır. Burada her bir ürün için tahmin edilen miktarlar belirlenir. Daha sonra seviye 2’de her ürün grubunun tahminleri seviye 3’deki rakamlar sayesinde hesaplanır ve seviye 1’de toplam tutar (birim para cinsinden) hesaplanır. Bu tutar yönetime sunulur ve yönetim kendisine sunulan işi ve para miktarını değerlendirir ve ayırabileceği parayı söyler. Bu sefer de piramitte seviye 1’den seviye 3’e doğru bir detaylandırma yapılacaktır.

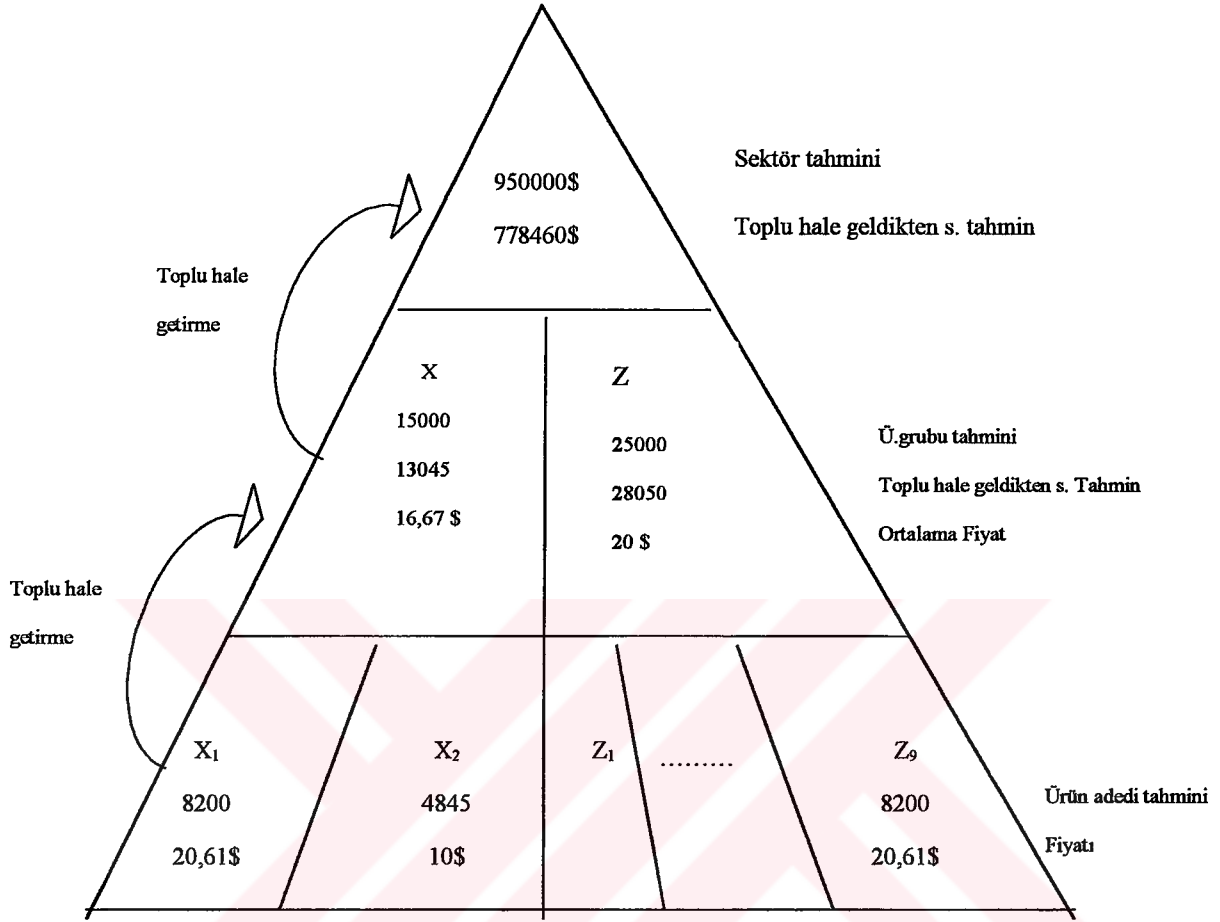


Şekil 3.2 Toplu talep tahmininin detaylandırılması (Newberry ve Bhame, 1981)

Örnekte 11 ayrı ürün 2 ürün grubunu oluşturmaktadır. Bunlardan X_1 ve X_2 , X ürün grubunu, geriye kalan Z_1 ’den Z_9 ’a kadar olan ürünler de Z ürün grubunu oluşturmaktadır. Şekil 3.3 her ürün için fiyatı ve her seviyedeki tahmin adedini göstermektedir.

Yukarı hareket öncelikle seviye 3’den başlar. Her ürün grubu (seviye 2’deki gruplar) için tahmin adetleri toplanır. X grubu için adet $(8200+4845)$ 13045 tanedir. Z grubu için bu sayı 28050 tanedir. Eğer buradaki miktarlarda herhangi istenilmeyen veya yanlış bir rakam söz konusu olursa hatanın farkına varılır ve proses durur. Eğer hata yoksa seviye 2 için fiyatlar

hesaplanır. Seviye 3'deki fiyatlar ortalama bir fiyat bulmak için kullanılabilirler (Vollmann vd., 1997).

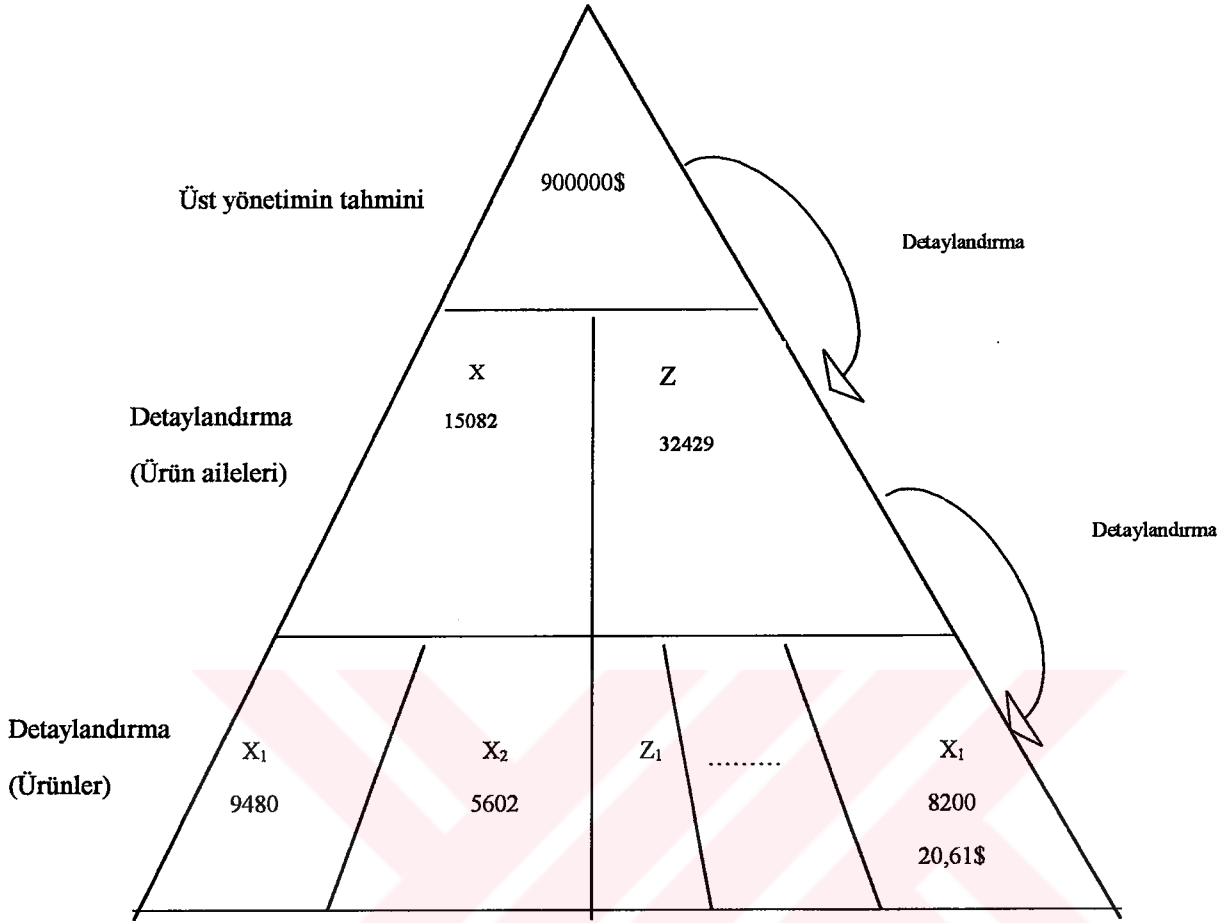


Şekil 3.3 Toplu talep tahmininin detaylandırılması (Newberry ve Bhame, 1981)

Seviye 1'e çıkarken ürün gruplarının oluşturduğu toplam dolar cinsinden para miktarı 778460\$'dır $(13045 \times 16,67) + (28050 \times 20,00)$. Bu tahmin yapılmadan önce yönetimin bu üretim için ayırdığı para 950000\$ olsun. Kendisine sunulan yeni rapor doğrultusunda rakamları karşılaştırdıktan sonra yönetimce 900000\$ harcanmasına karar verilir. Bir sonraki aşama bu paranın ürün miktarlarındaki ağırlığını gösterecek olan piramidin aşağıdaki seviyelere doğru detaylandırılmasıdır. Bu seviyelerdeki miktarlar Şekil 3.4'de görülmektedir.

Piramitte yukardan aşağıya doğru yapılan açılımda alt seviyelerde ürün adetleri ürün aileleri, coğrafi bölgeler, ürün tipi veya planlama sistemlerine göre de dağıtılabilir. Ürün gruplandırması mutlaka yapılmalıdır, çünkü gruplama tahmin etme prosedürünü kolaylaştırmakta ve tahmindeki yanılma paylarını azaltmaktadır.

Bilindiği gibi uzun dönemli veya üretim hattı tahminleri kısa dönemli tahminlere göre daha doğrudur. Şekil 3.5'de görüldüğü gibi aylık ortalama satış adedi 20 ve aylık standart sapması



Şekil 3.4 Toplu talep tahmininin detaylandırılması (Newberry ve Bhame, 1981)

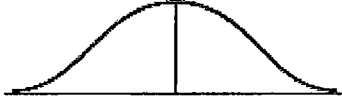
$$X \quad \text{ürün ailesi için tahmin} = \frac{900000\$}{778000\$} \times (13045) = 15082 \text{ adet}$$

$$Z \quad \text{ürün ailesi için tahmin} = \frac{900000\$}{778460\$} \times (28050) = 32429 \text{ adet}$$

$$X_1 \quad \text{ürünü için tahmin} = \frac{15082\$}{13045\$} \times (8200) = 9480 \text{ adet}$$

$$X_2 \quad \text{ürünü için tahmin} = \frac{15082}{13045} \times (4845) = 5602 \text{ adet}$$

$\pm$ (rassal olarak değişen) 2 adet olan bir örnek olayda %95 ihtimalle aylık talepler 16 ile 24 arasında değişecektir(normal dağılıma göre). Bu da aylık $\pm$ %20'lik bir değişime eşittir. Hesaplar bir yıl için yapılırsa, satış adedi 240, standart sapma 6.9 adet olacaktır (eđer aylık satışlar birbirinden bağımsız ise). Bu da %95 güven aralığında 226 ile 254 aralığına eşittir ki değişim oranı aylık %20 olan rakam yıllıkta %5,8'e dūřmūřtūr.



Ortalama= 20 adet
Standart Sapma=2 adet
%95 güven aralığı=16-24
Sapma = $\pm$ %20



Ortalama= 240 adet
Standart Sapma=6,9 adet
%95 güven aralığı=226-254 adet
Sapma = $\pm$ %5,8

şekil 3.5 Toplu hale getirmenin tahmin doğruluğuna etkisi (Vollmann vd, 1997)

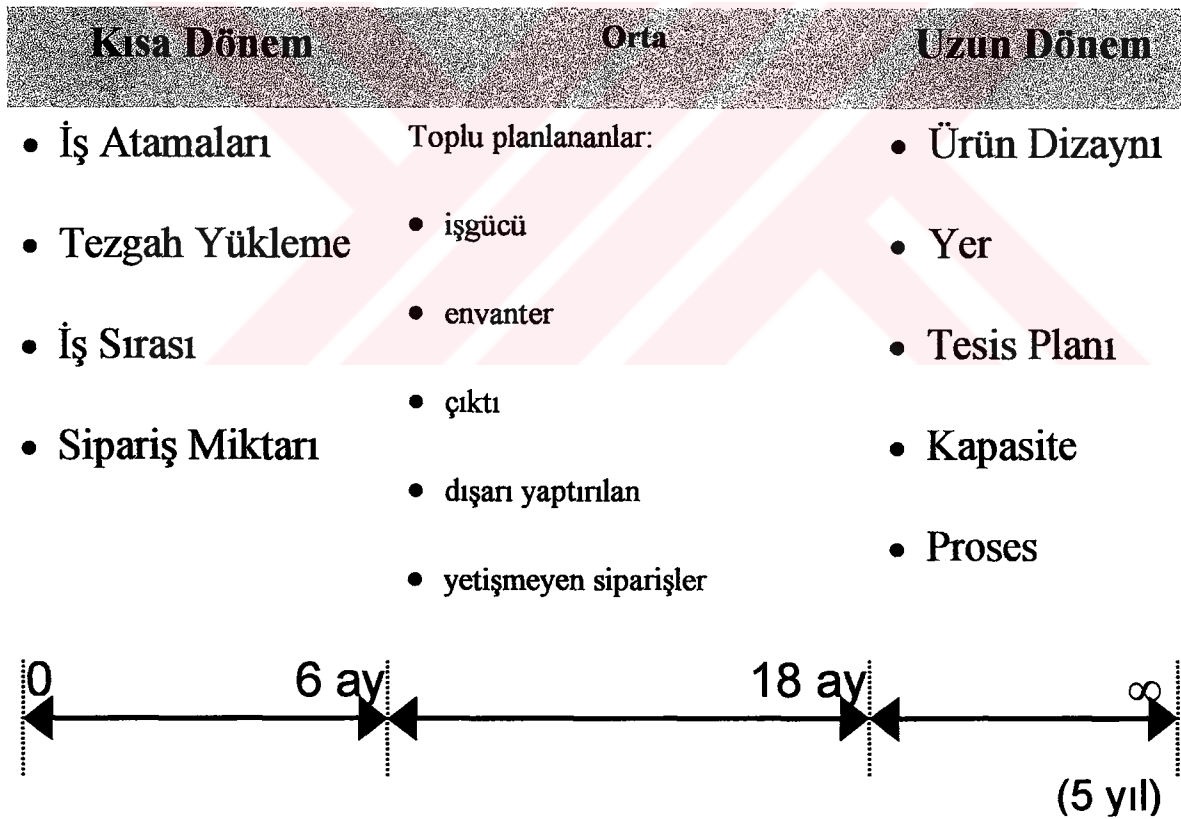
Her ne kadar iřgücū, envanter, çizelgeleme, trafik ve depolama kararları gibi unsurlar çalışanlar tarafından çok iyi takip edilse de kısa dönemli yapılan talep tahminlerindeki hata kaçınılmazdır. Kısa dönemli talep tahminleri için geliştirilen yöntemlerde hata mutlaka olacaktır.

4. TOPLU ÜRETİM PLANLAMA

Organizasyonlar üç düzeydeki kapasite belirleme kararları verilirken çeşitli dönemler söz konusudur. Bunlar uzun, orta ve kısa dönem olarak ifade edilebilir.

Uzun dönem kararları, ürün veya hizmet seçimi (hangi ürünün veya hizmetin sunulacağını belirlenmesi), tesisin büyüklüğü ve yerleşim, makine ve teçhizatın belirlenmesi ve tesisin yerleştirilmesi ile ilgilidir. Aslında uzun dönem kararları, orta dönem kararlarının alınması için gerekli kapasite sınırlarının belirlenmesinde kullanılır. Uzun dönemli kararlar genellikle bir, bir buçuk yıl için alınır.

Orta dönem kararları da genel düzeyde istihdam, çıktı ve stokların kısa vadeli kararların alımı için gerekli kapasite sınırının belirlenmesi ile ilgili kararlardır. 6-18 aylık bir periyodu kapsar; zaman aralıkları ise genellikle aylık veya çeyrek yıllık olarak belirlenir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Kısa,orta, uzun dönemli planlamada yapılan işler (Finch ve Luebbe, 2000)

Kısa dönem kararları ise, yukarda da bahsedildiği gibi arzulan sonuca ulaşmak için uzun ve orta dönem kararları ışığında belirlenir. Bu kararlar iş sıralama, makine yükleme, iş önceliği

belirleme, ürün parti büyüklüğü, sipariş miktarı, vb içerir. 1 gün- 6 aylık bir periyodu kapsar. Zaman aralıkları genellikle 1 hafta olarak belirlenir.

4.1 Toplu Üretim Planlama Kavramı

Toplu üretim planlama esas olarak üretim planlamanın büyük bir resmidir. Planlamacı bireysel ürünlere veya hizmetlere odaklanmaktan kaçınır. Bunun yerine benzer ürünlerin bir grubuna veya bazen üretim hattına odaklanır. Örneğin bazı şirketler istihdam ve üretilecek ürün miktarını belirlerler, ürettikleri ürünlere taleplerin nasıl dağıldığını belirlemeye çalışmazlar. Sadece elde etmek istedikleri ayrıntılı talep ve kapasiteye odaklanırlar.

Toplu üretim planlama orta dönemde her zaman aralığındaki kapasiteyi oluşturan tüm gereksinimlerin toplanması (birleştirilmesi veya gruplanması) ve gerekli kapasiteyi sağlayacak en iyi yolun belirlenmesi işlemidir. Hedefleri (Dilworth,1993):

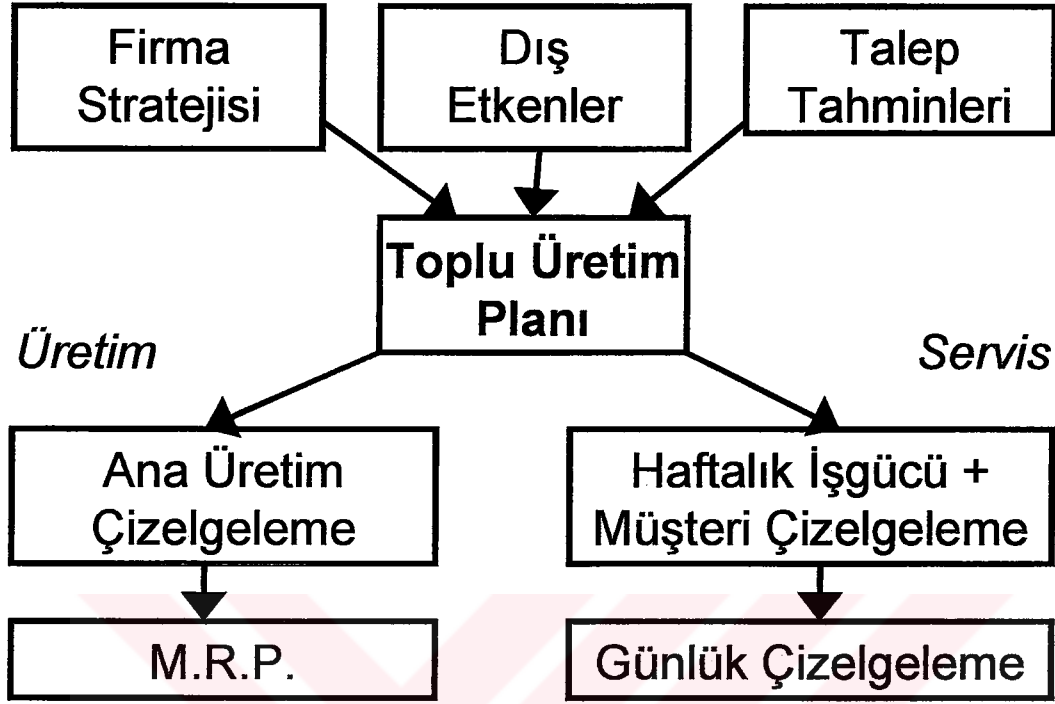
- Fizibilite; iç kapasite gereksinimleri üretim sistemi kapasitesinin sınırları dahilinde olmalıdır.
- Optimallik; kapasite gereksinimleri en az maliyetle karşılanmalıdır.

Toplu üretim planlama orta dönem için beklenen talebin tahmini ve şirket stratejisi ile başlar (Şekil 4.2). Bunu talep edilen ürünlerin üretim adetlerinin, çalışanların ve biten ürünlerin envanter seviyelerinin ayarlanması faaliyetlerini içeren planın hazırlanması aşaması takip eder. Planlar yukarıda da bahsedildiği gibi; fizibilite ve maliyet açısından değerlendirilir. Eğer planlar orta derecede iyi, fakat küçük zorluklara sahipse yeniden düzenlenebilir. Buna karşın eğer plan yetersiz ise bundan vazgeçilip kabul edilebilir bir plan bulunana kadar alternatifler düşünülür. Üretim planı aslında toplu üretim planlamanın bir çıktısıdır.

4.2 Toplu Üretim Planlamanın Amacı ve Kapsamı

Toplu üretim planlamacılar beklenen talebin miktarı ve zamanlaması ile ilgilenirler. Eğer planlanan dönem için beklenen toplam talep, aynı dönemin mevcut kapasitesinden çok farklı ise, planlamacılar talebin kapasitesinden az olması durumunda talebi aksi durumda ise üretim kapasitesini arttırmaya çalışırlar. Diğer taraftan talep ve kapasite planlama dönemi için yaklaşık olarak eşit olsa bile, planlamacılar planlanan dönem içinde oluşan düzensiz talepler ile ilgili problemlerle karşılaşabilirler. Aynı dönemde beklenen talep tasarlanan kapasiteyi aşabilir, bazı dönemlerde beklenen talep tasarlanandan az olabilir veya bazı periyotlarda ise eşit olabilirler.

Toplu üretim planlama yapan kişinin görevi, tüm planlama dönemi içindeki kapasite ve talep eşitliğini kabaca elde etmektir (Çizelge 4.1).



Şekil 4.2 Toplu üretim planı (Finch ve Luebbe, 2000)

Toplu planlar detaylara girmeden hareketin izlediği yola odaklanır, firmanın stratejik hedefleri ve amaçları ile tutarlılık gösterirler ve bu nedenle çok yararlıdırlar. Toplu planlamanın ana amacı, üretim hızının, işgücü seviyesinin ve mevcut envanterin optimum birlikteliğini belirlemektir. Üretim hızı bir birim zamanda tamamlanmış ürün sayısını ifade etmektedir. İşgücü seviyesi, üretim için gerekli olan çalışan sayısını belirtir. Mevcut stok ise önceki dönemden kullanılmayarak aktarılan stok miktarıdır. Diğer bir deyişle toplu üretim planlamanın amacı, beklenen talep ile arz arasındaki dengeyi sağlayabilecek fizibil üretim planının geliştirilmesidir.

Etkin bir toplu üretim planlama için birçok önemli bilgiye ihtiyaç vardır. Öncelikle planlama dönemi içerisinde kullanılabilir kaynaklar bilinmelidir. Ayrıca beklenen talebin bir tahmini yapılmalıdır ve son olarak planlamacılar istihdam ile ilgili herhangi bir değişim politikasını göz önünde bulundurmalıdır. Örneğin bazı organizasyonlarda hiç arzu edilmediği halde işçilerin geçici olarak işten çıkarılmaları gerekebilir, planlamacılar bu opsiyonu genellikle düşünmek istemeyebilirler ya da en son çare olarak kullanmayı tercih ederler.

Çizelge 4.1 Düzgün olmayan talebi karşılayabilmek için stratejiler (Dilworth,1993)

Strateji 1: Talep dalgalanmalarını azaltmak için Envanter Seviyesini Değiştir,Siparişleri ertele, Talebi yönlendir		
Metodlar	Maliyetler	Notlar
Erken peryotta üret ve talep edilene kadar elinde tut	Elde tutma maliyeti	Servis operasyonları envanterde biriktirilemez. Talep fazla olduğunda personel arttırımına gidilmelidir.
Kapasite elverişli olduğu zaman ürünü gönder	Siparişin geç gönderilmesinden dolayı olan müşteri kayıpları;	Dayanıksız mamul üretimi yapan firmalar genellikle bu yöntemden uzak dururlar
Talebin az olduğu dönemlerde ekstra pazarlama çalışması stratejileri geliştir	Reklam, indirim, promosyon maliyetleri	Bir işin içerisinde departmanlar arası ilişki önemlidir(pazarlama departmanı çalışmaları)
Strateji 2: Talep dalgalanmalarını azaltmak için sadece Üretim Miktarını değiştir		
Metodlar	Maliyetler	Notlar
İşgücünü değiştirmeden fazla mesai yap	Fazla mesai ücretleri	Bakımlar için ayrılan zamanlar azaltılabilir.
Fazla üretim miktarı için fazla personel çalıştır	Talebin az olduğu zamanlarda yüksek işçilik maliyeti	Talebin az olduğu dönemlerde bir kısım personel bakım işlerine yönlendirilebilir.
Taşeron firma kullan	Şirket giderlerine ek olarak taşeronlara ödenen maliyet	Diğer firmaların kapasiteleri kullanılabilir, ancak kalite ve çizlegeleme açısından müdehale bu firmalara müdehale edilemeyebilir.
Kapasitte ful dolu olduğu zamanlarda yap ya da satın al kararını gözden geçir	Boş zamanlarda şirket yeteneklerinin, araç ve gerecinin boşa kalması	Bütün bu yöntemler aşırı talep olduğu zamanlar için yapılan harcamalardır ki bu harcamalar boş olan zamanlar için fazla bir maliyet yaratır.
Strateji 3: Üretim Miktarını İşgücü Seviyesini değiştirerek arttır ya da azalt		
Metodlar	Maliyetler	Notlar
Talep arttığı zaman işe ek çalışan al	İşçi bulmak için reklam, seyahat, görüşme maliyetleri Bu işçiler için vardiya maliyetleri	İhtiyaç duyulduğu zaman istenen nitelikte işçi bulmak mümkün olmayabilir.
Talep azaldığı zaman işten geçici olarak eleman çıkart	Sigorta ve tazminat maliyetleri, kalan işçilerde işten atılma korkusu yüzünden verim düşmesi	Talebin fazla olduğu dönemler için ekipmana yeterli yatırımı yapmak durumundadır.

4.3 Toplu Üretim Planlama Teknikleri

Toplu üretim planları hazırlanırken karar veren kişilere yardımcı pekçok yöntem vardır. Genel olarak bu yöntemler iki kategori altında toplanabilir(Evans, 1997):

- Deneme yanılma tekniği,
- Matematiksel teknikler.

Deneme yanılma tekniği pratikte daha fazla kullanılır. Bununla beraber çok fazla tercih edilmese de araştırmacıların büyük çoğunluğu matematiksel tekniklere başvurumaktadırlar. Böylelikle planların etkinlikleri daha kolay bir şekilde karşılaştırılabilir.

4.3.1 Deneme Yanılma Tekniği

Deneme yanılma tekniği toplu üretim planlamanın en sık kullanılan yöntemidir. Bu yöntem gerekli üretim kapasitesinin yaratılmasında kullanılan kaynakların ne şekilde maliyetler oluşturduğunu ve çeşitli alternatif planları değerlendirir. Yöntem en iyi planın geliştirilmesi için matematiğe ihtiyaç duymaz, bu yüzden kullanımı kolay ve anlaşılırdır. Deneme yanılma yönteminde tüm alternatifler bulunup değerlendirilmeden en düşük maliyetli plan belirlenemez. Bu nedenle, yöneticiler arzu ettiklerine en yakın planı bulana kadar alternatifleri değerlendirirler. Planlamadaki değişik alternatifleri defalarca tekrarlamak can sıkıcı olabilmektedir. Bu hesaplamalar için tabloların kullanılması, sonuçların görüntülenmesi açısından rahattır(Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3). Bu hesaplamalar için bir bilgisayar programının kullanılması hem zaman açısından hem de çok sayıda alternatifi oluşturulup değerlendirilmesi açısından çok yararlı olur.

Toplu üretim planlamada bütün örnekler ve problemler aşağıdaki varsayımlar doğrultusunda çözülür(Stevenson,1996) :

- Normal çıktı kapasitesi her zaman aralığı için her zaman aynıdır. Tatiller, farklı aylarda farklı çalışılan gün sayısı ve benzeri durumlar hesaba katılmaz. Basit ve kolay hesaplama yapılması içindir.
- Maliyet, birim maliyet ile birim sayısının lineer fonksiyonudur. Bu hesaplama gerçeğe çok yakın sayılır.

Çizelge 4.2 Toplu üretim planlama için tablolama örneği 1 (Evans, 1997)

Golden Bira Fabrikası Toplu Üretim Planı						
Üretim Maliyeti (\$/1 kasa)				70 \$		
Elde Tutma Maliyeti(\$/1 kasa)				1,40 \$		
Satış Yapamama Maliyeti(\$/1 kasa)				90 \$		
Ek Mesai Maliyeti(\$/1 kasa)				6,50\$		
Çalışmama Maliyeti(\$/1 kasa)				3 \$		
Adet Değişim Maliyeti(\$/1 kasa)				5 \$		
Normal Üretim Adedi				2200		
Ay	Talep	Kümülatif Talep	Üretim	Satılabilir Kümülatif Ürün	Dönem Sonu Envanter	Satış Yapamama
					1000	
Ocak	1500	1500	1500	2500	1000	0
Şubat	1000	2500	1000	3500	1000	0
Mart	1900	4400	1900	5400	1000	0
Nisan	2600	7000	2600	8000	1000	0
Mayıs	2800	9800	2800	10800	1000	0
Haziran	3100	12900	3100	13900	1000	0
Temmuz	3200	16100	3200	17100	1000	0
Ağustos	3000	19100	3000	20100	1000	0
Eylül	2000	21100	2000	22100	1000	0
Ekim	1000	22100	1000	23100	1000	0
Kasım	1800	23900	1800	24900	1000	0
Aralık	2200	26100	2200	27100	1000	0
Ay	Üretim Maliyeti	Envanter Maliyeti	Satış Yapamama Maliyeti	Fazla Mesai Maliyeti	Az Çalışma Maliyeti	Üretim Oranını Değiştirme Maliyeti
Ocak	105000\$	1400\$	- \$	- \$	2100\$	3500\$
Şubat	70000\$	1400\$	- \$	- \$	3600\$	2500\$
Mart	133000\$	1400\$	- \$	- \$	900\$	4500\$
Nisan	182000\$	1400\$	- \$	2600\$	- \$	3500\$
Mayıs	196000\$	1400\$	- \$	3900\$	- \$	1000\$
Haziran	217000\$	1400\$	- \$	5850\$	- \$	1500\$
Temmuz	224000\$	1400\$	- \$	6500\$	- \$	500\$
Ağustos	210000\$	1400\$	- \$	5200\$	- \$	1000\$
Eylül	140000\$	1400\$	- \$	- \$	600\$	5000\$
Ekim	70000\$	1400\$	- \$	- \$	3600\$	5000\$
Kasım	126000\$	1400\$	- \$	- \$	1200\$	4000\$
Aralık	154000\$	1400\$	- \$	- \$	- \$	2000\$
	1827000\$	16800\$	- \$	24050\$	12000\$	34000\$
Toplam Maliyet	1913850\$					

Çizelge 4.3 Toplu üretim planlama için tablolama örneği 2 (Evans, 1997)

Golden Bira Fabrikası Toplu Üretim Planı						
Üretim Maliyeti (\$/1 kasa)				70 \$		
Elde Tutma Maliyeti(\$/1 kasa)				1,40 \$		
Satış Yapamama Maliyeti(\$/1 kasa)				90 \$		
Ek Mesai Maliyeti(\$/1 kasa)				6,50\$		
Çalışmama Maliyeti(\$/1 kasa)				3 \$		
Adet Değişim Maliyeti(\$/1 kasa)				5 \$		
Normal Üretim Adedi				2200		
Ay	Talep	Kümülatif Talep	Üretim	Satılabilir Kümülatif Ürün	Dönem Sonu Envanter	Satış Yapamama
					1000	
Ocak	1500	1500	1500	2500	1000	0
Şubat	1000	2500	1500	4000	1500	0
Mart	1900	4400	1500	5500	1100	0
Nisan	2600	7000	2600	8100	1100	0
Mayıs	2800	9800	2600	10700	900	0
Haziran	3100	12900	2600	13300	400	0
Temmuz	3200	16100	2900	16200	100	0
Ağustos	3000	19100	2900	20100	0	0
Eylül	2000	21100	2000	22100	0	0
Ekim	1000	22100	2000	23100	1000	0
Kasım	1800	23900	2000	24900	1200	0
Aralık	2200	26100	2000	27100	1000	0
Ay	Üretim Maliyeti	Envanter Maliyeti	Satış Yapamama Maliyeti	Fazla Mesai Maliyeti	Az Çalışma Maliyeti	Üretim Oranını Değiştirme Maliyeti
Ocak	105000\$	1400\$	- \$	- \$	2100\$	3500\$
Şubat	105000\$	2100\$	- \$	- \$	2100\$	- \$
Mart	105000\$	1540\$	- \$	- \$	2100\$	- \$
Nisan	182000\$	1540\$	- \$	2600\$	- \$	5500\$
Mayıs	182000\$	1260\$	- \$	2600\$	- \$	- \$
Haziran	182000\$	560\$	- \$	2600\$	- \$	- \$
Temmuz	203000\$	140\$	- \$	4550\$	- \$	1500\$
Ağustos	203000\$	- \$	- \$	4550\$	- \$	- \$
Eylül	140000\$	- \$	- \$	- \$	600\$	4500\$
Ekim	140000\$	1400\$	- \$	- \$	600\$	- \$
Kasım	140000\$	1680\$	- \$	- \$	600\$	- \$
Aralık	140000\$	1400\$	- \$	- \$	600\$	- \$
	1827000\$	13020\$	- \$	16900\$	8700\$	15500\$
Toplam Maliyet	1880620\$					

- Planın gerçekleştirilebileceği kadar stok kapasitesinin bulunması, dışarıdan bir firmaya verilen işlerin istenilen miktar ve kalitede yapılması ve çıktıda istenilen değişikliklerin yapılabilmesi planın fizibil olduğunu gösterir.
- Karar seçenekleri ile ilişkili tüm maliyetler toplam parça sayısı ve birim maliyet ile ifade edilebilir.
- Maliyetler tahmin edilebilir ve planlama dönemi için sabit tutulabilir.
- Çıktı her zaman aralığı boyunca sabit hızda meydana gelir ve bu dönem içinde sabit üretim hızında stoklar oluşur ve tüketilir. Bununla beraber birikmiş işler sadece bulunulan zaman aralığı içinde mevcut diye düşünülür.

Toplu üretim planlamada işçi sayısının, stok miktarının ve plan maliyetinin hesaplanmasında aşağıdaki bağıntılar kullanılır(Stevenson,1996):

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Zaman} \\ \text{Aralığı} \\ \hline \text{içindeki işçi} \\ \text{sayısı} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Bir önceki} \\ \text{zaman} \\ \text{aralığının} \\ \text{sonundaki} \\ \text{işçi sayısı} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Zaman} \\ \text{aralığı} \\ \text{başındaki} \\ \text{işçi sayısı} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Zaman aralığı} \\ \text{başında işten} \\ \text{çıkarılan işçi} \\ \text{sayısı} \\ \hline \end{array}$$

Verilen zaman aralığının sonundaki stok miktarı,

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Zaman aralığı} \\ \text{sonundaki} \\ \text{stok miktarı} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Bir önceki} \\ \text{zaman} \\ \text{aralığının} \\ \text{sonundaki} \\ \text{stok miktarı} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{İçinde} \\ \text{bulunulan} \\ \text{zaman} \\ \text{aralığındaki} \\ \text{üretim} \\ \text{miktarı} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Talebi karşılamak} \\ \text{için içinde} \\ \text{bulunulan zaman} \\ \text{aralığında} \\ \text{kullanılan stok} \\ \text{miktarı} \\ \hline \end{array}$$

$$\text{Zaman aralığı için ortalama stok miktarı} = \frac{\text{Dönem Başı Stok} + \text{Dönem Sonu Stok}}{2}$$

Planın maliyeti ise verilen zaman aralığındaki gerçekleşmesi beklenen tüm maliyetlerin toplamıdır:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Zaman} \\ \text{periyodu} \\ \hline \text{için maliyet} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Çıktı maliyeti} \\ \text{(normal+fazla} \\ \text{mesai+dışarı} \\ \text{yaptırılan)} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{İşçi} \\ \text{alma/işten} \\ \text{çıkarma} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Stok} \\ \text{maliyeti} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Yetişmey} \\ \text{en Sipariş} \\ \hline \end{array}$$

Toplu üretim planlamada kullanılan maliyetler ve hesaplanış tarzı aşağıdaki gibidir:

Üretilen ürün

Normal zamanda : Normal birim maliyet x normal çıktı miktarı,

Fazla mesai : Fazla mesai birim maliyeti x fazla mesai üretim miktarı,

Dışarı yaptırılan : Dışarı yaptırılan işin birim mal. x dışarı yaptırılan üretim miktarı.

İşe alma(kiralama)/çıkarma

İşe alma-kiralama : Bir işçiyi işe alma (veya kiralama)maliyeti x işe alınan işçi sayısı

İşçi çıkarma : Bir işçiyi çıkarma maliyeti x çıkarılan işçi sayısı

Stok : Bir birim bulundurma maliyeti x ortalama stok miktarı

Yetişmeyen sipariş : Yetişmeyen siparişin her biriminin maliyeti x yetişmeyen sipariş miktarı

4.3.1.1 Deneme Yanılma Yöntemiyle Değişik Stratejilerin Geliştirilmesi

Bir tablo yardımıyla alternatif toplu üretim planlarının yaratılması oldukça kolaydır. Öncelikle sabit üretim stratejisi ile başlayıp daha sonra deneme yanılma yöntemiyle daha iyi maliyet değerlerinin araştırılması tavsiye edilir. Kümülatif talep ve üretim grafikleri daha iyi sonuçlar elde etmede yardımcı olurlar. Ayrıca birim maliyetler incelenirken hangi kalemlerin daha fazla maliyet yarattıkları incelenmeli, buradaki maliyet fazlalıklarının üzerine yoğunlaşılmalıdır.

Örneğin envanter maliyetlerinin çok yüksek olup da yetişmeyen siparişlerin maliyeti çok düşük olan bir yapıda, planlamacı envanterin yüksek olduğu dönemlerdeki envanter fazlalıklarını indirme yoluna gidilmelidir. İyi sonuçlar bu yöntemle çok kısa bir sürede geliştirilebilir.

Çeşitli toplu üretim planlarının oluşturulmasında örnek olarak yelken üreten bir firma ele alınırsa planlama dönemi için tahmin edilen talepler Çizelge 4.4'deki gibidir. Bu talebin Şekil 4.3'deki gibi bir grafikte desteklenmesi yardımcı bir unsurdur. Şekil 4.3'de gösterildiği gibi siyah çizgi kümülatif üretim ihtiyacını ve aynı zamanda işgücü değişim grafiğini göstermektedir. Öncelikle izleme stratejisi ele alınırsa, olursak üretim miktarları her ay tahmin edilen taleple aynı olacaktır ve Şekil 4.3'de siyah çizginin aynısı olacaktır. Daha sonra düz çizgi ile belirtilen sabit üretim stratejisi (bu stratejide talep dalgalanmalarından dolayı envanterde bir birikim olacaktır) ve son olarak karışık strateji beyaz çizgi ile temsil edilmektedir. Bu strateji üretim oranını değiştirir ve yıl boyunca bir miktar envanter elde tutar.

Çizelge 4.4 Bir yelken firmasının 12 aylık üretim adetleri tahmini (Dilworth,1993)

Ay	Aylık Üretim Tahmini(Adet)	Kümülatif Üretim
Nisan	1600	1600
Mayıs	1400	3000
Haziran	1200	4200
Temmuz	1000	5200
Ağustos	1500	6700
Eylül	2000	8700
Ekim	2500	11200
Kasım	2500	13700
Aralık	3000	16700
Ocak	3000	19700
Şubat	2500	22200
Mart	2000	24200



Aylar

Şekil 4.3 Kümülatif üretimin ihtiyaçları, kümülatif üretim, zaman (Dilworth, 1993)

Şirket bir yelkenin üretilmesi için 20 saat üretim zamanına ihtiyaç olduğunu bilmektedir. Her işçi ayda 168 saat çalışmaktadır ve her işçi bir ayda ortalama $168/20=8,4$ yelken üretebilmektedir. Hurda veya ürünün düzeltilmesi için gerekli süreler hesaba katılmamıştır. Bir işçiyi işe alma 300\$, işten çıkarma ise 400\$ maliyet doğurmaktadır. 1000 adetlik bir birim başlangıç olarak veya emniyet stoğu/üretim içi stok olarak elde bulunmaktadır. Bir birimi elde tutmanın firmaya getirdiği yük 6\$'dır.

Şirket talep oluşumunun gelecek yıl geçen seneye aynı olacağını umduğu için planlama dönemi başındaki işçi sayısı ile planlamanın sonundaki işçi sayısının birbirine eşit olmasını istemektedir. Bu varsayım diğer stratejiler oluşturulurken de ele alınacaktır.

Normalde firma, planlama dönemi başındaki öngördüğü işçilik veya envanter seviyesini değiştirdiği zaman oluşacak maliyetleri göz önüne almalıdır. Bir sonraki planlama dönemi için talepte oluşacak farklı beklentiler şirketin seneyi farklı işçilik veya envanter seviyeleri ile bitirmek istemesine yol açabilmektedir. Buradaki örnekte ise sadece planlama yılının başında ve sonunda aynı işçilik ve envanter seviyeleri istenmiştir.

Sadece İşgücü Seviyesini Değiştirme stratejisinde sadece işgücü seviyesinde değişikliklere gidilir. İşçilere ihtiyaç olduğu zaman işe alınırlar ve talebin az olduğu zamanlarda da işten

çıkarılırlar. Talep edilen üretim zamanı kadar işçi kullanılır. Bu stratejiyi uygulamanın maliyeti Çizelge 4.5’de gösterildiği gibi 238600\$’dır.

Çizelge 4.5 Sadece işgücü oranını değiştiren 12 aylık plan (Dilworth, 1993)

1	2	3	4	5	6
Ay	Aylık Üretim Gereksinimi	Ay Boyunca İhtiyaç duyulan direkt işçilik (yuvarlatılmış)	Ay başında eklenen işçi adedi	Ay başında işten çıkarılan işçi adedi	İşçilik seviyesini değiştirme maliyeti (300*kolon 4 veya 400*kolon 5)
Nisan	1600	190	0	48	\$ 19200
Mayıs	1400	167	0	23	9200
Haziran	1200	143	0	24	9600
Temmuz	1000	119	0	24	9600
Ağustos	1500	179	60	0	18000
Eylül	2000	238	59	0	17700
Ekim	2500	298	60	0	18000
Kasım	2500	298	0	0	0
Aralık	3000	357	59	0	17700
Ocak	3000	357	0	0	0
Şubat	2500	298	0	59	23600
Mart	2000	238	0	60	24000
			238	238	166600
İşçilik seviyesini değiştirme maliyeti					166600
1000 adet envanteri yıl boyunca bulundurma maliyeti					72000
Toplam Maliyet					238600 \$

Not: Planlama evresi sonunda istenen 238 adetlik çalışan sayısı, gelecek planlama evresindeki talep trendine göre değiştirilebilir (arttırılabilir veya azaltılabilir).

Sadece Envanter Seviyesini Değiştirme stratejisinde hedef ise yıllık üretilmesi istenen miktarın on iki aya bölünerek aylık sabit bir üretim adedi elde etmektir. Bu strateji siparişlerin yetiştirilememesi veya elde envanter tutulması problem çıkarmayacağı zaman uygulanabilir. Planlama talebin yoğun olduğu bir dönemden sonra başladığı için envanter ilk zamanlarda (üretimin talepten daha fazla olduğu zamanlarda) birikir. Talep üretimi aştığı zaman ise bu envanter giderek azalmaktadır. Firma 12 ay boyunca 24200 adede ihtiyaç duyacağından aylık $24200/12 = 2016,17$ birim üretim yapılacaktır. 240 kişilik bir işgücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Elde bir adet envanter tutmanın aylık maliyeti 6\$’dır. Aylık envanter miktarları ve toplam maliyet (192912\$) Çizelge 4.6’da yer almaktadır.

Çizelge 4.6 Sadece envanter seviyesini değiştiren 12 aylık plan (Dilworth,1993)

1	2	3	4	5	6
Ay	Kümülatif Üretim Ayları	Kümülatif Üretim Miktarı (Kolon 2*2016)	Kümülatif Talep Tahmini	Dönem Sonu Envanter (Kolon3- Kolon 4 + 1000)	Elde Envanter Tutma Maliyeti 6\$(Başlangıç+ Bitiş)/2
Nisan	1	2016	1600	1416	\$7248
Mayıs	2	4032	3000	2032	10344
Haziran	3	6048	4200	2848	14640
Temmuz	4	8064	5200	3864	20136
Ağustos	5	10080	6700	4380	24732
Eylül	6	12096	8700	4396	26328
Ekim	7	14112	11200	3912	24924
Kasım	8	16128	13700	3428	22020
Aralık	9	18144	16700	2444	17616
Ocak	10	20160	19700	1460	11712
Şubat	11	22176	22200	976	7308
Mart	12	24192	24200	992	5904
					\$192912

Diğer Stratejilerin Ele Alınması; düzgün olmayan talepleri karşılamada diğer bazı karma stratejiler de uygulanabilir. Örneğin firma orta seviye bir işçiye sahip olup bunları fazla mesai de çalıştırabilir veya boşta kalan zamanlarda işten çıkartmayabilir. Veya talep patlaması olan dönemlerde firma dışardan taşeron firmalarla anlaşma yapabilir. Karma stratejiler taşeron kullanma-fazla mesai, fazla mesai-envanter vb. gibi stratejiler olabilir. Üç veya daha fazla strateji karıştırılıp birlikte uygulandığında, maliyetleri daha da aşağı çekmek mümkün olabilmektedir.

Karma Strateji; gene yukarıdaki şirket için karma strateji ele alınırsa, firma ilk beş ay için üniform ve düşük düzeyli bir üretim, geri kalan aylarda ise daha yüksek bir üretim adedi ile çalışmayı istemektedir. Bu strateji ilk aylarda oluşan envanter miktarını azaltacaktır. Bu da sadece envanter seviyesini değiştirme stratejisine göre daha az bir maliyet demektir. Bir miktar envanter kullanılacağından sadece işgücü seviyesini değiştirme stratejisindeki maliyet kadar büyük bir işgücü seviyesi değiştirme maliyeti oluşmayacaktır. Hesaplamalar ise şu şekildedir:

Planlama evresinin ilk ayında firma 1600 adet üretirse ilk ay hiç envanter birikimi olmayacaktır. Bu üretim 190'dan daha fazla işçi adedine ihtiyaç duymaktadır. Planlamacı yılın ilk yarısı için 200 işçi seçer. Üretim oranı aylık $200 \times 8,4 = 1680$ adet olacaktır. 5 ayın sonunda üretim $5 \times 1680 = 8400$ adettir. Firmanın yıllık üretim ihtiyacı 24200 adet olduğundan geri kalan 7 ay boyunca $24200 - 8400 = 15800$ adetli kümülatif üretimin yapılması gerekmektedir. Bu da aylık

2257 adetlik ortalama üretime denk gelmektedir. Bu 8,4'e bölüldüğünde aylık çalıştırılması gereken işçi miktarı bulunur ($2257/8,4=268,69$). Bu rakam 269'a ötelenip 8,4'le çarpılırsa aylık üretilecek adet olan 2259 rakamı bulunur. Ağustos ayından eylül ayına geçerken 69 işçi daha işe alınmıştır. Ancak planlama evresinin sonunda gene baştaki işçi adedine (200) geri dönmek istenmektedir.

Bu strateji kullanılırsa yıl sonunda bir miktar envanter kalacaktır. Bu stratejinin maliyeti Çizelge 4.7’den de görüldüğü gibi 181261\$’dır. Yani bu maliyet yukarda anlatılan sadece işgücü seviyesini veya sadece envanter seviyesini değiştirme stratejilerinden daha düşük bir maliyete sahiptir.

Çizelge 4.7 Karma 12 aylık plan (Dilworth, 1993)

1	2	3	4	5	6	7	8
Ay	Çalışan Sayısı	Aylık Üretim Adedi	Kümülatif Üretim Adedi	Kümülatif Talep	Dönem Sonu Envanter (Kolon 4-Kolan 5+ 1000)	Envanter Maliyeti 6\$*((Başlangıç+Bitiş)/2	İşçilik Seviyesini Değiştirme Maliyeti
Nisan	200	1680	1680	1600	1080	6240	
Mayıs	200	1680	3360	3000	1360	7320	
Haziran	200	1680	5040	4200	1840	9600	
Temmuz	200	1680	6720	5200	2520	13080	
Ağustos	200	1680	8400	6700	2700	15660	
Eylül	269	2259,6	10659,6	8700	2959,6	16978	\$20700
Ekim	269	2259,6	12919,2	11200	2719,2	17036	
Kasım	269	2259,6	15178,8	13700	2478,8	15594	
Aralık	269	2259,6	17438,4	16700	1738,4	12651	
Ocak	269	2259,6	19698	19700	998	8209	
Şubat	269	2259,6	21957,6	22200	757,6	5266	
Mart	269	2259,6	24217,2	24200	1017,2	5324	\$27600
						\$132961	\$48300

Toplam Maliyet=\$132961+48300=\$181261

4.3.2 Matematiksel Teknikler

4.3.2.1 Linceer Programlama

Toplu üretim planlama problemi için oldukça fazla lineer programlama bağıntıları vardır. Amaç bilindiği gibi işe alma-işten çıkarma, elde tutulan envanter, fazla mesai veya daha az mesai vb değişkenlerini ele alan ve bunları yaparken de tüm satış tahminlerini karşılayan en düşük maliyetli üretim programını bulmaktır. Toplam satış ve envanter miktarlarını ve direk işçilik saatlerini ele alan bir formülasyon aşağıdaki gibidir:

$$\text{Min} \quad \sum_{t=1}^m (C_H H_t + C_F F_t + C_R X_t + C_O O_t + C_I I_t + C_u U_t)$$

Şu kısıtlara göre

1- Envanter kısıtı,

$$I_{t-1} + X_t + O_t - I_t = D_t$$

$$I_t \geq B_t$$

2- Normal üretim zamanı kısıtı,

$$X_t - A_{1t} W_t + U_t = 0$$

3- Fazla mesai kısıtı,

$$O_t - A_{2t} W_t + S_t = 0$$

4- İşgücü seviyesinin değişim kısıtı,

$$W_t - W_{t-1} - H_t + F_t = 0$$

5- Başlangıç kısıtları,

$$W_0 = A_3$$

$$I_0 = A_4$$

$$W_m = A_5$$

C_H = Bir işçiyi işe alma maliyeti,

C_F = Bir işçiyi işten çıkarma maliyeti,

C_R = Normal üretimdeki 1 saatlik işçilik maliyeti,

C_O = Fazla mesai üretimi sırasındaki 1 saatlik işçilik saati maliyeti,

C_I = 1 işçi-saatinin aylık maliyeti,

C_u = Normal üretim zamanında boşta kalan işçinin 1 saatlik maliyeti,

H_t = t ayında işe alınan işçi sayısı,

F_t = t ayında işten çıkarılan işçi sayısı,

X_t = t ayında çizelgelenen toplam normal üretim zamanı,

O_t = t ayında çizelgelenen toplam fazla mesai zamanı,

I_t = t ayı sonunda envanterde depolanmış olan saat miktarı,

U_t = t ayında boşta geçen zaman,

D_t = t ayında satılacak olan üretim zamanı,

A_{1t} = Ayda 1 işçi tarafından yapılmış max normal üretim zamanı,

W_t = t ayında çalışan işçi adedi,

A_{2t} = Ayda 1 işçi tarafından yapılmış max fazla mesai zamanı,

S_t = Aylık 1 işçinin boşta geçen fazla mesai zamanı,

A_3 = Başlangıç işçilik miktarı,

A_4 = Başlangıç envanter seviyesi,

A_5 = m (planlama evresindeki son ay) ayında istenen işçi adedi,

m = Planlama evresindeki ay adedi,

4.3.2.2 Karma Tamsayılı Programlama

Lineer programlama modeli toplam işgücü, üretim ve envanter seviyeleri değişkenlerini ele alan minimum maliyetli toplu üretim planlarını gerçekleştirmeyi amaçlar. Bazı firmalarda, toplu üretim planları, ürün ailelerine göre hazırlanır. Ürün aileleri ortak üretim araç gereçlerini kullanan, ayar zamanları birbirine yakın olan ürün karmalarıdır. Bu durumda, toplam üretim, işgücü ve envanter planları tek tek üretim hatları için yapılmalıdır. Karışık tamsayılı programlama ile her ürün ailesinde üretilecek birim adedi için bir yöntem geliştirilmiştir. Chung ve Krajewski(1984) bu modeli aşağıdaki gibi tanımlamışlardır:

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

Şu kısıtlara göre

1- Envanter kısıtı

$$I_{i,t-1} - I_{it} + X_{it} = D_{it} \quad (i=1,\dots,n \text{ ve } t=1,\dots,m),$$

2- Üretim ve hazırlık zamanı kısıtı

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

3- İşgücü seviyesinin değişim kısıtı

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

4- Fazla mesai kısıtı

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

5- Hazırlık zamanı kısıtı

$$-Q_i \sigma(X_{it}) + X_{it} \leq 0 \quad (t=1,\dots,m \text{ ve } i=1,\dots,n),$$

6- Hazırlık zamanı için ikili kısıt

$$\sigma(X_{it}) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } X_{it} > 0 \\ 0 & \text{eğer } X_{it} = 0 \end{cases}$$

7- Negatif olmama kısıtı

$$X_{it}, I_{it}, H_t, F_t, O_t, W_t \geq 0$$

X_{it} = t ayında i ürün ailesinde çizlegelenen üretim zamanı,

I_{it} = t ayında i ürün ailesinin envanterde depolanma zamanı,

D_{it} = t ayında i ürün ailesinin talep edildiği kadarının zamanı,

H_t = t ayında işe alınan işçi sayısı,

F_t = t ayında işten çıkarılan işçi sayısı,

O_t = t ayında fazla mesai saatleri,

W_t = t ayında normal üretim zamanında kullanılan işçi sayısı,

$\sigma(X_{it})$ = t ayında i ürün ailesi için ikili değişken,

C_{si} = i ürün ailesi için ayar maliyeti,

C_{it} = i ürün ailesi için harcanan bir saatlik işçilik maliyetinin envanterde taşınması maliyeti,

C_{mi} = i ürün ailesinin saatlik malzeme maliyeti,

C_H = 1 işçiyi işe alma maliyeti,

C_F = 1 işçiyi işten çıkarma maliyeti,

C_O = 1 işçinin fazla mesai ücreti,

C_R = 1 işçinin normal üretim zamanında 1 saatlik işçilik ücreti,

A_{it} = t ayında 1 işçi tarafından çalışılmış max normal üretim zamanı,

β_i = i ürün ailesi için ayar zamanı,

A_{2t} = t ayında 1 işçi tarafından çalışılmış max fazla mesai saati,

Q_i = ikili ayar değişkeninin etkisini garanti edecek büyük bir sayı,

$$Q_i \geq \sum_{t=1}^m D_{it}$$

n = ürün ailesi adedi,

m = planlama evresindeki ay sayısı,

Bu modeldeki amaç fonksiyonu ve kısıtlar doğrusal programlama modeline benzerdir. Temel fark kısıt 5 ve 6'da ürün ailesi ayar kısıtlarının getirilmiş olmasıdır. Bu kısıtlar son ürünün bittiği ay için bir ürün ailesindeki bütün ayarlamaları göz önüne alır. Kısıt 5 ikili değişken olan kısıt 6 ile birlikte kullanılır. Bu kısıt, $X_{it} > 0$ olduğu zaman $\sigma(X_{it})$ kısıtını 0 olmamaya zorlar. Q_i bir planlama evresindeki, bir ürün ailesi için en az toplam talebi ifade etmektedir.

Planlama evresinin başlangıç durumunu belirlemek için ek kısıtlar konmalıdır. Bunlar ürün ailesi için başlangıç envanteri I_{i0} ve önceki aydaki işgücü miktarı W_0 'dır. Benzer şekilde planlama evresi sonundaki istenen envanter düzeyi ile işgücü miktarı kısıtları da eklenebilir.

4.3.2.3 Transport Yöntemi

Bowman, toplu üretim planını lineer programlamanın transportasyon metodu ile çözmeyi önermiştir. Bu yaklaşımı kullanabilmeleri için planlamacıların normal mesai, fazla mesai, taşeron üretim ve her zaman aralığındaki stok kapasitelerini ve her biri için gerekli maliyetleri belirlemeleri gerekmektedir.

Çizelge 4.8'de kayıt ve düzenlemelerin yapılacağı transport tablosu görülmektedir. Sistematiik olarak maliyetler satırlarda soldan sağa doğru hareket ederken değişmektedir. Normal mesai maliyeti, fazla mesai maliyeti ve fabrika dışı yaptırılan üretim (fason) üretim maliyeti üretimin yapıldığı zaman aralığında tüketimin yapıldığı dönemlerde en düşük seviyelerdedir. Bir zaman aralığında üretilen ürünlerden bir kısmı elde kalır ve bir sonraki döneme taşınırsa her zaman aralığı için h oranında elde bulundurma maliyeti eklenir ve bir sonraki zaman aralığına ilerletilir.

Bu nedenle iki zaman aralığında elde kalan ürünün birim maliyeti $2h$ olmaktadır. Bunun fabrika dışında, normal mesaide veya fazla mesaide üretilmesi bir değişikliğe neden olmaz. Diğer taraftan yetişmeyen siparişlerin bir sonraki döneme taşınması sırasında satırda sağdan sola geçişte birim maliyet artar. Örneğin ürünler 2.zaman aralığındaki yetişmeyen siparişleri karşılamak için 3.zaman aralığında üretildiğinde b maliyeti oluşur. 3.zaman aralığında üretilen ürünler iki zaman aralığı önce (1.zaman aralığı) meydana gelen siparişlerin karşılanması için kullanılırsa birim maliyet $2b$ olur. Kullanılmayan kapasitenin maliyeti ile karşılaştırılabilir, ancak bunun maliyeti 0 olarak kabul edilir. Son olarak eğer başlangıç stoğundaki ürünler ilk zaman aralığındaki talebi karşılamak için kullanılırsa birim başlangıç stok maliyeti 0 olur. Bununla birlikte daha sonraki zaman aralıklarında kullanmak için stokta da tutulabilir. Bu durumda her birim için elde tutma maliyeti, h eklenir.

Transport yönetiminde kullanılan tablodaki formüller aşağıdaki gibidir:

Çizelge 4.8 Toplu üretim planlama için transport kayıt formu (Stevenson,1996)

		Z.A. 1	Z.A. 2	Z.A. 3		Bitiş Stoğu Z.A. n	Kullanılmayan Kapasite	Kapasite
Z.A.	Başlangıç Stoğu	0	h	$2h$	...	nh	0	I_0
	Normal Mesai	r	$r+h$	$r+2h$	...	$r+nh$	0	R_1
	Fazla Mesai	t	$t+h$	$t+2h$	...	$t+nh$	0	O_1
	Taşeron	s	$s+h$	$s+2h$	...	$s+nh$	0	S_1
1	Normal Mesai	$r+b$	r	$r+h$	...	$r+(n-1)h$	0	R_2
	Fazla Mesai	$t+b$	t	$t+h$	...	$t+(n-1)h$	0	O_2
	Taşeron	$s+b$	s	$s+h$	...	$s+(n-1)h$	0	S_2
2	Normal Mesai	$r+2b$	$r+b$	r	...	$r+(n-2)h$	0	R_3
	Fazla Mesai	$t+2b$	$t+b$	t	...	$t+(n-2)h$	0	O_3
	Taşeron	$s+2b$	$s+b$	s	...	$s+(n-2)h$	0	S_3
Talep								Toplam

r = her birim için normal üretim maliyeti

t = her birim için fazla mesai maliyeti

s = her birim için fabrika dışında yaptırılma maliyeti

h = her zaman aralığı için bir birimin elde bulundurma maliyeti

b = her zaman aralığı için bir birimin tamamlanmayan sipariş maliyeti

n = planlama dönemindeki zaman aralığı sayısı

4.3.2.4 Lineer Karar Kuralı (LKK)

Toplu üretim planlamada lineer karar kuralı Holt vd. tarafından 1950'li yıllarda geliştirilmiştir. İlk uygulama boya üreten bir firmada yapılmıştır. LKK ile lineer programlama modelleri arasındaki temel fark, maliyet verisine karşı olan yaklaşımdır. LKK tarafından ele alınan dört maliyet normal üretim işçilik ücretleri, işe alma/işten çıkarma maliyetleri, fazla mesai/az mesai ve envanter/proseste olan ürün maliyetleridir.

Normal üretim zamanı işçilik ücretleri maliyetleri, kullanılan işçilerin doğrusal bir fonksiyonudur. Diğer üç maliyet unsuru için kuadratik maliyet fonksiyonları kullanılmaktadır. Örneğin işe alma/işten çıkarma maliyeti aşağıdaki gibidir:

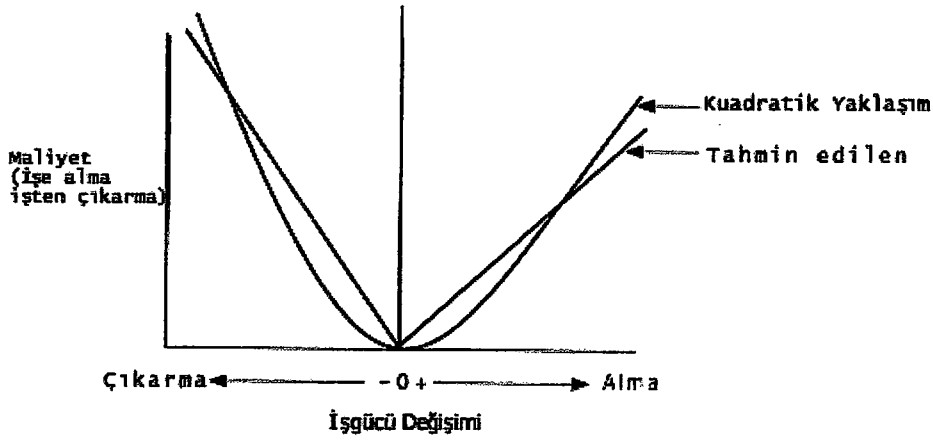
$$64,3(W_t - W_{t-1})^2 \text{ (Holt vd, 1960)}$$

W_t = t. Ayda kullanılan işgücü miktarı,

W_{t-1} = Önceki ayda kullanılan işgücü miktarı,

64,3 = Analitik olarak saptanmış, işgücü seviyesi ile maliyetler arasındaki farkı yansıtan en iyi katsayı.

Şekil 4.4 kuadratik işe alma/işten çıkarma maliyeti ve tahmin edilen anlık maliyetleri arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Tahmin edilen anlık maliyet kuadratik fonksiyona yaklaşmaktadır. Boya firması için toplam maliyet dört maliyet unsurundan oluşmaktadır. Problem toplam maliyeti minimize etmektir. Sonuç aylık üretim miktarını ve kullanılacak aylık işgücünü gösteren iki karar modelidir.



Şekil 4.4 Kuadratik işe alma/çıkarma maliyetleri (Holt vd.,1960)

4.3.2.5 Yönetim Katsayıları Modeli

Toplu üretim planlama için diğer bir formülasyon Bowman tarafından geliştirilmiştir. Herhangi bir üretim peryodundaki üretim miktarı Bowman'a göre aşağıdaki karar kuralı ile saptanabilir:

$$P_t = aW_{t-1} - bI_{t-1} + cF_{t+1} + K \quad (\text{Bowman, 1963})$$

P_t = t peryodu için üretim miktarı,

W_{t-1} = Önceki peryodda işgücü miktarı,

I_{t-1} = Önceki peryodda dönem sonu envanter,

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

a,b,c ve K : Sabitler

Bu yaklaşımda P, W, I ve F için geçmiş veriler toplanır ve a,b,c ve K katsayıları regresyon analizi yardımıyla tahmin edilir. Sonuç herhangi bir maliyeti ele almadan, geçmiş dönemlerin yönetim davranışına göre belirlenir. Tahmin katsayıları, maliyetler bilinmeden bir yönetim modeli oluşturur. Bazen de yönetici katsayılar özel durumlara veya gecikmelere karşı aşırı tepki verebilirler.

Bowman daha sonra yönetim katsayıları modeli ile lineer karar kuralını dört firmada karşılaştırmıştır. Üç firmada, yönetim katsayıları modeli firmanın planlarından, iki olayda ise lineer karar kuralından daha iyi sonuçlar vermiştir.

4.4 Toplu Üretim Planının Ana Üretim Çizelgelemeye Açılımı

Toplu üretim planı yukarıda da anlatıldığı gibi maliyet cinsinden, ürün ailesindeki adetler cinsinden veya kapasite cinsinden toplu sonuçları içermektedir. Bu sonuçlar 6 aylık veya 18 aylık olduğu zaman orta vadeli plan olarak kabul edilmektedirler. Bu sonuçlar atölye seviyesine inildiğinde veya dış firmalardan ürün satın alınması gerektiğinde bir şekilde detaylandırılmalıdır. Bu detaylandırma yapılırken belli bir prosedür uygulanabilir. Yıllık 4 bölümde oluşturulan planlar önce aylara, daha sonra haftalara bölünebilir. Yılın çeyreğinde üretilecek olan ürün ailelerinin her haftada ne kadar üretileceği bulunmalıdır (Şekil 4.5). Daha sonra hafta bazında bakıldığında ise bir ürün ailesinde üretilen ürünlerin o hafta kaç adet üretilecekleri tahmin edilen talep ve envanter seviyesi göz önünde bulundurularak detaylandırılır. Zaman aralığı yaklaştıkça bu planlar gözden geçirilir ve istenen ürün karışımının oluşturulabilmesi için plan güncellenir. Bu sebepten dolayı AÜÇ düzenlenirken sık sık pazarlama departmanı ile bilgi alışverişinde bulunma zorunluluğu vardır. Genel bir üretim planını yansıtan AÜÇ şekli Şekil 4.5’de gösterilmiştir. AÜÇ’de üretilmesi gereken bu ürünlerin üretim zamanı yaklaştıkça firmanın mümkün olan kapasite sınırlarını da gözden geçirmesi gerekmektedir (Dilworth,1993).

4.5 Toplu Üretim Planlamada Excel Solver Aracının Kullanılması

Toplu üretim planlamasının deneme yanılma yönteminde bilgisayar tablolarının kullanılması çok kullanışlı ve basittir. Tablolardaki değerleri deneme yanılma tekniği ile değiştirerek maliyet iyileştirmeleri yapmak basit olmakla beraber, bilgisayar ile yapılmadığında oldukça uzun sürmektedir. Bilgisayarda çalışan bir üretim planlamacı da çeşitli rakamları sezgisel olarak değiştirmekte, son maliyet değerinin azalıp/artacağını bilememektedir. Bu dezavantaj, bilgisayarda kullanılan optimizasyon araçlarıyla ortadan kaldırılabilir. Microsoft Excel tablolama programının Solver aracıyla yapılacak optimizasyonlarda, gerekli veriler tabloya yerleştirildikten ve birbirleriyle ilişkilendirildikten sonra deneme-yanılma ile girilen rakamları değiştirmeden doğrudan en iyi sonuca ulaşmak mümkün olabilmektedir. Şekil 4.6’de bir toplu üretim planının Excel Solver ile optimize edildiği ekran gösterilmektedir.

Televizyon Üretimi	YIL 1				YIL 2				YIL 3				YIL 4
	1.Ç	2.Ç	3.Ç	4.Ç	1.Ç	2.Ç	3.Ç	4.Ç	1.Ç	2.Ç	3.Ç	4.Ç	
	800	900	1000	900	850	950	1050	950	900	950	1050	950	3800
Taşınabilir Büyük	4000	5000	4000	3000	4000	5000	4000	3000	4200	5300	4500	3600	18000
ANA ÜRETİM ÇİZELGELEMİ													
HAFTALAR													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Taşınabilir Model 101	10	10	12	12	12	12	12	12	10	10	10	6	6
109	25			25			25			30			30
117													
128		100		100		100							
Büyük Model 209													
237													
261													
AYLAR													
	10	11	12										
	30	30	30										
	50	50	50										

Şekil 4.5 Toplu üretim planının AÜÇ'ye açılımı (Dilworth, 1993)

Şekil 4.6 Toplu üretim planı ve solver menüsü kullanımı

Microsoft Excel - Toplu Üretim Planı

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

127 = 16690\$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Periyot	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Toplam			
2	Talep		180	230	280	280	210	170	160	260	180	1940			
3	Kümülatif Talep		180	420	690	960	1170	1340	1500	1760	1940				
4															
5	İşgücü	20	19	23	26	28	21	17	16	26	18				
6	Normal														
7	Üretim Kap.		190	230	280	280	210	170	160	260	180				
8	Fazla Mesai		190	230	280	280	210	170	160	260	180				
9	Kapasite		190	230	280	280	210	170	160	260	180				
10	Çıktı		190	420	690	960	1170	1340	1500	1760	1940				
11	Kümü Çıktı														
12	Yetiştirilen														
13	Sparış		0	0	0	0	0	0	0	0	0				
14	Dönem Sonu		0	0	0	0	0	0	0	0	0				
15	Dönem Başı		0	0	0	0	0	0	0	0	0				
16	Stok		0	0	0	0	0	0	0	0	0				
17	Ortalama		0	0	0	0	0	0	0	0	0				
18	Ervarter		0	0	0	0	0	0	0	0	0				
19	İşe alınan işçi		0	4	3	2	0	0	0	0	0				
20	Çıkarılan işçi		1	0	0	0	0	0	0	0	0				
21	Maliyetler														
22	Normal Üretim		1140\$	1380\$	1560\$	1680\$	1260\$	1020\$	960\$	1560\$	1080\$	11840\$			
23	Zaman Ücreti		0\$	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$			
24	Fazla Mesai Ücreti		0\$	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$			
25	Ervarter		0\$	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$			
26	Yetiştirilen Sip.		0\$	400\$	300\$	200\$	0\$	0\$	0\$	1000\$	0\$	1900\$			
27	İşe alma		0\$	400\$	300\$	200\$	0\$	0\$	0\$	1000\$	0\$	3900\$			
28	İşten Çıkarma		150\$	0\$	0\$	0\$	700\$	400\$	100\$	0\$	800\$	16690\$			

Solver Parameters

Set Target Cell: To: Max Min Value of:

By Changing Variable Cells:

Subject to the Constraints:

Solve

Close

Options

Reset All

Help

Draw - AutoShapes - Point

Sheet1 / Sheet2 / Sheet3

My Documents

sayfa74.doc - Microsoft W

topluplanlama74.xls

01:36

5. ANA ÜRETİM ÇİZELGELEME

Küçük veya büyük her işletme, çizelgeleme problemlerine uygun çözümleri geliştirebilmek için haftalarını hatta aylarını harcamaktadır. Statik sayılan ortamlarda bile çizelgeleme problemleri çok değişkendir. Birçok üretim işletmesi daha büyük problemlerle karşılaşmakta, işlenmekte olan siparişler bitmeden yeni siparişler alınmakta veya mevcutlar iptal edilebilmektedir. Uzmanlara göre iyi bir çizelge zaman ilerledikçe güncelleştirilmeli ve değiştirilebilmelidir. Örneğin bütün işler aynı kriterlere göre değerlendirilmemelidir. Bazı müşterilerin siparişleri diğerlerine göre daha önemli olabilir veya bazı müşterilerin istediği parçalarda hassasiyet oranı diğerlerine göre daha fazladır. Bazı siparişlerin teslim süreleri çok önemli iken, bazı siparişlerinin hiçbir önemi olmayabilir. Çizelgelemeyi etkileyecek kriterler o kadar fazladır ki tüm bu kriterlere göre bir çizelge yaratabilmek hemen hemen imkansızdır.

Aşağıdaki iki kriter, işletmeler açısından çizelgelemenin önemini vurgulamaktadır (Dilworth,1993) :

- Müşteri taleplerini zamanında karşılamak,
- Bunu yaparken planlanmış maliyetleri aşmamak.

Amaç, bir parça işlenirken ilk operasyondan son operasyona kadar olan toplam zamanı oluşan gecikmeleri ortadan kaldırarak azaltmaktır. Bu amaç aynı zamanda üretim sırasında oluşan stoğu ve bunun için ayrılan yer ihtiyacını da azaltacaktır. İşletmelerin mali açıdan dikkat ettikleri en önemli kriterlerden olan geri dönüş oranını ve hızını, planlananın dışına çıkmayan/aşmayan işgücü, malzeme ve zaman ile yükseltmektir.

Bu problemin çözümündeki olasılıklar ve çözümü için maliyetler farklılıklar gösterebilir. Bazı durumlarda ekipmanı, kullanılan işgücünü arttırmak, ürün çıktısının daha çabuk alınmasını sağlar. Normal vardiyada işgücünü arttırmak fazla mesai maliyetlerini azaltacağı gibi, fazla mesai yapılması veya birden fazla vardiya ile çalışılması daha az işgücü ile işletmenin çalışması anlamına da gelmektedir. Firma, maliyetlerini azaltacak karma işgücü kullanımı programlarını geliştirmelidir.

Stok birikmesi fazla oluyorsa, firma fazla mesai kullanımından vazgeçmelidir. Eğer müşteriye malı teslim etmede zaman çok uzuyorsa, firma daha fazla ekipman ve işçi ile çalışmalıdır.

Sonuçta yukarıdaki kriterler her işletmeye ve politikalarına göre farklılık göstermektedir. Alınan kararların sonuçları mutlaka sayısallaştırılmalı ve performansları ölçülmelidir.

5.1 Ana Üretim Çizelgelemenin Aşamaları

Yapılacak işler önceden planlanmalıdır. Üretilcek her son ürünün üretim aşamaları detaylandırılmalı ve her aşamada gerekli olan malzemeler listelenmelidir. Her bileşen için üretim veya dışardan alma kararları verildikten sonra, dışardan hazır alınacak her türlü bileşen, yarımamul ve de üretimi yapılacak parçalar için hammadde tedarikçileri tespit edilmelidir. Fabrika içi işlemler için parça rotaları hazırlanmalıdır. Rotalama her yarımamulün veya mamulün üretimi için gerekli olan hammaddeyi veya son mamulün üretimi için gerekli yarımamullerinin yanında bu işlemleri gerçekleştiren iş merkezlerini de göstermelidir. Bileşenlerin montajlanması için gereken sıra da planlanmalıdır. İşin her aşamasını gerçekleştirmek için gereken standart zaman hesapları yapılmalıdır.

Standart zaman bilgileri sayesinde hangi işin hangi iş merkezinde ne kadar süreceği bilinmektedir. Yapılacak olan bir çizelgelemede firma işlerin toplam sürelerini ve bunlar için gereken kaynakları tespit edebilmektedir.

Parçalar çizelgeleme, malzeme ve kullanılabilir kapasite bilgileri ışığında iş merkezlerinde işlenmeye başlarlar. Bir iş merkezinde bir işlem bittikten sonra parçalar gerekli/kalan işlemleri için sıraya konur. Güvenilir bir ekipman ve bakımları aksatılmayan bir üretim hattında parçaların iş merkezlerine geliş zamanları doğru ve tahmin edilebilir olmaktadır. Atölye tipi üretimlerde işler birbirinden çok farklı oldukları için böyle bir tahmin yapmak zordur. Atölye tipi üretimde yapılacak işlemler tanıdık olmadığı için standart zaman hesaplarında hata payı yüksektir ve işler planlandığı sürede bitirilemeyebilir. Sonraki üretim kademelerine parçaların geliş zamanları ayrıca işin verimli yapılmasına, üretim içi stoklara, yerinde bulunmama, ekipman güvenilirliği ve önceki üretim kademelerindeki değişkenler topluluğuna bağlıdır.

Yapılan işlerle ilgili durum bilgileri bilgi sistemleri kullanılarak tutulmalıdır. Bu bilgiler anlık işlemekte olan işler ve bunların hangi zaman diliminde yapıldığını gösteren bir dosya şeklindedir. Böyle bir dosya anlık kullanılan kapasiteyi de göstereceği için boşta olan kapasite için beklemekte olan işler belirlenir. Parçaların üretimdeki her ilerleyiş adımları izlenmelidir. Her aşamada işlem bittikten sonra parçanın o aşamadaki standart zamanı dosyadan silinmeli ve parçanın bir sonraki üretim aşaması için hazır olduğu gösterilmelidir. Parçaların bir sonraki işlemlerine giderken dikkat edilmesi gereken bir husus da parçanın sahip olduğu öncelik

değeridir. Malzemeler ve bileşenler kullandıkça envanterden bunlar anlık olarak düşürülmeli, son ürünler depoya girdiğinde ise son mamul envanter miktarı arttırılmalıdır. Bunlar üretim kontrol bilgi sistemiyle bağlantılı olan sayısız dosyadan sadece birkaçıdır.

5.2 Ana Üretim Çizelgeleme

Ana üretim çizelgeleme kullanılan üretim tipi, üretilen ürünün çeşitliliği ve ürünlerin satıldığı pazarlara göre değişiklik gösterir. Üç klasik AÜÇ yöntemi vardır: stoğa, siparişe, montaja üretimler (Vollmann vd.,1997). Stoğa üretim yapan bir işletmenin çizelgeleme yöntemi ileri yönlüdür. Üretilen parçalar veya parça grupları mümkün olan en geç zamanda üretilmeye veya montajlanmaya çalışılır.

Siparişe göre üretim yapan firmalar genellikle ellerinde stok bulundurmazlar ve müşteriden sipariş geldiği zaman üretim veya montaj yaparlar. Bu üretim tipi çok çeşitli üretim konfigürasyonu olduğunda ve müşteri ihtiyaçları önceden doğru bir şekilde tahmin edilebildiğinde kullanılır. Böyle bir iş ortamında, müşteriler uzun bir tasarım ve üretim zamanı için beklemek zorundadırlar.

AÜÇ müşterinin istediği ürün veya ürün setine göre belirlenir. Yapılacak işleri belirlemek zordur, çünkü tasarım ile üretim eş zamanlıdır. Üretim genellikle kesin ürün tipinin belirlenmesinden ve bu ürün için mamul ağacının tam olarak oluşturulmasından önce başlar.

Montaja üretim yapan firmalarda çeşitli ürün tiplerini oluşturacak alt bileşenler hazırdır ve çok çeşitlidir. Müşteriye malın teslim süresi genellikle toplam üretim süresinden (montaj süresinden) daha azdır. Yani üretime müşteri siparişleri tahmin edilerek başlanır. Son ürünü oluşturarak envanterde saklamak firmalar için oldukça risklidir. Çünkü son ürünler birçok değişik yarımamulün oluşturacağı çok farklı kombinasyonlardan oluşur ve üreticinin elinde kalabilir. Bu yüzden firma müşteri siparişi kesinleşmeden önce son ürünün hazırlanmasında kullanılacak yarımamul üretimini gerçekleştirir. Sipariş kesinleştiğinde ise ürün artık bellidir ve yarımamuller montajlanarak istenen son ürün elde edilir.

Bu firmalar genellikle son ürünlerinin ana üretim çizelgelerini yapmazlar. AÜÇ son ürünlerde bulunacak ortak parçaları ve opsiyonları içerir. Bu opsiyonların AÜÇ'deki ağırlıkları opsiyonların talep tahminlerine göre değişkenlik gösterir. Böylelikle firma müşteri siparişlerinde esneklik sağlamış olur.

5.3 Ana Üretim Çizelgesinin Oluşturulması

5.3.1 Zaman Fazlı Kayıt Tutma

AÜÇ için zaman fazlı kayıt tutmak hem MİP (malzeme ihtiyaç planlama) kayıtları ile uyumluluk gösterir hem de bilgisayarlar aracılığıyla gayet basittir. Çizelge 5.1’de DBS (Dönem başı stok) 20 adet olan, haftalık satış tahmini 10 adet ve haftalık 10 adet üretim yapan bir üretim çizelgesi gösterilmektedir. Üretim satırı burada talebi karşılamak için ürünlerin tamamlanma zamanlamasını göstermektedir. Kayıt 12 haftalık bir peryodu (planlama evresini) kapsamaktadır. Toplam satışlar ve toplam üretim 120 adettir.

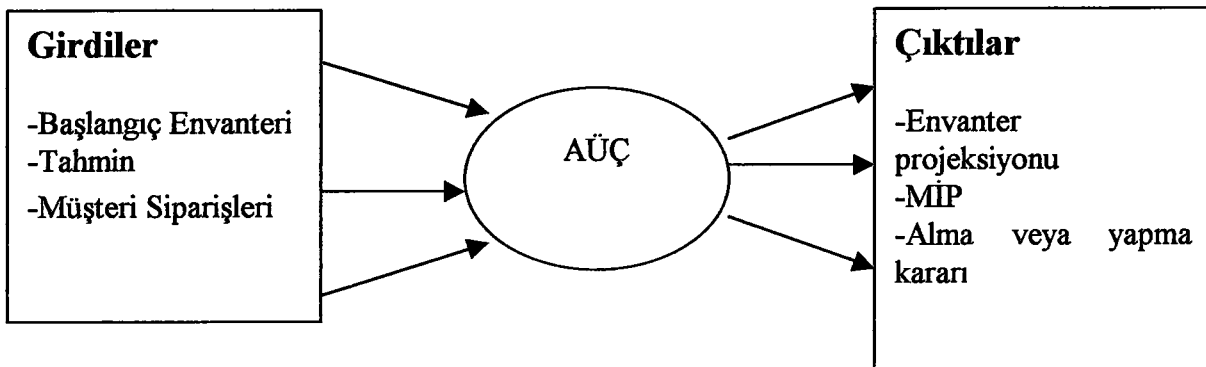
Çizelge 5.1 Ana üretim çizelgeleme örneği (Co,2000)

Hafta No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tahmin	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
DSS	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Üretim	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
DBS	10											

İkinci satırda DSS (dönem sonu stok) her hafta sonu envanterde kalan ürün sayısını göstermektedir. Bu değer örnek olarak 1.dönemde DBS_1 (20 adet) + Üretim₁ (10 adet) – Satış Tahmini₁ (10 adet) şeklinde hesaplanır. DSS satırındaki herhangi bir negatif değer satış tahminleri gerçekleşirse, karşılanamayabilecek bir talebi gösterecektir.

DSS’deki değerlerin pozitif olması gereğinin birçok nedeni vardır. Herşeyden önce tahminlerde yanılma payı olabilir ve ana üretim adedi tam hedeflendiği kadar gerçekleştirilemeyebilir. Bu DSS’deki fazlalık, hatalardan ve üretim miktarlarında olabilecek eksikliklerden dolayı elde bulundurulur. Örneğin Çizelge 5.1’de 1.hafta satış adedi 20 adet olursa bu talep karşılanabilecek ve sonraki haftalarda DSS değerleri negatif değere düşmeyecektir. Pazarlama departmanı toplam satış adedi olan 120 birimlik miktarı değiştirmeden haftada 10 adetlik bir üretimle, 12 haftalık plan başarıyla tamamlanacaktır.

Üretilen satırı ilgili haftada üretilen miktarı göstermektedir. Üretimdeki birçok detay ve ürünün montaj gereksinimleri MİP sistemi tarafından ele alınır. Bu yüzden AÜÇ sistemi MİP sistemini yönetir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 AÜÇ'nin girdileri ve çıktıları (Evans, 1997)

Çizelge 5.2 Çizelge 5.1’dekinden daha farklı satış tahminlerine sahiptir. Çizelge 5.2’de pazarlama departmanı 6 hafta boyunca 5 adet, geri kalan 6 hafta boyunca 15 adet satış olacağını tahmin etmektedir. Toplam satılacak adet aynıdır (120 adet). Bu tip satışlar sezona bağlı olarak satışları değişen ürünlerde görülür. Çizelge 5.2 ve 5.4 iki farklı AÜÇ’sini göstermektedir. Çizelge 5.2’de her hafta üretim adedi 12 hafta boyunca sabittir (10 adet). Oysa Çizelge 5.3’de üretim miktarı 6 hafta boyunca 5 adet ve kalan 6 hafta boyunca 15 adettir.

Çizelge 5.2 ve 5.3'deki DSS miktarlarının haftalık seviyeleri ve akış düzenleri birbirlerinden farklılık göstermekte; aynı stok miktarlarıyla başlayıp bitmektedirler. Çizelge 5.2'de ilk 6 hafta boyunca miktarlar kademeli olarak artıp son 6 hafta kademeli olarak azalmaktadır. Bu iki AÜÇ yöntemi iki farklı stratejiyi temsil etmektedir. Çizelge 5.2 sabit üretim stratejisini, Çizelge 5.3 ise sabit DSS stratejisini temsil etmektedir. Sabit üretim stratejisi üretim sabit olduğundan işçi kiralama, kapasite ayarları gibi planlar gerektirmez. Sabit DSS stratejisinde ise üretimde ayarlamalar yapmak gerekir, ancak burada envanterdeki miktarın yükselmemesi sayesinde elde tutma maliyetleri azalacaktır. Bu iki örnek arasında bulunan birçok alternatif vardır. Önemli olan müşteri taleplerini tam karşılayan minimum maliyet-maksimum faydayı sağlayan AÜÇ'yi yaratabilmektir.

Çizelge 5.2 AÜÇ’de sabit üretim stratejisi (Co,2000)

[illegible]

Çizelge 5.3 AÜÇ’de talebi izleme stratejisi (Co,2000)

Hafta No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tahmin	5	5	5	5	5	5	15	15	15	15	15	15
DSS	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Üretim	5	5	5	5	5	5	15	15	15	15	15	15
DBS	20											

Çizelge 5.4’de 30 adetlik parti büyüklükleri ile üretim yapılmaktadır. Çizelge 5.4’de DSS’deki miktar ne zaman 5 adete düşerse bir sonraki hafta 30 adetlik üretim veya sipariş yapılır. Bu 5 adetlik miktar yönetimin envanter tutma ile müşteriye cevap verememe olasılıkları arasında bir sayıdır. İlk başlangıçta DBS 20 adet iken 4.hafta başındaki 5 miktarı 30 adetlik bir üretimin (siparişin) talep edilmesine neden olmaktadır. Bu sipariş 8.haftaya kadar sürmekte, burada gene 30 adetlik sipariş verilmektedir. Çizelge 5.4’de toplam 4 adet planlama dönemi gösterilmektedir. İlk parti 6 hafta idare ederken son parti sadece 2 hafta dayanmaktadır. Üretilen 30 adetlik üretim miktarlarına çevrim stoğu denmektedir. Firma bu miktarı azaltarak oluşan 5 adetlik emniyet stoğunu biraz daha aşağı çekebilir.

Çizelge 5.4 AÜÇ’de parti üretimi (Co,2000)

Hafta No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tahmin	5	5	5	5	5	5	15	15	15	15	15	15
DSS	15	10	5	30	25	20	5	20	5	20	5	20
Üretim				30				30	15	30		30
DBS	20											

5.3.2 Zamana Bağlı Olarak AÜÇ’nin Güncellenmesi

İlk yapılan AÜÇ tahmine dayalı satışları içerir ve her periyod sonunda güncellenmeleri gerekir. Mutlaka planlanan ile gerçekleşen değerler arasında bir hata payı olabilir. Güncelleme ile periyodlar içinde oluşan hatanın gelecek dönemleri olumsuz yönde etkilemeye çalışması engellenmeye çalışılır.

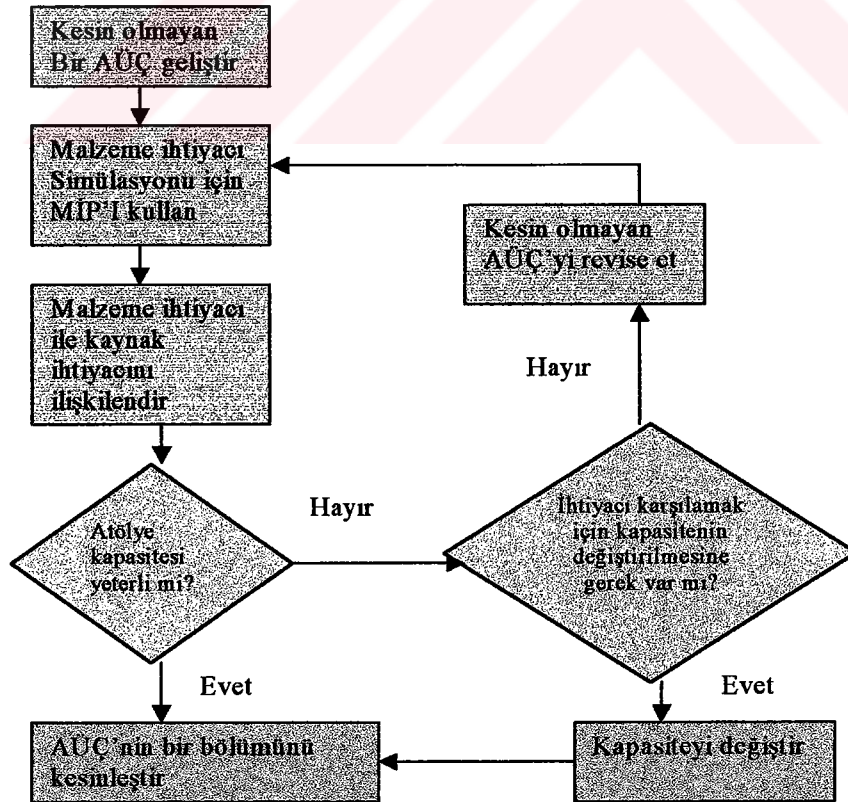
Çizelge 5.4 ele alındığında 1.haftadaki satış miktarı tahmin edilenden 5 fazla olarak gerçekleşirse, 1. haftanın sonundaki DSS miktarı 15 yerine 10 adet olacaktır. Birinci haftadaki bu yanlışlık pazarlama departmanı ile bağlantıya geçilmesi zorunluluğunu doğurur. 12 haftalık toplam satış adedi 120 adet tahmini artık doğru değildir ve Çizelge 5.5’deki gibi yeni bir satış adedi akışı tahmin edilir (1-6 haftalarında 10 adet, 7-12 haftaları arasında 15 adet, toplam 155 adet). Toplam satış adedi 155 olarak tahmin edildiğinden Çizelge 5.4’deki üretim miktarı bu miktardan küçük olacak ve firma Çizelge 5.5’deki gibi bir AÜÇ ile karşı karşıya

kalacaktır. Açıkça görüldüğü üzere Çizelge 5.5'deki negatif değerler karşılanamayan müşteri siparişlerini göstermektedir. Bu planda revizyon şarttır. İlk problem 3.haftada karşınıza çıkmaktadır, DSS bu haftada eksidedir. Eski planda (Çizelge 5.4) 30'luk partiler 4. ve 8.haftalarda üretilmektedir, bu 1.hafta sonunda revize edilen plandaki satış tahminlerini karşılamaya yetmemektedir.

Çizelge 5.5 1 hafta geçtikten sonra AÜÇ talep tahminlerinin gözden geçirilmesi (Vollmann vd.,1997)

Hafta No	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tahmin	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15	15
DSS	0	-10	10	0	-10	-25	-10	-25	-10	-25	-10	-25
Üretim			30				30		30		30	
DBS	10											

Güncellenmiş AÜÇ (Çizelge 5.6) Çizelge 5.4'deki aynı emniyet stoğuna sahiptir, Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5'deki 4 adetlik parti üretimi yerine 5 adetlik bir üretime sahiptir. Bu revizyon envanterin eksiye düşmesini engellemektedir. Ancak bu revizyonun fabrika için fizibil olup olmadığı belli değildir. Fabrika 12 haftalık dönem içinde 5 adet parti üretimi veya 2 hafta önceden planlanan bir üretimi gerçekleştirecek kapasiteye sahip olmayabilir. Kapasite sorununun yeni AÜÇ devreye sokulmadan önce çözülmesi gerekmektedir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 AÜÇ'nin Revize Edilmesi (Love, 1979)

Çizelge 5.6 1 hafta geçtikten sonra talep tahmininin değişimi sonucu üretimin revizyonu

Hafta No	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tahmin	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15	15
DSS	30	20	10	30	20	5	20	5	20	5	20	5
Üretim	30			30			30		30		30	
DBS	10											

5.3.3 Kesinleşen Siparişler

Tahmin edilen satış adetleri dışında, yakın dönemde bazı müşterilerin kesinleştirdiği siparişler olabilir ve bunların kesinlikle karşılanması şarttır, satış tahminlerinde farklı olarak değerlendirilmeleri gerekmektedir. Önemli olan bu siparişlerin ne zaman gönderileceğidir.

Çizelge 5.7, Çizelge 5.4'ün aynısıdır. 1.haftanın orjinal satış tahmini ve haftalık üretim miktarı gösterilmektedir. Buna ek olarak 3 haftalık dönemde gönderilecek siparişler de hesaplanmaktadır. Birinci hafta 5, 2.hafta 3, 3.hafta 2 adet olmak üzere ilk 3 haftada toplam 10 adet kesinleşmiş sipariş söz konusudur. SG-DSS (Available-to-promise; siparişe gönderilebilecek DSS) değeri birinci hafta Çizelge 5.7'nin altında gösterildiği üzere "DBS – Bir sonraki üretim periyoduna kadar mevcut bütün müşteri siparişleri"dir.

Çizelge 5.7 Söz verilen sipariş örneği: hafta 1(Ware, N. Ve Fogart.D,1990)

Hafta No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tahmin	5	5	5	5	5	5	15	15	15	15	15	15
Siparişler	5	3	2									
SG-DSS	10			30				30		30		30
DSS	15	10	5	30	25	20	5	20	5	20	5	20
Üretim				30				30	15	30		30
DBS	20											

SG-DSS=20-(5+3+2)=10

Çizelge 5.8, 2.haftanın başlangıç durumunu ele almaktadır. Çizelge 5.4 değerleri nasıl Çizelge 5.6'da revize edildilerse, Çizelge 5.7'deki değerler de Çizelge 5.8'de revize edilmektedir. Ek olarak 1.hafta, 2.ve 4.haftalar arasında gönderilmek üzere müşteri siparişleri alınmıştır; 1.hafta, 2.hafta için 2 adet ek sipariş gelmiştir ve 2.haftadaki sipariş miktarı toplam 5 adete yükselmiştir. 2.hafta için 3 adet ve 4.hafta için 2 adet ek sipariş gelmiştir. 2.haftada bekleyen sipariş miktarının 12 adedin üzerine çıktığı verisi pazarlama departmanının revize edilmiş planda (Çizelge 5.6) kullanacağı anahtar verilerden biridir.

2. haftadaki sipariş adedi 5 adettir. Oysa satış tahminlerindeki değer 10'dur. Aynı durum 3.hafta için de geçerlidir. Bu iki haftanın toplam siparişi 10 iken, satış tahmini 20 adettir. Bu da bu iki hafta içerisinde firmanın 10 adetlik daha sipariş alacağı beklentisinde olmasını göstermektedir.

Çizelge 5.8 Söz verilen sipariş örneği:hafta 2 (Ware, N. Ve Fogart.D,1990)

Hafta No	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tahmin	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15	15
Siparişler	5	5	2									
DSS	30	20	10	30	20	5	20	5	20	5	20	5
SG-DSS	28			30			30		30		30	
Üretim	30			30			30		30		30	
DBS	10											

$SG-DSS = (30+10) - (5+5+2) = 28$

Sipariş ile üretim arasındaki diğer bir ilişki de gene Çizelge 5.8'de görülmektedir. Üretim + DBS 2.haftada toplam 40 adete ulaşmaktadır. 5 adetlik sipariş bu adetten çıkarıldığında, 35 adede kadar sipariş karşılanabilir gibi bir sonuç çıksa da bu doğru değildir; çünkü firma bir sonraki üretim dönemine kadar olan bütün kesinleşen siparişleri göndermek zorundadır. Yani miktar $SG-DSS = (30+10) - (5+5+2) = 28$ adettir. Bu 28 adet 2.,3. veya 4.haftalarda veya daha sonraki istenen bir zamanda gönderilebilir.

Dikkat edilmesi gereken hususlardan birisi de yukarıdaki hesaplamalarda SG-DSS satırıyla ilgili hesaplamalarda satış tahminleri veya siparişler bu değeri hiç aşmamaktadır. Satış tahmini veya siparişlerden hangisi büyükse, SG-DSS hesabında o değer kullanılır;

“Önceki dönemdeki DBS + Üretim – (satış tahmini veya sipariştan hangisi büyük ise)”

SG-DSS değerinin hesaplanışını net olarak ifade etmek gerekirse, SG-DSS sadece üretim olan dönemlerde hesaplanır. Hesabı;

“Herhangi bir peryoddaki eldeki miktar + o peryoddaki üretim – bir sonraki üretim dönemine kadar bulunan toplam siparişler”

şeklinde dir. Çizelgede 5,8,10,12.haftalarda SG-DSS değerleri 30 adettir. 10.haftada gönderilmek üzere bir sipariş geldiği zaman bunun 10.haftadaki 30'luk ve 8.haftada 5 adetlik SG-DSS değerleriyle karşılanması gerekir. 10.haftada SG-DSS değeri 0, 8.hafta SG-DSS değeri 25 adet olacaktır. Birçok firmada kesinleşen siparişlerin planlamaya katılması envanter maliyetlerini azaltmaktadır. Belirsizlikler siparişler ile ortadan kalkmaktadır.

5.3.4 Siparişe Bağlı Olarak Talep Tahmininin Birleştirilmesi

Ana üretim çizelgelemede, Richard Ling müşteriden gelen siparişlerin satış tahminlerinde çıkarılması düşüncesini ileri sürmektedir. Buna göre Çizelge 5.8’de 2.hafta 10 adet olan satış tahmininden 5 adet , 3.hafta gene 10’dan 5 adet siparişin, 3.hafta 10 adet satış tahmininden 2 adetlik siparişin düşülmesi gerekmektedir. 2.haftada firmanın aşağıdaki gibi bir sipariş listesi aldığını varsayarsak, istenen toplam miktar 65, 2 ve 6.haftalar arası toplam SG-DSS miktarı ise

Sipariş No	Miktar	İstenilen Hafta
1	5	2
2	15	3
3	35	6
4	10	5

2.haftadaki 28 + 5.haftadaki 30 adettir, 4.siparişin ancak 3 adetlik bir miktarı karşılanabilmektedir. Müşterinin yarım teslimatı kabul etmediği ve firmanın müşteri ile bu siparişin (4.siparişin) teslimatı için 8.haftada anlaştığını varsayarsak, Çizelge 5.9, 3.hafta ile 14 hafta arasındaki planı göstermektedir.

Çizelge 5.9 Söz verilen sipariş örneği: hafta 3 (Ling 1974)

Hafta No	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tahmin	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15	15	15
Siparişler	20	2		35								
DSS	10	0	20	-15	-30	-15	-30	-15	-30	-15	-30	-45
SG-DSS	3		0			20		30		30		
Üretim			30			30		30		30		
DBS	30											

2.haftada alınan siparişler satış tahminleri ile karşılaştırıldığında dalgalı yapıya sahiptirler. 3.hafta eldeki miktarı hesaplamak için;

“2.hafta DBS 10 + 30 (2.hafta üretimi)- Çizelge 5.8’de gösterilen 5 adetlik sipariş- 5 adet yeni gelen sipariş”

bağıntısı kullanılmalıdır, sonuç $10+30-5-5 = 30$ ’dur.

Tahmin veya sipariş miktarının büyük olanının üretim miktarından çıkarılması gerekmektedir. Örneğin 3.haftada Çizelge 5.8’de DBS(30) – 20 adet sipariş(5 önceden + 15 sonradan gelen) = 10 (DSS) olmaktadır. 4.haftada DSS 0’dır; 3.haftada DSS - 4.hafta satış tahmini yapılarak 10

ve 2 karşılaştırılır, 10 büyük olduğu için seçilir. Eğer mevcut siparişler tahmin edilen miktarı aşarsa, dikkate alınması gereken fazla ihtiyaç ortaya çıkar, siparişler tahmin edilenden daha az olursa DBS ve DSS stok hesaplamalarını etkiler.

Çizelge 5.9'da 30 adetlik DBS 3. ve 4.haftalardaki siparişleri karşılayabilmelidir, çünkü bir sonraki üretim 5.haftadadır. "3.haftadaki 3 adetlik SG-DSS miktarı = 30 adet DBS – 20 adetlik 3.hafta siparişi – 2 adet 4.hafta siparişi"dir. 6.hafta için 5 adet de ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü 5.haftadaki 30 adetlik üretim yeterli değildir. Bu da 3.hafta ile 7.hafta arasında 3 adet SG-DSS değeri oluşturur. 8.haftada üretilen 30 adet 10 adedi 8.haftadaki siparişe gider, kalan 20 adet SG-DSS'dir.

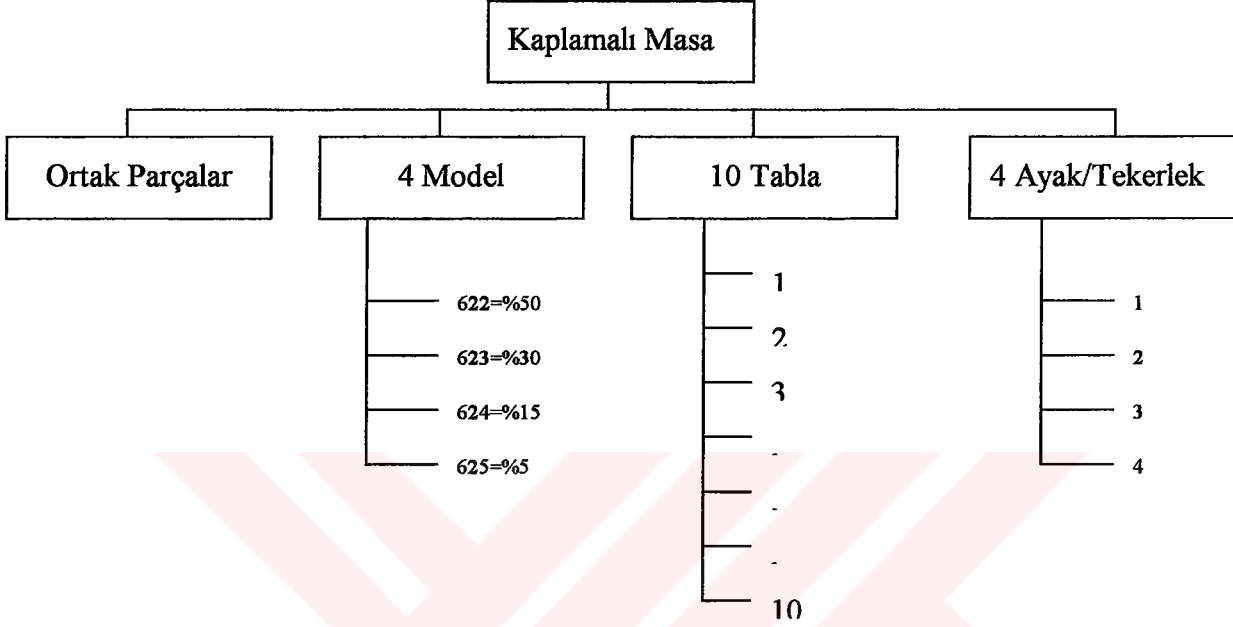
Çizelge 5.9'da en son müşteri siparişinin (10 adet) hepsi 8.haftada karşılanabilir durumdadır. Sipariş bu şekilde karşılanırsa firma 3 ile 8.haftalar arasında hiçbir talebe cevap veremez durumda kalacak, esnekliğini kaybederek yeni sipariş alamaz duruma düşecektir. Amaç firmanın yakın periyotlar için söz verebilme halini, ileriki periyotlardaki SG-DSS değerini düşürerek yükseltmek olmalıdır. DSS ve SG-DSS satırlarının aynı anda kullanımı etkin bir ana üretim çizelgeleme yapmanın anahtarlarından biridir. SG-DSS'nin kullanımı, hazırlanamayacak olan müşteri siparişlerinin kabul edilmeyeceği anlamına gelir. DSS değerleri üretim için bir sinyal teşkil ederler. Üretim söz verilebilecek değeri (SG-DSS'yi) yükseltir.

Son olarak Çizelge 5.9'daki negatif DSS değerlerine dikkat edilirse, bu negatif değerler potansiyel problemleri gösterir. Ancak potansiyel problemleri pahalı üretim değişiklikleri ile çözmek fizibil olmayabilir. Yalnız SG-DSS değerlerindeki negatif değerler gerçek problemlerdir ve bu değerlerin kesinlikle büyük veya eşit "0" olmaları gerekmektedir. Küçük olması, söz verilmiş ancak zamanında karşılanamayan bir sipariş demektir.

5.4 İki Kademeli Ana Üretim Çizelgeleme

Ürünler bilindiği gibi ürün ağaçlarında çeşitli opsiyonlara ayrılarak değişik kombinasyonlarda üretilebilirler. Bu daha çok montaja üretim yapan işletmelerde görülmektedir. Sıfırıncı seviyede ürünler toplu olarak görülmektedirler ve ürün kombinasyonları bu kademede görünmez. Ancak bu ürünlerin bir şekilde detaylandırılmaları ve çizelgelenmeleri gerekmektedir. Talep tahminleri ürünün 0.kademesi için yapılmaktadır. Firma bu ürünü mamul ağacında detaylandırırken daha önceki verilerden değişik kademelerdeki bileşenlerin yüzdesel olarak ağırlıklarını tespit etmeli ve ana üretim çizelgelemesini bu doğrultuda gerçekleştirmelidir.

Şekil 5.3’de 1.kademeye kadar bir kaplamalı masa ürününün mamul ağacı görülmektedir. Müşteriler herhangi 4 modelden bir tanesini, 10 değişik ahşap kaplama ve 4 adet değişik ayak-tekerlek seçeneği ile sipariş edebilirler. Yani müşteriye bu ürünün toplam 160 adet ($4 \times 10 \times 4 = 160$) kombinasyonu sunulabilir.



Şekil 5.3 Kaplamalı masa ürünü için detaysız mamul ağacı

Şekil 5.3’den de görüldüğü üzere modeller 4 tiptir ve bunların üretimdeki ağırlıkları daha önceden belirtilmiştir(%50, %30, %15, %5). Model 622 ve model 623’ün seviye 1’deki ana üretim çizelgeleri çizelge 5.10’da gösterilmektedir. Model 622’nin üretimi 0.kademedeki ürünün %50’sini, model 623 ise %30’unu oluşturmaktadır. Kademe 1’deki planlar ise doğrudan MİP sistemine açılarak üretilecek ürünler için ayrıntılı planlar oluşturulur. MİP kayıtlarının girdileri daha önceden de bahsedildiği gibi AÜÇ kayıtlarıdır. Örneğin model 622’yi oluşturmak için gereken hammadde ve bileşenler AÜÇ’den gelecek üretim adetleri doğrultusunda MİP tarafından hesaplanacaktır. Masa için 5 haftalık sabit üretim stratejisi uygulanmaktadır. İlk iki haftada üretilecek ürünlerin hepsi satılmıştır (Çizelge 5.10. 2.satır, siparişler). 3.haftadan daha erken, firmanın yeni müşterilerine ürün için söz vermesi mümkün değildir. Bu, ancak 3,4,5.haftalarda mümkündür (Çizelge 5.10, 4.satır, SG-DSS değerleri).

Model 622 için yapılan AÜÇ programında, üretim tahmini için ilk iki hafta “0” değeri girilmek zorundadır. Çünkü 0.kademedeki AÜÇ’de ilk iki haftadaki SG-DSS değerleri “0”’dır. 3,4,5. haftalardaki üretim tahmin değerleri ise 50 adettir; model 622, 0.seviyedeki ürün üretiminin

%50'sini teşkil etmektedir. Benzer şekilde model 623'ün AÜÇ verileri oluşturulur. 0.kademedeki üretim değerleri yerine SG-DSS değerleri 1.kademeye açılmıştır; üretim değerlerinde bir belirsizlik vardır. Hafta 1 ve 2'de üretilecek ürünler kesin olarak satıldığı için bu ürünlerin MİP kayıtları çalıştırılmıştır. 622 no'lu modelin DBS'si 10 adettir, bu adet %50 üretim oranının muhtemel değişimlerine karşı elde bulundurulmaktadır.

Çizelge 5.10 Kaplamalı masa ürünü için 2 kademeli AÜÇ kaydı

		Haftalar				
		1	2	3	4	5
Kaplamalı Masa						
	Tahmin	100	100	100	100	100
	Siparişler	100	100			
	DSS					
	SG-DSS			100	100	100
	Üretim	100	100	100	100	100
Model 622		DBS= 0 ; Emniyet Stoğu=0				
	Tahmin			50	50	50
	Siparişler	50	50			
	DSS	10	10	10	10	10
	SG-DSS	10		50	50	50
	Üretim	50	50	50	50	50
Model 623		DBS= 10; Emniyet Stoğu=10				
	Tahmin			30	30	30
	Siparişler	30	30			
	DSS	15	15	15	15	15
	SG-DSS	15		30	30	30
	Üretim	30	30	30	30	30
		DBS=15; Emniyet Stoğu=15				

5.4.1 Müşteri Siparişlerinin Kayıt Edilmesi

Mevcut üretim çizelgesi ve planları yapılırken müşteriler tarafından modellere ilişkin siparişler gelir. Üretici firmanın müşteriye malı ne zaman teslim edebileceğine dair cevap verebilmesi AÜÇ planı yapmasına bağlıdır. Çizelge 5.10'da oluşturulan planda 3., 4. ve 5.haftalar için henüz bir müşteri siparişi gelmemiştir. Ancak gelecek siparişlerin de plana yerleştirilmesi ve planın güncellenmesi gerekmektedir. 1.kademeye gelecek bir sipariş, 0.kademedeki değerlerin de otomatik olarak değişmesine neden olacaktır.

Örneğin Çizelge 5.11'de bir müşteri model 623'den 40 adetlik bir sipariş vermek istediğinde bunu en erken 3.haftada teslim etmek mümkündür; sebebi 30 adetlik SG-DSS değeri + 15

adetlik (1.haftadan elde bulunan) emniyet stoğudur. Çizelge 5.10'daki 0.kademe SG-DSS değeri bu siparişten sonra 60 adede düşmektedir. Çizelge 5.11'de model 623'ün çizelgesinde ise 3.hafta SG-DSS değeri 0'a ve ilk hafta SG-DSS değeri ise 5'e düşmektedir.

Çizelge 5.11 Model 623 için 40 adetlik siparişin yerleştirilmesinden sonra AÜÇ kayıtları

		Haftalar				
		1	2	3	4	5
Kaplama Masa						
	Tahmin	100	100	100	100	100
	Siparişler	100	100	40		
	DSS					
	SG-DSS			100	100	100
	Üretim	100	100	100	100	100
Model 622		Elde= 0 ; Emniyet Stoğu=0				
	Tahmin			30	50	50
	Siparişler	50	50			
	DSS	10	10	30	30	30
	SG-DSS	10		50	50	50
	Üretim	50	50	50	50	50
Model 623		Elde= 10; Emniyet Stoğu=10				
	Tahmin			18	30	30
	Siparişler	30	30	40		
	DSS	15	15	-13	-13	-13
	SG-DSS	5		0	30	30
	Üretim	30	30	30	30	30
		Elde=15; Emniyet Stoğu=15				

Model 622 ve 623 için üretim tahminlerinin güncellenmesi gerekmektedir. Gelen 40 adetlik siparişten sonra 3.hafta model 622 için üretim tahmini 30 adet (60 adedin %50'si), model 623 için 18 adet (60 adedin %30'u) olmaktadır. Bu değerler ortaya çıktıktan sonra Çizelge 5.11'den görüldüğü üzere 3.haftada model 622 için planlanan değer fazla, model 623 için ise azdır.

Firma burada üretim seviyesini değiştirip değiştirmeme kararını vermelidir. Model 622 için üretim seviyesi 3.haftada 30'a çekilirse mümkün satırı emniyet stoğu seviyesi olan 10'a düşecektir. Model 623 içinse 58 adetlik bir üretim tekrar mümkün satırı 15'e çekecektir. Bu değişiklikler otomatik olarak yapılmamalıdır. Üretim miktarları firma kararıdır ve değiştirilmeleri bütün sistemi etkiler. Belki gelecek dönemdeki siparişler 40 adetlik 623 siparişinin etkisini azaltacaktır. Değişiklik yapmadan bile çizelge 5.11'den görüldüğü üzere 5 adet model 623 3.,4.,5.haftalarda müşteriye söz verilebilir.

5.4.2 Alternatif Teknikler

5.4.2.1 Alternatif SG-DSS Açılımı

Çizelge 5.11’de model 623’e gelen 40 adetlik sipariş %30, %50 model ağırlık oranlarının tekrar gözden geçirilmesi anlamına gelmektedir. Uzun dönemde yapılacak bu değişiklikler AÜÇ ve MİP kayıtlarını etkileyecek ve istenmeyen sonuçlar doğurabilecektir. O yüzden oranlar uzun dönemde aynıdır. Bu durum bir müşterinin ara ara bir modelden yüksek miktarlarda sipariş etmesinden ortaya çıkmaktadır.

John Sari tarafından öne sürülen bir yöntemde satılmamış üretim tahmini için kademe 0 ve 1’de daha uzun zaman aralıkları kullanılması önerilmektedir. Yaklaşım çizelge 5.10’de modeller için siparişlerle üretim tahminlerinin toplanmasıyla başlar. Bu değer model 622 için (mevcut 2 haftalık sipariş toplamı $100 + 3$ haftalık üretim tahmini $150 = 250$), model 623 için (2 haftalık sipariş toplamı $60 + 3$ haftalık üretim tahmini $90 = 150$) adettir. Çizelge 5.11’de 40 adetlik sipariş yerleştirildikten sonra bu değerler model 622 için 230 adet, model 623 içinse 178 adet olmaktadır.

Çizelge 5.11’de modeller için %50 ve %30 oranları kullanılması yerine, geri kalan dönemde SG-DSS değerlerinin satılmamış olan değerlerine bakmak gerekir. Çizelge 5.11’de hafta 3 ile 5 arasında, 300 adet üretim tahmininden 260 adedi henüz satılmamıştır (SG-DSS değerleri toplamı). Beklentiler bu adedin 150 tanesinin model 622’ye, 90 tanesinin ise model 623’e ait olacağı şeklindedir. 3.haftada model 623’den 40 adet satıldığı haberi gelir. Bu da çizelge 5.11’deki üretim tahmin değerlerinin 3 ile 5.haftalar arasında model 622 için 130 adet yerine 150 adet, model 623 içinse 78 yerine 50 adet olması gerektiği anlamına gelir.

Satış ortamları belirsizliklerle doludur. Her zaman aralığında yapılan satışlar o döneme ait rakamsal değerlerdir. AÜÇ planı hazırlandığında önemli olan firmanın ağırlıkları ürünlere nasıl dağıttığıdır. Satışlar devam ederken siparişler geldiği sürece AÜÇ yapan kişiler, zaman aralığındaki diğer tahminleri yapılan satışlar doğrultusunda güncelleyebilir ve fiili ile planlanan değerler arasındaki hataları en aza indirebilirler. Bunu yaparken talep tahmin yöntemlerinin doğru olması büyük önem taşımaktadır.

5.4.2.2 Gelen Siparişlerin Yönetilmesi

Siparişler dönem dönem kesinleştikçe, çeşitli faktörlere bağlı olarak tahmin edilen değerlerden farklılık gösterebilmektedirler(Çizelge 5.12). Çizelge 5.12’de 3.haftada 25 adetlik sipariş beklendiği gibi talep edilmemiş ve artmıştır. Buradaki problem 4.hafta kaydının nasıl olacağıdır. Çizelge 5.13, 4.hafta kaydında bu artan fazlalığı gözardı etmektedir. Gözardı edilen bu 25 adetlik kayıt, seviye 1’deki AÜÇ kayıtlarında elde kalan miktarı arttıracaktır. Aslında bu fazlalığı göz ardı etmek üretim planını değiştirmektedir. Elde kalan miktarın seviye 1’deki bileşen imalat planına da yansıtılması yani planlanan siparişlerde bir azaltmaya gidilmesi gerekmektedir.

Çizelge 5.12 3.haftada 2 kademeli AÜÇ kaydının durumu (Sari, 1982)

	Haftalar				
	3	4	5	6	7
Tahmin	100	100	100	100	100
Siparişler	75				
DSS					
SG-DSS	25	100	100	100	100
Üretim	100	100	100	100	100

DBS=0; Emniyet Stoğu=0

Çizelge 5.14, 4.haftaya başlamak için alternatif bir formül önermektedir. 25 adetlik siparişlerin yanlış tahmin edilmesinden dolayı artan üretim fazlası 4.haftadaki kayıtlara

Çizelge 5.13 4.haftanın başlanıcı (tüketilmemiş miktar eklenmemiş) (Sari,1982)

	Haftalar				
	4	5	6	7	8
Tahmin	100	100	100	100	100
Siparişler					
DSS					
SG-DSS	100	100	100	100	100
Üretim	100	100	100	100	100

DBS=0; Emniyet Stoğu=0

Çizelge 5.14 4.haftanın başlangıcı (tüketilmemiş miktar eklenmiş) (Sari,1982)

	Haftalar				
	4	5	6	7	8
Tahmin	125	100	100	100	100
Siparişler					
DSS	25				
SG-DSS	125	100	100	100	100
Üretim	100	100	100	100	100
DBS=25; Emniyet Stoğu=0					

devredilmiştir. Bu yaklaşım zaman içinde düzgün dağılmayacak bir talebi karşılamada kullanılabilir. Eğer talep dönemlerin (ay sonu - 4 haftayı içermekte, 3.ayın sonu gb.) sonlarına doğru tahmin edilenin üzerine çıkıyorsa, bu yaklaşım doğru olacaktır. Böyle bir talep dağılımında Çizelge 5.12'deki yaklaşımı kullanmak, firmayı müşteri siparişlerini karşılayamaz duruma düşürecektir. Ling'in önerdiği yöntemde talep fazlalıkları/azlıkları izlenip çeşitli üretim sahası toplantılarında değerlendirilmelidir. Proud ise AÜÇ kayıtlarında iki tane ayrı tahmin, SG-DSS, sipariş değerleri kullanılmasını önermiştir. Bu şekilde talep azlığı/çokluğu gibi durumlarda dönemler arası ayarlamalar yapılabilir.

5.4.2.3 AÜÇ'nin Kapasite Cinsinden Düzenlenmesi

AÜÇ'de diğer bir teknik, üretim kaynaklarının kapasite miktarlarını belirleyerek, AÜÇ ölçü birimi olarak ürün adedi değil, toplam kapasite miktarını kullanmaktır. Burada temel düşünce, gelen siparişler karşısında üretimde herhangi bir departmanın bu siparişleri karşılayabilecek yeterli kapasite değerine sahip olup olmadığını anında görmektir.

Çizelge 5.15'de A ve B gibi iki kaynak gerektiren ürünün, kaynak departmanında beraber ne şekilde çizelgelendirildikleri gösterilmiştir. A ürününün kaynak departmanındaki işlemlerinin süresi 2,5 saat ve B ürününün kaynak departmanındaki işlemlerinin süresi 10 saattir. A ürünü için haftalık 100, B ürünü için haftalık 10 adet üretileceği tahmin edilmektedir. İki ürün, kaynak departmanının haftada tahmini olarak 400 saatlik kapasitesini kullanacaklardır. Birinci, ikinci ve üçüncü haftalar için A ürünü için gelen siparişler 100, 0, 4 ve B ürünü için 10, 5, 2 olsun. Kaynak departmanının maksimum çalışabilme kapasitesi 450 saattir. Değerler Çizelge 5.15'deki gibi oluşur(Stevenson,1996).

Çizelge 5.15 Kaynak bölümünün kapasite planlaması (Stevenson,1996)

	Haftalar				
	4	5	6	7	8
Tahmin	400	400	400	400	400
Siparişler	400	75	40		
DSS	50	100	150	200	250
SG-DSS	50	375	410	450	450
Üretim	450	450	450	450	450

Bu tür bir yöntem, birçok ürünün bir tezgah veya departmanın kapasitesini kullandığı durumlarda çok kullanışlıdır. Darboğazların, durmaların ve diğer problemlerin ortaya çıkartılmasında etkili bir yöntemdir. Yapılması gereken sadece üretim miktarını veya mevcut kapasiteyi azaltarak sonuçları irdelemektir.

Modern ÜPK yöntemlerine göre firmanın veritabanının kopyasının yapılarak buradaki değerlerle deneme yanılma yöntemiyle alternatif senaryolar yaratılmalı ve bu senaryoların firmayı nasıl etkilediği gözlemlenmelidir.

5.4.3 Mamul Ağacının Oluşturulması

Ana üretim çizelgelemede, özellikle montaja üretim yapan firmalarda özel mamul ağaçları oluşturmanın çok çeşitli faydaları vardır. Bunlar çizelgelenecek parçaların sayısının azalması, envanter miktarının azalması ve müşteri taleplerine karşı sorumluluğun artmasıdır. Ancak, montaja üretim yapan firmalarda ürünlerin karmaşık yapıları ve çokluğu gereken mamul ağacı yapısını oluşturmayı zorlaştırmaktadır.

Binlerce parçası bulunan işletmelerde, birçok ürün kombinasyonunun oluşturulabildiği üretim yapılarında ortak kullanılan parçaların diğer ürüne özgü kullanılan parçalardan ayrılmaları zordur. Bunun için iki teknik geliştirilmiştir : matris mamul ağacı ve ortak komponent kullanımı analizidir.

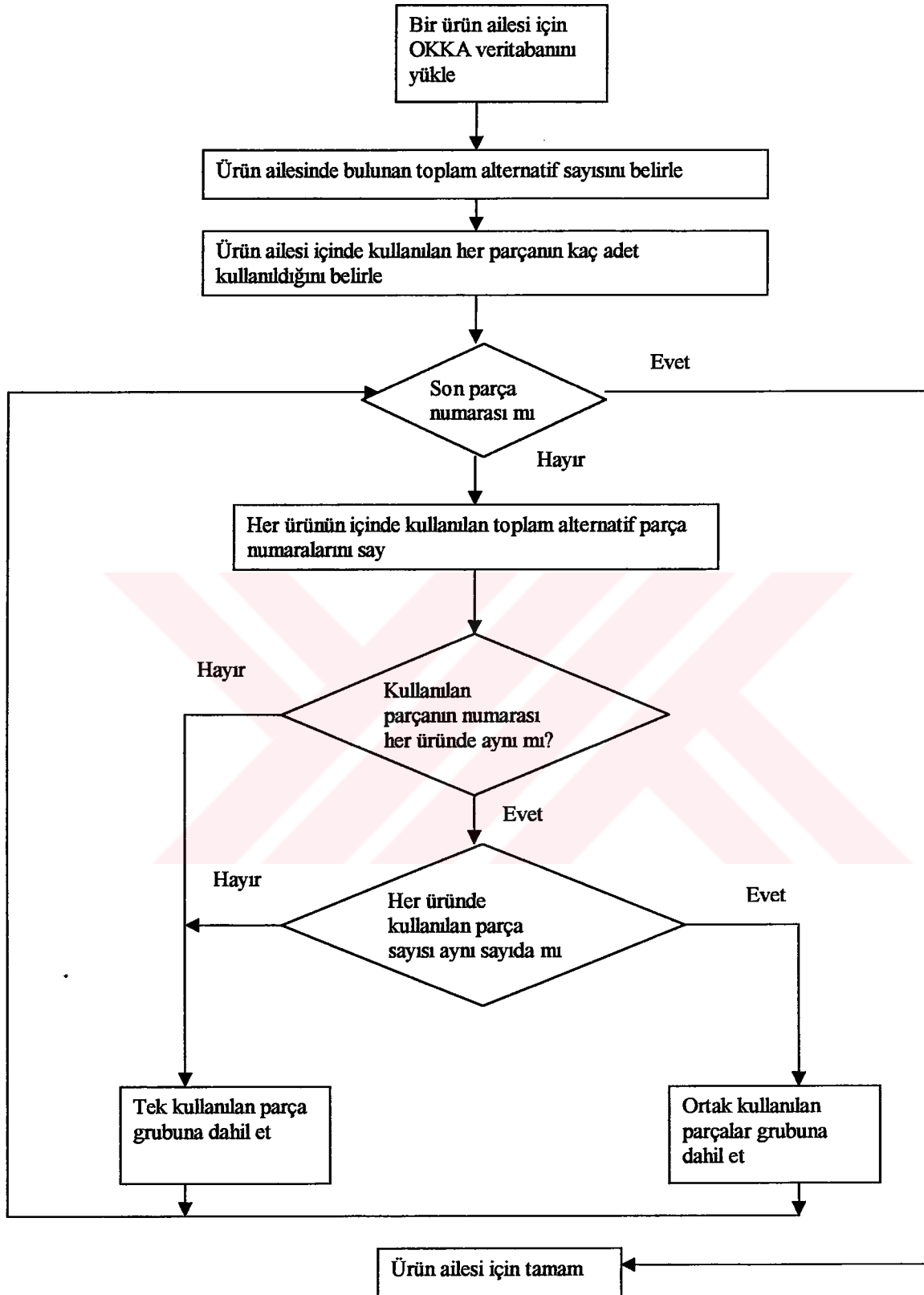
Matris mamul ağacı, ilk olarak Kneppelt(1984) tarafından tanımlanmıştır. Bu yapıda, elle veya bilgisayar ile oluşturulan tabloda her satırda hangi bileşenlerin hangi son üründe ne kadar kullanıldığı gösterilmektedir (Çizelge 5.16). Matris mamul ağaçlarına bakılarak hangi parçaların hangi ürünlerde kullanıldığı görülmektedir.

Çizelge 5.16 Matris mamul ağacı yapısı (Kneppelt,1984)

Numara	Parça Tanımı	MODELLER			
		SS-53- RM-C-Y	SS-53- TM-C-Y	SS-53- RM-T	SS-53- TM-T
FR-53-S	Gümüş Çerçeve(53CM)	1	1	1	1
FR-57-S	Gümüş Çerçeve(57CM)				
FR-60-S	Gümüş Çerçeve(60CM)				
SA-T-M	Gezi Selesi, Erkek		1		1
SA-T-W	Gezi Selesi,Kadın				
SA-R-M	Yanış Selesi (Erkek)	1		1	
SA-R-W	Yanış Selesi (Kadın)				
SE-01	Sele Derisi (25.8 MM)	1	1	1	1
WH-C	Tekerlek Seti (1.Tip)	1	1		
WH-T	Tekerlek Seti (2.Tip)			1	1
CR-01	Krank Seti	1	1	1	1
PD-01	Pedal Seti	1	1	1	1
De-01	Zincir	1	1	1	1
BK-01	Fren Seti	1	1	1	1
HD-01	Gidon Seti	1	1	1	1
TC-01	Ayak Bağlama Seti	1	1		

Hücreler incelenerek hangi bileşenlerin ürün ailesinde ortak kullanıldığı görülebilir. Örneğin Çizelge 5.16’da koltuk demirinin dört modelde de kullanıldığı görülmektedir. Ancak sele, her modelde kullanılmamaktadır. Sık kullanılan parçalar matristen çıkartılıp tek parça numarası altında kodlanırlar. Bu yaklaşımda ürün kombinasyonu arttıkça kolon sayısı artmakta ve karmaşık yapı oluşmaktadır.

Ortak komponent kullanım analizi yöntemi (OKKA) Berry vd. (1992) tarafından ilk kez ortaya konmuştur. Bilgisayarda çalışan veritabanı mamul ağacı kayıtları tutar. Matris mamul ağacı ile aynı mantıkta çalışır ancak elle yapılan yöntemle göre karmaşık parça yapılarını çok daha hızlı şekilde analiz eder. OKKA yaklaşımı dört aşamada çalışır. İlk aşamada OKKA yapısına göre parça yapıları bilgisayardaki veritabanına yüklenmek üzere dizayn edilir. İkinci olarak her ürün ailesi için veritabanı oluşturulur. Son olarak Şekil 5.4’deki OKKA mantığına göre veritabanındaki süreç işletilir ve ortak/ürüne özel kullanılan parçalar yaratılır.



Şekil 5.4 OKKA Süreci (Berry, vd 1992)

Bir malzeme taşıyıcıları üreticisinde OKKA uygulanmıştır. Bilgisayar kullanılarak yedi adet ürün ailesi için analiz gerçekleştirilmiştir. Ürün ailelerinde toplam 70.651 adet mamul ağacı bulunmaktadır. Bütün birimler mamul ağacı kademesi, birim maliyeti, tanımı, dışardan satın alınma/üretilmelerine göre sınıflandırılmışlardır. Toplam 20.000 adet parça birleştirilerek 240.000 adet kombinasyonda son ürün imal edilebilmektedir. OKKA analizi yedi ürün ailesinde ortak kullanılan parçaları tespit etmek için gerçekleştirilmiştir. Çizelge 5.17 analizi özetlemektedir.

Çizelge 5.17'deki değerler incelenecek olursa, A, ürün aileleri arasındaki satışların yüzdesel olarak ağırlıklarını göstermektedir. B kısmında satılan ürünlerin tasarım olarak ve de son ürün olarak kaç farklı kombinasyon oluşturdukları incelenmiştir. C kısımdaki ortak komponent kullanım analizine göre bir üründe kullanılan parçaların %76'sı ortaktır. E'de parçalar satın alınmalarına veya üretilmelerine göre sınıflandırılmışlardır. F kısmında ise AÜÇ'yi oluşturabilmek için izlenecek kayıt sayısı bulunmaktadır. Toplam 124 adet kayıt 4243 tek kullanılan 4139 ortak kullanılan parçanın AÜÇ'sini yönetmektedir. Şekil 5.5 A ürün ailesinin mamul ağacının detaylı açılımını göstermektedir. A ürün ailesi F'den J'ye kadar değişen ürün seçeneklerine sahiptir. Mamul ağacı bu parçaların satın alınan/üretilen ve de temin süreleri bilgilerini göstermektedir. Toplam 17 AÜÇ kaydı ve de 1 adet ortak kullanılan AÜÇ kaydı mamul ağacında yer almaktadır. Firma analiz bittikten sonra ortak kullanılan parçaların %76 gibi bir sonuç vermesi ve de bütün bu ürünleri az bir sayıda AÜÇ ile kayıtları ile yönetilmesi karşısında hayrete düşmüştür (Berry, vd., 1992)

Çizelge 5.17 Bir malzeme taşıyıcısı üreticisi için OKKA uygulaması (Berry, vd.1992)

A- Satış Verileri	Ürün Aileleri						
	A	B	C	D	E	F	G
Satışların yüzdesel dağılımı	30%	15%	10%	30%	5%	5%	5%
B- Son ürün konfigürasyonları							
Tasarlanan	24192	99	129024	24	168	15552	69984
Satılan	1200	63	14080	24	54	768	3456
C- Aile içinde 1 ürün için ortalama parça adetleri							
Ortak kullanılan	1034	813	919	462	486	357	248
Tek kullanılan	287	93	288	49	106	173	283
Toplam	1321	906	1207	511	592	530	531
Ortak kullanılanların yüzdesi	78%	90%	76%	90%	82%	67%	47%
D- Bütün ailede kullanılan parça sayısı							
Ortak kullanılan	1034	813	919	462	486	357	248
Tek kullanılan	786	577	895	121	293	523	1048
Toplam	1820	1390	1814	583	779	880	1296
Mamul Ağacı Kayıtları	9345	5968	11002	239	4591	16666	21840
E- Üretilen/Satın alınan							
Ortak kullanılan (satın alınan)	651	499	598	280	292	237	158
Ortak kullanılan(Üretilen)	383	314	321	182	194	120	90
Tek kullanılan(satın alınan)	455	329	453	57	194	284	663
Tek kullanılan(Üretilen)	331	248	442	64	99	239	385
F- AÜÇ kayıtları							
	18	11	27	10	10	22	26
							124

6. UYGULAMA

6.1 Yöntem

Bu bölümde dördüncü bölümde anlatılan toplu üretim planlamasına ait örnek uygulamalar verilmiştir. Daha önce toplu üretim planını yaparken optimum sonuçları sağlayabilmek için firma içerisinde matematik programlama hesaplamaları ile uğraşmanın güçlüğünden bahsedilmiş hem de bunu yapabilecek üst düzey bilgiye sahip personele ihtiyaç olduğuna değinilmişti. Bunun yerine her iş yerinde sıkça kullanılan bilgisayarda çizelgeleme yöntemlerine ve bu çizelgelerle birlikte kullanılabilen optimizasyon araçlarına başvurulmalıdır.

6.2 Optimizasyon Aracı

Piyasada özel programlar şeklinde satılan çok büyük güncel yaşam problemlerini modelleyebilen paket programlar bulunmaktadır. Bu çalışmada Microsoft Excel programının içinde bulunan Excel Solver optimizasyon aracına başvurulmuştur. Bu optimizasyon aracının avantajları aşağıdaki gibidir:

- Excel programı ile birlikte ayrı bir bedel ödmeden elde edilmektedir,
- Excel'in diğer menüleri gibi basitçe kullanılmaktadır,
- Lineer programlamaya ek olarak, tamsayılı ve lineer olmayan programlama örneklerini de çözebilmektedir.

Bazı dezavantajları da vardır:

- Normal solver 200 değişken ve 100 kısıt ile sınırlandırılmıştır. Premium versiyonunda 800 değişken ve sınırsız sayıda kısıt sınırlamaları vardır,
- Kısıtları yazarken, bunların sol tarafta matematiksel ifadelerle yazılmasına izin vermez. $B13+B14 \leq B15$ gibi,
- Premium solver'a göre daha yavaş çalışır,
- Çok fazla güvenilir değildir, optimum sonucun olduğu bazı durumlarda, optimum sonuca ulaşmayı başaramayabilir.

1995 senesinde yapılan bir incelemede 30 adet paket programda yapılan bir incelemede paket programların 0 ile 25000 dolar arası değiştiği görülmüş, çoğu programın 500 ile 10000 dolar arasında bulunduğu saptanmıştır. Çok pahalı olmayan bir paket program 2500 kısıt, 12500 değişken ve 64000 katsayılı bir problemi çözebilmektedir.

6.3 Bir Buzdolabı Firmasına Ait Optimum Toplu Üretim Planının Yaratılması

Bir buzdolabı üreticisi Çizelge 6.1’de gösterilen bir formdaki bilgilerle toplu üretim planını hazırlamaktadır. Bu planda sırasıyla şu bilgiler yer almaktadır:

- **Üretim planı bölümü** ; talep tahmini, aylık üretim adedi, müşteriye teslim edilecek miktar, ve aylık envanter miktarı.
- **İşgücü** ; aylık firma bünyesinde bulundurulacak işçi sayısı, işe alınan işçi adedi, işten çıkarılacak işçi adedi, aylık fazla mesai saatleri, aylık işgücü kapasitesi ve fabrikanın makina parkının üretebileceği maksimum kapasite yer almaktadır.
- **Maliyetler**; işe alma maliyeti, işten çıkarma maliyeti, envanter maliyeti.
- **İşgücü maliyeti**; normal üretim zamanı, fazla mesai zamanı.
- **Toplam maliyet**; oluşan maliyetlerin toplamı.

6.3.1 Firmanın Toplu Üretim Planına Başlamadan Önce Sahip Olduğu Veriler ve Bu Verilerle Excel Tablosunun Düzenlenmesi

Firma, önündeki plan dilimi için hesaplamalara başlamadan önce, bazı önemli bilgilere sahiptir ve bunların optimum sonucu bulmak için mutlaka bilinmesi veya öğrenilmesi şarttır. Bu bilgiler aşağıdaki gibidir:

- Firmanın pazarlama departmanı, talep tahmini tekniklerini kullanarak gelecek yıl satılması planlanan model x için ürün adetlerini Çizelge 6.2’nin 3 no’lu satırında Ocak ayı için 4400, Şubat için 4400, ..., Aralık için 5600 olarak vermiştir. Bu veriler tabloya yerleştirilir (Çizelge 6.2).

- Çizelgenin 5 no'lu satırında teslimat yer almaktadır. Bu, ilgili ayda müşteriye verilmesi istenen miktarı temsil etmektedir. Bu değerler *satış tahmini verilerinin (Çizelge 6.2, 3.satır) aynısı* olacaktır, çünkü firma yapacağı plana göre tüm siparişleri (planlanan talepte herhangi bir değişiklik olmazsa) karşılamak istemektedir.
- Ocak ayında planlamaya başlarken elde bulunan envanter 240 adettir. Daha sonraki dönemlerde ise $t \text{ ayındaki envanter miktarı} = t-1 \text{ ayındaki envanter miktarı} + t \text{ ayındaki üretim} - t \text{ ayındaki teslimat}$ olarak hesaplanır. Sadece ocak ayında bir önceki dönemden kalan envanter miktarının 240 olduğu bilindiği için formüllerde t-1 ayındaki envanter miktarı değeri yerine 240 yazılmıştır.
- Başlangıç ayı olan Ocak ayında, firmanın elinde hazırda 160 işçi bulunmaktadır (önceki planlama devresinin son ayından elde kalan). $t \text{ ayındaki işçi miktarı} = t-1 \text{ ayındaki işçi miktarı} + t \text{ ayında işe alınan işçi miktarı} - t \text{ ayında işten çıkarılan işçi miktarı}$ olarak hesaplanmaktadır (Çizelge 6.3, 9.satır).
- Bir işçi 1 ayda maksimum 40 parça imal edebilmektedir. Toplu üretim planında $t \text{ ayındaki aylık işgücü kapasitesi} = 40 \times (t \text{ ayında işte çalışan işçi sayısı} + t \text{ ayında fazla mesaide çalışan işçi sayısı})$ olarak hesaplanmaktadır.
- Fabrikanın üretimde kullanılan ve toplam çıktıyı yaratan tezgahları açısından kısıtı 13000 adettir ve bu, planlama dönemi boyunca yeni yatırım yapılmadığından dolayı aynı kalacaktır.
- Bir işçiyi işe alma maliyeti 1800 birim maliyet yaratmaktadır(buna işçilik ücreti dahil değildir, işçilik ücretleri normal mesai zamanı maliyetlerinde hesaplanmaktadır). Bu yüzden $\text{toplam işçi alma maliyeti} = 12 \text{ ay boyunca işe alınan toplam işçi sayısı} \times 1800$ olarak hesaplanmaktadır.
- Bir işçiyi işten çıkarma maliyeti 1200 birim maliyet yaratmaktadır (tazminat gideri vb). Bu yüzden 12 aylık peryotta $\text{toplam işçi çıkarma maliyeti} = 12 \text{ ay boyunca işten çıkarılan işçi sayısı} \times 1200$ olarak hesaplanmaktadır.
- Bir işçinin 1 aylık normal mesai gideri firmaya 2400 birimlik bir maliyet yüklemektedir. 12 aylık peryotta $\text{toplam normal mesai maliyeti} = 12 \text{ boyunca normal mesaide çalıştırılan işçi sayısı} \times 2400$ olarak hesaplanır.

- Fazla mesai maliyetinde 1 işçiyi 1 ay çalıştırmanın maliyeti 3300 birim maliyettir. *Toplam fazla mesai maliyeti = 12 boyunca fazla mesaide çalıştırılan işçi sayısı x 3300* olarak hesaplanmaktadır.
- Toplu üretim planının maliyeti, tablodaki maliyetler kısmında oluşan maliyetlerin toplamıdır.

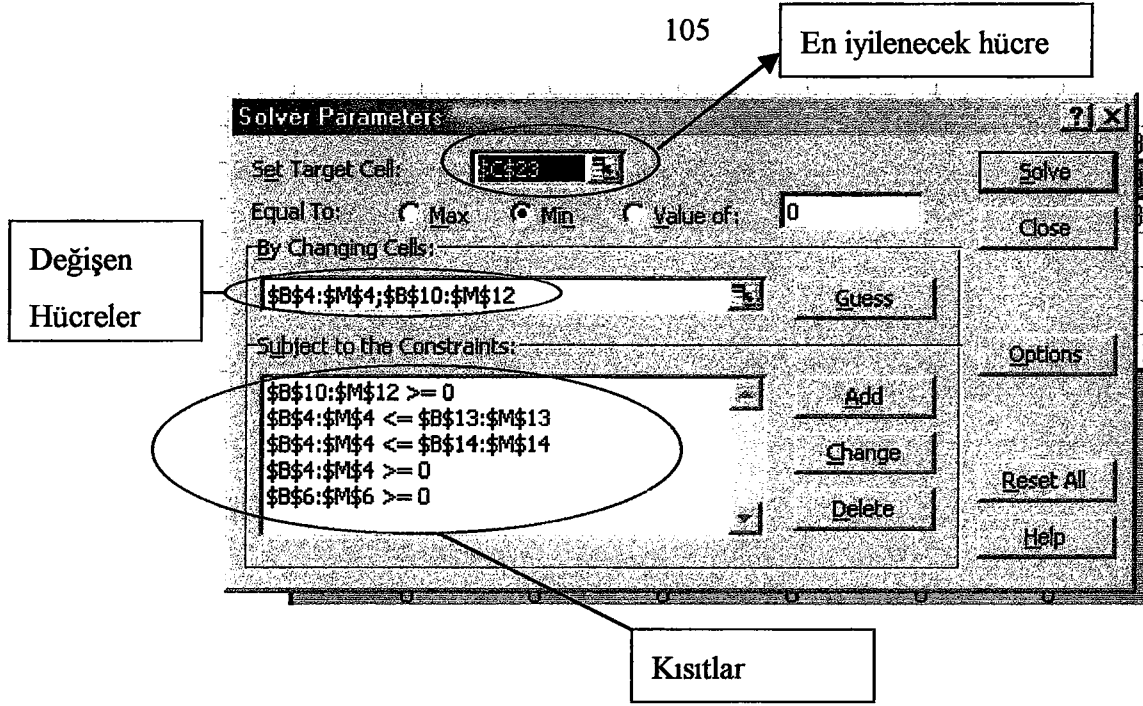
Bu veriler ve verilerin birbirleriyle olan ilişkileri Çizelge 6.3’de gösterildiği gibi Excel tablosu içinde formüle edilmiştir.

6.3.2 Firmanın Toplu Üretim Planı Yapmaktaki Amacı

Firma elindeki bu verilerle, aylık kaç adet x model ürün üretirse maliyetlerinin minimum olacağını merak etmektedir. Aylık üretim miktarlarını bulurken işe işçi alımı – işten işçi çıkarılması – işçilerin fazla mesaide çalıştırılmaları toplamda minimum maliyeti yaratacak şekilde esnek bir şekilde ayarlanmak istenmektedir. Bu strateji karma bir strateji olacaktır ve firma üretim seviyelerindeki değişikliklerin firmaya yükleyeceği maliyetleri göz ardı etmiştir. Firmanın öğrenmek istediği Çizelge 6.2 ve çizelge 6.3’de açık mavi ile işaretlenmiş olan alanlardır.

6.3.3 Solver Tablosu ve Optimizasyonun Çalıştırılması

Solver tablosundaki değerler Çizelge 6.3’deki gibi formüller girilerek oluşturulmuştur. Minimum yapılmaya çalışılan toplam maliyet, maliyet kalemlerinin toplamlarına eşittir. Maliyet kalemlerinin her biri mavi alanlarda bulunan değerlerle gene formüller aracılığıyla ilişkilendirilmiştir. Daha sonra Solver menüsünde aşağıdaki veriler gerekli yerlere şu şekilde girilir:



Şekil 6.1 Optimizasyon sırasında Solver menüsü

Min : Bir senelik planlama evresinin toplam maliyeti (Şekil 6.1, C23) gider olduğundan minimum yapılmak istenmektedir.

Set Target Cell: Hangi hücrenin istenen kritere göre (max, min, value of) en iyileneceğidir. Problemden toplam maliyet hedef hücredir (C23).

By Changing Cells: Çizelge 6.1 ve 6.2’de mavi renkle işaretlenmiş (B4:M4;B10:M12) , solver tarafından toplam maliyeti minimum yapacak şekilde hücrelere sayısal değer atanması istenen hücrelerdir.

Subject to the Constraints : Solver’a eklenen kısıtlar aşağıdaki gibidir:

B4:M4 >=0 ; Aylık üretim adetlerinin 0’dan büyük veya eşit olma kısıtı.

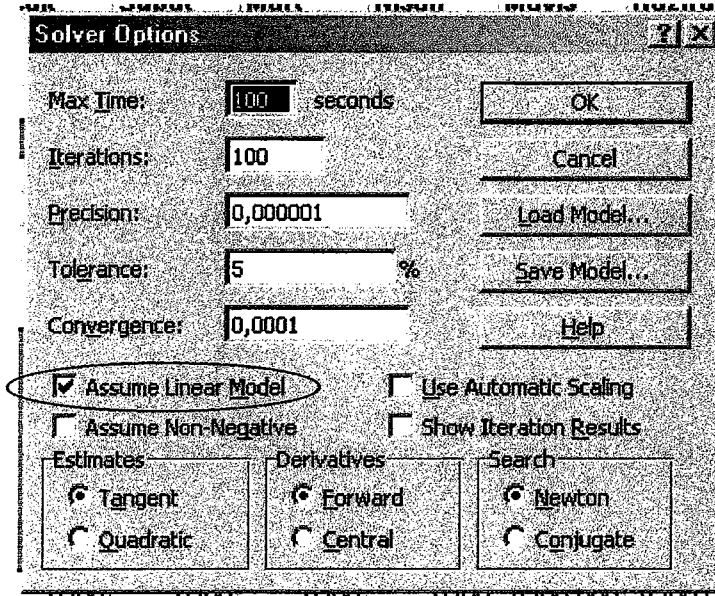
B6:M6 >= 0 ; Aylık envanter miktarının 0’dan büyük veya eşit olma kısıtı.

B10:M12 >=0 ; İşe alınan işçi, işten çıkarılan işçi, fazla mesai hücrelerinin 0’dan büyük veya eşit olma kısıtı.

B4:M4<= B13:M13 ; Aylık üretim adetlerinin aylık, aylık işgücü kullanımı kapasitesinden küçük olması kısıtı.

B4:M4<=B14:M14 ; Aylık üretim adetlerinin, aylık makine kullanım kapasitesinden küçük olması kısıtı.

Bu işlemler bittikten sonra problemin optimum sonucunun bulunabilmesi için Options seçeneklerinden Assume Linear Model seçeneğinin de işaretlenmesi gerekmektedir.



Şekil 6.2 Optimizasyon sırasında Solver-Options menüsünün görünümü

Bütün bu işlemlerden sonra Solver çalıştırılır ve 58 alternatif Tablodan sonra, program Çizelge 6.4'deki gibi değerleri ve raporlamaları sunar.

6.4 Sonuç

Sonuçta optimum çözüme 58 farklı tablo birbiri arasında karşılaştırıldıktan sonra ulaşılmıştır. Buna göre min maliyet 6221000 birim maliyet olacaktır. Üretim adetleri aşağıdaki gibidir:

Ocak-Nisan = 6400 ; Mayıs-Temmuz = 9453 ; Ağustos=11200; Eylül = 10800; Ekim = 7600; Kasım = 6000; Aralık = 5600 adet. Buna göre aylık envanter miktarları :

Ocak = 2240; Şubat = 4240 ; Mart = 4640; Nisan = 3040; Mayıs = 5893 ; Haziran = 3547 olmaktadır. Geri kalan aylarda talebin artmasıyla birlikte envanter sıfıra düşmektedir. Bir dahaki 12 aylık planın başlangıcında elde hiç envanter bulunmayacaktır.

Bu plan gerçekleştirilirken mayıs ayında işe 76 işçi alınmış, buna karşın Ekim ayında 46, Kasım ayında 40, Aralık ayında 10 işçi işten çıkartılmıştır. Bir dahaki 12 aylık planda elde 140 işçi kalacaktır. Ağustos ayında 44, Eylül ayında ise 34 işçi fazla mesai yapmıştır.

Bu programa göre oluşan maliyet seçeneği olabilecek en düşük maliyettir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Teknolojinin hızlı ilerleyişi, rekabeti yerel bazdan ulusal ve uluslararası ortama taşımaktadır. Bu koşullar altında rekabet gücünü korumak ve geliştirmek isteyen işletmelerin vizyon ve stratejilerini gözden geçirmeleri gerekmektedir. Yoğun rekabet, işletmeleri ürün/hizmet kalitelerini arttırmaya, pazara tepki hızlarını yükseltmeye ve bunu başarırken de maliyetlerini düşürmeye zorlamaktadır. Değişimlere hızlı ve ekonomik tepki verebilmek için, işletmenin tüm fonksiyon ve kaynaklarının daha önceden planlanması ve kullanımının denetim ve gözlem altında tutulması gerekmektedir.

Ulusal veya uluslararası platformda rekabet edebilmenin yollarından bir tanesi, firmaların sattıkları ürün veya hizmetin kalitesinden ödün vermeden maliyetlerini düşürebilmeleridir. Bu kapsamda üretim faaliyetlerinde oluşan maliyetler büyük paya sahiptir. Bu yüzden, üretim faaliyetlerinin planlı ve programlı yürütülmesi ve planlanan ile gerçekleşen değerler sık sık kontrol edilerek karşılaştırılmaları gerekmektedir.

Üretim planlama ve kontrol faaliyetleri çok genel anlamda üç ana fonksiyondan oluşur. Bunlar üretim planlamanın girdileri, bu girdileri alıp işleyen bir mekanizma ve bu mekanizmanın çalışması sonucunda elde edilen çıktılar veya raporlardır. Maliyetleri yükselten unsurlardan bir tanesi de üretim planlarının başlangıç aşamalarında (üretim planlama ve kontrolün girdileri oluşturulurken) yüksek hata payları ile çalışmak ve daha sonra üretim esnasında bunları çok sık değiştirmektir.

Üretim planının oluşmasında belki de en önemli girdi, firmaların planlama yapacakları döneme ait yaptıkları talep tahminleridir. Bütün planlar bu tahmin edilen talepleri karşılamaya yönelik yapılmaktadır. Başlangıç aşamasında bu tahminleri oluştururken az hata yapılması planları gerçeğe yaklaştıracak, firmayı planlar güncellendikten sonra üretimin akışında büyük değişiklikler yapmaya zorlamayacaktır. Talep tahmin değerleri genellikle firmaların pazarlama departmanlarında oluşturulur ve üretim planını yapanlara yollanır. Üretim planlamacıların görevi bu toplu (detaysız) gelen sonuçları mevcut kısıtlara göre en iyi sonucu veren program çerçevesinde detaylandırmak, rotaları oluşturmak, üretimi takip etmek ve planlanan ile gerçekleşen değerler arasında büyük farklar oluştuğunda ise bunların sebebini araştırmaktır; bu farkın nedeni genellikle pazarlama departmanının önündeki 6-18 ayı, değişken pazar özelliklerinden dolayı iyi analiz edememesidir.

Sözü edilen tahminler üretim planlama departmanına geldikten sonra planlama dönemine ait çeşitli üretim planı alternatifleri oluşturulması ve bu planlara göre oluşan değişik maliyetler birbiriyle karşılaştırılmalıdır. Üretim alanında milyonlarca değişken ve kısıt vardır. Bütün bunlar ele alınarak bir planın hazırlanması söz konusu olamaz. Bu yüzden toplu üretim planları hazırlanmalı ve bunların maliyetleri birbiriyle karşılaştırılmalıdır.

Günümüzde toplu üretim planının hazırlanmasında matematiksel yöntemler ile bilgisayar programları ve bu programlarla birlikte çalışan optimizasyon araçları kullanılmaktadır. Matematiksel yöntemlerin uygulanması hem çok karmaşık hem de zaman alıcıdır. Ayrıca bunları firmaya uygulayabilecek danışmanların bulunması gerekmektedir. Bilgisayar desteği ile çok kısa bir sürede, bu planlarda oluşabilecek minimum maliyet bulunmakta ve çeşitli üretim planı alternatifleri saniyeler içerisinde yaratılabilmektedir.

Gelişmekte olan ülkelerde pazar ve pazarın davranışları çok değişkendir ve anlık olarak değişebilmekte, firmaların bu değişime ayak uydurmaları gerekmektedir. Bu yüzden iyi bir üretim planı, güncellenebilmeli ve güncellendikten sonra da yeni planın uygulanmasında büyük maliyetler yaratmayacak türde olmalıdır.

Türkiye gibi gelişmekte olan ve ekonomik/pazar durumunun çok hızlı değiştiği bir ülkede planlar mutlaka esnek ve değişebilir yapılmalıdır. Bu planları bilgisayar ile optimize etmek firmanın maliyetlerini minimize edecek, orta vadeli işgücü, envanter, üretim seviyelerini gösterecek ve bütün bunları yaparken de zamandan tasarruf sağlayacaktır.

Sonuç olarak, yapılan uygulamada bu şekilde bir plan optimize edilerek 58 farklı tablo birbiriyle karşılaştırılmış ve en iyi sonuç bilgisayardaki optimizasyon aracı sayesinde 1 sn'den kısa bir sürede bulunmuştur. Ancak bu plan işgücü değişimi ve üretim seviyesini çok değişken yapabilmektedir. Firmaların, istekleri doğrultusunda planın formülasyonu hazırlanırken, ek kısıtlar yaratarak bu değerleri sabit hale getirmeleri veya olanaklarına bağlı olarak istedikleri başka kısıtları ortaya koymaları mümkündür.

KAYNAKLAR

Berry, W.L., (1992) , “ Product Structure Analysis for the Master Scheduling of Assemble-to-Order Products”, Internation Journal of Operations and Production Management 12, no 11

Browne, J.H. ve Shivnan , J.(1996), Production Management System, 2nd edition, Adison Wesley.

Chung.,C ve Krajewski L.J., (1985), “Planning Horizons for Master Production Scheduling”, Journal of Operations Management, August 1984.

Co, H.,(2000), Production Planning and Control, Lecture Notes, www.csupomona.edu/~hco

Dilworth, B.James,(1993), Production and Operations Management: Manufacturing and Services , McGraw-Hill Companies, Inc, Singapore

Emanet, Y., (1997), Üretim Kontrolü ve Planlaması ve Optimize Üretim Sistemi Analizi, İTÜ İşletme Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa İnan Kütüphanesi , İŞLE UZ 653.

Eren, T., (1997), Üretim Kaynakları Planlaması, İTÜ İşletme Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa İnan Kütüphanesi, İŞLE UZ 744.

Evans, R.James,(1997), Production/Operations Management, West Publishin Company, 5th edition, St Paul.

Gaither, N.,(1996), Production and Operations Management, Wadsworth Publishing Company Seven Edition, New York.

Giebels, M, (2000), EtoPlan; a concept for Concurrent Manufacturing and Control, Master Thesis, Netherland.

Hill, T.,(1991), Production/Operations Management; Test and Cases, Prentice-Hall

Kneppelt, R., (1984), “Product Structuring Considerations for Master Production Scheduling”, Prodcution and Inventory Management 25, no 1.

Kobu, B, (1996), Üretim Yönetimi, Dokuzuncu Baskı, İstanbul, Avcıol Basım-Yayın

Makridakis, S. ve Wheelright, S.,(1989), Forecasting Methods for Management. 5th edition, John Wiley & Sons, New York

Ohno, T ve Mito,S.,(1986), Just in Time for Today and Tomorrow, Productivity Press, Cambridge.

Porter, K. vd.,(1999), “Manufacturing classifications : relationship with production control systmes”, Integrated Manufacturing Systems 10/4, MCB University Press

Sari, John F.,(1982), “The Planning Bill of Material-All It’s Cracked Up to Be?” APICS 25 th Annual Conference Proocedings

Stevenson, J.William,(1996), Production/Operations Management, McGraw-Hill Boston.

Taylor, S.G. ve Bolander S.F., (1994), Process Flow Scheduling, APICS

Vollmann, vd., (1997), Production Planning and Control Systems, 2th.edition, Irwin- McGraw Hill, Boston

Vollmann, vd., (1997), Production Planning and Control Systems, 4th.edition, Irwin- McGraw Hill, Boston.

Wild, R.(1980), Production Operations Management, 2nd edition, Holt,Rinehart and Winston



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 24.03.1976

Doğum yeri İstanbul

Lise 1987-1994 Özel Saint Michel Fransız Lisesi

Lisans 1994-1998 Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak.
Endüstri Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 1998-2001 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enst.
End.Müh.Anabilim Dalı, End.Müh Programı

Çalıştığı Kurumlar

1999-Devam ediyor YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi

TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
BİLGİ YÖNETİMİ MERKEZİ