

T.C
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE ENDÜSTRİ İŞLETMECİLİĞİ PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENVANTER SORUNLARININ ÇÖZÜMÜNDE DİNAMİK PROGRAMLAMA
MODELİNİN UYGULANMASI

99764

Hazırlayan
ALİ ÖZDEMİR

99 744

Danışman
PROF.DR.SAİME ORAL

İZMİR
2000

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum "Envanter Sorunlarının Çözümünde Dinamik Programlama Modelinin Uygulanması " adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.



/../2000

Ali Özdemir

TUTANAK

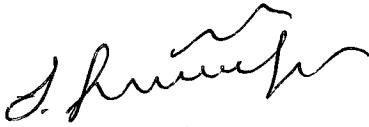
Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünün ...19.../08.../2000¹⁹⁹⁹
tarih ve ...15...sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisansüstü Öğretim
Yönetmeliği'nin ...9... maddesine göre İşletme Anabilim Dalı Üretim Yönetimi ve
Endüstri İşletmeciliği yüksek lisans öğrencisi Ali Özdemir'in "Envanter Sorunlarının
Çözümünde Dinamik Programlama Modelinin Uygulanması " konulu tezi
incelenmiş ve aday 29.../05/2000 tarihinde, saat 11:00'da jüri önünde tez savunmasına
alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra ...7.0...dakikalık
süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından jüri
üyelerince sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin
başarıyla...olduğuna oy ...birliği...ile karar verildi.

BAŞKAN



ÜYE



ÜYE



ÖZET

Firmaların topluma daha iyi hizmet vermeleri ve rekabet koşullarında ayakta kalabilmeleri için kar elde etmeleri zorunludur. Firmaların karı en yükseklemesi için, ellerindeki kaynakları etkin kullanmaları gerekir. Kaynakların etkin kullanımını sağlayarak optimum sonuçlara ulaşmak için sayısal yöntemlerle ilgili bir çok teknik kullanılabilir. Dinamik programlamada bu tekniklerden bir tanesidir. Dinamik programlama modeli ile bir çok işletme sorunu çözüme ulaştırabilir. Özellikle problemler daha az sayıda değişkenler içeren problemlere dönüştürebiliyor ise dinamik programlama uygulaması rahatlıkla yapılabilir. Dinamik programlama, uzun zamanı kısa zamanlara bölerek, optimal sonuçlara ulaştığı için dinamik karakterlidir. Bu yüzden dinamik programlama, işletmelerin önemli bir sorunu olan envanter kontrolünde kullanılabilecek bir modeldir.

Firmalar ileride üretimde kullanmak yada pazarlamak için ellerinde materyal, yarı işlenmiş ve tamamlanmış ürünler bulundurabilir. Son yıllarda tam zamanında üretim ve malzeme ihtiyaç planlaması gibi bir çok modern teknik envanter kontrolünde çok kullanılan yöntemler olarak göze çarpmaktadır. Firmalar envanterlerin doğuracağı ağır maliyetlerden kurtulmak için ya envanter bulundurmamayı yada en az miktarda envanter bulundurmayı istemektedirler. Diğer taraftan, ekonomik belirsizlikler ve kendini değişen talep durumuna hazır bulundurma gibi bir çok nedenden ötürü firmaların çoğu ellerinde envanter bulundurmaktadırlar.

Firmaların ellerinde bulundurdukları bu envanterler bir yerde stoklanmak zorundadır. Temel amaç, hangi koşullarda, ne miktarda ve nerede, ne zaman stoklanması gerektiğini belirleyebilmektir. Envanterleri en az maliyet, en az yıpranma ve en az yer kullanarak elde tutmak çok önemlidir. Envanter sorunu diye tanımlanabilecek olan bu sorunların çözümünde kullanılacak önemli tekniklerden bir tanesi de dinamik programlama modelidir. Yapılan araştırmalar dinamik programlama modelinin üretim-envanter planını belirlemede çok önemli bir model olduğunu ortaya koymaktadır.

ABSTRACT

Companies have to make a profit in order to serve society better and to survive fiercely competitive conditions. They need to use their resources efficiently to maximise their profits. A great number of techniques related to operations research can be employed to reach optimum results through using resources efficiently. Dynamic programming is one of these techniques and many company related problems can be solved by using it. Dynamic programming can be applied if the problems can be changed into ones including fewer variables. Dynamic programming has dynamic characteristic since it reaches optimum results by breaking down the long term into short terms. Therefore, dynamic programming is a model that can be used in inventory control which is an important problem for companies.

Companies keep materials, unfinished and finished products in their inventories to be used in production or to sell them in the future. There are a great number of techniques such as Just-in-Time (JIT) and Material Requirement Planning (MRP). Companies want to either not keep inventories or to keep less inventories in order to escape heavy inventory cost. On the other hand, many companies keep inventories for reasons such as economic instability and being ready for changing demand conditions.

The inventories kept by the companies must be stored somewhere. The main purpose is to determine under which conditions, how much, where and when they need to be stored. It is important to keep inventories with less cost and deprivation, and using less space. Dynamic programming is one of the important techniques to be used to solve the problems which can be defined as inventory problems. Conducted research has identified that dynamic programming is a very important model in determining the production inventory plan.

ÖNSÖZ

Firmalar, ekonomik hayatın içinde ayakta kalabilmek için karşılaştıkları sorunlara ilişkin kararlar almak zorundadırlar. Alınan bu kararların doğruluğu firmaların temel amacı olan, kar elde edebilme ve varlığını sürdürebilmenin yanında, uluslararası rekabet ortamlarında mücadele edebilmeleri açısından da önemlidir. Firmaların bu sorunları aşabilmeleri için karar almaya ilişkin Yöneylem Araştırması modellerini kullanmaları gerekir. Sezgisel kararlar alabilmek 2000’li yıllarda etkin sonuçları almakta yetersiz kalmaktadır. Yöneylem Araştırması Modellerinin karar almada önemi süreç içerisinde ortaya çıkmaktadır. Bu süreçte firmanın en temel amacı, eldeki kaynakları etkin kullanmaktır. Kaynakların etkin kullanımını sağlayarak optimum sonuçlara ulaşmak için Yöneylem Araştırması ilgili bir çok teknik kullanılabilir. Bu teknikler, soruna göre, zamana göre, mekana göre değişiklik gösterebilir.

2000’li yıllarda, girdileri sağlamak, işlem sürecini etkinleştirmenin yanında en kaliteli çıktıyı elde etmek ve müşteriye ulaştırmak global ekonomilerde ayakta kalmak isteyen firmalar için kaçınılmaz bir durumu oluşturur. Bunu sağlamanın en temel yollarından bir tanesi, üretilen ürünleri zamanında müşteriye ulaştırmak ve hatasız ürünleri üretmek, bu ürünlerin stoklarda yıpranmalarını engellemek ve en kısa sürede stokta tutmak, olası ise ürettiği anda müşteriye ulaştırmaktır. Günümüz koşullarında bu tam zamanında üretim işlemi olası olsa da, bir çok firma kendini gelişen koşullara hazır bulundurmak için elinde envanter bulundurmak ister

“Envanter sorunlarının çözümünde dinamik programlama modelinin uygulanması” adlı bu araştırmada ülkemizde hala önemli bir sorun olan üretim-envanter planının optimal düzeyinin nasıl olması gerektiği incelenmektedir. Bu incelemede ilk önce, işletmelerin global rekabet ortamında amaçlarına ulaşmada kullandıkları materyaller ve bu materyallerin planlanması, organizasyonu ve kontrolü ile ilgili olarak materyal yönetimi incelenmektedir. Materyal yönetimi satın alma ve envanter kontrolü (stok kontrolü) çerçevesinde ele alınmıştır. Envanter kontrolü ve envanter kontrolü modelleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Daha sonraki bölümde, dinamik programlama modeli üzerinde durulmaktadır. Dinamik programlamanın kuramsal çerçevesi ve uygulama alanları üzerinde durulmuştur. Üçüncü bölümde, üretim-envanter planı için

dinamik programlamaya ilişkin model belirlenmiş ve örnek sorunlarla model açıklanmıştır. En son bölümde de, incelemelerin ışığında, boya sektöründe bu yöntemin uygulaması yapılmıştır.

Yüksek lisans tezine yönelik çalışmalarımın yürütülmesinde her zaman teşviklerini ve desteklerini yakından gördüğüm değerli hocalarım Prof.Dr. Muammer DOĞAN, Prof.Dr. Saime ORAL, Prof.Dr. Şevkinaz GÜMÜŞOĞLU ve Yrd.Doç.Dr. Haluk KÖKSAL'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmalarım sırasında, uzakta da olsa, önerileri ile yol gösteren ve destekleyen değerli hocam Prof.Dr. Dr. M. Hulusi Demir'e teşekkürlerimi sunmayı yerine getirilmesi gereken bir borç bilirim. Çalışmam sırasında desteklerini hep yanımda hissettiğim, Arş.Gör. Yılmaz GÖKŞEN'e, Arş.Gör. Onur Özveri'ye, Arş.Gör. Göktuğ Cenk AKKAYA'ya ve Arş.Gör. Sabri ERDEM'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın temel amacı, bilimsel ve kuramsal olarak envanter kontrolü ve dinamik programlamayı inceledikten sonra teoride ve uygulamada envanter sorunlarının çözümünde dinamik programlamanın uygulanabilirliğini ortaya çıkarmaktır. Bu açıdan, yaptığım araştırmanın, gerek bilimsel açıdan gerekse uygulama firması ve diğer firmalar için, yararlı olacağını ümit ederim.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ÇİZİM LİSTESİ	IV.
ÇİZELGE LİSTESİ	V.
GİRİŞ	VII.

BİRİNCİ BÖLÜM ENVANTER KONTROLÜ

I.1. MATERYAL YÖNETİMİ	1
I.1.1.SATIN ALMA	2
I.1.2.MALZEME İHTİYAÇ PLANLAMASI (MRP)	4
I.1.2.1. MRP VE BAĞIMLI İSTEM	6
I.1.3. TAM ZAMANINDA ÜRETİM	7
I.1.13.1.TAM ZAMANINDA ÜRETİMİN DAYANDIĞI PRENSİPLER	8
I.2. ENVANTER KONTROLÜ	9
I.2.1. ENVANTER KONTROLÜNÜN AMACI	13
I.2.2 ENVANTER KONTROLÜNÜN İŞLETME EKONOMİSİNDEKİ YERİ VE ÖNEMİ	14
I.2.3. ENVANTER BİÇİMLERİ VE İŞLEVLERİ	15
I.2.4. ENVANTER MALİYETLERİ	16
I.3. ENVANTER KONTROL YÖNTEMLERİ VE MODELLERİ	18
I.3.1. ENVANTER KONTROL YÖNTEMLERİ	18
I.3.2. ENVANTER KONTROL MODELLERİ(EKONOMİK SİPARİŞ NİCELİĞİ)	21

I.4. OLASILIKLI (STOKASTİK) ENVANTER MODELLERİ	27
I.4.1. SABİT SİPARİŞ ARALIKLI SİSTEM VEYA P SİSTEMİ	28
I.4.2. SABİT SİPARİŞ MİKTARLI SİSTEM VEYA Q SİSTEMİ	29
I.4.3. P VE Q SİSTEMLERİNİN PRATİKTE KULLANIMI	30
I.5. ENVANTER KONTROLÜNDE KULLANILAN MODERN TEKNİKLER	31
I.5.1. MRP SİSTEMİNİN ENVANTER KONTROLÜNDE UYGULANMASI	33
I.5.2. TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMİNİN ENVANTER KONTROLÜNDE UYGULANMASI	34
I.5.3. KANBAN YÖNTEMİNİN ENVANTER KONTROLÜNDE UYGULANMASI	35

İKİNCİ BÖLÜM

DİNAMİK PROGRAMLAMA

II. DİNAMİK PROGRAMLAMANIN GENEL YAPISI	38
II.1. DİNAMİK PROGRAMLAMANIN TEMEL KAVRAMLARI	44
II.1.1 En Kısa Yol Problemi	44
II.1.2 En Kısa Yol Probleminin Ağ Gösterimi	46
II.1.3 En Kısa Yol Probleminin Çözümü	49
II.1.4. En Kısa Yol Problemine Seçenek Çözüm Yaklaşımları	55
II.2. DİNAMİK PROGRAMLAMA PROBLEMLERİNİN ÖZELLİKLERİ	58
II.3. DETERMİNİSTİK DİNAMİK PROGRAMLAMA	60
II.3.1. Yatırım Problemi	62
II.3.2. Üretim Problemi (Minimizasyon)	64
II.4. STOKASTİK- OLASILIKLI DİNAMİK PROGRAMLAMA	67
II.4.1. Hammadde Satın Alınması Örneği	69
II.5. DİNAMİK PROGRAMLAMANIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI	72

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
ENVANTER KONTROLÜ ALANINDA DİNAMİK PROGRAMLAMA

III. ENVANTER KONTROLÜ VE DİNAMİK PROGRAMLAMA	75
---	----

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ÜRETİM-ENVANTER DÜZEYİNİN BELİRLENMESİNDE DİNAMİK
PROGRAMLAMA MODELİNİN DYOSAD A.Ş.'DE ASTAR ÜRÜN GRUBUNA
UYGULANMASI

IV. DYOSAD A.Ş.'NİN GENEL YAPISI	93
IV.1. Dyosad A.Ş.'de Çok Aşamalı Üretim –Envanter Uygulaması	94
IV.1.2. Dyosad A.Ş.'de Astar Ürün Grubunun Üretim –Envanter Planının Dinamik programlama ile belirlenmesi	95
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	113
KAYNAKÇA	
EK: DYOSAD A.Ş. ASTAR ÜRÜN GRUBUNUA İLİŞKİN AYLIK SİPARİŞ VERİLERİ	

ÇİZİM LİSTESİ

Çizim I.1. Materyal Yönetiminin Temel Elemanları	2
Çizim I.2. MRP Sisteminin Ana Yapısı	6
Çizim I.3. Bir Üretim İşletmesinde Kümülatif Üretim ve Satışların Değişmesi	10
Çizim I.4. Envanter Modelinin Genel Yapısı	18
Çizim I.5. Tipik Bir ABC Modeli	21
Çizim I.6. En İyi Sipariş Niceliğinin Bulunuşu	25
Çizim II.1. En Kısa Yol Problemi	46
Çizim II.2. Şehirlerin Durum ve Aşama Numaraları İle Gösterildiği En Kısa Yol Problemi	47
Çizim II.3. Şehirlerin Numaralar İle Gösterildiği En Kısa Yol Problemi	50
Çizim II.4. En Kısa Yol Probleminin Grafikselsel Ağ Analizi	56
Çizim II.5. En Kısa Yol Probleminin Karar Ağacı Analizi	57
Çizim II.6. Deterministik Dinamik Programlamanın Genel Yapısı	61
Çizim II.7. Örnek II.2.'nin Şematik Gösterimi	62
Çizim II.8. Olasılıklı Dinamik Programlamaya İlişkin Temel Yapı	68
Çizim III.1. n. Aşamada Envanter Sistemi	79
Çizim III.2. Örnek III.1. İçin Geriye Doğru Aşamalar	81
Çizim III.3. Örnek III.2. İçin Geriye Doğru Aşamalar	89
Çizim IV.1. Geriye Doğru Üretim Envanter Süreci Aşamaları	97

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge II.1. En Kısa Yol problemi: Tüm Hesapların Gösterimi	52
Çizelge II.2. En Kısa Yol Problemi Sorunu $n=1$ İçin Hesaplamalar	53
Çizelge II.3. En Kısa Yol Problemi Sorunu $n=2$ İçin Hesaplamalar	53
Çizelge II.4. En Kısa Yol Problemi Sorunu $n=1$ İçin Hesaplamalar	54
Çizelge II.5. Örnek II.2. $n=1$ İçin Hesaplamalar	63
Çizelge II.6. Örnek II.2. $n=2$ İçin Hesaplamalar	64
Çizelge II.7. Örnek II.2. $n=3$ İçin Hesaplamalar	64
Çizelge II.8. Üretim Problemindeki Makinelere İlişkin Üretim Maliyetleri	65
Çizelge II.9. Üretim Problemi. $n=1$ İçin Hesaplamalar	65
Çizelge II.10. Üretim Problemi. $n=2$ İçin Hesaplamalar	66
Çizelge II.11. Üretim Problemi. $n=3$ İçin Hesaplamalar	66
Çizelge II.12. Satın Alma Problemi, Fiyatlar ve Gerçekleşme Olasılıkları	70
Çizelge III.1. Örnek III.1. $n=1$ İçin Hesaplamalar	83
Çizelge III.2. Örnek III.1. $n=2$ İçin Hesaplamalar	84
Çizelge III.3. Örnek III.1. $n=3$ İçin Hesaplamalar	86
Çizelge III.4. Örnek III.1. $n=4$ İçin Hesaplamalar	86
Çizelge III.5. Örnek III.1. İçin Optimum Üretim-Envanter Planı	87
Çizelge III.6. Örnek III.2. İçin Üretim Miktarı ve Üretim Maliyetleri	88
Çizelge III.7. Örnek III.2. $n=1$ İçin Hesaplamalar	89
Çizelge III.8. Örnek III.2. $n=2$ İçin Hesaplamalar	90
Çizelge III.9. Örnek III.2. $n=3$ İçin Hesaplamalar	91
Çizelge III.10. Örnek III.2. İçin Optimum Üretim-Envanter Planı	92
Çizelge IV.1. Astar Ürününün Aylara Göre İstem Miktarı	95
Çizelge IV.2. Astar Ürününün Üretim Maliyetleri	96
Çizelge IV.3. Uygulama $n=1$ İçin Hesaplamalar	98

Çizelge IV.4. Uygulama $n=2$ İçin Hesaplamalar	99
Çizelge IV.5. Uygulama $n=3$ İçin Hesaplamalar	100
Çizelge IV.6. Uygulama $n=4$ İçin Hesaplamalar	101
Çizelge IV.7. Uygulama $n=5$ İçin Hesaplamalar	102
Çizelge IV.8. Uygulama $n=6$ İçin Hesaplamalar	103
Çizelge IV.9. Uygulama $n=7$ İçin Hesaplamalar	104
Çizelge IV.10. Uygulama $n=8$ İçin Hesaplamalar	105
Çizelge IV.11. Uygulama $n=9$ İçin Hesaplamalar	106
Çizelge IV.12. Uygulama $n=10$ İçin Hesaplamalar	107
Çizelge IV.13. Uygulama $n=11$ İçin Hesaplamalar	108
Çizelge IV.14. Uygulama $n=12$ İçin Hesaplamalar	109
Çizelge IV.15. Astar ürünü için firmanın bulduğu optimum üretim envanter planı	110
Çizelge IV.16 Astar ürünü için dinamik programlama modeli ile bulunan optimum üretim envanter planı	111

GİRİŞ

Son yıllarda, envanter kontrolü üzerine bir çok çalışma yapılmıştır. Özellikle Yöneylem araştırmasının gelişmesi ile birlikte envanter kontrolü sorununun çözümüne yönelik çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Çok sayıda ürünün farklı işlemlerden geçerek üretildiği işletmelerde, hammadde, yarı işlenmiş ve işlenmiş mamullerin optimum miktarının ne olacağına ilişkin olarak bu yöntemler kullanılmıştır. Firmalar artık öngörülere göre değil, gereksinime göre üretimlerini başlatmaktadırlar. Dolayısı ile hammaddeler gerektiği anda işletmeye ulaşmakta ve böylece sıfır stok veya çok düşük stok düzeyi ile çalışılmaktadır. Bu düşünüşle firmalar isteme göre üretim yaptıkları için üretilen ürünler istem sahiplerine hemen ulaştırılacağından, envanter kontrolü sorunu çok önemli bir sorun olmaktan çıkmaktadır. Ancak bir çok firma çeşitli nedenlerle ellerinde envanter bulundurmamak istemektedirler. Elinde envanter bulunduran firmalar açısından, envanter maliyetlerinin yüksekliği nedeni ile etkili bir envanter kontrolü modeli kullanmak çok önemli olmaktadır.

Envanter kontrolünde kullanılan yöneylem araştırması tekniklerinden dinamik programlama, optimal sonuçlara ulaşmada önemli bir modeldir. Dinamik programlama bir optimumlaştırma yöntemidir. Bu yöntemde bir ölçüte bakılarak optimal karara ulaşıldıktan sonra, önceki kararın benimsenilmesine göre, bir sonraki karar için optimallik araştırması yapılır. Dinamik programlama, problemleri aşamalara bölerek çözen bir modeldir. Böyle aşamalara bölünen süreçlerin her aşamasında alınan kararlar öyle olmalıdır ki, her kararın olumlu veya olumsuz sonucu tüm süreç için optimal sonuca ulaşmada etkili olabilsin. Yani ilk verilen karar ne olursa olsun, izleyen kararlar optimal olmalıdır.

Bu çalışmanın amacı envanter kontrolü yöntemi olarak dinamik programlama modelini kullanmaktır. Çalışma, envanter kontrolünde uygulamaya ışık tutacak biçimde hazırlanmış ve hazırlamada gerçek endüstri ve ticari işletmelerin problemlerinin bu model ile çözülebilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma, dört ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, “Envanter Kontrolü” incelenmiştir. Envanter kontrolü materyal yönetiminin satın alma ve stoklama fonksiyonları çerçevesinde ele alınmıştır. Öncelikle, satın alma durumunda ortaya çıkan materyal hareketleri ve envanterler ile süreç içerisinde ve üretim süreci sonrası oluşan envanterler ve envanter kontrolü modelleri tanıtılmıştır. Daha sonra konuya ilişkin terminoloji ve matematiksel ifadeler belirtildikten sonra, envanter kontrolü model ve yöntemleri üzerinde durulmuştur “Dinamik Programlama” adını taşıyan ikinci bölümde, önce konunun genel olarak açıklaması yapılmış, sonra çeşitli örnekler aracılığıyla konu uygulama açısından ele alınmıştır. Üçüncü bölümde, dinamik programlama modeli oluşturulmuş, iki farklı envanter sorunu örneği, açıklanan dinamik programlama modeli ile çözülmüştür. Son ve dördüncü bölümde, boya sektöründe tanınmış bir firmanın Astar ürün grubuna ilişkin envanter sorunu dinamik programlama tekniği ile çözülmüştür. Uygulama firması tanıtıldıktan sonra, firmanın mevcut üretim envanter politikası belirtilmiştir. Firma verilerine dayanılarak üçüncü bölümde envanter sorunları için oluşturulan dinamik programlama modeli için gerekli veriler ve kısıtlar belirlenmiştir. Sonra bu veriler, firma kısıtları da göz önünde tutularak modele yerleştirilmiştir. Sonuçta, elde edilen uygulama sonuçları ve firmanın belirlediği plan kıyaslanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENVANTER KONTROLÜ

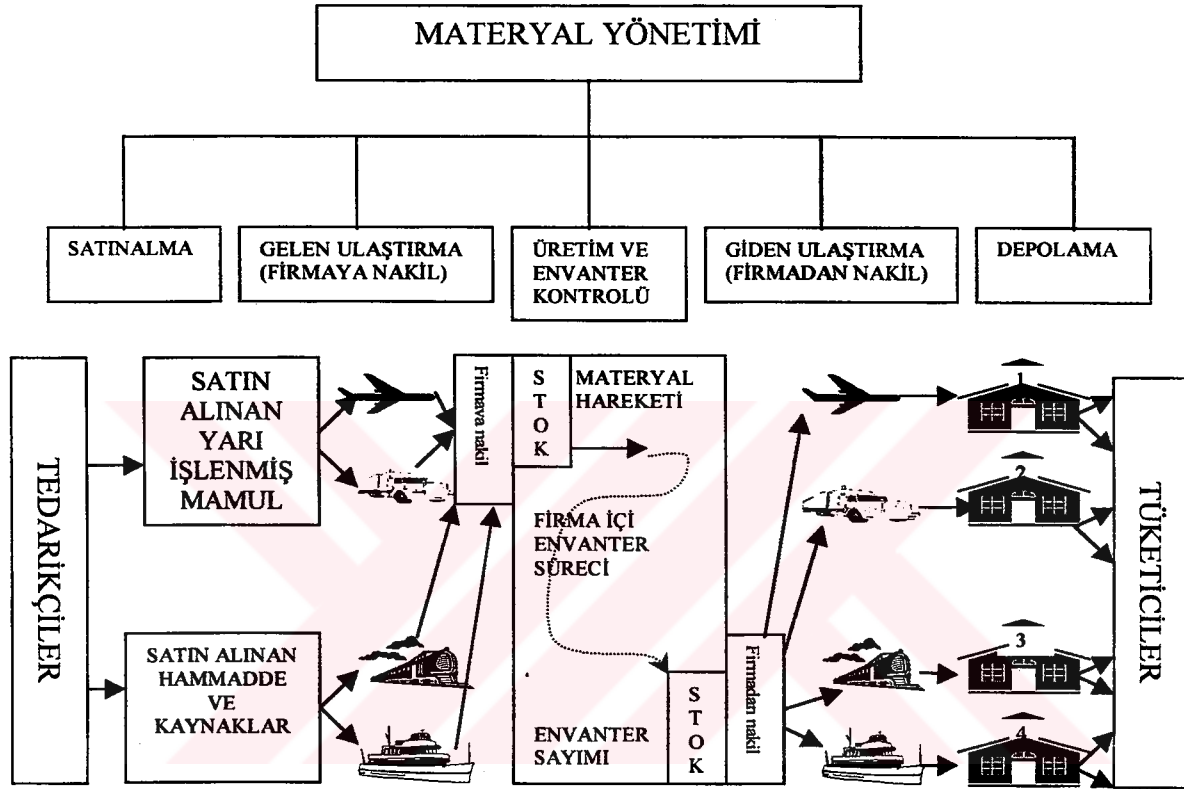
1.1 MATERİYAL YÖNETİMİ

Günümüzde müşteri gereksinimlerini rekabet koşulları çerçevesinde karşılayabilmek için materyal yönetimi önemle artan bir konu olarak gündeme gelmiştir. Yüksek kaliteyi minimum maliyetle ve en kısa sürede müşteriye sunmayı hedefleyen firmaların malzemeyi akılcı biçimde sağlaması ve kullanması gerekmektedir. Bu nedenle firmalar belirli yetenekteki tedarikçilerle çalışmak, ve işletme içi birimleri etkin koordine etmek, ve müşteriye ulaşmak gibi çeşitli yönetim faaliyetlerini yerine getiriler. Öyleyse materyal yönetimi, materyalin akışının planlanması, organizasyonu ve kontrolüdür (Demir, Gümüsoğlu, 1998:527).

Materyaller, bir mamul yada hizmet üretmede kullanılan hammadde, yarı işlenmiş mamul, mamul ve kaynaklardır. Materyallerin çoğu bitmiş ürün haline dönüştürülür fakat kaynaklar sadece günlük işlerde tüketilir. Materyaller direkt maliyet olarak ele alınırken, kaynaklar sabit maliyetler olarak sınıflandırılır. Materyallerin hem üretim-pazarlama, hem de hizmet işletmelerinde kullanılması zorunludur. Her işletmenin temel amacı müşteri ihtiyaçlarını rekabet koşulları altında hem kendisi için hem de müşteri için en avantajlı olacak şekilde karşılamaktır. Dolayısı ile işletmeler en az girdi ile en kısa sürede ve tam zamanında müşterinin alabileceği en az maliyetle ve en yüksek kalite ile hizmet yada ürün üretmelidir. Bu noktada materyal yönetiminin önemi daha fazla ortaya çıkmaktadır. Müşterilere en iyi kalitede, en düşük maliyetli ve tam zamanında ürün sunmayı hedefleyen firmaların her şeyden evvel materyalin alınmasına, işlenmesine ve kullanılmasına özen göstermeleri gerekmektedir.

Firmaların materyallerini etkin kullanabilmeleri için tedarikçilerden, işletme içi birimlerine ve dağıtım kanallarına kadar iyi bir koordinasyon ve yönetim sistemi sağlaması gerekmektedir. Diğer bir deyişle etkin bir materyal yönetimi günümüz müşteri gereksinimlerini karşılamada önemli bir sorun olmaktadır. O halde materyal yönetimi; “materyallerin başlangıçta satın alınıp, işlemler sürecine sokulmasından,

tamamlanmış ürünlerin dağıtımına kadar akışının planlanması, organizasyonu ve kontrolüdür (Monks, 1987:358). Materyal yönetiminin temel ilgi alanları, (1). Satın alma, (2). Ulaştırma, (3). Üretim ve envanter kontrolü, (4). Depolama ve dağıtım olarak Çizim I.1.'de gösterilmiştir.



Çizim I.1. Materyal Yönetiminin Temel Elemanları (Monks, 1987:358).

I.1.1. Satın Alma

Satın alma, bazı materyallerin ve hizmetin belirli bir fon karşılığı ile sağlanmasıdır (Davis, 1999:368). Satın alma firmaların amaçlarını gerçekleştirecek üretim faaliyetleri için gerekli olan materyallerin tedarik edilmesiyle ilgili faaliyetlerden oluşur. Satın alma faaliyetinin gerçekleşebilmesi için üretimde gereksinim duyulan materyalleri sağlayan tedarikçilere ihtiyaç vardır. Satın alma bir çok işletmenin parasal harcamalarında önemli bir yer tutarken bir çoğunda da yok sayılmayacak kadar önemli

bir harcama kalemini oluşturur. Dolayısı ile satın alma ve tedarik fonksiyonları için şletmelerde ayrı bir m¼d¼rl¼k kurulmalı veya tepe y¼neticilerin altında bir sorumluya g¼rev verilmelidir. Merkezileşmiş bir satın alma biriminde daha hızlı hareket edebilme, pazarlık edebilme, standartlara uygun alım yapabilme gibi şlemlerde gelişmeler g¼r¼l¼r. Satın alma faaliyeti bir satın alma departmanın değil de, her departmanın kendi sorumluluğuna verilmesinin, tedarikçilere daha yakın olma, esneklik ve sorumluluğun departmana y¼klenmesi gibi avantajları vardır. Ancak satın almanın sadece belirli bir satın alma ve tedarik departmanı tarafından gerçekteşmesi bir çok koşulda daha avantajlı g¼r¼lmektedir.

Satın alma faaliyetleri ile ilgili b¼l¼m veya sorumlularına, m¼řteri gereksinimlerini rekabet koşulları çerçevesinde en kısa s¼rede, en az maliyetle ve en y¼ksek kalitede sağlamak için önemli g¼revler d¼řmektedir. Satın alma sorumlularına d¼řen g¼revler şunlardır:

- i. Firmanın faaliyetlerini gerçekteşireceği materyallerin ne olduğunu tam olarak belirlemek,
- ii. Materyallerin sağlanacağı tedarikçileri bulmak,
- iii. Tedarikçilerin, kapasite, satış ve kredi şartları, ödeme ve değiştirme koşulları, dağıtım ve teslim şekilleri, piyasadaki prestijleri hakkında bilgiler toplamak,
- iv. Satın alınacak materyaller için gerekli olan fon kaynaklarını araştırmak,
- v. En az maliyetle en y¼ksek kalitede materyal satın almak,
- vi. Satın alınan malların zamanında ve eksiksiz firmaya ulaşmasını sağlamak,
- vii. Depoya g¼nderilen materyallerin kayıtlarını izlemek ve yetkililere ulaştırmak,
- viii. Yeni pazarlar ve materyaller araştırmak,
- ix. Piyasadaki gelişmelerle ilgili olarak tedarikçilerle, firma içi b¼l¼mlerle ve ¼st y¼netimle etkin bir iletişim ağı kurmak,
- x. Piyasadaki materyal fiyatlarındaki değişmeler izlemek ve ¼st y¼netime materyal fiyatı ve maliyeti hakkında bilgi vermek.

Satın alma ve tedarik faaliyetlerinde ayrı düşünölemeyecek diğör bir unsur, satın alınan materyallerin nakli ile ilgili **ulaştırma** faaliyetlerdir. Nakil ve sevkıyat faaliyetleri satın almadan daha basittir. Nakil işlemleri ile satın alınan malların istenilen miktarda ve istenilen zamanda en az yıpranma ile firmaya ulaştırılması amaçlanmaktadır. Genellikle satın alınan materyallerin nakil işlemlerini satıcı firmalar üstlenmektedirler. Satıcı firmalar bu işlevi üstlenmiş bile olsalar yine de, materyallerin firmaya zamanında ve eksiksiz ulaşması için etkin bir kontrol yöntemi oluşturulmalıdır (Kobu, 1996:290).

Firmalar satın alma faaliyetlerinde kendilerine yardımcı olacak bir takım analizleri kullanırlar. ABC analizi, Değör analizi, Satın al yada üret analizi bu yöntemler arasındadır (Demir, Gümüšoğlu, 1998:529). Son yıllarda bilgisayara dayalı analiz teknikleri materyal yönetiminde kullanılmaya başlanmıştır. Bu bilgisayarla ilişkili tekniklerden Malzeme İhtiyaç Planlaması satın alma ve envanter kontrolü analizinde kullanılabilen önemli bir yöntemdir. Ayrıca, satın alma ve stoklama analizinde önemli olan ve materyal yönetiminde göz önünde bulundurulması gereken diğör bir sistem, ihtiyaç duyulan materyalin istenilen nitelik ve nicelikte, tam zamanında gereksinim duyulan yerde olmasını sağlayan Tam Zamanında Üretim (JIT) sistemidir. (Norman,1996:568).

I.1.2. Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP)

Çeşitli parça, malzeme ve alt montaj gruplarının biraraya getirilmesi ile oluşturulan bir mamulün üretim planlamasının hazırlanmasından sonra, parça, malzeme ve altmontaj ihtiyaçlarının kesin olarak belirlenmesi mümkündür. Genellikle mamule olan talep bağımsızdır, dolayısı ile belirsizlik içermektedir ve talebin uygun bir yöntemle tahmin edilmesi gerekmektedir. Oysa parça, montaj ve altmontaj gruplarına olan ihtiyaçlar kesin olarak hesaplanabilmektedir. Kısaca, bir ürünü oluşturan unsurlara olan talep bağımlılık özelliğı taşımaktadır. Bu gerçek bağımlı talebe sahip stok kalemlerinin yönetimi için malzeme ihtiyaç planlaması (MRP) olarak anılan yaklaşımı ortaya çıkarmıştır (Üreten, 1990:7).

Materyal Gereksinim Planlaması 1960'lı yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde materyal sağlanmasında ve üretim planlamasında kullanılan bir bilgisayar tekniği yaklaşımı olarak ortaya çıkmıştır. Ancak bu teknik II. Dünya savaşı öncesine kadar, Avrupa'nın değişik noktalarında bilgisayar kullanılmadan uygulanmıştır (Browne, Harhen, Shivnan, 1988:58-59). MRP, ilk kez 1960'lı yıllarda IBM firmasında çalışan J. Orlickly tarafından modern üretim sistemlerinde kullanılan yüzlerce stok kayıtlarının tutulması ve izlenmesi amacıyla bilgisayar yeteneklerinden yararlanmak üzere tasarlanmıştır. J. Orlickly, bilgisayarın tekniğin ayrıntılı olarak uygulanmasına olanak sağladığını görmüştür. Bu da üretim stoklarının etkili biçimde yönetilmesine olanak sağlamıştır.

Materyal Gereksinim Planlamasının ana amacı, ana üretim programında belirtilen gereksinimler için, ürün ağacı ve stok bilgilerini kullanarak neyin, ne kadar üretileceğini ya da satın alınacağını, işletme emri veya satın alma emrinin ne zaman çıkarılacağını ve iptal edilecek, hızlandırılacak yahut yavaşlatılacak siparişlerin neler olduğunu belirlemektir. Burada kullanılan materyal kelimesi, üretim ya da montaj hattının özelliğine göre hammadde, yarı işlenmiş veya işlenmiş son ürün parçaları olabilir. Çizim I.2.'de MRP sisteminin ana yapısı görülmektedir (Tunca, 1996:15).

MRP'nin tüm hedefi envanter yatırımlarının azaltılması, iş akışının iyileştirilmesi, materyal ve parçaların yokluğunun azaltılması, daha güvenli teslim programlarının başarılması ve müşteri hizmetlerinin iyileştirilmesidir. Bu gibi hedeflerin başarılması için MRP üç önemli işlevi yerine getirir (Demir, Gümüşoğlu, 1998:617-618).

1. Siparişlerin Planlaması ve Kontrolü: siparişler ne zaman ve ne biçimde gerçekleşecektir sorusuna yanıt aranması.
2. Öncelikli Planlama ve Kontrol: her kalemin gereksinim duyulan tarihte mevcut olması ve beklenen tarihlerle karşılaştırılması.
3. Planlanan kapasite gereksinimleri için temel provizyon ve işletme planı geliştirilmesi.



Çizim I.2. MRP Sisteminin Ana Yapısı

I.1.2.1. MRP ve Bağımlı İstem

MRP, son ürünü oluşturan hammadde, yarı işlenmiş ve montaj parçalarının üretim sürecini aksatmayacak ve en düşük stok maliyetleri ile sağlanacak biçimde planlanmasını sağlayan bir yöntemdir. Dolayısı ile materyal gereksinim planlamasında kullanılan istem kavramı ile son ürün için kullanılan istem kavramı gerek anlam gerekse işlev açısından fark vardır. Son ürün için istem bağımsızdır ve kesin olarak öngörülenmesi olası değildir. Son ürün için istem miktarı, geçmiş istem verileri temel alınarak, öngörüleme teknikleri ve yönetici yargılarının bir araya getirilmesinden oluşmuş modeller yardımı ile belirlenmektedir. Diğer yandan bir son ürün için istem, diğer son ürünler için istemlerle de ilgisiz olduğundan bağımsızdır. Bağımsız istem miktarı, kesin olarak belirlenememektedir ve öngörülenmesi gerekmektedir. Son ürün için istemin bir diğer karakteristik özelliği, toplam sipariş dönemi içinde süreklilik

göstermesidir. Bu durumda istemin yapısı “bağımsız, belirsiz, sürekli” üçlemesi ile tanımlanabilir.

Materyal gereksinim planlamasında tanımlanan istem ise bağımlı istemdir. Ana üretim programında son ürün için istem miktarı da göz önüne alınarak, son ürünü oluşturan “bütünleyici parça” olarak isimlendirilen hammadde, yarı mamul ve montaj parçalarının miktarları saptanır. Ana üretim programında belirlenmiş bütünleyici parça gereksinimlerini, en uygun zaman ve miktarda sağlamak da materyal gereksinim planlamasının ana amacını oluşturmaktadır. Bu sistemde istem miktarı, ana üretim programı verilerine bağımlı olduğundan, aynı zamanda miktarları da kesin olarak belirlidir. MRP’de istem, son ürüne olan istemin tersine kesintili ve partiler halindedir. Diğer bir deyişle, hesaplanmış sipariş dönemleri ve miktarları için geçerlidir. Burada istemin yapısı da, “bağımlı, belirli, kesintili” üçlemesi ile tanımlanabilir. Sonuç olarak, son ürüne olan istem bağımsız ve sürekli olurken, ara ürünlerin istemi her zaman hesaplanabilir (Tunca, 1996:15).

I.1.3. Tam Zamanında Üretim (JIT)

Tam zamanında üretim (JIT) felsefesinin Japonya’da Toyoto motor firması başkanı, Taiichi Ohno tarafından geliştirilmiş olup, üretimde uygulama aşamaları ise 1960-1970 yıllarında hız kazanmıştır. 1980’lerin başlarında ise JIT yedek parça dağıtım çalışmalarında uygulanmaya başlanmıştır.

JIT yaklaşımı, üretim sistemleri tasarım ve işletiminin tüm aşamalarındaki mükemmellik amacının sürekli olarak gerçekleştirilmesini kapsar. Bu yaklaşım, %100 kaliteli birimlerin etkin üretimine yönelik bir üretim sistemini tasarlamayı hedefler. Bu da “Jidoka” denilen kavramın özünü oluşturur. Jidoka kavramı, malın kalitesinin kontrolünün kaynağında yapılmasına odaklanmıştır. Kelime olarak “Jidoka” birşey kötü gittiğinde, herşeyi durdur anlamına gelmektedir (Davis,et.al.1999:402). Başka birinin yaptığı hataları başkası bulması yerine,işçinin kendisinin bulması, kendi kendini denetlemesi yerinde olacaktır.

JIT, doğru ürünün, doğru miktarda, doğru yerde üretimi ve taşınması olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemde, üretim öngörülere göre değil, siparişlere göre başlatılmakta, hammaddeler ve materyaller gerektiği anda işletmeye gelmekte, böylece sıfır yada çok düşük stok düzeyleri ile çalışılmaktadır.

JIT sisteminin ana felsefesi, en yüksek müşteri tatminini en az maliyet ile sağlayacak, sürekli gelişimin, tüm birimlerin genel katılımı ile gerçekleştirilmesidir. JIT sisteminin amacı ise, gereken ürünleri gereken miktarlarda, gerektiği zamanda üretmek ve stokları ortadan kaldırmaktır.

JIT yaklaşımı, üretim sürecindeki gereksiz harcamaları sistematik olarak belirleyen ve ortadan kaldıran bir yaklaşımdır. Bu gereksiz harcamalar; aşırı üretim, ürün ve işçilerin bekleme süreleri, taşıma süreleri, stok ve fire gibi ürüne değer katmayan faaliyetlerdir.

JIT'te üretimin her aşamasında kaybı ortadan kaldırmak için iki temel hedef belirlenmiştir: (Acar,1995:78). i. Sıfır stok: hammadde, ara mallar, mal stokları temelinde. ii. Sıfır hata: Satın alınan ya da üretilen parça mallarında. Ancak, bu hedeflerin tam olarak gerçekleşmesi olası olmamakla beraber, hedefler doğrultusunda sürekli iyileştirme çabalarını yoğunlaştırarak gereksiz harcamalar önlenmekte ve maliyetler azalmaktadır.

I.1.3.1. Tam Zamanında Üretimin Dayandığı Prensipler

Materyal yönetiminde, temel hedef müşterilerin ihtiyaç duydukları ürünleri en kısa zamanda, en az maliyetle ve en yüksek kalitede sunmaktır. Bu amaçla ister satın alma faaliyetlerinde, isterse üretim ve satış faaliyetlerinde olsun kalite-maliyet-zaman boyutunda bir sistem ve bu sistemin ilkeleri olmalıdır. Üretim sürecindeki sorunları çözme yolu olan tam zamanında üretim (JIT) sekiz ilke üzerine kurulmuştur (Schneiderjans, 1992:4). Bunlar:

1. Ürünleri müşterilerin istemine göre ekonomik olarak üretmek,

2. Üretim akışını kolaylaştırmak için işyeri düzenlemesi yapmak,
3. Gereksiz harcamaların önlenmesi,
4. Üretim hızının ve ürün akışının isteme göre geliştirilmesi,
5. Ürün kalitesinin mükemmelliğinin araştırılması,
6. İnsana saygı ve insan gücünün eğitime ve gelişimine önem verilmesi,
7. Beklenmedik durumların ortaya çıkmasının engellenmesi,
8. Stok düzeyini en aza indirmek.

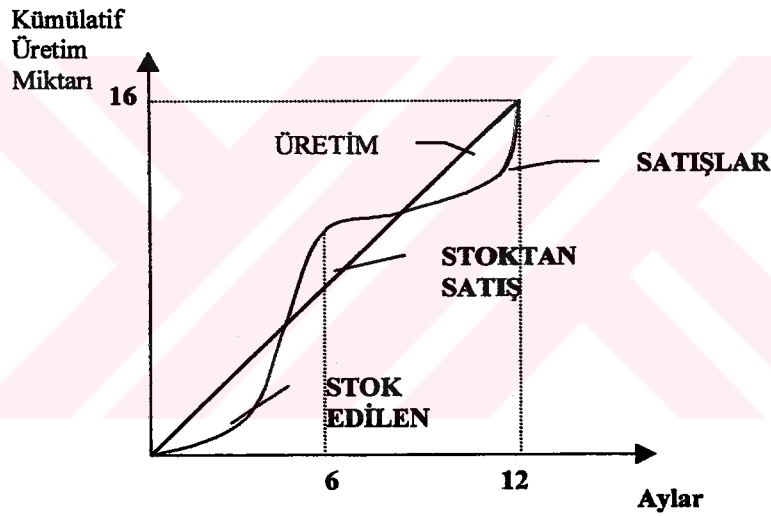
I.2. ENVANTER KONTROLÜ

Bir üretim sisteminde üretilen ürüne dolaylı ya da dolaysız olarak katılan bütün fiziksel varlıklar ve ürünün kendisi envanter veya stok kavramı içinde düşünülebilir. Bu çalışmada stok ve envanter kavramı aynı çerçevede ele alınmış, stok kavramı yerine İngilizce’de “inventory” olan envanter kelimesini kullanılmıştır.

Sipariş üzerine çalışan atölye büyüklüğünde bir sistemde envanter bulundurmaya pek gerek yoktur. Çünkü hammaddeler sipariş edildikten sonra tedarik edilir ve ürün bittiğinde müşteriye derhal teslim edilir. Üretim sistemi büyüdükçe, hele ürün türü arttıkça, tedarik, izleme ve üretime ilişkin öğelerdeki belirsizlik ve aralarındaki ilişkilerin karmaşıklığı envanter bulundurmayı zorunlu kılar. Bir örnek olarak belirli bir ürüne ilişkin satışlar ile üretim programı arasındaki ilişki göz önüne alınsın. Çizim I.2.’de her hangi bir üretim işletmesinde kümülatif satış ve üretim miktarlarının bir yıl içindeki değişimi gösterilmiştir. Üretim ile satışların birbirine paralel gitmesi hemen hemen olanaksızdır. Makine kapasitelerinin olası en yüksek düzeyde kullanılması, iş yüklemenin düzgün yapılabilmesi ve hazırlık maliyetlerinin düşürülmesi, üretim hızının değişmez tutulması ile gerçekleştirilebilir. Ancak bu taktirde, üretimin satışların üstünde gitmesi halinde artan miktarın stoklanması, tersi durumda ise stoktan satış yapılması söz konusu olur (Kobu,1996:282). İşletmede stok bulundurmanın çeşitli avantaj ve dezavantajları vardır. İşletme açısından en uygun olan envanter düzeyinin bulunması önemlidir. Envanter önemli ve karmaşık bir sistem olduğu için analize geçmeden önce envanterin doğasını ortaya koymak gerekmektedir.

Öncelikle envanter ve envanter kontrolü kavramları tanımlanıp, daha sonrada envanter maliyetleri ve envanter için etkili olan yöntemler ile envanter politikası ve modelleri inceleme konusu yapılsın.

İleride üretimde kullanılacak ya da pazarlaması yapılacak olan materyal, yarı işlenmiş ve tamamlanmış ürünler mevcudu, işletme bilimi literatüründe “Envanter” olarak tanımlanır. Envanter, gelecekteki gereksinimleri karşılamak amacıyla depolanan materyal ya da üretim işlerinin bir tıkanıklık ile karşılaşmadan ve verimli olarak yürütülmesini sağlamak için girişimin elde bulundurduğu fiziksel mal stokudur (Demir, Gümüsoğlu,1998:539).



Çizim I.3. Bir üretim işletmesinde kümülatif üretim ve satışların değişmesi.

Bir anlamda envanter, gelecekte oluşabilecek birçok istemleri karşılamak amacıyla girişimcinin elinde bulundurduğu ürün miktarı olmaktadır. (Sipper, Bulfin,1997:206). Envanter sunu ile istem arasında bir denge kurucu görevini görür. Sunu sürecinde envanterde ürünler artar, istem sürecinde ise aynı envanterler kullanılır. Özet olarak envanter, ileride kullanım amacıyla bulundurulmuş her hangi aylak kaynaktır. Bir firmanın girdileri ve çıktıları sağlandığında hemen kullanılmazlar ise, “envanter”

söz konusu olur. Envanter sistemi ise envanter düzeylerini ve “Ne miktarda?”, “Ne sıklıkta?”, “Ne zaman?” sorularına yanıt sağlayan politikalar, kontroller setidir.

Envanter kontrolü ise, gereksinimlerin karşılanması, biriktirilmesi ve alınması gereken maddeler arasında denge kurulması için gerekli örgütlenme işlemlerini yapmaktır (Demir, Gümüsoğlu,1998:539).

Materyal akışının kontrolü ve koordinasyonu ilgili materyal yönetiminin en önemli alanlarından biri olan envanter kontrolünün konularını yedi maddede sıralamak olasıdır (Alpugan,vd. 1997;232).

1. Gereksinimlerin saptanması,
2. Stok yapılacak maddelerin seçimi,
3. Stok yapılacak maddelerin niceliğinin saptanması,
4. Sipariş verme zamanının belli edilmesi,
5. Sipariş niceliğinin saptanması,
6. Gerektiğinden çok bulunan stokların elde çıkarılması,
7. Kayıt işlerinin düzenlenmesi.

Belli bir dönemde sipariş edilecek maddenin niceliğinin matematiksel olarak saptanması ilk kez bilimsel yönetimin öncüleri tarafından inceleme konusu yapılmıştır. Fiziksel malların kontrolü ve bulumu, her hangi bir sektörde çalışmalarını sürdüren tüm girişimciler için ortak bir sorunu oluşturur. Envanter kontrolü, endüstri işletmelerinde, ticarete, materyal tüketimi ile iş gören hizmet kuruluşlarında, uygulanır.

Firmaların üretim süreçlerinde materyal akışı sırasında, firmaya gelen her materyalden oluşan envanter kaynakları mevcuttur. Bunların belli başlıları aşağıda gösterilmiştir (Tatar,1994:52).

1. Hammaddeler,
2. Satın alınmış maddeler,
3. Yedek aksan ve parçaları,

4. Yarı mamuller,
5. Mamul mallar,
6. Ambalaj maddeleri,
7. Genel depo malzemesi,
8. Kırtasiye,
9. Bakım ve onarım yedek parçaları .

Yukarıda da tanımlandığı üzere envanterler, işletmenin hareketsiz durumda bulunan yatırımlarını ifade etmekte ve bu yatırımlar çeşitli faaliyet branşlarına göre değişik oranlara varmaktadır. Bu konuda bazı sayılar vermek olasıdır (Tatar,1994:53). Örneğin: Fransa’da faaliyet gösteren işletmelerde kasa, banka ve kıymetli evrakların iki katı oranında bir sermaye (%75 ile %100 oranında) stoklarda aylak halde kalmaktadır. Diğer yandan satın alınan malların %20 ile %75’i stokta bekletilmektedir.

Yöneticiler her düzeyde envanteri azaltmak için büyük çaba içerisinde. Düşük düzeyde envanter yatırımları verimliliğin artmasına neden olmaktadır ve bu yüzden yöneticiler stokları minimum yapacak ya da yok edecek modeller aramaktadırlar. Son yıllarda kimya, elektronik, yiyecek ve eczacılıkla ilgili 500 firma üzerinde yapılan araştırmaya göre stoklar 1970’den 1991 yılına kadar yiyecek sektöründe %23, kimya sektöründe %37 azalmıştır (Masters, 1993:1).

Ortalama üretim firmalarında envanterin değeri aylık satışların %1.61’ine yada yıllık satışların %13.4’üne, perakendecilerde yıllık satışların %13.5’ine ve toptancılarda yıllık satışların %15.12’sine eşittir. Amerika’da yapılan bir araştırmada, Amerikan firmalarında envanterlerde yaklaşık 2,5 yıllık kar toplamının yattığı saptanmıştır.

Aylak kaynaklara neden bu kadar yatırım yapılmaktadır? Bir çok firmalar ellerindeki envanterin hepsinin gerekmediğini, gereğinden çok envanter bulundurduklarını ve bu envanterleri azalttıkları takdirde daha iyi çalışacaklarını saptamışlardır.

1.2.1. Envanter Kontrolünün Amacı

Envanterler elde bulundurulan aylak kaynaklardır ve üretim firmaları için çok önemlidir. Çünkü stok değerleri üretim süresince ve sonrasında gereksinime göre kullanılmaktadır. Yeterli envanter üretim faaliyetlerini kolaylaştırmaktadır ve tüketici gereksinimlerinin en iyi ve hızlı biçimde karşılamasına yardımcı olmaktadır. Envanter kontrolü sayesinde üretim istenilen düzeyde tutulmaktadır. Ayrıca teslim ve satış işlerini önceden saptanan sayılarla gerçekleştirmek için zaman ve nicelik yönünden en iyi ve ekonomik sayılan materyali elde bulundurulmaktadır.

Materyal yönetimi çerçevesinde, sorunların tamamen giderildiği bir firmada, satın alma, üretim ve satış sürecinde etkin aksamaların olmayacağı ve gerekli materyalin gerektiği yerde ve zamanda bulundurulacağı düşünülür. Dolayısı ile üretim gerçekleştirme sürecinin hiçbir aşamasına stok bulundurulmaması gerekir. Ancak firma içi ve firma dışı bazı koşullar nedeni ile firmalar ellerinde envanter bulundurmamak isterler. Kuruluşların/Firmaların elde envanter bulundurmalarının nedenlerini aşağıdaki gibi sıralamak olasıdır.

- i. Belirsizliğe karşı korunma
Envanterler, teslim süresinde gecikmelere karşı güvence sağlarlar, yarı işlenmişler envanteri, üretim süreçleri arasındaki farklılığı, işlenmiş ürünler envanteri de işlemdeki olası artışları ortadan kaldırır.
- ii. Stratejik planı destekleme
İstem üretimi aştığında fark envanterden karşılanacak ve istem üretimden az olduğunda azalan envanter yerine konacaktır. Böylece mevsimlik dalgalanmalara karşı benimsenmiş stratejik bir plan uygulanmış olacaktır.
- iii. Ölçek ekonomisinden yararlanma
Her siparişte ve ya üretimde miktarı gözönüne almayan bir değişmez gider söz konusu olur. Üretilen ya da sipariş edilen miktar ne kadar büyük olursa, ortalama birim maliyet o kadar düşük olur. Ayrıca miktar iskontaları da büyük siparişleri desteklemektedir.

Sipariş edilecek ya da üretilecek miktar, envanterin neden olduğu toplam maliyetlerin en küçük olduğu miktardır.

I.2.2. Envanter Kontrolünün İşletme Ekonomisindeki Yeri Ve Önemi

Envanter yönetimi mühendislik ekonomisinde, üretim işlemler yönetiminde ve iletişim ve ulaştırmada meydana gelen gelişme ile birlikte modern teknik yaklaşımlarında önemli bir çalışma alanıdır. Bu yüzden envanter yönetiminin etkinliği ve servis düzeylerinde önemli artışlar olmuştur. Envanter yönetimi çok kritik ve önemlidir. Çünkü bu varlıklar bir çok işletmenin toplam varlıklarının %10.4 ile %40'ını kapsamaktadır. Ekonomistler envanterin düzeylerinin ekonomik krizlerde en önemli rol oynadığını düşünmektedir (Stone,Su,1997:1).

Modern üretim sistemlerinde stoklar her kademe yöneticiyi yakından ilgilendiren bir sorun haline gelmiştir. Yanlış envanter politikalarının seçilmesi veya uygulama hataları yüzünden pek çok işletme ekonomik dar boğazlara ve sıkıntılara girmiştir. Bir çok endüstride envanterlerin istenilen düzeyde olmaması yüzünden mikro ve makro açıdan önemli sıkıntılar yaşandığı bir gerçektir. Envanter işletmenin her bölümü açısından önemlidir. Finans yöneticileri açısından bilanço ve kar-zarar hesaplarında kullanılır. Üretim planlaması ve kontrolünün ve satış bölümleri açısından da ekonomik olarak gelişen sıkıntılara veya istem fazlalığına zamanında cevap verecek ürün ya da yarı işlenmiş mamuller stoku önemlidir. Bazı işletmelerde yeterli ham madde stoku olduğu halde önemsiz bazı parçalar yüzünden üretimin aksadığı durumlara rastlanılmaktadır. İşte bütün bunların önlenmesi üretim planlaması ve kontrolü ile satış bölümünün önderliğinde tüm bölümlerin katkısı ile oluşturulacak etkin bir envanter kontrol sisteminin kurulması ile olasıdır. Böyle bir sistemin işletme ekonomisi açısından sağlayacağı yararların başlıcaları şöyle sıralanabilir (Kobu,1996:283-284).

- 1 Üretim faaliyetlerinin düzgün ve makine-insan-materyal olanaklarından en iyi yararlanılacak biçimde yürütülmesine yardımcı olur. Materyal ve parça yokluğu yüzünden boş beklemler minimuma iner. İş istasyonları arasındaki yığılmalar azalır.

- 2 Stoklara bağlanan para tam gereksinime göre saptandığından sağlıklı bir finans yönetimine olanak sağlar.
- 3 Tedarik ve satış giderleri azalır.
- 4 Üretim programlarının kolay ve gerçeğe uygun düzenlenmesi mümkün olur.
- 5 Etkili bir maliyet muhasebesi sisteminin gereksinimi olan bilgilerin pek çoğu kolay ve duyarlı biçimde toplanabilir.
- 6 Dikkatsizlik yüzünden telef olan malzeme ve materyallerin miktarı azaltılır, gerekli düzeltmeye hemen geçilir.

I.2.3. Envanter Biçimleri ve İşlevleri

Materyal yönetiminde hangi materyalin hangi koşullar altında nerede bulunması gerektiği üzerinde durulur. Materyal yönetiminin satın alma ve stoklama faaliyetleri çerçevesinde envanterlere ihtiyaç gösterilir. Materyal yönetimi çerçevesinde oluşacak envanterler; biçimlerine, işlevlerine ve istem durumuna göre sınıflandırılabilir (Noori, Radford, 1995:424-426).

1. Biçimlerine Göre Envanter Sınıfları: Üretim envanteri hammadde, yarı işlenmiş ürün ve işlenmiş ürün envanteri üç farklı biçimde ele alınır. Hammadde envanteri firmanın tedarikçileri tarafından sağlanır. İşlenmiş ürün envanteri doğrudan firmanın dağıtım kanalları tarafından ele alınır. Yarı işlenmiş ürünler üretim sürecindeki bir çok noktadaki yığınlardır.

2. İşlevlerine Göre Envanter Sınıfları: En çok bilinen envanter işlevi gelecekteki belirsizliklere karşı güvence sağlamak için elde envanterin bulundurulduğu işlevdir. İşlevlerine göre envanterler, güvenlik, yineleme, ulaştırma ve mevsimsel envanterler olarak sınıflandırılır.

i. Güvenlik Envanteri (Emniyet Stoku) : hesaba katılmayan üretim kesintileri veya beklenmedik istem artışlarının riskini dengelemek için elde bulundurulan envanterdir.

ii. Yineleme (Decoupling) Envanteri: üretim /sipariş oranı ve ayarları birbirine uymayan yakın süreç ve işlemlerin arasındaki uyumsuzluğu ortadan kaldırmak için gereksinim duyulan envanter miktarıdır. Örneğin; depoya bırakılacak stok miktarı üretimin hızına bağlı olarak ayarlanır.

iii. Ulaştırma (Hat) Envanteri: ısmarlanmış, ancak yerine ulaşmamış envanterlerin hareketlerinden doğan envanterdir. Yani transfer süresince, olası istemi karşılamak için elde yeterli miktarda stok bulundurulmalıdır.

iv. Mevsimsel Stoklar: Birçok ürün bir yıl boyunca bir belirlilik, ancak mevsimsellik özelliği gösterirler. Böyle olduğunda, yönetimin istemdeki değişimlere karşı üretim hızını ayarlayabileceği stokları elde bulundurması gerekir.

3. İstem Durumuna Göre Envanter Sınıfları: firmaların üretim sürecinde ortaya çıkan envanterler, istemlerin belirlilik ve belirsizlik özelliğine göre bağımsız istem ve bağımlı istem olarak sınıflandırılır.

i. Bağımsız İstem : Bir parçanın istemi, firmanın ürettiği diğer parçaların istemiyle ilgili olmadığı zaman “bağımsız istem”dir. Bir kalem tamamlanmış ürün ise, diğer kalemler için istemin bağımsız olduğu bir durum vardır. Bağımsız istem diğer kalemlerle doğrudan doğruya ilişkilendirilemez.

ii. Bağımlı İstem : Bir parçanın istemi firmanın ürettiği diğer parçaların isteminden kaynaklanıyorsa, bu bağımlı istemdir. Bağımlı istem doğrudan doğruya diğer kalemlerle ilgilidir.

I.2.4. Envanter Maliyetleri

Firmalar arz ve talep arasında bir denge kurabilmek için stok bulundurma yoluna giderler. Firmaların çıktı ve girdilerinden bazılarını hemen kullanmamaları sonucu ortaya çıkan envanter ve envanterin maliyeti vardır. envanterr maliyeti

envanterin düzeyine göre değişecektir. O halde, envanter düzeyini belirleyecek kararların alınmasında aşağıdaki maliyetlerin göz önünde alınması zorunludur (Chose, Aquilana,1981:465-466).

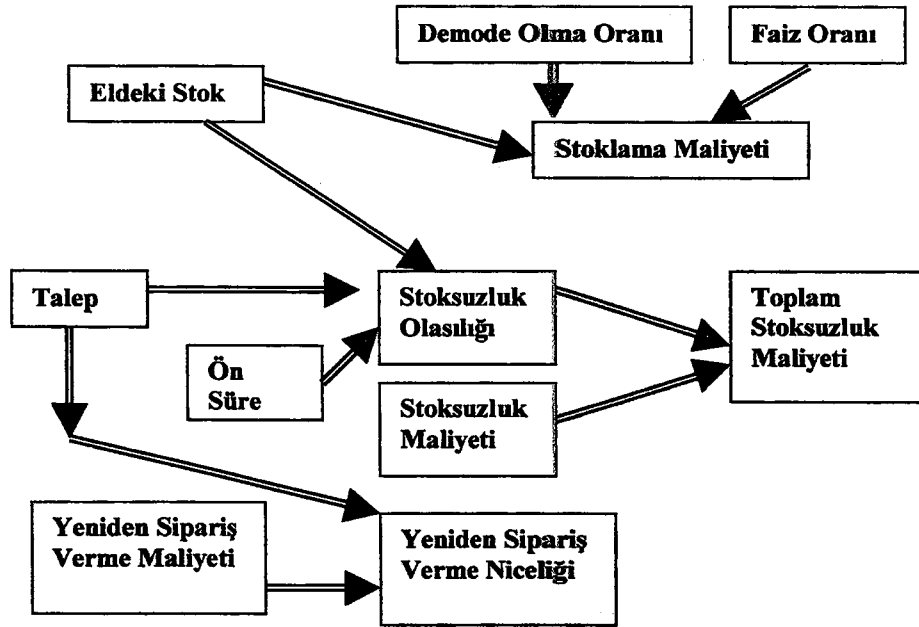
1. Stoklama Giderleri : Elde stok bulundurma faaliyetleri ile ilgili maliyetlerdir. Bunlar, elde bulundurma, sigorta, aşınma, çalınma, eskime, bakım ve onarım, depolama maliyetleri, vergiler ve envanterde bulundurmanın alternatif maliyetidir. Yüksek stoklama giderleri düşük düzeyde envanter ve çok sık değişen envantere neden olur.

2. Üretime Hazırlık Maliyetleri : Üretimin firma tarafından yapıldığı durumlarda ortaya çıkar. Bu maliyetler, gerekli materyalin elde edilmesi, belli başlı araç-gereçlerin hazırlanması, gerekli gereksinim fişlerinin doldurulması, ulaştırma, muhasebe vb. maliyetlerden oluşur.

3. Sipariş Maliyetleri : Yeni bir siparişin verileceği zaman ortaya çıkan maliyetlerdir. Sipariş ya bir tek satıcıdan ya da bir çok satıcı serisinden geçerek verilir. Sipariş verme maliyetleri, istem fişini hazırlama ve işleme koyma, sipariş miktarını saptama, satıcılarla ilişki kurma, kayıt, kırtasiye, ulaştırma, teslim alma, boşaltma, kontrol etme vb.'de oluşan giderleri kapsar.

4. Stoksuzluk Maliyeti : Her hangi bir istem karşısında elde mal bulunmaması veya varsa bile istenilen düzeyde bulunmaması durumunda ortaya çıkar. Stoksuz kalınması durumunda satış kaybı, müşteriye haber verme maliyeti, eğer anlaşma gereği varsa siparişi karşılayamamanın doğuracağı ceza maliyetlerine neden olabileceği gibi müşterinin başka firmalara gitmesi, kötü reklam olunması gibi istenilmeyen durumları da doğurabilir.

Çizim I.4'de açıklanan envanter modeli stokları, stoklama maliyetini, sipariş verme maliyetini ve stoksuzluk maliyetini özetlemektedir (Demir, Gümüsoğlu, 1998:549).



Çizim I.4. Envanter Modelinin genel Yapısı.

I.3. ENVANTER KONTROL YÖNTEMLERİ VE MODELLERİ

Günümüzde işletmeler fazla stok ile çalışmak istememektedirler. Hatta sıfır stok ile çalışmak bir çok işletmenin hedefi haline gelmiştir. Ancak şu bir gerçektir ki ekonomik koşullardaki belirsizlik başta olmak üzere bir çok neden işletmelerin mevcutlarında stok bulundurmaya zorunda bırakmıştır. Bunu göz önüne alarak envanter kontrolünün amacı, istenilen malı istenilen zamanda hazır bulundurmaktır ve bunu en ekonomik biçimde gerçekleştirmektir, denilebilir. Bu amaç doğrultusunda belli başlı envanter kontrol yöntemlerine kısaca değinildikten sonra materyal gereksinim planlaması (MRP) ve tam zamanında üretimin (JIT) envantere etkisi üzerinde durulacaktır. Bir sonraki bölümde de esas analiz olan envanter kontrol yöntemi olarak dinamik programlama ele alacaktır.

I.3.1. Envanter Kontrol Yöntemleri

Firmalar müşteri ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılayabilmek için tedarik ettiği ve işleme soktuğu ürünler ile elde bulundurduğu ürünler arasında bir denge kurabilmek

için gerekli örgütlenme işlemini yapmalıdır. Bunu da etkili envanter kontrolü yöntemlerini kullanarak yapabilir. Envanter kontrolü kapsamına giren değerlendirme yöntemlerinden belli başlıları aşağıda tanımlanacaktır (Kobu,1996: 292-297).

1. Gözle Kontrol Yöntemi : Stoklar dönemsel olarak deneyimli bir görevli tarafından gözden geçirilir. Belirli bir düzeyin altına düşen stok kalemleri için derhal sipariş verilir. Sipariş verme düzeyi ve miktarı tamamen görevlinin deneyimine kalmıştır. Küçük işletmelerde, işini bilen iyi yetişmiş bir görevlinin sorumluluğuna bırakılmak kaydı ile gerçekten pratik ve ucuz bir kontrol yöntemidir. Küçük üretim işletmelerinde, perakende satış mağazalarında, özellikle gıda süper marketlerinde geniş ölçüde uygulanan gözle kontrol yönteminin başlıca üç sakıncası vardır:

- a. Gözden geçirme dönemi, sipariş düzeyi ve miktarı kişisel yargıya dayandığından hata olasılığı çoktur.
- b. Depo yerleştirilmesi sistematik bir düzenle yapılmamışsa kontrolü yapan memurun sık sık yanılma olasılığı düşmesi olasıdır.
- c. Tüketim hızı, tedarik süresi veya başka bir ögenin değişmesi halinde bunun derhal farkına varılması güçtür. Dolayısı ile gerekli önlemlerin alınmasında geç kalınabilir.

2. Çift Kutu Yöntemi: Herhangi bir cins stok iki bölmeli bir kutuda muhafaza edilir. Birinci kutu tamamen tükendiği zaman yeni sipariş verilir. İkinci kutudaki miktar, sipariş teslim alınuncaya kadar gereksinimi karşılayabilmelidir. Pratikliği ve sakıncaları bakımından gözle kontrol yöntemine benzer. Her iki yöntemde birim değeri düşük, küçük hacimli ve çok sayıdaki stok kalemlerinin kontrolünde kullanılır.

3. Sabit Sipariş Dönemi Yöntemi: Her stok kaleminin miktarı, önceden saptanmış bir süre sonunda saptanır. Bu miktarı belirli bir stok düzeyine tamamlayacak sipariş verilir. Sabit sipariş dönemi yönteminde çok sayıda kontrolün değişik zamanlarda yapılma güçlüğü yanında, her kontrol sonunda saptanılan sipariş miktarı değişik olduğundan, satın almada güçlüklerle karşılaşılması söz konusudur. Satıcı

firmaların sabit ve büyük miktartlı siparişlere tanıdıkları iskontolardan yararlanma olanağı yoktur.

4. Sabit Sipariş Miktarı: Stok belirli bir düzeye indiğinde toplam stok maliyetini minimum yapacak biçimde önceden saptanmış sabit bir miktar sipariş edilir. Sipariş miktarı sabit olmakla beraber, sipariş dönemlerinin değişken olması tedarikte bazı sorunlar yaratabilir. Tüketim hızının sabit olması halinde bu sorun ortadan kalkar.

5. ABC Yöntemi: Bu yöntemin temelini oluşturan ilke ilk kez General Electric firması araştırıcılarından H. Ford Dickie tarafından ortaya atılmıştır. ABC analizi stok kontrolünün yanı sıra; satış ve dağıtım, kalite kontrolü, ürün türü, materyal tedariki ve üretim planlama sorunlarına da uygulanabilir. Envanter kontrolünde ABC yöntemi, stok kalemlerinin toplam içindeki kümülatif yüzdelerine göre sınıflandırılmasından oluşur. Sınıflandırmada stoklar genelde üç gruba ayrılır: A grubu, B grubu ve C grubu stoklar.

A grubu stok kalemleri: Toplam miktarın % 15-20'sini, toplam değerin % 75-80'ini oluşturlar.

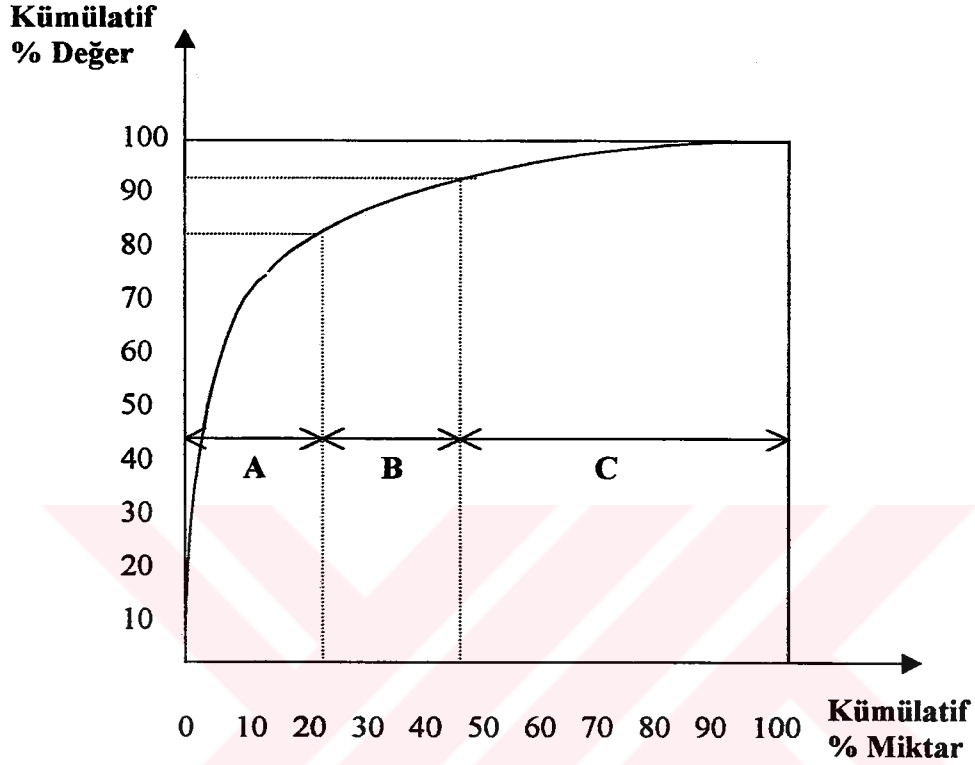
B grubu stok kalemleri: Miktar olarak % 30-40, değer olarak % 10-15'lik bir payları vardır.

C grubu stok kalemleri: Miktar olarak % 40-50, değer olarak sadece % 5-10'luk bir paya sahiptirler.

Bazı firmaların stokları üçten daha fazla sayıda grupta topladığı ya da ABC'nin her biri içinde alt gruplar tanımladığı görülür. Her işletmenin stoklarının özelliklerine uyan bir sınıflandırma yapılması, miktar ve değer yüzdelerinin de yine bu ölçüte göre saptanması doğaldır.

Stokların ABC ilkesine göre sınıflandırmasını Çizim I.5'deki gibi gösterilebilir. Bu biçimde tüm materyalin % 20'sini oluşturan A maddelerine bağlanan paraların toplam tutarının % 80 olduğu ve A kategorisi için büyük harcama yapıldığı görölmektedir. C maddelerine bağlanan para % 5 gibi çok düşüktür. Çizime bakarak

Üretim yöneticilerine A kategorisini oluşturan materyal için çok zen göstermeleri ve bu kategoriye giren maliyet giderlerini düşürmek için çaba harcamaları gerektiği söylenebilir (Demir, Gmşğlu, 1998:532).



Çizim I.5. Tipik Bir ABC Analizi

6. İstatistiksel ngr Teknikleri ile Envanter Kontrol Yöntemi:

Herhangi bir envanter kontrol yönteminde  önemli bağımsız değişken vardır. Bunları;

- tedarik süresi,
- birim zaman başına ortalama istem,
- birim zaman başına istemin standart sapması olarak sıralamak olasıdır.

ngr ise, envanter ve üretim yönteminde temel öğedir ve ister kaba, ister ayrıntılı, isterse örtülü olsun kesinlikle bir öngörü söz konusudur. Envanter yöntemi açısından en önemli öngörüler tedarik süresi ve ortalama istem için yapılandır. Herhangi bir üretim ya da satın alma kararı için gerekli zaman özellikle tedarik süresi tarafından

etkilenir. İyi ve tutarlı bir karar verme işlemi için istemin ve tedarik süresinin oldukça yüksek orandaki bir olasılıkla bilinmesi gerekir. Bunu da istatistiksel ve piyasa araştırması teknikleri ile sağlamak olanaklıdır. Ancak her öngöründe, belirsizlik durumunda karar verme nedeni ile bir yanılgi payı vardır. Bu öngörü yanılırları maliyet demektir. Bununla beraber öngörü yanılırlarının sistematik gözden geçirilmesi ve kullanılan tekniklerin geliştirilmesi ile envanter kontrol sistemini güncel durumda tutmak olasıdır (Aslan, 1981:71-72).

7. Sezgisel yöntem: Sezgisel yöntem çok yalındır ve temel ekonomik sipariş niceliğinin bir değişimidir. Siparişlerin kapsayacağı dönem sayıları hesaplanır. Bir başka deyişle, verilen siparişin kaç dönemin istemini karşıladığı hesaplanır. Siparişin kapsayacağı dönem sayıları birer birer artırılır. Her dönemin başında ortalama maliyet her adımda kontrol edilir ve minimum maliyete ulaşıldığında süreç sona erer ve o andaki sipariş niceliği de optimum çözümdür. Bu sezgisel yöntem istem oranları zaman içinde dönemler boyunca hızlı bir düşme gösterdiğinde ve istem dönemleri boyunca sıfır olduğu zaman uygulanamamaktadır (Silver, Meal, 1973:64).

1.3.2. Envanter Kontrol Modelleri (Ekonomik Sipariş Niceliği)

Envanter ve üretim kontrolü analizlerinde, genellikle doğal gruplara ayrılan maddeleri birlikte incelemek uygun ve pratiktir. Bu gruplar genel üretim araç ve gereçleri tarafından işlenen parçalar, alıcı tarafından satın alınan maddeler veya satıcı tarafından ısmarlanan materyallerden oluşur. Böyle bir gruplama materyallerin elde edileceği sipariş niceliklerini öngörülemede oldukça yararlıdır. Maliyet giderleri, kapital gereksinimleri, yer gereksinmesi, işleme durumları ve sipariş niceliğini seçmede göz önüne alınacak öteki öğeler ile ilgili gruplamalarla düşünüldüğü zaman çok anlamlıdır (Demir, Gümüşoğlu, 1998:557).

Bir envanter kontrol probleminde amaç toplam maliyeti minimum yapacak biçimde;

1. Ne miktar sipariş edilmelidir?

2. Ne zaman sipariş verilmelidir?

sorularına yanıt bulmaktır. Çizim II.3’de grafiği verilen en yalın envanter kontrol modeli de aşağıdaki varsayımlar üzerine kurulmuştur:

- i. Dönem başına incelenen öge türünün dönem kullanım niceliği “ C ” birimi ile saptanmıştır.
- ii. Dönem başlangıcı ve sonucunda ögelerin stok durumu sıfırdır.
- iii. Öge biriminin “ p ” fiyatı verilmiş ve değişmez karakterdedir.
- iv. Her alım işlemi, sipariş niceliğine bağlı olmayan “ B ” büyüklüğündeki sipariş giderlerini doğurur.
- v. Deponun kapasite sınırı yoktur.
- vi. Stoksuzluk durumu söz konusu değildir, yani saptanmış istem her zaman anında karşılanacaktır.
- vii. Dönem içindeki stok azalmaları düzenli gerçekleşmektedir.
- viii. “ n ” sipariş olaylarının her biriminde sipariş niceliği ($X = \frac{C}{N}$) olarak düzenlenecektir. Sipariş ve teslim süresi sıfırdır ki, böylelikle stok bittiği an verilen sipariş gelecek ve depolanacaktır.
- ix. Üretim sürecinin ve öge kalitelerinin değişikliğe uğratılmaları söz konusu değildir.

Buna göre modelde kullanılan değişken şöyle tanımlanmıştır:

C = Materyalin yıllık istemi,

X = Her siparişte ısmarlanan nicelik,

E = Yıllık birim başına stoklama gideri,

B = Sipariş verme maliyeti,

Ke = Toplam envanter maliyeti,

M = Yıllık sipariş sayısı,

To = Optimal depolama sayısı,

Z = Ortalama envanterin yüzdesi olarak stoklama,

p = Ünite fiyatı.

Toplam envanter maliyeti: sipariş verme maliyeti ve stok maliyeti toplamına eşittir.

$$Ke = \text{Sipariş verme maliyeti} + \text{stoklama maliyeti}$$

Yıllık sipariş verme maliyeti: sipariş sayısı ile her siparişin maliyetinin çarpımına eşittir. Buradan sipariş sayısı yıllık istemin, her siparişte ısmarlanan niceliğe

oranı $X = \frac{C}{N}$ olduğundan

$$\text{Yıllık sipariş verme maliyeti} = \frac{C}{X} B \text{ 'dir.}$$

Yıllık stoklama maliyeti: ortalama envanter düzeyi ile yıllık birim stoklama giderinin çarpımına eşittir. Burada ortalama envanter düzeyi=(maksimum envanter + minimum envanter)/2'dir. Maksimum envanter en fazla her hangi bir siparişte ısmarlanan nicelik (X) kadardır. Minimum envanter düzeyi bu modelde "0" dır. O halde

$$\text{ortalama envanter düzeyi} = \frac{X + 0}{2} = \frac{X}{2} \text{ 'dir.}$$

$$\text{Bu verilere göre yıllık stoklama maliyeti} = \frac{X}{2} E \text{ olur.}$$

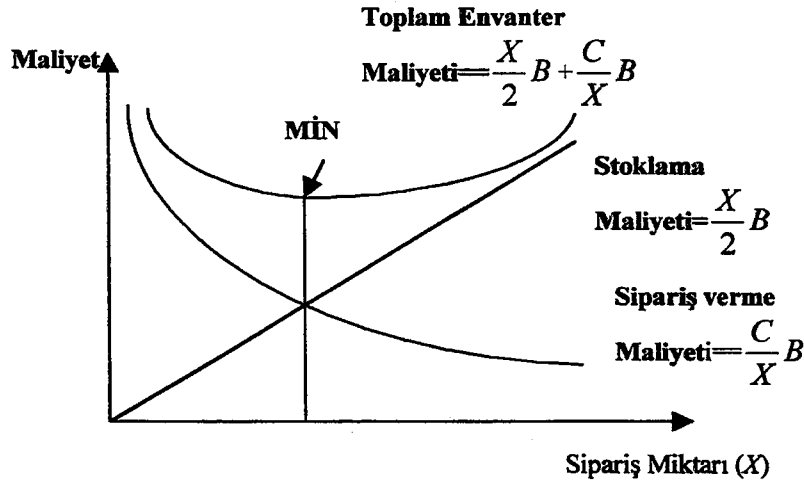
Toplam envanter maliyeti, sipariş verme maliyeti ve stoklama maliyetinin toplamı idi.

O halde ,

$$Ke = \frac{C}{X} B + \frac{X}{2} E \text{ 'dir.}$$

Amaç toplam envanter maliyetini minimum yapan sipariş miktarını (X) bulmaktır. Çizim I.6.'da da görüldüğü gibi toplam envanter maliyeti eğrisinin en küçük olduğu nokta doğru biçimde verilen stoklama maliyeti işlevi ile hiperbol biçiminde verilen sipariş maliyetinin kesiştiği noktadır. O halde toplam envanter maliyetinin en küçük olduğu noktada ulaşacağı değer, sipariş verme ve stoklama maliyetinin toplamına

eşit olacağından ve bu değerler birbirine eşit olduğundan bunlarda her hangi birinin iki katına eşit olacaktır.



Çizim I.6. En İyi Sipariş Niceliğinin Bulunuşu

Tüm bu veriler ışığında toplam envanter maliyetini minimum yapan sipariş miktarı (X) hesaplınsın. Çizim I.6'da da görüleceği üzere toplam envanter maliyeti eğrisinin minimum noktası bu nokta olacağına göre, toplam envanter maliyetin (Optimal) birinci türevini sıfır yapan değer en ekonomik sipariş miktarını verecektir.

$$\frac{dKe}{dX} = \frac{d}{dX} \left(\frac{C}{X} B + \frac{X}{2} E \right) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{-CB}{X^2} + \frac{E}{2} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{CB}{X^2} = \frac{E}{2} \Rightarrow X^2 = \frac{2CB}{E} \Rightarrow X = \sqrt{\frac{2CB}{E}} \quad \text{ile bulunur.}$$

Bulunan bu formüle ünite türünden Ekonomik Sipariş Niceliği denir ve,

$$X_0 = \sqrt{\frac{2CB}{E}}$$

olarak ifade edilir.

Yıllık birim başına stoklama gideri “E” yerine, % ile ifade edilen ortalama envanterin %’si olarak stoklama marjı ile birim fiyatının çarpımı kullanılabilir. Yani $E = Z.p$ ’dır. Ekonomik sipariş noktası parasal olarak gösterilmek istenildiğinde her iki taraf “p” ile çarpılır. $X_0.p$ ’e parasal olarak Ekonomik Sipariş Noktasını (X_0) verecektir. C_p ’ye A denildiğinde;

$$X_0.p = X_0 = p\sqrt{\frac{2CB}{E}} = \sqrt{\frac{2CBp^2}{Zp}} = \sqrt{\frac{2CpB}{Z}} = \sqrt{\frac{2AB}{Z}} \text{ olur.}$$

Yukarıda bulunan ekonomik sipariş formülleri materyallerin madde gruplarının dışarıdan alımına göre geliştirilmiştir. Aynı formülü üretim içinde, yani materyallerin ya da madde gruplarının dışarıdan alımı yerine işletmenin kendisinin üretmesi durumunda da uygulamak olasıdır. Aradaki tek ayırım, sipariş verme giderleri yerine başka ad ile “Üretime Hazırlık” yada “Üretime Başlatma Giderleri” adları ile anılan ve “s” simgesi ile gösterilen değişmez giderler, formülde “B” simgesinin yerini alır. Ancak bu kez formül; ekonomik sipariş niceliği yerine “Optimal (En iyi) Üretim Niceliği” olarak alınır. Optimal üretim niceliği “Q” simgesi ile gösterilir.

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2Cs}{E}} = \sqrt{\frac{2Cs}{Zp}} \text{ olur.}$$

Optimal üretim niceliği parasal olarak:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2Cps}{Z}} = \sqrt{\frac{2As}{Z}} \text{ ile bulunur.}$$

Toplam envanter maliyeti;

$$K_e = \sqrt{2CBE}$$

ya da

$$K_e = \sqrt{2CpZB}$$

ile bulunur.

Ekonomik Sipariş Sayısı Ve Optimal Depolama Süresi: Dönemin ekonomik sipariş niceliği formülü bulunduğundan sonra, ekonomik sipariş sayısının, “ N_0 ” ve optimal depolama süresinin, “ T_0 ” saptanması yalın bir işlem biçimini alır. Ekonomik sipariş sayısı, “ N_0 ” şöyle hesaplanabilir:

$$N_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{C}{X} = \frac{C}{\sqrt{\frac{2CB}{E}}} = \sqrt{\frac{C^2}{2CB}} = \sqrt{\frac{CE}{2B}}$$

ya da

$$N_0 = \frac{1}{T_0} = \sqrt{\frac{CpZ}{2B}} = \sqrt{\frac{AZ}{2B}}$$

ile hesaplanır.

Yeniden Sipariş Noktası: Satın alma süresi bilindiğinde yeniden sipariş noktası (YSN) hesaplanabilir.

$$YSN = \text{Sipariş Süresi} * \text{Zaman biriminde istem miktarı}$$

II.4. OLASILIKLI (STOKASTİK) ENVANTER MODELLERİ

Bir mala olan istem zaman içinde sabit kalmaz. Yıllık, aylık ve günlük ortalama istem uzun bir dönem için sabit olabilir. Ancak günlük ve hatta aylık istem miktarlarının sabit olduğu düşünülemez. Çünkü bazı günler ve aylarda istenen miktarlar artabilir veya azalabilir. Durum böyle olunca gerçek istem düzeyinde bir değişkelik söz konusu olacaktır. bununla birlikte tedarik süresi de değişken olduğundan stok tükenmesi ile karşılaşılması doğaldır. Stok tükenmesinin önlenmesi yüksek bir maliyetle gerçekleştirilebilir. Bu maliyet genellikle istemdeki büyük dalgalanmaları ve beklenmeyen kötü durumları önlemek için elde tutulan fazla stoktan gelir. Elde tutulan

fazla stoklara güven (emniyet) stoku denir. Buna göre güven stoku, stok tükenmesini önlemek için elde tutulan fazla stoku ifade eder. Basit bir ifade ile güven stoku, sabit bir zaman döneminde en çok istem miktarı ile ortalama istem miktarı arasındaki farktır. Elde güven stoku tumanın amacı, normal koşullar altında meydana gelecek dalgalanmaları karşılamak ve stok tükenme giderlerini en aza indirmektir. Açıkça görüleceği üzere güven stoku işletmenin maliyetini iki yönde etkiler. Stok tükenme maliyetini azaltırken, stok bulundurma maliyetini artırır. Güven stoku bulundurma, yıllık sipariş sayısını ve siparişler arası süreyi ve sipariş noktasını değiştirir (Öztürk, 1997:350-351).

Olasılıklı envanter problemleri ile ilgilenen bir çok otorite bulunmaktadır. Silver'a göre bunların başında Enrhardt, Naddor, Schneider, Brown, Herron,, Kleijnen, ve Rens gelmektedir (Silver, 1981:635). Son yıllarda olasılıklı envanter sistemleri ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda olasılıklı envanter sistemleri ile ilgili yapılan tüm çalışmalar ve olası durumlar özetlenmiştir (Hax, Candae,1984-Peterson, Silver,1979).

Burada istem ve tedarik sürelerinin değişken olmaları durumundaki olasılıklı envanter modelleri üzerinde ayrıntılı biçimde durulmayacaktır. Yalnızca kısa ve genel bilgi verilecektir

Uygulamada olasılıklı envanter modelleri için iki envanter sistemi kullanılmaktadır. Bunlar,

1. Sabit sipariş aralıklı sistem veya P sistemi,
2. Sabit sipariş miktarlı sistem veya Q sistemidir.

I.4.1. Sabit Sipariş Aralıklı Sistem veya P Sistem

Sabit aralıklarla değişken miktarlarda sipariş verilir. Envanter durumu sabit aralıklarla gözden geçirilir. Gözden geçirme yapıldığında, envanter durumunu önceden saptanan hedef envanter düzeyine getirilmesi istenir. Hedef envanter düzeyi, gelecek gözden geçirme dönemine kadar olan istemi ve tedarik süresindeki istemi kapsayacak

biçimde ayarlanır. Envanter düzeyinin hedeflenen miktara getirilmesi için gerekli olan nicelikte sipariş verilir. Diğer bir deyişle, envanter sabit zaman aralıklarında gözden geçirilir ve siparişler envanteri önceden saptanan düzeye getirecek miktarda verilir. P sistemi bazen dönemsel gözden geçirme, sabit sipariş dönemli sistem veya yalın olarak dönemsel sistem olarak deyimlendirilir (Songür, 1990:353).

I.4.2. Sabit Sipariş Miktarlı Sistem veya Q Sistemi

Değişken aralıklar ile sabit miktarlarda sipariş verilir. Envanter durumu her işlemten sonra (veya sürekli olarak) izlenir. Envanter durumu önceden saptanan yeniden sipariş noktasına düştüğünde sabit bir miktar sipariş edilir. Sipariş miktarı sabit olduğu zaman, siparişler arası süre istemin rastlantısal doğasına göre değişecektir. Bir başka deyişle, ürünün sipariş miktarı her envanter döneminde aynıdır. Sipariş miktarı sabittir, ancak siparişler arası süre değişkendir. Q sistemi bazen sürekli gözden geçirme sistemi, Q sistemi olarak deyimlendirilir (Davis,Aquilano, Chase;1999: S.465).

Envanter sistemi toplam olarak deterministik olduğu ve sabit istem hızı kullanıldığı zaman Q ve P sistemleri birbirine çok benzer. Deterministik bir envanter problemi P ve Q sistemleri ile çözülmüşse karar değişkenleri yani ekonomik sipariş miktarları eşit değerli olurlar. Yani model deterministik olduğunda iki sistem arasında farklılık yoktur. P ve Q sistemlerin arasındaki farklılık model olasılıklı olduğunda ortaya çıkar. Farklılık da her sistemin istediği emniyet stoku miktarlarından gelir. P sisteminde emniyet stoku tedarik süresi boyunca talep değişmelerine bağlı olduğu halde, Q sisteminde emniyet stoku tedarik süresi ve sipariş aralıklarındaki değişmelere bağlıdır. Bunun sonucu olarak da P sistemi Q sisteminden daha fazla emniyet stokunu gerektirir (Öztürk,1997:351). P sisteminin işlevleri ise Q sisteminin işlevlerinden tamamen farklıdır. Bu farklılıklar şöyle özetlenebilir: (Songür, 1990:354).

1. P sisteminde yeniden sipariş noktası yoktur, hedef envanter düzeyi vardır.
2. P sisteminde ekonomik sipariş noktası yoktur, çünkü miktar isteme göre değişmektedir.
3. P sisteminde sipariş miktarı değil, sipariş aralığı sabittir

1.4.3. P ve Q Sistemlerinin Pratikte Kullanımı

P ve Q sistemlerinin her ikisinin de kendine özgü üstün yanları vardır ve bu iki sistemde pratikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler arasında seçim yapmak kolay bir iş değildir. Yöneticilerin deneyimleri bu noktada önem kazanmaktadır. Ancak P sisteminin Q sistemine tercih edilebileceği bazı durumlar bulunmaktadır:

1. Siparişlerin verilmesinin veya dağıtımının belirli aralıklarla yapılması gerektiğinde, P sistemi kullanılmalıdır. Örneğin: haftalık siparişlerle konserve yiyeceklerinin bakkallara dağıtımı.
2. Çok sayıda ürünün aynı tedarikçiye sipariş edilmesi ve hepsinin aynı yükleme ile gönderileceği durumlarda P sistemi kullanılmalıdır. Bu durumda tedarikçi ürünlerin bir siparişte birleştirilmelerini tercih edecektir. Örneğin: farklı renklerde boya, bir boya satıcısına sipariş edilebilir. Satıcı farklı renklerdeki boya ları farklı farklı zamanlarda ileteneğine hepsini sabit bir zamanda iletir. Burada aynı zamanda ölçek ekonomisi durumu da söz konusu olabilecektir.
3. P sistemi, sürekli envanter kayıtlarından elde edilemeyen birim fiyatı düşük ürünler için kullanılmalıdır. Örnek olarak üretim sürecinde kullanılan vida somunu veya cıvata verilebilir. Bu durumda örneğin, cıvata kutuları günlük veya haftalık olarak doldurulabilir. Kutunun boyutu hedef envanter düzeyinin belirler ve kutu, hedef envanter düzeyi miktarı kadar, sabit aralıklarla doldurulur. Envanterdeki her cıvata için ayrı ayrı kayıt tutulmasına gerek yoktur.

Kısaca P sisteminin avantajları düzenli olarak programlanmış envanter siparişleri ve daha az miktarda kayıttır. Ancak P sistemi Q sisteminden daha fazla güven stoku gerektirdiğinden, Q sistemi genellikle yatırımın güven stokuna bağlanmasına tercih edilmediği birim fiyatı yüksek ürünler için kullanılmaktadır. P ve Q sistemleri arasında tercih yapabilmek için yenileme zamanı, kullanılan kayıt tutma türü ve ürünün maliyetine özen gösterilmelidir.(Davis v.d. 1999: S.465-466)

Pratikte P ve Q envanter sistemlerinin karışımından oluşan karma sistemlerde bulunmaktadır. Buffa'nın (1975) "temel envanter sistemi" olarak nitelediği bu sistemlerden en yaygın olarak kullanılanı minimum/maksimum karar kuralları ve periyodik gözden geçirme sistemidir. Bu sistemde hem yeniden sipariş noktası minimum ve hem de hedef envanter düzeyi maksimum bulunmaktadır (Songür, 1990:356-358).

I.5. ENVANTER KONTROLÜNDE KULLANILAN MODERN TEKNİKLER

Günümüzde envanter kontrolünde, çoğunlukla bilgisayarla desteklenmiş ve birbirinin tamamlayıcısı niteliğinde bir çok teknik işletmeler tarafından kullanılmaktadır. Bu tekniklerin içinde en çok kullanılanları arasında, Ana Üretim Planlaması (MPS), Kapasite Gereksinim Planlaması (CRP), Materyal Gereksinim Planlaması (MRP), Üretim Kaynakları Planlaması (MRP-II), Tam zamanında üretim (JIT), Esnek imalat sistemi (FMS) ve Optimum üretim teknolojisi (OPT) sayılabilir (Rahimov, 1995:9). Bu kısımda MPS, CRP, MRP-II, FMS ve OPT hakkında çok kısa bilgiler verildikten sonra, MRP ve JIT daha geniş bir biçimde incelenecektir.

Ana Üretim Planlaması (MPS): Bir işletmenin ürününe duyulacak olası istemi ve üretimin tüm aşamalarında ortaya çıkacak envanter gereksinimlerini baz alarak son ürün için üretimi, üretim zamanı ve miktarı boyutunda planlayan bir tekniktir. MPS, firmanın ne üreteceğinin ayrıntılı olarak ve tek tek ürün düzeyinde planlanmasıdır. MPS son düzey parçalar, bitmiş ürünler, ya da planlama amaçlı kullanılan parçalar için gün ve miktarın belli olduğu planlanmış program bütünüdür.

Kapasite Gereksinim Planlaması (CRP): Üretimi gerçekleştiren ve işletmenin makine tezgah parkını oluşturan iş istasyonları için, planlanmış üretim miktarlarını belirledikten sonra envanter kalemlerinin planlamasını gerçekleştiren bir tekniktir. CRP aşırı yüklenmiş veya kapasitenin altında çalışan herhangi bir iş merkezini ortaya çıkararak, bir üretim programının, planlama bölümü tarafından iyi

düzenlenmesini sağlar. Bunu da sistemdeki her açık iş siparişini alarak ve bunlara bir seri hesaplama uygulayarak başarır.

Üretim Kaynakları Planlaması (MRP-II): MRP II kavramı veya kapalı devre üretim sistemleri kavramı 1970 sonrası yani 1980'li yılların başlarında zirveye ulaşılar. Gerçekte bunlar bir üretim örgütünde mühendislikten üretime kadar tüm işlemsel işlevlerin birleştirilmesi ve yönetim kültürünün tepeden aşağıya planlama disipliniyle değiştirilmesi için düşünülmüştür. Bu sistem geçmişte olduğu gibi şimdi de değişmeye karar vermiş firmalarda başarıyla uygulanmaktadır. Özellikle geniş ürün ağacına sahip olan ve kesikli üretim yapan üretim işletmeleri MRP II sistemlerinin büyük yararlarını keşfetmişler, müşteri hizmetlerini geliştirirken stoklarını azaltmışlardır. MRP II sistemi, işle ilgili planların hazırlanmasının yönetimine yardım etmek, ve gerekiyorsa mevcut duruma göre düzenlemeye yönelik bu planların uygulamasını kontrol etmek için geliştirilmiştir (Tunca, 1996:35).diğer bir deyişle MRP II, materyal, işgücü, makine ve sermaye gibi üretim için gerekli kaynakları, amaçlar doğrultusunda planlayan bütünleşik bir teknik olarak tanımlanmaktadır.

Esnek İmalat Sistemi (FMS): makine işlemlerinin planlama ve kontrolünü, bilgisayara dayalı entegre kontrol sistemleri ile birleştirmeyi amaçlar. Kavramsal olarak bu sistemler otomatik fabrika tanımına en yakın olan sistemlerdir.

Optimum Üretim Teknolojisi (OPT): Optimize üretim teknolojisi, tam olarak istemi karşılamamanın yanında, kapasite sıkıntılarını önlemek gibi öğeleri geliştirmenin bir aracı olarak 1970'li yıllarda İsrail'de geliştirilmiştir. Daha sonra Amerika'da ve daha bir çok ülkede uygulanmıştır (Dilworth,1992:505). MRP, MRP II ve JIT tekniklerinin veri tabanında bütünleştirilmesiyle oluşturulan üretim-envanter kontrol tekniğidir. OPT sistemi, en karlı ürün bileşimi, teslim tarihleri, güven stoku düzeyleri, darboğaz oluşturan tezgahlar gibi önemli ölçütleri kullanarak her faaliyet için öncelikleri belirler. Daha sonra mevcut işletme yükünü deneyerek, kapasite darboğazlarını saptar. En son aşamada ise, mevcut darboğazları göz önüne alarak her işletme için çizelgeleri hazırlar. OPT, darboğaz merkezlerinin çıktılarını maksimize edecek biçimde, hazırlık

zamanlarının bu bölgede minimum düzeyde tutulmasını gerektirir. Darboğaz olamayan merkezler ise darboğaz merkezlere uygun olarak programlanır.

1.5.1. MRP Sisteminin Envanter Kontrolünde Uygulanması

MRP sistemi üretim envanter yöneticilerine zamanlama ve uygun bilgi sağlar. MRP de kullanılan üç ilke , böyle bir çalışmanın yapılmasını kolaylaştırır. MRP yapılan envanter planlama ve kontrol çalışmaları, satın alınan ve üretilen envanterlerin sırasını planlar. Böylece MRP, ana üretim programı için envanter yatırımını minimize eder ve envantere ilişkin, “Ne sipariş edilecek?”, “Ne kadar sipariş edilecek?”, “Ne zaman sipariş edilecek?”, “ Ne zaman teslim edilmesi düşünülmeli?” gibi temel soruları yanıtlarak üretim yöneticisine yardım eder (Demir, Gümüsoğlu,1998:627).

Envanter çalışmalarının doğru olarak gerçekleştirilmesi için MRP sistemi, tüm envanter birimlerinin net gereksinimlerini saptar, zaman boyutundaki birimleri izler ve gereksinimlerini tam olarak karşılanmasını denetler. MRP sisteminde önemli bir aşama brüt gereksinimlerin net gereksinimlere çevrilmesidir. Bu çevirme sürecinde, belirlenen brüt gereksinimlerden eldeki envanter miktarları ve sipariş edilmiş miktar düşülerek net değerler hesaplanır.

MRP sisteminde, net gereksinimlerin değeri zaman boyutu içinde verilir. Daha sonra net gereksinimler planlanan siparişler ile karşılanır. MRP sisteminin saptadığı planlanan sipariş, ya aynen sipariş verilir ya da ekonomik sipariş miktarına göre düzenlenerek sipariş verilir. Böylece MRP’nin hedefi olan, bitmiş ürünlerin planlama gereğini yerine getirmek için “doğru parça, doğru zamanda” sağlanmış olur. Bunu başarmak için ister hammadde, ister parça, isterse bitmiş ürün olsun her parça için formal planlar hazırlanır ve bu planların aşırı stok, aşırı zaman, iş gücü ve diğer destekler olmaksızın gerçekleşmesi önemlidir. Bu nedenle MRP sistemi planların entegre edilmesini sağlar ve her son ürün için doğru sayıda parça ve her parça için doğru miktar hammadde planlanır.

Envanter durumu bilgileri, sistem tarafından kontrol edilen tüm materyal kodu, eldeki miktar, güven stoku miktarı, temin süresi, temin yeri gibi bilgilerin tutulduğu bir veri setidir. Bu dosya sisteme MRP tarafından kontrol edilen her elemanın kullanılabilirliği hakkında doğru bilgi sağlar. Sistem bu bilgileri oluşmuş ve planlanan tüm envanter hareketlerini kontrol edebilmek için kullanır. MRP yönetiminin dayandığı temel ilke, bağımsız istemi olan bitmiş ürünlerden geriye doğru giderek gerekli parça ve materyalleri tam gereksinim duyulduğu anda hazır bulundurmaktır. Bu yaklaşım stok kalemlerinin depoda bekleme süresini ve dolayısı ile elde bulundurma maliyetlerinin önemli ölçüde düşürür (Kobu, 1996:308). MRP süreci sonucunda, belirlenmiş dönemler için envanter maliyetlerini enküçükleyecek sipariş sayıları ve miktarları saptanır. Bunun yanında, gelecekteki stok gereksinimleri ve stratejik stok planlama bilgileri ortaya çıkar

1.5.2. JIT Sisteminin Envanter Kontrolünde Uygulanması

Bir işletmenin karlılığını etkileyen öğeler arasında stokların önemli bir yeri vardır. Daha önce tanımlanan sipariş, elde bulundurma ve elde bulundurmama maliyetlerinin yanı sıra stoklar kalite, verimlilik, işçilik vb. maliyet öğelerini de dolaylı yoldan etkiler. 1950-1986 yılları arasında ABD stok değerlerinin gayri safi milli hasılanın %22-25'i arasında değiştiği göz önüne alınırsa, ekonomide taşıdıkları ağırlık daha iyi anlaşılır (Kobu, 1996:311).

JIT, işletmenin bütününde zaman ve kaynak kayıplarının önlenmesi ve yok edilmesi yoluyla iş verimliliğinde önemli ölçüde ve sürekli iyileşmeyi amaçlayan bir stratejidir. Önce sat, sonra üret sloganıyla özetlenebilen bu sistemin hammadde, yarı işlenmiş, tam işlenmiş mallardan oluşan gereksiz stoklar ortadan kalkar. JIT'te sıfır hata, sıfır hazırlık zamanı, sıfır stok, sıfır taşıma, sıfır arıza ve sıfır bekleme zamanı hedef alınır. Envanter düzeyinin azaltımı için uğraştığından stoksuz üretim veya sıfır stok gibi isimlerle de bilinen JIT, üretim kaynaklarının optimum kullanımı ilkesine dayanır.

Az stokla çalışan bir şirket, finansman, taşıma ve stok kontrol önemli indirim sağlayabilir. Çünkü stok'a daha az sermaye ayrılacağı gibi stok kontrolü için daha az

kişi istihdam edilecek ve stok için daha küçük alan kullanılacaktır. Ayrıca JIT, daha iyi kalite kontrol sonuçları verebildiği gibi tekrar işlem, tamir ve materyalin gereksiz kullanımı maliyetlerini ve müşteri şikayetlerini azaltabilir (ztrk, 1997:372).

Materyal ihtiyaç planlamasında istem kesintili ve partiler halindedir yani önceden tespit edilmiş ve hesaplanmış sipariş dönemleri ve miktarları için geçerli olur. Yani burada oluşan istem belirlirli, bağımlı ve kesintili olmaktadır. Tam zamanında üretim de gerekli unsurların gerekli miktarda ve gerektiği zamanda üretimini olanaklı kılacak bir sistem olarak belirtilmektedir. Dolayısı ile JIT sistemde üretimler tahminlere göre değil, gerçek ve belirli ihtiyaçlara göre başlatılmakta, hammadde ve malzemeler gerektikleri anda işletmeye gelmektedir. JIT yaklaşımının istemi burada MRP'deki bağımlı istem gibi olmaktadır. Burada retim süreci içinde yer alan faaliyetlerin tümünü harekete geçiren unsur bağımlı talep olmaktadır.

1.5.3. Kanban Yönteminin Envanter Kontrolünde Uygulanması

Kanban sistemi, ilk kez 1953 senesinde Toyoto fabrikasında uygulanmıştır. Bu bakımdan yaklaşık olarak 1970'lerin ortalarında Japon işletmelerinde uygulanmaya başlayan JIT modelinin en eski ve en önemli parçasını oluşturmaktadır. Kanban yalın bir tanımlama ile iş akışında kullanılan plastik, metal ya da tahtadan yapılmış bir karttır (Tekin,1996:46).

Tam zamanında üretim, yalnızca gerekli parçaların, gerekli olduğu miktarlarda ve gerektiği zaman üretilmesi olarak tanımlanmaktadır. retilimi Tam Zamanında gerçekleştirebilmenin n koşulu ise, tüm süreçlere ne zaman ve ne miktarda üretim yapacaklarını zamanında bildiren bir bilgi sisteminin kurulmasıdır. Tam Zamanlı retim ortamında bu işlevi gerçekleştiren sistem Kanban sistemidir.

Kanban sistemi, Tam Zamanlı retim ortamında materyal hareketlerinin kontrolü ve bu bağlamda üretim etkinliklerinin planlanması amacıyla kullanılan yeni bir üretim kontrol (izelgeleme) yaklaşımıdır.

Üretim kontrol sistemleri, çeken sistemler ve iten sistemler olmak üzere iki temel grupta sınıflandırılabilir. Klasik sistemler “iten sistemler”dir. Bu sistemde üretim ve envanter kontrolü öngörülen istem değerlerine dayanır; bu değerlere göre üretim çizelgesi saptanır; zaman içinde bu çizelge gözönüne alınarak üretim yapıldığı için, iten sistemler çoğu kez “çizelgeye dayalı sistemler” ya da “çizelgenin ittiği sistemler” olarak da adlandırılır. Bu ortamda, üretim süreçleri her zaman bir sonraki sürecin gereksinimini karşılayacak biçimde üretim yaparlar. Ancak bu durumda, üretim süreçlerinden birinde oluşan bir sorundan ya da istemdeki dalgalanmalardan kaynaklanan değişikliklere hızla uyum sağlamak kolay değildir. Bu nedenle klasik sistemlerde üretimin sürdürülebilmesi için yüksek ara stoklarla çalışmak kaçınılmaz olmaktadır.

JIT sistemleri ise “*çeken sistemler*”dir. Çeken sistemler, sonraki süreçlerin önceki süreçlerden, yalnızca tükettikleri miktarda ve zamanda parça istemde bulundukları ve çektikleri sistemlerdir ve bu nedenle istemin çektiği sistemler olarak da tanımlanırlar. Çeken sistemlerde, üretim çizelgesi yalnızca son üretim sürecine gönderilir. Hangi ürünün ne zaman ve ne miktarda üretileceğinin son süreç tarafından bilinmesi, bu sürecin önceki süreçlerden kendine gereken parçaları çekmesini sağlayacaktır. Çeken sistem olarak tanımlanan tam zamanında üretim sistemlerinde kullanılan üretim kontrol aracı kanban sistemidir.

Çekme sisteminin uygulandığı sistem “*kanban sistemi*” olarak bilinir. Kanban sistemi bir çekme sistemi olup, MRP’den farklı olarak her iş istasyonunun stok durumunu incelemek için karmaşık kağıt işlemine veya bilgisayar çıktılarına gereksinim duyulmaz. İki iş istasyonu arasındaki kartlar azaltılırsa otomatik olarak işlem içindeki stok miktarını da düşürmüş oluruz (Öztürk, 1997:373).

Kanban sisteminde, hangi parçadan ne kadar üretileceği “*kanban*” adı verilen kartlar üzerinde belirtilmiştir. Kanbanlar her zaman üretim akışına ters yönde ancak fiziksel birimlerle birlikte sondan başa doğru hareket ederek üretim aşamalarını birbirine bağlarlar. Üretim aşamalarının bu biçimde birbirine bağlanması sonucunda ise, yalnızca gereken parçalar, gerekli olan miktarda ve gerektiği zaman üretilmekte ve

aşamalar arasında ara stoklara gerek kalmamaktadır. Bu zincirin, işletme dışında satıcılara kadar uzatılması durumunda ise, hammadde stokları da kaldırılmış olacaktır.

Sonuç olarak JIT sistemi stoktaki azalma ile fabrika alanında %15-45 arası bir yer kazanımı, işgücü verimliliğinde %50-80 arası gelişme ve iş hazırlama süresinde %20-50 bir iyileştirme sağladığı çeşitli araştırmalarla doğrulanmıştır. Örneğin, Arthur Anderson şirketinin son bulgularına göre JIT sistemi, ortalama stok işleminde %90, hazırlık zamanında %75, hurda ve tekrar işlemlerde %80, fabrika ve depo alanında %50, dolaylı ve dolaysız işgücü istihdamında %20 azalma sağlamaktadır (Öztürk, 1997:374).



İKİNCİ BÖLÜM

DİNAMİK PROGRAMLAMA

II. DİNAMİK PROGRAMLAMAMANIN GENEL YAPISI

Endüstriyel kontrollerde, optimizasyon iyi belirlenmiş matematiksel işlemlere bağlıdır. Optimizasyon seçilen bir çok optimallik ölçüleri içinde en olumlu ve kararlı olan yolun bulunmasıdır. Optimallik ölçüleri performans indeksleri olarak adlandırılır. Optimizasyon için minimize edilecek ya da maksimize edilecek performans indekslerine gereksinim duyulur. Optimal kontrol ve optimizasyon kuramı belirli bir düzeye ulaşmış olmalıdır ve aynı zamanda optimalliğin kararlılığını gösterecek bir çok kuramsal araçlara sahip olmalıdır. Bu araçların belli başlıları, dinamik programlama, doğrusal ve doğrusal olmayan programlama, işlevsel analizlerdir. Optimizasyon işleminde belli bir amaç için en iyi ve en uygun bir noktanın bulunması gerekmektedir (Funk,1998:1).

İşletme problemlerini düşünüş biçimlerinin yeni yollarının yöneticiler tarafından benimsenmesi, yeni tekliflere ve pratik gelişmelere yol açmıştır. Bilimsel yönetim, yakın zamanlarda, teorik olarak, iş adamlarının da gerçek katkıları ile beraber gelişmiştir. Bu yaklaşım daha bir çok yeni yaklaşımın ortaya konmasına neden olmuştur. Temel amaç işletmeleri problemlerini çözmede ve hedeflerine ulaştırmada en etkili yolun bulunması ve etkili kararların alınmasıdır. Karar verme alanlarında yol gösterme sorumluluğu yöneticiler tarafından şiddetli olarak hissedilmiştir. Yöneticiler, işletme analizine ilişkin gelişmelere ve analizlere açık olmuşlar, bilim adamlarının ve uzman kişilerin görüşlerine önem vermeye başlamışlardır. Karar verme tekniklerinin işletmelerde uygulanması daha kolay olmuş ve etkili sonuçlar alındığı görülmüştür.

İşletme problemlerinin çözümündeki en iyi yaklaşım, yöneylem araştırması alanlarında istatistiksel ve matematiksel formülleri kullanan çalışmalar olmuştur. yöneylem araştırması sadece matematiksel modelleri karar almaya uygulamakla kalmaz, genel bir şekilde matematik dilinden de yararlanır. Yöneylem araştırması, büyük örgütlerin kompleks olan işletmelerinin incelenmesinde bilimsel yöntemin uygulanmasıdır.

İşletmecilik alanındaki belirli hedefler göz önünde tutulursa, yöneylem araştırması, yüksek düzeydeki yöneticilere bu tür örgütlerin asıl amaçlarına ulaşmaları için, onların çalışmalarındaki etkinlik derecelerini artıracak kararların alınmasında önemli bir temeli oluşturur.

O halde, kısaca yöneylem araştırması, işletme problemlerinin çözümlenmesinde matematiksel tekniklerin uygulanmasıdır, denilebilir. Yöneylem araştırması bu tekniklere yabancı olmadığı gibi, konuda tek başına da değildir. Çünkü işletmenin ekonomik ve finansal alanlarına bakan yöneticisi, endüstri mühendisi ve yöntem mühendisi çeşitli derecelerde matematiksel teknikleri uygulayarak. Buna karşılık, bu bilimi ötekilerden ayıran ve farklılaştıran en önemli özellik bilimde uygulanan yöntemdir. Literatürde bu yöntem üzerinde birlik gösteren bir tanım ile karşılaşmamakta, bilim adamları kendi görüşlerine göre tanımlamalarda bulunmaktadır (Demir, 1972:2). Yöneylem araştırması, yönetim kararlarının etkinliğini artırmak için kullanılan bir araç olup, karar vericinin subjektif duygusuna objektif bir tamamlayıcı görevini görür (Demir, 1973:16). Yöneylem araştırması, statik ve dinamik tüm işletme problemleri ile ilgilenmelidir. Uygun modellerle objektif çözüm yolu sağlama amacını taşıyan doğrusal programlama problemleri çok geniş kategori içinde gruplandırılabilirler. Bütün bu problemlerin ortak özelliği “statik” olmalarından ileri gelmektedir. Ulaştırma, atama, simpleks gibi yöntemlerin kullanılması ile çözümlenen doğrusal programlama problemleri, belirli anda oluşan belirli durumlara ilişkindir. Ancak ekonomik yaşantıda, doğrusallık varsayımının olmadığı problemler vardır. Doğrusal olmayan problemlerin çözümünde, Langrag çarpanları, Doğrusal olmayan programlama, Quadratik programlama gibi bir çok teknik kullanılmıştır. Statik doğrusal programlama modellerinin diğer bir tipide “Skotastik Doğrusal Programlama” yada “belirsizlik altında doğrusal programlama” dır.

Doğrusal programlama problemi ile değişimler zamana göre incelenecekse, objektif çözümü sağlamada bu teknikler yeterli olmayacaktır. Bu durumda problemin tanımlanmasında zaman faktörünün varlığına göre daha uygun yaklaşımın kullanılması gerekir. Ele alınan modelin parametreleri zamanla değişme gösterdiğinde, o modele “Dinamik”tir denilebilir. Bu problemlerin zamanın fonksiyonu olduğu kabul edilebilir.

Dinamik durum için uzun süreyi kapsayan optimal bir politikanın tanımlanması büyük güçlüklerle doludur. Bir problemin açıklanmasında zaman faktörü rol oynuyor ise, uygulanacak en iyi yaklaşım “Dinamik programlama olur (Demir, 1974:297). Dinamik programlama modeli, karar verme sürecinde belirli bir zaman aralığı üzerinde kurulması açısından diğer modellerden farklıdır. Zaten dinamik kelimesinin kullanılması da modelin zamanla içice olmasındandır.

Dinamik programlama, bazı sorunların optimal sonucunu bulmada kullanılan güçlü, esnek yöntemidir. Matematik modellerin bir çoğu (doğrusal programlama, kuadratik programlama, tamsayılı programlama, konveks programlama vb.) özel matematiksel sorunların işlevlerinin optimizasyonu (eniilenmesi) ile ilgilidir. Dinamik programlama ise bir teknikten çok optimizasyon yaklaşımıdır. Dinamik programlama kuramı büyük ölçüde R.E. Bellman tarafından geliştirilmiştir. Onun geleneksel yapısı (Bellman, 1957) halen konuyu en iyi açıklayan yapıttır ve yüzlerce araştırmaya kaynak oluşturmuştur (örneğin; Denardo, 1987; Whittle, 1983). Bu kuramın en çok uygulandığı belli başlı konular ise, kuyruk kuramı, iletişim ağı, tedarik politikası, envanter yönetimi ve pazarlama sistemidir (Baxter, 1995:353).

1960-1970’li yıllarda özellikle ABD’de dinamik programlama büyük adımlarla gelişme göstermiştir. Dinamik programlama kuramı A. Wald’ın “sıralama analizi kuramı” ile yakından ilgili bulunmaktadır. Daha geniş açıklamalar Amerikalı matematikçi R. Bellman’ın dinamik programlama yapıtında ve çok sayıda makalelerinde, H. Simon, S. Karlin, F.Modigliani, F. Hohn ve K.J. Arrow’un çalışmalarında bulunabilir. Uygulamada ise dinamik programlama ile ilgili en iyi örneklerden birini A. Vazsonyi vermektedir (Demir,1974:298). Dinamik programlamayı son yıllarda çalışmalarında kullanan ve uygulayan bir çok bilim adamı vardır. İnceleme yapanlar; Richard H. Day vd.(1974), Amos Tvesky ve Daniel Kahneman (1974, 1982), J. Bradford DeLong ve Lawrence H. Summers (1986), Campbel ve Mankiw (1990), Beth Fisher Ingram (1990), Anthony A. Smith, Jr. (1991), Kenneth G. Binmore vd. (1992), Glean Ellison ve Drew Fudenberg (1993), Robert W. Rosenthal (1993), Reza Moghadam ve Simon Wren-Lewis (1994), Jonathan B. Berk ve Eric Hughson (1996), Per Krusel ve Smith (1996), Lusardi (1996),

John Conlisk (1996), Steven Pinker (1997) belli başlı gösterilebilecek çalışmalardır (Lettau, Uhlig, 1999:148).

Bir seri kararların alındığı problemlerin içinde optimal bir stratejinin bulunduğu problemlerin çözümünde dinamik programlama modeli kullanılır. Bu teknikte optimalite felsefesi üzerine kurulmuştur ve ilk olarak Bellman tarafından 1957 yılında ele alınmıştır. Bellman dinamik programlama modelini şöyle ifade etmektedir: “bir optimal politika kararı, başlangıç durumu ve ilk karar ne olursa olsun, daha sonraki verilecek olan kararlar ilk verilen kararların sonucunda ulaşılan durum göz önüne alınarak verilmelidir” (Bellman, 1957:83).

Verilmiş bir problemin çözümüne genellikle, uygun bir matematik modelinin kurulmasından sonra geçilir. Modelin kurulması sırasında, amaç işlevi ve sınırlayıcı koşulların seçilmesi, değişkenlerin sayı ve özellikleri, yapılacak varsayımlar büyük ölçüde modeli kuranların bilgi ve deneyimlerine bağlı olmaktadır. Esasen benzer bağımlılık modelinin çözümü sırasında da söz konusudur. Çözüme geçmeden önce bir çok durumda problemin yeniden düzenlenmesine ve uygulanacak çözüm yöntemine uyarlanması ya da bazı değişken dönüşümü işlemlerinin yapılmasına gerek duyulmaktadır.

Aslında dinamik programlama da böyle bir dönüşüm ile ilgilidir. Burada ele alınan problemler bir bütün olarak değil, daha az sayıda değişkenler içeren küçük problemlere dönüştürülür. Bu amaçla çok aşamalı bir karar süreci, tek aşamalı problemler dizisine çevrilebilir. Yani optimize edilmesi istenen bir problem, adım adım optimize edilecek küçük ve tek değişkenli problemlere ayrılabilir. Esas ilke, bir optimum kararlar setinin özelliği, ilk verilen karar ne olursa olsun, geri kalan kararların ilk verilen kararların sonucuna göre optimum olması gerektiğidir (Tulunay, 1980:614).

Dinamik programlama, büyük ve çok sayıda karar değişkeni olan sorunları, ardışık küçük sorunlara bölerek çözmek için geliştirilmiş bir yöntemdir. Yöntemin bir çok uygulamasında zaman içinde ardışık kararlar bulunması diğer bir deyişle modelde zaman değişkeninin açık olarak ele alınması, yöntemle “dinamik” adının verilmesine neden

olmuştur. Dinamik programlamada her alt sorun ayrı ayrı izlenerek ele alınır ve sonuçta tüm sorun optimal olacak biçimde çözülür (Tütek, Gümüőğlu, 1994:333). Bu durumda “dinamik programlama, dinamik nitelikteki çok aşamalı karar problemlerinin optimum çözümüne yardımcı olan bir matematik teknik veya yaklaşım türü olmaktadır.(Doğan,1985:122) O halde Dinamik Programlama “sıralı kararların yapılması zorunlu olan büyük ve karmaşık sorunlara uygulanacak kantitatif analiz tekniğı”dir (Render,Stair1997:780).

Optimizasyon modelleri felsefesi ile yapılmak istenen iş, karar değişkenlerinin belirli bir amaç işlevi maksimize ya da minimize edecek değerlerin bulunmasıdır. Dinamik bir modelde sorun genellikle bir değişim kalıbı temelinde değişkenlerin zaman içinde optimal politikalarının ortaya çıkarılmasını içerir (Chiang, 1990:417).

Optimizasyon işlemi için amaca uygun bir çok kuramsal araç kullanılabilir ise de, bunların içinde sorunun türüne göre biri kullanılmalıdır. Bu tekniklerin birbirlerine göre bazı üstünlükleri vardır. Burada kullanılacak karar analizlerinde ardışık karar sorunlarını çözmeye etkili bir yöntem olan dinamik programlama, optimizasyon işleminde çok kullanılan doğrusal programlama ile optimallik amaçları bakımından (kaynakların verimli ve optimal kullanılması gibi) benzer olmasına karşın, birbirleri ile aralarında önemli farklılıklar vardır.

Dinamik programlama kalıp ve kavram olarak doğrusal programlamadan biraz farklıdır. Doğrusal programlama kavramsal olarak daha güçlü, ancak hesaplama bakımından daha zayıftır (Howard,1996:320).

Doğrusal programlama statik karakterlerde olduğu halde, dinamik programlama dinamiktir. Doğrusal programlama, problemleri belirli bir anda gerçekleşmekte olan belirgin bir duruma ilişkindir, yani doğrusal programlama, tek-aşama(biranlı dönem) çözümleri veren yöntemdir. Oysa, ticaret ve endüstride daha karışık problemlerin çözümlenmesi gerekmektedir ve bunlar zaman itibariyle dinamik karakterlidir. Dinamik

programlama, bu tür sorunların çözümüne yardımcı olabilmektedir; çünkü uzun dönemi kısa dönemlere bölerek optimal sonuca ulaşma gücü bulunmaktadır.

Doğrusal programlama varsayımları (doğrusallık, toplanabilirlik, bölünebilirlik) modeli oldukça kısıtlar. Bu varsayımlara uyan karar sorununun doğrusal programlama ile çözümlenmesi simpleks yoluyla çabuk ve ucuz olmaktadır. Buna karşın dinamik programlamayla çok daha çeşitli sorular ve ilişkiler modelleşebilir. Ancak dinamik programlama sorununun çözümünde genelde kabul edilmiş bir algoritmanın olmaması modelin çözümünde zorluklar ortaya çıkarabilir. Ele alınan her sorun için sorunun yapısına uygun eşitlikler geliştirilmelidir. Bu yüzden yöntem belirli düzeyde yaratıcılık ve görüş yeteneği gerektirmektedir (Tütek, Gümüšoğlu, 1994 :334). Daha açık bir anlatımla Dinamik Programlama'da, doğrusal programlamanın simplex yönteminde olduğu gibi tüm sorunları çözmeye programlanabilecek bir algoritma bulunmamaktadır. Bunun yerine zor sorunların sıralı kolay alt-sorunlara bölünmesiyle aşama-aşama değerlendirmeye yer veren bir teknik olmaktadır.

Dinamik programlama, her problemi ayrı ayrı ele alır ve bunların fonksiyonel denklemini kurarak, bu denklemin çözümünü araştırır ve başka problemlere uygulanabilme olanağını belirler. Bu tür problemler arasında üretim planlaması, yerine koyma, standartlaştırma, açık artırma, envanter kontrolü, pazarlama ve yatırım planlaması gibi konular yer alır (Demir, 1974:14). Dinamik programlamanın en fazla uygulandığı işletme sorunları da aşağıdaki biçimde sıralanabilir (Tütek, Gümüšoğlu, 1994 :334):

- i. Yeniden sipariş kurlarının belirlenmesinde zaman ve nicelik değişkenlerinin saptanması,
- ii. Değişen istem koşullarında üretim programlaması ve işgücü düzenlemesi,
- iii. Pahalı araç ve gerecin etkin biçimde kullanılmasını garantilemek üzere yedek parça düzeyinin belirlenmesi,
- iv. Yeni alanlara kaynak dağıtımını yapan sermaye bütçelemesi,
- v. Ürünleri halka geniş ölçüde tanıtabilmek için reklam araçlarının seçimi,
- vi. Değerli bir kaynağın bulunmasında sistematik aramanın yapılması,

- vii. Karmaşık makinelerin bakım onarımının programlanması,
- viii. Eskiye donanım ve makinelerin yenilenmesi için uzun dönem stratejilerinin saptanması,
- ix. Çeşitli materyaller için (genellikle rula türü kağıt, boru vb.) kesme kalıplarının belirlenmesi,
- x. Endüstride kullanılan robot gruplarının plan sırasını, görev ve denetiminin optimal performansını sağlayan yörüngelerinin belirlenmesi (Cao,Dodds,1998:2),
- xi. Tarımsal işletmelerinin artan birçok problemlerinin çözümlenmesi (Taylor,Duffy,1994:1,2),
- xii. Hayvan çiftliklerinin geliştirilmesinde net karın optimalliğinin sağlanması (Hall,Kaiser,Blake, 1996:1).

II.1. DİNAMİK PROGRAMLAMAMANIN TEMEL KAVRAMLARI

Dinamik programlamada sürekli olarak kullanılan sembol ve terimleri ele almak ve açıklamak problemleri daha kolay formüle etmek ve çözmek açısından yararlı olacaktır. Basit bir ağda en kısa yolun bulunması probleminde bu sembol ve terimlerin kullanımı incelenebilir.

II.1.1. En Kısa Yol Problemi (Hasting,1973:72).

Çizim II.1.de daire ile gösterilen şehirlerden ve şehirler arası yolların gösterildiği bir ağdır. Yolların uzunluğu üzerinde gösterilmektedir. A'daki bir adam H şehrine olanaklı en kısa yolu kullanarak gitmek istesin. O daima soldan sağa doğru gösterilen oklar doğrultusunda hareket etmek zorundadır. Onun gitmesi gereken yol hangisidir?

Burada yalnızca bu problemi çözmek değil, aynı zamanda benzer tipteki tüm problemleri çözmek için bir yöntemin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Yapılan yaklaşımın aynı yapıdaki bir çok problemi gösterecek sistem terminolojisinin esaslarına uzanması

gerekmektedir. Bu nedenle ilk olarak dinamik programlama terminolojisi ve yorumu ele alınacak, sonra en kısa yol örneğinin zaman içindeki değişimi incelenecektir.

Durum: bir sistemin bir noktasına denk gelir ve aynı özellikli durumlar bir düzeyde belirtilir. Bir anlamda bir durum belli özellikleri gösteren bir etiket olarak belirtilir. En kısa yol probleminde her bir şehir bir durumu belirtir.

Aşama: dinamik programlama bir durumdan başka bir duruma geçmedeki bir seri hareketlerin içine alındığı süreçle ilgili olan bir sistemdir. Bir aşama bir sürecin içindeki bir tek adımdır ve aynı özellikli durumlardan komşu durumlara geçişi ifade eder. Kısaca aşama, süreçteki tek bir basamaktır. Çizim II.1’de bir şehirden yandaki şehirleri içeren durumlardan birine ulaşmanın hareketi bir aşamayı kapsar. A’dan H’ye bütün yol üç aşamadır.

Hareket: her bir durumdan başka durumlara yapılması gereken bir çok olanaklı hareketler vardır. Örneğin; C durumunda en kısa yol problemi içinde E, F veya G’ye gidile bilecek üç olanaklı hareket vardır ve dinamik programlama problemin çözümü istenilen amaca göre en iyi hareket dizisinin seçimini, içerir.

Politika: durumların hepsinin içinde olduğu söz konusu olan hareketler topluluğudur. Verilen koşullarla uyum içinde olan hareketlerin en iyisi optimal bir politikadır. Diğer bir deyişle karar sürecinin tüm aşamalarını kapsayan belirli seçenekler dizisi veya seti “*politika*”, karar vericinin amacını gerçekleştirecek optimum seçenekler dizisi de “*optimum politika*” diye adlandırılır.

Getiri: getiri bir sürecin bir aşamasından meydana getirilen bir sistemdir. En kısa yol probleminde bir şehirden diğerine geçişte katedilen uzaklıktır. Getiri genellikle kazanç, maliyet, yapın üretimi yada kaynak tüketimi olabilir.

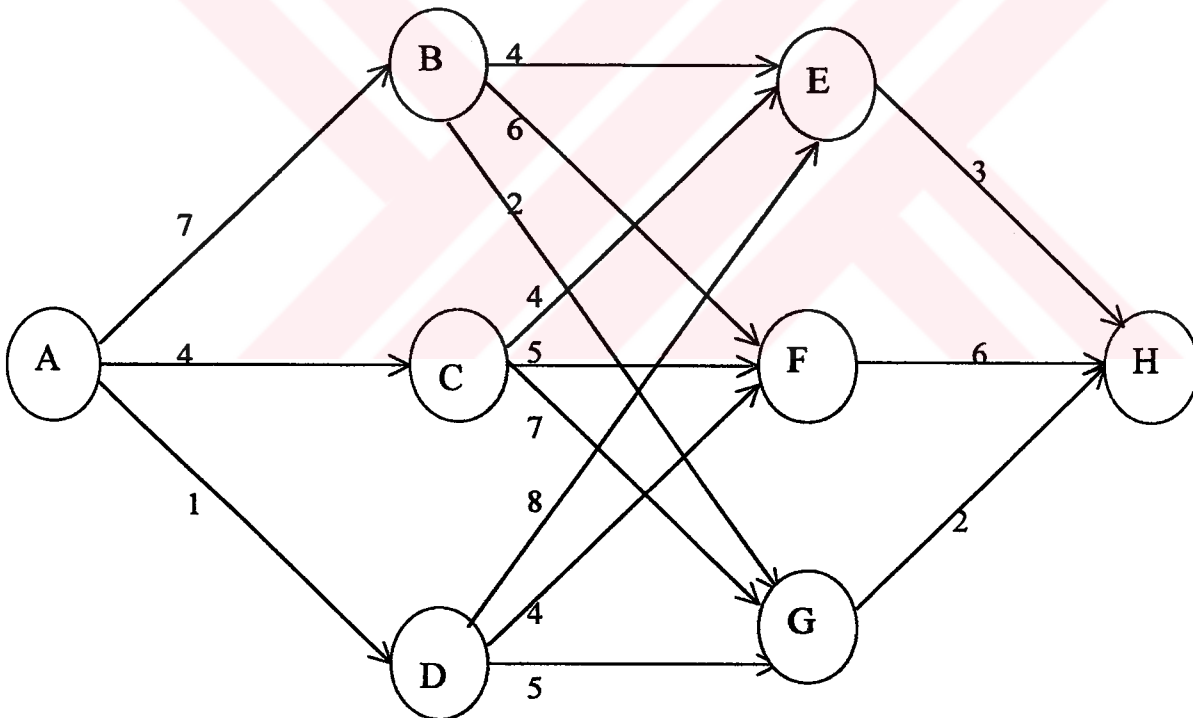
Durum değeri: durum değeri, sistem o durumdan başlayıp özel bir politika izlediğinde ortaya çıkan getirilerin toplam bir işlevidir. En kısa yolda veriler bir politika

altında bir durum değeri o politika izlendiğinde o şehirden son şehire ulaşmadaki uzaklığa denk gelir. Değer, süreçteki aşamaların optimal uzaklıklarının toplamı ile belirlenir. Optimal politika altında durum değeri optimal değerdir.

Optimallik ilkesi: optimal politika öyle bir özellik taşımalıdır ki, bir duruma nasıl erişildiği göz önüne alınmaksızın sonraki kararlar, o durumun terk edilmesinden sonra optimal bir politikayı oluşturmalıdır.

II.1.2. En Kısa Yol Probleminin Ağ Gösterimi

Çizim II.1'deki ağ en kısa yol probleminin uygun bir gösterim biçimidir. Genellikle sistemin durumları ağın için de düğümlerle, olanaklı hareketler çizgilerle ve çizgilere denk düşen getiriler sayılarla gösterilir. Bir başlangıç düğümünü (kaynak) kendine götüren bir ok yoktur ve son düğüm kendisinden çıkan bir oka sahip değildir.



Çizim II.1. En Kısa yol Problemi (Hasting,1972:73)

Algoritmanın içindeki benzer konumda olan durumlar seti $U(n)$, $n=1,2,3,...,m$ ile gösterilir ve $U(m)$ tüm başlangıç durumlarının seti olarak kabul edilir. $U(0)$ ise ulaşılacak

en son setdir ve $U(n)$ setindeki bir düğümden çıkan her çizgi $U(n-1)$ setindeki bir düğüme bağlanır. Çizim II.1. içinde durumlara ilişkin setler aşağıdaki gibi gösterilebilir.

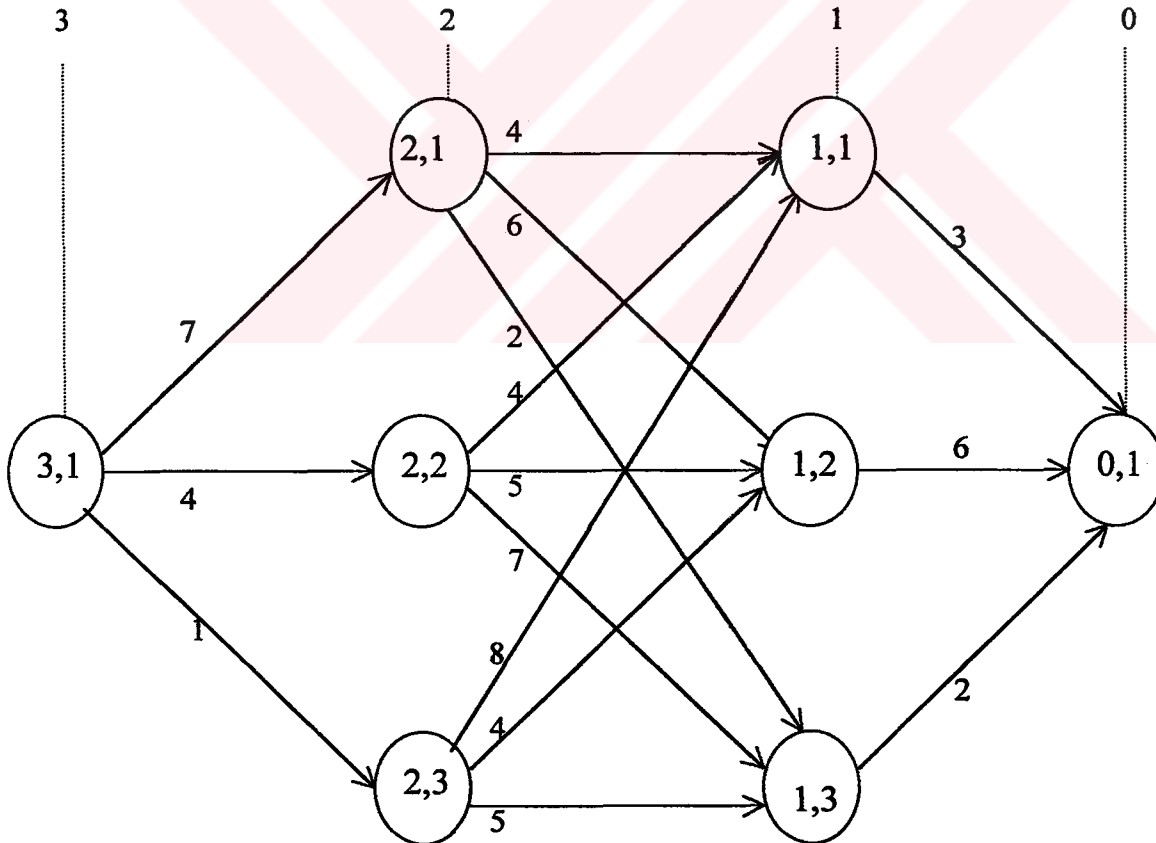
$$U(0)=\{H\}$$

$$U(1)=\{E,F,G\}$$

$$U(2)=\{B,C,D\}$$

$$U(3)=\{A\}$$

Çizim II.1.'de değişik durumlar harflerle (A,B,C,vb.) gösterilmektedir. Hesaplama yaparken aşama ve durumlar sayılarla gösterilecektir. Aşama değişkenleri "n" ulaşılan son duruma ilişkin aşamanın sayıları ile gösterilir. Bu yüzden $U(n)$ seti içindeki durumların hepsi aynı aşama sayısı ile gösterilir. Genellikle n. aşamadaki birinci durum, (n,i) durumu olarak adlandırılır. En kısa yol problemi için bu durum sayıları ile Çizim II.2'de gösterilmektedir. Aşamalandırılmış durumların seti aşağıdaki gibidir.



Çizim II.2. Şehirlerin durum ve aşama numaraları ile gösterildiği en kısa yol problemi.

$$U(0) = \{(0,1)\}$$

$$U(1) = \{(1,1), (1,2), (1,3)\}$$

$$U(2) = \{(2,1), (2,2), (2,3)\}$$

$$U(3) = \{(3,1)\}$$

Genellikle her hangi bir durumda olabilecek k hareketlerinin bir K seti vardır. Çoğu zaman özel bir (n,i) durumunda ulaşılabilir hareketlerin seti tam olarak belirtmek istenilir ve K_{ni} biçiminde ifade edilir.

$$K_{ni} = \{1, 2, 3, \dots, k, \dots, k_{ni}\}$$

En kısa yol probleminde bir durumdan yapılabilecek k hareketleri k yol içerir ve $(2,1)$ durumu için sırasıyla 1,2,3 hareketleri sırasıyla $(1,1), (1,2), (1,3)$ durumlarına ulaşmakla sonuçlanır. Bunlardan optimum sonuç $J_n(s)$ ile gösterilir.

Bir hareket (n,i) durumundan ulaşılacak durumlar arasındaki uzaklıkla ilgilidir ve uzaklık (n,i) durumu ve k hareketi ile $r(n,i,k)$ olarak gösterilir. Çalışmada bu kısaca C_{ij} ile gösterilecektir.

O halde problemin işlevsel eşitlik biçiminde gösterimi :

$$f_n(i) = \min [C_{ij} + f_{n-1}(j)] \text{ olur. Burada;}$$

$f_n(i)$: Problemin minimum kılınmak istenen amaç işlevini gösterir. Bu işlev 'getiri' veya ödeme işlevi diye de adlandırılır ve i durumunda bulunulduğunda ve hedefe varmak için n aşama varken minimum uzaklıktır.

C_{ij} : i durumundan, j durumuna seyahat etmenin (ulaşmanın) minimum uzaklığıdır.

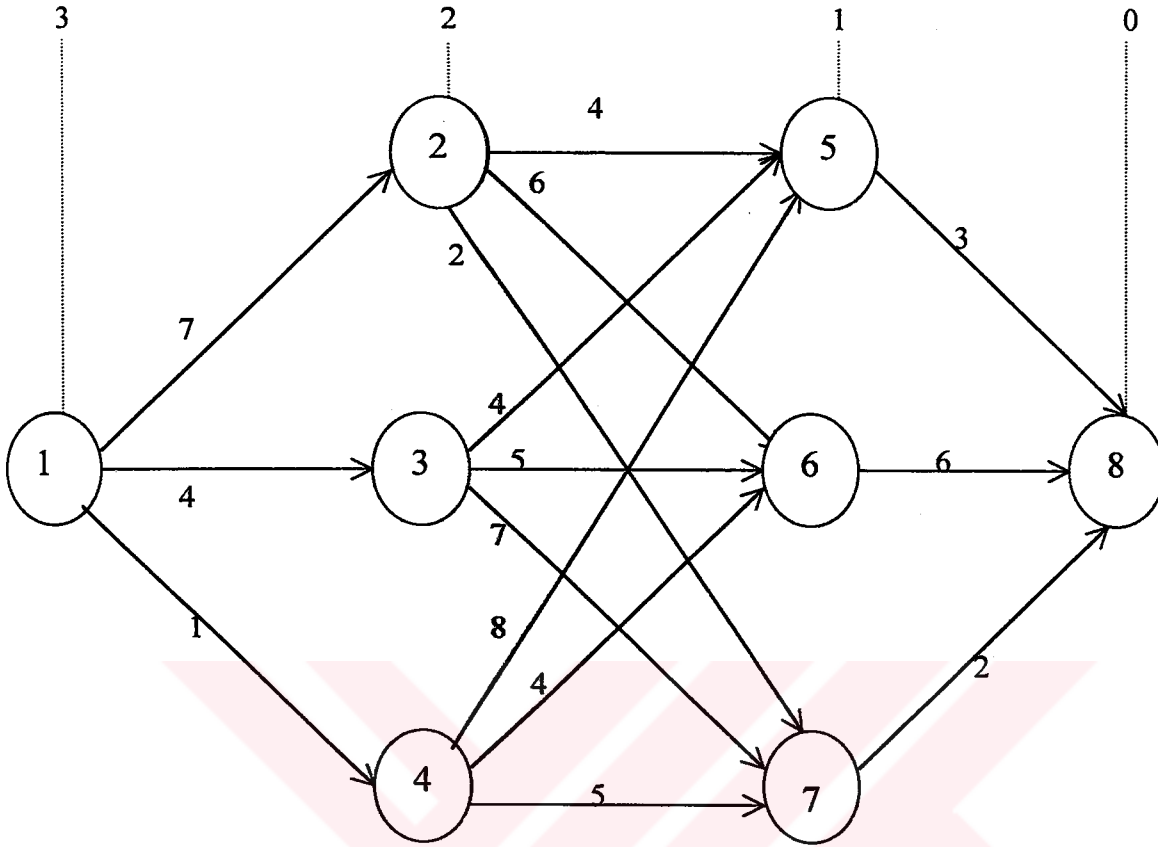
$f_{n-1}(j)$: j durumuna gelindiğinde, hedefe $n-1$ aşama varken gidilmesi gereken uzaklık miktarıdır. $j_n(i) = f_n(i)$ ile sonuçlanan karar.

II.1.3. En Kısa Yol Probleminin Çözümü

Problemin çözümünde kolaylık olması için durumları baştan sona doğru sırasıyla numaralandırılın ve Çizim I.3 oluşturulsun. Çizimde her bir durum sondan başa doğru 8,7,6,5,4,3,2 ve 1 durumları olarak belirlenecektir. Böylelikle dinamik programlamaya ilişkin denklem sistemleri aşama ve durumları belirten ikililer biçiminde değil de, sadece durum numaraları ile ifade edilmektedir. Bu yüzden her aşamanın durum setleri ayrıca gösterilmelidir. Oluşturulan denklem sistemleri ve çözüm gösterimleri ve tabloları her aşamaya ilişkin olarak verileceğinden durum numaralarını, aşamalarla birlikte ikili biçiminden vermektense sadece durum numaraları ile göstermek daha açıklayıcı ve basit olacaktır.

Dinamik programlama ile problemlerin çözümü genellikle ‘geriye doğru’ veya ‘sondan başa doğru’ yöntemiyle yapılır. Yaygın olan uygulama dinamik programlama sorunlarının geriye doğru çözüldüğü biçimindedir. (Taha,1976:227). Bu yöntemle göre problemin çözümüne en son aşamadan başlanarak geriye doğru başlangıç durumuna kadar olan tüm aşamalar sırasıyla değerlendirilir ve değerlendirilen aşamaya yeniden dönülmez. Çizim I.3’de de görüleceği üzere aşamalar geriye doğru $n=0,1,2,3$ ve her bir durum $i=8,7,6,5,4,3,2,1$ biçiminde ifade edilmiştir.

Son durumundan başlayarak çözüm gerçekleştirilsin. Son durumda bulunulduğunda, gidilecek uzaklık kalmamıştır, diğer bir deyişle uzaklık ‘0’dır. Bunu göz önüne alarak ve daha sonra geriye doğru hareket ederek, tüm durumlar dikkate alınacak ve optimal değerler hesaplanacaktır.



Çizim II.3. Şehirlerin (Durumların) numaralar ile gösterildiği en kısa yol problemi.

Sonuç durumunun değeri : $f_0(8) = 0$ 'dır.

$n=1$ için hesaplamalar şöyledir: (5),(6)ve(7) durumlarından yalnızca birer hareket vardır ve optimal değerler sırasıyla direkt son duruma olan uzaklıklardır. O halde;

$$f_1(i) = C_{ij} + f_0(j)$$

$$f_1(5) = 3 + 0 = 3$$

$$f_1(6) = 6 + 0 = 6$$

$$f_1(7) = 2 + 0 = 2 \text{ dir.}$$

$n=2$ için (2), (3), (4) durumlarından 3'er hareket vardır.

$$f_2(i) = C_{ij} + f_1(j)$$

$$f_2(2) = C_{25} + f_1(5) = 4 + 3 = 7$$

$$f_2(2) = C_{26} + f_1(6) = 6 + 6 = 12$$

$$f_2(2) = C_{27} + f_1(7) = 2 + 2 = 4$$

Güdülen amaç sonuca en kısa yol ile ulaşmaktır. Bu yüzden bunların içinden en küçüğü tercih edilecektir. Bu hareketlerden en kısa yolu veren $f_2(2) = 4$ olan 3.hareket tercih edilir.

$$f_2(3) = C_{35} + f_1(5) = 4 + 3 = 7$$

$$f_2(3) = C_{36} + f_1(6) = 5 + 6 = 11$$

$$f_2(3) = C_{37} + f_1(7) = 7 + 2 = 9$$

$$f_2(3) = 7 \text{ ile 1. hareket tercih edilir.}$$

$$f_2(4) = C_{45} + f_1(5) = 8 + 3 = 11$$

$$f_2(4) = C_{46} + f_1(6) = 4 + 6 = 10$$

$$f_2(4) = C_{47} + f_1(7) = 5 + 2 = 7$$

$$f_2(4) = 7 \text{ ile 3.hareket tercih edilir.}$$

Aynı mantıkla $n=3$ aşaması için hesaplamalar yapılır. (1) durumundan (2),(3) ve (4) durumlarına birer hareket vardır.

$$f_3(i) = C_{ij} + f_2(j)$$

$$f_3(1) = C_{12} + f_2(2) = 7 + 4 = 11$$

$$f_3(1) = C_{13} + f_2(3) = 4 + 7 = 11$$

$$f_3(1) = C_{14} + f_2(4) = 1 + 7 = 8$$

Hedefe ulaşmada 3 aşama varken optimal yolun uzaklığı 8 br(birim) olacaktır. Sonuca 3 aşama varken ve 1.durumda iken ve 1. durumdan 2.duruma gitmenin uzaklığı 7 br'dır. 2.durumda bulunduğundan ve hedefe 2 aşama varken optimal uzaklık yukarda hesaplanmış ve 4 br bulunmuştur. Bunlar toplanıldığında 11 br uzaklık bulunur. Aynı hesaplama yöntemi ile 1.durumda 3.duruma gitmenin uzaklığı 4 br ve 3.durumda iken hedefe 2 aşama varken optimal uzaklık 7 br dir. O halde bunların toplamı da 11 br uzaklığı verecektir. 1.durumda 4.duruma gitmenin uzaklığı 1 br ve 4.durumda hedefe 2 aşama varken optimal uzaklık 7 br'dir. O halde bunların toplamı 8 br uzaklık optimal uzaklık veya optimal karar olarak belirtilebilir. A kentinden H kentine gitmek isteyen birisinin kat edeceği en az mesafe 8 br olacaktır.

Çizelge 11.1. En Kısa Yol Problemi : Tüm hesapların gösterimi

AŞAMA	DURUM	HAREKET	OPTİMAL POLİTİKA
1	5	1	3
1	6	1	6
1	7	1	2
2	2	1	4+3=7
2	2	2	6+6=12
2	2	3	2+2=4*
2	3	1	4+3=7*
2	3	2	5+6=11
2	3	3	7+2=9
2	4	1	8+3=11
2	4	2	4+6=10
2	4	3	5+2=7*
3	2	1	7+4=11
3	3	2	4+7=11
3	4	3	1+7=8*

Sorunun bir başka çözüm yöntemini şöyle ifade edilebilir. Aynı sorunu yineleme algoritması ile aşama aşama ele alarak, her aşama için hesaplamaları ayrı ayrı çizelgelerde gösterilsin. Çizelgelerdeki sıralar gidilecek durumları, kararlar ise bir sonraki aşamada her olası durumu göstermektedir.

$n=0$ için;

$f_0(8) = 0$ 'dır.

$n=1$ için;

Çizelge II.2. En kısa yol problemi sorunu $n=1$ için hesaplamalar.

Çıkılan Durum	$f_1(i) = C_{ij} + f_0(j)$		
	Karar: 8	$f_1(i)$	$J_1(i)$
5	$3+0=3$	3	8
6	$6+0=6$	6	8
7	$2+0=2$	2	8

$n=2$ için;

Çizelge II.3. En kısa yol problemi sorunu $n=2$ için hesaplamalar:

Çıkılan Durum	$f_2(i) = C_{ij} + f_1(j)$			$f_2(i)$	$J_2(i)$
	Karar: 5	Karar: 6	Karar: 7		
2	$4+3=7$	$6+6=12$	$2+2=4$	4	7
3	$4+3=7$	$5+6=11$	$7+2=9$	7	5
4	$8+3=11$	$4+6=10$	$5+2=7$	7	7

n=3 için;

Çizelge II.4. En kısa yol problemi sorunu n=1 için hesaplamalar:

Çıkılan Durum	$f_2(i) = C_{ij} + f_1(j)$			$f_3(i)$	$J_3(i)$
	Karar:2	Karar:3	Karar: 4		
1	7+4=11	4+7=11	1+7=8	8	4

Çizelge II.4' de 1.durumda 4.duruma gitmek optimal harekettir .Çizelge II.3'de de 4.durumda çıkıldığında optimal hareketin 7.duruma gitmek olduğu görülmektedir. Çizelge II.2 de 7.durumda 8.duruma gidilecektir. Sonuçta optimal politika 1. Şehirden 4.şehire ve oradan 7.şehire ve 7.şehirden 8.şehire gitmektedir. Başlangıçta verilen harfler ile optimal politika: A şehrinden D şehrine, D şehrinden G şehrine ve oradan da H şehrine gitmektir ve bu politikanın optimal uzaklığı (en kısa yol) $1 + 5 + 2 = 8$ br'dir.

En kısa yol probleminin de ele alındığı üzere her hangi bir sorunu dinamik programlama sorunu olarak ele alabilmek için aşağıdaki soruların yanıtlarının doğru biçimde belirlenmesi gerekir (Tütek,Gümüüşoğlu,1994:340):

1. Politika yada karar değişkenleri nelerdir?
2. Optimal politikayı belirleyen amaç işlev ya da ölçüt nedir?
3. Sorun, aşamalar açısından nasıl tanımlanabilir ve daha sonra nasıl analiz edilebilir?
4. Her aşamadaki durumlar nasıl tanımlanabilir?
5. Kısıtlar sorunun durumlarını ve politika değerlerinin olurlu değerlerini nasıl etkiler?

II.1.4. En Kısa Yol Problemine Seçenek Çözüm Yaklaşımları

Verilen en kısa yol probleminde belirtilen yaklaşım küçük bir problemi çözmek için basit bir yol olabilir. Ancak her biri 10 duruma sahip olan 10 aşamayı içeren bir optimal yol seçimini değerlendirmek için gereken çaba düşünüldüğünde, bu $10^{10}=10.000.000$ ayrı politika ile sonuçlanır. Bu politikaların tümü yaklaşık dinamik programlamanın gerektirdiği hesaplamaların 100.000.000 kez fazlasını kapsar. Çünkü dinamik programlama ile her bir aşama için optimal politikalar belirlendikten sonra diğer aşamaların optimal değerleri, optimallaştırılan aşamaya göre belirlendiğinden her aşamada 10 politika dolayısı ile 100 politika inceleme konusu yapılmış olur.

Daha önce belirtildiği gibi problemin yapısına bağlı olarak dinamik programlama dışında diğer matematiksel yöntemler uygun olabilir. Çizim II.4. en kısa yol problemi için grafiksel ağ analizini göstermektedir. Durum değişkenlerinin üzerindeki karelerde verilen değerler, geriye doğru çözüm göz önüne alındığında ulaşılan şehirler için minimum politika değerlerini (uzaklık) göstermektedir. (1) durumun değeri sıfırdır. (2), (3) ve (4) durumların değerleri sırası ile

$$0+7=7$$

$$0+4=4$$

$$0+1=1 \text{ biçimindedir.}$$

(5) durumu için üç hareket biçimi vardır. Bunlar;

$$7+4=11$$

$$4+4=8$$

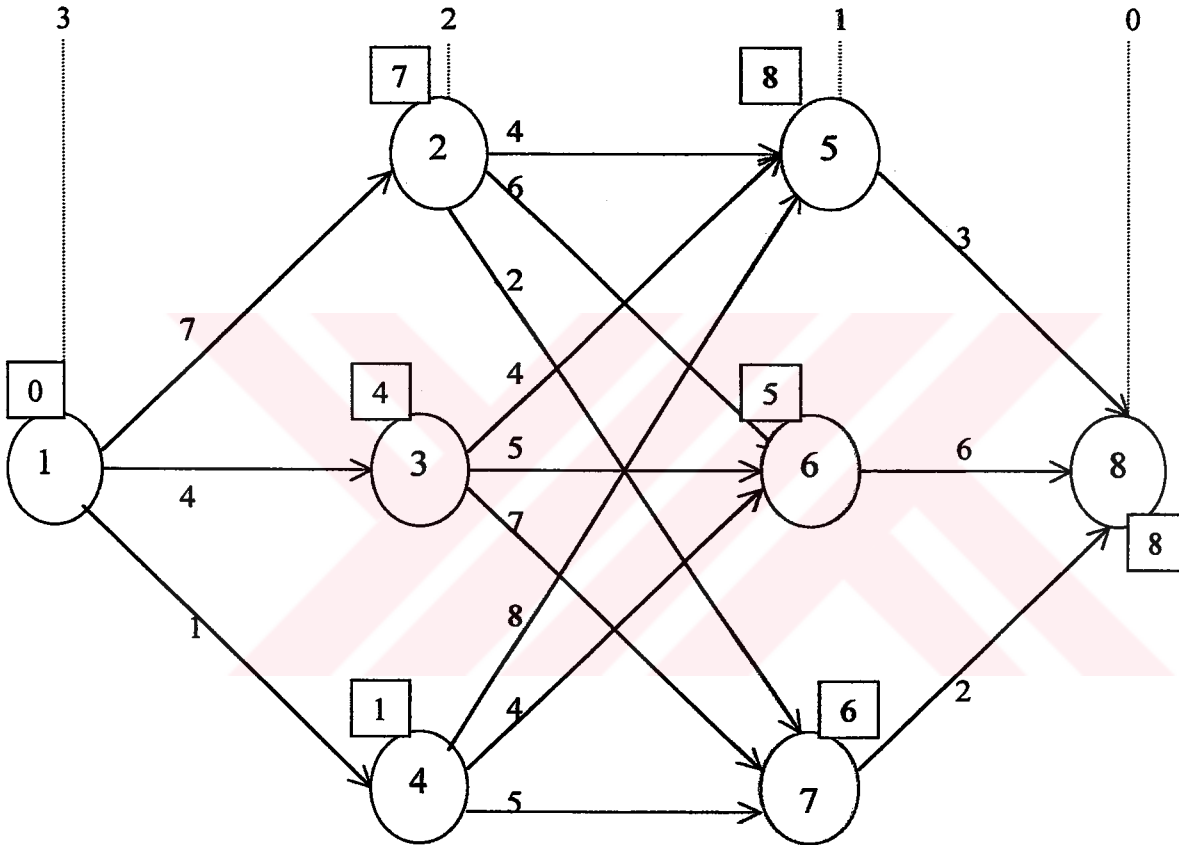
$$1+8=9 \text{ biçiminde olup en küçük değer olan 8 kare içinde gösterilmektedir.}$$

Benzer biçimde (6) ve (7) durumları için hesaplamalar yapılarak en küçük değerler 5 ve 6 olarak saptanmıştır.

(8) durumu için (5), (6) ve (7) için belirlenen minimum değerler ile tek davranış biçimlerinin değerleri toplanarak optimal değer olarak 8 elde edilmiştir. Böylece minimal

değerler izlenerek 1-4-7-8 yolu optimal yol olarak belirlenir. Sonuç dinamik programlama ile elde edilen sonucun aynısıdır.

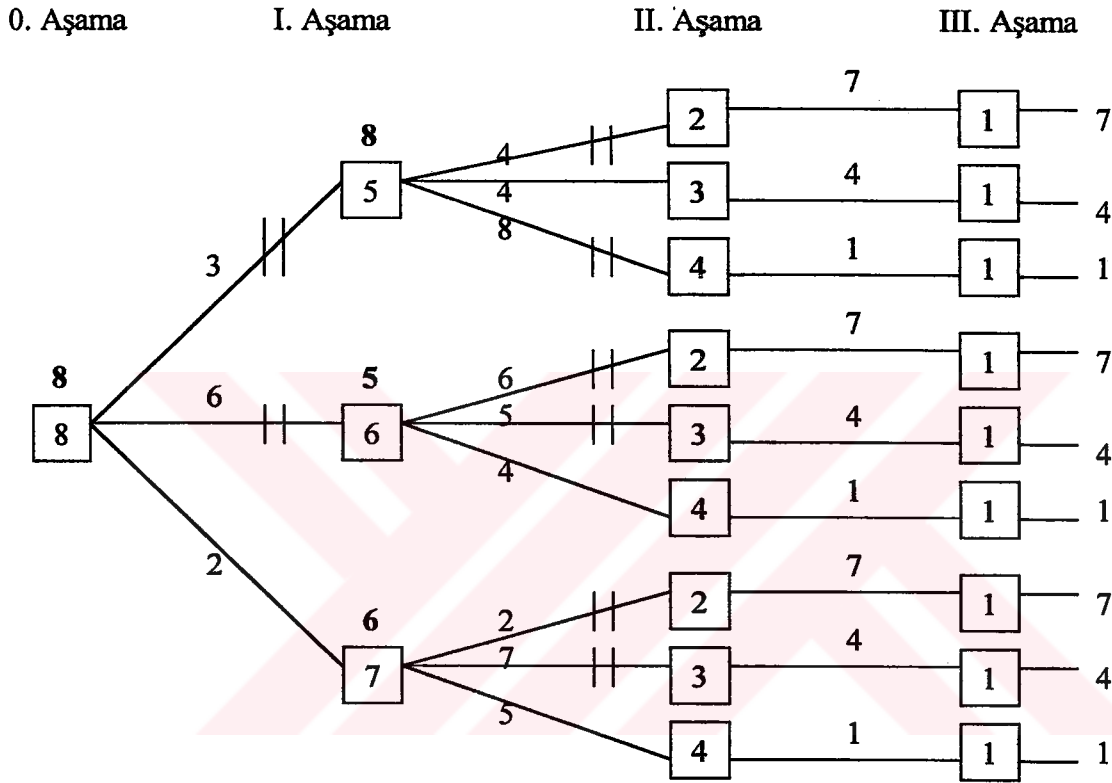
Çoğu küçük problemler için grafiksel yaklaşım, çözümü belirlemek için en az miktarda çalışmayı gerektirebilir. Ancak, grafiksel analiz problemin tam hacmine yada karmaşık yapısına uymadığından her zaman olanaklı değildir.



Çizim II.4. En Kısa Yol Probleminin Grafiksel Ağ Analizi.

Küçük hacimli problemlerin çözümünde diğer bir yaklaşım karar ağacı analizi uygulamaktır. Çizim II.5 en kısa yol problemi için karar ağacını vermektedir ve her olanaklı seçim ayrı bir dal ile tasarlanmaktadır. Her aşamada önceki aşamadaki yapılan seçime bağlı olarak birkaç olanaklı karar noktası olabilmektedir. Belirli bir aşamadaki tüm karar noktaları dikey olarak inmektedir. Sıfır numaralı aşamada bir karar noktası vardır

ve I. aşamadaki üç karar noktasına üç dal ile ulaşılmaktadır. Bu aşamadaki her karar noktası II. aşamaya üç ayrı dala bağlanmakta ve II. aşamanın karar noktaları oluşmaktadır. II. aşamadaki karar noktaları birer dal ile üçüncü aşamaya ulaşmaktadır ve son aşamada böylece dokuz dal vardır. Her aşamadaki karar noktaları kıyasılamanın kolay olabilmesi için en kısa yol problemindeki ifadelerle belirtilmiştir.



Çizim II.5 En Kısa Yol Probleminin Karar Ağacı Analizi

Analiz geriye doğru endüksiyon yöntemi ile yapılır. Sonuç III. aşamadaki karar noktaları ile başlar. O aşama için politika değerleri (uzaklıklar) sırasıyla dalların sonunda verilmektedir. II. aşama için politika değerleri yine karar noktalarının üzerinde gösterilmektedir. I. aşamadaki karar noktalarının değerlerini bulmak için o karar noktasını önceki aşamaya bağlayan dalın değerleri ile o dalın sonundaki karar noktasının değerleri toplanır ve en küçük olan değer karar noktasının optimal değeri olarak bulunur. Hesaplamalar (5). karar noktası için;

$$4+7=11$$

$$4+4=8$$

$8+1=9$ biçimindedir ve en küçük değer 8, bu karar noktasının değeridir ve 1 ve 3 dalları budanır. Sırasıyla (6) ve (7) karar noktaları için benzeri hesaplamalar yapılarak sonuçlar sırasıyla 5 ve 6'dır. (6) karar noktasından çıkan 1 ve 2 dalları budanır. Benzer şekilde (7) karar noktasından çıkan 1 ve 2 dalları budanır. (8) karar noktasının değeri aynı yolla hesaplanır. Elde edilen;

$$3+8=11$$

$$6+5=11$$

$2+6=8$ sonuçları arasından en küçük olan 8 karar noktasına taşınan optimal sonuçtur ve 1 ve 2 dalları budanır. Böylece karar ağacından budanmayan dallar ve karar noktalarını izleyerek yine 1-4-7-8 yolunun optimal politika değeri 8'e ulaşıldığı görülür.

En kısa yol probleminin gerek Grafiksel ağ analizi gerekse Karar ağacı analizi ile çözümünde hesaplanan değerler Dinamik programlamada hesaplanan optimal yol ve optimal sonuç değerinden farklı değildir. Benzer problemlerdeki aşama sayısı ve durum sayısı az olursa çözüm istenilen yöntemlerle yapılabilir ancak aşama ve durum sayısı artıkça grafiksel ağ analizi ve karar ağacı analizi, dinamik programlamaya göre daha karmaşık bir hal almakta ve çözüm için yapılan hesaplamalar artmaktadır.

II.2. DİNAMİK PROGRAMLAMA PROBLEMLERİNİN ÖZELLİKLERİ

En kısa yol problemi dinamik programlama problemlerinin ilk gerçek örneğidir. Bu örnek benzer problemlerin yorumunda genel bir literatür oluşturacak şekilde modelize edilmiştir. Bundan dolayı dinamik programlama problemi olarak formüle edilebilecek olan problemlerde en kısa yol probleminin yapısı benzer problemlerde temel alınacaktır.

Büyük ve çok sayıda karar değişkeni olan sorunları, ardışık küçük sorunlara bölerek çözmek için geliştirilmiş bir yöntem olan Dinamik Programlama problemlerinin temel özellikleri aşağıda belirtilmiştir (Hiller,Lieberman,1986:336).

1. Problemler, belirli seçenekleri veya karar politikalarını içeren bir dizi sıralı aşamalara bölünebilir. Aşamalar, mekan açısından farklı yer ve yolları, zaman boyutunda ise farklı noktaları gösterebilir.
2. Her bir aşama bir araya gelmiş bir çok duruma sahiptir. Durumlar problemin belirtilen aşamasında sistemin içinde bulunduğu olası koşullardır.
3. Karar politikasının sonucunda her bir aşamada bir araya gelmiş durumlardan birinden gelecek aşamadaki bir duruma ulaşılır. Yani her bir aşamadaki mevcut durum ile politika kararı bir sonraki aşamadaki bir duruma dönüştürülür.
4. Çözüm yordamında optimal bir politikanın bulunması her bir aşamada optimal politika kararlarının verildiği tüm problem için modelleştirilebilir.
5. Bir optimal politika kararının verildiği mevcut durumda, sonraki aşamalardan alınacak kararlar daha önceki aşamalarda alınan kararlardan bağımsızdır.
6. Çözüm yordamına son aşamada her durum için bulunan optimal politika kararının bulunması ile başlanır.
7. Bir minimizasyon karar probleminin işlevsel eşitlik biçimindeki modeli, $f_n(i) = \min [C_{ij} + f_{n-1}(j)]$ biçiminde gösterilir.
8. Problemin çözümünde, yineleme ilişkisi kullanarak, çözüm işleri sondan başa doğru aşama aşama sürdürülür. Her aşamada, her bir durum için optimal politika bulunarak, ilk aşamadaki optimal politika elde edilinceye kadar işlemlere devam edilir. Problem çözümünde aşamalarda geriye yada ileriye doğru gidilebilirse de, özellikle aşamaların zaman boyutundaki noktalara denk olduğu problemlerde, çözümde işlemler sondan başa doğru yapılır. Değerlendirilen bir aşamaya yeniden dönülmez.

Dinamik programlamanın özellikleri daha kısa bir biçimde ifade etmek gerekirse, dinamik programlama şu özellikleri içerir (Hallaç,1995:162).

1. Çok aşamalı problem alt parçalara, adımlara veya tek tek aşamalara bölünür. Buna “ayırıştırma” veya “dekompozisyon” denir.

2. Her aşamada, her seferinde bir kez olmak üzere (veya yineleme ile), belirli bir optimizasyon amacına bağlı kalarak kararlar verilir.

3. Problemin tümüne ait çözümü elde etmek için aşama sonuçları birleştirilir. Birleştirme sonucunda politika olarak adlandırılan ardışık kararlar dizisi elde edilir.

II.3 DETERMİNİSTİK DİNAMİK PROGRAMLAMA

Deterministik süreçler, bir kararın seçme konusu yapılması durumunda bu karardan doğacak sonuçların önceden bilineceği gerçeğine dayanır. Doğasının gereği olarak biri ötekisini izleyen süreçler için, her hangi aşamada durumun değişmesinin önceki aşamadaki aksiyon ve o aşamadaki durum ile saptanması anlamına gelir, denilebilir. Bunun sonucu olarak, birbirini izleyen deterministik süreçler için, kararlar ya bireysel olarak yada tümüne göre alınabilir. Hiç kuşku yok ki, dinamik programlamanın özelliğini kararların tek tek ele alınması oluşturmaktadır. Anacak birbirini izleyen süreçler içinde birbirini izlemeyen süreçlerin varlığı da böyle zıt durumu olanaklı kılabilmektedir (White, 1969:36).

Süreçte belirsizlik yoksa, bu problemlere deterministik, ya da belirli denilir (Akalın,1979:406). Dinamik programlama yaklaşımında, bir sonraki aşamadaki durum tamamen irdelenmekte olan aşamadaki eylem kararı tarafından belirlenirse problem deterministik olarak tanımlanır (Balaban,1986:129).

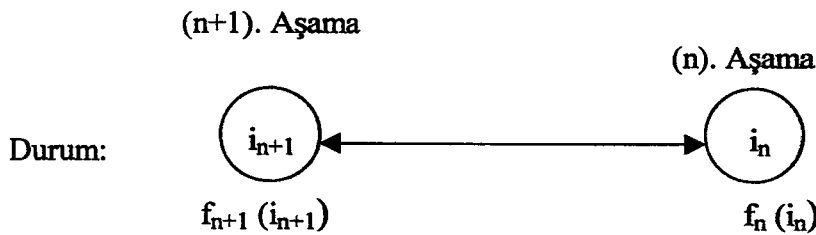
Çok aşamalı karar süreçlerinin çoğunda her karar gider ya da yararlarla ilişkilidir. Söz konusu gider ya da yararlar, sürecin aşama ve durumuna göre değişebilir. Bu tür süreçlerin analizindeki temel amaç en büyük toplam getiriye sağlayan optimal politikanın belirlenmesidir.

Deterministik karar sürecinde, her işlemin sonucu kesin olarak bilinir. Yani problemin ve onun çözümünün herhangi bir aşamasında belirsizlik yoktur. Daha önce verilen en kısa yol problemi deterministik bir probleme örnek oluşturur.

Her bir alt karar aşamalarının optimizasyonu yöntemine uygun olarak geniş bir alanda kullanılmaktadır. Bir dizi kararların alındığı problemler zaman içinde açıkça belirlenir. Deterministik programlama problemlerinin içinde üretim planlaması, stok kontrol, yenileme ve yatırım kararları alınması problemleri başlıcalarıdır. Burada dinamik programlama yaklaşımı içindeki bir aşama zaman birimi olarak hafta, ay veya yıl ile belirtilebilir. Diğer bir yaklaşıma göre ise direk zamanla belirtmek yerine karar sürecinin sırası önemli olabilir. Bu yaklaşımın içinde, üretim süreci ve optimal yol problemi sayılabilir (Hasting,1973:43).

Dinamik programlama problemleri içinde deterministik problemler oldukça önemlidir. Bu tür problemlerde gelecek aşamadaki verilecek karar bugünkü verilen optimal karar ve durum ile tam olarak belirlenebilir.

Deterministik dinamik programlama Çizim I.4'deki gibi gösterilebilir; n . aşamada i . durumda bulunduğumuzda, optimal karar olarak f_n 'e karar verdikten sonra $(n+1)$. aşamaya geçeriz ve (i_{n+1}) . duruma hareket edilir. Bu tür problemlerin çözümü ileri ve geriye doğru yapılabilirse de, çoğunlukla çözümler geriye doğru yapılmaktadır.



Çizim II.6 Deterministik dinamik programlamanın genel yapısı.

Geriye doğru çözüm yapıldığında öncelikle sonuca n aşama varken ve i . durumda iken optimal karar $f_n(i_n)$ verilmiştir. $J_n(i)$ kararı verildikten sonra başlangıç aşaması olan $(n+1)$. aşamada iken ve (i_{n+1}) . durumda bulunulduğunda $f_{n+1}(i_{n+1})$ optimal karar hesabı $f_n(i_n)$ hesabının optimal sonucuna göre hesaplanır. Çözüme aynı biçimde devam edilir.

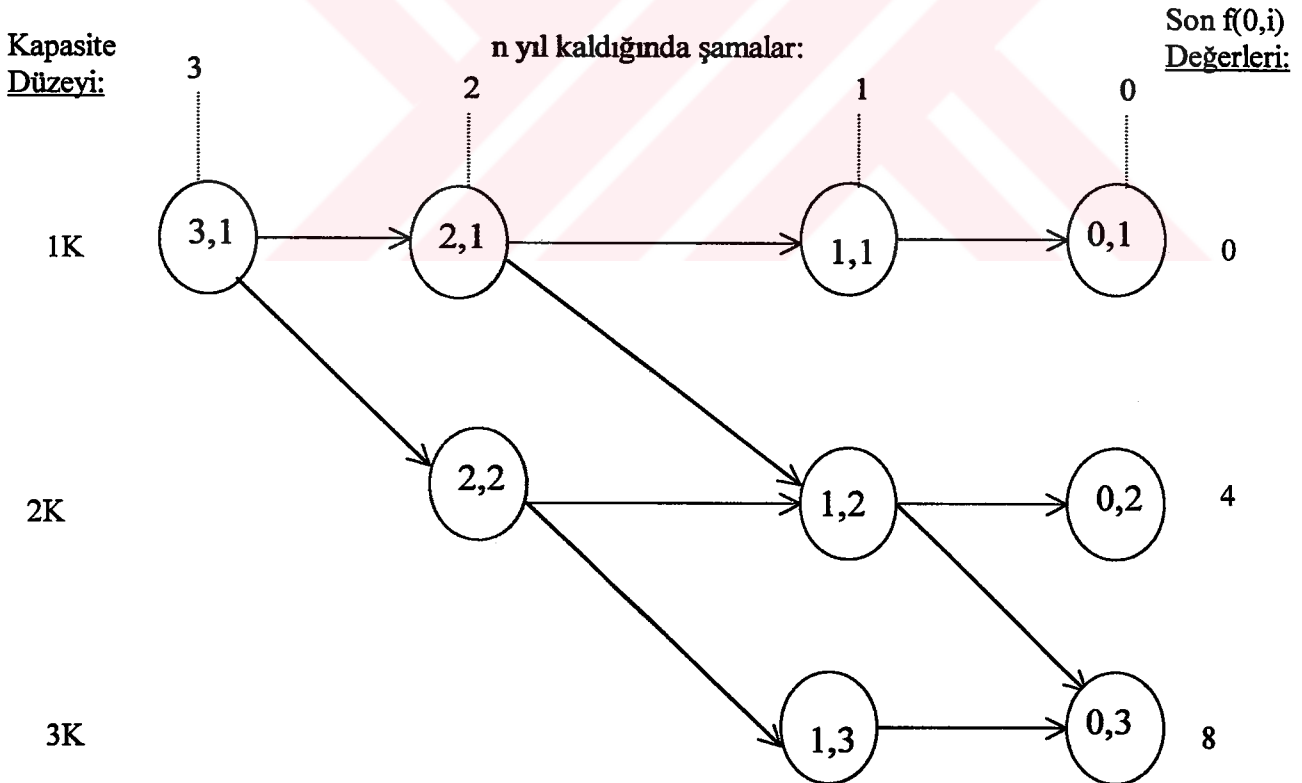
Şimdi deterministik dinamik programlama problemlerinin içinde incelenebilecek konular ilişkin birkaç örnek ele alınsın.

II.3.1. Yatırım Problemi

Yönetmel karar problemleri içerisinde çok karşılaşılanlardan bir tanesi yatırım problemidir. Yatırım sorununun dinamik programlama yöntemi ile nasıl çözüleceğini aşağıdaki örnekler yardımıyla açıklanılışın.

Örnek II.2. (Hasting,1973:15)

Bir firmanın kapasitesi 1K düzeyinde olan bir fabrikası vardır. Fabrikanın gelecek 3 yılı planlanacaktır. Çizim I.5'te sorun şematik olarak gösterilmiştir.



Çizim II.7 Örnek II.2.'nin Şematik Gösterimi.

Erişilecek maksimum kapasite 3K düzeyidir ve kapasiteyi azaltma olanağı yoktur. Planlama dönemi sonunda fabrikanın değeri 1K düzeyinde 0, 2K düzeyinde 4 ve 3K düzeyinde 8 para birimdir. Faiz oran %33 1/3 kabul edilerek en büyük net bugünkü değeri veren yatırım programı belirlenmek istenmektedir.

Problemin çözümü için kullanılacak formül şöylece ifade edilebilir.

$$f_n(i) = \text{Mak} [R_{ij} + b \cdot f_{n-1}(j)]^1$$

Burada “b” iskonto ögesidir ve $b = 1/(1+r)$ biçimde gösterilir. b’nin kullanılmasının nedeni \$1’in r faiz oranında 1 yıllığa faize yatırılması durumunda, bir yıl sonunda $\$(1+r)$ olmasıdır. Bunun seçeneği olarak $b = \frac{1}{1+1/3} = 0.75$ olarak bulunur. Sonuç değerleri şöyledir:

$$f_0(0,1) = 0$$

$$f_0(0,2) = 4$$

$$f_0(0,3) = 8$$

Çizelge II.5. Örnek II.2. n=1 için hesaplamalar:

Çıkılan Durum	$f_2(i) = R_{ij} + f_1(j)$			$f_1(1,i)$	$J_1(0,i)$
	Karar:(0,1)	Karar:(0,2)	Karar: (0,3)		
(1,1)	$4+0.75(0)=4$	$-5+0.75(4)=-2$	-	4	(0,1)
(1,2)	-	$9+0.75(4)=12$	$4+0.75(8)=10$	12	(0,2)
(1,3)	-	-	$12+0.75(8)=18$	18	(0,3)

¹ Dinamik programlama modellerinde amaç işlevi maksimum ise Cij yerine Rij kullanılır.

Çizelge II.6. Örnek II.2. n=2 için hesaplamalar:

Çıkılan Durum	$f_2(i) = R_{ij} + f_1(j)$			$f_2(2,i)$	$J_2(1,i)$
	Karar:(1,1)	Karar:(1,2)	Karar: (1,3)		
(2,1)	$3+0.75(4)=6$	$-6+0.75(12)=2$	-	6	(1,1)
(2,2)	-	$7+0.75(12)=16$	$2+0.75(18)=15.5$	16	(1,2)

Çizelge II.7. Örnek II.2. n=3 için hesaplamalar:

Çıkılan Durum	$f_2(i) = R_{ij} + f_1(j)$		$f_3(3,i)$	$J_3(2,i)$
	Karar:(2,1)	Karar:(2,2)		
(3,1)	$2+0.75(6)=6.5$	$-7+0.75(16)=5$	6.5	(2,1)

Sonuç: $[(3,1) \rightarrow (2,1) \rightarrow (1,1) \rightarrow (0,1)] * b = (2 + 3 + 4 + 0) * 3/4 = 9 * 3/4 = 6.5$ olur.

II.3.2. Üretim Problemi (Minimizasyon)

İl-San işletmesi I. II. III. nolu makinelerinde kimyasal karışımlar yapmaktadır. Bu makinelerin modelleri birbirinden farklı olduğundan, işletme giderleri de farklıdır. İşletme, bu üç makine de yapılabilen belirli bir ürünü ile ilgili olarak, ayda 8 ton teslim öngören bir anlaşma yapmış bulunmaktadır. Bu ürünün söz konusu 3 makine de ve çeşitli miktarlardaki üretim maliyetleri (C_{ij}) Çizelge 1.9'da verilmiştir. Değişmez maliyetlerin çok küçük olduğu varsayılarak, işleme sokulmamıştır. Bu açıklamalara göre istemi karşılayan ve toplam maliyeti minimize eden üretim programı belirlenecektir. Her bir makine aşama aşama ele alınarak I. Makine de çözüme başlanılacaktır.

Çizelge II.8. Üretim problemindeki makinelere ilişkin üretim maliyetleri

i mamul (ton)	I.makine $C_1(i)$	II.makine $C_2(i)$	III.makine $C_3(i)$
0	0	0	0
1	4	3	3
2	8	6	6
3	12	8	9
4	15	10	12
5	17	14	16
6	20	19	20
7	24	24	25
8	29	30	30

$$f_n(i) = \min [C_{ij} + f_{n-1}(j)]$$

Çizelge II.9. Üretim problemi n=1 için hesaplamalar

i/j	$F_1(i)$	$J_1(i)$
0	0	0
1	4	1
2	8	2
3	12	3
4	15	4
5	17	5
6	20	6
7	24	7
8	29	8

Çizelge II.10. Üretim problemi n=2 için hesaplamalar

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	$f_2(i)$	$J_2(i)$
0	0+0									0	0
1	3+0	0+4								3	1
2	6+0	3+4	0+8							6	2
3	8+0	6+4	3+8	0+12						8	3
4	10+0	8+4	6+8	3+12	0+15					10	4
5	14+0	10+4	8+8	6+12	3+15	0+17				14	5,4
6	19+0	14+4	10+8	8+12	6+15	3+17	0+20			18	5,4
7	24+0	19+4	14+8	10+12	8+15	6+17	3+20	0+24		22	5,4
8	30+0	24+4	19+8	14+12	10+15	8+17	6+20	3+24	0+29	25	5,4

Çizelge II.11. Üretim problemi n=3 için hesaplamalar

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	$f_2(i)$	$J_2(i)$
0	0+0									0	0
1	3+0	0+3								3	1,0
2	6+0	3+3	0+6							6	2,1,0
3	9+0	6+3	3+6	0+8						8	0
4	12+0	9+3	6+6	3+8	0+10					10	0
5	16+0	12+	9+6	6+8	3+10	0+14				13	1
6	20+0	16+3	12+6	9+8	6+10	3+14	0+18			16	2
7	25+0	20+3	16+6	12+8	9+10	6+14	3+18	0+22		19	3
8	30+0	25+3	20+6	16+8	12+10	9+14	6+18	3+22	0+25	22	4

Buna göre 8 ton için minimum maliyet 22.000TL'dir. 8 Ton'un 4 ton'u III. makinede, üretilir. 4 ton'un maliyeti ise 12.000TL'dir. II. Makinede da 4 Ton üretim yapılmakta ve maliyeti 10.000 TL olmaktadır. I. Makinede üretim yapılmamaktadır.

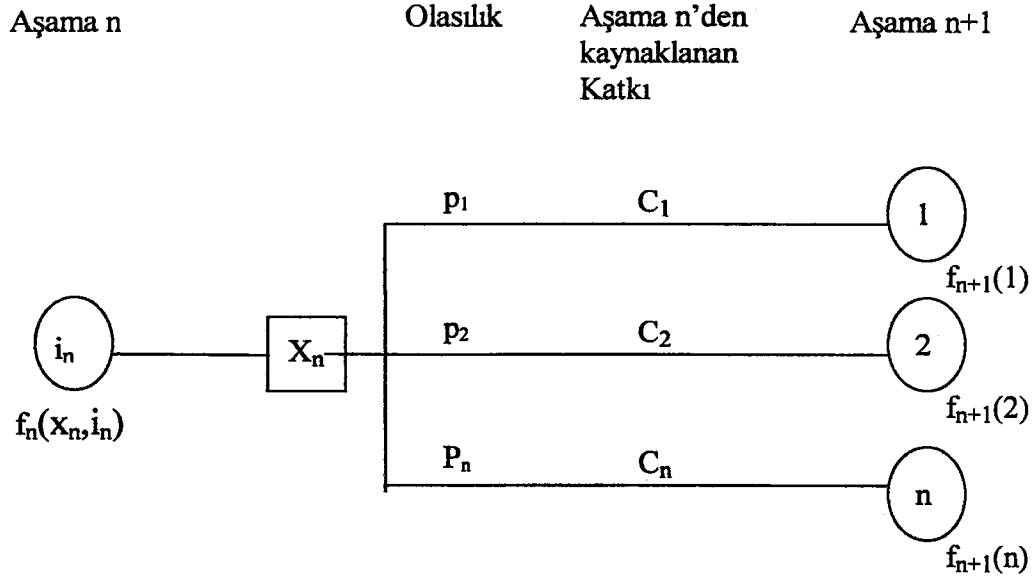
II.4. STOKASTİK- OLASILIKLI DİNAMİK PROGRAMLAMA

Doğada olsun, yada insanın etkisi ile olsun, içinde bir çok büyüklükleri bulunduran bir sistemi kapsayan olaylar ortaya çıkmıştır. Bu olaylar zaman içinde tahmin edilemeyen biçimde değişmekte ve olayı oluşturan büyüklüklerin olasılık içinde bulunan değerleri, hiçbir statik dağılma kanununa bağlı bulunmamaktadır. Bir yada birden çok büyüklüklerin zaman fonksiyonuna göre tesadüfi bir karakter gereğince değişmesi durumunda, elde edilen modele “Stokastik Süreç” adı verilir (Demir, 1974:23).

Stokastik süreçleri deterministik süreçlerden ayıran en belirgin özelliği, bu süreçlerden herhangi bir aşamada verilen karardan ötürü değişen ve ortaya çıkacak durumun daha önceden saptanamamasından kaynaklanmaktadır. Ancak değişen durum, belki de yapılan harekete ve ilk duruma bağlı olarak ortaya konan bir olasılık fonksiyonu yolu ile belirginleştirilebilir.

Olasılıklı dinamik programlama, gelecek aşamadaki durumun, şimdiki aşamadaki hareket tarzı kararı ve durum tarafından tam olarak belirlenemediği deterministik dinamik programlamadan farklıdır. Dahası, gelecek durumda ne olacağına ilişkin bir olasılık dağılımı mevcuttur. Bununla beraber, şimdiki aşamadaki hareket tarzı kararı ve durum aracılığı ile tam olarak bu olasılık dağılımı belirlenebilmektedir. Çizim I.6. olasılıklı dinamik programlamaya ilişkin yapıyı yalın olarak tanımlamaktadır (Hiller, Lieberman, 1986:341).

Bir olasılıklı dinamik programlama probleminde karar vericinin amacı, genellikle bir zaman eksenini üzerinde beklenen maliyetin minimizasyonu veya beklenen karın maksimizasyonudur.



Çizim II.8. Olasılıklı Dinamik Programlamaya İlişkin Temel Yapı

$n : (n + 1)$. aşamadaki olası durumların sayısını

$P_1, P_2, \dots, P_N$: n . aşamadaki i_n durumu ve X_n kararı verilmişken olası n durumla ilgili olasılıkları

C_i : n . Aşamanın söz konusu durumlarda amaç denklemine katkısını

f : optimum politikaları ifade etmektedir.

Olasılıklı dinamik programlamada amaç fonksiyonu ;

$$f_n(x_n, i_n) = \sum_{i=1}^n P_i [C_i + f'_{n+1}(i)] \text{ biçimindedir ve burada}$$

$$f'_{n+1}(i_{n+1}) = \text{Min } f'_{n+1}(x_{n+1}, i_{n+1}) \text{ olacaktır.}$$

Kabul edilmemiş durumlar için optimal hareketlerin hesaplanması gerekebileceğinden, kimi bilim adamları dinamik programlamanın deterministik sistemler için kullanılmasının, gereğinden çok hesaplamalara yol açabileceğini ileri sürmektedirler (White, 1969:89). Buna karşılık stokastik sistem içinde politikanın saptanmasından sonra bile olsa, hangi durumun kabul edileceği daha önceden bilinemez; kimi problemlerde,

herhangi aşamada kabul edilen bir durumun sıfır olmayan olasılığı bulunabilir. Hiç kuşkusuz böyle durumlarda olanaklı her durum için uygun görülen işlemi bilme gereksinimi vardır. Bu tür sistemler için politikayı saptamada olanaklı bulunan iki alternatif yaklaşım vardır. Bunlar ya türlü politikaları benzetim (simülasyon) yolu ile yada türlü politikaların etkilerini analitik olarak hesaplama yolu ile saptamaktır. Sonuncu yaklaşım Yöneylem Araştırması biliminde “ Skotastik Programlama” adı ile anılmaktadır ve skotastik optimumlaştırma problemini özdeş deterministik optimumlaştırma problemi haline dönüştürmektir (Demir,1974:24).

Araştırma konusu yapılan sürecin deterministik bir özelliği olmaması halinde, kararın sonucu durum vektörünün olasılık dağılımına bağlı olarak bulunur. Böylece, verilen değerler arasında olasılık içinde bir seçim yapmak olanağı ortaya çıkmaktadır. Skotastik dinamik programlamada mevcut aşamadaki değer ile bir önceki aşamadaki toplam değer birlikte hesaba katılmakta ve optimallik prensibi uygulanmaktadır.

II.4.1. Hammadde Satın Alınması Örneği (Tütek, Gümüsoğlu, 1994:357).

Bir firmanın beş hafta için hammadde satın alması gerekmektedir. Hammadde fiyatları aşağıda verilen olasılık dağılımına göre her hafta değişmektedir. Ancak herhangi bir haftadaki fiyat diğer haftalarındakinden bağımsızdır. Firma, hammaddeyi ya o hafta içerisinde alabilir yada sonraki haftalara erteleyebilir. Eğer beşinci haftadan önce alım yapılmamışsa, beşinci hafta içinde alım yapılmak zorundadır. Amaç, hammaddenin beklenen maliyetini minimize eden satın alma politikasını belirlemektir. Sorun dinamik programlama şeklinde şu biçimde formüle edilebilir (Tütek, Gümüsoğlu, 1994:357).

x_n = Dönemin bitmesine n hafta kaldığında gözlenen fiyat.

$f_n(x_n)$ = Dönemin bitmesine n hafta kaldığında ve x_n fiyatı gözlemlendiğinde beklenen minimum satın alma maliyeti.

Çizelge II.12 Satın Alma Problemi, Fiyatlar ve Gerçekleşme Olasılıkları

FİYAT (TL)	OLASILIK
500	0,3
600	0,3
700	0,3

Yinleme ilişkisi $n=1,2,3,4,5$ için $f_n(x_n) = \text{Min}[x_n; P.f_{n-1}(x_{n-1})]$ olacaktır. satın alma problemi olasılıklı dinamik programlama yardımı ile geriye doğru çözümlendiğinde I. aşama 5. Hafta olur.

$n=1$ 5. Hafta için,

$f_1(x_1) = X_1$ olacaktır. Son hafta daha önceki haftalarda alım yapılmamışsa satın alım işlemi yapılmak zorundadır. Yani hangi fiyattan olursa olsun ürün alınacaktır.

$n=2$ 4. Hafta için,

4. hafta satın alma için sondan ikinci haftadır. Firma kendisi için en düşük fiyattan ürünü almak isteyecektir. Firma bu haftada %30 olasılıkla 500 TL'den, %30 olasılıkla 600 TL'den ve %40 olasılıkla 700 TL'den ürünü alacaktır. Bu durumda beklenen minimum satın alma maliyeti bir önceki aşamada, $f_1(x_1) = X_1$ olduğundan,

$f_2(x_2) = \text{Min}[x_n; 0,30.(500)+0,30(600)+0,40(700)]$ olur. 4. Haftada hesaplama yapıldığında beklenen minimum maliyet 610 TL olacaktır. Firma 4. Haftada fiyat 500 ve 600 TL olacağını bilirse o fiyatlardan alım yapacaktır. Diğer durumlarda ise beklenen değer olan 610 TL'lik maliyeti göze alacak ve satın almayı sonraki haftaya bırakacaktır.

$$f_2(x_2) = \begin{cases} 500; & X_2=500 \\ 600; & X_2=600 \\ 610; & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

n=3 3. Hafta için,

Beklenen satın alma maliyeti yineleme ilişkisi formülünde $f_2 (x_2)$ değerleri yerine konulduğunda; $f_3 (x_3) = \text{Min} [x_3 ; 0,30.(500)+0,30(600)+0,40(610)] = 574$ TL olarak hesaplanır. Firma bu şartlarda ürün fiyatının 500 TL olacağını bilirse alım yapacaktır. Çünkü beklenen satın alma maliyeti 574 TL daha yüksek bir maliyettir. Diğer durumlarda beklenen minimum maliyet olan 574 TL'na göre alımı sonraki haftalara bırakacaktır.

$$f_3 (x_3) = \begin{cases} 500; & X_3=500 \\ 574; & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

n=4 2. Hafta için,

Beklenen satın alma maliyeti yineleme ilişkisi formülünde $f_3 (x_3)$ değerleri yerine konulduğunda; $f_4 (x_4) = \text{Min} [x_4 ; 0,30.(500)+0,7(574)] = 551,8$ TL olarak hesaplanır. 500 TL olma olasılığı 0,30 olduğundan diğer durum olasılıkları 0,70 olacaktır minimum beklenen maliyet 551,8 TL olarak hesaplandığından, ürün fiyatının 500 TL olması durumunda alım yapacaktır. Çünkü beklenen satın alma maliyeti 551,8 TL daha yüksek bir maliyettir. Diğer durumlarda beklenen minimum maliyet olan 551,8 TL dikkate alındığında alım işlemi sonraki haftalara ertelenecektir.

$$f_4 (x_4) = \begin{cases} 500; & X_4=500 \\ 551,8; & \text{Diğer durumlarda} \end{cases}$$

n=5 1. Hafta için,

Beklenen satın alma maliyeti yineleme ilişkisi formülünde $f_4 (x_4)$ değerleri yerine konulduğunda; $f_5 (x_5) = \text{Min} [x_5 ; 0,30.(500)+0,7(551,8)] = 536,26$ TL olarak hesaplanır. 500 TL olma olasılığı 0,30 olduğundan diğer durum olasılıkları 0,70 olacaktır minimum beklenen maliyet 536,26 TL olarak hesaplandığından, ürün fiyatının 500 TL olması durumunda alım yapacaktır. Çünkü beklenen satın alma maliyeti 536,26 TL daha yüksek

bir maliyettir. Diğer durumlarda beklenen minimum maliyet olan 536,26 TL daha düşük olduğundan alımı sonraki haftalara bırakacaktır.

$$f_5 (x_5) = \begin{cases} 500; & X_5=500 \\ 536,26; & \text{Diğer durumlarda} \end{cases}$$

Optimal politika, 1., 2., 3. Haftalarda fiyat 500 TL olduğunda o hafta içinde satın almayı; 500 TL'den büyük ise sonraki haftalara ertelemeyi önerir. Eğer 4. Haftada fiyat 500 yada 600 TL ise o hafta içinde 700 TL ise 5. Haftayı bekleme önerilir. 5. Haftada ise hangi fiyat geçerli ise o fiyattan satın alınmalıdır. Genel anlamda $f_5 (x_5)$ den görüldüğü üzere $X_5=500$ ise beklenen minimum maliyet 500TL, daha büyük ise $0,30(500)+0,70(536,26)=525,38$ TL olacaktır.

II.5. DİNAMİK PROGRAMLAMAMANIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Dinamik programlama, sırayla verilen kararlarla ilgili bir tekniktir ve alınan her bir karar ötekini etkileyecek sonucu ortaya çıkarmaktadır. Dolayısı ile en son aşamada, önceden ortaya konan optimal değerler hesaba katıldığından her aşama aynı yöntemle optimumlaştırılmalıdır ve her bir sonraki karar bir kararlar zinciri üzerindeki etkisini göz önünde bulundurmalıdır. Bu düşünüş felsefesi ile dinamik programlamanın diğer yöneylem araştırması yöntemlerine göre bazı üstünlükleri ve zayıf yönleri vardır. Bunlar aşağıda dinamik programlamanın avantaj ve dezavantajlı olarak sıralanmıştır.

Dinamik Programlamanın Avantajları:

1. Zor ve karmaşık problem dinamik programlama yaklaşımı ile birbirleriyle ilişkili alt problemlere ayrılarak daha kolay biçimde çözülebilir. Dinamik programlamanın bu avantajı özellikle üretim düzeltme ve planlama gibi ardışık kararlar içeren problemler için çok önemlidir.

2. Dinamik programlamanın diğer matematiksel programlama problemlerini uygulanabilen bir esnek yapısı vardır dolayısıyla dinamik programlama bir teknikten çok bir optimizasyon yaklaşımıdır. Amaç işlevindeki her bir değişken bir aşamada belirlenebilir. Tamsayı programlama problemleri ve doğrusal olmayan tamsayı programlama problemleri dinamik programlama yaklaşımıyla çözülebilir.
3. Dinamik programlama deterministik veya stokastik süreçlere uygulanabilir.
4. Dinamik programlama hesaplanan yordamı duyarlılık analizi yapmaya olanak sağlar.
5. Dinamik programlama, problemlerin çözümünde olası tüm seçeneklerin tam sayımı yerine çok daha az hesaplama kolaylığı sağlar. Örneğin 2 değişkenli ve her bir değişken 10 farklı seçenek içeren bir problemin tam sayımı $10^2 = 100$ işlem gerektirir, eğer 4 değişken olursa $10^4 = 10000$, 6 değişken olursa $10^6 = 1000000$ işlem gerektirir. Değişken sayısı arttığında tam sayım çok büyük bir artış göstermektedir. Buna karşın dinamik programlama ile benzer problemlerin çözümünde çok daha az işlem gerektirmenin yanında değişken sayısının 2'den 4'e veya 6'ya arttığı durumda aşama sayısı da 2'den 4'e ve 6'ya artar. Dinamik programlama problemlerinde amaç işlevindeki değişken sayısı kadar aşama vardır.
6. Kimya süreçleri gibi ardışık tipteki problemlerin çözümü yalnızca dinamik programlama ile olmaktadır.

Dinamik Programlamanın Dezavantajları

1. Dinamik programlama diğer matematiksel programlama tekniklerinden daha zor anlaşılır kavramlara sahiptir, problemin kavranıp uygun bir formülasyon yardımıyla çözülebilmesi için bir uzmana kesinlikle gereksinim duyulur.

2. Simplex yöntem gibi genel bir algoritması yoktur. Bu yüzden dinamik programlama için yazılmış paket programlar çok az sayıda olmasına karşın, bu paket programlar çoğu durumda yetersiz kalmakta veya büyük sorunlar içermektedir.
3. Dinamik programlamanın önemli bir dezavantajı da boyutsallık sorunudur. Durum değişkeni ve karar değişkeninin alacağı değerlerin çok sayıda olması her bir aşama için oluşturulacak çizelgelerin boyutunu önemli ölçüde arttırmasına neden olacaktır.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ENVANTER KONTROLÜ ALANINDA DİNAMİK PROGRAMLAMA

III. ENVANTER KONTROLÜ VE DİNAMİK PROGRAMLAMA

İşletmelerin en temel fonksiyonlarından bir tanesi, mal ve hizmetlerin meydana getirildiği üretim fonksiyonudur. Üretim yönetimi ise üretim fonksiyonuna ilişkin faaliyetlerin, işletmenin ve tüketicilerin amaçlarına göre gerekli planlaması, örgütlenmesi ve koordine edilmesi ile ilgilidir. Üretim yönetiminin amaçları;

- i. Tüketici isteklerinin fiyat, zaman, miktar ve kalite açısından en iyi şekilde karşılanması,
- ii. Stok düzeyinin mümkün olduğu kadar düşük tutulması veya stok devrinin artırılması,
- iii. İşletmenin insangücü ve makine kaynaklarından yararlanma derecesinin yükseltilmesi olarak belirtilebilir (Kobu, 1996:8).
Belirtildiği üzere üretim yönetiminin dikkate aldığı en önemli konu envanter veya stok konusudur.

Envanter, hareketsiz duran her çeşit malzemeyi ifade edip, fiziksel mevcudiyeti gösterir. Sipariş üzerine çalışan atölye büyüklüğündeki bir sistemde stok bulundurmaya pek gerek yoktur. Zira hammaddeler sipariş alındıktan sonra tedarik edilir ve mamul bittiğinde müşteriye derhal teslim edilir. Üretim sistemi büyüdükçe, hele mamul çeşidi arttıkça, tedarik, talep ve imalata ilişkin belirsizlik ve aralarındaki ilişkinin karmaşıklığı stok bulundurmaya zorunlu kılar (Kobu, 1996:281).

Envanterleri çeşitli kriterlere göre sınıflandırmak mümkündür. Malzemenin akış süreci içindeki beklediği yerin konumuna göre, hammadde ve yarı mamul stokları, üretim içi stokları ve mamul stokları olarak üç çeşit envanter elemanı tanımlanabilir (Yenersoy, 1990:7). Envanterlerin hizmet ettikleri ana amaç göz önüne alınarak da bir sınıflandırma, talep dalgalanmalarını karşılamak amacı ile oluşturulan stoklar, beklenmedik aşırı talebi karşılamak amacına hizmet eden stoklar, sipariş ve elde

bulundurma maliyetleri toplamını minimum yapan ekonomik sipariş miktarı stokları, üretim kaynağı ile tüketici arasında taşınan miktarı karşılamak amacı ile oluşturulan dağıtım stokları şeklinde yapılabilir (Plossl, 1997:49).

Envanterler bu yapıları ile işletmede önemli bir ekonomik kaynak olup, yatırımların önemli bir bölümünü oluştururlar. Envanterlere bağlanan işletme sermayesinin toplam sermayeye oranının %40-60 dolaylarına kadar yükselebileceği düşünüldüğünde, envanterlerin işletme maliyet ve karlılığı açısından performansı etkilemede taşıdığı önem çekicidir.

Envanterler, üretim sürecinin performansını da etkileyen bir role sahiptir. Bu özellikleri dolayısıyla envanter yönetiminde sağlanan performans, toplam yönetim performansının bir göstergesi olmalıdır. Envanter yönetiminde düşük envanter bir etkenlik göstergesidir. Ancak bu sonuca ulaşmak kolay değildir. Bu sonucu, finansman, alım, üretim ve satış işlevleri arasında yapılacak eş güdümlü çalışmalarla gerçekleştirmek gerekir. Envanter yönetimindeki başarı bu çalışmalarda sağlanacak uyuma bağlıdır. bu gereklilik envanter yönetiminin sağladığı anlam değerlendirildiğinde ortaya çıkmaktadır (Akal, 1992:239).

Envanter yönetimi başlıca iki açıdan önem taşır: i. İyi bir envanter yönetimi müşteriye talep ettiği zamanda ve miktarda ürün sağlayabilme olanağı yaratır. Aksi halde işletme satış ve müşteri kaybetme riskiyle karşı karşıya kalır. ii. Üretim sürecindeki üretim akış hızının denge ve sürekliliğini sağlayarak zaman ve maliyet açısından en ekonomik üretimin gerçekleştirilmesini kolaylaştırır.

Başarılı bir envanter tutma politikasının izlenmemesi, satılamayan aşırı stoklara para bağlanmasına, değeri düşen ve eskiyen stok kalemlerinin oluşmasına yol açarak işletmeye büyük ekonomik kayıplar verdirebilir. Bu nedenle envanter politikasının analizi işletmenin alım, satış ve üretim planlama politikalarının performansını belirleyici göstergeleri ortaya çıkarmada son derece etkilidir.

Envanter etkinlikleri zaman ve maliyet açısından da önemlidir. Stoklar direkt işçilik ve direkt hammadde ve malzeme maliyetini oluşturan bir öge olmanın yanında pek çok indirekt maliyet ögesinin de oluşmasına yol açar. Malzeme sipariş maliyetleri dışında, stokların tutulmasından doğan depolama, bina, taşıma, sigorta, faiz, yoklama, kayıt, bozulma ve eskime gibi maliyetler bu nedenle oluşan maliyetlerdir. Tüm bu maliyet öğeleri envanter bulundurma politikasının üretimde düşük maliyet ilkesine aykırı yönlerini ortaya koyar.

Bütün bu olumsuz etkilerine karşın işletmeler yinede belli düzeyde envanter bulundurmak zorunda kalabilirler. Bu amaçla, işletmeler satış planlarına göre ayarlamalarını yaparak güvenlik envanterleri oluştururlar. Hammadde, yarı mamul ve son ürünün her biri için güvenlik envanteri söz konusu olabilir. Güvenlik envanterleri istatistiksel yöntemlerle belirlenir. Satış tahminlerine ve üretim akış hızlarına göre özellikle malzeme için ekonomik sipariş miktarları, sipariş noktaları belirlenerek envanter yönetimi bilimsel uygulamalara dayandırılarak geliştirilebilir. Önemli olan doğru ürünü, doğru süre ve miktarda stoklamaktır. Başarılı bir envanter tutma politikası ile işletme, aşırı kapasite kullanımı ve aşırı envanter maliyetine karşın önemli yaralar sağlayacaktır.

Envanter kontrolü yöntemlerine daha önceki bölümlerde değinilmiştir. Her yöntemin kendine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Önemli olan hangi koşullarda, hangi yöntemin daha uygun olduğunun belirlenmesidir. Amaç tek ürün için üretim ve envanter maliyetini enküçükleyecek bir model geliştirmektir. Burada bu amaca ulaşmakta deterministik dinamik programlama modelinden yararlanılmaktadır. İşletmeler açısından önemli bir kalemi oluşturan envanter için ele alınan zaman dilimi dönemlere bölünmektedir ve her dönemdeki istemin bilindiği varsayılmaktadır. Burada ekonomik sipariş niceliğinin geleneksel formülünün yerine, yöneylem araştırması konularından dinamik programlamanın kullanılması yeğlenmiştir.

Envanter yöneticisi ideal olarak bir sipariş noktasını tespit etmelidir. Böylelikle malının yeniden getirilmesi zamanı ile envanter üzerindeki istemin stoku güven stoku düzeyine indirmesi aynı zamana rastlasın. Programlanan sipariş hacmi ve süresi öteki sipariş dönemindeki istemi karşılayabilecek şekilde ayarlanmalıdır. İstemin envanter

üzerindeki değişen etkisi ve bu ilişkiyi bulmada hazırlık süresi ile ilgili değişkenlik göz önünde bulundurulmalıdır.

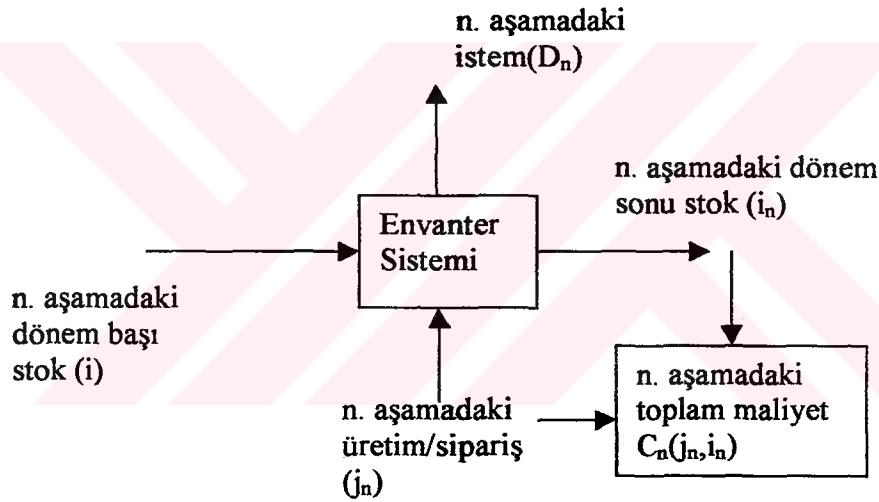
Envanter yöneticisi, yalnız en uygun tahminleme tekniğini seçmekle kalmamalı aynı zamanda tahminleme hızını da tespit etmelidir. Haftalık tahminleme döneminin seçimi, sürekli olmayan istem yolunun izlenmesini gerektirir, en alışla gelmiş tahminleme tekniği bile konuyu yeterli derecede izleyemez. Bununla beraber, aynı istem için aylık tahminlemelerin envanter durumunun izlenmesinde en elverişli bir yol olduğu söylenebilir. Sipariş hacmi büyüdükçe, her siparişe ilişkin zaman maliyet giderleri, örneğin; üretim ve sipariş verme maliyet giderleri çok sayıdaki ünitelere anahtarlarla dağıtımları yapılarak onların eritilmesi sağlanır. Böyle bir faaliyet ise sipariş maliyet giderini azaltır. Ancak ortalama envanter düzeyleri bu durumda yükselmiş olur. Bu stoklama giderlerinin yükselmesi demektir, çünkü bu tür giderler faiz, depo, eskime aşınma giderlerini kapsarlar ve ortalama envanter ile değerlerinde yükselme, yada alçalma gösterirler. Envanter yöneticisi, stoklanması gerekli envanter hacmine karşılık, doyurulmamış istemin maliyet giderini dengeleyerek, gerekli koruma derecesini değerlendirmelidir (Demir, 1973:21).

Yöneylem araştırması, ticaret ve endüstride öteki problemlere kıyasla çoğunlukla envanter kontrolüne yönelmiştir. Yöneylem araştırmasında ekonomikliğin sağlanabilmesi için etkili bir envanter kontrolü sağlanmaya çalışılmıştır. Envanter kontrolü alanında görüldüğü üzere başka hiçbir alanda yöneylem araştırması biliminin bu kadar önem taşıdığı gözlemlenemez. Envanter kontrolünün geleneksel yöntemlerinde kimi maliyet giderleri göz önünde tutulmadığı halde, bunlardan kimileride ötekilerine kıyasla daha büyük önem taşırlar. Ayrıca geleneksel yöntemler: müşteri istemi, fabrika üretim sonucu ve hammadde ile dışarıdan alımı yapılmış parçaların stoklarını yenilemek için gerekli süreyi dikkate almadığından, yöneylem araştırması teknikleri bu nedenle de büyük önem kazanmıştır.

Envanter kontrolünde, “ne kadar” ve “ne zaman” sipariş verilecektir soruları konunun temelini oluşturmaktadır. Envanter kontrolünde, sipariş miktarının ve satış miktarının dönemsel ve zamana dayalı olmaları dinamik bir incelemenin olanaklı

olduğunu ortaya koymaktadır. Envanterlerin belirli parçaları gruplara ayırması ve dinamik özellik göstermesi nedeniyle envanter kontrolü alanında Dinamik Programlama etkili bir modeldir. Dinamik programlama çok sayıda karar değişkenlerinin bulunduğu envanter sorunlarını ardışık küçük sorunlara bölerek çözmek için kullanılabilir. Modelde zaman değişkeni açık olarak alınabildiğinden, n dönemdeki birbirini izleyen üretim ve envanter kararlarının alınabilmesi kolaylaşmaktadır. Çeşitli uygulama alanları bulunan dinamik programlamanın en çok yararlanıldığı alanlardan biri envanter problemleridir.

N-zaman dönemli bir envanter problemi düşünölsün. Bu N zaman döneminin herhangi bir n . aşamasında envanter sistemi Çizim III.1.'deki gibi olacaktır (Bertsekas,1987:2-3).



Çizim III.1. n. Aşamada Envanter Sistemi

Çizim III.1'de görölen n . dönemin toplam maliyeti $C_n(j_n, i_n)$, o dönemdeki üretim maliyeti $C_n(j_n)$ ile stok bulundurma maliyetinin $E(i_n)$ toplamına eşittir.

$$C_n(j_n, i_n) = C_n(j_n) + E(i_n)$$

Burada,

j_n : Üretim/Sipariş miktarı,

i_n : Depolama veya stoklama miktarı (dönem sonu stok),

i : Önceki dönemden gelen stok miktarı (dönem başı stok),

D_n : Öngörülen istem düzeyi,

E : Birim stok bulundurma maliyetidir.

Dönem üretim maliyeti $C_n(j_n) = F + B \cdot j_n$ ile bulunur. Buradaki F , değişmez maliyeti, B , birim sipariş veya üretim maliyetini göstermektedir.

Dönem sonu stok miktarı, dönem başı stok miktarı ile o dönemdeki üretim/sipariş miktarının toplamından, o dönemdeki istem miktarının çıkarılması ile bulunur. Yani,

$$i_n = i + j_n - D_n \text{ olur.}$$

Esas ilke, istemleri zamanında karşılamak ve toplam maliyeti minimum kılmaktır. O halde amaç işlevi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$f_n(i) = \text{Min}[C_n(j_n) + E(i + j_n - D_n) + f_{n-1}(i + j_n - D_n)]$$

$f_n(i)$: Giriş envanteri (dönem başı stok miktarı) i düzeyindeyken daha n dönemin kaldığı durumda minimum maliyet,

$j_n(i)$: $f_n(i)$ 'yi veren üretim düzeyi. Diğer bir deyişle, i stok düzeyindeki optimum üretim miktarı.

Herhangi bir dönemde firmalar çeşitli nedenlerle stok bulundurmak istemektedirler. Söz konusu dönemde oluşabilecek istem dağılımı her aşamada farklılık gösterebilir. Bazı dönemlerde istem üretim miktarından büyük olabilir. Bu yüzden planlama döneminde stok bulundurmak istemleri karşılayabilmek için kaçınılmazdır. Sorun ise, hangi aşamada ne kadar stok bulundurulacağı ve o aşamadaki üretim miktarının ne olacağıdır. Ürün için üretim maliyetinin yanı sıra ürünü stokta tutmanın maliyeti de vardır. Dolayısıyla stok düzeyini gelişi güzel seçmek firmaya pahalıya mal olabilir. İşletmeler için temel amaç, karlılığı enbüyüklemek için, en düşük üretim maliyetini veren üretim maliyetini belirleyebilmektir. Bu nedenle her aşamanın üretim

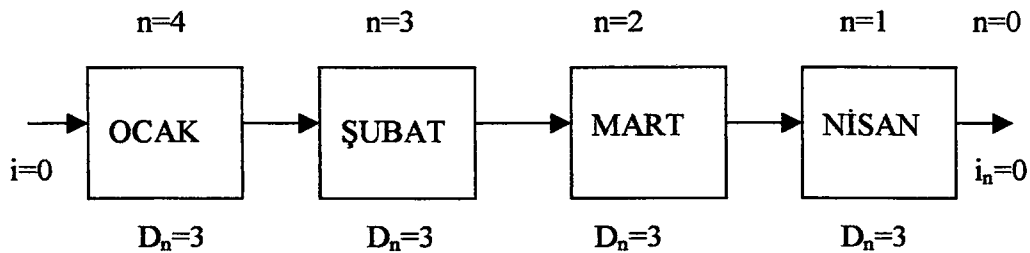
stok miktarı sonraki aşamaların üretim ve stok miktarlarını etkilemektedir. Sorun dönem içinde dinamik bir yapı gösterdiği için o dönemdeki üretim stok planlaması dinamik programlama yardımıyla çözülebilir. Çünkü dinamik programlamanın altında yatan felsefe optimallik (eniye olma) ilkesidir. Bu da şöyle ifade edilir: “optimal politikanın şu özelliği vardır , başlangıçtaki durum ve karar ne olursa olsun, geri kalan kararlar ilk karardan oluşan durumla ilgili olarak optimal bir politika oluşturmalıdır” (Jakson, Zerbe,1998:401-402). Aşağıda konuyu daha iyi açıklayacak örnekler verilmiştir.

Örnek III.1. (Doğan, 1985:137-140).

Bir firma gelecek N zaman dönemi için malının üretimin planlamak istemektedir. Ocak, Şubat, Mart ve Nisan ayları için öngörülen istem düzeyleri $D_n=3$ 'dür. Firma her ay 5 birim mal üretebilmektedir ($j_n = 0,1,2,3,4,5$). Firmanın depolama veya stoklama olanakları ise, her ay maksimum 4 birimdir ($i_n = 0,1,2,3,4$). Öte yandan maliyetler ise üretim ve envanter (stok) bulundurma maliyetlerine bağlıdır. Firmanın üretimi $j_n = 0,1,2,3,4,5$ olduğunda, üretim maliyeti $C_n(j_n)$ sırasıyla 0, 15, 17, 19, 21, 23'dür. Birim stok bulundurma maliyeti ise, $E=1$ 'dir. Firmanın amacı istemleri zamanında karşılamak ve toplam maliyeti minimum kılmaktır. Başlangıç ve dönem sonu envanterinin sıfır olduğu kabul edildiğinde, firmanın optimum üretim-envanter planı ne olacaktır?

Çözüm:

Üretimin planlanacağı 4 ay, 4 aşama gibi kabul edilir. Aşamalara ilişkin numaraları geriye doğru yazalım ve bunu Çizim III.2.'deki gibi gösterelim.



$$j_n \leq 5$$

$$i_n \leq 4$$

$$J_n, i_n \geq 0$$

Amaç işlevi: $f_n(i) = \text{Min}[C_n(j_n) + E(i + j_n - D_n) + f_{n-1}(i + j_n - D_n)]$ olur. Gerekli veriler yerine konduğunda ise, $f_n(i) = \text{Min}[C_n(j_n) + 1(i + j_n - 3) + f_{n-1}(i + j_n - 3)]$ biçimini alır. Bu amaç işlevine göre problem geriye doğru aşama aşama aşağıdaki biçimde çözülür.

$n=1$ yani planlanacak 1 ay kaldığında (Nisan ayı), dönem başı envanter veya stok durumuna göre üretilebilecek miktarlar aşağıda hesaplandıktan sonra Çizelge III.1'de gösterilmektedir.

$n=1$ aşamasında, dönem sonu envanteri 0 olacağından firma en fazla istemi karşılayacak kadar yani 3 birimlik dönem başı envanterini elinde bulundurabilir. Çünkü $i_n = i + j_n - D_n$ olduğundan $0 = i + j_n - 3 \Rightarrow i + j_n = 3$ olmalıdır. Hiç üretim yapılmaması durumu bile söz konusu olsa, dönem başı envanter i en fazla, $i + 0 = 3 \Rightarrow i = 3$ birim olabilmektedir.

$$f_n(i) = \text{Min}[C_n(j_n) + 1(i + j_n - 3) + f_{n-1}(i + j_n - 3)]$$

$i=0 \Rightarrow j_n=3$ olmalıdır. Çünkü, nisan ayının istemi karşılanmalı ve dönem sonu envanter 0 olmalıdır. 3 birim üretmenin maliyeti 19 PB'dir. $f_{n-1}(i) = f_0(i) = 0$ 'dır. O halde,

$$f_1(0) = \text{Min}[C_n(3) + 1(0 + 3 - 3) + f_0(0 + 3 - 3)] = 19 + 0 + 0 = 19$$

$$i=1 \Rightarrow j_n=2 \text{ olur.}$$

$$f_1(1) = \text{Min}[C_n(2) + 1(1 + 2 - 3) + f_0(1 + 2 - 3)] = 17 + 0 + 0 = 17$$

$$i=2 \Rightarrow j_n=1 \text{ olur.}$$

$$f_1(2) = \text{Min}[C_n(1) + 1(2 + 1 - 3) + f_0(2 + 1 - 3)] = 15 + 0 + 0 = 15$$

$$i=3 \Rightarrow j_n=0 \text{ olur.}$$

$$f_1(3) = \text{Min}[C_n(0) + 1(3 + 0 - 3) + f_0(3 + 0 - 3)] = 0 + 0 + 0 = 0$$

Çizelge III.1. n=1 için hesaplamalar

$i \backslash j_1$	$J_1(i)$	$f_1(i)$
0	3	19
1	2	17
2	1	15
3	0	0

$n=2$ Mart ayı döneminde, $0 \leq i \leq 4$ olur. Firmanın dönem başı envanteri 0 birim ise, firma en az Mart ayının 3 birimlik istemini karşılayacak kadar üretmelidir. Dönem başı envanter 2 birim ise 5 birim üretemez. Ürettiği taktirde eldeki ürün miktarı 7 birim olur ve firma bunun ancak 3 birimini satacağından kalan 4 birim son dönemin istem miktarını geçer. Bu nedenle, $3 \leq i + j_n \leq 6$ olacak biçimde üretim ayarlanır.

Dönem sonunda stok bırakılmazsa, $i_n=0$ olur. Bu durumda, $i_n = i + j_n - D_n = i + j_n - 3$ olacağından $i + j_n=3$ olur ki bu alacağı minimum değerdir. Dönem sonunda stok 4 birim bırakılırsa, $i_n=4$ olur. Bu durumda, $i + j_n=7$ olur ki bu durumda da son dönemki istemi 1 birim aşma durumu ortaya çıkacağından, $i + j_n$ en çok 6 olabilir.

$i=0 \Rightarrow j_n=3,4,5$ olur.

$$f_2(0) = \text{Min}[C_2(3) + 1(0 + 3 - 3) + f_1(0 + 3 - 3)] = 19 + 0 + 19 = 38$$

$$f_2(0) = \text{Min}[C_2(4) + 1(0 + 4 - 3) + f_1(0 + 4 - 3)] = 21 + 1 + 17 = 39$$

$$f_2(0) = \text{Min}[C_2(5) + 1(0 + 5 - 3) + f_1(0 + 5 - 3)] = 23 + 2 + 15 = 40$$

Firmanın dönem başı envanteri 0 ise, firma en az maliyetli olan 3 birim üretmeye karar verecektir.

$i=1 \Rightarrow j_n=2,3,4,5$ olur.

$$f_2(1) = \text{Min}[C_2(2)+1(1+2-3)+f_1(1+2-3)]=17+0+19=36$$

$$f_2(1) = \text{Min}[C_2(3)+1(1+3-3)+f_1(1+3-3)]=19+1+17=37$$

$$f_2(1) = \text{Min}[C_2(4)+1(1+4-3)+f_1(1+4-3)]=21+2+15=38$$

$$f_2(1) = \text{Min}[C_2(5)+1(1+5-3)+f_1(1+5-3)]=23+3+0=26$$

Firmanın dönem başı envanteri 1 ise, firma en az maliyetli olan 5 birim üretmeye karar verecektir.

$i=2 \Rightarrow j_n=1,2,3,4$ olur.

$$f_2(2) = \text{Min}[C_2(1)+1(2+1-3)+f_1(2+1-3)]=15+0+19=34$$

$$f_2(2) = \text{Min}[C_2(2)+1(2+2-3)+f_1(2+2-3)]=17+1+17=35$$

$$f_2(2) = \text{Min}[C_2(3)+1(2+3-3)+f_1(2+3-3)]=19+2+15=36$$

$$f_2(2) = \text{Min}[C_2(4)+1(2+4-3)+f_1(2+4-3)]=21+3+0=24$$

Firmanın dönem başı envanteri 2 ise, firma en az maliyetli olan 4 birim üretmeye karar verecektir. $i=3$ ve 4 düzeyinde de aynı işlemler yapılabilir. Çizelge III.2.'de $n=2$ için yapılan hesaplamalar daha net görülmektedir.

Çizelge III.2. $n=2$ için hesaplamalar

$i \backslash j_1$	0	1	2	3	4	5	$j_2(i)$	$f_2(i)$
0	-	-		(19+0+19)-	(21+1+17)	(23+2+15)	3	38
1	-	-	(17+0+19)	(19+1+17)	(21+2+15)	(23+3+0)	5	26
2	-	(15+0+19)	(17+1+17)	(19+2+15)	(21+3+0)	-	4	24
3	(0+0+19)	(15+1+17)	(17+2+15)	(19+3+0)	-	-	0	19
4	(0+1+17)	(15+2+15)	(17+3+0)	-	-	-	0	18

$n=3$ Şubat ayı döneminde, dönem sonu envanteri en çok 4 birim olur. Yani $i_n \leq 4$ olmalıdır. $i + j_n - 3 \leq 4 \Rightarrow i + j_n \leq 7$ kısıtı geçerlidir. Firmanın ; hiç olmazsa istemi karşılama zorunluluğu ortada olduğundan, daha öncede belirtildiği gibi, $3 \leq i + j_n$ olmak zorundadır. Sonuç olarak, $3 \leq i + j_n \leq 7$ kısıtı ortaya çıkmaktadır.

$i=0 \Rightarrow j_n=3,4,5$ olur.

$$f_3(0) = \text{Min}[C_3(3) + 1(0 + 3 - 3) + f_2(0 + 3 - 3)] = 19 + 0 + 38 = 57$$

$$f_3(0) = \text{Min}[C_3(4) + 1(0 + 4 - 3) + f_2(0 + 4 - 3)] = 21 + 1 + 26 = 48$$

$$f_3(0) = \text{Min}[C_3(5) + 1(0 + 5 - 3) + f_2(0 + 5 - 3)] = 23 + 2 + 24 = 49$$

Firmanın dönem başı envanteri 0 ise, firma en az maliyetli olan 4 birim üretmeye karar verecektir.

$i=1 \Rightarrow j_n=2,3,4,5$ olur.

$$f_3(1) = \text{Min}[C_3(2) + 1(1 + 2 - 3) + f_2(1 + 2 - 3)] = 17 + 0 + 38 = 55$$

$$f_3(1) = \text{Min}[C_3(3) + 1(1 + 3 - 3) + f_2(1 + 3 - 3)] = 19 + 1 + 26 = 46$$

$$f_3(1) = \text{Min}[C_3(4) + 1(1 + 4 - 3) + f_2(1 + 4 - 3)] = 21 + 2 + 24 = 47$$

$$f_3(1) = \text{Min}[C_3(5) + 1(1 + 5 - 3) + f_2(1 + 5 - 3)] = 23 + 3 + 19 = 45$$

Firmanın dönem başı envanteri 1 ise, firma en az maliyetli olan 5 birim üretmeye karar verecektir.

$i=2, i=3$ ve 4 düzeyinde de aynı işlemler yapılabilir. Çizelge III.3.'de $n=3$ için yapılan hesaplamalar daha net görülmektedir.

Çizelge III.3. n=3 için hesaplamalar

$i \backslash j_3$	0	1	2	3	4	5	$j_3(i)$	$f_3(i)$
0	-	-	-	(19+0+38)-	(21+1+26)	(23+2+24)	4	48
1	-	-	(17+0+38)	(19+1+26)	(21+2+24)	(23+3+19)	5	45
2	-	(15+0+38)	(17+1+26)	(19+2+24)	(21+3+19)	(23+4+18)	4	43
3	(0+0+38)	(15+1+26)	(17+2+24)	(19+3+19)	(21+4+18)	-	0	38
4	(0+1+26)	(15+2+24)	(17+3+19)	(19+4+18)	-	-	0	27

n=4 aşamasında, yani Ocak ayında, dönem başı envanteri 0 olacağına, firma en az 3 birim üretmelidir. Yani, $i=0$ ve $3 \leq j_n \leq 5$ olmalıdır.

$i=0 \Rightarrow j_n=3,4,5$ olur.

$$f_4(0) = \min[C_4(3) + 1(0 + 3 - 3) + f_3(0 + 3 - 3)] = 19 + 0 + 48 = 67$$

$$f_4(0) = \min[C_4(4) + 1(0 + 4 - 3) + f_3(0 + 4 - 3)] = 21 + 1 + 45 = 67$$

$$f_4(0) = \min[C_4(5) + 1(0 + 5 - 3) + f_3(0 + 5 - 3)] = 23 + 2 + 43 = 68$$

Firmanın dönem başı envanteri 0'dır, firma en az maliyetli olan 3 veya 4 birim üretmeye karar verecektir.

Çizelge III.4.'de n=4 için yapılan bu hesaplamalar daha net görülmektedir.

Çizelge III.4. n=4 için hesaplamalar

$i \backslash j_3$	0	1	2	3	4	5	$j_3(i)$	$f_3(i)$
0	-	-	-	(19+0+48)-	(21+1+45)	(23+2+43)	3,4	67

Ocak ayında dönem başı envanteri 0'dır. Firmanın üretim miktarı konusunda iki farklı seçenek söz konusudur. Firma ya 3, yada 4 birim üretmeye karar verecektir.

Firma 3 birim üretmeye karar verirse, dönem sonunda 0 envanter kalacaktır. $n=3$ aşamasındaki Şubat ayında dönem başı envanter $i=0$ olacaktır ve firma bu i düzeyinde 4 birim üretmeye karar verecektir. 4 birim üretimin 3 birim ürünü o ay ki istemleri karşılayacağından, 1 birim dönem sonu envanteri kalacaktır. $n=2$ 'de, Mart ayında, $i=1$ düzeyinde 5 birim üretilmesi gerektiği görülmektedir. Dolayısı ile Mart ayında eldeki toplam 6 birimlik ürün miktarının 3 birimi talebi karşılayacağından, dönem sonu envanteri 3 birim olarak kalacaktır. Nisan ayına rastlayan, $n=1$ aşamasında ise, dönem başı envanter $i=3$ olduğundan ve dönem sonu envanterin 0 olması gerektiğinden, hiç üretim yapılmaması uygun olur.

Firma 4 birim üretmeye karar verdiğinde, dönem başı envanter 0 ve Ocak ayı istemi 3 birim olacağından, dönem sonuna 1 birim envanter kalacaktır. Bu 1 birimlik dönem sonu envanteri $n=3$ Şubat ayının dönem başı envanteridir ve bu düzeydeki optimal üretim miktarı, bu aşamada 5 birim olmaktadır. Bu aşamada 1 birim dönem başı envanter vardı, 5 birimlik üretim yapıldı. Ancak 3 birimlik istem karşılandığında, dönem sonu envanter 3 birim kalacaktır. Mart ayında $n=2$ aşamasında dönem başı envanter 3 birimdir. Dolayısıyla bu aşamada optimal karar üretim yapılmamasıdır, yani üretim miktarı 0 olduğunda, eniyi sonuca ulaşılmaktadır. Nisan ayı dönem başı envanteri 0 birim olacağından optimal üretim kararı bu aşamada 3 birim üretmektir. Özetle problemin sonucuna ilişkin optimum üretim-envanter planı Çizelge III.5.'de gösterilmektedir.

Çizelge III.5. Örnek I. İçin Optimum Üretim-Envanter Planı

AYLAR	I. SEÇENEK			AYLAR	II. SEÇENEK		
	ÜRETİM	STOK	MALİYET		ÜRETİM	STOK	MALİYET
OCAK	3	0	19	OCAK	4	1	21+1
ŞUBAT	4	1	21+1	ŞUBAT	5	3	23+3
MART	5	3	23+3	MART	0	0	0
NİSAN	0	0	0	NİSAN	3	0	19
TOPLAM	12		67	TOPLAM	12		67

ÖRNEK III.2.(Demir,1973:126-130).

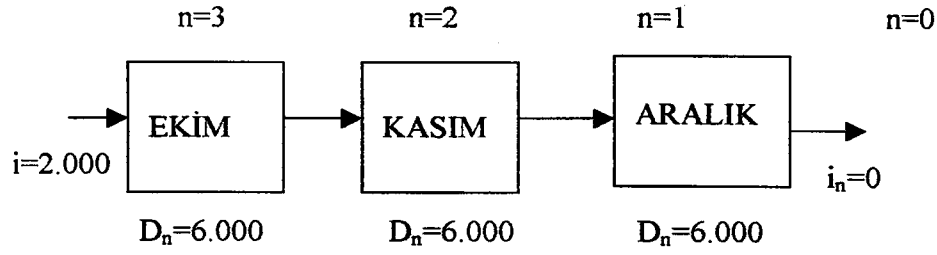
Motorlu araçlar için jant üretiminde bulunan bir işletme, üretiminin planlamasını 3 ay önceden yapmaktadır. Ekim-Aralık ayları arasında pazarın değişmez gereksinimi olan 6000 jantın piyasaya sürülmüş olması gerekmektedir. İşletmenin aylık üretim maliyetinin giderleri ve çeşitli seçenek üretim miktarları Çizelge III.6'daki gibidir.

İşletmede her ay 10.000 janttan daha çok üretim yapılamamakta ve bir ay içerisinde üretilen jantlar ise o ay içinde hemen elden çıkarılamamaktadır. Satılamayan bu jantlar her ay parça başına 0.50PB (Para Birimi) stoklama gideri yaratmaktadır. Problemi yalınlaştırılması için bu stoklama giderleri her ay sonundaki depo envanteri esas tutularak tespit saptanılmaktadırlar. Ayrıca depo kapasitesi, maksimum 8.000 jant ile sınırlandırılmıştır. 1 Ekim tarihinde depoda 2.000 jant stoku mevcuttur. 31 Aralıkta depo boşaltılmış olacaktır.

Çizelge III.6. Örnek 2. İçin Üretim Miktarı ve Üretim Maliyetleri

ÜRETİM MİKTARI (ADET)	ÜRETİM MALİYETİ (PB)
0	52.000
2.000	60.000
4.000	68.000
6.000	76.000
8.000	84.000
10.000	92.000

Dinamik programlama yardımıyla Ekimden Aralık'a kadar minimum giderli üretim-envanter planlaması aşağıdaki biçimde saptanılmıştır:



$$j_n \leq 10.000, \quad i_n \leq 8.000, \quad J_n, i_n \geq 0$$

Çözüm:

Aralık ayında $n=1$, dönem başı envanter $i \leq 6.000$ olmalıdır. Çünkü dönem sonunda deponun boşaltılmış olması yani dönem sonu envanterinin $i_n = 0$ olması istenmektedir. Aynı sınırlayıcı koşul üretim miktarı içinde geçerlidir, ve $j_n \leq 6.000$ olmalıdır. Dolayısı ile $i + j_n = 6.000$ kısıdı sağlanmalıdır. $n=1$ için hesaplamalar Çizelge III.7.'de gösterilmiştir.

$$\text{Amaç işlevi: } f_n(i) = \text{Min}[C_n(j_n) + E(i + j_n - D_n) + f_{n-1}(i + j_n - D_n)] .$$

$$i=0 \Rightarrow j_n=6.000 \text{ olur.}$$

$$\begin{aligned} f_1(0) &= \text{Min}[C_n(6.000) + 0.5(0 + 6.000 - 6.000) + f_0(0 + 6.000 - 6.000)] \\ &= 76.000 + 0 + 0 = 76.000 \end{aligned}$$

Aynı işlemler $n=2.000, 4.000$ ve 6.000 içinde yapıldığında Çizelge III.7 elde edilir.

Çizelge III.7. $n=1$ için hesaplamalar

$i \backslash j_1$	$J_1(i)$	$f_1(i)$
0	6.000	76.000
2.000	4.000	68.000
4.000	2.000	60.000
6.000	0	0 ¹

¹ Aralık ayında ve Kasım ayında üretimin 0 olması durumunda maliyet 0'dır. Çünkü sabit maliyetler, Ekim ayına 52.000 olarak yansıtılmalıdır.

$n=2$ Kasım dönemi için, dönem sonu envanteri i_n en çok 6.000 olabilir. Çünkü son dönemin sonunda stok kalmamalıdır ve o dönemin talebi 6.000 birimdir.

$$i_n \leq 6.000$$

$$i_n = i + j_n - D_n \Rightarrow i + j_n - 6.000 \leq 6.000 \Rightarrow i + j_n \leq 12.000$$

Çözüm bu aşama için Çizelge III.8.'de gösterilmektedir.

$$f_n(i) = \text{Min}[C_n(j_n) + E(i + j_n - D_n) + f_{n-1}(i + j_n - D_n)]$$

Çizelge III.8. $n=2$ için hesaplamalar

Dönem Başı Envanter i	Üretim Miktarı j_n	Dönem Sonu Envanter $i_n = i + j_n - D_n$	Üretim Maliyeti (PB)	Envanter Maliyeti (PB) $E(i + j_n - D_n)$	$f_{n-1}(i + j_n - D_n)$	$J_n(i)$	$F_n(i)$
0	6.000	0	76.000	0	76.000	6.000	152.000
0	8.000	2.000	84.000	1.000	68.000	-	153.000
0	10.000	4.000	92.000	2.000	60.000	-	154.000
2.000	4.000	0	68.000	0	76.000	-	144.000
2.000	6.000	2.000	76.000	1.000	68.000	-	145.000
2.000	8.000	4.000	84.000	2.000	60.000	-	146.000
2.000	10.000	6.000	92.000	3.000	0	10.000	95.000
4.000	2.000	0	60.000	0	76.000	-	136.000
4.000	4.000	2.000	68.000	1.000	68.000	-	137.000
4.000	6.000	4.000	76.000	2.000	60.000	-	138.000
4.000	8.000	6.000	84.000	3.000	0	8.000	87.000
6.000	0	0	52.000	0	76.000	-	128.000
6.000	2.000	2.000	60.000	1.000	68.000	-	129.000
6.000	4.000	4.000	68.000	2.000	60.000	-	130.000
6.000	6.000	6.000	76.000	3.000	0	6.000	79.000
8.000	0	2.000	52.000	1.000	68.000	-	121.000
8.000	2.000	4.000	60.000	2.000	60.000	-	122.000
8.000	4.000	6.000	68.000	3.000	0	4.000	71.000

$$n=3 \text{ Ekim dönemi için, } i=2.000 \Rightarrow i+j_n \geq 6.000 \Rightarrow j_n \geq 4.000$$

Dönem başı envanter 2.000 birim olarak verilmiştir, bu dönemde olabilecek talep 6.000 birim olduğu için en az 4.000 birim üretim yapılmalıdır. En az yapılacak üretim miktarı ise; dönem sonu envanterin en fazla 8.000 birim olacağı göz önüne alınarak belirlenmelidir.

$$i_n \leq 8.000$$

$$i_n = i + j_n - D_n \Rightarrow 2.000 + j_n - 6.000 \leq 8.000 \Rightarrow j_n \leq 16.000$$

Dönem başı envanter 2.000 birim, talep 6.000 birim olarak verilmiştir. Dönem sonu envanter ise en fazla 8.000 birim olabilir. Gerekli formülde bu değerler yerine konulduğunda üretim en fazla 16.000 olabilir. Ancak üretim miktarı kısıtı gereği bu dönemde üretim 10.000 birimi geçemeyeceğinden üst sınır olarak 10.000 ele alınmalıdır.

Çizelge III.9. n=3 için hesaplamalar

Dönem Başı Envanter $\hat{I}$	Üretim Miktarı j_n	Dönem Sonu Envanter $\hat{I}_n = i + j_n - D_n$	Üretim Maliyeti (PB) $C_n(j_n)$	Envanter Maliyeti (PB) $E(i + j_n - D_n)$	$f_{n-1}(i + j_n - D_n)$	$J_n(i)$	$F_n(i)$
2.000	4.000	0	68.000	0	152.000	-	220.000
2.000	6.000	2.000	76.000	1.000	95.000	6.000	172.000
2.000	8.000	4.000	84.000	2.000	87.000	-	173.000
2.000	10.000	6.000	92.000	3.000	79.000	-	174.000

Çizelge III.10. Örnek 2. İçin Optimum Üretim-Envanter Planı

AYLAR	ÜRETİM	STOK	MALİYET (PB)
EKİM	6.000	2.000	77.000
KASIM	10.000	6.000	95.000
ARALIK	0	0	0
TOPLAM	16.000		172.000

Jant üretiminin optimal üretim-envanter planının belirlenmesinde envanter kontrolü sorunları için dinamik programlama modeli kullanıldığında şu sonuçlar elde edilmiştir. Ekim, Kasım, Aralık aylarına ilişkin jant üretim envanter planı Çizelge III.10'da özetlenmiştir. Ekim ayında firma 6.000 birim jant üretmelidir. Dönem başında 2.000 birim envanter bulunacağından, Ekim ayında elde toplam 8.000 birim jant olacaktır. İstem ise 6.000 birim olarak verilmiştir. Bu durumda dönem sonu stok 2.000 birim olarak gerçekleşecektir. Kasım ayında ise 10.000 birim jant üretimine karar verilmiştir. Dönem sonu stok ise 6.000 birim belirlenmiştir. Aralık ayında istem 6.000 birim olacağından, ve Kasım ayında 6.000 birim envanter devredeceğinden üretim yapılmamalıdır. Diğer bir deyişle, aralık ayında üretim yapılmamalı, Kasım döneminde devreden stoklar kullanılmalıdır. Bu üç aylık dönemde toplam 16.000 birim jant üretilmelidir. Bu üretim sonucunda stoklarda 2.000 birim jant Ekim döneminde kalan, 6.000 birimi Kasım ayında kalan olmak üzere toplam 8.000 birim jant bekletilmelidir. Bu koşullar altında Toplam Üretim-Envanter Maliyet 172.000 PB olarak gerçekleşmiştir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ÜRETİM-ENVANTER DÜZEYİNİN BELİRLENMESİNDE DİNAMİK
PROGRAMLAMA MODELİNİN DYOSAD A.Ş.'DE ASTAR ÜRÜN GRUBUNA
UYGULANMASI

IV. DYOSAD A.Ş.'NİN GENEL YAPISI

Bir Yaşar Holding Kuruluşu olan DYÖ ve Sadolin Sentetik, Selülozik Boya ve Vernik Fabrikaları A.Ş (DYOSAD A.Ş); Durmuş Yaşar ve Oğulları - DYÖ (Türkiye) ile Sadolin and Holmblad (Danimarka) Şirketlerinin ortaklığı ile 1963 yılında kurulmuştur.

DYOSAD A.Ş; otomotiv, oto tamir, metal sektörlerinde macun, astar, son kat, vernik, tiner, sentetik reçine, diğer boya ve yardımcı malzemeleri ile ilgili ülke sanayisinin her türlü gereksinimlerini karşılamak üzere; tasarım , üretim, pazarlama / satış, servis konularında faaliyet göstermektedir. Firma; 22.000 m2 kapalı alana sahip olup, toplam 68.359 m2 lik sahasında; iki vardiya halinde çalışan yılda 18 000 ton kapasiteye sahip Oto Tamir Boyaları Fabrikası, iki vardiya halinde çalışan yılda 8 000 ton kapasiteye sahip Sanayi (Otomotiv + Metal) Boyaları Fabrikası ve üç vardiya halinde çalışan yılda 15 000 ton üretim kapasitesine sahip Bağlayıcılar Fabrikası yer almaktadır.

Faaliyetlerini yürütürken DYOSAD A.Ş' nin izlediği temel politikanın; müşteri beklentilerini ve isteklerini tam ve doğru algılayarak, tümünü en ekonomik biçimde karşılamak olduğu belirtilmektedir. Bu politikayı uygulayabilmek için DYOSAD A.Ş. Toplam Kalite Yönetimi' nin araçlarını kullanmaktadır. Kuruluşundan bu yana uygulanan müşteri, insan ve kalite odaklı politikaları ile; müşterilerine isteklerini, beklentilerini karşılayan kaliteli ürünlerin ve hizmetlerin sunulmasını sağladığı da ayrıca belirtilmektedir. DYOSAD A.Ş. şu anda Türkiye' le boya sektörünün önderi durumunda bulunmakta ve bu durumunu da ürettiği kaliteli ve zengin ürün çeşitlerini kullanan müşterilerine borçlu olduğunu da vurgulamaktadır. İstanbul Sanayi Odası'nın her yıl yayımladığı "Türkiye'nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu" istatistiklerinde 1995 yılında 227. ve 1996 yılında 221. Sırada yer almıştır. 1997 –1998 Yıllarına ilişkin satışlarının da sağdaki gibi olduğu ileri sürülmektedir.

SATIŞLAR:

<i>(Ton)</i>	<i>(Trilyon TL.)</i>	<i>İhracat (ton)</i>	<i>İhracat(000Dolar)</i>
1997: 29.770	9.1	5.465	7.300
1998: 32.650	15.3	5.890	7.500

Kaliteyi yönetmek için uygulanan sistem TSE tarafından 1994 yılında incelenerek TS-EN-ISO 9001 Kalite Sistem Belgesi ile onurlandırılmış ve DYOSAD A.Ş boya sektöründe ilk TS-EN-ISO 9001 belgesine sahip kuruluş olmuştur.

Personel sayısı; üst yönetimde 5, üretimde 179, AR-GE de18, satışda 15, muhasebede 17, bilgi sistemlerinde 6, lojistikte 14, güvenlikde 14, genel destek hizmetlerinde 26, genel idari hizmetlerde 156, kalite ve insan gücü geliştirmede 8 olmak üzere toplam 310 (Kilit Personel 18) kişidir.

IV.1. Dyosad A.Ş.'de Çok Aşamalı Üretim-Envanter Uygulaması

DYO ürünlerini Yaşar-Basf adlı şirketi aracılığı ile pazarlamaktadır. Pazarlama ve satış bölümleri bu şirket ile ortak hareket etmektedir. Üretim birimi ile satış birimi sürekli olarak üretim miktarını belirlemek için ilişki içinde bulunmaktadır. DYO'da temel amaç müşteri memnuniyetini en üst düzeyde tutmaktır. DYO ürünlerinin pazarlamasında kullandığı araçların gereksinimlerini anında karşılamak istemektedir. Müşterilerinin istemlerini karşılayabilmek içinde elinde stok bulundurmak durumundadır. Envanter düzeyini belirlemede DYO bir model kullanmamaktadır. Firma ne zaman ne miktarda istem olacağını bilmediğinden, kesinlikle her zaman elinde envanter bulundurmayı yeğlemektedir. Envanter düzeyi, pazarlama birimi ve satış biriminin istem öngörülerini, müşterilerin önceden verdikleri siparişler ve üretim biriminin üretebileceği miktarlar göz önüne alınarak belirlenmektedir. Bu envanter miktarı gereğinden çok olmamalı ve geçmiş dönemden kalan envanter miktarlarına göre belirlenmelidir.

IV.1. Dyosad A.Ş.'de Astar Ürün Grubunun Üretim-Envanter Planının Dinamik Programlama Modeli ile Belirlenmesi

Bu bölümde, DYO firmasının üretim kalemlerinden biri olan Astar ürün grubuna ilişkin üretim- envanter planı dinamik programlama yardımıyla, bir yıllık süreç, aylık aşamalara bölünerek belirlenecektir. 01.05.1999 –30.04.2000 Tarihleri arasında gerçekleşen müşteri siparişleri EK-1’de verilmiştir. Ek-1 deki veriler kullanılarak aylık istemler yaklaşık olarak Çizelge IV.1 de gösterilmiştir.

Çizelge IV.1. Astar Ürününün Aylara Göre İstem Miktarı

AYLAR	İSTEM (TON)
MAYIS-99	190
HAZİRAN-99	180
TEMMUZ-99	140
AĞUSTOS-99	110
EYLÜL-99	60
EKİM-99	70
KASIM-99	140
ARALIK-99	150
OCAK-00	140
ŞUBAT-00	200
MART-00	160
NİSAN-00	120

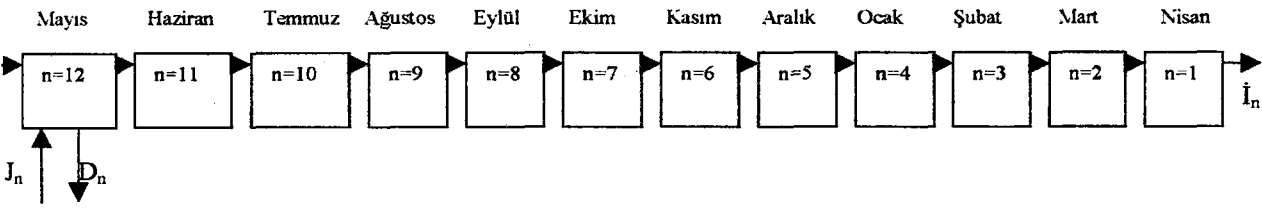
01.05.1999 Tarihinde stoklarda 50 .Ton Astar ürünü bulunmaktadır. Firma her dönemin sonunda en az 50 Ton, en fazla 100 Ton stok bırakmak istemektedir. Her dönemde ton başına stoklama maliyeti 100.000.000 TL olmaktadır. Üretim bir ayda en fazla 200 Ton yapılabilir. Astar ürünü diğer ürünlerin kullanımında gerekli bir mamul olduğundan her

dönemde en az 50 Ton üretme kararı verilmiştir. Üretim maliyetleri her dönem için Çizelge IV.2 de gösterilmiştir.

Çizelge IV.2. Astar Ürününün Üretim Maliyetleri

ÜRETİM MİKTARI (TON)	ÜRETİM MALİYETİ (MİLYAR TL)
50	55
60	65
70	73
80	83
90	92
100	102
110	111
120	121
13	132
140	144
150	156
160	166
170	176
180	187
190	199
200	200

DYO firması yöneticileri, üretim-envanter kontrolü planını müşteri siparişlerini her koşulda karşılaya bilmek için fazla miktarda stok elde bulunduracak şekilde, daha çok yöneticilerin kararlarına bağlı olarak belirlemektedirler. Astar ürün grubuna ilişkin 01.05.1999-30.04.2000 arasında üretim envanter planı dinamik programlama yardımı ile belirlenmek istendiğinde her ay bir aşama olarak düşünülür. Çözüm geriye doğru, yukarıdaki, üretim ve stoklama bilgileri göz önünde bulundurularak yapıldığında, son ay (Nisan-2000) son aşama olacaktır. Zamana dayalı olarak üretim-envanter süreci Çizim IV.1 de gösterilmiştir. Nisan dönemi ve diğer dönemler için hesaplamalar aşağıda bu süreç göz önüne alınarak yapılmıştır.



Çizim IV.1. Geriye Doğru Üretim Envanter Süreci Aşamaları

Her dönem için üretimin (j_n) en az 50, en fazla 200 Ton olması belirtilmektedir. Dönemlere ilişkin genel üretim miktarı sınırları $50 \leq J_n \leq 200$ olarak gösterilebilir. Her dönemin sonunda ise stoklara en az 50, en fazla 100 Ton ürün gönderilmelidir, yani dönem sonu stok miktarı (I_n), $50 \leq I_n \leq 100$ arasında olmalıdır. Son aşamada, Mayıs dönem başı stok miktarının (I) 50Ton olduğu dikkate alınmalıdır. Böylelikle, son aşmada dönem başı stok değeri olarak tek alternatif 50 Ton olacaktır. Birinci aşama ($n=1$), Nisan 2000 dönemine ilişkin hesaplamalarla çözüme başlanılmıştır ve çözüm son aşama olarak alınan ($n=12$) Mayıs 1999 dönemine ait hesaplamalar yapıldığında bitirilmiştir. Hesaplamalarda, üçüncü bölümde üretim envanter planı için verilen $f_n(i) = \text{Min}[C_n(J_n) + E(i + j_n - D_n) + f_{n-1}(i + j_n - D_n)]$ amaç fonksiyonundan yararlanılmıştır.

$n=1$, Nisan Dönemi İçin Hesaplamalar

$$50 \leq J_n \leq 200$$

$$50 \leq I_n \leq 100 \text{ ve } D_n = 120 \text{ Ton}$$

$$i_n = i + j_n - D_n \Rightarrow 170 \leq i + j_n \leq 220 \text{ olmalıdır.}$$

Nisan ayına ilişkin değerler, inceleme yapılan sürecin son zaman dilimidir. Çözüm geriye doğru gerçekleştirildiğinden birinci aşama olmuştur. dolayısı ile birinci aşamanın dönem başı stok miktarı bir önceki dönemin dönem sonu stok miktarı olacaktır. bir önceki dönemden 50 ile 100 Ton arasında ürün stoklanmış olabilir. En az 50 Ton stoklanabildiğinden üretim , $170 \leq i + j_n \leq 220$ sınırlarında “i” yerine 50 konulduğunda en fazla 270, en az 120 Ton yapılmalıdır. Genel üretim miktarı kısıdı da ($50 \leq J_n \leq 200$) düşünüldüğünde üretim miktarının 200 Ton’u geçemeyeceği anlaşılır. bir önceki dönemde en fazla stoklama miktarı 100 Ton olabileceğinden,

“i” dönem başı stok miktarı en fazla 100 Ton olur. Bu durumda üretim miktarı 70 Ton ile 120 Ton arasında yapılabilir. Bu sınırlar düşünülerek n=1 için hesaplamalar Çizelge IV.3. de gösterilmiştir.

Çizelge IV.3. n=1 için hesaplamalar

n=1 nisan00							
Dönem Başı Envanter	Üretim Miktarı Ton	Dönem Sonu Envanter	Üretim Maliyeti (MilyarTL)	Envanter Maliyeti (MilyarTL)			
i	Jn	İn= i+ jn- Dn		E(i+ jn- Dn)	fn-1(i+ jn- Dn)	Jn(i)	fn(i)
50	120	50	121	5	0	126	126
50	130	60	132	6	0	—	138
50	140	70	144	7	0	—	151
50	150	80	156	8	0	—	164
50	160	90	166	9	0	—	175
50	170	100	176	10	0	—	186
60	110	50	111	5	0	116	116
60	120	60	121	6	0	—	127
60	130	70	132	7	0	—	139
60	140	80	144	8	0	—	152
60	150	90	156	9	0	—	165
60	160	100	166	10	0	—	176
70	100	50	102	5	0	107	107
70	110	60	111	6	0	—	117
70	120	70	121	7	0	—	128
70	130	80	132	8	0	—	140
70	140	90	144	9	0	—	153
70	150	100	156	10	0	—	166
80	90	50	92	5	0	97	97
80	100	60	102	6	0	—	108
80	110	70	111	7	0	—	118
80	120	80	121	8	0	—	129
80	130	90	132	9	0	—	141
80	140	100	144	10	0	—	154
90	80	50	83	5	0	88	88
90	90	60	92	6	0	—	98
90	100	70	102	7	0	—	109
90	110	80	111	8	0	—	119
90	120	90	121	9	0	—	130
90	130	100	132	10	0	—	142
100	70	50	73	5	0	78	78
100	80	60	83	6	0	—	89
100	90	70	92	7	0	—	99
100	100	80	102	8	0	—	110
100	110	90	111	9	0	—	120
100	120	100	121	10	0	—	131

n=2 , Mart Dönemi İçin Hesaplamalar

$$50 \leq J_n \leq 200$$

$$50 \leq \hat{I}_n \leq 100 \text{ ve } D_n = 160 \text{ Ton}$$

$$i_n = i + j_n - D_n \Rightarrow 210 \leq i + j_n \leq 260 \text{ olmalıdır.}$$

Çizelge IV.4. n=2 için hesaplamalar

n=2 mart00							
Dönem Başı Envanter	üretim miktarı Ton	Dönem Sonu Envanter	Üretim Maliyeti (Milyar)	Envanter Maliyeti (Milyar)			
I	J _n	I _n = i + j _n - D _n		E(i + j _n - D _n)	f _{n-1} (i + j _n - D _n)	J _n (i)	f _n (i)
50	160	50	166	5	126	297	297
50	170	60	176	6	116	---	298
50	180	70	187	7	107	---	301
50	190	80	199	8	97	---	304
50	200	90	200	9	88	297*	297
60	150	50	156	5	126	287	287
60	160	60	166	6	116	---	288
60	170	70	176	7	107	---	290
60	180	80	187	8	97	---	292
60	190	90	199	9	88	---	296
60	200	100	200	10	78	---	288
70	140	50	144	5	126	275	275
70	150	60	156	6	116	---	278
70	160	70	166	7	107	---	280
70	170	80	176	8	97	---	281
70	180	90	187	9	88	---	284
70	190	100	199	10	78	---	287
80	130	50	132	5	126	263	263
80	140	60	144	6	116	---	266
80	150	70	156	7	107	---	270
80	160	80	166	8	97	---	271
80	170	90	176	9	88	---	273
80	180	100	187	10	78	---	275
90	120	50	121	5	126	252	252
90	130	60	132	6	116	---	254
90	140	70	144	7	107	---	258
90	150	80	156	8	97	---	261
90	160	90	166	9	88	---	263
90	170	100	176	10	78	---	264
100	110	50	111	5	126	242	242
100	120	60	121	6	116	---	243
100	130	70	132	7	107	---	246
100	140	80	144	8	97	---	249
100	150	90	156	9	88	---	253
100	160	100	166	10	78	---	254

n=3, Şubat Dönemi İçin Hesaplamalar

$$50 \leq J_n \leq 200$$

$$50 \leq \dot{I}_n \leq 100 \text{ ve } D_n = 200 \text{ Ton}$$

$$i_n = i + j_n - D_n \Rightarrow 250 \leq i + j_n \leq 300 \text{ olmalıdır.}$$

Çizelge IV.5. n=3 için hesaplamalar

Dönem Başı Envanter	üretim miktarı Ton	n=3 şubat00					
		Dönem Sonu Envanter	Üretim Maliyeti (Milyar)	Envanter Maliyeti (Milyar)			
I	J _n	I _n = i + j _n - D _n		E(i + j _n - D _n)	f _{n-1} (i + j _n - D _n)	J _n (i)	f _n (i)
50	200	50	200	5	297	502	502
60	190	50	199	5	297	—	501
60	200	60	200	6	287	493	493
70	180	50	187	5	297	—	489
70	190	60	199	6	287	—	492
70	200	70	200	7	275	482	482
80	170	50	176	5	297	—	478
80	180	60	187	6	287	—	480
80	190	70	199	7	275	—	481
80	200	80	200	8	263	471	471
90	160	50	166	5	297	—	468
90	170	60	176	6	287	—	469
90	180	70	187	7	275	—	469
90	190	80	199	8	263	—	470
90	200	90	200	9	252	461	461
100	150	50	156	5	297	—	458
100	160	60	166	6	287	—	459
100	170	70	176	7	275	—	458
100	180	80	187	8	263	—	458
100	190	90	199	9	252	—	460
100	200	100	200	10	242	452	452

n=4, Ocak Dönemi İçin Hesaplamalar

$$50 \leq J_n \leq 200$$

$$50 \leq \bar{I}_n \leq 100 \text{ ve } D_n=150\text{Ton}$$

$$i_n = i + j_n - D_n \Rightarrow 200 \leq i + j_n \leq 250 \text{ olmalıdır.}$$

Çizelge IV.6. n=4 için hesaplamalar

n=4 ocak00							
Dönem Başı Envanter	Üretim miktarı Ton	Dönem Sonu Envanter	Üretim Maliyeti (Milyar)	Envanter Maliyeti (Milyar)			
i	J _n	I _n = i + j _n - D _n		E (i + j _n - D _n)	f _{n-1} (i + j _n - D _n)	J _n (i)	f _n (i)
50	140	50	144	5	502	651	651
50	150	60	156	6	493	---	655
50	160	70	166	7	482	---	655
50	170	80	176	8	471	---	655
50	180	90	187	9	461	---	657
50	190	100	199	10	452	---	661
60	130	50	132	5	502	639	639
60	140	60	144	6	493	---	643
60	150	70	156	7	482	---	645
60	160	80	166	8	471	---	645
60	170	90	176	9	461	---	646
60	180	100	187	10	452	---	649
70	120	50	121	5	502	628	628
70	130	60	132	6	493	---	631
70	140	70	144	7	482	---	633
70	150	80	156	8	471	---	635
70	160	90	166	9	461	---	636
70	170	100	176	10	452	---	638
80	110	50	111	5	502	618	618
80	120	60	121	6	493	---	620
80	130	70	132	7	482	---	621
80	140	80	144	8	471	---	623
80	150	90	156	9	461	---	626
80	160	100	166	10	452	---	628
90	100	50	102	5	502	609	609
90	110	60	111	6	493	---	610
90	120	70	121	7	482	---	610
90	130	80	132	8	471	---	611
90	140	90	144	9	461	---	614
90	150	100	156	10	452	---	618
100	90	50	92	5	502	599	599
100	100	60	102	6	493	---	601
100	110	70	111	7	482	---	600
100	120	80	121	8	471	---	600
100	130	90	132	9	461	---	602
100	140	100	144	10	452	---	606

n=5, Aralık Dönemi İçin Hesaplamalar

$$50 \leq J_n \leq 200$$

$$50 \leq \dot{I}_n \leq 100 \text{ ve } D_n = 150 \text{ Ton}$$

$$i_n = i + j_n - D_n \Rightarrow 200 \leq i + j_n \leq 250 \text{ olmalıdır.}$$

Çizelge IV.7. n=5 için hesaplamalar

n=5 aralık99							
Dönem Başı Envanter	Üretim miktarı Ton	Dönem Sonu Envanter	Üretim Maliyeti (Milyar)	Envanter Maliyeti (Milyar)			
i	J _n	i _n = i + j _n - D _n		E(i+ j _n - D _n)	f _{n-1} (i+ j _n - D _n)	J _n (i)	f _n (i)
50	150	50	156	5	651	—	812
50	160	60	166	6	639	—	811
50	170	70	176	7	628	—	811
50	180	80	187	8	618	—	813
50	190	90	199	9	609	—	817
50	200	100	200	10	599	809	809
60	140	50	144	5	651	800	800
60	150	60	156	6	639	—	801
60	160	70	166	7	628	—	801
60	170	80	176	8	618	—	802
60	180	90	187	9	609	—	805
60	190	100	199	10	599	—	808
70	130	50	132	5	651	788	788
70	140	60	144	6	639	—	789
70	150	70	156	7	628	—	791
70	160	80	166	8	618	—	792
70	170	90	176	9	609	—	794
70	180	100	187	10	599	—	796
80	120	50	121	5	651	777	777
80	130	60	132	6	639	777*	777
80	140	70	144	7	628	—	779
80	150	80	156	8	618	—	782
80	160	90	166	9	609	—	784
80	170	100	176	10	599	—	785
90	110	50	111	5	651	—	767
90	120	60	121	6	639	766	766
90	130	70	132	7	628	—	767
90	140	80	144	8	618	—	770
90	150	90	156	9	609	—	774
90	160	100	166	10	599	—	775
100	100	50	102	5	651	—	758
100	110	60	111	6	639	756	756
100	120	70	121	7	628	756*	756
100	130	80	132	8	618	—	758
100	140	90	144	9	609	—	762
100	150	100	156	10	599	—	765

n=6, Kasım Dönemi İçin Hesaplamalar

$$50 \leq J_n \leq 200$$

$$50 \leq I_n \leq 100 \text{ ve } D_n = 140 \text{ Ton}$$

$$i_n = i + j_n - D_n \Rightarrow 190 \leq i + j_n \leq 240 \text{ olmalıdır.}$$

Çizelge IV.8. n=6 için hesaplamalar

n=6 kasım99							
Dönem Başı Envanter	Üretim miktarı Ton	Dönem Sonu Envanter	Üretim Maliyeti (Milyar)	Envanter Maliyeti (Milyar)			
i	J _n	i _n = i + j _n - D _n		E(i + j _n - D _n)	f _{n-1} (i + j _n - D _n)	J _n (i)	f _n (i)
50	140	50	144	5	809	958	958
50	150	60	156	6	800	---	962
50	160	70	166	7	788	---	961
50	170	80	176	8	777	---	961
50	180	90	187	9	766	---	962
50	190	100	199	10	756	---	965
60	130	50	132	5	809	946	946
60	140	60	144	6	800	---	950
60	150	70	156	7	788	---	951
60	160	80	166	8	777	---	951
60	170	90	176	9	766	---	951
60	180	100	187	10	756	---	953
70	120	50	121	5	809	935	935
70	130	60	132	6	800	---	938
70	140	70	144	7	788	---	939
70	150	80	156	8	777	---	941
70	160	90	166	9	766	---	941
70	170	100	176	10	756	---	942
80	110	50	111	5	809	925	925
80	120	60	121	6	800	---	927
80	130	70	132	7	788	---	927
80	140	80	144	8	777	---	929
80	150	90	156	9	766	---	931
80	160	100	166	10	756	---	932
90	100	50	102	5	809	916	916
90	110	60	111	6	800	---	917
90	120	70	121	7	788	916*	916
90	130	80	132	8	777	---	917
90	140	90	144	9	766	---	919
90	150	100	156	10	756	---	922
100	90	50	92	5	809	906	906
100	100	60	102	6	800	---	908
100	110	70	111	7	788	906*	906
100	120	80	121	8	777	906*	906
100	130	90	132	9	766	---	907
100	140	100	144	10	756	---	910

n=7, Ekim Dönemi İçin Hesaplamalar

$$50 \leq J_n \leq 200$$

$$50 \leq \bar{J}_n \leq 100 \text{ ve } D_n = 70 \text{ Ton}$$

$$i_n = i + j_n - D_n \Rightarrow 120 \leq i + j_n \leq 170 \text{ olmalıdır.}$$

Çizelge IV.9. n=7 için hesaplamalar

Dönem Başı Envanter	Üretim miktarı Ton	n=7 ekim99		Envanter Maliyeti (Milyar)	E(i+ jn- Dn)	fn-1(i+ jn- Dn)	Jn(i)	fn(i)
		Dönem Sonu Envanter	Üretim Maliyeti (Milyar)					
i	Jn	in= i+ jn- Dn						
50	70	50	73	5	958	---	1036	
50	80	60	83	6	946	---	1035	
50	90	70	92	7	935	1034	1034	
50	100	80	102	8	925	---	1035	
50	110	90	111	9	916	---	1036	
50	120	100	121	10	906	---	1037	
60	60	50	65	5	958	---	1028	
60	70	60	73	6	946	1025	1025	
60	80	70	83	7	935	1025*	1025	
60	90	80	92	8	925	1025*	1025	
60	100	90	102	9	916	---	1027	
60	110	100	111	10	906	---	1027	
70	50	50	55	5	958	---	1018	
70	60	60	65	6	946	---	1017	
70	70	70	73	7	935	1015	1015	
70	80	80	83	8	925	---	1016	
70	90	90	92	9	916	---	1017	
70	100	100	102	10	906	---	1018	
80	50	60	55	6	946	---	1007	
80	60	70	65	7	935	---	1007	
80	70	80	73	8	925	1006	1006	
80	80	90	83	9	916	---	1008	
80	90	100	92	10	906	---	1008	
90	50	70	55	7	935	997	997	
90	60	80	65	8	925	---	998	
90	70	90	73	9	916	---	998	
90	80	100	83	10	906	---	999	
100	50	80	55	8	925	988	988	
100	60	90	65	9	916	---	990	
100	70	100	73	10	906	---	989	

n=8, Eylül Dönemi İçin Hesaplamalar

$$50 \leq J_n \leq 200$$

$$50 \leq \bar{J}_n \leq 100 \text{ ve } D_n = 60 \text{ Ton}$$

$$i_n = i + j_n - D_n \Rightarrow 110 \leq i + j_n \leq 160 \text{ olmalıdır.}$$

Çizelge IV.10. n=8 için hesaplamalar

n=8 eylül99							
Dönem Başı Envanter	Üretim miktarı Ton	Dönem Sonu Envanter	Üretim Maliyeti (Milyar)	Envanter Maliyeti (Milyar)			
i	J _n	i _n = i + j _n - D _n		E(i + j _n - D _n)	f _{n-1} (i + j _n - D _n)	J _n (i)	f _n (i)
50	60	50	65	5	1034	1104	1104
50	70	60	73	6	1025	1104*	1104
50	80	70	83	7	1015	—	1105
50	90	80	92	8	1006	—	1106
50	100	90	102	9	997	—	1108
50	110	100	111	10	988	—	1109
60	50	50	55	5	1034	1094	1094
60	60	60	65	6	1025	—	1096
60	70	70	73	7	1015	—	1095
60	80	80	83	8	1006	—	1097
60	90	90	92	9	997	—	1098
60	100	100	102	10	988	—	1100
70	50	60	55	6	1025	1086	1086
70	60	70	65	7	1015	—	1087
70	70	80	73	8	1006	—	1087
70	80	90	83	9	997	—	1089
70	90	100	92	10	988	—	1090
80	50	70	55	7	1015	1077	1077
80	60	80	65	8	1006	—	1079
80	70	90	73	9	997	—	1079
80	80	100	83	10	988	—	1081
90	50	80	55	8	1006	1069	1069
90	60	90	65	9	997	—	1071
90	70	100	73	10	988	—	1071
100	50	90	55	9	997	1061	1061
100	60	100	65	10	988	—	1063

n=9, Ağustos Dönemi İçin Hesaplamalar

$$50 \leq J_n \leq 200$$

$$50 \leq \dot{J}_n \leq 100 \text{ ve } D_n = 110 \text{ Ton}$$

$$i_n = i + j_n - D_n \Rightarrow 160 \leq i + j_n \leq 210 \text{ olmalıdır.}$$

Çizelge IV.11. n=9 için hesaplamalar

n=9 ağustos99							
Dönem Başı Envanter	Üretim miktarı Ton	Dönem Sonu Envanter	Üretim Maliyeti (Milyar)	Envanter Maliyeti (Milyar)			
i	J _n	i _n = i + j _n - D _n		E(i + j _n - D _n)	f _{n-1} (i + j _n - D _n)	J _n (i)	f _n (i)
50	110	50	111	5	1104	1220	1220
50	120	60	121	6	1094	—	1221
50	130	70	132	7	1086	—	1225
50	140	80	144	8	1077	—	1229
50	150	90	156	9	1069	—	1234
50	160	100	166	10	1061	—	1237
60	100	50	102	5	1104	1211	1211
60	110	60	111	6	1094	1211*	1211
60	120	70	121	7	1086	—	1214
60	130	80	132	8	1077	—	1217
60	140	90	144	9	1069	—	1222
60	150	100	156	10	1061	—	1227
70	90	50	92	5	1104	1201	1201
70	100	60	102	6	1094	—	1202
70	110	70	111	7	1086	—	1204
70	120	80	121	8	1077	—	1206
70	130	90	132	9	1069	—	1210
70	140	100	144	10	1061	—	1215
80	80	50	83	5	1104	1192	1192
80	90	60	92	6	1094	1192*	1192
80	100	70	102	7	1086	—	1195
80	110	80	111	8	1077	—	1196
80	120	90	121	9	1069	—	1199
80	130	100	132	10	1061	—	1203
90	70	50	73	5	1104	1182	1182
90	80	60	83	6	1094	—	1183
90	90	70	92	7	1086	—	1185
90	100	80	102	8	1077	—	1187
90	110	90	111	9	1069	—	1189
90	120	100	121	10	1061	—	1192
100	60	50	65	5	1104	—	1174
100	70	60	73	6	1094	1173	1173
100	80	70	83	7	1086	—	1176
100	90	80	92	8	1077	—	1177
100	100	90	102	9	1069	—	1180
100	110	100	111	10	1061	—	1182

n=10, Temmuz Dönemi İçin Hesaplamalar

$$50 \leq J_n \leq 200$$

$$50 \leq \dot{I}_n \leq 100 \text{ ve } D_n = 140 \text{ Ton}$$

$$i_n = i + j_n - D_n \Rightarrow 190 \leq i + j_n \leq 240 \text{ olmalıdır.}$$

Çizelge IV.12. n=10 için hesaplamalar

n=10 temmuz99							
Dönem Başı Envanter	Üretim miktarı Ton	Dönem Sonu Envanter	Üretim Maliyeti (Milyar)	Envanter Maliyeti (Milyar)			
i	J _n	i _n = i + j _n - D _n		E(i + j _n - D _n)	f _n -1(i + j _n - D _n)	J _n (i)	f _n (i)
50	140	50	144	5	1220	1369	1369
50	150	60	156	6	1211	---	1373
50	160	70	166	7	1201	---	1374
50	170	80	176	8	1192	---	1376
50	180	90	187	9	1182	---	1378
50	190	100	199	10	1173	---	1382
60	130	50	132	5	1220	1357	1357
60	140	60	144	6	1211	---	1361
60	150	70	156	7	1201	---	1364
60	160	80	166	8	1192	---	1366
60	170	90	176	9	1182	---	1367
60	180	100	187	10	1173	---	1370
70	120	50	121	5	1220	1346	1346
70	130	60	132	6	1211	---	1349
70	140	70	144	7	1201	---	1352
70	150	80	156	8	1192	---	1356
70	160	90	166	9	1182	---	1357
70	170	100	176	10	1173	---	1359
80	110	50	111	5	1220	1336	1336
80	120	60	121	6	1211	---	1338
80	130	70	132	7	1201	---	1340
80	140	80	144	8	1192	---	1344
80	150	90	156	9	1182	---	1347
80	160	100	166	10	1173	---	1349
90	100	50	102	5	1220	1327	1327
90	110	60	111	6	1211	---	1328
90	120	70	121	7	1201	---	1329
90	130	80	132	8	1192	---	1332
90	140	90	144	9	1182	---	1335
90	150	100	156	10	1173	---	1339
100	90	50	92	5	1220	1317	1317
100	100	60	102	6	1211	---	1319
100	110	70	111	7	1201	---	1319
100	120	80	121	8	1192	---	1321
100	130	90	132	9	1182	---	1323
100	140	100	144	10	1173	---	1327

n=11, Haziran Dönemi İçin Hesaplamalar

$$50 \leq J_n \leq 200$$

$$50 \leq \bar{J}_n \leq 100 \text{ ve } D_n = 190 \text{ Ton}$$

$$i_n = i + j_n - D_n \Rightarrow 240 \leq i + j_n \leq 290 \text{ olmalıdır.}$$

Çizelge IV.13. n=11 için hesaplamalar

n=11 Haziran 99							
Dönem Başı Envanter	Üretim miktarı Ton	Dönem Sonu Envanter	Üretim Maliyeti (Milyar)	Envanter Maliyeti (Milyar)			
i	J _n	i _n = i + j _n - D _n		E(i+ j _n - D _n)	f _{n-1} (i+ j _n - D _n)	J _n (i)	f _n (i)
50	190	50	199	5	1369	---	1573
50	200	60	200	6	1357	1563	1563
60	180	50	187	5	1369	---	1561
60	190	60	199	6	1357	---	1562
60	200	70	200	7	1346	1553	1553
70	170	50	176	5	1369	1550	1550
70	180	60	187	6	1357	1550*	1550
70	190	70	199	7	1346	---	1552
70	200	80	200	8	1336	---	1544
80	160	50	166	5	1369	---	1540
80	170	60	176	6	1357	---	1539
80	180	70	187	7	1346	---	1540
80	190	80	199	8	1336	---	1543
80	200	90	200	9	1327	1536	1536
90	150	50	156	5	1369	---	1530
90	160	60	166	6	1357	---	1529
90	170	70	176	7	1346	---	1529
90	180	80	187	8	1336	---	1531
90	190	90	199	9	1327	---	1535
90	200	100	200	10	1317	1527	1527
100	140	50	144	5	1369	1518	1518
100	150	60	156	6	1357	---	1519
100	160	70	166	7	1346	---	1519
100	170	80	176	8	1336	---	1520
100	180	90	187	9	1327	---	1523
100	190	100	199	10	1317	---	1526

n=12, Mayıs Dönemi İçin Hesaplamalar

$$50 \leq J_n \leq 200$$

$$50 \leq I_n \leq 100 \text{ ve } D_n = 180 \text{ Ton}$$

$$i_n = i + j_n - D_n \Rightarrow 230 \leq i + j_n \leq 280 \text{ olmalıdır. Ancak dönem başında 50 ton stok olduğu}$$

bilindiğinden, üretim miktarı 180, 190 yada 200 Ton olabilir.

Çizelge IV.14. n=12 için hesaplamalar

n=12 mayıs99							
Dönem Başı Envanter	üretim miktarı Ton	Dönem Sonu Envanter	Üretim Maliyeti (Milyar)	Envanter Maliyeti (Milyar)	.		
i	Jn	In= i+ jn- Dn		E(i+ jn- Dn)	fn-1(i+ jn- Dn)	Jn(i)	fn(i)
50	180	50	187	30	1563	1780	1780
50	190	60	199	36	1553	—	1788
50	200	70	200	42	1550	---	1792

Üretim envanter bilgileri kullanılarak, DYÖ A.Ş.'nin üretim envanter planı, dinamik programlama yardımı ile belirlenmiştir. Firma envanter kontrolü politikasını, müşteri memnuniyetini her şeyin üstünde tutuma felsefesi ile, olabilecek her istemi karşılamak için fazla envanterle çalışma şeklinde belirlemiştir. Aşağıda verilen Çizelge IV.15 firmanın yetkililerine ait üretim envanter planıdır. Çizelge IV:16 ise dinamik programlama modeli ile hesaplanmış üretim envanter planıdır.

Çizelge IV.15. Astar ürünü. için firmanın bulduğu optimum üretim-envanter planı

DÖNEMLER	ÜRETİM (TON)	STOK (TON)	MALİYET (MİLYAR TL)
MAYIS 1999	200	70	207
HAZİRAN 1999	200	80	208
TEMMUZ 1999	150	100	166
AĞUSTOS 1999	110	100	121
EYLÜL 1999	50	90	65
EKİM 1999	80	100	93
KASIM 1999	120	80	129
ARALIK 1999	150	80	164
OCAK 2000	130	70	139
ŞUBAT 2000	200	70	207
MART 2000	190	100	209
NİSAN 2000	110	90	120
TOPLAM	1690	1030	1828

Çizelge IV.16 Astar ürünü. için dinamik programlama modeli ile hesaplanan optimum üretim-envanter planı

DÖNEMLER	ÜRETİM (TON)	STOK (TON)	MALİYET (MİLYAR TL)
MAYIS 1999	180	50	217
HAZİRAN 1999	200	60	206
TEMMUZ 1999	130	50	137
AĞUSTOS 1999	110	50	116
EYLÜL 1999	60	50	70
EYLÜL 1999 ¹	70	60	79
EKİM 1999	90	70	99
EKİM 1999 ²	70	60	79
EKİM 1999 ³	80	70	90
KASIM 1999	120	50	126
KASIM 1999 ⁴	130	50	137
ARALIK 1999	200	100	210
OCAK 2000	90	50	97
ŞUBAT 2000	200	50	215
MART 2000	160	50	171
MART 2000 ⁵	200	90	209
NİSAN 2000	120	50	126
NİSAN 2000	80	50	88
TOPLAM	1660	680	1790

Eylül 1999 dönemi için II. alternatif
 Ekim 1999 dönemi için II. alternatif
 Ekim 1999 dönemi için III.. alternatif
 Kasım 1999 dönemi için II. alternatif
 Mart 2000 dönemi için II. alternatif

Firmanın belirlemiş olduğu üretim envanter planında, olabilecek her isteme hazırlıklı olmak için gereğinden, fazla üretim ve stoklama yapılmıştır. 01.05.1999 tarihinden, 30.04.2000 tarihine kadar toplam 1690 Ton Astar üretmeye, 1030 Ton stoklarda ürün bırakmaya gerek vardır. Toplam maliyet 1,828 Trilyon TL olacaktır. Dinamik programlama ile aynı koşullar altında oluşturulan üretim envanter modeli şöyledir: aynı dönemde toplam üretim 1660 Ton olmalıdır. Toplam 680 Ton ürün stoklanmalıdır. Genel anlamda maliyet 1,790 Trilyon TL olarak hesaplanacaktır. Görüldüğü üzere dinamik programlama ile hem daha az üretim gerçekleşmekte, daha az stokla uğraşmakta ve daha az bir maliyet söz konusu olmaktadır. Dinamik programlama ile plan yapmanın önemli bir avantajı da, aynı optimal sonuca götüren değişik üretim envanter düzeylerini veren alternatif planların olmasıdır. Dinamik programlama ile çözüm yapıldığında zaman içinde olabilecek değişikliklere göre optimal kararlar belirlenecektir. Bu sayede müşteri ihtiyacını karşılayamama veya gereğinden fazla üretim ve stok bulundurma gibi olumsuz durumlarla karşılaşmayacaktır.

SONUÇ

İşletme sistemlerinin işleyişinde, üretim planlaması ve kontrolü için bir çok teknik geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Yöneylem araştırması endüstride karşılaşılan problemlere en uygun çözümü getirecek modeller ve teknikler kullanır. Hangi tekniğin hangi problemin çözümünde etkili olacağı yönünde bir çok çalışmalar yapılmıştır. İşletmelerin karar politikalarını belirlemede sorunların planlı bir biçimde ele alınması ve neden-sonuç ilişkilerinin ortaya konması gerekir. Amaçlara en uygun tekniğin, en ekonomik, en kısa zamanda çözüme götüren ve olanaklı sonuçlar içinde en optimal sonucu veren bir teknik olması gerekir.

Optimal bir biçimde sonucu elde etme amacıyla endüstriyel konularda bir çok araştırma yapıp, yeni teknikler ortaya konulurken, belirli durumlarda ve politikalarda pilot denemeler de yapılarak kıyaslama şansı yaratılmaktadır. İşletme sorunlarını daha rahat ve rasyonel biçimde çözecek modellerin bilgisayar teknoloji ile bütünleşerek, paket programlar haline dönüştürülmesi çözüm modellerinin kıyaslama şansını artırmıştır. Sonuçların kıyaslanması en verimli sonucu veren modelin en doğru model olduğu varsayımını destekler.

Son yıllarda verimliliğin artırılması için yeni modellerin geliştirilmesi gerektiği gibi, mevcut modellerin günümüz koşullarına uyumlaştırılması da gerekmektedir. İşletmeler ogünün koşullarını göz önünde bulundurarak problemin yapısına en uygun modeli belirlemelidirler. Belirlenen modelin en etkili veri toplama ve kullanma tekniği ile çözümlenmesi gerekir.

Günümüzde artan global rekabet ile birlikte tüketicilerinde bilinçlenmesi işletmelerin kendilerini bu koşullara göre ayarlamaları veya tamamen değiştirmeleri konusunda zorlamaktadır. İşletmelerin gelişen koşullara göre, üretim planlaması ve

kontrolünü en optimal olacak şekilde geliştirmesi gerekmektedir. Üretim planlaması ve kontrolü içinde en önemli kalemi materyaller oluşturmaktadır. Materyallerin iyi yönetilmesi bir anlamda en iyiye ulaşmada önemli bir faktör olmaktadır. Etkili bir materyal yönetimi için de, belli bir ürüne olan talebin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu talebi etkileyen değişkenler iyi tanımlanmalıdır. Buna göre satın alma faaliyetleri başlatılmalı, satın alma zamanı, miktarı etkin bir biçimde ortaya konulmalıdır. Üretime başlama programları bu çerçevede oluşturulmalıdır. Oluşturulacak programlarda envanter kontrolü yönetimine yer verilmelidir.

Üretimin en etkili şekilde gerçekleştirilip, siparişlerin karşılanması ve üretim faaliyetlerinin kesintiye uğramaması için materyaller arasında bir denge kurulmalıdır. Kurulacak denge işletme verimliliği kıstası göz önünde bulundurularak belirlenmelidir. Verimliliğin artması için tedarikçilerle ve tüketicilerle olan ilişkilerin etkili yürütüldüğü bir bilgi alış verişinin olduğu varsayımı ile elde en az düzeyde envanter bulundurulmalı, stoklara yapılan yatırım en aza indirilmelidir.

Envanter kontrolü yönetimi, verimliliği artıracak en az stok düzeyini belirleme çalışmalarını organize etmelidir. Çünkü envanter kontrolünün amacı en optimal düzeyde elde envanter bulundurmanın yanında mümkünse bunu en az düzeye düşürecektir yöntemleri araştırmaktır.

O halde, envanter verimliliğini artıracak modeller belirlenirken işletmenin siparişlerini karşılaya bildiği, üretimini aksatmadan yürütebildiği ve hammadde alımlarında sorunların yaşanmayacağı koşullar sağlanmalıdır. Stok elde bulundurulmasının nedeni oluşabilecek sorunların belirsizliğine karşı bir güvence oluşturmaktır. Oluşabilecek sorunların ortadan kaldırılması, stok gereksinimini ortadan kaldırıyor gibi gözükmemektedir. Ancak siparişlerin ne olacağının bilinmemesi önemli bir sorundur. Üretim sistemi içinde yer alan faaliyetlerin tümünü harekete geçiren en önemli etkenlerden biri istemdir. İstem

ne olacağının tahmin edilmesi ve buna göre üretim envanter düzeylerinin belirlenmesi çalışmaları envanter kontrolü yönetiminin önemli görevi olmaktadır.

Hammaddelerin teslim alınması, üretimin gerçekleştirilmesi ve sonuçta elde edilen ürünün tüketicilere ulaştırılmasında oluşabilecek sorunların ortadan kaldırılması, gereksiz işlemlerin yok edilmesi üretim sürecinin en kısa zamanda en etkili şekilde gerçekleşmesini sağlayacaktır. Sistemde hammadde stoğu olmayacak, süreçte stok taşıma işlemleri olmayacak ve nihai mamul stoğuna gerek kalmadan siparişler tam zamanında karşılanacaktır. Bu sayede müşteri ihtiyaçları en kısa zamanda en kaliteli ürün ile karşılanmış olacaktır. Üretim planlaması ve kontrolü için bu kadar etkili sistem Tam Zamanında Üretim Sistemidir.

Firmalar tam zamanında üretim sisteminin koşullarını yerine getirebiliyor ve uygulamada zorluklar yaşamıyorlarsa sıfır envanter veya çok az envanterle çalışma fırsatı doğacağından, etkili bir envanter kontrolü modeli araştırmaya gerek yoktur. Ancak envanter düzeyinin çok olduğu işletmelerde şartlara uyan en iyi modelin kullanılması optimal envanter düzeyini belirlemede önemlidir. Yapılan araştırmanın sonucu, dinamik programlama modelinin envanter kontrolü sorununun çözümünde etkili bir model olduğunu göstermektedir.

Gereksinimlerin karşılanması, biriktirilmesi ve alınması gereken maddeler arasında denge kurulması için gerekli örgütlenme işlemlerini yapmak olan envanter kontrolü sorunun çözümünde dinamik programlama modeli karar vericilere yardımcı olmaktadır. Dinamik programlama modelinin, işletmenin envanter kontrolüne ilişkin sorunlarına nasıl uygulanacağı inceleme konusu yapılan bu tezde, sipariş ve taleplerin ne düzeyde olacağının belirlenebildiği, bir dönem içindeki aşamalar arasında birim fiyat ve birim maliyetlerde değişimler olmadığı ve deterministik sorunların kabul edildiği varsayımından hareket edilmiştir.

Dinamik programlama, bir işlem yerine birden çok işlemleri sıra ile ele alabilen özel planlama ve programlama yöntemidir. Bu açıdan doğrusal programlamadan bir aşama daha ileridedir ve daha avantajlı sonuçlar vermektedir.

Envanter kontrolüne ilişkin bir çok model ve yöntemin verimlilik ve ekonomiklik yönünden birbirlerine üstünlükleri vardır. Envanter kontrolü sorunun çözümünde her yaklaşım doğrudur ve koşullara göre birbirlerinin yerine kullanılabilirler. Ancak dinamik programlama modelinin optimal çözüm oluşturmada etkili bir yöntem olduğu ortadadır.

İşletmelerin üretim sürecinde, satın alma faaliyetlerinden, satış faaliyetlerine kadar her aşamada çeşitli envanterlerle karşılaşmak mümkündür. Olabilecek sorunlara ve krizlere karşı, beklenmedik istemlere karşı hazırlıklı olmak isteyen işletmeler stoklarında envanter kalemlerine yer vereceklerdir. Önemli olan verimliliği artırmak için bu envanter düzeylerinin hangi zamanda ne kadar olması gerektiğini belirlemektir. Belirli bir zaman süreci küçük zaman dilimlerine ayrıldığında her zaman dilimindeki, optimal üretim envanter planına göre firmanın genel üretim envanter planı çıkartılabilir. Bunu yapabilecek en etkili yöneylem araştırması tekniği dinamik programlama olmaktadır.

İşletmelerin belli bir dönemde elinde bulundurduğu dönem başı stok ile aynı zamanda ürettiği ürün miktarından dönem istemi çıkarıldığında dönem sonu stok miktarı bulunmaktadır. Bu düşünce ile bir dönemin dönem sonu stoku, bir sonraki dönemin dönem başı stok miktarı olmaktadır. Envanter kontrolünde dinamik programlama modeli kullanıldığında, bu dönem başı stok düzeyinde üretim ve dönem sonu stok düzeyi en optimal olacak şekilde belirlenebilecektir.

Yapılan uygulama çalışması da, zaman içindeki değişmelere göre dinamik bir özellik gösteren dinamik programlama modelinin envanter kontrolünde etkili bir model olduğunu göstermiştir. Bir yıllık süreç içerisindeki her ay bir aşama olarak düşünüldüğünde, aylara göre optimal kararlar geriye doğru belirlenmiştir. Sonuçta bir optimal değere ulaşılmıştır, ancak süreç içerisinde aynı optimal sonuca giden değişik alternatif çözümler bulunmaktadır. Ayrıca çözüme ulaşmada kullanılan tüm veriler en az işlemle optimal hale getirilmiştir. Bir çok araştırmada dinamik programlamanın dinamik

karakterli sorunlarda diğ er tekniklere g ore daha iyi sonu  verdiğ i belirlenmiştir. Dinamik programlamanın bilgisayar teknolojisi ile b ütünleştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede   z mler daha kısa s urede yapıla bildiğı gibi kıyaslama şansı da artırılmış olacaktır. Bug ne kadar dinamik programlamanın etkili bir bilgisayar programının yapılamaması  nemli bir eksikliktir.



KAYNAKÇA

1. ACAR, Nesime: “Tam Zamanında Üretim”, MPM Yayınları, Ankara, 1995.
2. AKAL, Z. : “İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi”, MPM Yayınları, 1992.
3. AKALIN, Sedat: “ Üretim ve Kalite Kontrolü”, Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir, 1973.
4. AKALIN, Sedat: “Yöneylem Araştırması”, Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir, 1979.
5. ALPUGAN, Oktay v.d.: “İşletme Ekonomisi ve Yönetimi”, 5. Bası, Beta Basım-Dağıtım A.Ş., İstanbul, 1997.
6. ARSLAN, Demir: “Talep Tahminlerinin Stok Kontrolü ile İlişkisi ve Bir Uygulama”, Yöneylem Araştırması Bildiriler’78, Eko Matbaası, İstanbul, 1981.
7. BALABAN, Ali: “Su Kaynaklarının Planlanması”, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 1986.
8. BARRY, Render-RALPH M.Stair,Jr.: “Quantitative Analysis for Management”, Prentice Hall., New Jersey, 1997.
9. BAXTER; Laurence A.: “Book Reviews”, Technometrics, 1995.
10. BELLMAN, R.E., “Dynamic Programming”,Princeton University Press. New J., 1957.
11. BERTSEKAS, Dimitri P.: “Dynamic Programming”, Prentice-Hall, Inc. New J., 1987.
12. BROWNE, J.-HARHEN J.-SHIVNAN J.: “Production Management System”, Addison-Wesley Publishing Com., New York, 1988.

13. CAO, Bailin-DODDS, Gordon I.: "A Practical Approach to Near Time-Optimal Inspection Task- Sequence Planning for Two Cooperative Industrial Robot Arms", International Journal of Robotics Research, 1998.
14. CHIANG, C. Alpha: "Matematiksel İktisadın Temel Yöntemleri", (Çev.Kip. Sarımeşeli, Aydoğmuş), İstanbul , 1991.
15. CHOSE, N., AQUILANO, R. : "Production Management" , Mc Graw Hill, 1981.
16. DANO, Suen: "Nonlinear and Dynamic Programming", N.Y. 1995
17. DAVIS, Mark M.- AQUILANO, Nicholas J.- CHASE, Richard B. : "Fundamentals of Operations Management", 3rd Edition, Irwin-McGraw Hill, USA 1999.
18. DEMİR, Hulusi-GÜMÜŞOĞLU; Şevkinaz: "Üretim Yönetimi (İşlemler Yönetimi)", 5. Bası, Beta Basım- Dağıtım A.Ş.İstanbul, 1998.
19. DEMİR, M. Hulusi: "Dinamik Programlama Modelleri Yardımıyla Üretim Kararlarında Minimum Maliyet Giderlerinin Hesaplanması", Ege Üniversitesi, İ.İ.B.F. Doktora Tezi, İzmir,1974.
20. DEMİR, M. Hulusi: "Dinamik Programlama", İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi dergisi, Cilt:3, Sayı:1, 1974.
21. DEMİR, M. Hulusi: "İşletmelerin Envanter Kontrolünde Yöneylem Araştırması Model ve Tekniklerinin Uygulanması", Ege Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Fakültesi, Doktora Tezi, İzmir,1973.
22. DILWORTH, B.J.: "Operations Management-Design", 2nd. Ed., McGraw-Hill, New York, 1996.
23. DOĞAN, Muammer: "İşletmelerde Karar verme Teknikleri", İzmir, 1985.
24. FUNK G.L.: "Optimisation and Operational Excellence", Hydrocarbon Process., New York, 1998.

25. HALL, David C.-KAISER, Herry M.vd.: "A Dynamic Programming Model To Optimize Tick-Borne Disease Control for Cattle in Malawi", Cornell University, 1996.
26. HALLAÇ, Osman: "Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırmasına Giriş)", Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 1995.
27. HASTING, N.A.J.: "Dynamic Programming With Management Applications", Butterworth & Co. Publisher Ltd., USA , 1973.
28. HAX, A.C.- CANDAE, D.: "Production and Inventory Management", Prentice-Hall, New Jersey, 1984.
29. HEIZER, JAY- RENDER BARRY: " Operations Management", 5th. Ed., Prentice Hall, New Jersey 1999.
30. HILLIER, Frederick S.-LIEBERMAN, Gerald J.: "Introduction To Operations Research", McGraw-Hill Publishing Com., USA 1986.
31. HOWARD, Ronald A.: " Dynamic Programming", Management Science, 1996.
32. İPEKGİL, Özlem-GÖKŞEN Yılmaz: "Tam Zamanında Üretim Felsefesinde Grup Teknolojisinin Yeri ve Önemi", D.E.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi, Cilt:9, Sayı:11, İzmir,1994.
33. JAKSON; D.M.-ZERBE; D.R.: "Determination of Standard Sizes To Be Manufactured Using Dynamic Programming", The Journal of Industrial Engineering, 1998.
34. KOBU, Bülent: "Üretim Yönetimi", Avcıol Basım-Yayım, İstanbul, 1996.
35. LETTAU, Martin- UHLIG, Harald: "Rules of Thumb Versus Dynamic Programming", American Economic Review, Mart 1999.
36. MALLEY, J.C., RAY, R.: "Informational and Organizational Impacts of Implementing a JIT System", Production and Inventory Management, 1988.

37. MASTERS, James M.: "Determination of Near Optimal Stock Levels for Multi-Echelon Distribution Inventories", the Journal of Business, Logistics, 1993.
38. NORMAN, Gaither: " Production and Operation Management", Duxvury Press., California 1996
39. NOORI, Hamid-RADFORD, Russell: "Production and Operation Management, Total Quality and Responsiveness, McGraw-Hill. Inc., USA 1995.
40. ÖZTÜRK, Ahmet: "Yöneylem Araştırması", 5. Baskı, Ekin Kitapevi Yayınları, Bursa, 1997.
41. PLOSSL, G.: "Production and Inventory Control" Prentice-Hall, 1997.
42. RAHİMOW, Rufar: "Materyal Gereksinimlerinin Planlamasının Bir Sistem Olarak Tasarımında Wagner-Whitin Algoritmasının Kullanılması", D.E.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 1995.
43. RENDER, BARRY – STAIR, RALPH M. : Quantitative Analysis for Management", 6th Ed., Prentice-Hall Inc. , New Jersey 1997.
44. SICKLES, Robin C.: "On the Dynamics of Demand for Leisure and the Production of Healty", Journal of Business & Economics statistics Vol.16, 1998
45. SILVER, E.A.- PETERSON, R.: "Decision Systems for Inventory Management and Production Planning", New York, 1979.
46. SILVER, Edward A.: "Operation Research in Inventory Management: A Review and Critique", Operation Research, Vol:29, 1981.
47. SILVER, Edward A.-MEAL, H.C.: "A Heuristic For Selecting Lot Size Requirements For the Case of Deterministic Time –Varying Demand Rate and Discrete Opportunities for Replenishment", Production and Inventory Management, Vol:14, No:2,1973.
48. SIPPER, Daniel-BULFIN, Robert L. Jr. : "Production: Planning, Control, and Integration", The McGraw-Hill Com, Inc., 1997.

49. SONGÜR, Neşe T.: “Stokastik Envanter Modellerinde P ve Q Sistemleri”, D.E.Ü. İ.İ.B.F: Dergisi, Cilt.5, Sayı:1-2, İzmir, 1990.
50. STOWE, John D.-SU, Tie: “A Contingent-Claims Approach to the Inventory- Stock Decision”, Financial Management, Vol.26, 1997.
51. TAHA, Hamdy A.:“Operations Research”, Macmillan Publishing Co Inc.,New Y, 1976.
52. TATAR, Tevfik: “İşletmelerde Üretim Yönetimi ve Teknikleri”,Ankara, 1994.
53. TAYLOR; Robert C.-DUFFY; Patricia A.: “Doing Dynamic Programming”, American Journal of Agricultural Economics, 1994.
54. TEKİN, Mahmut: “Üretim Yönetimi”, Cilt:2, Arı Ofset Matbaacılık, Konya, 1996.
55. TULUNAY, Yılmaz: Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları”, Sermet Matbaası, İstanbul, 1980.
56. TUNCA, Gülin: “Üretim Kaynakları Planlaması (MRP II) Uygulamasında Performans Değerlendirme”, D.E.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Y. Lisans Tezi, İzmir, 1996.
57. TÜTEK, Hülya-GÜMÜŞOĞLU, Şevkinaz: “Sayısal yöntemler Yönetmel Yaklaşım”, Beta basım yayım Dağıtım A.Ş. İstanbul, 1994.
58. TYWORTH, John E. : “Modelling Transportation Inventory Offs in a Stochastic Setting”, Journal of Business Logistics, Vol.13. 1992
59. ÜRETEN, Sevinç: “Modern Üretim Tekniklerinin Karşılaştırılması”, 1990.
60. WHITE, D.J.: “Dynamic Programming”, Holden-Day Inc., California, 1969.
61. WOLPIN, Kenneth I.: “Public Policy Use of Discrete Choice Dynamic Programming Models”, American Economics Policy, Vol.86. 1996.
62. YENERSOY, G.: “Malzeme Yönetim Sistemleri” MA-PA Yayınları, 1990.

EK

DYOSAD A.Ş. ASTAR ÜRÜN GRUBUNA
İLİŞKİN AYLIK SİPARİŞ VERİLERİ

MALZEME_KODU	YIL	AY	KG
500-1470-70	1999	4	144
500-7762-70	1999	4	792
500-8480-70	1999	4	2392
501-1010-70	1999	4	690
501-1070-70	1999	4	506
501-7220-70	1999	4	1488
501-8250-70	1999	4	240
502-0020-70	1999	4	552
502-3306-70	1999	4	408
502-3327-70	1999	4	66
502-7220-70	1999	4	3300
502-7240-70	1999	4	15576
502-7262-70	1999	4	840
502-7363-70	1999	4	912
502-7375-60	1999	4	20700
502-8212-70	1999	4	2000
502-8215-70	1999	4	1008
502-8250-70	1999	4	1750
502-8290-70	1999	4	1012
502-9117-70	1999	4	720
502-9135-70	1999	4	3014
502-9253-70	1999	4	484
504-2027-70	1999	4	2484
504-2223-70	1999	4	110
504-7220-70	1999	4	552
505-1010-70	1999	4	230
505-7220-70	1999	4	4896
505-8250-70	1999	4	575
506-0020-70	1999	4	1000
506-7220-70	1999	4	440
506-7464-70	1999	4	440
506-7638-70	1999	4	300
506-8250-70	1999	4	400
520-1105-70	1999	4	2136
520-1120-50	1999	4	105
520-7241-70	1999	4	725
520-7510-70	1999	4	540
520-7586-70	1999	4	300
520-7657-70	1999	4	400
521-0509-50	1999	4	289,8
521-2515-70	1999	4	640
523-7358-60	1999	4	3150
523-7358-70	1999	4	198
525-0020-70	1999	4	860
525-7005-70	1999	4	280
525-8201-60	1999	4	3000
525-8201-70	1999	4	100
525-9177-70	1999	4	80
537-2349-70	1999	4	220,5
537-2540-70	1999	4	3332
537-2700-70	1999	4	1372
537-3358-70	1999	4	1421
537-3610-70	1999	4	3724
537-6671-70	1999	4	318,5

537-7652-70	1999	4	9016
537-8228-70	1999	4	147
537-9727-60	1999	4	2310
537-9727-70	1999	4	539
545-1030-70	1999	4	4004
548-7505-70	1999	4	216
572-1224-70	1999	4	48
572-7525-11	1999	4	1
572-7525-70	1999	4	6024
572-8460-70	1999	4	5200
572-9904-11	1999	4	1
572-9904-70	1999	4	2616
574-9001-70	1999	4	10764
574-9954-70	1999	4	6003
575-7017-70	1999	4	306
500-1470-70	1999	5	744
500-1543-70	1999	5	1128
500-7762-70	1999	5	240
500-7769-70	1999	5	3014
500-8480-70	1999	5	1012
501-1010-70	1999	5	460
501-7220-70	1999	5	4032
502-0020-70	1999	5	1440
502-3306-70	1999	5	744
502-7220-70	1999	5	14000
502-7240-70	1999	5	4944
502-7262-70	1999	5	7320
502-7353-70	1999	5	10000
502-7375-60	1999	5	9675
502-7869-70	1999	5	2025
502-8212-70	1999	5	1000
502-8215-70	1999	5	480
502-8250-70	1999	5	4650
502-8290-70	1999	5	1012
502-8479-70	1999	5	1000
502-9117-70	1999	5	336
502-9135-70	1999	5	3014
502-9137-70	1999	5	1000
504-2223-70	1999	5	132
504-7220-70	1999	5	648
504-7322-70	1999	5	506
505-1010-70	1999	5	207
505-7220-70	1999	5	12912
505-8250-70	1999	5	391
506-0020-70	1999	5	2700
506-1239-70	1999	5	720
506-7220-70	1999	5	1034
506-7464-70	1999	5	616
506-8250-70	1999	5	9580
506-9991-70	1999	5	440
520-1105-70	1999	5	6456
520-1120-50	1999	5	210
520-7241-70	1999	5	1150
520-7317-70	1999	5	425
520-7510-70	1999	5	3924

520-7586-70	1999	5	625
520-7657-70	1999	5	1525
520-7840-70	1999	5	2125
521-0509-50	1999	5	664,7
521-0509-51	1999	5	0
521-2515-70	1999	5	500
523-9268-70	1999	5	1008
525-0020-70	1999	5	1600
525-8201-60	1999	5	3800
525-9177-70	1999	5	1020
534-7505-70	1999	5	196
537-1239-70	1999	5	735
537-1667-70	1999	5	98
537-2700-70	1999	5	6149,5
537-2750-70	1999	5	1029
537-3358-70	1999	5	1543,5
537-3610-70	1999	5	11515
537-6671-70	1999	5	416,5
537-7503-70	1999	5	906,5
537-7652-70	1999	5	14651
537-8228-70	1999	5	147
537-8250-70	1999	5	245
537-9727-70	1999	5	3577
545-1010-70	1999	5	3381
545-1030-70	1999	5	8030
545-1050-70	1999	5	1100
545-1750-70	1999	5	39
572-7525-70	1999	5	2736
572-8460-70	1999	5	1200
572-9260-70	1999	5	184
572-9904-70	1999	5	989
574-1543-70	1999	5	2024
574-9001-70	1999	5	7107
574-9954-70	1999	5	5152
589-7240-50	1999	5	600
500-1329-70	1999	6	336
500-1543-70	1999	6	2160
500-7762-70	1999	6	480
500-7769-70	1999	6	5016
500-8480-70	1999	6	2001
501-1010-70	1999	6	115
501-7220-70	1999	6	2112
501-8250-70	1999	6	240
502-0020-70	1999	6	720
502-2707-70	1999	6	600
502-3624-70	1999	6	500
502-7220-70	1999	6	6800
502-7240-70	1999	6	12936
502-7262-70	1999	6	1200
502-7375-60	1999	6	3600
502-7376-70	1999	6	440
502-8250-70	1999	6	4200
502-9117-70	1999	6	1728
502-9135-70	1999	6	3014
502-9253-70	1999	6	220

504-2223-70	1999	6	440
504-7220-70	1999	6	240
504-8207-70	1999	6	66
505-7220-70	1999	6	9048
505-8250-70	1999	6	230
506-0020-70	1999	6	4000
506-1239-70	1999	6	700
506-1289-70	1999	6	171
506-1549-70	1999	6	11000
506-4239-70	1999	6	3014
506-7410-70	1999	6	10600
506-7464-70	1999	6	66
506-7638-70	1999	6	100
506-8250-70	1999	6	13580
506-9991-70	1999	6	22
520-1105-70	1999	6	2136
520-1120-50	1999	6	300
520-7510-70	1999	6	3294
520-7586-70	1999	6	2500
520-7657-70	1999	6	125
520-7840-70	1999	6	625
521-0509-50	1999	6	345
521-0509-51	1999	6	0
523-7358-60	1999	6	3375
523-8219-70	1999	6	2002
523-9257-60	1999	6	1800
523-9268-70	1999	6	1056
525-3405-70	1999	6	2000
525-7005-70	1999	6	700
525-8201-60	1999	6	1000
525-9267-70	1999	6	2000
537-2540-70	1999	6	1004,5
537-2700-70	1999	6	392
537-2750-70	1999	6	784
537-3358-70	1999	6	1543,5
537-3610-70	1999	6	21878,5
537-6671-70	1999	6	416,5
537-7364-70	1999	6	20016,5
537-7652-70	1999	6	17125,5
537-9727-60	1999	6	1680
537-9727-70	1999	6	171,5
542-1010-50	1999	6	299,2
542-1070-50	1999	6	299,2
545-1010-70	1999	6	230
545-1030-70	1999	6	5522
545-1050-70	1999	6	110
572-7525-70	1999	6	2544
572-8460-70	1999	6	1200
572-9904-70	1999	6	966
574-1543-70	1999	6	2093
574-9001-70	1999	6	3105
574-9954-70	1999	6	6003
500-1470-70	1999	7	120
500-2683-70	1999	7	322
500-7525-70	1999	7	312

500-7762-70	1999	7	264
500-7769-70	1999	7	3432
501-1010-70	1999	7	230
501-2683-70	1999	7	168
501-4326-70	1999	7	2160
501-7220-70	1999	7	720
502-0020-70	1999	7	720
502-1321-70	1999	7	240
502-7220-70	1999	7	4660
502-7240-70	1999	7	2880
502-7262-70	1999	7	4128
502-7353-70	1999	7	10000
502-7376-70	1999	7	1100
502-7869-70	1999	7	2000
502-9117-70	1999	7	312
502-9137-70	1999	7	400
503-1210-50	1999	7	16
504-2223-70	1999	7	132
504-7220-70	1999	7	336
504-8207-70	1999	7	110
505-1010-70	1999	7	230
505-7220-70	1999	7	3048
506-1239-70	1999	7	300
506-1289-70	1999	7	1007
506-1549-70	1999	7	2660
506-4239-70	1999	7	1628
506-7410-70	1999	7	10880
506-7464-70	1999	7	176
506-8250-70	1999	7	25360
520-1105-70	1999	7	1032
520-7510-70	1999	7	1872
520-7586-70	1999	7	425
520-7657-70	1999	7	500
520-7840-70	1999	7	1000
521-0509-50	1999	7	294,4
521-2515-70	1999	7	200
525-2348-70	1999	7	1100
525-7005-70	1999	7	740
525-8201-60	1999	7	2200
525-9177-70	1999	7	920
537-1239-70	1999	7	24,5
537-2349-70	1999	7	416,5
537-2540-70	1999	7	1519
537-2700-70	1999	7	3258,5
537-2750-70	1999	7	1347,5
537-3358-70	1999	7	1641,5
537-3610-70	1999	7	5757,5
537-6671-70	1999	7	318,5
537-7652-70	1999	7	13352,5
537-9727-60	1999	7	1050
537-9727-70	1999	7	1274
542-1070-50	1999	7	204
545-1010-70	1999	7	874
545-1030-70	1999	7	1980
545-1050-70	1999	7	396

572-7525-70	1999	7	2520
572-8265-70	1999	7	528
572-8460-70	1999	7	1500
572-9904-70	1999	7	1173
574-1543-70	1999	7	3473
574-9001-70	1999	7	1265
574-9057-70	1999	7	207
574-9954-70	1999	7	6003
500-1470-70	1999	8	504
500-1543-70	1999	8	360
501-1010-70	1999	8	276
501-7220-70	1999	8	1200
502-0020-70	1999	8	1200
502-7220-70	1999	8	4900
502-7240-70	1999	8	7200
502-7262-70	1999	8	2400
502-7373-70	1999	8	300
502-7376-70	1999	8	1100
502-8213-70	1999	8	1200
502-8250-70	1999	8	3175
502-9135-70	1999	8	506
502-9137-70	1999	8	1000
504-7220-70	1999	8	480
504-8207-70	1999	8	110
505-1010-70	1999	8	46
505-7220-70	1999	8	2688
505-8250-70	1999	8	391
506-1239-70	1999	8	1500
506-1549-70	1999	8	9280
506-7220-70	1999	8	748
506-7410-70	1999	8	8760
506-8250-70	1999	8	18240
520-1105-70	1999	8	1032
520-7241-70	1999	8	550
520-7510-70	1999	8	954
520-7657-70	1999	8	200
520-7840-70	1999	8	200
521-0509-50	1999	8	301,3
525-0020-70	1999	8	160
525-8201-60	1999	8	1000
537-1667-70	1999	8	122,5
537-2349-70	1999	8	318,5
537-2700-70	1999	8	4655
537-3358-70	1999	8	1029
537-3610-70	1999	8	4728,5
537-7652-70	1999	8	13720
537-8228-70	1999	8	931
537-8301-70	1999	8	300
537-9727-60	1999	8	1050
537-9727-70	1999	8	98
545-1010-70	1999	8	529
545-1030-70	1999	8	968
572-7525-70	1999	8	1512
572-8460-70	1999	8	500
572-9904-70	1999	8	1012

574-1543-70	1999	8	1449
574-9001-70	1999	8	3059
574-9954-70	1999	8	4002
500-1543-70	1999	9	504
500-7769-70	1999	9	2200
500-8480-70	1999	9	161
501-7220-70	1999	9	168
502-7220-70	1999	9	1340
502-7240-70	1999	9	1560
502-7262-70	1999	9	1920
502-7869-70	1999	9	2000
502-8250-70	1999	9	1000
502-9117-70	1999	9	480
502-9135-70	1999	9	3014
504-2223-70	1999	9	110
504-7220-70	1999	9	168
504-8207-70	1999	9	220
505-1010-70	1999	9	138
505-7220-70	1999	9	1608
505-8250-70	1999	9	460
506-0020-70	1999	9	1000
506-1239-70	1999	9	100
506-7410-70	1999	9	8960
506-8250-70	1999	9	400
520-1105-70	1999	9	768
520-7241-70	1999	9	325
520-7510-70	1999	9	1260
520-7657-70	1999	9	200
520-7840-70	1999	9	350
521-0509-50	1999	9	115
521-0509-51	1999	9	0
525-7005-70	1999	9	280
537-1667-70	1999	9	245
537-2349-70	1999	9	98
537-2540-70	1999	9	2082,5
537-2700-70	1999	9	1347,5
537-3358-70	1999	9	931
537-3610-70	1999	9	1617
537-4628-70	1999	9	661,5
537-6671-70	1999	9	318,5
537-7652-70	1999	9	6590,5
537-7652-71	1999	9	0
537-8250-70	1999	9	147
537-9727-60	1999	9	2100
537-9727-70	1999	9	1102,5
542-1070-50	1999	9	204
545-1030-70	1999	9	2200
572-7525-70	1999	9	912
572-8250-70	1999	9	240
572-8460-70	1999	9	700
572-9904-70	1999	9	506
574-1543-70	1999	9	2024
574-9001-70	1999	9	3266
574-9954-70	1999	9	3151
575-7017-70	1999	9	306

500-1543-70	1999	10	240
500-7525-70	1999	10	384
500-7754-70	1999	10	120
500-7762-70	1999	10	384
501-1010-70	1999	10	115
501-7220-70	1999	10	2184
502-0020-70	1999	10	504
502-7220-70	1999	10	2900
502-7240-70	1999	10	3816
502-7262-70	1999	10	1680
502-7343-70	1999	10	88
502-7353-70	1999	10	5000
502-7363-70	1999	10	360
502-7376-70	1999	10	2200
502-8212-70	1999	10	620
502-8250-70	1999	10	1775
502-9117-70	1999	10	480
502-9135-70	1999	10	2068
504-2027-70	1999	10	506
504-2223-70	1999	10	264
504-7220-70	1999	10	120
504-8207-70	1999	10	176
505-7220-70	1999	10	2640
505-8250-70	1999	10	460
506-1239-70	1999	10	200
506-1549-70	1999	10	14000
506-7220-70	1999	10	440
506-8250-70	1999	10	1500
520-1105-70	1999	10	480
520-7510-70	1999	10	684
520-7586-70	1999	10	100
520-7657-70	1999	10	175
520-7840-70	1999	10	150
521-0509-50	1999	10	305,9
521-0509-51	1999	10	0
525-0020-70	1999	10	400
525-9177-70	1999	10	200
525-9267-70	1999	10	200
537-2349-70	1999	10	245
537-2540-70	1999	10	3797,5
537-2700-70	1999	10	612,5
537-3358-70	1999	10	1127
537-3610-70	1999	10	857,5
537-4628-70	1999	10	294
537-6671-70	1999	10	294
537-7652-70	1999	10	3258,5
537-8250-70	1999	10	245
537-9727-60	1999	10	2100
545-1010-70	1999	10	184
545-1030-70	1999	10	2596
563-0001-70	1999	10	20
572-7525-70	1999	10	2928
572-8460-70	1999	10	700
572-9904-70	1999	10	1518
574-1543-70	1999	10	345

574-9001-70	1999	10	2024
500-1543-70	1999	11	2184
500-7525-70	1999	11	2016
500-7762-70	1999	11	312
500-7769-70	1999	11	4026
500-8480-70	1999	11	1012
501-1010-70	1999	11	874
501-1070-70	1999	11	22
501-4293-70	1999	11	280
501-8250-70	1999	11	240
502-0020-70	1999	11	480
502-3306-70	1999	11	72
502-7220-70	1999	11	11140
502-7240-70	1999	11	4104
502-7262-70	1999	11	240
502-7353-70	1999	11	10000
502-7363-70	1999	11	1512
502-8212-70	1999	11	1440
502-8250-70	1999	11	3325
502-9117-70	1999	11	720
502-9135-70	1999	11	2002
502-9137-70	1999	11	160
504-2027-70	1999	11	1012
504-7220-70	1999	11	1416
505-1010-70	1999	11	253
505-7220-70	1999	11	3192
505-8250-70	1999	11	207
506-1289-70	1999	11	1710
506-1549-70	1999	11	3020
506-4239-70	1999	11	880
506-7410-70	1999	11	2720
506-8250-70	1999	11	1680
520-1105-70	1999	11	792
520-1105-71	1999	11	0
520-1120-50	1999	11	45
520-7241-70	1999	11	600
520-7510-70	1999	11	1764
520-7586-70	1999	11	525
520-7657-70	1999	11	150
520-7840-70	1999	11	600
521-0509-50	1999	11	147,2
521-0509-51	1999	11	0
523-7360-60	1999	11	6975
525-3405-70	1999	11	2320
525-8201-60	1999	11	2000
525-9267-70	1999	11	2500
533-7006-70	1999	11	72
537-1239-70	1999	11	612,5
537-1332-70	1999	11	36
537-1667-70	1999	11	588
537-2349-70	1999	11	318,5
537-2700-70	1999	11	1372
537-2750-70	1999	11	612,5
537-3358-70	1999	11	1445,5
537-3610-70	1999	11	3111,5

537-4628-70	1999	11	318,5
537-6671-70	1999	11	318,5
537-7652-70	1999	11	15753,5
537-7652-71	1999	11	0
537-8228-70	1999	11	245
537-9727-60	1999	11	1680
537-9727-70	1999	11	808,5
545-1010-70	1999	11	3174
545-1030-70	1999	11	5500
545-1050-70	1999	11	374
563-0001-70	1999	11	140
572-1010-70	1999	11	1200
572-7525-70	1999	11	4440
572-8250-70	1999	11	24
572-8460-70	1999	11	3100
572-9904-70	1999	11	2438
574-1543-70	1999	11	1725
574-9001-70	1999	11	7061
574-9954-70	1999	11	6003
500-1470-70	1999	12	600
500-1543-70	1999	12	1008
500-7220-70	1999	12	600
500-7525-70	1999	12	4656
500-7769-70	1999	12	1100
500-8480-70	1999	12	1518
501-7220-70	1999	12	600
502-0020-70	1999	12	240
502-2707-70	1999	12	1200
502-7220-70	1999	12	12400
502-7240-70	1999	12	10104
502-7363-70	1999	12	720
502-7375-70	1999	12	6000
502-7376-70	1999	12	1562
502-8212-70	1999	12	800
502-8250-70	1999	12	3725
502-9117-70	1999	12	240
502-9135-70	1999	12	1320
504-2223-70	1999	12	528
504-7220-70	1999	12	1608
505-1010-70	1999	12	115
505-7220-70	1999	12	4008
505-8250-70	1999	12	575
506-0020-70	1999	12	1260
506-1345-70	1999	12	320
506-6546-70	1999	12	160
506-7220-70	1999	12	1892
506-7464-70	1999	12	550
506-8250-70	1999	12	400
520-1105-70	1999	12	936
520-1120-50	1999	12	15
520-7241-70	1999	12	750
520-7510-70	1999	12	1548
520-7586-70	1999	12	525
520-7657-70	1999	12	1300
520-7840-70	1999	12	1350

520-8747-70	1999	12	17
521-0509-50	1999	12	207
521-0509-51	1999	12	0
523-7358-70	1999	12	396
523-7360-60	1999	12	10350
525-9267-70	1999	12	1000
533-7006-70	1999	12	252
537-1332-70	1999	12	72
537-1667-70	1999	12	1323
537-1667-71	1999	12	0
537-2349-70	1999	12	416,5
537-2540-70	1999	12	245
537-2700-70	1999	12	1470
537-3358-70	1999	12	612,5
537-3610-70	1999	12	9383,5
537-4628-70	1999	12	416,5
537-6671-70	1999	12	220,5
537-7503-70	1999	12	245
537-7652-70	1999	12	17615,5
537-8250-70	1999	12	122,5
537-9727-60	1999	12	1680
537-9727-70	1999	12	1666
545-1010-70	1999	12	1150
545-1030-70	1999	12	4554
545-1050-70	1999	12	440
548-7505-70	1999	12	72
572-7525-70	1999	12	5088
572-8265-70	1999	12	600
572-8460-70	1999	12	4000
572-9904-70	1999	12	2691
574-1543-70	1999	12	3197
574-9001-70	1999	12	5083
574-9954-70	1999	12	4002
500-1543-70	2000	1	984
500-7525-70	2000	1	6096
500-7754-70	2000	1	3000
500-7769-70	2000	1	1012
500-8480-70	2000	1	414
501-1010-70	2000	1	92
501-2683-70	2000	1	192
501-7220-70	2000	1	1560
502-0020-70	2000	1	1080
502-1321-70	2000	1	240
502-2707-70	2000	1	816
502-3306-70	2000	1	216
502-7220-70	2000	1	9880
502-7240-70	2000	1	2952
502-7262-70	2000	1	2400
502-7353-70	2000	1	2000
502-8212-70	2000	1	3500
502-8236-70	2000	1	250
502-8250-70	2000	1	1125
502-9117-70	2000	1	5400
502-9135-70	2000	1	2222
504-2223-70	2000	1	220

504-7220-70	2000	1	1440
505-7220-70	2000	1	6696
505-8250-70	2000	1	1150
506-1239-70	2000	1	800
506-1345-70	2000	1	3060
506-1549-70	2000	1	4000
506-7220-70	2000	1	902
506-7410-70	2000	1	2520
506-7780-70	2000	1	88
506-8250-70	2000	1	2200
520-1105-70	2000	1	3336
520-1120-50	2000	1	30
520-7241-70	2000	1	250
520-7317-70	2000	1	340
520-7510-70	2000	1	2718
520-7586-70	2000	1	175
520-7657-70	2000	1	1425
520-7840-70	2000	1	125
521-0509-50	2000	1	257,6
521-0509-51	2000	1	0
523-7360-60	2000	1	6075
523-9268-70	2000	1	552
525-8201-60	2000	1	3000
525-9177-70	2000	1	100
533-7006-70	2000	1	36
537-1346-70	2000	1	24,5
537-1667-70	2000	1	1323
537-1667-71	2000	1	0
537-2349-70	2000	1	318,5
537-2540-70	2000	1	245
537-2700-70	2000	1	563,5
537-3358-70	2000	1	1543,5
537-3610-70	2000	1	5610,5
537-4628-70	2000	1	318,5
537-7652-70	2000	1	4189,5
537-8250-70	2000	1	465,5
537-9727-60	2000	1	1680
537-9727-70	2000	1	1862
545-1010-70	2000	1	1311
545-1030-70	2000	1	5720
545-1050-70	2000	1	308
545-1750-70	2000	1	208
545-7232-70	2000	1	216
563-0001-70	2000	1	200
572-1010-70	2000	1	96
572-7525-70	2000	1	3768
572-8250-70	2000	1	1200
572-8460-70	2000	1	3100
572-9904-70	2000	1	1840
574-1543-70	2000	1	3128
574-7793-70	2000	1	72
574-9001-70	2000	1	5888
574-9954-70	2000	1	6003
500-1543-70	2000	2	1800
500-7525-70	2000	2	1824

500-7754-70	2000	2	5304
500-7762-70	2000	2	312
500-7769-70	2000	2	704
501-1010-70	2000	2	115
501-4293-70	2000	2	160
501-7220-70	2000	2	1080
501-8250-70	2000	2	312
502-0020-70	2000	2	744
502-3306-70	2000	2	792
502-7220-70	2000	2	8700
502-7240-70	2000	2	14640
502-7262-70	2000	2	1320
502-7353-70	2000	2	400
502-7363-70	2000	2	1728
502-7375-70	2000	2	432
502-7376-70	2000	2	1320
502-8212-70	2000	2	2160
502-8236-70	2000	2	200
502-8250-70	2000	2	12525
502-9135-70	2000	2	3586
505-1010-70	2000	2	115
505-7220-70	2000	2	4584
505-8250-70	2000	2	460
506-0020-70	2000	2	400
506-1239-70	2000	2	500
506-1345-70	2000	2	2340
506-1549-70	2000	2	5440
506-2772-70	2000	2	500
506-4239-70	2000	2	726
506-7220-70	2000	2	1826
506-7464-70	2000	2	220
506-7780-70	2000	2	220
506-7829-70	2000	2	6000
506-8250-70	2000	2	900
520-1105-70	2000	2	2616
520-1120-50	2000	2	210
520-7241-70	2000	2	350
520-7510-70	2000	2	1638
520-7586-70	2000	2	175
520-7657-70	2000	2	550
520-7840-70	2000	2	1650
521-0509-50	2000	2	724,5
521-0509-51	2000	2	0
521-2515-70	2000	2	200
523-7360-60	2000	2	14175
523-9268-70	2000	2	504
525-3405-70	2000	2	1000
533-7006-70	2000	2	108
534-7505-70	2000	2	73,5
537-1239-70	2000	2	490
537-1332-70	2000	2	108
537-1667-70	2000	2	2891
537-1667-71	2000	2	0
537-2349-70	2000	2	416,5
537-2700-70	2000	2	1739,5

537-2750-70	2000	2	1274
537-3358-70	2000	2	1323
537-3610-70	2000	2	5684
537-4411-70	2000	2	465,5
537-4411-71	2000	2	0
537-4628-70	2000	2	318,5
537-6671-70	2000	2	343
537-7380-70	2000	2	931
537-7380-71	2000	2	0
537-7652-70	2000	2	21388,5
537-7652-71	2000	2	0
537-9148-70	2000	2	171,5
537-9727-60	2000	2	1680
537-9727-70	2000	2	2425,5
545-1010-70	2000	2	1771
545-1030-70	2000	2	27390
545-1050-70	2000	2	352
572-7525-70	2000	2	912
572-8250-70	2000	2	600
572-8460-70	2000	2	700
572-9904-70	2000	2	713
574-1543-70	2000	2	3082
574-9001-70	2000	2	7291
574-9954-70	2000	2	3519
500-1543-70	2000	3	888
500-7220-70	2000	3	24
500-7525-70	2000	3	3528
501-1010-70	2000	3	920
501-7220-70	2000	3	2760
501-8250-70	2000	3	240
502-0020-70	2000	3	1272
502-1321-70	2000	3	480
502-3306-70	2000	3	312
502-7220-70	2000	3	17800
502-7240-70	2000	3	3024
502-7262-70	2000	3	2976
502-7363-70	2000	3	600
502-7376-70	2000	3	1760
502-8250-70	2000	3	4800
502-9117-70	2000	3	240
502-9135-70	2000	3	4818
502-9137-70	2000	3	220
504-2223-70	2000	3	110
504-7220-70	2000	3	912
504-8207-70	2000	3	264
505-1010-70	2000	3	322
505-7220-70	2000	3	6048
505-8250-70	2000	3	5152
506-0020-70	2000	3	2600
506-1239-70	2000	3	1000
506-4239-70	2000	3	484
506-7220-70	2000	3	242
506-7464-70	2000	3	220
506-8250-70	2000	3	900
506-9783-70	2000	3	100

520-1105-70	2000	3	2952
520-1120-50	2000	3	3,75
520-7241-70	2000	3	250
520-7510-70	2000	3	2754
520-7586-70	2000	3	700
520-7657-70	2000	3	800
520-7840-70	2000	3	700
521-0509-50	2000	3	101,2
521-2515-70	2000	3	200
523-7360-60	2000	3	11925
523-9268-70	2000	3	1080
525-3405-70	2000	3	2360
533-7006-70	2000	3	180
537-1239-70	2000	3	612,5
537-1667-70	2000	3	2254
537-1667-71	2000	3	0
537-2700-70	2000	3	3307,5
537-2750-70	2000	3	147
537-3358-70	2000	3	1935,5
537-3610-70	2000	3	6982,5
537-4628-70	2000	3	220,5
537-6671-70	2000	3	1078
537-7652-70	2000	3	21903
537-7652-71	2000	3	0
537-8228-70	2000	3	245
537-9727-60	2000	3	3570
537-9727-70	2000	3	3062,5
545-1010-70	2000	3	1725
545-1030-70	2000	3	5808
545-1050-70	2000	3	264
572-7525-70	2000	3	1128
572-8460-70	2000	3	700
572-9904-70	2000	3	943
574-1543-70	2000	3	1725
574-9001-70	2000	3	1012
574-9954-70	2000	3	8280
500-7525-70	2000	4	1008
500-7762-70	2000	4	720
501-7220-70	2000	4	600
501-8250-70	2000	4	240
502-0020-70	2000	4	960
502-7220-70	2000	4	900
502-7240-70	2000	4	3480
502-7262-70	2000	4	240
502-9117-70	2000	4	2040
502-9135-70	2000	4	3014
504-7220-70	2000	4	552
505-7220-70	2000	4	984
506-1239-70	2000	4	500
506-4208-70	2000	4	500
506-4239-70	2000	4	814
506-7220-70	2000	4	440
506-8250-70	2000	4	500
520-1105-70	2000	4	120
520-7510-70	2000	4	1098

520-7586-70	2000	4	175
520-7657-70	2000	4	575
521-0509-50	2000	4	18,4
521-2515-70	2000	4	200
525-0020-70	2000	4	500
533-7006-70	2000	4	90
537-1239-70	2000	4	490
537-1667-70	2000	4	1323
537-1667-71	2000	4	0
537-2540-70	2000	4	245
537-2700-70	2000	4	245
537-3358-70	2000	4	1862
537-3610-70	2000	4	735
537-4628-70	2000	4	220,5
537-6671-70	2000	4	318,5
537-7652-70	2000	4	4434,5
537-9727-60	2000	4	4200
537-9727-70	2000	4	710,5
545-1010-70	2000	4	690
545-1030-70	2000	4	2200
572-7525-70	2000	4	624
572-8460-70	2000	4	1500
572-9904-70	2000	4	621
574-1543-70	2000	4	322
574-9001-70	2000	4	1012
574-9954-70	2000	4	7314
500-1543-70	2000	4	120
500-7525-70	2000	4	1464
520-7657-70	2000	4	600
533-7006-70	2000	4	108
537-2349-70	2000	4	514,5
537-3358-70	2000	4	1347,5
537-4628-70	2000	4	514,5
537-6671-70	2000	4	1029
537-7652-70	2000	4	980
537-9727-60	2000	4	4200
537-9727-70	2000	4	220,5
572-7525-70	2000	4	816
572-8460-70	2000	4	900
572-9904-70	2000	4	1012
574-9954-70	2000	4	8004
500-7525-70	2000	4	2568
520-7657-70	2000	4	300
533-7006-70	2000	4	54
537-3358-70	2000	4	1347,5
520-7510-70	2000	4	810
537-3358-70	2000	4	833
545-1030-70	2000	4	1100
500-1470-70	2000	4	144
500-7762-70	2000	4	792
500-8480-70	2000	4	2392
501-1010-70	2000	4	690
501-1070-70	2000	4	506
501-7220-70	2000	4	1488
501-8250-70	2000	4	240

502-0020-70	2000	4	552
502-3306-70	2000	4	408
502-3327-70	2000	4	66
502-7220-70	2000	4	3300
502-7240-70	2000	4	15576
502-7262-70	2000	4	840
502-7363-70	2000	4	912
502-7375-60	2000	4	20700
502-8212-70	2000	4	2000
502-8215-70	2000	4	1008
502-8250-70	2000	4	1750
502-8290-70	2000	4	1012
502-9117-70	2000	4	720
502-9135-70	2000	4	3014
502-9253-70	2000	4	484
504-2027-70	2000	4	2484

