

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
TEKNOLOJİ VE SANAYİ İKTİSADI BİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DİNAMİK PROGRAMLAMA TEKNİĞİNİN ÇOK
AŞAMALI STOK KONTROL PROBLEMLERİNE
TATBİK EDİLMESİ**

KADRİ AVCI
2501090549

Tez Danışmanı
YRD. DOÇ. DR. HALİL TUNALI

İstanbul, 2012



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Müdürlüğü



Y Ü K S E K L İ S A N S
T E Z O N A Y I

Adı ve Soyadı : KADRİ AVCI
Numarası : 2501090549
Anabilim/Bilim Dalı : TEKNOLOJİ VE SANAYİ İKTİSADI
Danışman Öğretim Üyesi : YRD.DOÇ.DR.HALİL TUNALI
Tez Savunma Tarihi : 06/02/2013
Tez Savunma Saati : 13:00
Tez Başlığı : "DİNAMİK PROGRAMLAMA TEKNİĞİNİN ÇOK AŞAMALI STOK KONTROL PROBLEMLERİNE TATBİK EDİLMESİ"

TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 15. Maddesi uyarınca yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin KABULÜ'NE OYBİRLİĞİ / OYÇOKLUĞUYLA karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATI (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- PROF.DR.AHMET İNCEKARA		Kabul
2-DOÇ.DR.MURAT DEMİRÖZ		KABUL
3- DOÇ.DR.MUSTAFA TEKİN		Kabul
4-YRD.DOÇ.DR.HALİL TUNALI		KABUL
5-YRD.DOÇ.DR.ABDÜLKADİR TUNA		KABUL

*Unutulmayan ve arda kalanlara,
Her şeyimi borçlu olduğum insana, Ablama...
Ruhun şad olsun*

ÖZ

DİNAMİK PROGRAMLAMA TEKNİĞİNİN ÇOK AŞAMALI STOK KONTROL PROBLEMLERİNE TATBİK EDİLMESİ

Kadri AVCI

Rekabetçi piyasa ortamında kârlarını arttırmak isteyen firmalar, müşteri memnuniyetini gerçekleştirmek adına yüksek servis düzeyi ile çalışmak zorundadırlar. Arzulanan bu hedef doğrultusunda stok maliyetlerinde büyük artışlar gözlenebilir. Etkin ve verimli çalışmak isteyen firmaların, stok maliyetlerini dengeleyecek olan optimum stok ve üretim miktarlarını, kantitatif analiz tekniklerini kullanarak tespit etmeleri maliyet avantajı elde etmeleri açısından daha doğru ve daha kolay olacaktır.

Stok planlaması, gelecek dönemler için zaman faktörü açısından birbiri ile ilişkili ve sıralı kararların alındığı çok aşamalı karar sürecidir. Stokların zaman bakımından belirli dilimler halinde aşamalara ayrılabilmesi çok aşamalı karar süreçlerine uygulanan dinamik programlama tekniğinin stok problemlerine tatbik edilmesini sağlamaktadır. Tezimizde, bahsi geçen firmanın belirli bir planlama döneminde toplam stok maliyetini minimum kılacak olan optimum üretim ve stok değerlerinin dinamik programlama tekniği ile tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda karar modelimiz için dinamik programlamaya uygun bir algoritma oluşturulmuş ve oluşturulan bu algoritmaya işlerlik kazandırması açısından firmanın kullanabileceği bir yazılım geliştirilmiştir. Firmamızın ilgili değişkenlerine ait olan veriler, geliştirilen dinamik programlama yazılımına aktarılarak stok probleminin çözümü gerçekleştirilmiştir. Firma deneyimi ve stok probleminin dinamik programlama ile çözümü sonucunda ortaya çıkan toplam stok maliyetleri arasındaki farka dikkat çekilerek kantitatif analiz neticesinde oluşturan karar modelinin sağladığı maliyet avantajına vurguda bulunulmuştur.

ABSTRACT

THE APPLICATION OF THE DYNAMIC PROGRAMMING TECHNIQUE ON MULTI-STAGE INVENTORY CONTROLLING PROBLEMS

Kadri AVCI

Firms which seek to increase their profits in a competitive market environment have to work with a high service level in order to maintain customer satisfaction. Within the context of this desired goal, inventory costs may increase greatly. It is to the financial advantage and convenience of the firms which seek to work in an active and a productive manner to identify the optimum amounts of inventory and production which will balance the inventory costs by using cantitative analysis techniques.

Inventory planning is a multi-stage decision taking process during which interrelated and consecutive decisions are taken for the future, within the framework of the time factor. The fact that inventories can be divided into levels in certain slices in terms of time enables the dynamic programming technique that is applied on multi-stage decision taking processes to be applied on inventory problems as well. This thesis aims to identify with the dynamic programming technique the optimum inventory and production levels which will minimize the total inventory costs of the said firm within a certain planning period. Within the context of this goal, an algorithm which fits with dynamic programming has been set for our decision taking model and a software that the firm can use to functionalise this algorithm has been developed. The data which reflect the related variables of the firm has been transferred to this dynamic programming software to solve the inventory problem. The difference between the total inventory costs emerged owing to the experience of the firm and the solution of the inventory problem via the dynamic programming technique has been pointed out and the financial advantage provided by the decision taking model created as a result of cantitative analysis has been emphasized.

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın başından beri bilgi ve birikiminden istifade ettiğim, zor günlerimde göstermiş olduğu sabır ve anlayışla desteğini aldığım kıymetli büyüğüm ve tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Halil TUNALI hocama ve değerli katkılarından ötürü Muhammed Hünkar kardeşime müteşekkirim. Yaptığım çalışmaya konu olan VİVO Antistres Ayakkabı Firması'nın sahibi rahmetli Sayın Mehmet Diri ve firma personeline, çalışmam sırasında bana uygun ortamı hazırladıkları ve ihtiyaç duyduğum bilgi ve belgeleri benimle paylaştıkları için şükranlarımı sunarım.

Zahmetli bir süreç sonunda nihayete eren bu çalışmada vermiş oldukları her türlü destekten ve göstermiş oldukları özveriden ötürü öncelikli olarak sevgili Annem ve Babam nebzinde tüm aileme, varlıklarını her daim hissettiğim değerli dostlarıma ve samimi yaklaşımlarından ötürü ilgili enstitü personeline teşekkürü bir borç bilirim. Bana sağladıkları maddi imkânlardan ötürü TÜBİTAK BİDEB' e ayrıca teşekkür ederim.

Yapmış olduğu fedakârlıklarla bugünlere gelmemi sağlayan, hayatımın her anında tüm içtenliği ve samimiyeti ile yanımda olan ve tez yazım sürecinde bizleri tarifsiz bir kedere boğarak genç yaşta aramızdan usulca ayrılan cefakâr Ablam Safire AVCI' ya sonsuz saygılarımı ve en derin sevgilerimi sunarım. Bu çalışma ondan aldığım güçle tamamlanabilmiştir ve kendisine atfedilmiştir. Ruhu şad olsun.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
EKLER LİSTESİ	xii

GİRİŞ	1
-------------	---

1. BÖLÜM

STOK KAVRAMI	3
1.1. Giriş	3
1.2. Stok Kontrol Kavramı	4
1.2.1. Stok Kontrolün Önemi	6
1.3. Stokların Sınıflandırılması	7
1.3.1. Üretim Aşamasındaki Durumuna Göre Stokların Sınıflandırılması	7
1.3.1.1. Hammaddeler	7
1.3.1.2. Yarı Mamuller	8
1.3.1.3. Mamuller	8
1.3.1.4. Hazır Parçalar	8
1.3.1.5. Yardımcı Malzemeler	8
1.3.2. İşlevlerine Göre Stokların Sınıflandırılması	8
1.3.2.1. Devre Stokları	8
1.3.2.2. Emniyet Stokları	8
1.3.2.3. Mevsimsel Stoklar	9
1.3.2.4. Spekülatif Stok	9
1.3.2.5. Promosyon Stoku	9
1.3.3. Talep Yapısına Göre Stokların Sınıflandırılması	9
1.3.3.1. İmalat Stoku	9

1.3.3.2. Dağıtım Stoku	10
1.4. Stok Maliyetleri	10
1.4.1. Satın Alma Maliyeti.....	11
1.4.2. Elde Bulundurma Maliyeti	11
1.4.2.1. Sermaye Maliyeti	12
1.4.2.2. Depolama Maliyeti.....	12
1.4.2.3. Stok Riski Maliyeti	12
1.4.2.4. Stok Hizmet Maliyeti	13
1.4.3. Üretime Hazırlık ve Sipariş Maliyeti.....	13
1.4.4. Elde Bulundurmama Maliyeti.....	14
1.5. Stok Kontrol Sistemleri	16
1.5.1. Gözle Kontrol Sistemi	17
1.5.2. Çift Kutu Sistemi	17
1.5.3. Sabit Sipariş Periyodu (Periyodik Gözden Geçirme – P) Sistemi.....	18
1.5.4. Sabit Sipariş Miktarı (Sürekli Gözdem Geçirme – Q) Sistemi.....	19
1.5.5. Maksimum – Minimum Stok Sistemi.....	20
1.5.6. ABC Yöntemi	22
1.6. Stokların Bulundurulma Nedenleri ve Yararları	24
2. BÖLÜM	
DİNAMİK PROGRAMLAMA VE ÇOK AŞAMALI STOK KONTROL.....	27
SÜREÇLERİ	
2.1. Giriş.....	27
2.2. Dinamik Programlamanın Tanımı Ve Genel Bir Değerlendirme	28
2.3. Optimallik Kuramı (En Elverişli Olma Prensibi).....	31
2.4. Dinamik Programlama Metodunda Kullanılan Kavramlar	31
2.4.1. Aşama	32
2.4.2. Durum.....	32
2.4.3. Getiri ya da Ödül	33
2.4.4. Kabul edilen Süreçler	33
2.4.5. Karar	33
2.4.6. Optimal Politika.....	34

2.4.7. Geçiş Fonksiyonu (Dönüşüm Denklemleri-Yineleme İlişkisi)	34
2.5. Dinamik Programlama Türleri	36
2.6. Dinamik Programlamanın Genel Yapısı ve Özellikleri	38
2.7. Dinamik Programlamanın Üstünlükleri ve Uygulamadaki Sıkıntıları.....	39
2.8. Çok Aşamalı Stok Kontrol Süreçleri.....	41
2.9. Yineleme Denklemlerinin (Geçiş Fonksiyonlarının) Oluşturulması.....	43
2.9.1. İleriye Doğru Çözüm Yöntemi İçin Yineleme Denklemi	44
2.9.2. Geriye Doğru Çözüm Yöntemi İçin Yineleme Denklemi	45
2.10. Stok Kontrol Problemlerinin Dinamik Programlama İle Çözümü.....	45
2.10.1. Çok Aşamalı Deterministik Dinamik Stok Kontrol Modeli.....	47
2.10.2. İleriye Doğru Çözüm Yöntemi ile Tablosal Hesaplama.....	51
3. BÖLÜM	
DİNAMİK PROGRAMLAMA TEKNİĞİNİN BİR İŞLETMENİN	58
ÇOK AŞAMALI STOK KONTROL PROBLEMLERİNE TATBİK EDİLMESİ	
3.1. Uygulamanın Yapılacağı İşletme Hakkında Tanıtıcı Bilgiler	58
3.2. Problem Çözümüne İlişkin Gerekli Olan Verilerin Elde Edilmesi	59
3.3. Problemin Stok ve Üretim Planlama Modeli	63
3.4. Çok Aşamalı Deterministik Dinamik Stok Kontrol Modelinin.....	69
Optimal Karar Verilerini Yazdıran Program	
3.5. Problemin Çözüm Sonuçları	85
SONUÇ	87
KAYNAKÇA.....	89

TABLULAR LİSTESİ

Tablo: 1. XYZ Firmasına İlişkin Talep Değerleri ve.....	60
Buna Karşılık Yapılan Üretim	
Tablo: 2. Ürünlere İlişkin Birim Maliyet Değerleri	61
Tablo: 3. Firmanın Aylık Olarak Birim Elde Bulundurma Maliyet Değerleri	62
Tablo: 4. Firmanın Aylık Olarak Birim Hazırlık Maliyet Değerleri.....	62
Tablo: 5. Firmanın Aylık Olarak Gerçekleşen Üretimin Toplam Maliyet.....	63
Değerleri	
Tablo: 6. Tüm Aşamaların Optimal Çözüm Değerlerini Gösteren Sonuç Tablosu ...	84
Tablo: 7. Planlama Dönemi Optimum Stok ve Üretim Miktarı Çözüm Değerleri ...	85

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil: 1. Sabit Sipariş Periyodu Sistemi Yapı Unsurları.....	19
Şekil: 2. Sabit Sipariş Miktarı Sistemi Yapı Unsurları	20
Şekil: 3. Maksimum-Minimum Stok Sistemi Yapı Unsurları.....	22
Şekil: 4. ABC Yönteminde Stok Kalemlerinin Yüzdeleri	23
Şekil: 5. Çok Aşamalı Karar Süreci Yapısının Şematığı	38
Şekil: 6. Stok Sistemi Yapısı.....	46
Şekil: 7. Birinci Aşama İçin Hazırlanan Çözüm Tablosu	52
Şekil: 8. İkinci Aşama İçin Hazırlanan Çözüm Tablosu.....	55
Şekil: 9. Planlama Dönemi Optimal Çözüm Tablosu	56
Şekil: 10. Stok ve Üretim Karar Probleminin Çözümü Adına Geliştirilen.....	82
Dinamik Programlama Programının İlgili Akış Şeması	

EKLER LİSTESİ

Ek: 1. Optimum Stok ve Üretim Miktarlarını Hesaplayan	93
Bilgisayar Programının Stabil Kodları	
Ek: 2. Planlama Dönemi Aşamalarına Ait Hesaplamaların Program Çıktısı.....	103

GİRİŞ

Stoklar işletmeler tarafından gelecekteki üretim ve satışlar için elde bulundurulması gereken ürünlerdir. Tüketicilerin talebini zamanında karşılamak ve olası üretim aksaklıklarını önlemek adına, işletmeler stok bulundurmaya zorundadır. Ancak gereğinden fazla miktarlarda tutulan stoklar, işletmelerin verimliliği daha yüksek olan yatırım olanaklarından istifade edememelerine neden olmaktadır. İşletme sermayesinin stok yatırımlarına ayrılmasından ötürü oluşan alternatif maliyetlerin yanı sıra elde tutulmakta olan stokların eskimesi veya zarar görmesi gibi ihtimaller nebzinde oluşabilecek durumlar olası kayıpları daha da arttıracaktır. Stok problemlerinin çözümü aşamasında verilecek olan kararların, etkin bir stok kontrol modeli yardımıyla maliyet minimizasyonunu gerçekleştirecek olan optimum stok düzeylerinin belirlenerek, alınması firmalar için daha akılcı olacaktır.

Stok ve üretim planlamaları, her biri birbiriyle bağlantılı ve aşama olarak adlandırılan birçok dönemden oluşmaktadır. Herhangi bir aşamada, stok miktarları ile ilgili alternatif durumlar dizisi, bir sonraki aşamanın karar değerleri olarak ifade edilen üretim miktarları dizisini belirlemektedir. Aşamalara ayrılabilen stok kararları, zaman bakımından çok aşamalı karar problemleri olarak adlandırılır. Çok aşamalı karar süreçlerine uygulanabilen dinamik programlama modelleri ile stok ve üretim unsurları için maliyet optimizasyonu gerçekleştirilebilir. Dinamik programlama tekniği yardımıyla aşamalara ayrılabilen stok problemleri için, minimum maliyetle her aşamada ne miktarda üretim yapılacağına (sipariş verileceği) ve stok tutulacağına karar verilir.

İktisadi yapı içerisinde belirli zaman dilimlerinde ürünlere olan talepler çoğu zaman sonlu nitelikte olduğundan, iş hayatında deterministik modellemeler daha çok kullanılmaktadır. Bu çalışmada stok ve üretim miktarları, sonlu talep koşulları altında belirli bir yapı arz eden deterministik dinamik programlama metodu kullanılarak belirlenmeye çalışılacaktır.

Tezimizin ilk bölümünde çalışmamızı ilgilendiren stok kavramı hakkında detaylı bir inceleme yapılmıştır. Ayrıca stok takibini kolaylaştıran stok kontrol

sistemleri tanıtılarak, stok kontrolünün işletmeler açısından önemi üzerinde durulmuş ve stok kontrol modellerini ilgilendiren stok maliyet unsurları, çeşitli kategoriler altında incelenmiştir.

İkinci bölümde kantitatif optimizasyon tekniklerinden biri olan dinamik programlama metodu ayrıntılı biçimde incelenerek çok aşamalı stok kontrol süreçlerini ilgilendiren stok problemlerinin, dinamik programlama tekniği ile çözümüne dair alternatif çözüm yöntemleri üzerinde durulmuştur. Son bölüm olan üçüncü bölümde ise dinamik programlamanın stok ve üretim planlamasında kullanılmasına yönelik belirli bir model ve algoritma oluşturulmuş ve buna uygun bir program geliştirilmiştir. Tezimize konu olan firmanın muhasebe kayıtları ve belirli etütler neticesinde elde edilen stok ve üretim değerleri, geliştirilen bu yazılıma aktarılarak, stok probleminin optimal çözümünü test eden bir uygulama yapılmıştır.

Bu tezin amacı dinamik programlama tekniği ile toplam stok maliyetini minimize edecek olan optimum stok ve üretim değerlerini, küçük ve orta ölçekli işletmelerin stok kontrol süreçleri üzerinden belirlemek ve modelleme sonucunda tespit edilen toplam stok maliyeti ile gerçekleşen üretimin toplam stok maliyeti arasındaki farkı göstermektir. Özetle kantitatif analiz tekniği ile yapılacak olan stok planlamalarının firmalara sağladığı maliyet avantajını ortaya koymak, tezimizin hedef noktasıdır.

1. BÖLÜM

STOK KAVRAMI

1.1. Giriş

İktisadi faaliyet alanlarının genişlemesi, üretim, dağıtım ve pazarlama sistemlerindeki gelişmeler, teknoloji ve inovasyonun da etkisiyle artan ürün çeşidi ve özellikle talebin stokastik yapıda olması, firmaları stok bulundurmaya itmektir. Bir firmanın stok tutmasındaki asıl gaye, yüksek servis düzeyiyle müşteri talebini karşılamak ve bu sayede piyasada rekabet avantajı elde etmektir. Bu yüzden firmalar faaliyet alanlarına bağlı olarak değişik türlerde stok tutma yoluna giderler.

İşletme sermayesinin büyük bir kısmı stok yatırımlarına ayrılmaktadır. Özellikle üretim işletmeleri hammadde ve malzeme eksikliğinde faaliyetlerini durdurma noktasına gelebilirler. Etkin ve verimli çalışmak, yüksek kapasiteyi yakalamak isteyen firma stok bulundurarak, üretim sürecinde yaşanabilecek aksaklıkların önüne geçebilmektedir. Üretim, tedarik ve dağıtım sistemlerine süreklilik ve işlerlik kazandırmak için belirli bir düzeyde stok tutmak gerekir.

Stok gelecekteki gereksinimleri karşılamak amacıyla belirli bir süre elde tutulan ve ekonomik bir değeri olan atıl bir kaynak veyahut üretim süreçlerinin aksamadan yürütülmesine imkân tanıyan fiziksel mal stokudur (Demir ve Gümüšođlu, 2009, s.485). Stok ekonomik bir değerdir zira gelir beklentisi ile elde tutulur ve bu yatırım için belirli bir sermaye ayrılır. Stoklara yatırılan sermayenin, başka yatırımlarda kullanılmamasından ötürü alternatif gelir olanaklarından yararlanılamamaktadır. Bir başka değişle stoklara bağlanan sermaye atıl olarak bekletilmektedir. Ayrıca stoklar üretimin her hangi bir safhasında girdi olarak da kullanılırlar.

Stoklar gerektiği ölçüde tutulmalıdırlar. Gereğinden fazla tutulan stok, stok bulundurmaktan ötürü belirli maliyetlerin oluşmasına neden olur. Modası geçme,

bozulma, eskime, sigorta ve bakım giderleri, fiyatlarda yaşanabilecek düşüşler neticesinde belirli kayıplar da yaşanabilir. Gereğinden fazla tutulan stoklar bir nevi kayıp anlamına gelmektedir.

İşletmeler satabilecekleri kadar ürün almalı ya da üretmeli ve bu üretimini karşılayacak kadar elinde malzeme bulundurmalıdırlar. Talep olduğu anda karşılamak adına gereğinden fazla stok bulundurmak rasyonel değildir. Stok düzeylerinin ihtiyaç miktarına göre optimal miktarlarda belirlenmesi gerekir.

1.2. Stok Kontrol Kavramı

Artan rekabet koşulları altında müşteri talebinin vaktinde karşılanmasının önemi giderek artmıştır. Firmalar stok düzeylerini düşük tutarak maliyet avantajını sağlamak isterken, karşılanamayan olası müşteri talebinden ötürü gelir kaybı yanında prestijlerini de yitirmektedirler. Olası talepleri tam olarak karşılamak adına yüksek düzeyde stok tutulması ise stok bulundurmaktan ötürü firmalara büyük maliyetler bindirmektedir. Maliyetlerden ötürü doğabilecek zararları ve olası taleplerin karşılanamaması neticesinde yaşanacak gelir kayıplarını önlemek adına rasyonel ve etkin bir stok kontrolü gereklidir.

Stok kontrolün amacı stokla ilgili maliyetlerin dengelenerek, firmanın yüksek servis düzeyiyle hizmet vereceği optimum stok düzeyini belirlemektir. Bu amaca ulaşan firmalar, maliyet ve rekabet avantajını elde ederek stokla ilgili yatırımlardan maksimum kazanç sağlayacaklardır.

Stok kavramı her geçen gün önemini daha çok hissettirmektedir. 1920’li yılların başında konuya artan ilgi 1950’li yıllara doğru gelişim ivmesini kaybederken, sonraki yıllarda teknik anlamda yaşanan ilerlemelerle birlikte önemini giderek arttırmıştır. Üretim sitemlerinde yaşanan gelişmeler ışığında stoklar işletme yönetimi hususunda firmaların tüm bölümlerini ilgilendiren bir kavram haline gelmiştir. Yanlış tespit edilen stok politikaları yüzünden çoğu firmada büyük kayıplar yaşanmıştır. Firmalarda her departmanın farklı fonksiyonları olması nedeniyle, stok politikaları konusundaki fikirleri de farklılık göstermektedir. Şöyle ki üretim bölümü,

Üretim sürecindeki yaşanabilecek aksaklıkları önlemek adına gereğinden fazla malzeme stoku elde bulundurmak isteyebilir. Pazarlama bölümü müşteri talebini oluştuğu anda karşılamak adına yüksek stok düzeylerinde çalışılmasını arzularken, finans bölümü ise sermayenin etkin kullanılması adına stok yatırımlarına ayrılan payın azaltılmasına ve buna istinaden düşük stok düzeylerinde çalışılmasını istemektedir. rn stoklarının yetersizliğinde olası taleplerin karşılanamaması nedeniyle satış kayıplarına ve hammadde yetersizliği üretimde duraksamalara neden olurken, gereğinden fazla tutulan stoklar ise hem stok bulundurmaktan ötürü belirli maliyetlere hem de alternatif yatırım olanaklarından yararlanılmasından doğacak fırsat kayıplarına sebep olmaktadır. Firmalar bahsi geçen stok problemleri çerçevesinde optimum dengeyi sağlayacak ve yeter düzeydeki stok miktarını belirleyecek politikalar oluşturmak adına tüm departmanlarını ortak planlamalar etrafında birleştirmelidir. Fikir birliğine varılan politikaların, başarılı olabilmesi için etkin bir stok kontrolü sistemine ihtiyaç vardır. Ne miktarda stokun, hangi zamanda elde bulundurulması gerektiği stok kontrolün konusu olmaktadır.

Stok kontrol, stok miktarı ve stok kalemleri arasında optimum denge noktasının, firmanın tedarik, üretim, satış ve mali imknlarına göre rasyonel ve en ekonomik Şekilde belirlenmesi yöntemidir (Devrez, 1966, s.42). Bir başka değişle stok kontrolü, stokların, oluşturulan kontrol sistemine göre denetiminin sağlanarak, ihtiyaçlar hususunda ekonomik bir Şekilde optimum stok düzeyinin belirlenmesi ve istenilen anda elde bulundurulmasıdır.

Stok kontrol kavramı; gereksinimlerin saptanarak stoku yapılacak malzemelerin ya da ürünlerin miktarının belirlenmesi, siparişi yapılacak malzeme ya da ürünü tedarik edebileceği firmaların araştırılması ve optimalite ilkesine göre alternatif firmalardan herhangi birinin seçilmesi, sipariş verme zamanı ve sipariş miktarının hesaplanması, stoklarla ilgili kayıtların düzenlenmesi ve stokların denetimi, mali yük oluşturan fazla miktardaki stokların elden çıkarılması, firmaların diğer bölümleri ile stok politikalarının belirlenmesi gibi unsurlardan oluşmaktadır.

1.2.1. Stok Kontrolün Önemi

İktisadi hayatta yaşanan gelişmeler neticesinde günümüz dünyasında stoklar artık bir servet ölçütü değil, mümkün olduğu ölçüde kaçınılması gereken bir unsur haline gelmiştir. Modern üretim tekniği ile beraber çeşitlenen ve komplike bir hal alan ürünlere karşı müşteri taleplerindeki yaşanan belirsizlikler neticesinde stoklar bir sorun haline gelmiştir. Bu sayede stok kontrolüne olan ilgi artmıştır. Piyasada oluşan firma yoğunluğu neticesinde yaşanan rekabet stok kontrolün önem kazanmasında etkili olmuştur. Kârını artırmak isteyen firmalar, maliyeti yüksek olan stoklar üzerinde denetimini arttırmıştır. Büyük ölçekli ve kurumsal firmalarda stokların etkin bir şekilde kontrolü ve yönetimi için diğer bölümlerden ayrı olarak stok kontrolü ile ilgilenen stok yönetimi departmanlarının oluşturulduğu görülmektedir (Tatar, 1982, s.38).

Alternatif yatırım olanaklarının artmasından ötürü stoklara ayrılmış olan hareketsiz duran sermayenin önemi artmıştır. Atıl kaynak olarak tutulan stoklar, gelir getirecek başka fırsatlardan yararlanma olanağını engellediğinden gerçeğe uygun stok politikalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Stok devir oranlarını en iyi düzeyde tutacak ve bu sayede sermayenin daha etkin kullanılmasını sağlayacak stok kontrol sistemleri geliştirilmektedir.

Elde tutulan stokların modası geçme, bozulma, teknolojik olarak eskime gibi ekonomik değerlerinde meydana gelebilecek olası kayıpları önlemek isteyen firmaların stoklarını güncellemeyi, zarara mahal vermeyecek şekilde önceden ellerinden çıkararak, kontrollerini daha dikkatli yapmaları gerekmektedir.

Firmalar için en ideal durum elde stokun bulunmadığı haldir. Ancak iktisadi hayatta yaşanan belirsizlikler itibari ile bir miktar stok bulundurmamak gerekli olacaktır. Rasyonel bir stok kontrol faaliyetinin varlığında finansal, satış ve üretim yönetimlerinin etkin olarak sürdürülmesi sağlanacaktır. Ancak şunu da belirtmekte fayda var ki, titiz ve sıkı bir stok kontrol sistemi firmalara yüksek maliyetler bindirmektedir. Daha çok mesainin harcanacağı bir stok kontrol faaliyeti, stok problemlerine uygun çözümler getirerek firmaya tasarruf sağlarken, sistemin bizatihi

uygulanmasından doğacak yüksek maliyetler firmalar için büyük bir mali yük oluşturacaktır. Bu nedenle firmaların kendi yapılarına uygun stok kontrol sistemleri geliştirmeleri gerekmektedir.

1.3. Stokların Sınıflandırılması

İşletmeler stok yönetim sistemlerini kolaylaştırmak ve kâr olanaklarını artırmak adına etkinliğin sağlanması gayesiyle stokları belirli ölçülere göre sınıflandırmaktadırlar. Stoklanan varlıklar; cins, değer kullanılma yeri ve amacı, stoklama biçimi, depolanabilirlik gibi faktörler açısından farklılıklar gösterir ve stok kalemlerinin bu şekilde bir arada incelenmesi çeşitli yanılığlara sebep olur.

En çok rastlanan tasnifleme şu şekildedir (Erenoğlu, 1973, s.8):

- Üretim aşamasındaki durumuna göre,
- Stok kalemlerinin değerlerine göre,
- Stok kalemlerin hacmine göre,
- İktisadi yıpranma derecelerine göre,
- Tedarik edilme ve üretim sürelerine göre,
- Harcama temposuna göre,
- İşlevlerine göre,
- A, B, C, esasına göre.

Bu şekilde yapılan sınıflandırmalar içerisinde önem arz eden tasnif yöntemlerini çeşitli başlıklar altında ele alacağız.

1.3.1.Üretim Aşamasındaki Durumuna Göre Stokların Sınıflandırılması

1.3.1.1. Hammaddeler

Üzerinde herhangi bir işlem yapılmamış, mamul malın üretiminde kullanılan varlıklardır. Doğada hammadde olarak bulunduğu gibi bir işletmede işlem görerek başka bir işletme için hammadde girdisi işlevini üstlenebilir (Parılı, Aydoğan ve Koçak, 2007, s.69).

1.3.1.2. Yarı Mamuller

Üretim sürecini henüz tamamlayamamış mamul olmayı bekleyen ve üretim birimleri arasındaki ana depolarda bekletilen varlıklardır. Bir mal, üretim süreci tamamlansa dahi hâla fabrikayı terk edecek duruma gelememiş ise o mal yarı mamuldür. Ütü, paketleme noktasında bekleyen bir pantolon halen yarı mamuldür.

1.3.1.3. Mamuller

Üretim aşamalarının tümünü tamamlayan ve satış aşamasında olup müşterini beklemek için depolara konulan varlıklardır. Mamullerin kontrolleri hammadde ve yarı mamule nazaran daha kolaydır çünkü tüm belirsizlikler ortadan kalkmıştır.

1.3.1.4. Hazır Parçalar

Mamulün bir kısmını oluşturan ve sıklıkla dışarıdan tedarik edilen varlıklardır. Aksesuar malzemeleri, civata gibi malzemeler örnek verilebilir.

1.3.1.5. Yardımcı Malzemeler

Mamulde doğrudan kullanılmayan ve bünyesine dahil olmayan varlıklardır.

1.3.2. İşlevlerine Göre Stokların Sınıflandırılması

Stokların gerekliliğini ortaya koyan fonksiyonel özelliklerine göre tasnif yapmak mümkündür.

1.3.2.1. Devre Stoku

İki sipariş arasındaki süre zarfında ortalama talebi karşılamak üzere bulundurulmuş stoklardır.

1.3.2.2. Emniyet Stoku

Beklenen talebin fiili talebi aşması, tedarik süresinin uzaması gibi belirsizliklerde, işletmeyi stok tükenmesine karşı koruyan stoklardır. Teslim

gecikmelerinin ve talebin belirli olduğu durumlarda bu tür stokları tutmaya gerek yoktur (Yenersoy, 1990, s.8). Hizmet düzeyini düşürmemek adına tutulması gerekmektedir.

1.3.2.3. Mevsimsel Stok

Mamul talebinin fazla olduğu dönemler için daha önceden tedarik veya imal edilerek satılmak için hazır bekletilen stoklardır. Belirli dönemlerde temini mümkün olan hammadde ve malzemelerin ihtiyacı karşılayacak şekilde stoklara alınıp bekletilmesiyle de oluşabilmektedir.

1.3.2.4. Spekülatif Stok

Herhangi bir mamul, hammadde veyahut malzeme fiyatında artış beklendiği zaman ihtiyaçtan fazla olarak alınan stoklardır. İşletmeler bunları üretim sürecinde kullanabildiği gibi kâr amacıyla satabilmektedirler.

1.3.2.5. Promosyon Stoku

Pazarlama kapsamında yapılan promosyon durumunda oluşabilecek fazla satışlar için bulundurulmuş stoklardır (Tanrıverdi, 2011, s.102). Bu tür stoklar bir ürünün yanında verilebildiği gibi satış hasılatını arttırmak adına indirimli satışlarda da kullanılmaktadırlar.

1.3.3. Talep Yapısına Göre Stokların Sınıflandırılması

Kullanış amacına ya da talep kaynağına göre stoklar iki grupta incelenebilir (Yamak, 2004, s.231). Gruplar arasında ayırım, stokların ya üretim sürecinde kullanılmak üzere ya da satın alınmak üzere talep edilmesidir.

1.3.3.1. İmalat Stoku

Bir ürün imal etmek adına talep edilen stoka imalat stoku denir. İmalat stoku kendi formunu yitirip, dönüşüme uğrayarak başka bir ürünün yapısına dahil olmaktadır. Hammadde ve yarı mamul stokları herhangi bir malın üretiminde

kullanıldıkları ve işlem görmek için beklemek üzere depolarda tutuldukları sürece imalat stoku olarak değerlendirilirler.

1.3.3.2. Dağıtım Stoku

Bahsi geçen stok kalemi pazarlamak üzere talep ediliyorsa dağıtım stoku olarak adlandırılır. Pazar talebini karşılamak adına dağıtım stoku elde bulundurulur.

1.4. Stok Maliyetleri

Stok seviyesinde yaşanan değişimler neticesinde etkilenen masraflara stok maliyetleri denmektedir. Günümüz şartlarında pazar talebini karşılamak adına optimum miktarda stok bulundurmak gereklidir. Minimum maliyeti sağlayacak optimum stok miktarını belirlerken değişik karakterlere sahip olan masrafları göz önüne alarak stok problemleri hakkında karar verilir. Stok politikalarının belirlenmesi ve stok kontrol modelleri için stok maliyetlerinin tespiti önem arz etmektedir.

Stoklarla ilgili maliyetlerimiz fiili bir harcama yanında vazgeçilmiş bir yatırım fırsatı anlamında alternatif bir maliyeti de beraberinde getirmektedir. İşletme öz sermayesi ile finanse edilen stok yatırımları, vazgeçilen bir yatırımın kârı yanında şayet bu yatırımın finansmanını herhangi bir yabancı kaynaktan sağlıyorsa bunun için ödenen faizin maliyetini de dikkate almak gerekir.

Stok ile ilgili maliyetler muhasebe kayıtlarında direkt olarak alınamayabilir. Bazı maliyet kalemleri için tahmin etme yoluna gidilmektedir. Muhasebe verileri geçmiş ile meşgul iken stok yatırımı kararı geleceğe ait olduğundan zaman bakımından uyumsuzluk yaşanmaktadır. Muhasebe kayıtlarındaki maliyet kalemleri veri olarak alınarak yeniden bir düzenlemeye tabi tutulur ve karar verme aşamasında kullanılmak üzere uygun hale getirilir (Devrez, 1966, s.21). Ayrıca stok politikası açısından önemli bir maliyet unsuru olan ve vazgeçilen olanaklardan doğan kayıpları ifade eden fırsat maliyetini muhasebe kayıtlarında bulmak mümkün olmamaktadır.

Stok maliyetleri satın alma maliyeti, elde bulundurma maliyeti (ortalama stok miktarı ile değişen giderler), üretime hazırlık veya sipariş verme maliyeti (üretim ya da sipariş miktarı ile değişen giderler) ve elde bulundurmama maliyeti olmak üzere dört grupta incelenebilir.

1.4.1. Satın Alma Maliyeti

Sipariş edilen ürünün satın alındığı kaynağa fiilen ödenen bedelidir. Bu maliyet, şayet ürünler dış kaynaklardan tedarik ediliyorsa satın alma maliyeti, işletmenin kendi bünyesinden sağlanıyorsa üretim maliyeti olarak bilinmektedir. Satın alma maliyeti sabit olabileceği gibi belirli miktarın üzerindeki alımlar için uygulanabilecek fiyat indirimleri münasebetiyle değişken olabilmektedir (Cinemre, 1997, s.317). Stok kontrol modellerini ilgilendiren husus değişken karakterli satın alma maliyeti ya da üretim maliyetleridir. Satın alma maliyetinin miktara bağlı olduğu durumlar daha gerçekçidir. Stok kararları bu tür durumlardan etkilendiği takdirde satın alma maliyetinin ayrıca dikkate alınması gerekir.

1.4.2. Elde Bulundurma Maliyeti

Stoklarda ihtiyaçtan fazla stok kalemi bulundurulması sonucu ortaya çıkan maliyettir (Öztemel, 2009, s.334). Elde bulundurma maliyeti stoklarda bekleyen her türlü malzemenin getireceği külfeti ölçmek amacıyla kullanılır ve stokların büyüklüğüyle değişkenlik gösterir. Stok miktarı artışı ile elde bulundurma maliyeti de artış göstermektedir. Bir başka ifade ile belirli bir dönemdeki elde bulundurma maliyeti o devrede bulundurulan ortalama stok miktarının bir fonksiyonu olmaktadır (Tekin, 2009, s.8). Elde bulundurma maliyeti ortalama stokun lira cinsinden değerinin yüzdesidir.

Sermaye maliyeti, depolama maliyeti, stok riski maliyeti ve stok hizmet maliyeti bileşenleri şeklinde konuyu detaylandırabiliriz.

1.4.2.1. Sermaye Maliyeti

Fırsat maliyeti olarak da bilinen sermaye maliyeti, elde bulundurma maliyetinin en önemli bileşenidir ve hatta genellikle tek başına elde bulundurmanın firmaya getireceği mali yükü tanımlamak için kullanılır (Yenersoy, 1990, s.13). Dönen varlıklar içinde likiditesi düşük olan stok kalemlerine ayrılan sermayenin büyük miktarlarda olması, bu sermayenin diğer yatırımlarda kullanılmamak üzere gelecek kazançlardan feragat edilmesi anlamına gelmektedir. Bir başka deyişle işletmeler belirli miktarda fonu stoklara yatırdıklarında bu fonu kullanabilecekleri diğer kârlı sermaye yatırımlarından vazgeçmektedirler.

Sermaye maliyetinin belirlenmesi çok zor olacağından ölçüt olarak genellikle cari faiz oranı kabul edilir. İşletme eğer stoka bağladığı sermayeyi işletme dışı yabancı bir kaynaktan sağlıyorsa sermaye maliyeti kredi maliyeti olacaktır.

1.4.2.2. Depolama Maliyeti

Stok malzemelerinin fiziksel olarak depolanarak saklanması, taşınması gibi faaliyetlerden kaynaklanan maliyetlerdir. Bu maliyetler kira, amortisman, bakım, ısıtma, aydınlatma, soğutma, depo personeli ücreti ve bina vergisi gibi unsurlardan oluşur. Ek bir depolama alanı gerektiren durumlarda, stok düzeyinin düşük tutulması veya depolama olanaklarını yerinde kullanılması ile bu maliyetin azaltılması sağlanır.

1.4.2.3. Stok Riski Maliyeti

Depoda bulunan malzemelerin fiziksel bozulması, yıpranması, eskimesi, modasının geçmesi gibi ekonomik değerlerini yitirmelerinden ötürü ortaya çıkan maliyetlerdir. Bu şekildeki malzemeler kullanılamayacak hale gelerek işletme için mali bir külfet oluşturacaklardır. Teknolojik ve tarımsal ürünler bu maliyetlere en iyi örnektir.

1.4.2.4. Stok Hizmet Maliyeti

Stok için ödenen vergi, sigorta, malzeme aktarma ve stokların periyodik sayımı ile ilgili giderlerdir. Sigorta ve kısmen vergi giderleri dışında kalan stok hizmet maliyeti bileşenleri stok düzeyi ile orantılı olarak değişim göstermektedir.

Dört kategori altında tanımladığımız maliyet unsurları stok düzeyi ile değişim gösterdikleri takdirde stok politikaları üzerinde etkili olurlar. Stok modellemelerinde kullanılan varsayıma göre herhangi bir zaman noktasında elde bulundurma maliyeti, o zaman noktasındaki stok yatırımı ile orantılıdır. Bu orana elde bulundurma yükü denmekte ve fırsat maliyeti, işletme masrafları, teknolojik eskime, vergi ve bozulma gibi oranların toplamından oluşmaktadır (Gençyılmaz, 1988, s.30).

1.4.3. Üretime Hazırlık ve Sipariş Maliyeti

İşletmenin ihtiyaç duyduğu malzemeleri tedarik edebilmesi için yaptığı masraflar tutarını oluşturan maliyetlerdir. Tedariğin işletme içinden ve dışından yapılmasına göre farklı tanımlamalar yapılır. Siparişe konu olan ürün işletme içinden karşılanıyorsa üretim hazırlık maliyeti, dışardan tedarik ediliyorsa sipariş maliyeti olarak adlandırılır.

Belirli bir dönemde yapılan sipariş işlemlerinin sayısı, bu dönem içindeki sipariş veya üretim masraflarının tutarını belirler. Sipariş miktarı arttıkça sipariş sayısı azalır neticede sipariş sayısının azalması ile sipariş maliyeti de azalış gösterecektir. Sipariş maliyeti her sipariş işlemi başına hesaplanan sabit bir masraftır.

Sipariş maliyeti; istem fişini hazırlama, sipariş niceliğinin saptanması, satıcı firmalardan istenen kotalar, materyal kayıt kartlarında gerekli bilgilerin gösterilmesi, sipariş izleme ve ulaştırma giderleri, teslim alma, boşaltma ve kontrol etme giderleri, gerekli bilgilerin materyal kayıt fişine geçilmesi gibi unsurları içerir.

Üretime hazırlık giderleri ise; süreci hazırlama giderleri (gerekli araçların ve makinelerin hazırlanması vb.), işlemleri değiştirme, operatöre hünere kazanmayı

sağlama, fireler, iş programı düzenleme, işi izleme, ulaştırma ve muhasebe işleri gibi öğeleri kapsar (Demir ve Gümüšođlu, 2009, s.496).

Sipariş maliyetlerini, sipariş miktarına bağlı olup olmadıklarına göre iki grupta incelemek mümkündür (Tatar, 1982, s.67).

a) Sipariş hacmine bağlı olan sipariş giderleri: Sipariş edilen mal miktarına bağlı olan sipariş giderleridir ve değişir özelliktedir. Sipariş miktarı arttıkça artar azaldıkça azalır. Ulaştırma, teslim alma, kontrol ve kayıt giderleri başlıca sipariş miktarına bağlı olarak değişen giderlerdir.

b) Sipariş hacmine bağlı olmayan sipariş giderleri: Sipariş edilen mal miktarına bağlı olmayan sipariş giderleridir ve sabit, değişmeyen niteliktedirler. Pul, kağıt, telefon giderleri bu masraflara örnektir. Bu maliyetler sipariş hacmine bağlı olmamakla beraber yapılan sipariş sayısına göre değişmektedirler.

Sipariş başına düşen masrafı saptamak için muhasebe kayıtlarından elde edilen toplam sipariş masrafları sipariş sayısına bölünür ve bu şekilde sipariş başına düşen ortalama sipariş masrafı bulunur. Bu yöntem, sipariş maliyeti ile ilgili hesaplamada sabit nitelikli masrafları da kapsamına aldığından, siparişin maliyeti marjinal masrafından büyük olur ve bu da sipariş sayılarının azalması yönünde etki eder.

Diğer bir yöntem olan marjinal analiz metodunda ise sipariş giderleri ile değişken masraflar göz önüne alınır ve sipariş başına düşen masraf tespit edilirken sadece sipariş sayısındaki değişimlerden etkilenen masraflar hesaba dahil edilir. Sabit masrafları içermediğinden ilk yöntemle hesaplanan sipariş masrafından daha düşük olur ve sipariş sayılarını artması yönünde etki eder (Erenoğlu, 1973, s.18).

1.4.4. Elde Bulundurmama Maliyeti

Bir talep meydana geldiğinde eldeki mal mevcudu, o anda yeni talebi karşılayacak düzeyde değilse işletme açısından belirli bir maliyet doğuracaktır. Bu maliyete elde bulundurmama maliyeti denmektedir (Öztürk, 2002, s.595). Bir başka

ifade ile elde bulundurmama maliyeti, ürünün gerektiği miktarda bulunmadığından ötürü ortaya çıkan fırsat kaybıdır.

İşletmelerde talebi karşılayacak düzeyde ürünün bulunmaması çeşitli nedenlere bağlanabilir; talep edilen miktarın arz edilen miktarı aşması, ürün tedarikindeki gecikmeler, emniyet stoklarına gerek duyulmayıp bu yönde kararların alınması, pazar araştırmaları hususunda yanlışlar, müşteri beklentileri ve talep tahmini konusunda yapılan hatalar gibi faktörler.

Stok bulundurmama giderlerini daha iyi açıklamak adına iki gruba ayırmak mümkündür (Tatar, 1982, s.76).

a) Satışların ileri bir tarihe atılması giderleri: Stok düzeyinin ortaya çıkan talebi karşılayamayarak ileri bir tarihte sunumunun gerçekleştirilmesi bir dizi maliyeti de beraberinde getirmektedir. Bu tür giderleri tam olarak belirleyemsek de öngörülebilir ve hesaplanabilir olanları açıklayabiliriz. İleri bir tarihe atılan ürünün teslimi için müşteriye bilgi vermek adına haberleşme ve yazışma masrafları yanında ürünün stoklara girmesiyle gönderim masrafları bir gider kalemi oluşturmaktadır. Veyahut ürünün bulunmamasından ötürü firma talebi karşılamak için daha yüksek fiyattan aynı malı alabilir ya da ikame bir malı alıp müşterisine teslim edebilir. Aradaki fiyat farkı ise stokun bulunmamasından kaynaklanan bir masraf olacaktır. Talebin hiçbir şekilde karşılanamamasında ise taahhüde dayanan sözleşme gereği firmanın karşı tarafa tazminat ödemesi gerekebilir.

Firma ürünü kendi içinden tedarik ediyorsa başka bir deyişle talebi kendi üretimi ile karşılıyorsa ve stoklarında o anda mal bulunmuyorsa, faaliyet dışı kalan makine, iş görmeyen personele ödenen ücretlerden ötürü yokluk maliyeti ile karşı karşıya kalabilir.

b) Satış kaybı giderleri: Bazı durumlarda gelen siparişlerin ileri bir tarihte teslimi mümkün olmamaktadır. Firmalar talebin hiçbir şekilde karşılanamaması neticesinde satış kaybına uğrayacaklardır. Burada elde bulundurmama maliyeti karşılanamayan talep kadar olacaktır. Talebin karşılanamaması durumunda memnun

edilmemiş müşterilerin, firmaya olan güven ve bağlılığını zedeleyerek başka firmalara yönelmelerine neden olabilecektir.

Dört ana grupta topladığımız stok maliyet unsurları stoklara ilişkin kararlarda belirleyici faktörler olmaktadır. Genellikle elde bulundurma maliyeti yükseldikçe siparişler daha sık ve daha az miktarlarda verilerek stok mevcudu düşürülmeye çalışılır. Öte yandan sipariş verme maliyeti yükseldikçe seyrek aralıklarla ve yüksek miktarda sipariş verilir. Stok kontrol modellerinde elde bulundurmama maliyetinin belirlenmesi çok güç olduğundan, yapılan analizlerde diğer maliyet öğeleri kullanılır. Anlaşılacağı üzere birbiriyle ters yönde hareket eden sipariş ve elde bulundurma maliyetleri arasında optimum bir denge sağlanarak toplam maliyeti en azlayacak stok miktarının hesaplanması, firmalar açısından oldukça mühim bir karardır.

1.5. Stok Kontrol Sistemleri

Firmalar stok politikalarını ekonomiklik ve etkinlik prensiplerine göre oluşturmak istiyorlarsa şayet, çeşitli stok maliyet unsurları arasında optimal bir dengeyi gözetmeleri gerekir. İşletmeler stok politikalarına, büyüklüklerine, faaliyet alanlarına, üretim tiplerine ve mali yapılarına göre belirlemiş oldukları stok sistemlerini kullanırlar. Bu sistemler basit yapılarda olduğu gibi olasılıklara dayalı komplike modelleri içeren ve bilgi işlem desteği ile çalışabilen kantitatif metodlar da olabilmektedir. Firmalar kendi işletme yapılarına uygun olan stok sistemini seçmelidirler. Bu seçim yapılırken personel, bilgi akış sistemi, makine, araç gereç durumu ve depo kapasiteleri gibi faktörler göz önüne alınmalıdır.

İyi bir stok kontrol sisteminin bir işletmeye sağladığı faydalar (Öztürk, 2002, s.643) ;

- daha düzgün bir üretim akışı,
- daha düşük düzeyde stok bulundurulması ve stoka daha az sermayenin bağlanarak bu şekilde finansal etkinliğin sağlanması,
- yüksek bir servis düzeyi ile müşteri memnuniyetinin artması,

- elde bulundurma maliyetine ek olarak diğ er masraflarda da düş üş lerin yaşanması,
- işletme içinde koordinasyonun oluşturulması ile birimler arası iletişimin geliştirilmesi,
- malzeme ve ürünlerde yaşanabilecek kayıp ve firelerin azalması,
- tedarik ve satış maliyetlerinin azalması,
- muhasebe kayıtlarını kullanılmak üzere tam ve doğru bilgilerin elde edilmesi,

şeklinde özetlenebilir.

Stok kontrol sistemleri içerisinde belli başlı olanları sırasıyla tanıyalım.

1.5.1. Gözle Kontrol Sistemi

Bu yöntemde stoklar periyodik olarak tecrübe sahibi bir personel tarafından gözden geçirilir. Memurun tecrübesine dayanarak, stok miktarı belirli bir düzeyin altına düştüğü anda sipariş verilir (Kobu, 2006, s.250). Az sayıda ürünü bulunan ve küçük ölçekli, özellikle perakende satış mağazası türündeki işletmelerin kullanabileceği bu sistem hem pratik hem de ucuzdur. Stok konusunda alınan kararlar, sorumlunun subjektif değer yargılarına bırakıldığından hataların olması da muhtemeldir. Stokların depolara belirli bir sistematik içerisinde yerleştirilmesi ve tüketim hızı, tedarik süreleri gibi faktörlerde oluşabilecek değişimlerin iyi bir şekilde takip edilerek uygun zamanda müdahalelerin yapılması gerekir.

1.5.2. Çift Kutu Sistemi

Bu sistemde depodaki her malzeme kabaca iki kutuya ayrılır ve orda tutulur. Büyük kutu boşalınca kadar içindeki malzeme kullanılır. Büyük kutu dibinde tekrar malzeme siparişi için bir talep formu bulunur. Bu form doldurularak yenileme talebi gönderilir ve ihtiyaç olunan miktar ikinci kutudan alınarak karşılanır. Küçük kutuda yeni malzeme gelene dek talebi karşılayacak malzemeye ek olarak herhangi arıza bir sebepten ötürü teslimatın gecikmesinden kaynaklanabilecek malzeme yokluğuna karşı da fazladan bir tampon stok tutulur. Stok yenilediğinde tekrar talep formu birinci kutuya konar ve ikinci kutudan başlanarak her iki kutu da doldurulur

(Doğruer, 2005, s.262). Bu sistemde kayıt tutulmayarak maliyetten kazanç sağlanmaktadır.

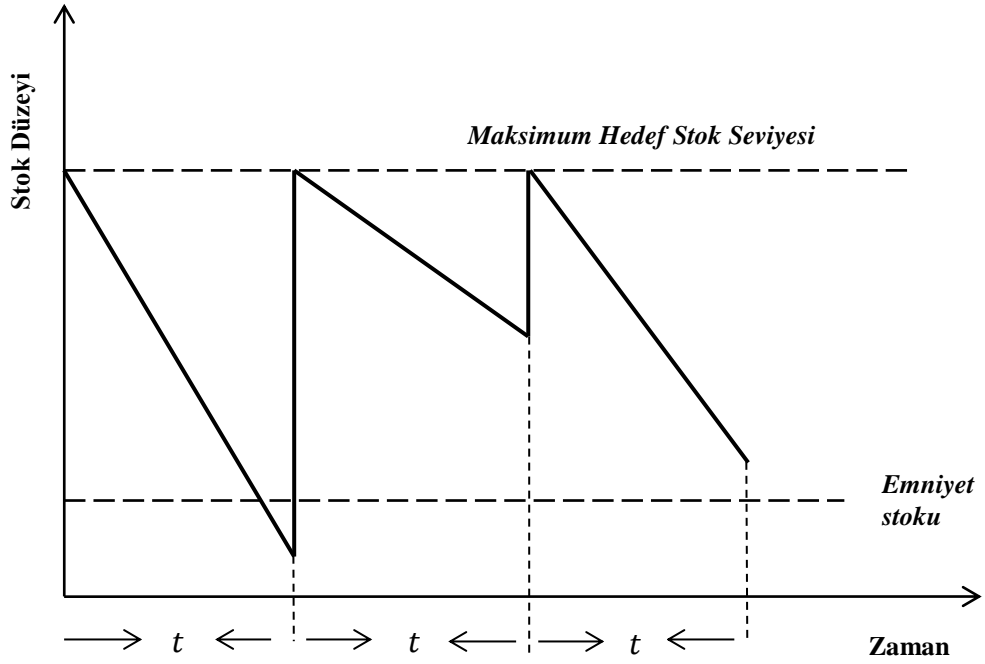
Çift kutu sistemi basitliği ve sakıncaları bakımından gözle kontrol sistemine benzemektedir. Her iki yöntem de birim değeri düşük, küçük ölçekli ve az sayıdaki stok kalemleri ile çalışan firmalarda kullanılır.

1.5.3. Sabit Sipariş Periyodu (Periyodik Gözden Geçirme – P) Sistemi

Sabit sipariş periyodu sisteminde mevcut stok düzeyi belirli aralıklarla gözden geçirilerek stok düzeyi tespit edilir ve belirlenen maksimum hedef stok seviyesine ulaşacak miktarda sipariş verilir. Sipariş miktarları tüketim hızına bağlı olarak farklılık gösterirken, sipariş dönemleri arasındaki süre ise sabit olmaktadır. Bu sistem genellikle çok sayıda ve farklı stok kalemleri bulduran firmalar tarafından kullanılmaktadır.

P sistemi olarak da bilinen bu yöntemde gözden geçirme arası süre ve hedef stok düzeyi olmak üzere iki karar verilir. Gözden geçirme arası süre, optimal maliyeti veren ekonomik sipariş miktarı için siparişler arasındaki ortalama süre olarak belirlenir. Talebin değişken olmasına bağlı olarak bazı siparişler ekonomik sipariş miktarından küçük, bazıları ise büyük olacaktır. Uzun dönemde ise ortalama parti büyüklüğü ekonomik sipariş miktarına eşit olacaktır (Krajewski ve Ritzman, 2002, s.616).

Sabit sipariş periyodu sisteminde sipariş verildikten sonra büyük bir talep ile karşılaşılınca stok dışı kalma riski ortaya çıkmaktadır. Siparişlerin belirli aralıklarla partiler halinde verilmesi işletmeye tasarruf imkânları sunar. Ancak tasarruflar yanında stok yokluğunda karşılaşılan gelir kaybını, işletmeler iyi bir şekilde analiz etmelidir. Sabit sipariş periyodu sistemi stok dışı kalma riskinin daha sonra incelenecek olan sabit sipariş miktarı sisteminden yüksek olması nedeniyle daha büyük oranda emniyet stoku buldurmamayı gerekli kılmaktadır.



Şekil: 1. Sabit Sipariş Periyodu Sistemi Yapı Unsurları

Şekil:1.' den de görüleceği üzere sipariş arası süreler (t) eşit olmakla beraber verilen sipariş miktarı (Q) gözden geçirme anında belirlenen stok düzeyi ile hedef stok seviyesi arasındaki fark kadar olmaktadır. Bir başka deyişle verilen sipariş miktarları sabit nitelikte değildir. Teslimatlar arası sürede oluşabilecek aşırı talepleri karşılamak adına da bir miktar emniyet stoku fazladan bulundurulmalıdır.

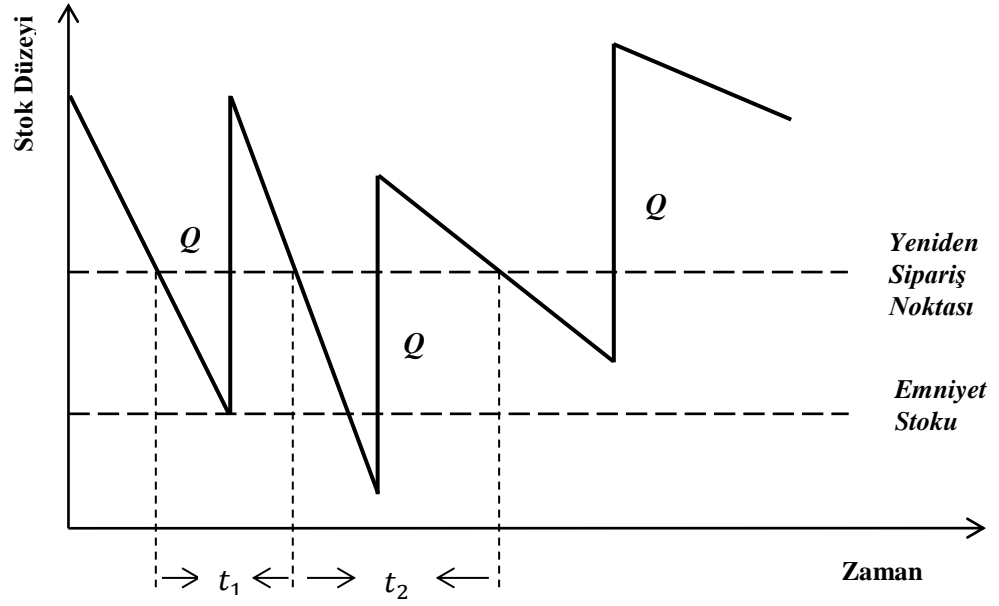
1.5.4. Sabit Sipariş Miktarı (Sürekli Gözden Geçirme – Q) Sistemi

Sabit sipariş miktarı sisteminde sipariş miktarı (Q) sabit iken sipariş arası süre (t) değişmektedir (Şekil: 2.). Stok önceden tespit edilmiş düzeye indiğinde toplam stok maliyetini minimum kılacak şekilde sabit miktarda sipariş verilmektedir. Siparişin verileceği stok düzeyine yeniden sipariş noktası denmektedir.

Yeniden sipariş noktası tedarik süresi boyunca ortalama talebi karşılayacak olan stok miktarıdır. Tedarik süresi boyunca talebin, değişken ve belirsiz olması durumunda yeniden sipariş noktası aşağıda gösterildiği şekilde ifade edilecektir:

$$\text{Yeniden Sipariş Noktası} = \text{Tedarik Süresi Boyunca Ortalama Talep} + \text{Emniyet Stoku}$$

Emniyet stokunun varlığı sipariş noktasının büyümesine yol açarken, stok dışı kalma olasılığını azaltmaktadır. Emniyet stoku miktarı belirlenirken hizmet düzeyi ile elde bulundurma maliyeti arasındaki karar dikkate alınmalıdır. Emniyet stoku düzeyi hizmet düzeyinin seçimine bağlıdır (Krajewski ve Ritzman, 2002, s.612). Hizmet düzeyi stok yokluğuna düşmemenin sayısı veya oranıdır.



Şekil: 2. Sabit Sipariş Miktarı Sistemi Yapı Unsurları

1.5.5. Maksimum – Minimum Stok Sistemi

Maksimum – minimum stok sistemi sabit sipariş periyodu ve sabit sipariş miktarı sistemlerinin bazı özelliklerinin birleştirilmesiyle oluşturulan bir yöntemdir. Arzu edilen maksimum ve minimum stok seviyesi önceden belirlenir ve mevcut stoklar belirli aralıklarla kontrol edilerek stok düzeyi önceden belirlenmiş olan minimum düzeyin altına indiği takdirde sipariş verilmektedir. Bu sistem belirli varsayımlar altında çalışmaktadır; stok tüketim oranı sabit ve tahmin edilebilir nitelikte olmalı ve siparişler, partiler halinde bir anda teslim alınmalıdır.

Maksimum – minimum stok sisteminde işletmenin belirli bir stok kalemi için üç esası önceden saptaması gerekir (Demir ve Gümüőođlu, 2009, s.498). Bu esaslar:

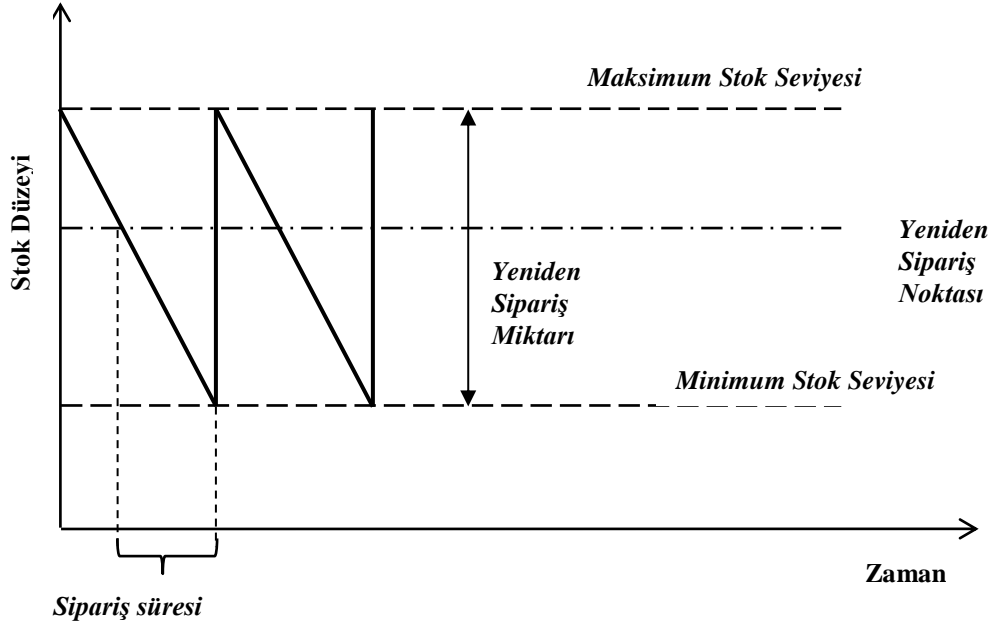
- Elde bulundurulmak istenen minimum stok miktarı,
- Yeniden sipariş miktarı,
- Yeniden sipariş noktasıdır.

Yeniden sipariş noktası (YSN) eşitliğine, sabit sipariş miktarı sistemindeki eşitliğe ek olarak minimum stok miktarı faktörü de eklenmektedir. Bu eşitlik:

Yeniden Sipariş Noktası = Minimum Stok Miktarı + (Sipariş Süresi x Tüketim Hızı),
şeklindedir.

Maksimum – minimum stok sistemi için minimum, ortalama ve maksimum güvence temeline göre politikalar belirlenir. Sipariş miktarının belirli periyotlarda kullanılan miktarlar içinde en küçüğünün tercih edildiği minimum güvence temeli metodunda, sipariş süresi için ise tedarik süreleri içinden en az olanı seçilir ve bu süreye yetecek kadar mal kaldığında sipariş verilir. Maksimum güvence temeline dayanan politikalarda periyot değerleri içinde en büyük olan sipariş miktarı seçilir ve sipariş süreleri arasından en uzun olanı belirlenerek bu süreye yetecek olan stok miktarına ulaşıldığında sipariş verilir. Ortalama güvence temeline dayanan politikalarda ise diğer iki yöntemin sentezinden oluşan karar unsurları kullanılmaktadır. Belirlemiş olduğumuz servis düzeyine göre değinilen üç politikadan biri seçilerek stok kontrol sistemi oluşturulur. Örnek olarak yüksek servis düzeyi ve buna istinaden düşük bir risk yüzdesi ile çalışmak isteyen bir firma maksimum güvence temeline dayalı politikaları tercih etmelidir.

Stok tüketim oranının sabit olması ve siparişin tamamının bir defada teslim edilmesi durumunda bu sistem Şekil: 3.' te olduğu gibi gösterilir.



Şekil: 3. Maksimum-Minimum Stok Sistemi Yapı Unsurları

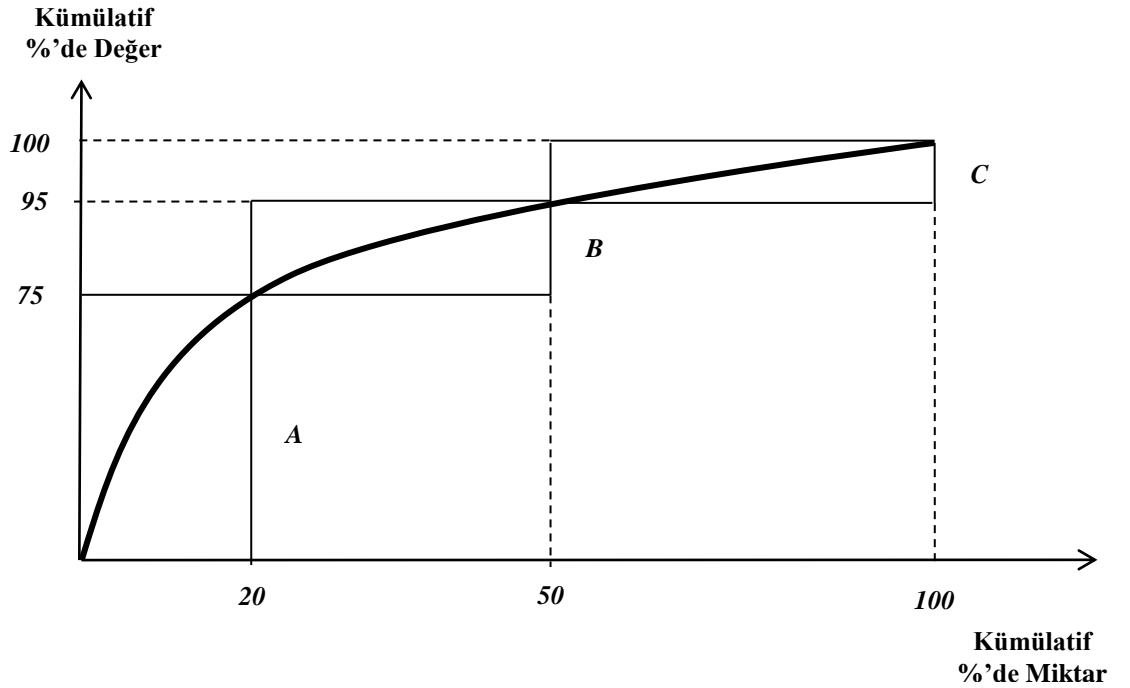
1.5.6. ABC Yöntemi

ABC yönteminin temelini oluşturan prensip ilk olarak General Electric firması araştırmacılarından H. Ford Dickie tarafından ortaya atılmıştır. ABC prensibi stok kontrolün yanı sıra; satış ve dağıtım, kalite kontrolü, mamul çeşidi, malzeme tedariki ve üretim planlama sorunlarında da başarı ile uygulanma olanağı bulmuştur. Stok kontrolünde ABC yöntemi, stok kalemlerinin, toplam içindeki kümülatif yüzdelere göre sınıflandırılmasından ibarettir (Kobu, 1979, s.252). Bir başka deyişle bu yöntemde stoklar miktar ve değerlerine göre yüzdeler halinde gruplandırılır ve grupların stok değişimi takip edilir. Bu şekilde her stok kalemi önem ve kontrol derecelerine göre kategorilendirilip sıralanır. Önem derecesi yüksek olan kategorideki stoklar sıkı kontrole tabi tutulur. Ayrıca kategori içindeki kritik öneme sahip stok kalemlerinin de daha sıkı kontrol edilmesi gerekir.

Şekil: 4.' te de görülebileceği gibi A grubu stok kalemleri toplam stok miktarın % 20' sini, toplam stok yatırımlarının %75' ini oluşturmaktadır. B grubu stok kalemleri toplam stok miktarının %30' unu, toplam stok yatırımlarını %20' sini

oluşturur. C grubu stok kalemleri ise toplam stok miktarının %50' sini, toplam stok yatırımlarının ise %5' ini oluşturur.

A grubu stoklar yüksek değerli stok, B grubu stoklar orta değerli stok ve C grubu stoklar düşük değerli stok olarak tanımlanarak kontrol sistemi oluşturulmaktadır (Gaither, 1992, s.436). Yüksek değerli stokların maliyeti yüksek olduğundan az miktarda bulundurulması kontrolünün sıkılaştırılması gerekliken düşük değerli stokların ise fazla tüketildikleri ve maliyetlerinin de az olması hasebiyle bol miktarda bulundurulması gereklidir. Ayrıca düşük değerli malların kontrolü de gevşetilmelidir. A grubu stokların kayıt türü detaylı bir şekilde yapılmalı ve stoklar sürekli gözden geçirilmelidir. B grubu stokların orta düzeyde kontrolünün sağlanması ve stokların ara sıra gözden geçirilmesi yeterlidir. C grubu stoklarda ise basit bir kayıt sistemi ve nadiren yapılan gözden geçirmelerle kontrolü sağlanabilir.



Şekil: 4. ABC Yönteminde Stok Kalemlerinin Yüzdeleri

1.6. Stokların Bulundurulma Nedenleri ve Yararları

Arz ve talep unsurlarının eşgüdümlü olarak hareket etmemelerinden ötürü, bunun farkında olan ve faaliyetlerinin aksamamasını isteyen firmalar, optimal düzeyde stok tutmalıdır. Daha açık ifade etmek gerekirse, gerekli olan stok miktarını ani bir talep anında temin etmenin fiziksel ve ekonomik olarak imkânsız olması nedeniyle stok tutmak zorunluluk haline gelmektedir (Doğruer, 2005, s.246). Stok tutmanın asıl nedeni de bu olmaktadır. Stokların yararları şu şekilde sıralanabilir:

- Tüketim hızının sabit olmadığı dönemlerde stoklar, oluşan ani talebi karşılamak için kullanılırlar. Bir başka deyişle stoklar, arz ve talep unsurları arasında tampon görevini üstlenirler (Gençyılmaz, 1988, s.10).
- Firmalar piyasada fiyatların yükseleceği yönde bir sinyal aldıklarında spekülatif amaçlı hareket ederek uygun fiyat dönemlerinde gereğinden fazla stok tutma yoluna giderek olası zararlardan kendilerini korurlar.
- İmalat sektöründe faaliyet gösteren firmalarda herhangi bir sebepten ötürü üretimin aksaması, sipariş teslimatlarının gecikmesi anlamına gelecektir. Elde stok bulundurulduğu takdirde olası gecikme ve satış kayıplarının önüne geçilecektir. Stoklar bu şekilde üretim ve dağıtım aşamaları arasındaki bağımlılığı azaltır.
- Malzeme ve parça yokluğu yüzünden iş istasyonları arasındaki yığılmaların önüne geçilir (Kobu, 1979, s.240).
- Özellikle hammadde tedarik sürelerinde gecikmelerden ötürü üretimin aksamasına engel olurlar. Tedarik süreleri değişkenlik gösteren piyasalarda faaliyette bulunan firmalar, tampon stok tutarak olası zararlardan korunmuş olurlar.
- Stok bulundurularak olası bir gecikme ile talebin karşılanamaması riskinin önüne geçilir ve bu şekilde müşteri memnuniyeti sağlanır. Bu aynı zamanda firmaya prestij kazandırır ve müşteriler için tercih sebebi olur.
- Stoklar üretim araçlarının ve iş gücünün rasyonel şekilde kullanılmasına imkân verir. Üretim hızını değiştirmeden, talebin fazla olduğu dönem

için talebin az olduğu dönemde stokların biriktirilmesi, istihdamın ve üretim araçlarının sürekli çalışmasına imkân verir.

- Sipariş işlemlerinin her birinin belirli maliyetleri vardır. Firmalar talep olduğu anda sipariş vermek yerine büyük miktarlarda ve aralıklı olarak sipariş verme yoluna giderek tedarik maliyetlerinden tasarruf etmiş olurlar.
- Stoklar, firmanın ürününe yönelik talebin tahmininde yapılması muhtemel hataların doğuracağı zararı azaltır. Tahmin edilen talep değerlerinde yaşanacak olan hataların önüne geçmek için elde bulundurulması gereken stokun mali yükü, hatadan dolayı yaşanacak gelir kaybından az olması gerekir.
- Stok bulundurmamak stok dışı kalma riskini ve bundan kaynaklanabilecek maliyet yükünü azaltacaktır. Taahhüt edilmiş ve sözleşmesi hazırlanmış bir siparişin zamanında teslim edilmemesi ile ödenecek tazminatın, stok bulundurarak önüne geçilmiş olunur.

Belirtilen yararları ve bulundurma nedenlerine göre stokları genel anlamda üçe ayırmak mümkündür (Magee ve Boodman, 1967, s.22-23). Bunlar:

- Parti halinde büyük miktarlarda alınması hasebiyle maliyetlerin azalmasını ve tasarruf edilmesini sağlayan stoklar,
- Dalgalanma stoku diye ifade edebileceğimiz talepteki ve tedarik sürelerindeki değişimlerden dolayı oluşabilecek zararı absorbe eden stoklar,
- Firmanın üretim kapasitesini değiştirmeden öngörülen talep miktarlarındaki artışları karşılamak adına elde tutulan, öngörü stokları.

Stokların gereğinden fazla bulundurulması belli sakıncaları da beraberinde getirmektedir. Öncelikle firmalar stok bulundurmaktan ötürü belirli maliyetlere katlanmak zorunda kalırlar. Bunun yanında eskime, modası geçme, bozulma, zarar görme, sigortalama gibi değer kayıplarını ve masrafları da unutmamak gerekir. Ayrıca stoklara yatırılan sermayenin de alternatif bir maliyeti vardır. Stoklara ayrılan kaynaklar başka bir yatırımdan elde edilecek kazançtan vazgeçmek anlamına

gelecektir. Tüm bu saydığımız hususlar bağlamında firmalar kar-maliyet analizlerini yaparak kendileri için en uygun stok düzeyini belirlemelidirler.

2. BÖLÜM

DİNAMİK PROGRAMLAMA VE ÇOK AŞAMALI STOK KONTROL SÜREÇLERİ

2.1. Giriş

İşletmeler çoğu zaman periyodik olarak birbiriyle ilişkili sıralı kararlar almak zorunda kalırlar. Sözelimi herhangi bir dönemdeki üretim veya stok miktarı bir önceki dönemdeki üretim veya stok miktarına bağlı olacaktır; firmalar bir önceki dönemde fazla üretim yapıp, stoklarında belirli miktarlarda ürün bulunduruyorsa sonraki dönemde üretim ve stok maliyetlerini düşürmek adına bu üründen daha az üretme kararı alacaklardır. Belirli planlama dönemlerinde tekrar eden kararların aynı anda hesaplanmasında dinamik programlama tekniği kullanılmaktadır. Birbiriyle ilişkili bir dizi kararın alınmasını gerektiren çok aşamalı problemlerde değişkenlerin toplu halde göz önüne alınarak çözülmesi zorluklar çıkarmaktadır. Bu gibi durumlarda dinamik programlama tekniğinden yararlanılarak genel problem küçük alt problemlere ayrıştırılır, alt problemler için en uygun çözümler aranır ve bu çözümlerin birleştirilmesiyle de bütün problem adına en iyi çözümün bulunması sağlanır.

Rekabetçi pazar, belirsizlikler ve ekonomik gelişmeler yöneticilerin planlanma hususunda sıkıntılar çekmesine yol açarken, dinamik programlama zaman içinde değişen koşulların, alınan kararlara etkisini minimize ederek uygun stratejilerin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır.

Dinamik programlama üretim yönetimi, stok kontrolü, satın alma, yatırım ve kaynak dağıtım gibi farklı türde olan işletme sorunlarına uygulanabilecek bir tekniktir. Dinamik programlamanın standart bir matematiksel formülü yoktur ve bu şekilde doğrusal programlamadan ayrılmaktadır. Dinamik programlama hesaplama yöntemi açısından genel bir optimizasyon tekniğidir.

Çok sayıda karar değişkeninin bulunduğu stok problemlerini ardışık küçük problemlere bölerek çözmek için dinamik programlama tekniğinden yararlanılır. Dinamik programlama modellemelerinde zaman değişkeni açık olarak ele alınabildiğinden, n dönemdeki birbirini izleyen üretim ve stok kararlarının alınabilmesi hesaplama açısından daha kolay olmaktadır.

2.2. Dinamik Programlamanın Tanımı ve Genel Bir Değerlendirme

Dinamik programlama tekniği, 1940' lı yılların sonlarında A. Wald gibi bazı istatistikçilerin aralıklı karar konusunda yaptıkları çalışmalar neticesinde ortaya atılmış olup, 1957 yılında Richard Bellman ve RAND Corporation' daki meslektaşları tarafından çok aşamalı problemlere en iyi çözümü bulma yöntemleri olarak yaptıkları çalışmalarla geliştirilmiştir. Bellman' ın yanı sıra Howard, Dreyfus, Nemhauser ve Jacobs gibi araştırmacıların da dinamik programlamaya katkıları ve bu konuda yazılmış eserleri vardır (Özkan, 2005, s.150).

Dinamik programlama, çok yaygın kullanım alanı olan yineleme denklemi ile en iyileme (optimizasyon) yapan kantitatif bir analiz tekniğidir. Geçiş fonksiyonları ile yapılan optimizasyon, problem çözümünün bir önceki aşamadan alınan bilgilerin, sonraki aşamalara girdi sağlaması ile aşama aşama yapıldığı anlamını taşımaktadır. Dinamik programlamanın özünü oluşturan ve Bellman prensibi olarak da bilinen optimalite ilkesi problemlerin aşamalara ayrıştırılarak yineleme ya da geçiş fonksiyonları dediğimiz bağıntılar aracılığı ile aşamalar halinde en uygun halde çözülmesidir. Optimizasyon ile amaçlanan husus, kısıtlayıcı koşullar altında problemle ilgili karar değişkenin, belirli bir amaç fonksiyonunu en çoklayacak ya da en azlayacak değerlerinin bulunmasıdır.

Dinamik programlama, biri diğerini izleyen, etkileşim içindeki, çok aşamalı ve çok sayıda karar değişkeni olan problemleri, ardışık küçük sorunlara bölerek çözmek için geliştirilmiş kantitatif bir yöntemdir (Kara, 1986, s.191). Zaman değişkeni kullanılarak ardışık kararların alınması dinamik adını verilmesine vesile olmuştur. Ayrıca ardışık kararların alındığı aşamalar zamanla ilgili olabileceği gibi, bazı durumlarda başka değişkenler cinsinden de olabilir. Sıralı kararların alınması

her aşamanın bir önceki aşamalarla sıralı ilişkiler içinde olduğunu göstermektedir. Her bir aşamada yapılan çözümler yalnız başına problemin bir çözümü değil, ancak optimal çözümün bir parçasını olarak belirli bilgiler vermektedir (Shamplıng ve Stevens, 1967, s.365). Bir başka ifade ile bir önceki aşamanın çıktı değerleri, bir sonraki aşamanın girdi değerleri olacak şekilde optimum çözüme katkıda bulunmaktadır.

Dinamik programlama çok değişkenli problemleri aşamalara ayrıştırarak, her aşamayı tek değişkenli bir alt problem haline sokar ve çözüme bu şekilde ulaşır. Bu sayede çözüm için yapılan hesaplamalar daha basit hale gelir. Dinamik programlama yöntemi çözümlenmeleri aşamalar halinde yaptığı için çok aşamalı programlama olarak da bilinir.

Dinamik programlama yönteminde amaç, ardışık ve birbirlerini etkileyen alt problemler için ayrı ayrı optimum karar sonuçlarını bulup, bulunan bu sonuçları toplayarak problemi sonuçlandırmak değil, asıl problem için optimum sonucu verecek şekilde alt problemler için en iyi kararı bulmaktır. Bir başka ifade ile bazı hallerde alt problemlerde en iyi olmayan karar, gerçek problem için optimum sonucu sağlayan karar olmaktadır. Dinamik programlamanın özünü oluşturan optimalite prensibi de tam da bunu ifade etmektedir.

Dinamik programlama çözüm yöntemi olarak, ilk çözüme problemin son aşamasından başlayıp her defasında bir önceki aşamaya geçerek “geriye doğru en iyileme” şeklinde olabileceği gibi, problemin ilk aşaması birinci aşama olarak ele alınıp, her defasında izleyen aşamalara geçerek “ileriye doğru en iyileme” şeklinde de olabilir (Doğan, 1995, s.512).

Dinamik programlama tekniğinin en büyük dezavantajı tüm problemler için uygun standart bir model oluşturamamasıdır. Her problem kendi içinde formüle edilme gücünü taşımaktadır. Bir başka ifade ile genel bir algoritmanın kullanılmasıyla tüm problemlerin çözüme kavuşturulması pek mümkün olmamaktadır. Ele alınan her problem için problemin yapısına uygun eşitlikler geliştirilmelidir. Bu da belirli bir düzeyde görüş yeteneği ve tecrübe

gerektirmektedir. Ancak çeşitli sorunlar için geliştirilmiş örnek biçimler mevcuttur. Bunlar (Özkan, 2005, s.161):

- Bölüştürme süreçleri,
- Çok dönemli süreçler,
- Yörünge ağı süreçleri,
- Çok aşamalı üretim süreçleri ve çok aşamalı stok planlamaları,
- Geri besleme kontrol süreçleri,
- Markov kararları süreçleri.

Dinamik programlamanın ekonomik süreçler içerisinde yaşanan problemlere çözüm üretmek adına çok önemli faydaları vardır. Bu tekniğin en çok uygulandığı işletme problemleri şu şekilde sıralanabilir (Tütek ve Gümüšoğlu, 2000, s.348):

- Yeniden sipariş kurallarının belirlenmesinde zaman ve nicelik değişkenlerinin saptanması,
- Değişen talep koşullarında üretim programlaması ve istihdam düzeyi,
- Pahalı araç ve gerecin etkin biçimde kullanımı garantilemek üzere yedek parça düzeyinin belirlenmesi,
- Yeni alanlara kaynak dağılımını yapan sermaye bütçelemesi,
- Yapılanları halka geniş ölçüde tanıtılabilmek için reklam araçlarının seçimi,
- Kıymetli bir kaynağın bulunmasında sistematik bir aramanın yapılması,
- Karmaşık makinelerin bakım ve onarımının programlanması,
- Eskiyen makine ve donanımların yenilenmesi için uzun dönem stratejilerinin belirlenmesi,
- Çeşitli makineler için kesme kalıplarının belirlenmesi.

Dinamik programlamanın en çok uygulandığı problemler; stok planlama, üretim planlama, kaynak dağıtım, yatırım, yenileme, ulaştırma gibi işletme karar sorunları sayılabilir.

Dinamik programlama yöntemi, problemleri olasılıklı değişkenlerle çözmeye çalışır. Fakat bu çalışmada tam belirlilik altındaki stok problemlerinin çözümü için kullanılan çok aşamalı programlamaya değinilecektir. Üretim ve stok politikası kararları kısa dönemde, sonlu süreçleri ilgilendirdiğinden deterministik dinamik programlama tekniği daha sık kullanılma imkânı bulmaktadır.

2.3. Optimallik Kuramı (En Elverişli Olma Prensibi)

Dinamik programlama yönteminin temelini oluşturan bu kuram ilk kez Richard Bellman tarafından ortaya atılmıştır. Sonrasında Bellman eşitliği (optimallik eşitliği veya dinamik programlama eşitliği) olarak da isimlendirilen optimallik kuramı, dinamik programlamada (matematiksel optimizasyon metodu) optimalliğe ulaşmak için gerekli şarttır (Karayalçın, 1979, s.243).

Bu kurama göre: “ Bir optimal politikanın özelliği, başlangıç durumu ve başlangıç kararları ne olursa olsun geri kalan kararlar, ilk verilen kararların sonucuna göre optimal bir politika oluşturur” (Teichrow, 1975, s.25; Jakson ve Zerbe, 1968; s.402). Önceki karar yanlış dahi olsa sonraki aşmalarda alınacak doğru kararlar neticesinde optimal politika elde edilebilir. Bu prensip basit olmakla beraber dinamik programlamanın esasını oluşturur. Temel fonksiyon tanımlamaları bu prensipten hareketle belirlenir.

Dinamik programlamada optimal politikalar, alt optimal politikalarından meydana gelir ve her bir alt politika, bir evvelki ve bir sonraki en yakın alt politikalara bağlı olmaktadır. Bu şekildeki bütüncül bir politika için şunu söylebiliriz: Optimal bir politikanın her türlü alt politikası da optimaldir. Mevcut durumda, kalan aşamalara ait optimal karar daha önce verilen karar veya ulaşılan durumdan bağımsızdır.

2.4. Dinamik Programlama Metodunda Kullanılan Kavramlar

Aşama, durum, getiri, kabullenilen süreçler, geçiş fonksiyonları, karar ve optimal politika olarak bilinen önemli kavramları sırasıyla tanıyalım.

2.4.1. Aşama

Dinamik programlama yönteminin hesaplamalarını kolaylaştırmak adına, ilgili problemin alt problemlere ayrıştırılarak aşamalar haline getirilmesidir (Taha, 2007, s.406). Çok aşamalı bir karar probleminde, karar verilmesi gereken noktalar olarak da ifade edilebilir. Karar verilmesi gereken her alt problem bir aşamaya denk gelmektedir. Karar probleminin bir parçası olan aşama, kararların verilmesinde ve verilen kararların düzenlenmesinde kullanılmaktadır (Lew ve Mouch, 2007, s.11). Karar verici, her aşama sonunda gelecek aşamada kullanacağı politikayı, bulunduğu aşamanın en iyi kararını seçerek belirler.

Aşama sayısı sürecin uzunluğuna bağlıdır. Aşama yapısını belirleyen en önemli özellik, sürecin kesikli veya sürekli olmasıdır. Tamsayılarla ifade edilen kesikli bir süreç söz konusu olduğunda aşama değişkeni de kesiklidir (White, 1969, s.26). Sürekli bir süreçte aşama tanımlaması yapmak, uygulama açısından bazı güçlüklerle sebep olmaktadır. Aşamalar zaman faktörü cinsinden olabileceği gibi problemin türüne göre değişkenlik gösterebilir.

2.4.2. Durum

Durum değeri, sistemin mevcut durumundan başlayarak özel bir yol izlendiğinde ortaya çıkan getirilerin bir fonksiyonudur (Winston, 2010, s.1052). Bir aşama ve onu izleyen aşamalara dağıtılan kaynak olarak da izah edilebilir. Herhangi bir aşamadaki sürecin koşulu olarak da tanımlanan durum kavramı ile incelenen konunun içerdiği tüm bilgiler ve sınırlamalar anlatılır. Sistemin durumu aşamalar arasındaki bağıntıyı belirler ve her aşama ayrı ayrı optimize edildiğinde, elde edilen sonuçlar tüm problem için uygun kararın alınmasında önemli rol oynar.

Durum kavramı mutlak bir kavram olmayıp, analizin özelliğine bağlıdır. Herhangi bir stok problemi için stok düzeyi, üretim problemi için üretim düzeyi gibi unsurlar, herhangi bir aşamanın durumunu gösterebilir. Bunun yanı sıra herhangi bir aşamadaki durum, daha önceki aşamalarda verilen kararların bir sonucudur (Sezen, 1998, s8). Durum değişkeni sürekli veya kesikli olabilir. Yine bazı hallerde durum

betimlemesi ölçülebilir olabileceği gibi nitelik belirten veya hem nitel hem de nicel karakterli türden de olabilir (White, 1969, s.23).

Durum değişkeninin kolay tanımlanması için herhangi bir yol olmamakla beraber aşağıdaki soruların cevaplandırılması ile tanımsal ipucu elde edilebilir (Özkan, 2005, s.152):

1. Aşamaları birbirine bağlayan ilişkiler nelerdir,
2. Önceki aşamada alınan kararların uygunluğu kontrol edilmeksizin mevcut aşama için uygun karar vermede hangi bilgilere ihtiyaç vardır.

2.4.3. Getiri ya da Ödül

Bir aşamadan diğerine geçildiğinde elde edilen veya ortaya çıkan kazanç ya da kayıplara denir. Dinamik programlamada sistemin başlangıç aşamasından son aşamasına doğru ilerlerken elde edilen ya da beklenen kazançlar, toplam getiridir. Burada amaçlanan husus beklenen kazançları optimize etmek, yani en iyilemektir (Özkan, 2005, s. 153).

2.4.4. Kabul edilen Süreçler

Tam olmayan bilgi ve bunun yanı sıra aşama, durum ve getiri gibi hususlar kabul edilen süreçlerdir.

2.4.5. Karar

Herhangi bir süreçte aşamaları tamamlama ile ilgili seçenekler arasından bir seçim yapılması işlemine karar denmektedir.

Belirli bir durum ve aşamada verilen karar, sürecin hem durumunu hem de aşamasını değiştirir. Dolayısıyla her karar, geçerli durumdan bir sonraki aşamaya bağlı olan duruma geçişi etkiler. Çok aşamalı bir karar süreci aşamalara ayrıldıktan sonra her aşama için geçerli olacak bir yineleme (geçiş) fonksiyonu oluşturulur. Her aşamada karar verme süreci, o aşamanın seçeneklerinden birinin seçimi ile sonuçlanır. Aşama kararı dediğimiz durum böylece ortaya çıkar. Ayrıca herhangi bir

aşamadaki karar optimal ise bu karar, probleminin optimal çözümünün bir parçası olarak kullanılabilir (Sezen, 1998, s.9).

2.4.6. Optimal Politika

Problemin her bir aşamasındaki bütün durumlar için optimal politika, kararların alınabilmesini içeren bir yol haritasıdır. Başka bir ifade ile optimal politika, sürecin her bir aşaması için, verilen kararın bir sırasıdır. Çözüm bir aşamadan diğerine sıra önceliğine göre gidilerek elde edilir ve son aşamaya erişildikten sonra her parametre için değerler belirlenerek işlem tamamlanır. Böylece en uygun politika belirlenmiş olur.

2.4.7. Geçiş Fonksiyonu (Dönüşüm Denklemleri-Yineleme İlişkisi)

Dinamik programlama yaklaşımında, her aşamanın karar probleminin çözümüyle, biri diğerini izleyen kararlarda uygulanmakta olup, tüm aşamalarla birlikte, başlangıç karar probleminin en uygun çözümünü veren fonksiyonel bağlantılar ile bir optimizasyon tekniği bulunmaktadır. Burada ismi geçen fonksiyonel bağlantılar her bir aşamada tekrarlanan ve çözümü en uygun karara götüren yineleme sürecidir.

Her aşamanın mevcut durumları için verilecek karara göre, bu aşamayı izleyen veya daha önceki aşamanın hangi duruma gidebileceğini belirleyen ilişkilere geçiş fonksiyonları denmektedir (Kara, 1986, s.202).

Buraya kadar anlatılanlardan yola çıkarak dinamik programlamanın genel formülünü, getiri fonksiyonunu oluşturarak çıkartmaya çalışalım (Özkan, 2005, s.154);

- P : Mümkün politikalar seti,
- p : P setinden ortaya çıkan bir politika,
- a : Sistemin içinde olduğu aşama,
- n : Aşamaların sayısı,
- G : Getiri veya ödülü göstermek üzere;

$G_n(a, p)$: “n” aşamalı bir dinamik programlama sürecinde “a” aşamasından başlanarak ve “p” politikası uygulanarak içinde bulunulan aşamada gerçekleştirilen getiri,

$a_1(n, a, p)$: “n” aşamalı bir süreçte sistemin içinde bulunduğu yeni durum ve bir sonraki aşamada, herhangi bir “a” durumunda kullanılacak politika “p”,

$f_n[a_1(n, a, p)]$: Birinci aşama dışında kalan “(n-1)” aşamada ilk yani, a_1 aşamasından başlanarak “p” en iyi politikasının uygulanması ile elde edilen getiri olarak ilişkilendirilebilir.

İşlemler sırasında herhangi bir “n” aşamasında elde edilen optimum, yani en iyi getiri, n’ inci aşama ile geride kalan “(n-1)” sayıdaki aşamanın en iyi getirilerinin maksimum getirisinin toplamıdır.

Amacın maksimize edileceği bir durumda ise;

$f_n(a) = \text{maksimize } p\{ G_n(a, p) + f_{n-1}[a_1(n, a, p)] \}$ ifadesi yazılır ve bu bağıntıya toplam getiri fonksiyonu denir. Toplam getiri fonksiyonu, mevcut kararla elde edilen getiri fonksiyonu $[G_n(a, p)]$ ile, mevcut kararla sonuçlanan daha önceki kararların optimal getiri fonksiyonlarının ($f_{n-1}[a_1(n, a, p)]$) toplamından oluşmaktadır.

Dönüşüm fonksiyonları çözüm yolunun ileriye veya geriye doğru olmasına göre farklılık göstermektedir.

Dinamik programlama tekniğinin temelinde optimalite prensibine dayalı yineleme (dönüşüm) ilişkileri yatmaktadır (Bellman, 1957, s.129). Çözüme gitmeden önce problem yeniden düzenlemeye tabi tutulur ve kullanılacak çözüm yöntemine göre bazı değişkenler üzerinde dönüşüm işlemleri yapılır. Bu dönüşümlerde problem, daha az sayıda değişken içeren alt problemlere ayrıştırılır. Problemin tümünü göz önüne almadan alt problemlerde kararlar alınarak, alt problemler için optimizasyon gerçekleştirilir.

2.5. Dinamik Programlama Türleri

Dinamik programlama problemlerinin ortaya çıkışında, ekonomik süreçlerin incelenmesi önemli bir yer tutar. Bir ekonomik süreç belirli ölçüde rassal (tesadüfi) özellik taşıyabilir ve bu şekilde sürecin denetleme düzeyi de sınırlanmış olur. Buna göre dinamik programlama problemleri, rassallığın bulunduğu durum ve bulunmadığı durum olmak üzere iki kısımda incelenebilir.

Bir sürecin özelliği dönüşüm yani yineleme fonksiyonlarına bağlıdır. Eğer süreçle ilgili dönüşümlerde rassallık varsa stokastik, yoksa deterministik dinamik programlama söz konusu olmaktadır.

Deterministik (belirlenim) dinamik programlamada gelecek aşamadaki durumun ne olacağı şu anki durum ve politika tarafından tamamen bilinir ya da belirlenebilir. Başka bir ifadeyle modelin deterministik olabilmesi için çok aşamalı karar sürecinde, karara etki eden tüm dışsal faktörler tam olarak bilinmelidir (Hillier ve Lieberman, 2001, s.541).

Stokastik (olasılıklı) dinamik programlamada gelecek aşamadaki durum, şu anki durum ve alınan karar doğrultusunda tamamen belirlenemez. Sadece gelecek durumun ne olacağı ile ilgili olasılık dağılımı bellidir. Bu olasılık dağılımı da şu anki durum ve politika kararı tarafından tamamen belirlenir. Çok aşamalı bir karar probleminde iki farklı şekilde rassal değişken söz konusu olabilir. Bunlardan ilki, ilk aşamanın içinde bulunulan duruma göre verilen kararlar, izleyen aşamanın gelecekteki durumunu belirli, ancak içinde bulunulan aşamada elde edilecek katkının olasılıklı olmasıdır (Hillier ve Lieberman, 2001, s.263).

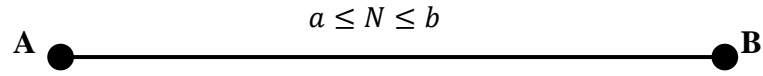
Bir süreçte aşamalar ve durum değerleri sonlu ise çok aşamalı karar süreci de sonludur. Bu durumda seçeneklerin önceden bilinen sonlu değerleri vardır. Şayet bir süreç sonsuz uzunlukta ya da pratik olarak çok geniş ise sürecin sonsuz olduğu söylenebilir (Sezen, 1998, s.12). Bu tür dinamik programlama tekniğine Wagner-Whitin yöntemini örnek olarak verebiliriz. Bu yaklaşımda, dinamik programlama kökenli bir optimizasyon yöntemi kullanılır. Wagner-Whitin yöntemi, her dönemdeki net ihtiyaçları karşılayacak şekilde sipariş verme alternatiflerinin hepsini dener ve

verilen net ihtiyaç çizelgesi için optimum sipariş verme politikasını belirler (Narasimhan, McLeavey ve Billington, 1995, s.122).

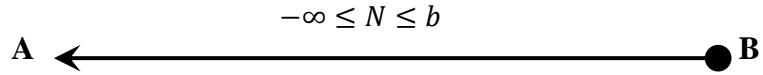
Süreç hakkında hiç bilgi edinilemiyor ya da çok az bilgi edinilebiliyor ise bu bilinmeyen bir süreçtir ve ilgili dinamik programlama modelini formüle etmek olanaksızdır. Bunlardan başka sonlu süreçlerin karar değişkenleri önceden biliniyorsa, bu tür süreçler sonlu bilinen, aksi halde sonlu bilinmeyen olarak adlandırılırlar.

Deterministik ve stokastik dinamik programlama problemleri sonlu ve sonsuz olma durumlarına göre, dört şekilde sınıflandırılabilir. N: Aşama sayısını; a,b: Sınır değerlerini göstermekle beraber simgeler yardımı ile aşağıda gösterildiği şekliyle sınıflandırmaya gidilebilir (Sezen, 1998, s.13);

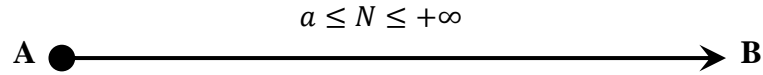
- Her iki tarafı kapalı (limitli) durum,



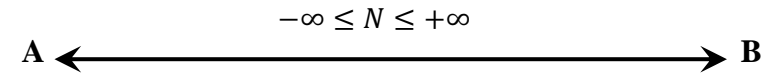
- Sol tarafı açık, sağ tarafı kapalı (limitli) durum,



- Sağ tarafı açık, sol tarafı kapalı (limitli) durum,



- Her iki tarafı açık durum,

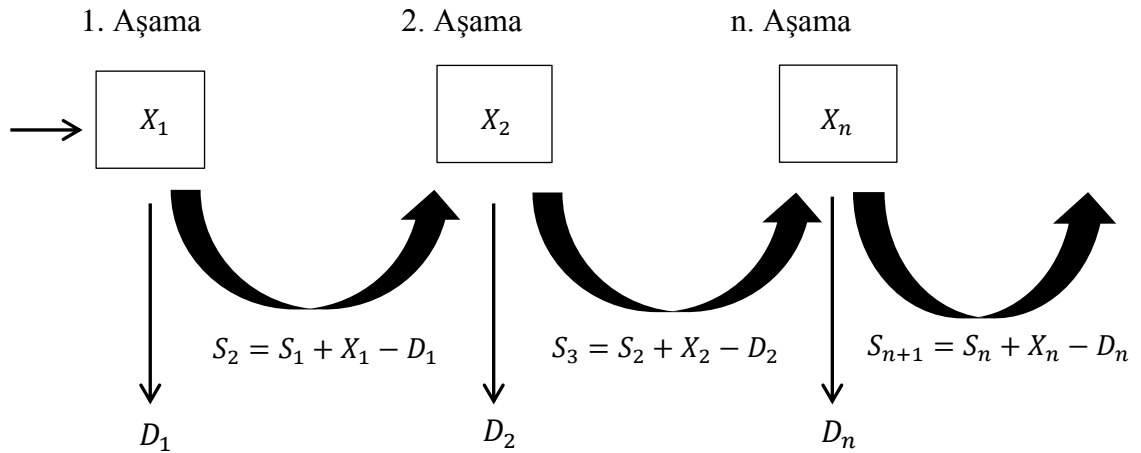


Burada ekonomik yönden en önemli olan durum, sağ tarafı açık, sola tarafı kapalı durumdur. Çünkü ekonomik kararlar geleceğe dönüktür. Gelecek ile ilgili bilgiler belirsizlik taşır ve önceden bilmek imkansız olmakla beraber ancak tahmin edilebilmektedir.

2.6. Dinamik Programlamanın Genel Yapısı ve Özellikleri

1- Problem, her biri ayrı bir karar gerektirecek aşamalara bölünmektedir. Bu ifade dinamik programlama modelinin çok aşamalı bir program olduğunu gösterir. Zaman bakımından aşamalar olabileceği gibi başka değişkenler türünden de aşamalar ifade edilebilmektedir ki bu aşamalar arasında meydana gelen olaylar ve oluş şekilleri itibariyle benzerlikler mevcuttur (Karayalçın, 1979, s.247).

Çok aşamalı karar süreçlerinde, herhangi bir karar ile ilgili süreç, birden çok aşamadan oluşan süreçtir. Kararlar bu aşamalarda verilir. Herhangi bir süreçte önceden belirli bir amaç fonksiyonu için fonksiyon parametrelerini en büyükleme veya en küçükleme adına optimal kararlar sırası araştırılır (Sezen, 1998, s.11). Stok miktarı, üretim düzeyi gibi karar süreçlerini, aşamalara ayrılacak problemlere örnek olarak verebiliriz. Şekil: 5. stok planlaması ile ilgili çok aşamalı karar sürecini göstermektedir.



Şekil: 5. Çok Aşamalı Karar Süreci Yapısının Şematığı

2- Her bir aşamada muhtelif durumlar bulunabilir. Durum sayısı sonlu (belirli) ya da sonsuz (belirsiz) olabilir (Köseoğlu, 1979, s.419).

3- Her aşamada verilecek kararın sonucunda, şimdiki aşamadan bir sonraki aşamaya, bir ihtimal dağılımı ile gitmek söz konusu olabilmektedir.

4- Bir aşamada alınan kararlardan oluşan veri seti başka bir aşamanın girdilerini oluşturmaktadır. Başka bir değişle herhangi bir aşamadaki durum bir önceki aşamadaki kararın sonucudur.

5- Dinamik programlamada optimalite prensibi geçerlidir. Problemin çözüm süreci tüm aşamaları optimal edecek şekilde belirlenir. Buna göre verilen bir durum dışındaki kalan durumlar için en iyi çözüm, önceki durumdan bağımsızdır. Son aşama için en iyi çözüm, mümkün olan tüm aşamalar için en iyi kararı verir.

6- Her aşama kendine göre bağımsız bir çözüme sahiptir.

7- Aşamalar arasında nasıl hareket edileceğini belirleyen geçiş fonksiyonları mevcuttur.

2.7. Dinamik Programlamanın Üstünlükleri ve Uygulamadaki Sıkıntıları

Herhangi bir problemin dinamik programlama ile çözümlenmesinin yararları şu şekilde sıralanabilir:

- n değişkenli ayrılabilir bir fonksiyon, n sayıda tek değişkenli fonksiyonlara ayrılarak çözümlenir ve bu sayede işlem sayısında önemli ölçüde azalma sağlanır (Sezen, 1998, s.90). Bu şekilde olası tüm seçeneklerin göz önüne alınmasına gerek kalmadan, hesaplamalarda kolaylık sağlanmış olur. Her aşamada değişkenlerle karşılaşılırken sayılarında her hangi bir artış gözlenmemektedir.
- Karmaşık problemler, dinamik programlama yaklaşımı ile birbiriyle ilişkili alt problemlere ayrılarak daha kolay bir şekilde çözülebilmektedir. Dinamik programlamanın bu avantajı özellikle üretim ve stok planlama gibi ardışık kararlar içeren problemler için önemlidir.
- Dinamik programlama deterministik ve stokastik süreçlere uygulanabilmektedir.
- Dinamik programlama diğer matematiksel programlama problemlerine uygulanabilen esnek yapıyla, bir teknikten ziyade bir optimizasyon

yaklaşımıdır. Tam sayılı programlama problemleri ve doğrusal olmayan programlama problemleri dinamik programlama yaklaşımı ile çözülebilmektedir. Hatta bazı problemler yalnızca dinamik programlama tekniği ile çözülebilmektedir. Örneğin kimya prosesleri gibi ardışık tipteki problemler (Halaç, 1978, s.177).

- Dinamik programlamanın hesaplama yöntemi, duyarlılık analizi yapmaya elverişli olmaktadır (Halaç, 1978, s.177).
- Dinamik programlama problemlerinde diğer matematik problemlerine oranla daha az karmaşık ve daha az bilgi gerektiren süreçlerle karşılaşılmaktadır.
- Yineleme (dönüşüm) denklemi aracılığıyla her aşamada hesaplamaların tekrar edilmesi sebebiyle bilgisayar kullanımı etkin bir hale gelir ve bu şekilde verimli bir çalışma sistemi kurulur.

Dinamik programlama yönteminin üstünlükleri dışında belirli handikapları da içerisinde barındırmaktadır. Bu tekniğin sıkıntılarını aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür.

- Dinamik programlama modellerinde boyut sorunu vardır. Dinamik programlamada kısıtlayıcılar için dar sınırlar mevcuttur. Kısıtlayıcıların düzensiz artması durumunda çözüm için gereken matematiksel hesapları yapmak güçleşir.
- Bazı durumlarda çözüm için başka bir metodla daha çabuk elde edilen sonuçlar dinamik programlama yöntemini cazip olmaktan çıkarmaktadır (Sezen, 1998, s.91). Burada önemli olan nokta yalnızca dinamik programlama metodunun verimli sonuçlar alabileceği problemler üzerinde çalışarak bu tekniğin etkinliğinden yararlanmaktır.
- Problemlerin dinamik programlama formülasyonunda bazı güçlüklerle karşılaşılabilmektedir (Sezen, 1998, s.91). Genel bir formülasyon ve algoritma aracılığı ile olası tüm problemlere çözüm bulmak mümkün olamamaktadır. Bu sebepten ötürü dinamik programlamanın her türlü probleme çözüm üreten genel bir programı yazılamaz.

- Tablosal çözüm yöntemiyle yapılan hesaplamalarda herhangi bir sorun yaşanmazken, analitik çözüm yönteminin kullanıldığı bazı durumlarda uygun çözüme ulaşılamamaktadır.

2.8. Çok Aşamalı Stok Kontrol Süreçleri

Çok aşamalı karar süreçlerinin büyük bölümü dinamik programlama tekniğiyle çözülmektedir. Bazı çok aşamalı karar süreçlerinin çözülememesi ise yapı gereği çok kompleks ve büyük olmalarından kaynaklanan hesap güçlükleridir (Sezen, 1998, s.19). Bunun yanında dinamik programlama tam doğrusal ve doğrusal olmayan problemlerin çözümünde de kullanılmaktadır.

Çok aşamalı karar süreçlerinde, karara etki eden tüm dışsal faktörler tam olarak bilinirse süreç deterministik şayet bu faktörler tam olarak bilinmez ise süreç stokastiktir. Süreçlerin deterministik veya stokastik olmasına göre dinamik programlama deterministik veya stokastik olarak nitelendirilir. Karar vericilerin çok amaçlı problemleri çözerken en çok karşılaştığı ortam deterministiktir. Özellikle üretim ve stok gibi kısa erimli planlamalarda karar sürecine dair parametreler sonlu olduğundan, karar vericiler sıklıkla deterministik dinamik programlama tekniğini kullanırlar. Çalışmamızın karar problemi deterministik süreçleri konu edindiğinden stokastik dinamik programlama tekniğine değinilmeyecektir.

Deterministik dinamik programlamadaki değerler, bilinir oldukları gibi gerçekleştirmeleri de bazı olasılık koşullarına bağlı bulunmaz. Başka bir ifade ile problemin ve çözümün herhangi bir aşamasında belirsizlik ve rassallık söz konusu değildir. Stokastik dinamik programlama da ise bir sonraki aşama ile ilgili kararlar, kendisinden önceki aşamanın kararları yardımı ile açıklanabilir. Bu olasılık dağılımları da önceki aşamalarda bilinebilir (Tulunay, 1980, s.647).

Çok aşamalı bir karar sürecinde rassallık türlü şekillerde ortaya çıkabilir. Bazen durumlar arası geçişler rassal nitelikte olurken bazen de durumlara karşılık gelen getiriler rassal nitelikte olabilir ve problem çözümlerinde yapılması gereken işlemler de bunlara bağlı olarak değişmektedir (Kara, 1986, s.218).

Problemin çözümüne uygun bir modelin belirlenmesi dinamik programlama tekniğinin ilk safhasıdır. Dinamik programlama tekniği ile çözüm getirilecek problemlerin yapı gereği birbirlerinden farklı olmasından ötürü modeller ve yineleme ilişkileri de farklı olmaktadır. Tüm problemlerin çözümü için kullanılacak tek bir yöntem veya algoritma yoktur. Her problem konusuna özgü metodlar geliştirilmiştir.

Dinamik programlama tekniğinde tablosal yöntem ve analitik yöntem olmak üzere iki farklı çözüm yöntemi kullanılmaktadır. Tablosal yöntemde herhangi bir süreçle ilgili tüm aşamalar için bütün durumlar göz önünde bulundurulur ve tüm seçenekler belirlenir. Her aşama ile ilgili seçenekler arasından en iyileri seçilerek tabloya yerleştirilir. Tablosal yöntem, elde edilen bu tablodan hareketle optimal politikanın belirlendiği yöntem olarak tanımlanabilir. Bu yöntemde seçenekler arasından seçim yapılırken, seçilen seçeneğin uygun çözüm sağlayıp sağlamadığı da çözüm sırasında göz önünde bulundurulur. Dolayısıyla bu yöntemden elde edilen çözümler de uygun çözüm olmaktadır.

Herhangi bir problemin çözümünde tablosal yöntemin kullanılabilmesi için, problemle ilgili parametrelerin sayısal değerlerinin ve kısıtlayıcıların açık olarak verilmesi gerekir. Eğer bunlar verilmez ise analitik yöntemle probleme çözüm aranır.

Analitik yöntem, verilen dönüşüm denklemlerinin her bir aşamada türevleri alınarak bu aşamalar için optimal değerlerin bulunmaya çalışıldığı yöntemdir. Dönüşüm denklemi ile her bir aşamada tek bir değişkene bağlı olarak en iyilemeye çalışılır.

Dinamik programlama tekniğinde kısıtlayıcı koşulların yeri çok önemlidir. Bu sebepten ötürü uygun bir çözüm elde etmek adına tüm kısıtlayıcı koşulların doyurulması gerekmektedir ki analitik yöntem bu koşulları bazen sağlamayabilir. Bu şekilde çözüm de uygun bir çözüm olmayabilir. Direkt olarak uygulanan analitik yöntem kısıtlanmamış fonksiyon uygun çözüm vermiyorsa uygun bir optimal çözüm sağlamamaktadır (Sezen, 1998, s.15).

Dinamik programlama problemlerinin çözümü analitik ve tablosal yöntemlerden birisi kullanılarak;

- Baştan sona doğru yani ileriye doğru çözüm yolu (tümevarım),

- Sondan başa doğru yani geriye doğru çözüm yolu (tümdengelim), izlenerek aşama aşama elde edilir. Sonu belirli olan problemlerde geriye doğru çözüm yolu izlenirken, devam eden bir faaliyetin çözümünde ileriye doğru çözüm işlemi yapılır. Metodun seçimi problemin yapısına göre olmaktadır.

Geriye doğru çözüm yolu ile çözüme n' inci aşamadan başlanarak ve geriye doğru (n-1, n-2,, 2, 1) yolu izlenerek gidilir ve en son birinci aşamanın da çözümü yapılarak bitirilir. İleriye doğru çözüm yolunda ise birinci aşamadan başlanarak (1, 2,, n-1, n) sırayla n' inci aşamaya kadar devam edilir ve n' inci aşamanın çözümü de yapıldığında işlem sona erer.

2.9. Yineleme Denklemlerinin (Geçiş Fonksiyonlarının) Oluşturulması

Yineleme denklemlerinin dayanağı optimalite ilkesidir. Bu ilkeye göre herhangi bir aşamada alınan kararın, daha önceki aşamalarda verilmiş olan kararlara etkisini geriye doğru izlemeye gerek yoktur. Geri kalan aşamalar için kararlar, daha önceki aşamalarda belirlenmiş olan politikayı göz önüne almadan saptanacaktır (Halaç, 1978, s.204). Aşamalar içinde verilmiş optimal kararlar tüm problem için optimal politikayı oluşturacaktır. Bir alt problemin optimum çözümü bir sonraki alt problemin girdisidir.

Dinamik programlamada sistemin bütün olarak düşünülmesi gerekmemektedir ki sistem, aralarında fonksiyonel bağıntıların olduğu birbirini izleyen aşamalardan oluşan bir yapıyı arz eder. Yineleme denklemi dediğimiz bu fonksiyonel bağıntılar problem yapılarına göre değişebilir. Bir başka deyişle dinamik programlanın, doğrusal programlama da olduğu gibi standart bir formülü ve çözümü yoktur.

Yineleme denklemleri çözüm yollarına göre farklı şekillerde formülize edilebilirler. Yineleme denklemleri farklı olmalarına rağmen iki yöntemde de problem hakkında aynı sonucu vermektedirler. Bir başka ifade ile ileriye ve geriye doğru formüle edilmesinde hesaplama yönünden her iki algoritma da aynıdır. Ayrıca durum dönüşümü her iki halde de temel olarak aynıdır.

2.9.1. İleriye Doğru Çözüm Yöntemi İçin Yineleme Denklemi

Bu yöntemde (n-1)' inci aşama ile ilgili bilgiler, n' inci aşamanın karar girdilerini oluşturur. Bundan dolayı çözüme 1' inci aşamadan başlanarak 2, 3, ..., n-1, n' inci aşamaya doğru gidileceğinden yineleme (dönüşüm) fonksiyonu da buna uygun olarak formüle edilecektir.

Problemin dinamik programlama çözümü için gerekli olan dönüşüm fonksiyonu kurulmadan önce, problemle ilgili durum ve aşamaların belirlenmesi gerekir.

Genel bir üretim ve stok problemini bu yöntem üzerinden formülize edelim:

X_n : n. dönemdeki üretim miktarı; karar değişkenidir,

S_n : n. dönemdeki stok miktarı; durum değişkenidir,

D_n : n. dönemdeki talep miktarı,

c : Birim stoklama maliyeti.

n. dönem için ilişki:

$$S_n + X_n - D_n \quad (1)$$

Bir önceki dönem için başlangıç:

$$S_{n+1} + D_n - X_n = S_n \quad (2)$$

n. dönem sonu stoku S_{n+1} miktarına ilişkin maliyet $f_n(S_{n+1})$ ile gösterildiğinde, modele ilişkin yineleme denklemi şu şekildedir;

$$f_n(S_{n+1}) = \text{Minimum} [c(S_{n+1}, X_n) + f_{n-1}(S_{n+1} + D_n - X_n)]$$

$$X_n, D_n, S_n \geq 0$$

$$0 \leq S_n \leq D_1 + D_2 + \dots + D_{n-1} + D_n$$

2.9.2. Geriye Doğru Çözüm Yöntemi İçin Yineleme Denklemi

Geriye doğru çözüm yöntemi için yineleme (dönüşüm) denkleminde n' inci aşama ile ilgili bilgiler, (n-1)' inci aşamanın karar girdilerini oluşturur. Birbiriyle ilişkili alt problemlere ayrılmış ardışık karar problemi için, problemi en iyileyecek değerlerin, n aşamalı bir problem için en son aşamadan (n. Aşama) başlanarak ilk aşamaya (1. Aşama) doğru ilerleyerek bulunması geriye doğru çözüm yaklaşımıdır ve yineleme denklemi de bu yöntemle göre oluşturulmalıdır.

Bir önceki modellemenin verilerinden yararlanarak yineleme denklemini oluşturulur. Bir sonraki dönem için stok miktarı:

$$S_n + X_n - D_n = S_{n+1} \quad (3)$$

Problem için yineleme ilişkisi:

$$f_n(S_n) = \text{Minimum} [c(S_n, X_n) + f_{n+1}(S_n + X_n - D_n)]$$

$$X_n, D_n, S_n \geq 0$$

$$0 \leq S_n \leq D_1 + D_2 + \dots + D_{n-1} + D_n$$

Yineleme (dönüşüm) denklemlerini başka bir değişle geçiş fonksiyonlarını da anlattıktan sonra stok problemlerinin dinamik programlama ile çözümüne geçebiliriz. Dinamik programlama ile problemlerin çözümünü bir sonraki başlık altında tablosal yöntemleri kullanarak detaylandıracağız.

2.10. Stok Kontrol Problemlerinin Dinamik Programlama İle Çözümü

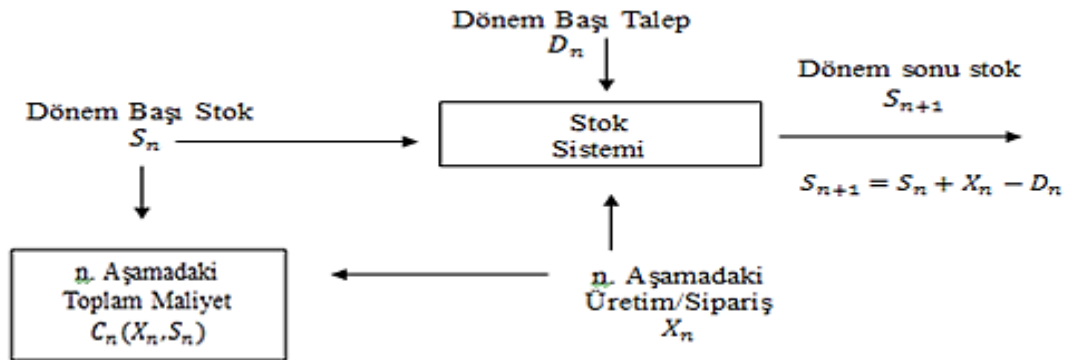
Firmalar için stok planlaması gelecek dönemler için zaman faktörü açısından ardışık kararların alındığı çok aşamalı bir karar sürecidir. Stokların zaman bakımından belirli dilimler halinde aşamalara ayrılabilir olması, çok aşamalı karar süreçleri için uygulanan dinamik programlama tekniğinin stok problemlerine tatbik edilmesini sağlamaktadır. Belirsizliklerin hâkim olduğu iktisadi hayatta ürünlere olan taleplerde belirli dönemlerde dalgalanmalar olabilir. Belirli bir dönemdeki üretim miktarı gerçekleşen talebi karşılayamaz ve neticede satış kayıpları yaşanır. Bu gibi durumlarda elde bulundurulmuş stoklar, olası gelir kayıplarının önüne geçer. Ancak

ihtiyaçtan fazla miktarda bulunan stoklar firmalar için maliyet artışına sebep olur. Firmalar için en doğru karar belirli bir dönemde üretim ve stok maliyetlerini minimize edecek optimum stok ve üretim miktarlarını tespit etmek olacaktır. Firmalar hem olası satış kayıplarından doğacak gelir kaybından hem de ihtiyaçtan fazla miktarda tutulan stoklardan ötürü maliyet arttırıcı unsurlardan etkin bir stok kontrol sistemi ile kendilerini koruyacaklardır.

Dinamik programlama tekniği çok sayıda karar değişkeninin bulunduğu stok sorunlarını ardışık küçük sorunlara bölerek çözmek için kullanılabilir. Modelde zaman değişkeni açık olarak ele alınabildiğinden, belirli bir dönemdeki birbirini izleyen üretim ve stok kararlarının alınabilmesi kolaylaşmaktadır. Zaman faktörü içeren üretim ve stok problemleri dinamik bir yapıda olmaları sebebiyle dinamik programlama yaklaşımı ile optimize edilebilir.

Firmalar kârlılıklarını arttırmak adına faaliyetlerde bulundurmaktadırlar. Bu yüzden maliyetlerin azaltılması gereklidir. Üretimden kaynaklanan maliyetlerin yanında stokları elde bulundurmanın belirli bir maliyeti olacaktır. Talebi karşılamak adına fazladan stok bulundurma yoluna gitmek gereksiz bir davranıştır. Bunun yerine çok aşamalı karar süreçleri niteliğinde olan üretim ve stok süreçlerini dinamik programlama metodu ile çözümlenerek belirli planlamalar dâhilinde hangi aşamalarda ne miktarda üretimin yapılacağı veya stok düzeyinin ne olacağı optimal politikalar ile etkin bir şekilde belirlenebilir.

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ olmak üzere, n . aşamadaki bir stok sisteminin yapısı Şekil: 6.' da görüldüğü üzeredir (Bertsekas, 2005, s.4).



Şekil: 6. Stok Sistemi Yapısı

Dinamik programlama ile problemlerin çözümünün, genel hesaplama sırası şu şekildedir:

- 1- Problem aşamalara ayrılarak alt problemler oluşturulur.
- 2- Kısıtlamaları göz önüne alarak karar değişkenleri ve durum değişkenleri belirlenir.
- 3- Her bir aşamanın getiri fonksiyonu belirlenir; bu şekilde alt problemler arasındaki dönüşüm işlemlerinde kullanılacak bağıntılar meydana getirilir. Buraya kadar olan hesaplamalar neticesinde dinamik programlama metodunun uygulanacağı problemin modeli oluşturulur.
- 4- Bir önceki karar ve koşulların sonucu ortaya çıkan durum değişkenine göre hesaplama yöntemi belirlenir. Bu işlem ileriye veya geriye doğru çözüm yöntemlerinin birinin seçilmesi ile biter.
- 5- İlk aşama için durum değişkeninin geçerli değişim aralığına göre optimal karar verilir. Daha sonra tüm aşamalar için bu hesaplamalar tekrarlanır.

2.10.1. Çok Aşamalı Deterministik Dinamik Stok Kontrol Modeli

Bu başlık altında belirli varsayımları olan stok kontrol probleminin dinamik programlama tekniği ile çözümü anlatılacaktır. İleriye ve geriye doğru çözüm yolu yöntemleri ile modellemeler oluşturulup, ileriye doğru çözüm yöntemi ile tablosal hesaplamalar detaylı şekilde incelenecektir.

Dinamik stok kontrol modeli varsayımları:

- 1- Planlama döneminde her bir aşama için talep düzeyi kesin olarak bilinir.
- 2- Periyodik olarak stok düzeyinin kontrol edileceği zaman dilimi eşit uzunluktaki aşamalara bölünür. Planlama dönemindeki aşama sayısı sabittir.
- 3- Stok seviyeleri periyodik olarak gözden geçirilerek stok seviyeleri her dönemin başında belirlenir.
- 4- Stoklamalar ani olarak yapılır ve stoksuzluğa izin verilmez.

5- Üretim kapasitesi ve depolama kapasitesi sınırlıdır. Her dönemin başında üretilebilecek ürün miktarı belirlenir.

6- Toplam üretim maliyeti, sabit ve değişken üretim maliyetinden oluşur. (üretim yerine satın alma yoluna gidilmesi halinde toplam maliyet siparişe hazırlık maliyeti ve sipariş maliyetinden oluşur). Ayrıca stoku bulundurmaktan ötürü ortaya çıkan elde bulundurma maliyeti de tespit edilir.

Deterministik dinamik programlama modelleri geliştirilirken planlama dönemi sonlu alınarak sınırlamaya gidilecektir ki aşama sayısının sonlu olduğu problemler için bu husus geçerlidir. Wagner-Whitin tarafından geliştirilen bu yöntemde düzeltmeler ancak birim tedarik maliyetlerinin tüm aşamalarda sabit ve eşit olması durumunda geçerlidir. Ayrıca bu yöntemde üretim ve stok düzeyi değişkenlerinin de kesikli toplamlar olduğu varsayılmaktadır. Modelde herhangi bir aşama sonundaki stok miktarının bir veya daha fazla aşamada belirli olan talebi karşılayacağından herhangi bir aşamada sistemin durum sayısı daha sonraki aşama sayısı ile belirlenir.

Deterministik dinamik stok kontrol modelinin formülüzasyonuna geçecek olursak (Turban ve Meredith, 1988, s.20):

($i = 1,2,3, \dots, n.$) aşamaları belirtmek üzere;

n : Aşama sayısı

i : Cari aşama,

$i - 1$: Bir önceki aşama,

$i + 1$: Bir sonraki aşama,

D_i : $i.$ aşama için talep miktarı,

S_i : $i.$ aşamanın başlangıç stoku,

S_{i+1} : $i.$ aşama sonundaki stok miktarı (durum değişkeni),

X_i : $i.$ aşamanın üretim miktarı (karar değişkeni),

h_i : $i.$ aşamadan ($i + 1$). aşamaya stok bulundurmaktan ötürü ortaya çıkan birim başına elde bulundurma maliyeti.

$c_i(S_i, X_i)$: S_i durumunda X_i kararı verildiğinde i . aşamada ortaya çıkacak olan optimum üretim maliyeti.

i . aşamaya ait üretim maliyeti fonksiyonu:

$$c_i(X_i) = \begin{cases} 0 & X_i = 0, \text{ \textit{üretime hazırlık yapılmaz}} \\ K_i + C_i(X_i), & X_i \geq 0 \text{ \textit{üretime hazırlık yapılır}} \end{cases}$$

K_i , i . aşamadaki hazırlık maliyetini, $C_i(X_i)$ ise üretim maliyet fonksiyonunu gösterir.

$f_i(S_{i+1})$, $f_i(S_i)$: i . aşama başı veya sonu stok miktarından hareket ederek bu aşamaya ait üretim ve talep miktarlarına göre hesaplanan dönem sonu stok miktarı maliyeti.

Modelimizin amacı bu fonksiyonun değerinin minimize edilmesidir: Stoksuzluğa izin verilmeden tüm aşamalar için hazırlık, üretim ve elde bulundurma maliyetlerini minimize eden optimal üretim ve stok miktarının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Her i aşamasında gerçekleşecek üretim miktarı sıfır ile i . aşama talebi ve i . aşama dönem sonu stoku toplamı arasında bir değer almaktadır. Bunu gösteren eşitsizlik;

$$0 \leq X_i \leq D_i + S_{i+1} \quad (4) \quad \text{\textit{şeklindedir.}}$$

Her i aşamasında gerçekleşecek en küçük üretim miktarı ise ancak o aşamada oluşacak talebi karşılayacak kadardır. O anki aşamanın talebinden, dönem başı stok miktarı çıkarılarak bulunan miktardır.

$$X_i = D_i - S_i \quad (5)$$

Belirli bir aşama için üretim miktarı kendinden sonra gelecek tüm aşamalarda oluşacak talebi karşılayacak miktarda olabilir. (5). denklemdaki ifade genişletilerek tüm aşamalardaki talebi karşılayacak olan en büyük üretim değeri (6). denklemda ifade edildiği gibidir;

$$X_i = D_i + D_{i+1} + D_{i+2} + D_{i+3} + \dots + D_n - S_i \quad (6)$$

Elde bulundurma maliyeti i . aşamadan $(i + 1)$. aşamaya stok bulundurmaktan ötürü ortaya çıkar ve dönem sonu stok düzeyi ile orantılı olduğu varsayılır. S_{i+1} ile ifade edilen dönem sonu stok düzeyi, i . aşamanın başlangıç stok miktarı S_i , i . aşamanın üretim miktarı X_i ve i . dönemin talebi D_i cinsinden aşağıdaki şekilde ifade edilir;

$$S_{i+1} = S_i + X_i - D_i \quad (7)$$

İşlem sırasına uyarak (6). denklemdeki X_i ' in alacağı farklı değerler (7). denklemde yerine konulduğu takdirde S_{i+1} ' in alacağı muhtemel değerler (8). denklemdeki gibi olacaktır.

$$0 \leq S_{i+1} \leq D_{i+1} + \dots + D_n \quad (8)$$

İleriye doğru çözüm yolunda i . aşamanın durumları i . aşama sonundaki stok miktarlarıdır. (8). denklem durum değişkenlerinin sınırlarını belirlemektedir. Herhangi bir aşamadaki üretim o anda oluşacak talebi karşıladıktan sonra geriye kalan stok, kalan tüm aşamalar için talebi karşılansın diye mümkün olduğu kadar fazla üretim yapılabilir anlamındadır.

i . aşama sonunda stok miktarı olan S_{i+1} değeri verilerek 1,2,3,..., i . aşamaları için minimum toplam maliyet $f_i^*(S_{i+1})$ olsun. İleriye doğru fonksiyonel denklem: $i = 1, 2, 3, \dots, n$ değerlerini alarak;

$$f_1(S_2) = \min\{c_1(X_1) + h_1(S_2)\}$$

$$0 \leq X_1 \leq D_1 + S_2$$

$$f_n(S_{i+1}) = \text{Minimum} [c(X_i) + h_i S_{i+1} + f_{i-1}(S_{i+1} + D_i - X_i)]$$

$$0 \leq X_i \leq D_i + S_{i+1}$$

yazılır (Halaç, 1978, s.393). $h_i S_{i+1}$ elde bulundurma maliyetini ifade eder.

Geriye doğru fonksiyonel denklem kullanarak i . aşamada sistemin durumları S_i başlama stoku olarak tanımlanabilir.

$i = 1, 2, 3, \dots, n-1$ değerlerini alarak fonksiyonel denklem

$$f_n(S_n) = \min\{c_n(X_n)\}$$

$$X_n + S_n = D_n$$

$$X_n \geq 0$$

$$f_i(S_i) = \text{Minimum} [c_i(X_i) + h_i(S_i + X_i - D_i) + f_{i+1}(S_i + X_i - D_i)]$$

$$D_i \leq X_i + S_i \leq D_i + \dots + D_n$$

$$X_i \geq 0$$

şeklinde yazılır.

2.10.2. İleriye Doğru Çözüm Yöntemi ile Tablosal Hesaplama

Dönüşüm fonksiyonlarından yararlanılarak, çok aşamalı karar süreçlerinin aşamalar itibari ile tablolar üzerinde çözümü yapılabilir. İlk aşama çözüm tablosu $f_1(S_2) = c_1(X_1) + h_1S_2$ geçiş fonksiyonuna bağlı kalınarak tablo üzerinde gerekli olan yerler için hesaplamalarının yapılması ile şekillenir (Şekil: 7.).

Birinci aşama çözüm tablosundan hareketle, belirli hesaplamalar yapılmalıdır. Dönem başı stok düzeyi sıfır olarak alındığı takdirde, birinci aşama için en küçük üretim miktarı; $X_1 = D_1$ kadar olacaktır. Bu üretim değeri ancak bulunduğu dönemin talebini karşılayacak miktardadır. Birinci ve ikinci dönem taleplerini karşılayacak olan üretim düzeyi ise $X_1 = D_1 + D_2$ şeklinde ifade edilmektedir. X_1 değerleri diğer dönem taleplerinin kümülatif toplamlarını karşılayacak düzeyde olması şeklinde hesaplanırken X_1 ' in tablo üzerinde alacağı en son değer $X_1 = D_1 + D_2 + \dots + D_n$ olarak belirlenecektir.

Dönem sonu stok düzeyleri ise üretim değişkeninin aldığı değerlerin $S_2 = S_1 + X_1 - D_1$ dönüşüm denkleminde sokulması ile S_2 "0" ile izleyen dönem taleplerinin kümülatif toplamı arasında sırasıyla 0, D_2 , $D_2 + D_3, \dots, D_n$ gibi değerler olacaktır. Burada önemli olan nokta X_1 , S_2 değerlerinin kesikli değerler olduğunun varsayılması ve bu şekilde bir tek verilen talep değerlerinin kümülatif toplamına göre hesaplanmasıdır (Wagner ve Whitin, 1958, s.89-96). Wagner-

Whitin yöntemine göre hazırlanan dinamik programlama çözümlerindeki bu varsayım, hesaplamalarda kolaylık sağlamaktadır.

$f_1(S_2) = c_1(X_1) + h_1S_2$						
<i>Durum Değişkeni</i>	<i>Karar Değişkeni</i>	<i>Maliyet Hesaplamaları</i>			<i>Optimal Çözüm</i>	
S_2	X_1	h_1S_2	$c_1(X_1)$	$h_1S_2+c_1(X_1)$	$f_1(S_2)$	X_1^*
0	D_1 $D_1 + D_2$. . . $D_1 + D_2 + \dots + D_n$					
D_2	D_1 $D_1 + D_2$. . . $D_1 + D_2 + \dots + D_n$					
.	.					
.	.					
.	.					
$D_2 + \dots + D_n$	D_1 $D_1 + D_2$. . . $D_1 + D_2 + \dots + D_n$					

Şekil: 7. Birinci Aşama İçin Hazırlanan Çözüm Tablosu

Amaç fonksiyonunun getiri değerlerinin hesaplanması için belirlenen S_2 değerleri ile h_1 (birinci aşama birim elde bulundurma maliyetleri) kullanılarak h_1S_2 (elde bulundurma maliyeti) fonksiyonu değerleri tespit edilir ve bulunan değerler ilgili sütuna kaydedilir. Aynı şekilde her farklı üretim (X_1) değeri için hesaplanacak olan üretim ve hazırlık maliyetleri toplamı olan $c_1(X_1)$ ' in bulunan değerleri tablonun ilgili sütununa yerleştirilecektir.

Durum değişkeni olan S_2 ile karar değişkeni olan X_1 ' in kesiştiği alanlara, dönem sonu miktarına göre hesaplanan h_1S_2 ve dönem içi üretim değerlerine göre hesaplanan $c_1(X_1)$ değerlerinin toplamı $c_1(X_1) + h_1S_2$ şeklinde tablo üzerindeki ilgili sütuna kaydedilir. Her satırda S_2 ve X_1 ' e bağlı olarak bulunan toplam maliyet değerleri $f_1(S_2)$ sütununa yazdırılır. Tek noktada kesişen üretim ve dönem sonu stok düzeyleri için hesaplanan toplam maliyet değerinden başka, söz konusu durum değişkenine (dönem sonu stok düzeyine) karşılık gelen alternatif bir karar değişkeni (üretim düzeyi) olmadığından ötürü minimum maliyeti analizi yapılmadan bulunan bu değer doğrudan kaydedilir.¹ Daha sonra bulunan $f_1(S_2)$ değerlerine karşılık gelen karar değişkenleri (üretim değerleri) X_1^* ' in bulunduğu sütuna yerleştirilir. Bulunan her farklı $f_1(S_2)$ içinden, en küçük değere sahip stok maliyet değeri seçilerek, bu değer bulunmasındaki karar değişkeni olan X_1^* ' in, optimal politikanın çözümü olduğuna karar verilecektir. Alınan bu karar birinci aşamanın kararı olacaktır.

¹ Herhangi bir durum değişkenine göre optimal kararı vermemizi sağlayacak olan toplam maliyet ve karar değişkeni olan üretim miktarını bulmaya çalışacak olursak;

$$S_2 = 0 ;$$

$$S_2 = S_1 + X_1 - D_1 \text{ dönüşüm denkleminde hareketle,}$$

$$0 = 0 + X_1 - D_1$$

$$X_1 = D_1$$

Birinci satırdaki $S_2 = 0$ durum değerine karşılık, $X_1 = D_1$ değeri bulunacaktır. $S_2 = 0$ değerinin farklı bir üretim değeriyle kesişmesi olanak dışıdır. Yapılan bu hesaplamada üretimin sadece birinci aşamanın talebini karşılayacak düzeyde yapıldığını ve bir sonraki aşama için stoklamaya gidilmediği anlaşılmaktadır.

Amaç fonksiyonumuzdan toplam maliyet değerini hesaplayacak olursak;

$$f_1(S_2) = c_1(X_1) + h_1(S_2)$$

$$f_1(0) = c_1(D_1) + h_1(0)$$

$$f_1(0) = c_1(D_1)$$

$f_1(0) = c_1(D_1)$ ile hesaplanan toplam stok maliyeti, birinci aşama talep miktarı kadar üretimin yapılmasından doğacak üretim ve hazırlık maliyetinden oluşmaktadır. Dikkat edilecek olursa birinci aşamadan bir sonraki aşamaya stok aktarılmadığından ötürü elde bulundurma maliyeti oluşmamıştır. Hesaplanan $c_1(D_1)$ değeri, $f_1(S_2)$ ve buna karşılık gelen üretim değeri de X_1^* sütunlarının ilk satırına yerleştirilir.

İkinci aşamanın çözüm tablosuna geçmeden önce, ilk olarak bu aşamaya ilişkin geçiş fonksiyonunu oluşturmak gerekir. İkinci aşamaya ilişkin geçiş fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilecektir.

$$f_2(S_3) = c_2(X_2) + h_2S_3 + f_1(S_3 + D_2 - X_2)$$

İkinci aşama da dahil olmak üzere diğer bütün aşamalarda, ilk aşamadan farklı olan bir varsayım mevcuttur; dönem başı stokun sıfır olması. Birinci aşama dışındaki diğer tüm aşamalar için ilgili aşama içindeki talebin bir önceki aşamanın dönem sonu stoku ile karşılanması söz konusudur. Bu sebepten ötürü ikinci aşama karar değişkeni olan X_2 'nin (ikinci aşama üretim düzeyi) en küçük değeri sıfır olur ve sırasıyla $0, D_2, D_2 + D_3, \dots, D_n$ değerlerini alır.

İkinci aşama dönüşüm denklemi olan $S_3 = S_2 + X_2 - D_2$ ifadesinden yararlanarak her farklı X_2 değeri için ikinci aşama dönem sonu stok düzeyleri bulunur. S_3 değerleri sırasıyla $0, D_3, D_3 + D_4, \dots, D_n$ değerlerini alacaktır.²

S_3 ve X_2 değerlerine bağlı olarak tespit edilen birim elde bulundurma maliyeti, birim üretim ve birim hazırlık maliyetlerine göre h_2S_3 (ikinci aşama elde bulundurma maliyeti) ve $c_2(X_2)$ (ikinci aşama üretim maliyeti) maliyet unsurları hesaplanır ve tablodaki ilgili alanlara yerleştirilir.

Birinci aşamadan sonraki aşamalarda, önceki aşama, bir sonraki aşama ile yineleme ilişkisi denklemiyle birbiriyle bağlantı içinde olur. Bu durum geçiş fonksiyonlarımıza da yansiyarak birinci aşamadan farklı olarak toplam maliyet ile ilgili hesaplarımızda geçmiş dönem stok maliyetlerine de yer verilir.

Geçiş fonksiyonunda yer alan $c_2(X_2) + h_2S_3$ ifadesi ikinci aşama veya genel izahı ile bulunulan aşamanın S_3 (ikinci aşama dönem sonu sok düzeyi) ve X_2 (ikinci aşama üretim düzeyi) değerlerine göre hesaplanmış olan stok maliyetini belirtir. $f_1(S_3 + D_2 - X_2)$ ise S_3, D_2 (ikinci aşama talebi) ve X_2 'ye bağlı olarak S_2 (birinci aşama dönem sonu stoku) stok miktarının maliyetini göstermektedir. Bu şekilde tüm farklı S_3 ve X_2 'ler için hesaplanan ikinci aşama stok maliyetlerine,

² Dönem başı stok düzeyinin sıfır olması varsayımı altında olası üretim ve buna bağlı olarak dönem sonu stok düzeyleri belirlenir.

$f_1(S_3 + D_2 - X_2)$ fonksiyonu ile hesaplanmış olan bir önceki dönem maliyetleri de dahil edilmelidir. Geçiş fonksiyonu yardımı ile bulunan değerlere karşılık hesaplanan stok maliyetleri içinden en düşük maliyete sahip olanlar $f_2(S_3)$ sütunundaki yerlerine yazılır ve her durum değişkenine karşılık minimum maliyet değerlerini sağlayan üretim (karar değişkeni) değerleri X_2^* sütunundaki yerlerine kaydedilir. Optimal politika kararı verilirken $f_2(S_3)$ ' ler içinden en düşük maliyetli olan değere karşılık gelen X_2^* (optimum karar değişkeni) değeri seçilerek optimal çözüme ulaşılır.

$f_2(S_3) = c_2(X_2) + h_2S_3 + f_1(S_3 + D_2 - X_2)$						
<i>Durum Değişkeni</i>	<i>Karar Değişkeni</i>	<i>Maliyet Hesaplamaları</i>			<i>Optimal Çözüm</i>	
S_3	X_2	h_2S_3	$c_2(X_2)$	$h_2S_3 + c_2(X_2)$ + $f_1(S_3 + D_2 - X_2)$	$f_2(S_3)$	X_2^*
0	0 D_2 $D_2 + D_3$. . . $D_2 + \dots + D_n$					
D_3	0 D_2 $D_2 + D_3$. . . $D_2 + \dots + D_n$					
.	.					
.	.					
.	.					
$D_3 + \dots + D_n$	0 D_2 $D_2 + D_3$. . . $D_2 + \dots + D_n$					

Şekil: 8. İkinci Aşama İçin Hazırlanan Çözüm Tablosu

İkinci aşamadan sonraki tüm aşamalar için aynı yaklaşımla çözüme gidilir. Her aşama için yineleme ilişkileri belirlenir ve ikinci aşamada olduğu gibi birbiri ile bağlantılı aşamalar için hesaplamalar neticesinde çözümlenmeler yapılır. Son olarak tablo içine yerleştirilmiş bu değerler sonuç tablolarına aktarılarak her aşama için optimal çözümler elde edilir. Her aşama için Şekil: 9.'daki gibi optimal çözüm tabloları oluşturulur. Tüm aşamaların durum değişkenlerine karşılık gelen minimum toplam maliyet değerleri ve karar değişkeni olan optimum üretim değerleri, optimal çözüm tablosunda toplu olarak gösterilir.

1. Aşama		
S_2	$f_1(S_2)$	X_1^*
2. Aşama		
S_3	$f_2(S_3)$	X_2^*
-		
-		
-		
-		
n. Aşama		
S_{n+1}	$f_n(S_{n+1})$	X_n^*

Şekil: 9. Planlama Dönemi Optimal Çözüm Tablosu

Son aşama hesaplamalarının yapılması akabinde oluşturulan optimal çözüm tablosundan sonra tüm aşamalar adına optimal politika kararı verilir. Optimal politika kararı son aşamadan geriye doğru aşağıdaki adımlar takip edilerek verilir:

- Son aşamanın maliyet optimizasyonunu sağlayan $f_n(S_{n+1})$ değeri planlama döneminin toplam stok maliyetidir. Bu değere karşılık gelen durum ve karar değişkenleri optimal çözüm tablosundan tespit edilerek son aşamanın üretim ve dönem sonu stok değerleri bulunur.
- Son aşamanın dolayısıyla planlama döneminin toplam stok maliyetinden ilgili aşamanın tablosunda hesaplanmış olan stok maliyeti düşülerek diğer aşamaların stok maliyetleri toplamı bulunmuş olur. Daha sonra bir önceki aşama optimum çözüm tablosundan bu değere karşılık gelen optimum maliyet değeri ve bunu sağlayan üretim ve dönem sonu stok değerleri tespit edilir. Tespit edilen bu değerler ilgili aşamanın üretilmesi ve stoklanması gereken ürün miktarları olacaktır. Bu hesaplama diğer aşamalar için ilk aşamaya kadar devam ettirilerek tüm aşamaların optimum stok ve üretim değerleri bulunur.

Son aşamanın işleminin de sonlandırılmasıyla planlama dönemi toplam stok maliyeti ve tüm aşamalara ait üretim ve stok değerleri belirlenmiş olur.

3. BÖLÜM

DİNAMİK PROGRAMLAMA TEKNİĞİNİN BİR İŞLETMENİN ÇOK AŞAMALI STOK KONTROL PROBLEMLERİNE TATBİK EDİLMESİ

3.1. Uygulamanın Yapılacağı İşletme Hakkında Tanıtıcı Bilgiler

VİVO Antistres Ayakkabı Firması 2000 yılından bu yana ayakkabı imalat sektöründe faaliyette bulunmaktadır. Kadın, erkek, çocuk ayakkabısı, terliği, çizmesi ve botunun imalatı, satışı, ithalat ve ihracatını yapan bu işletme, aylık 50.000 ile 65.000 adet arasında ürünü üretebilecek kapasiteye sahiptir. 530 m² üretim yeri ve kiralık olan 340 m² depolama alanı ile üç katlı bir binada üretimini gerçekleştirmektedir.

Firma, ayakkabı üretiminde yapılacak işlemlere göre üç ana bölümden oluşmaktadır:

a) Kesim Bölümü: Ayakkabı veya terliğin deri ve benzeri bir üründen oluşan ve yüz' ü olarak tabir edilen sayanın kesiminin yapıldığı bölümdür. Saya kesimi elle veya presle yapılmaktadır. Bu bölümde;

- 5 adet saya kesim presi,
- toplam 2 adet No' lama ve klişe presi, bulunmaktadır.

b) Dikim (Saya) Bölümü: Kesim işlemi biten sayanın (ayakkabı yüz' ü) singer bantları denilen tek, çift ve üç iğneli dikiş makinelerinde dikim işleminin gerçekleştirildiği bölümdür. Bu bölümde;

- 12 adet singer dikim makinesi,
- 2 adet tıraşlama makinesi,
- 2 adet ilaç sürme makinesi,
- toplam 5 adet kapsül, rivet, kanca, trok delme ve takma makineleri, bulunmaktadır.

c) Montaj (Kalfalık) Bölümü: Singer dikim bantlarından gelen saya ve firma dışından temin edilen ayakkabı veya terlik tabanlarının makine bantları ve el işlemleri ile üretimin tamamlandığı bölümdür. Yarı mamul ve yardımcı malzemeler en son bu bölüme gelerek mamul üretimi tamamlanır. Ayrıca ürünün temizlenmesi ve paketlenmesi de bu aşamada gerçekleştirilerek depolara alınır. Bu bölümde ise;

- 2 adet paletli (bantlı) fırın makinesi,
- 1 adet dolap fırın makinesi,
- 3 adet vakumlu üste atma kompresörü makinesi,
- 1 adet mekval (ayakkabının yüzü ile tabanını birleştirmek için yapılan dikim) dikiş makinesi,
- Toplam 6 adet kıylık kesim, zımpara, tıraş, kampre, ilaç ve freze (deri parlatma, renk açma) makinesi, bulunmaktadır.

Bahsi geçen firma yapmış olduğu ayakkabı modellerini kendi adına iç piyasaya sunduğu gibi kreasyonlarına olan talep doğrultusunda başka firmalar adına da üretim yapmaktadır. Sözleşmelerle yapılan anlaşmalarla aylık olarak hangi modelden, ne kalitede, ne miktarda üretileceği ve termin tarihleri iki firma arasında önceden belirlenir. Ürünlerin tesliminin gecikmesi durumunda cezai tedbirler uygulanmaktadır. Bu sebepten ötürü firma için stok ve üretim planlaması ayrı bir önem arz etmektedir.

3.2. Problem Çözümüne İlişkin Gerekli Olan Verilerin Elde Edilmesi

Modelde yer alacak talep değerleri XYZ firmasının VİVO Antistres Ayakkabı firmasına 500K., 501K., 504K., 507K., terlik modelleri için vermiş olduğu 6 aylık kesin sipariş rakamlarıdır. Aynı üretim sürecinden geçen bu ürünlerin birim maliyet değerleri birbirine eşittir. Üretim, stok maliyetleri ve talep değerlerine ilişkin bilgiler firmanın 01.11.2011 ile 30.04.2012 tarihleri arasındaki 6 aylık muhasebe kayıtları ve kişisel değerlendirmeler neticesinde oluşturulmuştur. Her bir adet, terlik çifti olarak nitelenmektedir. Bir çift terlik üretimi için 22 adet hammadde ve yardımcı malzeme gerekmektedir. Hammadde ve yardımcı malzeme yokluğundan ötürü üretimde her hangi bir aksama gözlenmemiştir. Dönem başında elinde ürün

stoku bulunmayan firma, 6 aylık dönem sonunda da elinde herhangi bir ürün stokunun bulunmasına da müsaade etmemektedir.

Müşteri talebinin tam zamanında karşılanması, firmanın prestijini arttırırken, talebin zamanında karşılanmaması ise prestij kaybı yanında yapılan sözleşmeden doğacak cezai yaptırımların devreye girmesi ile olası kâr kayıplarına neden olacaktır. 6 aylık planlama dönemi talep değerlerini karşılayan, minimum toplam stok maliyetini sağlayacak olan optimum üretim ve stok değerleri dinamik programlama yaklaşımı ile elde edilecektir. Ayrıca planlamanın yapılması ile bahsi geçen firma, iç piyasaya yaptığı satışlarını da daha net ve daha kapsamlı bir şekilde değerlendirme imkânı bulacaktır.

XYZ firmasından alınan talep miktarları ve buna karşılık gerçekleşen üretim, 6 aylık dönem itibari ile aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Aylar	Talep (adet)	Üretim (adet)
Kasım 2011	6020	6334
Aralık 2011	8126	8542
Ocak 2012	9980	10218
Şubat 2012	10076	10554
Mart 2012	8602	8802
Nisan 2012	6384	6650
TOPLAM	49188	51100

Tablo: 1. XYZ Firmasına İlişkin Talep Değerleri ve
Buna Karşılık Yapılan Üretim

Ürünlerin birim maliyetleri saya, kalfa, kesim, mekval gibi direkt işçilik ve diğer endirekt işçilik maliyetleri yanında deri hammaddesi, taban, rekapte (pelür, koli, kutu, kağıt, kimyevi ilaç), astar, pet ve diğer masrafları da dahil ederek hesaplanmıştır. Tablo: 2. de her aya ilişkin birim üretim maliyetleri gösterilmektedir.

Aylar	Birim Üretim Maliyeti (TL)
Kasım 2011	26.88
Aralık 2011	28.02
Ocak 2012	27.80
Şubat 2012	26.78
Mart 2012	26.86
Nisan 2012	26.60

Tablo: 2. Ürünlere İlişkin Birim Maliyet Değerleri

Kuracağımız modelde, maliyet analizinin yapılabilmesi için elde bulundurma maliyeti ve üretime hazırlık maliyetinin de tespit edilmesi gereklidir. Aylık dönemler aşama olarak adlandırılır ve her aşamada stok tutmaya izin verilir. Elde bulundurma maliyetini hesaplarırken firmanın kullandığı deponun kiralık olması sebebiyle kira ve aidat tutarını, depodan sorumlu personellere ödenen işçilik ücretini, aydınlatma ve ısınma maliyetlerini ve üretimi yapılmış olan stoklar için ayrılan sermayenin başka bir yatırımda kullanılamaması neticesinde ortaya çıkan kaybı ifade eden alternatif maliyeti göz önünde bulunduracağız. Alternatif maliyet tutarları hesaplanırken döviz, devlet tahvili, faiz oranları gibi unsurlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada enflasyon değerlerinden arındırılmış mevduat faiz oranına göre alternatif maliyetin hesaplanması tercih edilmiştir. Elde bulundurma maliyeti birim ürün başına düşen tutar olarak hesaplanmıştır. Az önce değindiğimiz maliyet kalemlerine göre aşamalar (aylar) itibariyle hesaplanan birim elde bulundurma maliyetleri Tablo:3.' te gösterildiği gibidir.³

³ Alternatif maliyetin hesaplanmasında kullanılan faiz oranları sırasıyla şu şekildedir: %7.54, %7.94, %8.29, %8.27, %8.23, %8.58

	Kasım 2011	Aralık 2011	Ocak 2012	Şubat 2012	Mart 2012	Nisan 2012
Kira (aidat)	0.1302	0.1302	0.1358	0.1358	0.1358	0.1358
Elektrik (aydınlatma, ısıtma)	0.0223	0.0239	0.0232	0.0226	0.0222	0.0219
Depo Personeline Ödenen Ücret	0.6630	0.6630	0.6630	0.6630	0.6630	0.6630
Alternatif Maliyet	0.1686	0.1853	0.1920	0.1845	0.1842	0.1901
<u>Birim Elde Bulundurma Maliyeti (TL)</u>	0.9841	1.0024	1.0140	1.0059	1.0052	1.0108

Tablo: 3. Firmanın Aylık Olarak Birim Elde Bulundurma Maliyet Değerleri

Hazırlık maliyeti üretim başlamadan önce ortaya çıkan masraf kalemidir. Elde bulundurma maliyetinin aksine üretim miktarından bağımsızdır. Modelimizde kullanacağımız hazırlık maliyeti; kırtasiye, nakliye (hamaliye) ve haberleşme (telefon, internet) gibi masraf kalemlerinden oluşmaktadır. Her aya ait birim hazırlık maliyetleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

	Kasım 2011	Aralık 2011	Ocak 2012	Şubat 2012	Mart 2012	Nisan 2012
Kırtasiye	0.0680	0.0289	0.0275	0.0430	0.0238	0.0283
Nakliye (hamaliye)	0.0542	0.0890	0.1145	0.1274	0.1755	0.1153
Haberleşme (telefon, internet)	0.0174	0.0135	0.0105	0.0092	0.0107	0.0149
<u>Birim Hazırlık Maliyeti (TL)</u>	0.1396	0.1314	0.1525	0.1796	0.2100	0.1585

Tablo: 4. Firmanın Aylık Olarak Birim Hazırlık Maliyet Değerleri

Dinamik programlama tekniği ile yapılacak modellemenin maliyet sonuçları ile karşılaştırmak üzere gerçekleşen üretimin toplam stok maliyetini saptamak gerekecektir. Tablo: 4' te her aşamanın (ayın) birim hazırlık maliyeti ve birim üretim

maliyeti ile dönem üretim miktarının çarpımı olan değer toplanarak toplam maliyetler hesaplanmıştır. Planlama dönemini kapsayan 6 aylık dönemin toplam stok maliyeti 1.389.613,9716 TL' dir.

	Kasım 2011	Aralık 2011	Ocak 2012	Şubat 2012	Mart 2012	Nisan 2012
Birim Hazırlık Maliyeti (k_i)	0.1396	0.1314	0.1525	0.1796	0.2100	0.1585
Birim Üretim Maliyeti (C_i)	26.88	28.02	27.80	26.78	26.86	26.60
Üretim Miktarı (X_i)	6334	8542	10218	10554	8802	6650
Toplam Maliyet $c_i(X_i)$	170258.0596	239346.9714	284060.5525	282636.2996	236421.93	176890.1585

Tablo: 5. Firmanın Aylık Olarak Gerçekleşen Üretimin Toplam Maliyet Değerleri

3.3. Problemin Stok ve Üretim Planlama Modeli

Stok ve üretim miktarı tayini ile ilgili kararlar çok aşamalı ve birbiriyle ilişkili süreçler sonunda verilir. Bu tip problemlerin çözümü için en uygun olan yöntem dinamik programlama tekniğidir. Problemin çözümünde ileriye doğru tablosal çözüm yöntemi kullanılacaktır.

Problemimizle ilgili süreç deterministik yapıya sahip olmakla beraber problemle ilgili değişkenler kesikli ve sonludur. Bir başka ifade ile planlama dönemindeki aşama sayısı sabit ve her aşama için talep düzeyi kesin olarak bilinmektedir. Ayrıca üretim ve stok miktarları kesikli değerler almaktadır. Üretim ve depolama kısıtları mevcuttur. Bu varsayımlar dâhilinde modelimiz oluşturulacaktır.

- Aşamalar:

Her ay bir aşamayı ifade eder ve modelimizde 6 aşama mevcuttur.
($i = 1,2, \dots,6$)

- Durum Değişkeni:

Her ayın dönem sonu stok düzeyi (S_{i+1}) durum değişkeni olarak ifade edilir.

- Karar Değişkeni:

Aylık üretim miktarı (X_i) karar değişkenimizdir. Karar verici her dönem üreteceği ürün miktarını karar değişkeni olarak belirler.

- Kısıtlayıcı Koşullar:

n kadar aşama için;

$X_n, S_n, D_n \geq 0$; üretim, stok ve talep değerlerinin negatif olmama ve tamsayı olma koşulu,

$X_n \leq 55000$; her aşama için maksimum üretim miktarı,

$S_n \leq 62500$; her aşama için maksimum stok miktarı,

$S_{i+1} = S_i + X_i - D_i$; her aşama için üretilen, stoklanan ve talep edilen ürünlerin birbirini sağlaması.

$S_{i+1} = S_i + X_i - D_i$, ifadesi ürün akışının korunmasını sağlayan kısıttır. Dönem sonunda elde kalacak stok miktarının, bir önceki aşamadan devreden stok miktarı artı bulunduğu dönemdeki üretim miktarı eksi dönem talebine eşit olması gerekir.

-Dönüşüm Denklemi (Fonksiyonu) ve Amaç Fonksiyonu

Üretimde bulunulacak ayların aşamalara ve üretimi yapılacak olan terlik modellerinin dönem sonu stok düzeyleri durum değişkenine karşılık gelmesi durumunda problemle ilgili dönüşüm denklemleri (yineleme ilişkileri) aşağıdaki gibi olacaktır.

- X_i ; i ' inci aşama üretim düzeylerini,
 S_i ; i ' inci aşama başındaki stok düzeyini,
 S_{i+1} ; i ' inci aşamanın sonundaki stok düzeylerini,
 $c_i(X_i)$; i ' inci aşamanın hazırlık (K_i) ve üretim maliyetinden ($C_i(X_i)$)
oluşan, toplam üretim maliyet değerlerini,
 $h_i S_{i+1}$; i ' inci aşamanın elde bulundurma maliyet değerlerini,
 $f_i(S_{i+1})$; i ' inci aşama dönem başı stok miktarından hareket ederek bu
aşamaya ait üretim ve talep miktarlarına göre hesaplanan
dönem sonu toplam stok maliyetlerini gösterebilirsin.

i ' inci dönem sonu stok maliyeti modele göre i ' inci dönem üretim ve hazırlık maliyeti ile i ' inci dönem boyunca elde bulundurma maliyeti toplamına eşit olacaktır.

İleriye doğru çözüm yolu ile dönüşüm denkleminiz;

1' inci aşama için;

$$f_1(S_2) = c_1(X_1) + h_1 S_2$$

$$X_1, S_2, D_1 \geq 0$$

$$S_2 = S_1 + X_1 - D_1$$

$$X_1 \leq 55000$$

$$S_2 \leq 62500$$

2' inci aşama için;

$$f_2(S_3) = c_2(X_2) + h_2 S_3 + f_1(S_3 + D_2 - X_2)$$

$$X_2, S_3, D_2 \geq 0$$

$$S_3 = S_2 + X_2 - D_2$$

$$X_2 \leq 55000$$

$$S_3 \leq 62500$$

n ' inci aşama için;

$$f_n(S_{n+1}) = c_n(X_n) + h_n S_{n+1} + f_{n-1}(S_{n+1} + D_n - X_n)$$

$$X_n, S_{n+1}, D_n \geq 0$$

$$S_{n+1} = S_n + X_n - D_n$$

$$X_n \leq 55000$$

$$S_{n+1} \leq 62500$$

Dönüşüm denkleminin genel ifadesi;

1' inci aşama için;

$$f_1(S_2) = c_1(X_1) + h_1S_2$$

$$X_1, S_2, D_1 \geq 0$$

$$S_2 = S_1 + X_1 - D_1$$

$$X_1 \leq 55000$$

$$S_2 \leq 62500$$

i ' inci aşama için;

i ' inci dönem sonu stoku S_{i+1} miktarına ilişkin toplam stok maliyeti $f_i(S_{i+1})$ ile gösterildiğinde modele ilişkin dönüşüm fonksiyonu aşağıdaki ifadede gösterildiği gibi olacaktır.

$$f_i(S_{i+1}) = c_i(X_i) + h_iS_{i+1} + f_{i-1}(S_{i+1} + D_i - X_i)$$

$$X_i, S_{i+1}, D_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, 3, 4, \dots, n - 1, n)$$

$$S_{i+1} = S_i + X_i - D_i$$

$$X_i \leq 55000$$

$$S_{i+1} \leq 62500$$

Dönüşüm denklemleri dönem başı stok, üretim, talep ve izleyen dönem sonundaki stok değerlerini veren ilişkidir.

Modelimizin amacı, ürünlerimize olan talepleri tam zamanında karşılamak ve toplam stok maliyetini minimum kılacak optimum stok ve üretim miktarlarını belirlemektir. Bu doğrultuda amaç fonksiyonumuzla maliyet minimizasyonu hedeflenmiştir. Amaç fonksiyonumuz;

$$f_i(S_{i+1}) = \text{minimum} \{ c_i(X_i) + h_iS_{i+1} + f_{i-1}(S_{i+1} + D_i - X_i) \}$$

şeklinde ifade edilecektir.

Modelimiz kullanılacak algoritmanın aşama olarak ifadesi⁴:

$$\underline{1. Aşama}; (S_2 = S_1 + X_1 - D_1)$$

Durum değişkeni;

$$0 \leq S_2 \leq D_2 + D_3 + D_4 + D_5 + D_6$$

S_2 sırasıyla; 0, D_2 , $D_2 + D_3$, $D_2 + D_3 + D_4$, $D_2 + D_3 + D_4 + D_5$,
 $D_2 + D_3 + D_4 + D_5 + D_6$ değerlerini alacaktır.

Karar değişkeni;

$$D_1 \leq X_1 \leq D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5 + D_6$$

X_1 sırasıyla; D_1 , $D_1 + D_2$, $D_1 + D_2 + D_3$, $D_1 + D_2 + D_3 + D_4$,
 $D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5$, $D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5 + D_6$ değerlerini alacaktır.

Geçiş fonksiyonu:

$$f_1(S_2) = \min. \{c_1(X_1) + h_1 S_2\}$$

$$\underline{2. Aşama}; (S_3 = S_2 + X_2 - D_2)$$

Durum değişkeni;

$$0 \leq S_3 \leq D_3 + D_4 + D_5 + D_6$$

S_3 sırasıyla; 0, D_3 , $D_3 + D_4$, $D_3 + D_4 + D_5$, $D_3 + D_4 + D_5 + D_6$
değerlerini alacaktır.

Karar değişkeni;

$$0 \leq X_2 \leq D_2 + D_3 + D_4 + D_5 + D_6$$

X_2 sırasıyla; 0, D_2 , $D_2 + D_3$, $D_2 + D_3 + D_4$, $D_2 + D_3 + D_4 + D_5$,
 $D_2 + D_3 + D_4 + D_5 + D_6$ değerlerini alacaktır.

Geçiş fonksiyonu:

$$f_2(S_3) = \min. \{c_2(X_2) + h_2 S_3 + f_1(S_3 + D_2 - X_2)\}$$

⁴ Başlangıç stok düzeyinin sıfır olması varsayımı ile çözümlenmeye gidilmektedir

3. Aşama; ($S_4 = S_3 + X_3 - D_3$)

Durum değişkeni;

$$0 \leq S_4 \leq D_4 + D_5 + D_6$$

S_4 sırasıyla; 0, D_4 , $D_4 + D_5$, $D_4 + D_5 + D_6$ değerlerini alacaktır.

Karar değişkeni;

$$0 \leq X_3 \leq D_3 + D_4 + D_5 + D_6$$

X_3 sırasıyla; 0, D_3 , $D_3 + D_4$, $D_3 + D_4 + D_5$, $D_3 + D_4 + D_5 + D_6$ değerlerini alacaktır.

Geçiş fonksiyonu:

$$f_3(S_4) = \min. \{c_3(X_3) + h_3S_4 + f_2(S_4 + D_3 - X_3)\}$$

4. Aşama; ($S_5 = S_4 + X_4 - D_4$)

Durum değişkeni;

$$0 \leq S_5 \leq D_5 + D_6$$

S_5 sırasıyla; 0, D_5 , $D_5 + D_6$ değerlerini alacaktır.

Karar değişkeni;

$$0 \leq X_4 \leq D_4 + D_5 + D_6$$

X_4 sırasıyla; 0, D_4 , $D_4 + D_5$, $D_4 + D_5 + D_6$ değerlerini alacaktır.

Geçiş fonksiyonu:

$$f_4(S_5) = \min. \{c_4(X_4) + h_4S_5 + f_3(S_5 + D_4 - X_4)\}$$

5. Aşama; ($S_6 = S_5 + X_5 - D_5$)

Durum değişkeni;

$$0 \leq S_6 \leq D_6$$

S_6 sırasıyla; 0, D_6 değerlerini alacaktır.

Karar değişkeni;

$$0 \leq X_5 \leq D_5 + D_6$$

X_5 sırasıyla; 0, D_5 , $D_5 + D_6$ değerlerini alacaktır.

Geçiş fonksiyonu:

$$f_5(S_6) = \min. \{c_5(X_5) + h_5S_6 + f_4(S_6 + D_5 - X_5)\}$$

$$\underline{6. Aşama (son aşama); (S_7 = S_6 + X_6 - D_6)}$$

Durum değişkeni;

$$S_7 = 0 \text{ değerini alacaktır.}$$

Karar değişkeni;

$$0 \leq X_6 \leq D_6$$

X_6 sırasıyla; 0, D_6 değerlerini alacaktır.

Geçiş fonksiyonu:

$$f_6(S_7) = \min. \{c_6(X_6) + h_6S_7 + f_5(S_7 + D_6 - X_6)\}$$

Firmanın planlama dönemi içindeki toplam stok maliyetini minimum kılacak optimum üretim ve stok miktarını belirlemek adına gerekli bilgilerin elde edilmesinden sonra üretim ve stok probleminin çözümüne geçilebilir. Verilerin çokluğu, hesapların tekrara dayanması, problemin çok aşamalı ve dinamik yapıda olması, hesaplama güçlüklerine neden olacağından çözüm değerleri, geliştirmiş olduğumuz program ile bilgisayar kullanılarak elde edilecektir.

3.4. Çok Aşamalı Deterministik Dinamik Stok Kontrol Modelinin Optimal Karar Verilerini Yazdıran Program

Program Java Framework programlama dili ailesinden üretilmiş olan PHP programlama dili ile yazılmıştır. Veri tabanı olarak MySQL kullanılmıştır. Görsel platformu iyileştirme adına CSS – XHTML – JQuery gibi arayüz geliştiricilerinden yararlanılmıştır.

Dinamikliği sağlama adına değişkenler veri tabanı ile anlık ilişkilendirilmiştir. Programda yapılması gereken işlemler başka bir ifade ile program algoritması aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

1. Başla:

Verilerin anlık kullanımı adına veri tabanına ekleme işlemi;

- Formdan gelen veriler ve veri tanımlamaları:
 - = > Dönem başı stok (S)
 - = > Tüm aşamalar için Dönem Talepleri (D)
 - = > Tüm aşamalar için Birim Üretim Maliyeti (C)
 - = > Tüm aşamalar için Birim Hazırlık Maliyeti (k)
 - = > Tüm aşamalar için Birim Elde Bulundurma Maliyeti (h)
 - = > Depo Kapasitesi (maksimum değer için)
 - = > Üretim Kapasitesi (maksimum değer için)
 - = > Dönem sonu stok

Verileri Post Metoduyla formdan gönder.

- (1-2) Formdan gelen verileri tüm aşamalar için ayrıç sembolünü kullanarak veri tabanına ekle.

2. Verilerin okutulması:

- (2-1) Veri tabanından gelen verileri ayrıçları kullanarak dizi haline getir.
- (2-2) Dizileri 'i' aşama için değişkene aktar.
- (2-3) Dizi değerlerini tabloda ilgili hücreye yaz.

3. İlk aşama için dönem öncesi stok değişkenine bağlı olarak Optimal Maliyet Değerleri' nin işlenmesi.

- (3-1) 1. Aşama için Üretim Miktarını = 1. Aşama Talebi – Dönem Başı Stok denkleminde, hesapla ilgili hücreye yaz.
- (3-2) Dönem Sonu Stok Miktarını = Dönem Başı Stok + 1. Aşama için Üretim Miktarı – 1. Aşama Talebi denkleminde, hesapla ilgili hücreye yaz.
- (3-3) Elde Bulundurma Maliyetini = 1. Aşama Birim Elde Bulundurma Maliyeti * Dönem Sonu Stok Miktarı denkleminde, hesapla ilgili hücreye yaz.
- (3-4) Üretim maliyetini = 1. Aşama Hazırlık Maliyeti+1. Aşama Birim Ürün Maliyeti* Üretim Miktarı denkleminde, hesapla ilgili hücreye yaz.

- (3-5) 1. Aşama Toplam Stok Maliyeti için bir şart değişkeni oluştur. Şart değişkeni = 1. Aşama Dönem Sonu Stok - 1. Aşama Dönem Başı Stok + 1. Aşama Talep;
=>(3-5-1) Şart değişkeni (3-1)' e eşit mi?
=>(3-5-2) EVET → Toplam Stok Maliyeti = Üretim maliyeti + Elde Bulundurma Maliyeti' ni bul ve bu veriyi Toplam Stok Maliyetleri adı altında bir diziye ekle ve ilgili hücreye yaz.
=>(3-5-4) HAYIR → Toplam Stok Maliyeti = '---' (Hesaplamaya dahil olmayacak veri; bu veriyi (3-1) ve (3-2) değerlerine göre unset yap) hesapla ilgili hücreye yaz.
- (3-6) “3-5-2” deki dizi elemanlarının içinden değeri en küçük olanı hesapla ve ilgili hücreye yaz. Şayet dizi boşsa “3-5-4” sonucunu ilgili hücreye yaz.
- (3-7) “3-5-1” sağlanıyorsa (3-1)' i (3-2) değişkenine bağlı olarak ilgili hücreye yaz.
- (3-8) Üretimin geriye kalan tüm aşamaların talebini karşılayacak düzeyde kümülâtif toplam için (2-2)' de oluşturulan dizi elemanları ile döngü oluştur.
- (3-9) Dönem Sonu Stok Miktarı değişkenini baz alarak (2-2)' de oluşturulan dizi elemanları ile döngü oluştur.

4. Bir önceki aşamadan stok kalma ihtimalini göz önüne alarak, dönem taleplerinin dizisinde ilk elemanı “0” olarak kabul etmek için bir döngü ile dizileri düzenleme sonucu, aşama taleplerini tekrar üç boyutlu dizi haline getir.

5. Bir önceki aşamadan gelen stok değişkenine ve maliyet değerlerine bağlı olarak “n” aşama kadar optimal alternatiflerin işlenmesi.

- (5-1) i. aşama için üretim miktarını = i. Aşama Talebi – i. Aşama Dönem Başı Stok, hesapla ve ilgili hücreye yaz (Dönem Başı Stok “0” olarak varsayılacaktır).

- (5-2) i. Aşama Dönem Sonu Stok Miktarını = Dönem başı stok + i. Aşama için Üretim Miktarını – i. Aşama Talebi, denklemden hesapla ve ilgili hücreye yaz.
- (5-3) i. Aşama Elde Bulundurma Maliyetini = i. Aşama Birim Elde Bulundurma Maliyeti * i. Aşama Dönem Sonu Stok Miktarı, denklemden hesapla ve ilgili hücreye yaz.
- (5-4) i. Aşama Üretim Maliyetini = i. Aşama Birim Hazırlık Maliyeti + i. Aşama Birim Ürün Maliyeti * i. Aşama Üretim Miktarı, denklemden hesapla ve ilgili hücreye yaz.
- (5-5) Toplam Üretim Maliyeti için bir şart değişkeni oluştur.
Şart değişkeni = i. Aşama Dönem Sonu Stok - i. Aşama Dönem Başı Stok + i. Aşama Talep
=>(5-5-1) Şart değişkeni (5-1) e eşit mi?
=>(5-5-2) EVET →Toplam Stok Maliyeti = Üretim Maliyeti + Elde Bulundurma Maliyeti denklemden bul ve bu veriyi Toplam Stok Maliyetleri adı altında bir diziye ekle ve ilgili hücreye yaz.
=>(5-5-4) HAYIR →Toplam Stok Maliyeti = ‘---’ (hesaplamaya dahil olmayacak veri; bu veriyi (5-1) ve (5-2) değerlerine göre unset yap) hesapla ve ilgili hücreye yaz.
- (5-6) “5-5-2” deki dizi elemanları içinden değeri en küçük olanı hesapla ve ilgili hücreye yaz. Şayet dizi boşsa “5-5-4” sonucunu ilgili hücreye yaz.
- (5-7) “5-5-1” sağlanıyorsa (5-1)’ i (5-2) değişkenine bağlı olarak ilgili hücreye yaz.
- (5-8) Üretimin geriye kalan tüm aşamaların talebini karşılayacak düzeyde kümülâtif toplam için (2-2) de oluşturulan dizi elemanları ile döngü oluştur.
- (5-9) Dönem Sonu Stok Miktarı değişkenini baz alarak (2-2)’ de oluşturulan dizi elemanları ile döngü oluştur.
- (5-10) “2-2” de oluşturulan aşamalar dizisinde, 1. Aşamayı dâhil etmeden döngü oluştur.

6. Optimal Çözüm değerlerini, her aşamanın optimal maliyet değerleriyle ilişkilendirip işlenmesi:

- (6-1) “3-5” de oluşturulan Toplam Stok Maliyetleri dizilerinden değer olarak en küçük değerde olanı seç ve Optimal Çözüm adı altında bir dizi oluştur. Bu diziye ekle, tabloda ilgili hücreye yaz.
- (6-2) Seçilen en küçük değerın ilgili Dönem Sonu Stok ve Üretim Miktarları’ nı tabloda ilgili hücreye yaz.
- (6-3) Aşama değişkenine bağlı döngüye girmemesi için aşama değişkenini 1. Aşama olarak kabul et.
- (6-4) “5-5” de oluşturulan Toplam Stok Maliyetleri dizilerinden değer olarak en küçük olan değeri kullanarak, Optimal Çözüm adı altında bir dizi oluştur. Bu diziye ekle ve tabloda ilgili hücreye yaz.
- (6-5) Seçilen en küçük değerin ilgili Dönem Sonu Stok ve Üretim Miktarları’ nı tabloda ilgili hücreye yaz.
- (6-6) “2-2” de oluşturulan dizi elemanlarından 1. Aşama unsurlarını çıkararak döngü oluştur.

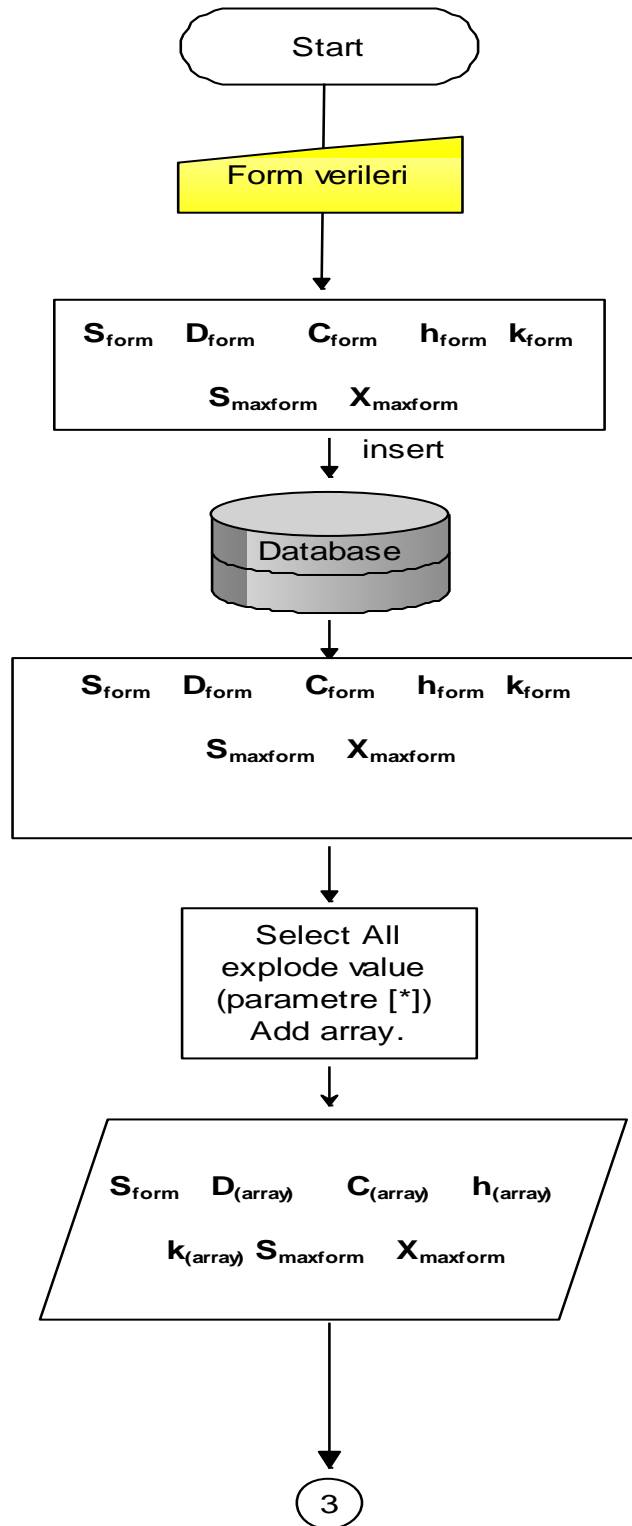
7. Optimal Çözüm Tablosu değerlerinden, aşama bazında en uygun maliyeti seçerek son aşama Dönem Sonu Stok Miktarı’ nın sıfır olması şartıyla optimal kararların işlenmesi:

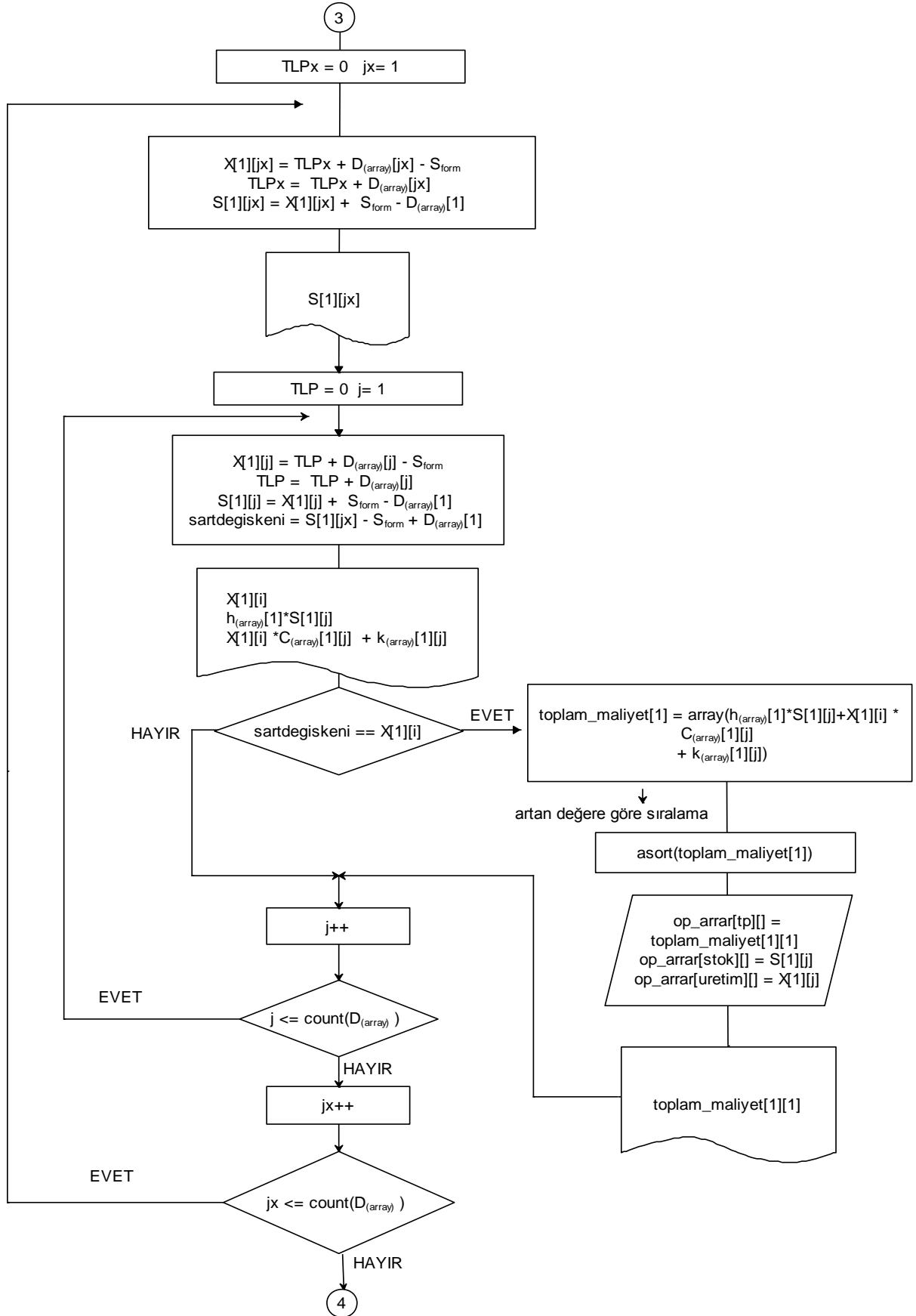
- (7-1) Son aşamanın indisini bul, “6-4” de oluşturulan dizide karşılığını değişkene aktar ve son aşama Optimal Karar olarak ilgili Dönem Sonu Stok ve Üretim Miktarı değişkenleriyle birlikte ekrana yaz. Aşama Maliyeti’ ni, Toplam Maliyet’ ten çıkararak bir önceki dönemden gelen maliyeti, değişken olarak oluştur.
- (7-2) Bulunan aşama indisinden bir eksilterek 1. Aşamaya kadar döngü oluştur.
- (7-3) Oluşan döngü kat sayısını aşama indisi olarak kabul et “6-2” den gelen değişkeni “6-1” ve “6-4” de oluşturulan Optimal Çözüm dizi elemanlarıyla eşleştir ve değişkene karşılık gelen Aşama Maliyeti’ ni, Optimal Karar olarak döngü katsayısıyla ekrana yaz. Aşama Maliyeti’ ni Toplam Maliyet’ ten çıkararak “6-1” de oluşturulan değişkene aktar.

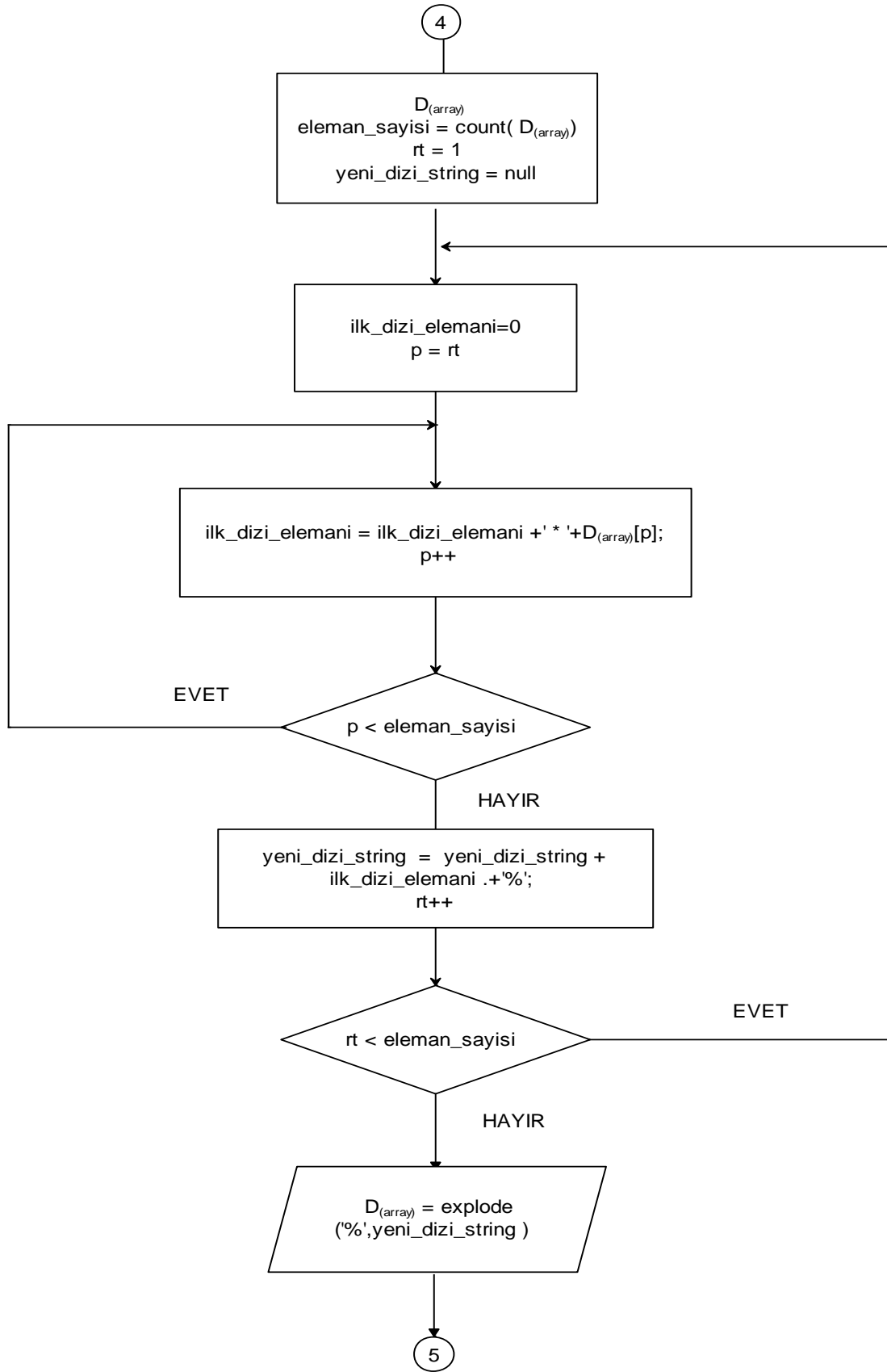
Optimum stok ve üretim miktarını belirlemeye yönelik problemin dinamik programlama çözümü ile ilgili bilgisayar programının akış şeması, yukarıda detaylandırılan algoritma bilgilerinden yararlanılarak çizilebilir. Öncelikle, akış şemasında kullanılmak üzere belirlenmiş olan değişkenlerin açıklamalarını yapmak gerekir.

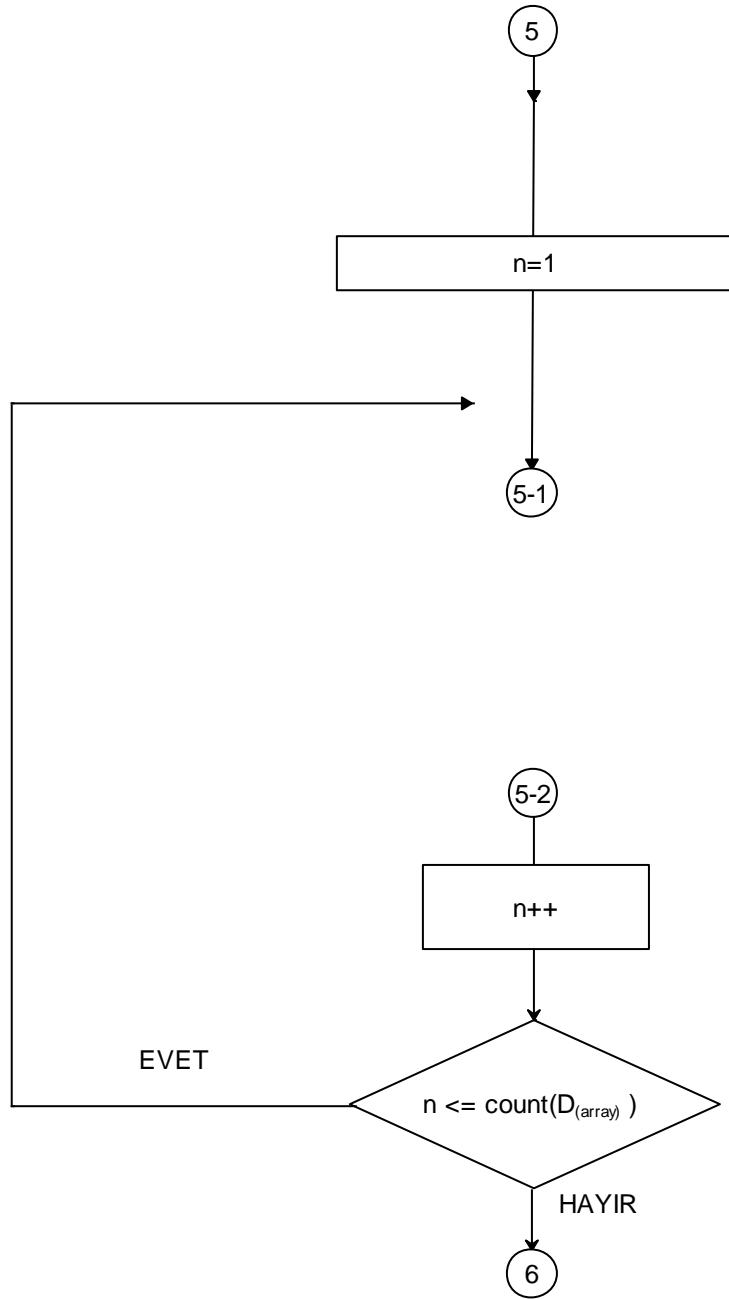
Akış Şeması Değişken ve Fonksiyon Tanımlamaları

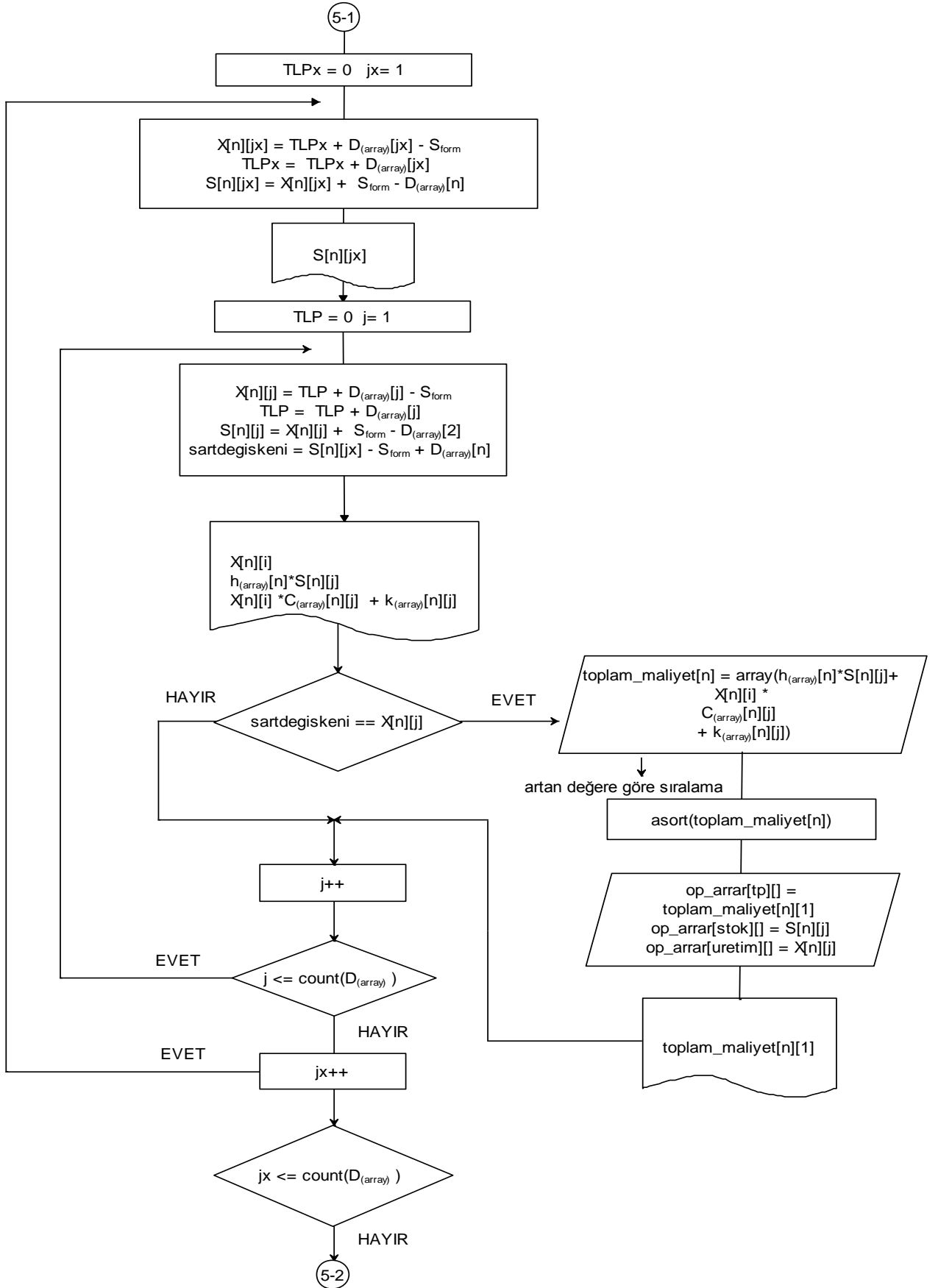
n	: Aşama katsayısı
i	: Cari aşama
S_{n+1}	: n. Aşama Dönem Sonu Stok
X_n	: n. Aşama Üretim Miktarı
h_n	: n. Aşama Birim Elde Bulundurma Maliyeti
k_n	: n. Aşama Birim Hazırlık Maliyeti
C_n	: n. Aşama Birim Üretim Maliyeti
f_n	: n Aşama fonksiyonu $= > (h_n \cdot S_{n+1}) + (k_n + C_n \cdot X_n)$
D_n	: n Aşama talepleri
$D_{(array)}$: Tüm Aşamaların Talep dizisi
$h_{(array)}$: Tüm Aşamaların Birim Elde Bulundurma Maliyet dizisi
$k_{(array)}$: Tüm Aşamaların Birim Hazırlık Maliyet dizisi
$C_{(array)}$: Tüm Aşamaların Birim Üretim Maliyet dizisi
$Değişken[indis]$: İndis kullanım gösterimi

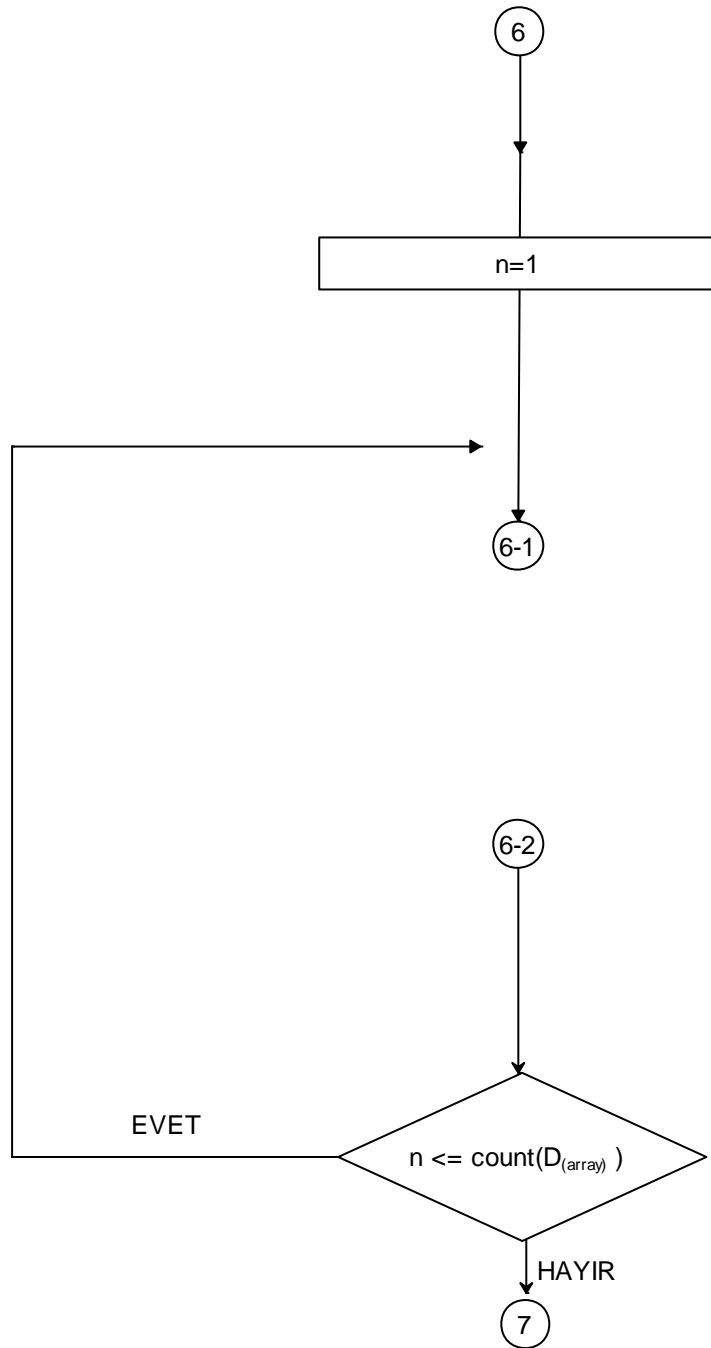


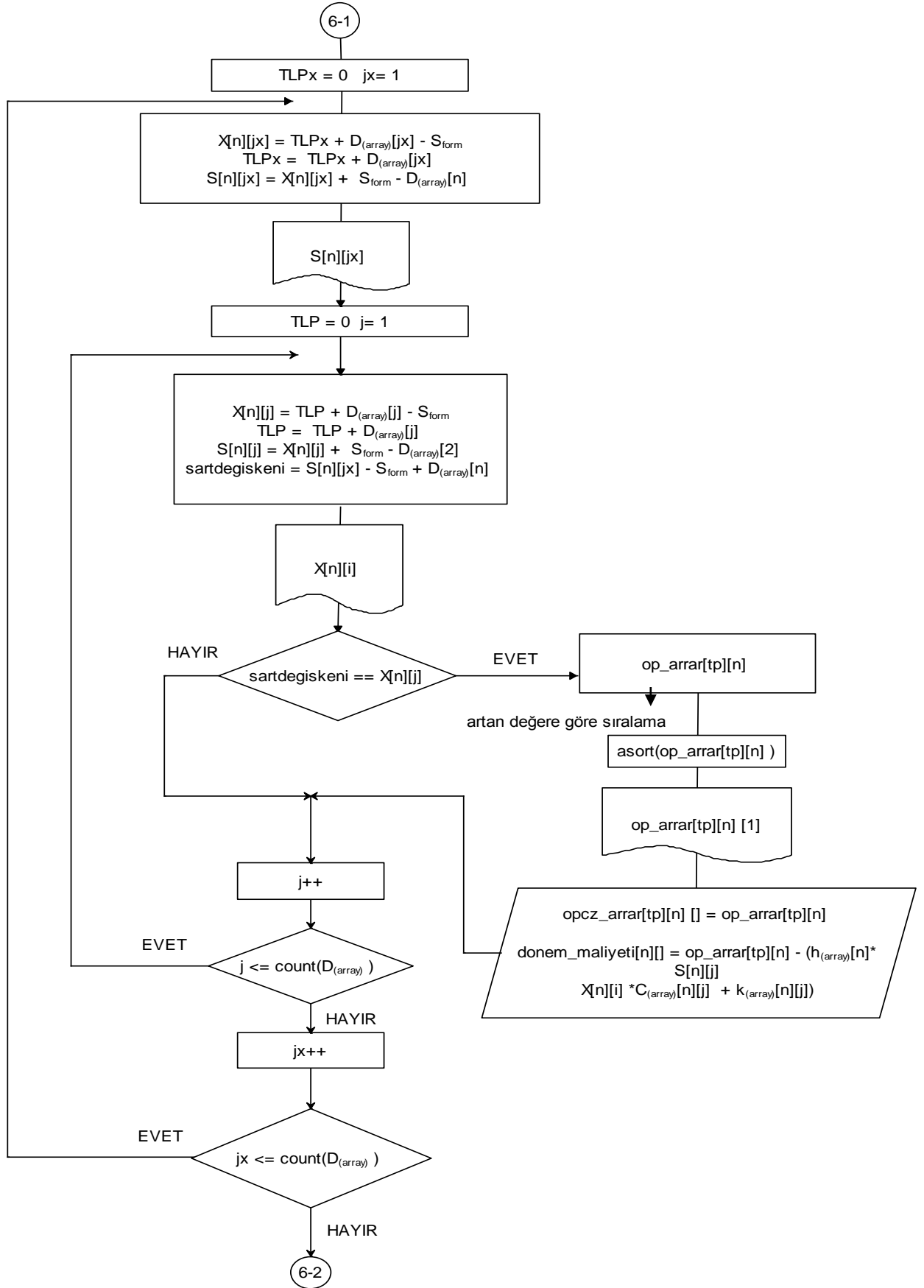


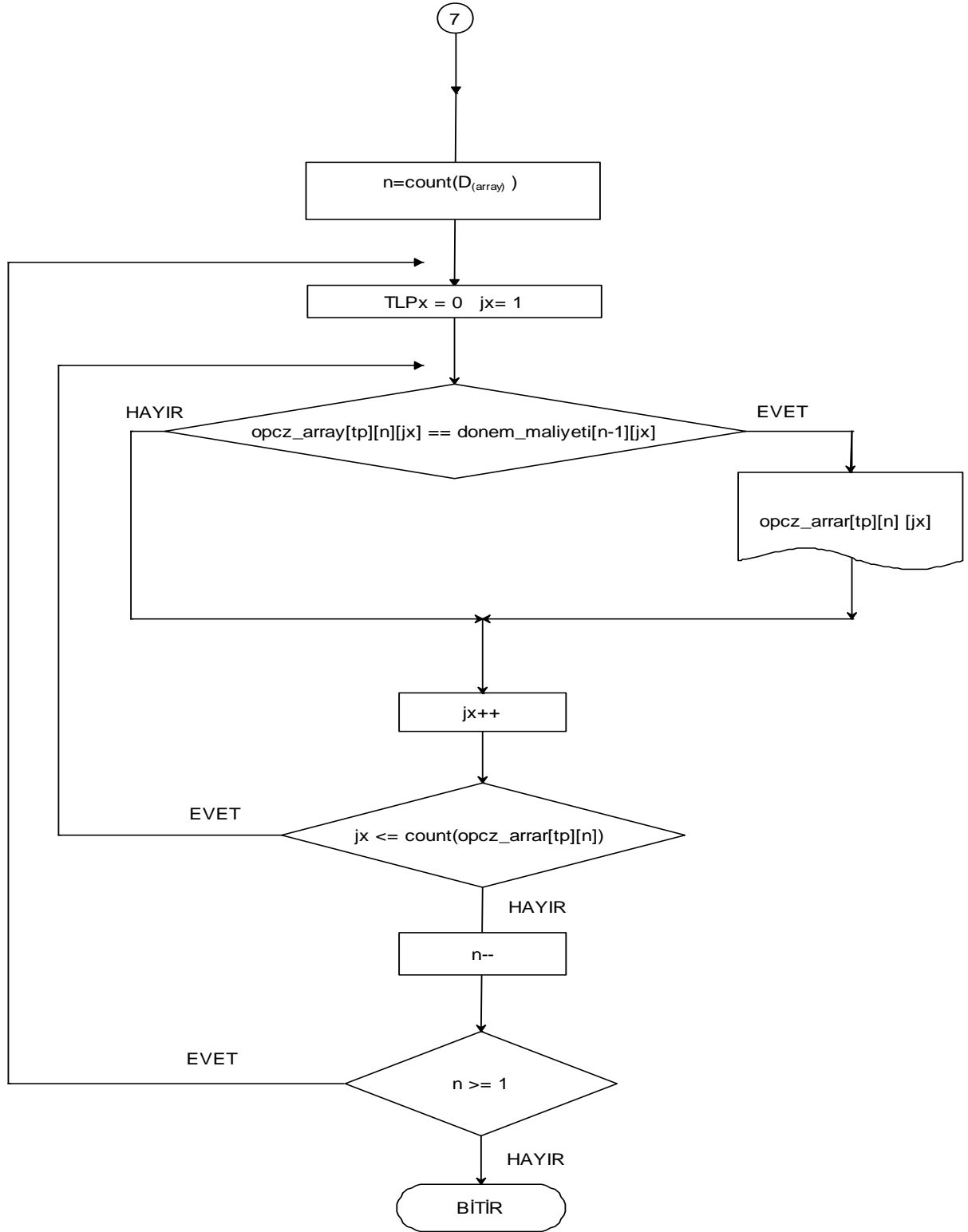












Şekil: 10. Stok ve Üretim Karar Probleminin Çözümü Adına Geliştirilen Dinamik Programlama Programının İlgili Akış Şeması

Şekil: 10.' da gösterilen akış şemasını kullanarak hazırlanan bilgisayar programı (stabil kodları) Ek: 1.' de gösterildiği gibidir. Çok aşamalı stok kontrol probleminin dinamik programlama ile çözümü, bu program vasıtasıyla elde edilecektir. Programın veriler üzerindeki değişikliklere cevap vermesi adına değişkenler veri tabanına anlık ilişkilendirilmiştir. Programda aşama sınırlanmasına gidilmemiş ve çok büyük boyuttaki problemlerin çözümüne imkân verecek şekilde tasarlanmıştır.

Problem çözümü için geliştirmiş olduğumuz program üç kısımda incelenebilir. Birinci kısım tüm aşamalarla ilgili ön hesaplamaların yapıldığı bölümdür; her bir aşamanın talep değerleri yardımıyla belirlenen, dönem sonu stok ve üretim değerleri kullanılarak üretim, elde bulundurma ve toplam stok maliyetleri hesaplanır ve belirli dönüşüm işlemleri sonunda her aşama için en iyi kararlar alınır. İkinci kısımda tüm aşamaların en iyi çözüm sonuçları optimal çözüm tablosuna aktarılır. Optimal çözüm (sonuç) tablolarında olası durum değişkenlerini (dönem sonu stok) maliyet açısından minimize eden karar değişkenleri (üretim) tespit edilerek her aşama için optimal politika kararlarını gösteren sonuçlar toplu halde gösterilir. Son kısımda ise planlama döneminin toplam stok maliyeti belirlenir ve tüm aşamaları optimize edecek olan politika kararı programda hesaplanarak gösterilir. Oluşturulan karar tablosunda her aşama için üretimi ve stoku yapılacak ürün miktarları sırasıyla gösterilir.

Problem çözümü için gerekli olan veri yapıları Tablo: 1., Tablo: 2., Tablo: 3. ve Tablo: 4.' te yer alan talep ve maliyet değerlerinden elde edilmiştir. Tüm aşamaların veri yapılarına göre programla elde edilen her bir aşamanın ilgili ön hesaplamalarının yapıldığı çözüm tabloları Ek: 2' de gösterildiği üzeredir. Çözüm tablolarından çıkartmış olduğumuz ve her bir aşama için en iyi maliyet değerlerini gösteren optimal çözüm tablosu Tablo: 6.' da gösterilmiştir. Tüm aşamaların dönem sonu stok miktarına ilişkin en küçük dönem sonu stok maliyet değeri ve bunu sağlayan üretim değeri tablodan görülebilir. Tablodaki ifadeleri daha iyi anlayabilmek adına bir örnek verecek olursak; 1. Aşama' da dönem sonu stok düzeyinin 8126 adet olması durumunda en iyi dönem sonu stok maliyet değerimiz 388.241,4162 TL ve bunu sağlayan üretim miktarı da 14146 birim olmaktadır. 14146

adet üretimin 6020 adet olan kısmı 1. Aşama talebini karşılar geriye kalan 8126 adet olan kısmı ise 2. Aşama'ya aktarılır.

AŞAMA 1. (KASIM 2011)		
S₂	f₁(S₂)	X₁*
0	161817.7396	6020
8126	388241.4162	14146
18106	666325.1342	24126
28182	947083.8058	34202
36784	1186770.794	42804
43168	1364655.2084	49188
AŞAMA 2. (ARALIK 2011)		
S₃	f₂(S₃)	X₂*
0	388241.4162	0
9980	676329.0862	0
20056	967187.9402	0
28658	1215497.5732	0
35042	1399781.3092	0
AŞAMA 3. (OCAK 2012)		
S₄	f₃(S₄)	X₃*
0	665685.5687	9980
10076	956015.4327	20056
18678	1203873.4607	28658
25062	1387822.0367	35042
AŞAMA 4. (ŞUBAT 2012)		
S₅	f₄(S₅)	X₄*
0	935521.0283	10076
8602	1174535.3401	18678
14986	1351920.5257	25062
AŞAMA 5. (MART 2012)		
S₆	f₅(S₆)	X₅*
0	1166570.9583	8602
6384	1344462.3951	14986
AŞAMA 6. (NİSAN 2012)		
S₇	f₆(S₇)	X₆*
0	1336385.5168	6384

Tablo: 6. Tüm Aşamaların Optimal Çözüm Değerlerini Gösteren Sonuç Tablosu

3.5. Problemin Çözüm Sonuçları

Problemin, geliştirilen bilgisayar programı ile elde edilen optimum çözüm değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Bu tabloda bulunan değerler, planlama dönemi sonunda hesaplanan en düşük toplam stok maliyetini sağlayan optimum üretim ve dönem sonu stok miktarlarını, her aşama için ayrı ayrı ifade etmektedir.

AYLAR	ÜRETİM (Adet)	DÖNEM SONU STOK (Adet)
KASIM 2011	14146	8126
ARALIK 2011	0	0
OCAK 2012	9980	0
ŞUBAT 2012	10076	0
MART 2012	8602	0
NİSAN 2012	6384	0
<u>TOPLAM STOK MALİYETİ</u>		<u>1336385.5168 TL</u>

Tablo: 7. Planlama Dönemi Optimum Stok ve Üretim Miktarı Çözüm Değerleri

En iyi toplam stok maliyetine ulaşmak için Aralık ayında üretim yapılmayıp, ilgili aşamanın talebi stoklardan karşılanmıştır. Kasım ayında Kasım ve Aralık aylarının talepleri toplamı kadar ($6020+8126=14146$) üretim yapılmış ve bu şekilde Kasım ayı talebi karşılanarak Aralık ayı talebi için 8126 adet ürün stoklara alınmıştır. Daha sonraki aylarda ise bulunulan aşamanın talep miktarı kadar üretim yapıp, izleyen döneme stok aktarılmamıştır. 6 aylık planlama dönemi içinde dinamik programlama yöntemiyle, en düşük toplam stok maliyetini sağlayan üretim ve stok miktarlarının çözüm değerleri yukarıdaki tabloda gösterildiği gibi olacaktır.

Tablo: 6.' da son aşama olan Nisan ayının en iyi maliyet değeri planlama dönemi toplam stok maliyetini göstermektedir. Buna göre 6 aylık planlama döneminin toplam stok maliyeti Tablo: 7.' de belirtildiği üzere 1.336.385,5168 TL olarak tespit edilmiştir. Bu değer toplam stok maliyetini kullandığımız yönteme göre minimum kılan değerdir.

Firma kantitatif bir analiz tekniği kullanmadan geçmiş tecrübelerine dayanarak Tablo: 1.' de gösterilen miktarlarda üretim yapmış ve bunun neticesinde 1.389.613,9716 TL' lik toplam stok maliyetine maruz kalmıştır. Firma çok aşamalı stok ve üretim kararı alırken dinamik programlama tekniğini kullanmış olsaydı şayet, planlama dönemi maliyetini 53.228,4548 TL kadar azaltabilecekti. Uygulamamız da gösteriyor ki dinamik programlama ile gerçekleştirilen çözüm sayesinde önemli miktarlarda maliyet avantajı elde edilmektedir.

Bilimsel yöntemlerden faydalanılarak yapılan üretim planlaması neticesinde üretim ve stok unsurları hakkında önceden yapılan saptamalar, firmanın daha etkin ve verimli çalışmasına yardımcı olur. Ürün için kullanılacak olan hammadde ve yardımcı malzemeler doğru bir şekilde tespit edilerek, üretimde yaşanabilecek olası aksaklıkların önüne geçilmiş olunur. Alternatif yatırım olanaklarından daha etkin bir şekilde yararlanma şansına sahip olacak firma, tam kapasiteyi yakalamak adına farklı iş olanaklarını değerlendirme fırsatı bulacaktır. Programlama vasıtasıyla her ay için üretimi yapılacak veya stoklanacak ürünlerin miktarları belirlenir ve bu şekilde teslimat gecikmelerinde uygulanacak olan cezai yaptırımların önüne geçilir. Ayrıca firma, gecikme riskine karşı fazladan üretim yapmayarak, atıl kalan sermayesini daha kârlı yatırımlarda kullanma şansına sahip olacaktır.

SONUÇ

Artan rekabet ortamında, müşteri memnuniyeti odaklı politikalar izleyen firmalar için stoklar, son derece önemli bir kavram haline gelmiştir. Pazardaki payını korumak veyahut da genişletmek isteyen firmalar, oluşan talebe en hızlı şekilde cevap verebilmek adına stok tutmak zorundadırlar. Ayrıca uygun miktarlarda stok bulundurulması, üretim için gerekli olan hammadde ve yardımcı malzemelerin eksikliğinde, işletme faaliyetlerinde yaşanabilecek aksaklıkların önüne geçilmesi anlamına gelmektedir. Bu gibi sebeplerden ötürü stok yatırımlarına verilen önem giderek artmaktadır ki üretim işletmelerinin toplam varlıklarının önemli bir bölümü stoklara ayrılmaktadır. Stokların likiditesinin, diğer dönen varlıklara göre daha düşük olması hasebiyle gereğinden fazla stok tutmak işletmeler için büyük bir sorundur. Stokların bu gibi sakıncalı taraflarını tolere edecek ve işletme menfaatine kullanılabilir niteliklerini, ortaya çıkarmak adına stok planlamasına önem vermek gereklidir. Dengeli ve etkin bir stok planlaması ile uygun miktarlarda stok bulundurma, işletme faaliyetlerinin sürekliliğini sağladığı gibi stok yatırımlarına ayrılan sermayenin verimli bir şekilde kullanılmasını sağlar.

İşletmeler etkin bir stok kontrol sistemi ile en iyi stok miktarını belirleyerek, belirli büyüklükteki üretimlerin başlaması için gerekli olan hazırlık ve stok tutmaktan ötürü ortaya çıkan elde bulundurma masrafları arasında optimum bir denge oluşturabilir ve bu şekilde maliyet minimizasyonunu gerçekleştirebilirler. Saydığımız maliyet unsurları arasında optimum politikayı verecek olan stok düzeyini belirlemek için kantitatif tekniklerden yararlanmak gereklidir.

Stok kontrolüne ilişkin birçok model ve kantitatif analiz tekniğinin verimlilik ve ekonomiklik yönünden birbirine karşı üstünlükleri vardır. Dinamik programlama tekniği stok kontrolü, yatırım projeleri seçimi, üretim planlama, sermaye yatırımları gibi işletme problemlerinin deterministik ve stokastik, doğrusal, doğrusal olmayan, değişik tipteki modellerine uygulanabilmesi nedeniyle iktisadi yaşamdaki birçok sorunun çözümlenmesinde kullanılabilir. Farklı tipteki modellere uygulanabilen dinamik programlama tekniği, daha az bilgi gerektirmesi ve

diğer kantitatif analiz tekniklerine göre karmaşık olmayan hesaplamaları içerdiğinden ötürü daha avantajlı bir metoddur.

Stok ve üretim süreçlerinin zaman bakımından çok aşamalı olması, dinamik programlama yönteminin bu tür problemlere rahatlıkla uygulanmasını sağlar. Stok ve üretim kararları belirli periyotlarda tekrarlandığı için bu tür karar süreçleri dinamik bir yapı arz etmektedir. Ayrıştırılan problemlerin her aşamasında durum ve karar değişkenleri belirlenerek, belirli hesaplamalar neticesinde optimal kararların verilmesi ile planlama dönemi için optimal politikanın saptanması daha sağlıklı ve daha kolay olacaktır. Bu sayede en düşük toplam stok maliyetini belirleyen en uygun stok ve üretim değerleri her aşama için tespit edilmiş olunacaktır.

Yaptığımız uygulama çalışması, rassallığın olmadığı ve değerlerin önceden tam olarak bilindiği çok aşamalı deterministik karar süreçleri için ileriye doğru gidişte tablosal hesaplama yöntemin kullanıldığı stok problemlerinin çözümü için örnek teşkil etmektedir. Orta ölçekteki bir ayakkabı üretim firmasının verileri kullanılarak, dinamik programlama modeli, geliştirilen yazılım ile bilgisayar ortamında kurulmuş ve stok maliyetlerinin optimizasyonu sağlayan en iyi çözüm değerlerine ulaşılmaya çalışılmıştır. Çalışmamızın sonuçlarına göre stok planlamasında kantitatif bir analiz tekniğinin kullanımı ile toplam stok maliyetlerinde önemli tasarruflar elde edilmektedir.

Dinamik programlamanın genel bir formülizasyonu ve algoritması olmadığından, firmalar verimliliklerini artırmak adına kendi problem yapılarına göre örnek biçimler içinden en uygun olan modeli seçmeli ve kendi koşullarına göre modeli geliştirecek belirli düzenlemeler yapmalıdırlar. Ele alınan her problem için problemin yapısına uygun eşitlikler geliştirilmelidirler. Elde edilecek sonuçların doğru olması adına belli etütler yaparak ve geçmiş tecrübelerine dayanarak kendi sınır koşullarını belirlemelidirler. Kullanılacak değişkenlere ait verilerin gerçeğe uygun değerler olması, stoklarla ilgili optimal karar politikasının başarısını yakından ilgilendirmektedir. Bu yüzden analizlerin titizlikle yapılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Bellman, R. (1957). *Dynamic Programming*. Princeton-New Jersey: Princeton University Press

Bertsekas, D. P. (2005). *Dynamic Programming and Optimal Control – Volume I*. Belmont: Athena Scientific

Cinemre, N. (1997). *Yöneylem Araştırması*. 1. Baskı. İstanbul: Beta Yayınları

Doğan, İ. (1995). *Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları*. 2. Baskı. İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi

Doğruer, İ. M. (2005). *Üretim Organizasyonu ve Yönetimi*. 1. Baskı. İstanbul: Alfa Yayınları

Demir, M. H. ve Ş. Gümüsoğlu. (2009). *Üretim Yönetimi (İşlemler Yönetimi)*. 7. Baskı. İstanbul: Beta Yayınları

Devrez, G. (1966). *İşletmelerde Stok Kontrolü*. No:7. Ankara: İşletme İktisadi ve Muhasebe Enstitüsü Yayınları

Erenoğlu, H. (1973). *İşletmelerde Stokların Yönetimi ve Değerlemesi*. Baskı Yok. Ankara: Devlet Yatırım Bankası Yayını

Gaither, N. (1992). *Production and Operations Management*. 5th. Edition. New York: The Dryden Press

Gençyılmaz, G. (1988). *Stok Sistemleri Yönetimi I*. Baskı Yok. İstanbul: İ.Ü. İşletme Fakültesi Üretim Anabilim Dalı Yayınları

Halaç, O. (1978). *Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması)*. No: 86. İstanbul: İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayınları

Hillier F. S. ve J. G. Liberman. (2001). *Introduction of Operations Research*. 7th. Edition. New York: McGraw – Hill

Jakson, D. M. ve D. R. Zerbe. (1968). Determination and Standard Sizes To Be Manufactured Using Dynamic Programming. *The Journal of Industrial Engineering*. 19.8, 401-406

Kara, İ. (1986). *Yöneylem Araştırması: Doğrusal Olmayan Modeller*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Basımevi

Karayalçm, İ. İ. (1979). *Harekat Araştırması (Yöneylem Araştırması)*. Geliştirilmiş 2. Baskı. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları

Kobu, B. (2006). *Üretim Yönetimi*. 13. Baskı. İstanbul: Beta Yayınları

Köseoğlu, Y. (1979). *Harekat Araştırması*. Baskı Yok. İstanbul: İ.D.M.M.A. Yayınları

Krajewski, L. J. ve L. P. Ritzman. (2002). *Opereration Management: Strategy and Analysis*. 6th. Edition. New Jersey: Prentice Hall

Lew, A. ve H. Mouch. (2007). *Dynamic Programming: A Computational Tool*. 1st. Edition. New York: Springer

Magee, J. F. ve D.M. Boodman. (1967). *Production Planning and Inventory Control*. 2nd. Edition. New York: McGraw-Hill

Narasimhan, S.L., D.W. McLeavey ve P.J. Billington. (1995). *Production Planning and Inventory Control*. 2nd. Edition. New York: Prentice Hall

Özkan, Ş. (2005). *Yöneylem Araştırması (Nicel Karar Teknikleri)*. 1. Baskı. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım

Öztemel, E. (Ed.). (2009). *Endüstri Mühendisliğine Giriş*. 1. Baskı. İstanbul: Papatya Yayıncılık

Öztürk, A. (2002). *Yöneylem Araştırması*. 8. Baskı. Bursa: Ekin Kitabevi Yayınları

- Parlıtı, N., E. Aydoğan ve A. Koçak.** (2007). *Üretim Yönetimi*. 1. Baskı. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım
- Sezen, H. K.** (1998). *Dinamik Programlama*. 1. Baskı. Bursa: Ekin Kitabevi
- Shamplin, J.E. ve G.T. Stevens.** (1974). *Operations Research; A Fundamental Approach*. New York: McGraw Hill
- Teichroew, D.** (1975). Dinamik Programlama. E. Akan (çev.). *B.İ.T.İ.A. Dergisi*. IV.1
- Tanrıverdi, H.** (2011). *Üretim Yönetimi*. 1. Baskı. İstanbul: Lisans Yayıncılık
- Tatar, T.** (1982). *İşletmelerde Üretim Yönetimi ve Teknikleri*. No:4. Ankara: Ankara Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Yayınları
- Taha, H. A.** (2007). *Operations Research; An Introduction*. 8th. Edition. New Jersey: Pearson Prentice Hall
- Tulunay, Y.** (1980). *Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları*. Baskı Yok. İstanbul: Sermet Matbaası
- Turban, E. ve J. R. Meredith.** (1988). *Fundamentals of Management Science*. Texas: Business Publications
- Tütek H. H. ve Ş. Gümüšođlu.** (2000). *Sayısal Yöntemler – Yönetimsel Yaklaşım*. 3. Baskı. İstanbul: Beta Yayın Dağıtım
- Yamak, O.** (2004). *Üretim Yönetimi (Sistemsel Bir Yaklaşım)*. 4. Baskı. İstanbul: Türkmen Kitabevi
- Wagner, H.M. ve T.M. Whitin.** (1958). Dynamic Version of the Economic Lot Size Model. *Management Science*. 50.12, 89-96.
- White, D. J.** (1969). *Dynamic Programming*. Edinburg: Oliver and Boyd

Winston, W. L. (2004). *Operations Research; Applications and Algorithms*. 4th. Edition. New York: Thomson Learning

Yenersoy, G. (1990). *Malzeme Yönetim Sistemleri*. No:1. İstanbul: MA-PA Yayınları

Ek: 1. Optimum Stok ve Üretim Miktarlarını Hesaplayan Bilgisayar Programının
Stabil Kodları

Connection sayfası kodları

```
<?php
```

```
// MySQL bağlantısı
```

```
$hostname_verisi_tabanisi = "localhost";
```

```
$database_verisi_tabanisi = "veritabanı_adi";
```

```
$username_verisi_tabanisi = "root";
```

```
$password_verisi_tabanisi = "";
```

```
$verisi_tabanisi = mysql_pconnect($hostname_verisi_tabanisi,
```

```
$username_verisi_tabanisi, $password_verisi_tabanisi) or
```

```
trigger_error(mysql_error(),E_USER_ERROR);
```

```
// MySQL eklenecek veri tipi kontrolü fonksiyonu
```

```
function GetSQLValueString($theValue, $theType, $theDefinedValue = "",
```

```
$theNotDefinedValue = "")
```

```
{
```

```
    if (PHP_VERSION < 6) {
```

```
        $theValue = get_magic_quotes_gpc() ? stripslashes($theValue) : $theValue;
```

```
    }
```

```
    $theValue = function_exists("mysql_real_escape_string") ?
```

```
mysql_real_escape_string($theValue) : mysql_escape_string($theValue);
```

```
switch ($theType) {
```

```
    case "text":
```

```
        $theValue = ($theValue != "") ? "" . $theValue . "" : "NULL";
```

```
        break;
```

```
    case "long":
```

```
    case "int":
```

```
        $theValue = ($theValue != "") ? intval($theValue) : "NULL";
```

```
        break;
```

```
    case "double":
```

```
        $theValue = ($theValue != "") ? doubleval($theValue) : "NULL";
```

```
        break;
```

```
    case "date":
```

```
        $theValue = ($theValue != "") ? "" . $theValue . "" : "NULL";
```

```
        break;
```

```
    case "defined":
```

```
        $theValue = ($theValue != "") ? $theDefinedValue : $theNotDefinedValue;
```

```
        break;
```

```
}
```

```
return $theValue;
```

```

}

// MySQL' den verileri bir diziye aktarıyoruz
mysql_select_db($database_verisi_tabanisi, $verisi_tabanisi);
$query_degerler = "SELECT * FROM sabitler";
$degerler = mysql_query($query_degerler, $verisi_tabanisi) or die(mysql_error());
$row_degerler = mysql_fetch_assoc($degerler);
        $totalRows_degerler =
        mysql_num_rows($degerler);

?>

```

Sabit verileri ekleme/güncelleme sayfası kodları
<?php

```

// MySQL' e bağlanıyoruz
require_once('Connections/verisi_tabanisi.php');

// formdan gelen verileri MySQL' ye gönderip güncelleme yapıyoruz
if ((isset($_POST["MM_update"])) && ($_POST["MM_update"] == "form1")) {
    $updateSQL = sprintf("UPDATE sabitler SET dbstok=%s,pad=%s, dtalep=%s,
    dbhmal=%s, dburmal=%s, dbelmal=%s, depkap=%s, fabkap=%s,dsonstok=%s
    WHERE id=%s",
        GetSQLValueString($_POST['dbstok'], "text"),
        GetSQLValueString($_POST['pad'], "text"),
        GetSQLValueString($_POST['dtalep'], "text"),
        GetSQLValueString($_POST['dbhmal'], "text"),
        GetSQLValueString($_POST['dburmal'], "text"),
        GetSQLValueString($_POST['dbelmal'], "text"),
        GetSQLValueString($_POST['depkap'], "text"),
        GetSQLValueString($_POST['fabkap'], "text"),
        GetSQLValueString($_POST['dsonstok'], "text"),
        GetSQLValueString($_POST['id'], "int"));

    mysql_select_db($database_verisi_tabanisi, $verisi_tabanisi);
    $Result1 = mysql_query($updateSQL, $verisi_tabanisi) or die(mysql_error());
}

?>

```

Hesaplama Sayfası kodları

```

<?php

// MySQL' e bağlanıyoruz
require_once('Connections/verisi_tabanisi.php');

// MySQL' den gelen verilerde ayrac ve durum değişimi için fonksiyonlar

```

```

function tire($q){
    $q = str_replace("*"," - ",$q);
    return $q;
}
function yok($q){
    if(empty($q)){
        $son= 'YOK';
    }else{
        $son= $q;
    }
    return $q;
}
function yok2($q){
    if(empty($q)){
        $son= 'SINIRSIZ';
    }else{
        $son= $q;
    }
    return $son;
}

```

// MySQL' den gelen stok kapasitesi değeri ile stok miktarları arasında ilişki fonksiyonu

```

function depokontrol($sayi){

    if($row_degerler['depkap'] >= $sayi) {

        $sncsi = $sayi;
    }else{ $sncsi = 0;}
    return $sncsi;
}

function urkontrol($sayi,$kontrol){

    if($kontrol>= $sayi) {

        $sncsi = $sayi;
    }else{ $sncsi = 0;}
    return $sncsi;
}
?>

```

```

<?php
// ust.php sayfasını dahil ediyoruz
include('ust.php');
?>

```

```
<?php
// bilgiler.php sayfasını dahil ediyoruz
include("bilgiler.php");
?>
```

Optimal Maliyet Değerleri

```
<?php
// table 1.php sayfasını dahil ediyoruz, ilk dönem optimal maliyet değerleri için ayrı
bir sayfa oluşturduk
include('table1.php');
?>
```

```
<?php
//ilk array tüm talepler (MySQL den gelen dönem talepleri için dizi oluşturma adına
string düzenleme döngüleri ilk dönem yerine 0 değerini ekleme işlemi de bu adımda
yapıldı)
```

```
$rt=explode('*', $row_degerler['dtalep']);
$kac = count($rt);
$sonu = "";
for($i=1;$i<$kac;$i++){
    $iki = '0';
    for($p=$i;$p<$kac;$p++){
        $iki = $iki.'*'.$rt[$p];
    }
}
```

```
$sonu = $sonu. $iki.'+';
}
```

```
$maxson = substr($sonu,0,-1);
```

```
//Stringler diziye çevirme işlemi
$fulldizi = explode('+',$maxson);
```

```
//talepleri + ile birleştirdik
```

```
//diğer sabitler
```

```
$bir_elde_bul_mal_array = explode('*', $row_degerler['dbelmal']);
$birim_haz_mal_array = explode('*', $row_degerler['dbhmal']);
$birim_ur_mal_array = explode('*', $row_degerler['dburmal']);
```

```
//tablo değişkeni dönem sayısını da belirler
```

```
$tableID = 1;
foreach($fulldizi as $iki ){
```

```
//2. Dönem hesapları başlıyor
```

```
?>
```

```

<?php
//Stok değişkeni için dönem taleplerine bağlı, katsayılarına göre döngü başlıyor

$asama_array_diziilk = explode('*', $iki); // stringi diziye çevirelim
$j = 1; // değerleri resetleme işlemleri
$stalepsk = 0; // değerleri resetleme işlemleri
$xnilk=0; // değerleri resetleme işlemleri

//Döngü start
foreach($asama_array_diziilk as $asamatwoilk){
    $xnilk = $stalepsk-1+1+$asamatwoilk+$xnilk; //üretimi bulma (kümülatif
olarak)
    $snilk = $xnilk-1+1 - $asama_array_diziilk[1]-1+1 ; //Stok değişkeni bulma

    if($snilk>=0){ // donem başı stokun 0' dan büyük ve eşit olma şartı

        ?>

        <!-- ----->

    <?php

//Üretim değişkeni için dönem taleplerine bağlı ve katsayılarına göre döngü başlıyor
    $asama_array_dizi = explode('*', $iki); // string' i diziye çevirelim
    $i = 1; // değerleri resetleme işlemleri
    $stalep = 0; // değerleri resetleme işlemleri
    $xn=0; // değerleri resetleme işlemleri
    //ikinci döngü başlıyor...
    foreach($asama_array_dizi as $asamatwo){
        $xn = $stalep-1+1+$asamatwo+$xn; // Üretim miktarı bulma (Kümülatif olarak)
        $sn = $xn-1+1 - $asama_array_diziilk[1]-1+1; // Current Stok bulma

        ?>

        <?php

echo $snilk //Stok miktarı ekrana yazdırma
echo $xn //Üretim miktarı ekrana yazdırma
$seldeutma_maliyeti = $bir_elde_bul_mal_array[$staleID]*$snilk ; echo
$seldeutma_maliyeti; // elde tutma miktarı ekrana yazdırma
$sur_maliyeti = $birim_haz_mal_array[$staleID]+
$birim_ur_mal_array[$staleID]*$xn;
if($xn>0){ // Üretim Miktarı 0' dan büyükse

```

```

$ur_maliyeti = round($ur_maliyeti,4); echo $ur_maliyeti; // yukardaki $ur_maliyeti
işlemi yazdır

}else{
    $ur_maliyeti = 0; echo $ur_maliyeti; //diğer ihtimalle 0 yaz
    }
    $inds=$snilk+ $asama_array_dizi[1]-$xn; //tablo için indis oluşturma

    if(isset($table1[$tableID][$inds])){ // tanımlı mı
        $minmalj = $table1[$tableID][$inds]+$eldetutma_maliyeti+$ur_maliyeti;
        //tanımlıysa minimum maliyeti hesapla

    sort($table1[$tableID]); //bir sonraki aşamalar için sırala
    echo $minmalj; //ekrana yazdır
    $minmalx[$tableID+1][$snilk][] = $minmalj; //yeni dizi oluştur ekle bir sonraki
    aşamalar için export
    $table1[$tableID+1][$snilk]=$minmalj; //yeni dizi oluştur ekle bir sonraki aşamalar
    için export
    }else{
        echo '---';
        } //diğer ihtimalde boş ifade eden çizgi (---) ifadesini yazdır

if(isset($table1[$tableID][$snilk])){ // tanımlı mı

    $enmini = $table1[$tableID][$snilk]; asort($enmini); // tanımlıysa diziyeye
    aktar, sırala
    if(isset($minmalx[$tableID][$snilk][$i])){ // tanımlı mı
        $rtk = 1; //döngü katsayısı
        foreach($enmini as $mini){ //dizi elemanlarını döngüde göster
            if($rtk == 1 && $minmalx[$tableID][$snilk][$i]== $mini ){ echo
$mini;

                $sagmal[$j][$i]=$xn;
                // $table1[$tableID][$snilk]=$jdeger;
            }
        }
        // en küçüğünü yazdır ve başka bir diziyeye aktar

        $rtk++;
        }
    }

if(isset($sagmal[$j][$i])){ echo $sagmal[$j][$i] ; // bir önceki adımda oluşturulan
tanımlıysa diziyi yazdır
    unset($sagmal[$j][$i]); //diziyi boşalt
    }else{echo '---';} //diğer ihtimalde boş ifade eden çizgi (---) ifadesini yazdır
?>

```

```
<?php
    $i++; } } $j++; } ?>
```

```
<?php
    $stableID++;
    //dönem döngüsü bitti
}
?>
```

Optimal sayfasını dahil et

```
<?php
    require_once "optimal.php";
?>
```

Table1 sayfası kodları

// 1. dönem için de aynı hesaplar kullanılmıştır

```
<?php $asama_talepleri_arrayilk = explode('*', $row_degerler['dtalep']);

$asama = count($asama_talepleri_arrayilk);
$bir_elde_bul_mal_array = explode('*', $row_degerler['dbelmal']);
$birim_haz_mal_array = explode('*', $row_degerler['dbhmal']);
$birim_ur_mal_array = explode('*', $row_degerler['dburmal']);

$ilk = 1;
$tlpilk = 0;

foreach($asama_talepleri_arrayilk as $asama_talepleriilk){

    $degilk = $tlpilk-1+1 + $asama_talepleriilk-$row_degerler['dbstok'];
    $tlpilk = $asama_talepleriilk-1+1+$tlpilk;
    $snilk = $degilk-1+1+$row_degerler['dbstok'] -
$asama_talepleri_arrayilk[0]-1+1;
    $asama_talepleri_array = explode('*', $row_degerler['dtalep']);
    $n = count($asama_talepleri_array);

    $i = 1;
    $tlp = 0;

    if( $row_degerler['depkap'] >= $snilk ) {
        foreach($asama_talepleri_array as $asama_talepleri){
            ?>

        <?php
```

```

$deg = $t1p-1+1 + $asama_talepleri-$row_degerler['dbstok'];
$t1p = $asama_talepleri-1+1+$t1p;
$sn = $deg-1+1+$row_degerler['dbstok'] - $asama_talepleri_array[0]-1+1;

if( $row_degerler['fabkap'] >= $deg) {
?>

<tr >
<td>
<?php echo $snilk ?>
</td>
<td>
<?php echo urkontrol($deg,$row_degerler['fabkap'] ); ?>
</td>
<td>
<?php $seldetutma_maliyeti = $bir_elde_bul_mal_array[0]*$snilk ; echo
$
    $seldetutma_maliyeti; ?>
</td>
<td>
<?php $sur_maliyeti = $birim_haz_mal_array[0]+
$birim_ur_mal_array[0]*$deg; echo
    round($sur_maliyeti,4); ?>
</td>
<td>
<?php $stop_stok_mal = $sur_maliyeti+$seldetutma_maliyeti; $sart1 = $snilk -
    $row_degerler['dbstok']+$asama_talepleri_arrayilk[0];
    if($sart1 == $deg){
        echo $stop_stok_mal;}else{echo '----';} ?>
</td>
<td>
<?php
    $sart1 = $snilk -$row_degerler['dbstok']+$asama_talepleri_arrayilk[0];
    if($sart1 == $deg){
        $table1[0][$snilk][]=$stop_stok_mal;
        echo $stop_stok_mal;
    }
    else{
        echo '---';
    }
    ?>
</td>
<td>
<?php
    $sart1 = $snilk -$row_degerler['dbstok']+$asama_talepleri_arrayilk[0];
    if($sart1 == $deg){
        echo $deg;}else{echo '----';} ?>

```



```
</td>
</tr>
```

```
<?php
    $i++;
    }
}
}

?>
<?php $ilk++; }
?>
```

<h2>Optimal Çözüm</h2>

İlk aşama için

```
<?php
    $optablesi = $table1[0][$snilk] //dizi tanımlaması
    foreach($optablesi as $optbsi){ //yazdırılması
        $birimleri = explode('+',$optbsi);
    }
}

?>
<tr>
    <td>
        <?php echo $birimleri[0]; ?>
    </td>
    <td>
        <?php echo $birimleri[1]; ?><br />
    </td>
    <td>
        <?php echo $birimleri[2];
        $donembilgileri[1][] =
        $birimleri[0].'+'.$birimleri[1].'+'.$birimleri[2].'+'.$birimleri[3];
        // donem bilgileri adı altında yeni dizi
        ?>
    </td>
</tr>

<?php
}
?>
```

N aşama için

```
<?php
    foreach($optablesi as $optbsi){
        $birimleri = explode('+',$optbsi);
```

```

?>
<tr>
  <td>
    <?php echo $birimleri[0]; ?>
  </td>
  <td>
    <?php echo $birimleri[1]; ?><br />
  </td>
  <td>
    <?php
      echo $birimleri[2];
      $donembilgileri[$stableID+1][] =
      $birimleri[0].'+'. $birimleri[1].'+'. $birimleri[2].'+'.
      $birimleri[3];
      // donem bilgileri adı altında yeni dizi
      ?></td>
</tr>

<?php }?>

```

Optimal Karar' ın yazdırılması

```

<?php

$ilkdeger = $donembilgileri[$n][0]; // diziden ilk elemanı çekme str olarak
$current_reg = explode('+',$ilkdeger); // tekrar dizi oluşturma
$postreg = $current_reg[3]; //bir sonraki aşamaya pos edilecek değişken
echo $current_reg[1] //elemanları ekrana yazdır
$current_reg[0] //elemanları ekrana yazdır
echo $current_reg[2] //elemanları ekrana yazdır

for($siz = $n-1;$siz>=1;$siz--){//diğer aşamalar için döngü
  foreach( $donembilgileri[$siz] as $testdonem){ //döngüye göre diziyi aç
    $doneminfo = explode('+',$testdonem);
    $exp = $doneminfo[1];
    // echo $iz.'--->'.$exp.<br>;
    if($postreg == $exp){ //bir önceki dizide karşılık gelen değeri bul
ekrana yazdır
      //      echo $iz.'--->'.$exp.<br>;
      $postreg = $doneminfo[3]; //yeniden sonraki aşama için pos
edilecek değişkeni oluştur
    }
  }
}
?>

```

Ek: 2. Planlama Dönemi Aşamalarına Ait Hesaplamaların Program Çıktısı

AŞAMA 1. (KASIM 2011)						
S_2	X_1	$h_1.S_2$	$k_1+C_1.X_1$	$(h_1.S_2)+(k_1+C_1.X_1)$	$f_1(S_2)$	X_1^*
0	6020	0	161817.7396	161817.7396	161817.7396	6020
0	14146	0	380244.6196	---	---	---
0	24126	0	648507.0196	---	---	---
0	34202	0	919349.8996	---	---	---
0	42804	0	1150571.6596	---	---	---
0	49188	0	1322173.5796	---	---	---
8126	6020	7996.7966	161817.7396	---	---	---
8126	14146	7996.7966	380244.6196	388241.4162	388241.4162	14146
8126	24126	7996.7966	648507.0196	---	---	---
8126	34202	7996.7966	919349.8996	---	---	---
8126	42804	7996.7966	1150571.6596	---	---	---
8126	49188	7996.7966	1322173.5796	---	---	---
18106	6020	17818.1146	161817.7396	---	---	---
18106	14146	17818.1146	380244.6196	---	---	---
18106	24126	17818.1146	648507.0196	666325.1342	666325.1342	24126
18106	34202	17818.1146	919349.8996	---	---	---
18106	42804	17818.1146	1150571.6596	---	---	---
18106	49188	17818.1146	1322173.5796	---	---	---
28182	6020	27733.9062	161817.7396	---	---	---
28182	14146	27733.9062	380244.6196	---	---	---
28182	24126	27733.9062	648507.0196	---	---	---
28182	34202	27733.9062	919349.8996	947083.8058	947083.8058	34202
28182	42804	27733.9062	1150571.6596	---	---	---
28182	49188	27733.9062	1322173.5796	---	---	---
36784	6020	36199.1344	161817.7396	---	---	---
36784	14146	36199.1344	380244.6196	---	---	---
36784	24126	36199.1344	648507.0196	---	---	---
36784	34202	36199.1344	919349.8996	---	---	---
36784	42804	36199.1344	1150571.6596	1186770.794	1186770.794	42804
36784	49188	36199.1344	1322173.5796	---	---	---
43168	6020	42481.6288	161817.7396	---	---	---
43168	14146	42481.6288	380244.6196	---	---	---
43168	24126	42481.6288	648507.0196	---	---	---
43168	34202	42481.6288	919349.8996	---	---	---
43168	42804	42481.6288	1150571.6596	---	---	---
43168	49188	42481.6288	1322173.5796	1364655.2084	1364655.2084	49188

AŞAMA 2. (ARALIK 2011)

S_3	X_2	$h_2.S_3$	$k_2+C_2.X_2$	$(h_2.S_3)+(k_2+C_2.X_2)+f_1(S_3+D_2-X_2)$	$f_2(S_3)$	X_2^*
0	0	0	0	388241.4162	388241.4162	0
0	8126	0	227690.6514	389508.391	---	---
0	18106	0	507330.2514	---	---	---
0	28182	0	789659.7714	---	---	---
0	36784	0	1030687.8114	---	---	---
0	43168	0	1209567.4914	---	---	---
9980	0	10003.952	0	676329.0862	676329.0862	0
9980	8126	10003.952	227690.6514	---	---	---
9980	18106	10003.952	507330.2514	679151.943	---	---
9980	28182	10003.952	789659.7714	---	---	---
9980	36784	10003.952	1030687.8114	---	---	---
9980	43168	10003.952	1209567.4914	---	---	---
20056	0	20104.1344	0	967187.9402	967187.9402	0
20056	8126	20104.1344	227690.6514	---	---	---
20056	18106	20104.1344	507330.2514	---	---	---
20056	28182	20104.1344	789659.7714	971581.6454	---	---
20056	36784	20104.1344	1030687.8114	---	---	---
20056	43168	20104.1344	1209567.4914	---	---	---
28658	0	28726.7792	0	1215497.5732	1215497.5732	0
28658	8126	28726.7792	227690.6514	---	---	---
28658	18106	28726.7792	507330.2514	---	---	---
28658	28182	28726.7792	789659.7714	---	---	---
28658	36784	28726.7792	1030687.8114	1221232.3302	---	---
28658	43168	28726.7792	1209567.4914	---	---	---
35042	0	35126.1008	0	1399781.3092	1399781.3092	0
35042	8126	35126.1008	227690.6514	---	---	---
35042	18106	35126.1008	507330.2514	---	---	---
35042	28182	35126.1008	789659.7714	---	---	---
35042	36784	35126.1008	1030687.8114	---	---	---
35042	43168	35126.1008	1209567.4914	1406511.3318	---	---

AŞAMA 3. (OCAK 2012)

S_4	X_3	$h_3.S_4$	$k_3+C_3.X_3$	$(h_3.S_4)+(k_3+C_3.X_3)+ f_2(S_4+D_3-X_3)$	$f_3(S_4)$	X_3^*
0	0	0	0	676329.0862	---	---
0	9980	0	277444.1525	665685.5687	665685.5687	9980
0	20056	0	557556.9525	---	---	---
0	28658	0	796692.5525	---	---	---
0	35042	0	974167.7525	---	---	---
10076	0	10217.064	0	977405.0042	---	---
10076	9980	10217.064	277444.1525	---	---	---
10076	20056	10217.064	557556.9525	956015.4327	956015.4327	20056
10076	28658	10217.064	796692.5525	---	---	---
10076	35042	10217.064	974167.7525	---	---	---
18678	0	18939.492	0	1234437.0652	---	---
18678	9980	18939.492	277444.1525	---	---	---
18678	20056	18939.492	557556.9525	---	---	---
18678	28658	18939.492	796692.5525	1203873.4607	1203873.4607	28658
18678	35042	18939.492	974167.7525	---	---	---
25062	0	25412.868	0	1425194.1772	---	---
25062	9980	25412.868	277444.1525	---	---	---
25062	20056	25412.868	557556.9525	---	---	---
25062	28658	25412.868	796692.5525	---	---	---
25062	35042	25412.868	974167.7525	1387822.0367	1387822.0367	35042

AŞAMA 4. (ŞUBAT 2012)

S_5	X_4	$h_4.S_5$	$k_4+C_4.X_4$	$(h_4.S_5)+(k_4+C_4.X_4)+f_3(S_5+D_4-X_4)$	$f_4(S_5)$	X_4^*
0	0	0	0	956015.4327	---	---
0	10076	0	269835.4596	935521.0283	935521.0283	10076
0	18678	0	500197.0196	---	---	---
0	25062	0	671160.5396	---	---	---
8602	0	8652.7518	0	1212526.2125	---	---
8602	10076	8652.7518	269835.4596	---	---	---
8602	18678	8652.7518	500197.0196	1174535.3401	1174535.3401	18678
8602	25062	8652.7518	671160.5396	---	---	---
14986	0	15074.4174	0	1402896.4541	---	---
14986	10076	15074.4174	269835.4596	---	---	---
14986	18678	15074.4174	500197.0196	---	---	---
14986	25062	15074.4174	671160.5396	1351920.5257	1351920.5257	25062

AŞAMA 5. (MART 2012)

S_6	X_5	$h_5.S_6$	$k_5+C_5.X_5$	$(h_5.S_6)+(k_5+C_5.X_5)+ f_4(S_6+D_5-X_5)$	$f_5(S_6)$	X_5^*
0	0	0	0	1174535.3401	---	---
0	8602	0	231049.93	1166570.9583	1166570.9583	8602
0	14986	0	402524.17	---	---	---
6384	0	6417.1968	0	1358337.7225	---	---
6384	8602	6417.1968	231049.93	---	---	---
6384	14986	6417.1968	402524.17	1344462.3951	1344462.3951	14986

AŞAMA 6. (NİSAN 2012)

S_7	X_6	$h_6.S_7$	$k_6+C_6.X_6$	$(h_6.S_7)+(k_6+C_6.X_6)+ f_5(S_7+D_6-X_6)$	$f_6(S_7)$	X_6^*
0	0	0	0	1344462.3951	---	---
0	6384	0	169814.5585	1336385.5168	1336385.5168	6384

OPTİMAL ÇÖZÜM TABLOSU		
AŞAMA 1. (KASIM 2011)		
S₂	f₁(S₂)	X₁*
0	161817.7396	6020
8126	388241.4162	14146
18106	666325.1342	24126
28182	947083.8058	34202
36784	1186770.794	42804
43168	1364655.2084	49188
AŞAMA 2. (ARALIK 2011)		
S₃	f₂(S₃)	X₂*
0	388241.4162	0
9980	676329.0862	0
20056	967187.9402	0
28658	1215497.5732	0
35042	1399781.3092	0
AŞAMA 3. (OCAK 2012)		
S₄	f₃(S₄)	X₃*
0	665685.5687	9980
10076	956015.4327	20056
18678	1203873.4607	28658
25062	1387822.0367	35042
AŞAMA 4. (ŞUBAT 2012)		
S₅	f₄(S₅)	X₄*
0	935521.0283	10076
8602	1174535.3401	18678
14986	1351920.5257	25062
AŞAMA 5. (MART 2012)		
S₆	f₅(S₆)	X₅*
0	1166570.9583	8602
6384	1344462.3951	14986
AŞAMA 6. (NİSAN 2012)		
S₇	f₆(S₇)	X₆*
0	<u>1336385.5168</u>	6384

OPTİMAL KARAR TABLOSU		
AYLAR	ÜRETİM	DÖNEM SONU STOK
KASIM 2011	14146	8126
ARALIK 2011	0	0
OCAK 2012	9980	0
ŞUBAT 2012	10076	0
MART 2012	8602	0
NİSAN 2012	6384	0
<u>TOPLAM STOK MALİYETİ</u>		<u>1336385.5168</u>