STOK PLANLAMADA WAGNER-WHITIN DİNAMİK PROGRAMLAMA ALGORİTMASININ KULLANIMI

Hasan DURUCASU*

Özet: Bu makalede işletmelerde stok maliyetlerini enazlama konusu incelenmiştir. Bu amaçla, dinamik programlama yaklaşımıyla elde bulundurma maliyetleri en düşük tutularak toplam stok maliyetinin enazlanması hedeflenmiştir. Bu nedenle öncelikle genel dinamik programlama modeli ve Wagner-Whitin çözüm algoritması tanıtılmıştır. Daha sonra, uygulama için seçilen üretim işletmesinden toplanan veriler kullanılarak bilgisayar ortamında geliştirilen model, Wagner-Whitin algoritması ile çözülmüştür. Son olarak, işletmenin deneyimleri ve Wagner-Whitin algoritması kullanılarak elde edilen stok planlama çözümleri karşılaştırılmış ve çözümler arasındaki fark ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Wagner-Whitin Algoritması, Dinamik Programlama, Stok, Stok Planlama

STOCK PLANNING BY USING DYNAMIC PROGRAMMING WAGNER-WHITIN ALGORITHM

Abstract: In this article, minimization of stock costs in businesses is examined. For this purpose, minimization of total stock costs is targeted through minimizing stock holding costs by using dynamic programming approach. For this reason, initially general dynamic programming model and Wagner-Whitin resolution algorithm are introduced. Then, the model, devoloped in computer environment using the data collected from the production company chosen for application, is solved by Wagner-Whitin algorithm. Finally, stock planning solutions of using the experiences of the company and Wagner-Whitin algorithm are compared and the difference betweeen the solutions is sustained.

Key Words: Wagner-Whitin Algorithm, Dynamic Programming, Stock, Stock Planning

GİRİŞ

İşletmelerin etkin kaynak kullanımı konusunda yararlandıkları yaklaşımlardan biri de stok planlamadır.

İşletmeler, stok maliyetini enazlamaya çalışırken, zorunlu olarak elde bulundurulması gereken stok miktarını da göz önünde bulundurmak durumundadır. Bu yapılırken, birtakım ek maliyetlerin ortaya çıkmamasına da özen gösterilmelidir.

Stok maliyetlerini enazlama konusunda kullanılan bir dizi farklı sayısal yaklaşım bulunmaktadır. Çok aşamalı problemlerin çözümünde kullanılan dinamik programlama, günümüzde stok planlamada yaygın olarak kullanılan sayısal tekniklerden biridir.

* Doç.Dr. Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi

Ülkemizde yapılan bir çalışmada dinamik programlama yaklaşımlarından Wagner-Whitin algoritmasının optimum sonuç verdiği gösterilmiştir (http://www.mmf.gazi.edu.tr/journal/2003_3/43-50.pdf). Kaldı ki, stok problemlerine uygulanan diğer bir dinamik programlama yaklaşımı olan genel maliyet fonksiyonlu algoritmanın talep miktarlarının çok yüksek olması durumlarında kullanılmasının çok güç olduğu bilinmektedir. Bu nedenle bu gibi durumlarda dinamik üretim miktarı modelleri için optimal bir üretim planı oluşturmayı oldukça basitleştiren Wagner-Whitin algoritmasını kullanmak daha faydalı olmaktadır (Winston, 1994).

WAGNER-WHITIN ALGORİTMASI

Wagner-Whitin, dinamik programlama modelinden hareket ederek, stok planlama faaliyetinin her bir dönemindeki gereksinimleri karşılarken, hazırlık ve elde bulundurma maliyetlerinin toplamını enazlamaya çalışan bir algoritmadır (http://www.mmo.org.tr/endustrimuhendisligi/2002_3/siparis_buyuklu gubelirleme.htm).

Dinamik Programlama Matematik Modeli

En yalın anlatımıyla dinamik programlama, çözümü güç olabilecek bir problemi daha küçük alt problemlere ayrıştırarak çözüme ulaşmayı sağlayan bir optimizasyon tekniğidir (Anderson ve diğerleri, 2000). Bu nedenle dinamik programlamanın matematik modelinin birbirleriyle bağlantılı alt problemlere ayrılabilme özelliğinde olması gerekir (Levin ve diğerleri, 1982). Bu bağlamda dinamik programlama, birbiri ile ilişkili kararlar serisini çözmede kullanılan sayısal bir tekniktir. Bu teknikte, mevcut sistem birbiri ardından işlem gören bileşenlere ayrılmakta ve ardışık iki işlem arasında fonksiyonel bir bağıntı kurulması yoluna gidilmektedir (Karayalçın, 1993). Dönüşüm fonksiyonu (yineleme denklemi) olarak adlandırılan bu bağıntılar yardımıyla, bir önceki kararın içerdiği bilgilerden bir sonraki adımın çözümünde yararlanma yoluyla, optimizasyon adım adım gerçekleştirilmektedir. Her adımda bulunan çözüm, kendi başına problemin çözümü olmayıp, sadece optimal çözümün bir parçasını belirleyen bilgiyi içermektedir (Halaç, 2001).

Dinamik programlama yaklaşımında, ilk çözüme problemin son aşamasından başlanıp her defasında bir önceki aşamaya dönülerek "Geriye Doğru En İyileme" biçiminde bir çözüm yolu benimsenebileceği gibi, problemin ilk aşaması birinci aşama olarak ele alınıp, her defasında bir sonraki aşamaya geçilerek "İleriye Doğru En İyileme" biçiminde bir çözüm yolu da seçilebilir (Doğan, 1995). Problemdeki aşamaların belirlenmesi ve dönüşüm fonksiyonlarının oluşturulması dinamik programlama yaklaşımının en önemli unsurudur (http://www.isl.itu.edu.tr/ya/END332E/dynamiccomm oncharacteristics.htm).

Dinamik programlama yaklaşımı ile çözümlenmek istenen karar problemlerinde, ele alınan problemin özelliklerine göre özgün bir model kurulmasına karşın, Wagner-Whitin algoritması uygulanacak stok modellerinde genel olarak aşağıdaki formülasyondan yararlanılır (Turban ve Meredith, 1988).

n : aşama ya da dönem sayısı

i : geçerli (cari) aşama ya da dönem (i=1,2,..., n)

$i-1$: bir önceki aşama ya da dönem

D_i : i. dönem için talep miktarı

x_i : i. aşamanın ya da dönemin başlangıcındaki stok miktarı

x_{i+1} : i. aşamanın ya da dönemin sonundaki stok miktarı

z_i : i. aşamada üretilen miktar*

z_i^* : x_i durumunda bulunan z_i ler içindeki en iyi değer

$C_i(x_i, z_i)$: x_i durumunda z_i kararı benimsendiğinde i.dönemde gerçekleşen minimum maliyet

K_i : i. dönemdeki hazırlık maliyeti

h_i : i. dönemden $i+1$. döneme dek birim elde bulundurma maliyeti

i.döneme ait üretim maliyet fonksiyonu

$$C_i(z_i) = \begin{cases} 0, & z_i = 0 \\ K_i + c_i(z_i), & z_i > 0 \end{cases}$$

olarak gösterilir. Burada $c_i(z_i)$, verilen (z_i) değeri için üretim maliyet fonksiyonudur.

---

* Dinamik programlama modellerinin Wagner-Whitin algoritması ile çözümünde x_{i+1} ve z_i 'nin değerlerinin *kesikli* toplamlar olduğu varsayılır (Taha, 2000).

Elde bulundurmaya izin verilmesi nedeniyle Wagner-Whitin algoritması, stok modelindeki tüm n dönemleri için üretim ve elde bulundurma maliyetlerini minimum kılmanın yollarını aramaktadır (Taha, 2000).

$f_i(x_{i+1})$: i.dönem sonu stok maliyeti (i.dönem başı stok miktarından hareket ederek i.dönem içi üretim ve i.dönem içi talep miktarlarını göz önünde bulundurarak hesaplanan dönem sonu stok miktarının maliyeti)

$f_i^*(x_{i+1})$: En düşük değerli $f_i(x_{i+1})$ (i.dönem sonunda x_{i+1} stok miktarına ilişkin en küçük $f_i(x_{i+1})$ değeri)

Probleme ilişkin dinamik programlama modeli böylelikle geliştirildiğinde Wagner-Whitin algoritmasının amacı, modeldeki $f_i(x_{i+1})$'in enküçüklenmesi ile en düşük toplam stok maliyeti $f_i^*(x_{i+1})$ değerini bulmaktır.

Hesaplamalar

Modelde, her i döneminde gerçekleşebilecek üretim miktarını gösteren z_i için;

$$0 \leq z_i \leq D_i + x_{i+1} \qquad (1)$$

eşitsizliği söz konusudur. Bu eşitsizliğe göre, i.dönemdeki üretim miktarı sıfır ile i.dönem talebi ve i.dönem sonu stoku toplamı arasında bir değer almaktadır.

i.dönemde gerçekleştirilebilecek en küçük üretim miktarı i.dönem talebinden i.dönem başı stokunun çıkarılması ile bulunan miktardır. Böylelikle her i dönemi için z_i'nin en küçük değeri

$$z_i = D_i - x_i \qquad (2)$$

olarak bulunur. Burada z_i'nin en küçük değerinde üretim yapılması, yalnızca i.dönemin talebinin karşılanmasına karşılık gelmektedir.

i.dönemde, i.dönemin yanı sıra izleyen $(i+1)$.dönemin toplam talebini de karşılayacak üretim miktarı ise

$$z_i = D_i + D_{i+1} - x_i \qquad (3)$$

biçimindedir.

i.dönemde, i.dönemin yanı sıra izleyen $(i+1)$. ve $(i+2)$.dönemlerin toplam talebini de karşılayacak üretim miktarı da

$$z_i = D_i + D_{i+1} + D_{i+2} - x_i \qquad (4)$$

biçimindedir.

Bu yaklaşımla i.dönemde, z_i'nin $i+(i+1)+(i+2)+\ldots+(i+(n-1))$. dönemlerinin toplam talebini karşılayabilecek miktardaki en büyük değeri

$$z_i = D_i + D_{i+1} + D_{i+2} + \ldots + D_n - x_i \qquad (5)$$

biçiminde hesaplanır.

Modelde x_{i+1} ile gösterilen dönem sonu stok düzeyi, i. dönemin başlangıcındaki stok miktarı x_i, i.dönemde üretilen miktar z_i ve i.dönemin talebi D_i cinsinden;

$$x_{i+1} = x_i + z_i - D_i \qquad (6)$$

olarak ifade edilir. Son denklemden kolayca görülebileceği gibi i.dönem sonu stok miktarı x_{i+1}'in alacağı değerler, z_i'nin yukarıda sözü edilen farklı değerlerine bağlı olarak değişecek ve

$$0 \le x_{i+1} \le D_{i+1} + \ldots + D_n \qquad (7)$$

eşitsizliğini sağlayacaktır.

Yineleme Denklemleri

Bilindiği gibi dinamik programlama modelinin dönemleri arasındaki ilişki yineleme denklemleri yardımıyla sağlanmaktadır. Bu çalışmada geliştirilen genel dinamik programlama modelinde ileriye doğru yineleme denklemlerinin kullanımı benimsenmiştir. i.dönem sonu stok maliyeti modele göre i.dönemdeki üretim ve hazırlık maliyeti ile i.dönem boyunca elde bulundurma maliyetlerinin toplamıdır. Bu da modeldeki formülasyona uygun olarak

$$f_i(x_{i+1}) = C_i(z_i) + h_i x_{i+1} \qquad (8)$$

biçiminde yazılır.

i.dönem sonu stoku x_{i+1} miktarına ilişkin maliyet $f_i(x_{i+1})$ ile gösterildiğinde, modele ilişkin yineleme denklemi (dönüşüm fonksiyonu)

$$f_i(x_{i+1}) = C_i(z_i) + h_i x_{i+1} + f_{i-1}(x_{i+1} + D_i - z_i) \quad (i = 2,3,...,n) \qquad (9)$$

olarak yazılır.

Tablolar

Yineleme denklemlerinin kullanımı, dönemlerin çözümlerinin ardışık tablolar üzerinde oluşturulmasına olanak vermektedir. Her bir dönem bir hesaplama aşaması olarak ele alındığında ilk aşama için oluşturulacak tablo, (8) ile verilen stok maliyet fonksiyonunun ilk dönem $(i = 1)$ için $f_1(x_2) = C_1(z_1) + h_1 x_2$ olan ifadesi göz önünde tutularak aşağıdaki gibi düzenlenir.

Şekil 1. 1. Aşama Çözüm Tablosu

		$C_1(z_1)+h_1x_2$					Optimum çözüm
		z_1					
x_2	h_1x_2	$C_1(z_1)$				$f_1(x_2)$	z_1^*

Daha sonra, son tablonun belirlediği kalıba uygun olarak ilgili alanlara yerleştirilecek değerlerin bulunması için ön hesaplamalar yapılır.

Şekil 1'deki tablonun z_1 ile gösterilen satırında *1*.dönemde gerçekleşebilecek üretim miktarları gösterilir. z_1 satırının ilk sütunundaki değer ilk dönem için gerçekleşebilecek en düşük üretim miktarını göstermekte ve başlangıç stoku x_1 olarak verildiğinde, z_1'in bu en küçük değeri (1)'den;

$$z_1 = D_1 - x_1 \qquad (10)$$

olarak hesaplanabilmektedir. z_1'in en küçük üretim miktarı olarak bulunan bu değer, birinci dönemde yalnızca birinci dönemin talebinin karşılanmakta olduğunu göstermektedir. *1*.dönemde üretim yapılabilmesi için *1*.dönem talebinin *1*.dönem başı stokundan büyük olması gerektiği görülebilir. $D_1 \leq x_1$ olmadığında, bu duruma karşılık gelen $z_1 = 0$'a ilk aşama tablosunda yer verilmesine gerek bulunmamaktadır.

Tablonun z_1 satırının ikinci sütununda yer alan değer ise, birinci ve ikinci dönemlerin toplam talebini karşılayacak bir üretim miktarına karşılık gelmekte ve bu değer (3)'ten;

$$z_1 = D_1 + D_2 - x_1 \qquad (11)$$

olarak hesaplanmaktadır. z_1'in, izleyen diğer dönemlerin kümülatif taleplerini karşılayacak, diğer değerlerinin hesaplanması bu yaklaşım doğrultusunda sürdürülür.

z_1'in tablonun en son sütununa yerleştirilecek son değeri ise (4) uyarınca;

$$z_1 = D_1 + D_2 + D_3 + ... + D_n - x_1 \qquad (12)$$

olarak yazılabilen denklem ile bulunur.

Böylelikle hesaplanan z_1 değerleri, tablonun z_1 başlıklı satırına yerleştirilir.

Tablonun x_2 başlıklı sütununa, yerleştirilecek x_2'lerin değer aralığının bulunabilmesi için, (7) eşitsizliğinin $i = 1$ için

$$0 \leq x_2 \leq D_2 + ... + D_n$$

olarak yazılan ifadesinden yararlanılır. Son eşitsizliğe göre, z_1'in aldığı farklı değerlere göre *1*.dönem sonu stok miktarını ifade eden x_2'nin alabileceği değerler sıfır ile izleyen diğer dönem taleplerinin kümülatif toplamları arasında değişmektedir.

Öte yandan *1*.dönem için (6) eşitliği

$$x_2 = x_1 + z_1 - D_1 \qquad (13)$$

biçimindedir.

z_1'in (10)'daki ifadesi (13)'te yerine konularak $x_2 = 0$ elde edilir. Bu değer ilk dönem sonu stok miktarı olarak tablonun x_2 sütununun altındaki ilk satıra yerleşecektir.

z_1'in (11)'deki ifadesi (13)'te yerine konularak bu kez de $x_2 = D_2$ elde edilir.

Benzer yaklaşımla tüm x_2 değerleri,

$$x_2 = 0$$

$$x_2 = D_2$$

$$x_2 = D_2 + D_3$$

....

$$x_2 = D_2 + D_3 + ... + D_n$$

olarak hesaplanıp, 1.Aşama Çözüm Tablosu'nun x_2 sütununun satırlarına yerleştirilir*.

1.Aşama Çözüm Tablosunun $h_1 x_2$ sütunu, yukarıda hesaplanan x_2 değerlerine (birinci dönem sonu stok miktarlarına) bağlı olarak elde bulundurma (stokta tutma) maliyetlerini ifade etmektedir. Hesaplanıp bu sütuna yerleştirilecek değerler, maliyet fonksiyonunun hesaplanması için gerekli veriyi sağlayacaktır.

1. Aşama tablosunun z_1 satırında yer alan her farklı değer için hesaplanacak üretim ve hazırlık maliyetleri toplamı, tablonun $C_1(z_1)$ satırında ilişkili

---

* Wagner-Whitin algoritması ile geliştirilen dinamik programlama modelinin çözümünde, x_{i+1} ve z_i'nin değerlerinin *kesikli* toplamlar olduğu varsayıldığından ara değerler kullanılamayacak, sadece verilen talep miktarlarının kümülatif toplamları incelemeye alınacaktır. Bu nedenle, örneğin $x_1 = 0$, $D_1 = 5$, $D_2 = 3$, $D_3 = 8$, $D_4 = 10$, $D_5 = 4$, $D_6 = 12$ verildiğinde z_1'in değerleri sırasıyla 5, 8(5+3), 16(5+3+8), 26(5+3+8+10), 30(5+3+8+10+4) ve 42(5+3+8+10+4+12) olarak benimsenecek ve tabloda bu değerler dışındaki başkaca değerlere verilmeyecektir.

olduğu z_1 değerinin bulunduğu sütuna yerleştirilir. Daha sonra dönem sonu stok miktarına göre hesaplanan $h_1 x_2$ değerleri, $C_1(z_1)$ değerlerine ilave edilerek $C_1(z_1)+h_1 x_2$'nin değerleri bulunup, tabloda $C_1(z_1)$ satırının altında bulunan bölümde, z_1 sütun ve x_2 satırlarının kesişiminde yer alan alanlara yerleştirilir. Her satırda z_1 ve x_2'nin değerlerine bağlı olarak bulunan maliyetlere doğrudan $f_1(x_2)$ sütununda da yer verilir. Son olarak $f_1(x_2)$ sütununa yerleştirilen maliyet değerlerinin oluşmasını sağlayan z_1 değerleri z_1^* sütununa sırayla yerleştirilir. Amaç maliyeti enazlamak olduğundan en küçük $f_1(x_2)$ değerinin bulunmasına yol açan z_1^* değeri optimum çözüm olarak benimsenir. 1.Aşama Çözüm Tablosu'nun sonuçları Şekil 2'de verilen üç sütunlu sonuç tablosunda özetlendiğinde farklı dönem sonu stok miktarlarına (x_2'lere) göre oluşan maliyetler ve bu maliyetleri doğuran üretim değerleri (z_1^*'ler) kolayca izlenebilir.

Şekil 2. 1.Aşama Sonuç Tablosu

x_2	$f_1(x_2)$	z_1^*
x_2 değerleri	x_2 değerlerine karşılık gelen $f_1(x_2)$ değerleri	z_1^* değerleri

Daha sonra, Şekil 3'te şablonu verilen 2.Aşama Çözüm Tablosu'nun oluşturulması için gerekli ön hesaplamalar gerçekleştirilir[*].

[*] 2.Aşama Çözüm Tablosunun farklı başlıklarının izlenebilmesi (9) denkleminin $i=2$ için $f_2(x_3)=C_2(z_2)+h_2x_3+f_1(x_3+D_2-z_2)$ biçimindeki ifadesi, göz önünde bulundurulmalıdır.

Şekil 3. 2. Aşama Çözüm Tablosu

		$C_2(z_2)+h_2x_3+f_1(x_3+D_2-z_2)$					Optimum çözüm
	z_2						
x_3	h_2x_3	$C_2(z_2)$				$f_2(x_3)$	z_2^*

Şekil 3'teki tablonun z_2 ile gösterilen satırının ilk sütununda da, 1.Aşamada yapılana benzer biçimde *2.*dönemde gerçekleşebilecek en düşük üretim miktarına yer verilecektir. 2.Aşama ($i = 2$) için de,

(1) denklemi $z_2 = D_2 - x_2$ (14)

(2) denklemi $z_2 = D_2 + D_3 - x_2$ (15)

…

(5) denklemi $z_2 = D_2 + D_3 + ... + D_n - x_2$ (16)

olarak yazılır.

Stok planlama zaman diliminin ilk dönemi için benimsenen yaklaşımdan farklı olarak, diğer dönemlerde dönem taleplerinin bir önceki dönem sonu stok miktarlarına eşit ya da küçük olma olasılığı göz önünde bulundurulur. Bu nedenle diğer izleyen dönemlerin çözüm tablolarında üretim yapılmaması durumuna karşılık gelen sıfır değerlerine de yer verilir. Bundan dolayı yukarıdaki olası z_2 değerlerine $z_2 = 0$ seçeneği de eklenir. Söz konusu bu z_2 değerleri 2.Aşama Çözüm Tablosu'nun z_2 satırına yerleştirilir.

Öte yandan 2.Aşama ($i = 2$) için (6) denklemi

$$x_3 = x_2 + z_2 - D_2 \qquad (17)$$

olarak yazılır.

(14), (15), …, (16) denklemlerindeki z_2 ifadeleri (17) denkleminde yerlerine konularak sırasıyla $x_3 = 0,\ x_3 = D_3, ...,\ x_3 = D_3 + D_4 + ... + D_n$

biçiminde hesaplanarak tablonun x_3 sütununun satırlarına yerleştirilir.

Bu noktada elde bulundurma maliyeti olan $h_2 x_3$ değerlerinin hesaplanması için gerekli veriler elde edilmiştir. $h_2 x_3$ çarpımları hesaplanıp tabloda $h_2 x_3$ sütununun altına yerleştirilir.

$C_2(z_2)$ satırında yer alan ve z_2 satırındaki her farklı değer için üretim ve hazırlık maliyetlerinin toplamını gösteren değerler, maliyet fonksiyonu uyarınca hesaplanıp $C_2(z_2)$ satırında ilişkili olduğu z_2 değerinin yer aldığı sütuna yerleştirilir.

Dinamik programlamanın temel özelliklerinden olan dönüşüm denklemlerinin birbiri ile bağlantılı olması özelliği, maliyet fonksiyonunu bir önceki dönem ile bağlantılı kılar. Gerçekten de, $i = 2$ için (9) denklemi $f_2(x_3) = C_2(z_2) + h_2 x_3 + f_1(x_3 + D_2 - z_2)$ biçiminde ifade edilir.

Son denklemdeki $C_2(z_2) + h_2 x_3$ terimi, z_2 ve x_3 değerine bağlı olarak 2.dönem üretim, hazırlık ve elde bulundurma maliyetleri toplamıdır. $f_1(x_3 + D_2 - z_2)$ teriminin ise, (17) göz önünde bulundurulduğunda z_2 ve x_3 değerlerine bağlı olarak, x_2 stok miktarının maliyetini ifade ettiği kolayca görülür. Buna göre, birinci ve ikinci dönem birlikte ele alınıp, z_2 ve x_3'ün alabileceği farklı değerlere göre $C_2(z_2) + h_2 x_3$ fonksiyonu uyarınca hesaplanan dönem maliyetine, bir önceki dönemin $f_1(x_3 + D_2 - z_2)$ biçiminde ifade edilen maliyeti eklenmektedir. Burada, cari dönem (ikinci dönem) talebinin, üretim yaparak karşılanmasının maliyeti ile cari dönem (veya cari dönem+gelecek dönem) talebinin bir önceki dönemde üretilmesinin maliyeti birlikte ele alınmaktadır*.

---

* Yineleme denkleminin kullanımını açıklamak amacıyla $x_1 = 0$, $D_1 = 5$, $D_2 = 3$, $D_3 = 8$, $D_4 = 10$, $D_5 = 4$, $D_6 = 12$ örneğini göz önüne alalım. Bu verilere göre, 2.Aşama Çözüm tablosuna olası z_2 ve x_3 değerleri yerleştirilmiş olsun. Örnekteki verilere göre 2.Aşama Çözüm Tablosunun x_3

z_2 ve x_3'ün alabileceği farklı değerlere göre diğer maliyetler de hesaplanarak tabloda ilgili bölümlere yerleştirilir. Olası tüm durumlar için gerçekleştirilen hesaplamalar sonunda bulunan maliyetlerden en düşük olanları $f_2(x_3)$ sütununa yazılır. $f_2(x_3)$ sütununa yerleştirilen maliyet değerlerinin oluşmasını sağlayan z_2 değerleri de z_2^* sütununda gösterilir. *1*.dönemdekine benzer biçimde, z_2^* sütunundaki değerler arasında en küçük $f_2(x_3)$'e karşılık gelen z_2^* değeri optimum çözüm olarak benimsenir. Böylelikle ikinci döneme ilişkin çözüm işlemleri de tamamlanmış olur. 2.Aşamada alınan karar *1*. ve *2*. dönemlerin her ikisini de kapsar (Taha, 2000). İkinci aşama çözüm sonuçları özet olarak 2.Aşama sonuç tablosunda

---

sütununda yer alacak değerlerden biri de 18 olarak bulunacaktır. x_2 ve z_2'nin aldığı değerlere göre x_3'ün 18'e eşit olduğu durumlar aşağıdaki özetlenir:

- 1.dönemde ilk dört dönem için üretim yapılıp, böylece 2.dönemde üretim yapmaya gerek kalmadığında x_2=21 z_2=0 ve x_3=18 olur.
- 1.dönemde yalnızca ilk dönem için üretim yapılıp, 2.döneme kalan bir stok bulunmadığı, 2. dönemde ise 2,3 ve 4. dönemlerin talebini karşılayacak miktarda üretim yapıldığında ise, x_2=0 z_2=21 ve x_3=18 olur.

Sözkonusu iki durum dışında x_3, 18 değerini almamaktadır. x_3'ün 18'e eşit olduğu bu iki durumda $f_2(18)$ değerinin bulunması gereklidir. Bu amaçla z_2 ve x_3 değerleri $f_2(x_3) = C_2(z_2) + h_2x_3 + f_1(x_3 + D_2 - z_2)$ dönüşüm fonksiyonunda yerine konarak $f_2(18)$'in alacağı değerler aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$f_2(x_3) = C_2(z_2) + h_2x_3 + f_1(x_3 + D_2 - z_2)$$
$$f_2(18) = C_2(0) + h_2 18 + f_1(18 + 3 - 0)$$
$$f_2(18) = C_2(0) + h_2 18 + f_1(21)$$

(*1*.dönemde, *1*.dönem sonunda elde kalacak stok miktarı 21 olacak kadar üretim yapıp *2*.dönemde hiç üretim yapmamanın (sıfır üretim yapmanın) maliyeti (hesaplamalar için gereken $f_1(21)$ değeri 1.Aşama sonuç tablosundan alınır))

$$f_2(x_3) = C_2(z_2) + h_2x_3 + f_1(x_3 + D_2 - z_2)$$
$$f_2(18) = C_2(21) + h_2 18 + f_1(18 + 3 - 21)$$
$$f_2(18) = C_2(21) + +h_2 18 + f_1(0)$$

(*1*.dönemde, *1*.dönem sonunda elde kalacak stok miktarı sıfır olacak kadar üretim yapıp *2*.dönemde miktarı 21 olan bir üretim yapmanın maliyeti (hesaplamalar için gereken $f_1(0)$ değeri 1.Aşama sonuç tablosundan alınır)) gösterilir. Bu tablodaki değerler bir sonraki aşama çözüm tablosunun oluşturulmasına destek verecektir.

Şekil 4. 2.Aşama Sonuç Tablosu

x_3	$f_2(x_3)$	z_2^*
x_3 değerleri	x_3 değerlerine karşılık gelen $f_2(x_3)$ değerleri	z_2^* değerleri

Diğer aşamalar için de yukarıdaki ikinci aşamada yapılana benzer biçimde yineleme denklemleri kurulup, çözümler çözüm tablolarına, çözüm tablolarındaki sonuçlar sonuç tablolarına yerleştirilerek, son aşamaya kadar çözüme devam edilir. Son aşamaya ilişkin hesaplamalar yapılıp sonuç tablosu oluşturulduğunda tüm aşamaların optimum çözümüne ulaşılmış olunur.

UYGULAMA

Geliştirilen modelin uygulamasının yapıldığı Ayplastik Ambalaj San. ve Tic.A.Ş.[1], Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi'nde 1995 yılından beri faaliyet göstermekte olan bir üretim işletmesidir. 4250 m^2 kapalı üretim alanında, 150-800 ton arasındaki 16 adet plastik enjeksiyon makinesi ile Arçelik Buzdolabı işletmesine yardımcı sanayi olarak hizmet vermektedir. Çalışmada geliştirilen modelin uygulanacağı ürün, *4306180100 ara bölme grubu'*dur. Modelde yer alan talepler, Arçelik'in Ayplastik'e vermiş olduğu kesin sipariş miktarlarıdır. Yapılan sözleşme gereği Arçelik'in bu taleplerinin Ayplastik'çe karşılanması zorunludur.

Modelden amaçlanan, tüm dönem taleplerinin tamamını karşılayacak biçimde 6 aylık bir zaman dilimi içinde toplam maliyeti minimum kılacak aylık üretim ve stok miktarlarının belirlenmesidir.

Çözüm

---

[1] http://www.ayplastik.com

Modelde bir aylık süre bir dönem olarak ele alınmıştır. Modelde dönem içinde elde bulundurmaya izin verilmekte ve üretim öncesinde belirli bir hazırlık maliyeti oluşmaktadır. *Ara bölme grubu* ürününün üretimi için ortaya çıkan hazırlık maliyeti; telefon, kırtasiye ve nakliye kalemlerinden oluşmaktadır. Elde bulundurma maliyeti içerisinde ise kira, elektrik, sigorta, işçilik, fire maliyeti ve alternatif maliyet kalemleri bulunmaktadır. Bilindiği gibi alternatif maliyetin hesaplanmasında, faiz, döviz, değerli kağıt vb. gibi değişik seçenekler bulunur. Çalışma çerçevesinde alternatif maliyeti hesaplamada, sıralanan bu seçeneklerden en yaygın kullanım alanı olan mevduat faiz oranları seçilmiştir. Söz konusu alternatif maliyetin, işletmenin ürünü üretmek yerine üretim için kullandığı tutarı, diğer bir yatırım aracına yönlendirilmesi durumunda elde edebileceği getiri olarak ele alınabileceği bilinmektedir.

Hazırlık maliyeti, üretim miktarına göre değişmemekle birlikte üretim öncesinde ortaya çıkmaktadır. Elde bulundurma maliyeti ise, birim ürün üretimine göre hesaplanmaktadır.

Uygulamada Ocak-Haziran 2004 yılı zaman dilimi incelemeye alınmıştır. Bu nedenle $n = 6$ ' dır.

Modeldeki formülasyona uygun olarak Excel çalışma sayfasına girilen Ayplastik'e ilişkin veri yapısı Tablo 1'de verilmiştir.

Excel çalışma sayfasına girilen *Ara bölme grubu* ürününe ilişkin veriler ışığında Ayplastik'e özgün model kurulmuş ve bu model, ileriye doğru Wagner-Whitin tablosal çözüm yolu ile çözümlenmeye çalışılmıştır. Bu yapılırken önceki kesimde verilen genel formülasyona uygun olarak Ayplastik'in stok problemi, her ay bir aşamaya karşılık gelmek üzere, aşama aşama çözümlenmiştir. Ocak ayına ilişkin çözümlemeler birinci aşama, Şubat ayına ilişkin hesaplamalar ikinci aşama ve izleyen aylar da sırasıyla diğer aşamaları oluşturmuştur.

Öncelikle *1*.dönem için olası üretim miktarları (1)'e uygun olarak, (2), (3), (4), (5) denklemleri uyarınca hesaplanmıştır. Bulunan bu farklı üretim miktarlarına karşılık gelen dönem sonu stok miktarları, (10), (11), (12) denklemleriyle (13) denklemi birlikte ele alınarak hesaplanmıştır.

Farklı üretim değerlerine (z_1) karşılık gelen üretim maliyetleri ($C_1(z_1)$) ve dönem sonu stok miktarları (x_2), bu stok miktarlarına bağlı olarak oluşan dönem sonu toplam stok maliyeti ($C_1(z_1) + h_1 x_2$), bu maliyet değerlerini oluşturan üretim miktarları (z_1), 1.Aşama Çözüm Tablosu'na yerleştirilmiştir. 2.Aşama için geliştirilecek yineleme denkleminin gereksinim duyduğu (x_2) dönem sonu stok miktarlarına göre oluşan toplam maliyetler ($f_1(x_2)$), bu maliyetlere yol açan üretim miktarlarına (z_1^*) sonuç tablosunda yer verilmiş ve daha sonra 2.Aşamaya ilişkin hesaplamalara geçilmiştir.

2.Aşamada da *1*.dönemdekine benzer olarak farklı üretim miktarlarına (z_2) karşılık gelen farklı üretim maliyetleri ($C_2(z_2)$), dönem sonu stok miktarları (x_3) ve dönem sonu stok miktarlarına bağlı olarak oluşan dönem sonu toplam stok maliyeti ($C_2(z_2) + h_2x_3 + f_1(x_3 + D_2 - z_2)$) ve bu maliyetleri oluşturan üretim miktarları (z_2) 2.Aşama Çözüm Tablosuna yerleştirilmiştir. Bu yapılırken, dönem sonu toplam stok maliyetini belirlemek için $f_1(x_3 + D_2 - z_2)$ değerinin hesaplanması sırasında, verilen D_2, z_2 ve x_3 değerlerinden hareketle f_1 fonksiyonunun argümanını oluşturan değer hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değere karşılık gelen maliyet ise bir önceki aşamanın sonuç tablosundan elde edilmiştir. 3.Aşama için geliştirilecek yineleme denkleminin ($C_3(z_3) + h_3x_4 + f_2(x_4 + D_3 - z_3)$) gereksinim duyacağı dönem sonu stok miktarları x_3’lere, dönem sonu stok miktarlarına göre oluşan toplam maliyetler $f_2(x_3)$’lere ve bu maliyetlere yol açan üretim miktarı (z_2^*)’lara 2.Aşama sonuç tablosunda yer verilmiştir.

Daha sonra, diğer aşamalar için de benzer hesaplamalar gerçekleştirmiş ve 6.Aşama sonunda incelenen 6 aylık dönemin minimum maliyeti elde edilmiştir.

Excel ortamında oluşturulan modelin ilk iki ve son aşamasına ilişkin hesaplama, çözüm ve sonuç tablolarına izleyen kesimde yer verilmiştir.

2004 yılına ilişkin veriler								
	Ürün	*4306180100 ara bölme grubu*						
	Dönemler (i)	**Talep** (D_i)	**Birim Üretim Maliyeti** (c_i)	**Birim Hazırlık Maliyeti** (K_i)	**Birim Elde Bulundurma Maliyeti** (h_i)	**İşletmenin Ürettiği Miktar**	**Toplam Maliyet**	**Alternatif Maliyetin Hesaplanmasında Kullanılan Faiz oranları**
	Dönem Başı Stok Miktarı	144						
1	Ocak	31.551	4.627.100	20.280	421.331	33.212	153.675.265.480	26%
2	Şubat	29.792	4.476.200	20.027	409.458	31.360	140.373.652.027	24%
3	Mart	33.450	5.089.400	18.951	421.319	35.210	179.197.792.951	23%
4	Nisan	28.249	4.881.200	19.006	414.869	29.736	145.147.382.206	22%
5	Mayıs	33.131	5.085.900	15.507	422.490	34.875	177.370.778.007	23%
6	Haziran	30.401	4.951.700	15.464	419.453	32.001	158.459.367.164	23%
					Toplam=	196.394		
	Toplam dönem talebi	186.574				**6 Aylık Toplam Maliyet**	954.224.237.835	
	Birim Hazırlık maliyeti							
		Ocak	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	
	Telefon	2.742	2.488	2.666	2.721	2.095	2.053	
	Kırtasiye	615	615	571	571	471	471	
	Nakliye	16.923	16.923	15.714	15.714	12.941	12.941	
	Toplam=	20.280	20.027	18.951	19.006	15.507	15.464	
	Birim Elde Bulundurma Maliyeti							
		Ocak	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	
	Kira	6.250	6.250	6.250	6.250	6.250	6.250	
	Elektrik	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	9.375	
	Sigorta	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	
	İşçilik	256.500	256.500	256.500	256.500	256.500	256.500	
	Fire Maliyeti	46.271	44.762	50.894	48.812	50.859	49.517	
	Alternatif Maliyet	100.485	90.121	95.850	91.482	97.056	95.361	
	Toplam=	421.331	409.458	421.319	414.869	422.490	419.453	

Tablo 1. Modele İlişkin Veri Yapısı Tablosu

	Maliyet Fonksiyonu	$C_i(z_i) = \begin{cases} 0, & z_i=0 \\ K_i+c_i(z_i)+h_i x_{i+1}, & z_i>0 \end{cases}$	
	Birinci Aşama Hesaplamaları		
	1. Dönem için verilebilecek en düşük sipariş miktarı (min) $z_1 = D_1 - x_1$		31.407
	1. Dönem için verilebilecek en yüksek sipariş miktarı (max) $z_1 = D_1+D_2+D_3+\ldots+D_n-x_1$		186.430
	1. Dönem sonunda elde kalabilecek stok miktarı	(min) $x_2 = 0$	0
	$0 \le x_2 \le D_2+D_3+\ldots+D_n$	(max) $x_2 = D_2+D_3+\ldots+D_n$	155.023
	İleriye Doğru Yineleme Denklemi		
	$f_1(x_2) = \min\limits_{0 \le z_1 \le D_1+x_2} \left\{ C_1(z_1)+h_1 x_2 \right\}$		
	$f_i(x_{i+1}) = \min\limits_{0 \le z_i \le D_i+x_{i+1}} \left\{ C_i(z_i)+h_i x_{i+1}+f_{i-1}(x_{i+1}+D_i-z_i) \right\}$	$(i = 2,3,\ldots,n)$	

Tablo 2. 1.Aşama Hesaplama Formülleri

(z_1)	(x_2)	h_1x_2	K_1	$c_1(z_1)$	$c_1(z_1)+h_1x_2$	$c_1(z_1)+K_1$
31.407	0	0	20.280	145.323.329.700	145.323.329.700	145.323.349.980
61.199	29.792	12.552.298.763	20.280	283.173.892.900	295.726.191.663	283.173.913.180
94.649	63.242	26.645.827.013	20.280	437.950.387.900	464.596.214.913	437.950.408.180
122.898	91.491	38.548.011.752	20.280	568.661.335.800	607.209.347.552	568.661.356.080
156.029	124.622	52.507.135.352	20.280	721.961.785.900	774.468.921.252	721.961.806.180
186.430	155.023	65.316.024.809	20.280	862.630.253.000	927.946.277.809	862.630.273.280
SON	SON	SON	SON	SON	SON	SON

1. AŞAMA ÇÖZÜM TABLOSU

			$C_1(z_1)+h_1x_2$								
		z1 →	31.407	61.199	94.649	122.898	156.029	186.430	SON		
x_2	h_1x_2	$C_1(z_1)$ →	145.323.349.980	283.173.913.180	437.950.408.180	568.661.356.080	721.961.806.180	862.630.273.280	SON	$f_1(x_2)$	z_1^*
0	0		145.323.349.980							145.323.349.980	31.407
29.792	12.552.298.763			295.726.211.943						295.726.211.943	61.199
63.242	26.645.827.013				464.596.235.193					464.596.235.193	94.649
91.491	38.548.011.752					607.209.367.832				607.209.367.832	122.898
124.622	52.507.135.352						774.468.941.532			774.468.941.532	156.029
155.023	65.316.024.809							927.946.298.089		927.946.298.089	186.430
SON	SON										SON

	$f_1(x_2)$ =		z_1^*
f_1	0	145.323.349.980	31.407
f_1	29.792	295.726.211.943	61.199
f_1	63.242	464.596.235.193	94.649
f_1	91.491	607.209.367.832	122.898
f_1	124.622	774.468.941.532	156.029
f_1	155.023	927.946.298.089	186.430

Tablo 3. 1.Aşama Ön Hesaplama, Çözüm ve Sonuç Tablosu

İkinci Aşama Hesaplamaları						
2. Dönem için verilebilecek en düşük sipariş miktarı						
(min) z_2 =1. aşamada verilen sipariş miktarına göre en az sıfır olabılır				0		
2. Dönem için verilebilecek en yüksek sipariş miktarı				155.023		
(max) $z_2=D_2+D_{3+...+}D_n$						
2. Dönem sonunda elde kalabilecek stok		(min) $x_3 = 0$		0		
miktarı $0 \le x_3 \le D_3+...+D_n$		(max) $x_3 = D_3+D_4+D_5+D_6$		125.231		
	$f_2(x_3)=\min\limits_{0 \le z_2 \le D_2+x_3} C_2(z_2)+h_2x_3+f_1(x_3+D_2-z_2)$					
(z_2)	(x_3)	h_2x_3	K_2	$c_2(z_2)$	$c_2(z_2)+h_2x_3$	$c_2(z_2)+K_2$
0	0	0	0	0	0	0
29.792	33.450	13.696.364.302	20.027	133.354.950.400	147.051.314.702	133.354.970.427
63.242	61.699	25.263.138.448	20.027	283.083.840.400	308.346.978.848	283.083.860.427
91.491	94.830	38.828.885.703	20.027	409.532.014.200	448.360.899.903	409.532.034.227
124.622	125.231	51.276.813.091	20.027	557.832.996.400	609.109.809.491	557.833.016.427
155.023	SON	SON	20.027	693.913.952.600	SON	693.913.972.627
SON			SON	SON		SON
$f_2(x_3)=\min\limits_{0 \le z_2 \le D_2+x_3} C_2(z_2)+K_2+h_2x_3+f_1(x_3+D_2-z_2)$						
D_2 =	29.792					
$\mathbf{f_2(x_3)=}$						
		$C_2(0)+f_1(29.792)$ =	295.726.211.943			
$f_2(0)$= min	278.678.320.407	$C_2(29.792)+f_1(0)$ =	278.678.320.407			
		$C_2(0)+f_1(63.242)$ =	478.292.599.495			
$f_2(33.450)$= min	442.103.574.709	$C_2(63.242)+f_1(0)$ =	442.103.574.709			
		$C_2(0)+f_1(91.491)$ =	632.472.506.279			
$f_2(61.699)$= min	580.118.522.654	$C_2(91.491)+f_1(0)$ =	580.118.522.654			
		$C_2(0)+f_1(124.622)$ =	813.297.827.235			
$f_2(94.830)$= min	741.985.252.109	$C_2(124.622)+f_1(0)$ =	741.985.252.109			
		$C_2(0)+f_1(155.023)$ =	979.223.111.180			
$f_2(125.231)$= min	890.514.135.698	$C_2(155.023)+f_1(0)$ =	890.514.135.698			

Tablo 4. 2.Aşama Hesaplama Tablosu

2. AŞAMA ÇÖZÜM TABLOSU

			$C_2(z_2)+h_2x_3+f_1(x_3+D_2-z_2)$								
		z_2 →	0	29.792	63.242	91.491	124.622	155.023	SON		
x_3	h_2x_3	$C_2(z_2)$ →	0	133.354.970.427	283.083.860.427	409.532.034.227	557.833.016.427	693.913.972.627	SON	$f_2(x_3)$	z_2^*
0	0		295.726.211.943	278.678.320.407						278.678.320.407	29.792
33.450	13.696.364.302		478.292.599.495		442.103.574.709					442.103.574.709	63.242
61.699	25.263.138.448		632.472.506.279			580.118.522.654				580.118.522.654	91.491
94.830	38.828.885.703		813.297.827.235				741.985.252.109			741.985.252.109	124.622
125.231	51.276.813.091		979.223.111.180					890.514.135.698		890.514.135.698	155.023
SON	SON										

	$f_2(x_3)$ =		z_2^*
f_2	0	278.678.320.407	29.792
f_2	33.450	442.103.574.709	63.242
f_2	61.699	580.118.522.654	91.491
f_2	94.830	741.985.252.109	124.622
f_2	125.231	890.514.135.698	155.023

Üçüncü Aşama Hesaplamaları **(MART AYI)**

3. Dönem için verilebilecek en düşük sipariş miktarı (min) z_3 =2. aşamada verilen sipariş miktarına göre en az sıfır olabilır		0
3. Dönem için verilebilecek en yüksek sipariş miktarı (max) $z_3=D_3+D_{4...}+D_n$		125.231
3. Dönem sonunda elde kalabilecek stok	(min) $x_4 = 0$	0
miktarı $0 \leq x_4 \leq D_4+...+D_n$	(max) $x_4=D_4+D_5+D_6$	91.781

$$f_3(x_4)=\min_{0 \leq z_3 \leq D_3+x_4} \quad C_3(z_3)+h_3x_4+f_2(x_4+D_3-z_3)$$

Tablo 5. 2.Aşama Çözüm ve Sonuç Tablosu

Altıncı Aşama Hesaplamaları **(HAZİRAN AYI)**

6. Dönem için verilebilecek en düşük sipariş miktarı (min) z_6 =5. aşamada verilen sipariş miktarına göre en az sıfır olabılır	0
6. Dönem için verilebilecek en yüksek sipariş miktarı (max) $z_6=D_6$	30.401
6. Dönem sonunda elde kalabilecek stok miktarı (min) $x_7=0$	0
(max) $x_7=0$	0

$$f_6(x_7)=\min_{0\le z_6\le D_6+x_7} C_6(z_6)+h_6x_7+f_5(x_7+D_6-z_6)$$

(z_6)	(x_7)	h_6x_7	K_6	$c_6(z_6)$	$c_6(z_6)+h_6x_7$	$c_6(z_6)+K_6$
0	0	0	0	0	0	0
30.401	SON	SON	15.464	150.536.631.700	SON	150.536.647.164
SON			SON	SON		SON

$$f_6(x_7)=\min_{0\le z_6\le D_6+x_7} C_6(z_6)+h_6x_7+f_5(x_7+D_6-z_6)$$

$D_6=$ 30.401

$f_6(x_7)=$

$$f_6(0)=\min \left\{\begin{array}{l} C_6(0)+f_5(30.401) = 915.954.143.032 \\ C_6(30.401)+f_5(0) = 899.030.228.086 \end{array}\right\} = 899.030.228.086$$

6. AŞAMA ÇÖZÜM TABLOSU

		$C_6(z_6)+h_6x_7+f_5(x_7+D_6-z_6)$					
		z_6 →	0	30.401	SON	$f_6(x_7)$	z_6^*
x_7	h_6x_7	$C_6(z_6)$ →	0	150.536.647.164	SON		
0	0		915.954.143.032	899.030.228.086		899.030.228.086	30.401
SON	SON						

	$f_6(x_7)$ =		z_6^*
f_6	0	899.030.228.086	30.401

FARK 55.194.009.749

Tablo 6. 6.Aşama Hesaplama, Çözüm ve Sonuç Tablosu

İzleyen diğer aşamalara ilişkin hesaplamalar da benzer biçimde yapıldığında her aşamanın sonuç tabloları aşağıdaki gibi oluşur.

3. Aşama

	$f_3(x_4)$ =		z_3^*
f_3	0	442.103.574.709	0
f_3	28.249	592.020.373.443	0
f_3	61.380	767.845.834.835	0
f_3	91.781	929.183.248.490	0

4.Aşama

	$f_4(x_5)$ =		z_4^*
f_4	0	579.992.612.515	28.249
f_4	33.131	755.456.668.701	61.380
f_4	63.532	916.462.456.999	91.781

5.Aşama

	$f_5(x_6)$ =		z_5^*
f_5	0	748.493.580.922	33.131
f_5	30.401	915.954.143.032	63.532

6.Aşama

	$f_6(x_7)$ =		z_6^*
f_6	0	899.030.228.086	30.401

Çözüm Sonuçları

Kurulan modelin Wagner-Whitin algoritmasıyla bilgisayar ortamında elde edilen çözümüne göre, işletmenin aylar itibariyle üretmesi gereken ürün miktarları aşağıda verilen biçimde bulunmuştur.

Ocak	31.407
Şubat	63.242
Mart	0
Nisan	28.249
Mayıs	33.131
Haziran	30.401

3.Aşama sonuç tablosundan en düşük $f_3(x_4)$ değerinin 442.103.574.709._ TL olduğu görülmektedir. Bu en düşük toplam stok maliyetine yol açan üretim miktarının da z_3^*=0 olduğu izlenebilmektedir. Bu sonuca göre Mart ayı için 33.450 adet talep olmasına karşın, bu ayda işletmenin üretim yapmaması gerekmektedir.

$f_3(0) = C_3(0) + f_2(33.450) = 442.103.574.709$ eşitliğine göre 2.dönem sonu (3.dönem başı) stoku 33.450'dir. Şubat ayında, Şubat ve Mart taleplerinin (29.792+33.450=63.242 adet) tamamı üretilerek Şubat dönemi talebi karşılandıktan sonra Mart ayının talebi için 33.450 adet ürün stokta bırakılmıştır. Bu üretim planı 6 aylık toplam stok maliyetinin minimum olmasını sağlayacaktır. İşletme bu üretim politikasını izleyerek, 6 aylık toplam stok maliyetini 899.030.228.086._TL ile minimum kılacaktır. Oysa işletme, sayısal bir teknik kullanmaksızın yalnızca geçmiş tecrübeleri doğrultusunda bir üretim politikası izlemiş ve üretimini aşağıda verilen miktarlarda gerçekleştirmiştir.

Ocak	33.212
Şubat	31.360
Mart	35.210
Nisan	29.736
Mayıs	34.875
Haziran	32.001

Bunun sonucu olarak 954.224.237.835._TL. toplam stok maliyetine katlanmak durumunda kalmıştır.

Bu sonuçlara göre Ayplastik, Wagner-Whitin algoritmasını kullanarak bir planlama yapmakla, incelenen 6 aylık dönem için maliyeti 55.194.009.749._TL azaltabilecektir.

SONUÇ

Stoklar, üretim işletmelerinin toplam varlıklarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Öte yandan stokların likiditesinin, diğer dönen varlıklarınkine göre daha düşük olduğu da bilinmektedir. Bu nedenle işletmenin gereğinden fazla stokunun bulunması önemli bir olumsuzluk oluşturur. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak amacıyla işletmelerde stok planlama konusunun önemi giderek artmaktadır. Gerçekten de ciddi ve doğru bir biçimde uygulanan stok planlamanın işletme maliyetleri açısından önemi büyüktür. Bu noktada stok maliyetlerini minimum kılmaya yönelik çalışmalar önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada dinamik programlama Wagner-Whitin algoritmasının stok planlama sürecinde kullanımı ele alınmıştır. Bu yapılırken bir üretim işletmesinin verileri kullanılarak, stok planlamaya ilişkin dinamik programlama modeli MS Excel yazılımı ile bilgisayar ortamında kurulmuş ve bu model Wagner-Whitin algoritması kullanılarak çözülmüştür. Çözüm sonuçlarından gözlendiği gibi, sayısal karar verme teknikleri kullanılarak yapılan stok planlama uygulaması, işletmeler açısından daha elverişli sonuçlar doğurmaktadır.

KAYNAKÇA

Anderson, David R., Sweeney, Dennis J. ve Williams, Thomas A. (2000). *An Introduction to Management Science Quantitative Approaches to Decision Making*. U.S.A.: South-Western College Publishing.

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

Halaç, Osman. (2001). *Kantitatif Karar Verme Teknikleri*. İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım.

Karayalçın, İlhami.(1993). Yöneylem *"Harekat Araştırması" Operation Research* İstanbul: Menteş Kitabevi.

Levin, Richard I., Kirkpatrick, C.A., ve Rubin, D.S.(1982) *Quantitative Approaches to Management*. Tokyo: McGraw-Hill International Book Company.

Taha, Hamdy A. (2000). *Yöneylem Araştırması*. (Çeviren:Ş.Alp Baray-Şakir Esnaf). İstanbul:Literatür Yayıncılık.

Turban, Efraim ve Meredith, Jack R. (1988), *Fundamentals of Management Science*. Texas:Business Publications.

Winston, Wayne L. (1994). *Operation Research Applications and Algorithms*. U.S.A.: International Thomson Publishing.

http://www.isl.itu.edu.tr/ya/END332E/dynamiccommoncharacteristics.htm 03.07.2002

http://www.mmf.gazi.edu.tr/journal/2003_3/43-50.pdf 12.07.2004

http://www.mmo.org.tr/endustrimuhendisligi/2002_3/siparis_buyuklugubelirleme.htm 20.07.2004

http://www.ayplastik.com 25.07.2004