

T. C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAPASİTE KISITLI DEVRESEL GÖZDEN GEÇİRMELİ DİNAMİK
ÜRETİM PROBLEMLERİNE ENİYİ ÇÖZÜM
ARAŞTIRILMASI VE BİR UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN : YARD. DOÇ. DR. NİHAT YÜZÜGÜLLÜ

EMİN KÂHYA

ESKİŞEHİR 1985

ÖZET

Bu çalışmada, talebin deterministik ve dinamik olduğu devresel gözden geçirmeli ve tek mamüllü sistemlerde üretim planlamasının üretim kapasitesi kısıtı altında eniyi çözümünün ^{ele alınarak} bilgisayar desteğiyle hazırlanması araştırılmıştır. Bu amaçla önce üretim planlaması ile ilgili temel bilgilere kısaca yer verilmiş, daha sonra da devresel gözden geçirmeli dinamik modeller tanıtılarak kapasite kısıtının bu modellerdeki önemi açıklanmıştır. Problemin çözüm algoritması, kapasite kısıtsız modellerin çözüm algoritması ile yakından ilgili olduğundan önce kapasite kısıtsız modellerde Wagner-Whitin çözüm algoritması tanıtılmış daha sonra da problem için geliştirilen algoritmaya yer verilmiştir. Gerçek yaşamda planların her devre sonunda gözden geçirilerek gerekli düzenlemelerin yapılacağı gözönüne alınarak, gerçek verilerle her devre günlüğü, böylece eniyi üretim planları hazırlanmaya çalışılmıştır. Bu tür bir planlama yaklaşımı mevcut uygulama ile karşılaştırılmış ve sonuçlar ile yapılabilir çalışmalar açıklanmıştır.

ABSTRACT

In this study, the capacity restricted production planning which has a deterministic and dynamic demand was investigated, and the optimum solution was tried to get by computers. For this purpose, at first production planning was explained briefly, then the importance of capacity restriction in periodic review models was pointed out. Since the algorithm is similar to the models in unrestricted capacity problems, Wagner-Whitin algorithm was explained, then the proposed algorithm was explained in details. Since to update the plans is very important, the necessary computers programs was prepared. The algorithm which was developed was applied to a real problem. Finally the results are interpreted.

İÇİNDEKİLER

Özet	i
Abstract	ii
Tablolar ve Şekiller Listesi	v
Giriş	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ÜRETİM PLANLAMASI VE DEVRESEL GÖZDEN GEÇİRMELİ DİNAMİK MODELLER

I.1	ÜRETİM PLANLAMASININ ÖNEMİ ve ÇEŞİTLERİ	4
I.2	ÜRETİM PLANLAMA ve STOK MODELLERİ	8
I.2.1	ÜP ve Stok Modellerinin Genel Yapısı	8
I.2.2	ÜP ve Stok Yönetimi Modellerinin Sınıflandırılması	9
I.2.3	ÜP ve Stok Yönetimi Modellerinde Maliyet Parametreleri	13
I.3	DEVRESEL GÖZDEN GEÇİRMELİ DİNAMİK MODELLERDE KAPASİTE KISITI	15
I.3.1	Devresel Gözden Geçirmeli Dinamik Modeller ..	15
I.3.2	Devresel Gözden Geçirmeli Dinamik Modellerde Kapasite Kısıtının Önemi	17

İKİNCİ BÖLÜM

KAPASİTE KISITLI DİNAMİK ÜRETİM MODELLERİ VE ÇÖZÜMLERİ

II.1	KAPASİTE KISITLI DİNAMİK MODELLERİN TARİHSEL GELİŞİMİ	21
------	--	----

II.2	WAGNER - WHITIN ALGORİTMASI	26
II.3	ENİYİ ÇÖZÜMÜN ÖZELLİKLERİ	32
II.4	UYGUN ÜRETİM SIRALAMALARININ ÖZELLİKLERİ	34
II.5	UYGUN ÜRETİM SIRALAMALARININ BELİRLENMESİ ALGORİTMASI	36

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

GELİŞTİRİLEN DİNAMİK ÜRETİM MODELİNİN BİR İŞLETMEDE UYGULANMASI

III.1	MEVCUT SİSTEMDE ÜP ve GÖZLENEN AKSAKLIKLARI	41
III.1.1	Mevcut Sistemde Üretim Planlaması	41
III.1.2	Gözlenen Aksaklıklar	42
III.2	ÜRETİM PLANLAMA MODELİ ÖNERİSİ	45
III.2.1	Mamul Talebinin Kestirilmesi	45
III.2.2	Maliyet Parametrelerinin Belirlenmesi	47
III.2.3	Kapasite Yeterlilik Sınaması	49
III.2.4	Kapasite Kısıtı Altında Eniyi Üretim Çizelgesinin Belirlenmesi	51
III.2.5	Günlemenin Yapılması	52
III.3	ÇÖZÜMLERİN ELDE EDİLMESİ ve DEĞERLENDİRİLMESİ	54
SONUÇ	.....	56
YARARLANILAN KAYNAKLAR	.....	60
EK-I	.....	63
EK-II	.....	67
EK-III	.....	74
EK-IV	.....	76
EK-V	.....	78
EK-VI	.....	93
EK-VII	.....	103

TABLolar LİSTESİ

TABLO III-1	Yıllar Göre Talep Verileri	46
-------------	----------------------------------	----

ŞEKİLLER LİSTESİ

ŞEKİL I-1	Genel Üretim Planlama Çeşitleri	7
ŞEKİL I-2	Devresel Gözden Geçirme Modellerinin Şematik Gösterilmesi	11
ŞEKİL I-3	Sürekli Gözden Geçirme Modellerinde Stok Süreci	12
ŞEKİL I-4	Talep ve Kapasite Kestirimi	18
ŞEKİL II-1	İki Yeniden Yaratma Noktası Arasındaki Üretim ve Stok Tutma Süreci	29
ŞEKİL II-2	$T = 4$ için En Kısa Yol Modeli	30
ŞEKİL II-3	j_k Değerler Tablosu	31
ŞEKİL II-4	Kapasite Kısıtlı Üretimde Üretim ve Stok Tutma Süreci	33
ŞEKİL II-5	$(j \ 1)$. Devreden k . Devreye Kadar Mümkün Üretim Seviyeleri	37
ŞEKİL III-1	Mamulün 1984 Yılı Talep, Üretim ve Stok Süreci	50
ŞEKİL III-2	t . Devre Üretim, Talep, Stok ve Yoksatma Seviyesi Şebekesi	53
ŞEKİL III-3	Günlemeli Planlama ile Mamulün Üretim, Stok Yoksatma Süreci	55

GİRİŞ

Mal ve/veya hizmet üreten sistemlerde, faaliyetlerin yoğunluğu ve karmaşıklığı, tüketici kütlesinin genişlemesi ve isteklerin sürekli değişmesi bir planlama sisteminin kurulmasını gerektirmiştir. İşletmelerin en önemli amaçlarından biri yaşamlarını sürekli kılmaktır. Bu amaç, işletme içi ve dışı ilişkiler konusunda, sistemdeki alt sistem elemanlarının bir bütün olarak, gerekli kararları almaları ölçüsünde gerçekleşmektedir. Tüketici talep ettiği mala ilişkin bilgilerden miktar, zaman, kalite ve teslim yerini bildirmektedir. İşletme tüketicinin bu talebini kısıtlı kaynaklar altında malzeme, makina zamanı, işgücü ve enerji girdilerine ilişkin maliyetleri en küçük düzeyde tutarak karşılamak zorundadır. Bu zorunluluk problemlerin modellenmesini ve çözümüne ilişkin algoritmaların geliştirilmesini gerektirmiştir.

İşletmeler tüketici taleplerini sürekli karşılamak için üretim ile talep arasında bir denge kurmak zorundadırlar. Bu denge, hedeflenen amaçlar doğrultusunda üretim ve stok politikaların geliştirilmesi ile sağlanmaktadır.

Talep ile üretim arasındaki dengeyi sağlayan stok politika-^{may - yönelik} larından biri de devresel gözden geçirmeli stok politika-
 larıdır. Problemin yapısına bağlı olarak bazı varsayımlar
 altında üretim ve stok maliyetlerini enküçükleyen politi-
 kayı belirlemek için çözüm algoritmalar geliştirilmiştir.
 Talebin deterministik ve dinamik olduğu, tek mamüllü, dev-
 resel gözden geçirmeli politikaların izlendiği problemler-
 re ilişkin, eniyi üretim çizelgesinin belirlenmesini sağ-
 layan algoritmalar ^{ile} ~~biri~~ de Wagner-Whitin Algoritması-
 dır. Geliştirilen bu algoritmalar kapasite kısıtını dik-
 kate almamaktadır.

İşletmeler kısıtlı kaynaklar altında üretimde bu-
 lunmaktadır. Kaynak kısıtının probleme alınması, çözüm
 algoritmalarına yeni yaklaşımlar getirilmesini gerektir-
 miştir. Üretim ve stok problemlerine ilişkin çözüm arama-
 ları ile birlikte para, hammadde, malzeme, işgücü gibi
 kısıtlar altında probleme yeni yaklaşımlar aranmaya çalı-
 şılmıştır. Özellikle devresel gözden geçirmeli politikalara
 ilişkin problemlerin çözüm sonuçları, kapasite kısıtı-
 nın modelde bulundurulmasını zorlamıştır.

Öte yandan talep kestirim hataları, tüketici istek-
 lerinin değişmesi, kalite ve fiyat düzeyinin değişmesi
 üretim planlarının planlama dönemi başında yapıldığı ha-
 liyle kalmasını engellemektedir. Bu, planların değişen ko-
 şullara göre yeniden hazırlanmasını veya planlarda değişik-
 lik yapılmasını zorunlu hale getirmektedir.

Yukarıdaki açıklamalar ışığında üretim planlamasın-
 da kapasite kısıtının ve planların güncellenmesi gereğinden
 hareketle, talebin deterministik ve dinamik olduğu tek ma-
 müllü ve devresel gözden geçirmeli problemlerin eniyi çö-

züm algoritmalarını tanıtmak, kapasite kısıtının probleme alınmasıyla algoritmadaki yeni yaklaşımları sunmak ve planların sürekli günlenerak çözümlerin uygulanabilirliğini sağlamak amaçlanmıştır. Çalışma hedeflenen amaçlara göre üç bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde üretim planlamasına ilişkin temel bilgilere yer verilmekte, üretim planlaması çeşitleri ve bu konuda yapılan çalışmalar özetlenmiştir. Daha sonra üretim planlaması ve stok yönetimi modellerinin genel yapısı incelenerek, sınıflandırılması ve ilişkin parametrelere değinilmiştir. Daha sonra da devresel gözden geçirmeli, talebi deterministik ve dinamik yapıllı olan problemler için model kurulmuş ve kapasite kısıtının bu modellerdeki önemi tartışılmıştır.

İkinci bölümde, gerçek hayattan bir problem alınarak, model geliştirilmiş ve dinamik yapıllı, kapasite kısıtlı problemlere ilişkin yapılan çalışmalar açıklanmıştır. Problemin çözüm algoritması, kapasite kısıtsız problemlerin çözüm algoritması ile yakından ilgili olduğundan önce kısıtsız problemler için eniyi çözümün varlığı ve çözüm algoritması tanıtılmış, sonra da kapasite kısıtı altındaki problemde eniyi çözümün yapısı, uygun sıralamaların özellikleri ve algoritması tanıtılmıştır.

Üçüncü bölümde kapasite kısıtlı modellerin bir üretim sistemine uygulanması üzerinde durulmuştur. Bu amaçla önce mevcut sistemdeki üretim planlamasına değinilerek, önerilen planlama modeli üzerinde durulmuştur. Çözüm için gerekli olan parametrelerin belirlenmesi açıklanarak, parametreler modelde yerine konulmuş ve eniyi çözüm planı çıkarılmıştır. Gerçek talep verileri ile üretim miktarı karşılanarak her devre için günlemenin yapılması sağlanmıştır.

B İ R İ N C İ B Ö L Ü M

ÜRETİM PLANLAMASI VE DEVRESEL GÖZDEN GEÇİRMELİ DİNAMİK MODELLER

Üretim sistemlerinin giderek karmaşıklaşması gözden uzak tutulamayacak bir gerçektir. Özellikle son yıllarda kalitenin ve fiyatın önem kazanması, buna bağlı olarak rekabetin artması sonucunda işletmeler, ekonomik olarak çalışmalarını sağlamak amacıyla malzeme, makina zamanı, işgücü ve parayı en etkin şekilde kullanmak zorunda kalmışlardır.

Bu bölümde önce üretim planlaması ve çeşitleri ile üretim planlama ve stok modelleri, bu modellerde yer alan maliyet parametreleri açıklanacak, daha sonra da devresel gözden geçirmeli dinamik modeller ve bu modellerde kapasite kısıtının önemi tartışılacaktır.

I.1. ÜRETİM PLANLAMASININ ÖNEMİ VE ÇEŞİTLERİ

Genel olarak planlama, istenen amacın ve onu gerçekleştirmeye yarayacak en etkin yolların tasarımı olarak tanımlanmaktadır. Üretim planlaması ise, mamülün hammaddeden satışa kadar izleyeceği yolları, miktar, zaman

ve kolaylıklarıyla gösteren çalışmalardır (1). Söz konusu çalışmalar, işletmelerin, gelecekte belirli zaman aralıklarında, tedarik, üretim, dağıtım ve kapasiteye ilişkin planlama kararlarına destek sağlamak için matematiksel modellerin kullanımına yöneliktir.

Mal ve/veya hizmet üreten sistemlerde üretimin belirli bir programa göre sürdürülmesi ve stok kontrolünün gerçekleştirilmesi bir üretim planlama sisteminin oluşturulmasını gerektirmektedir. Bu tür sistem, alt sistemlerin birbirleri ile etkileşimde bulunan elemanlarını bütünlük bir şekilde ve rasyonel ilkelere dayalı olarak, gerekli kararların alınmasını sağlayacaktır (3).

İşletmelerin önemli maksatlarından birisi de yaşamalarını devam ettirebilmektir. Bu maksat işletme içi ve dışı ilişkilere bağlı olarak gerçekleşmektedir. İşletmeler arasındaki bağımlılık ve ilişkilerin gelişmesi, tüketici kütlesinin genişlemesi, tedarik ve dağıtım faaliyetlerinin geniş bir alana yayılması, üretim planlamasının önemini arttırmıştır. Özellikle son yıllarda önemi daha çok anlaşılan kalite, fiyat ve bunlara bağlı olarak rekabetin artması, işletmelerin malzeme, makina zaman ve işgücü kayıplarını enküçük düzeye indirmelerini zorunluluk haline getirmiştir (4).

-
- (1) Necdet KAVCAR, "Üretim Planlama ve Kontrol", Sanayi Mühendisliği Dergisi, Sayı 2, 1982, s.29.
 - (2) L.A. JOHNSON, D.C. MONTGOMERY, Operation Research in Production Planning Scheduling and Inventory Control, Georgia Institute of Technology, John Willey and Sons, Inc., New York, 1974, s.3.
 - (3) Ömer BENLİ, "Üretim Planlama ve Envanter Sistemlerinde Modelleme ve Optimizasyon", Üretim Planlama Sistemleri Tasarımı, Cilt 2, 1983, s.63.
 - (4) Bülent KOBU, "Üretim Yönetimi", İstanbul Üniversitesi Yayınları No. 2298, İstanbul, 1981, s.443.

Üretim planlarının hazırlanmasında iş yeri düzeni, makina ve işgücü kapasitesi, satış tahminleri, stok kontrolü, metod geliştirme, zaman standartları gibi konularla ilgili bilgiler değerlendirilmektedir. Genel olarak yapılması gereken bu çalışmalar üç aşamada gerçekleştirilmektedir (5). Bu aşamalar karar değişkenleri, amaçları, girdileri ve çıktıları ile birlikte Şekil - I.1'de görülmektedir.

Uzun dönem üretim planlamasında teknoloji seçimi, üretim ve tedarik kapasitesinin seçimi, ürün hatları için kapasite tahsisi, dağıtım kanallarının seçimi gibi kararlar alınmaktadır (6). Uzun dönem ÜP için, pazar araştırması, uzun dönem talep kestirimleri, kaynak planlaması çalışmaları yapılmaktadır. Planlama dönemi süresi genellikle mevcut kapasite değişimi için gerekli süreye bağlı olduğundan 5 veya daha uzun süreyi kapsamaktadır (7).

Uzun dönem ÜP, ekonominin genel yapısını ve bunlara ilişkin kestirimlere dayanmaktadır. Bu nedenle büyük ölçüde karar vericinin (veya karar vericilerin) yetenek ve deneyimlerine de bağlı olmaktadır.

Orta dönem üretim planlamasında, uzun dönem üretim planlamasında alınan kararlara bağlı olarak üretim ve tedarik planları daha ayrıntılı hazırlanmaktadır (8). Bu dönemde kapasite sabit kalmaktadır. Aylık talep kestirimlerine ve mevcut üretim kaynaklarına göre her devre eniyi üretim miktarının belirlenmesine yönelik kararlar bu aşamada alınmaktadır (9).

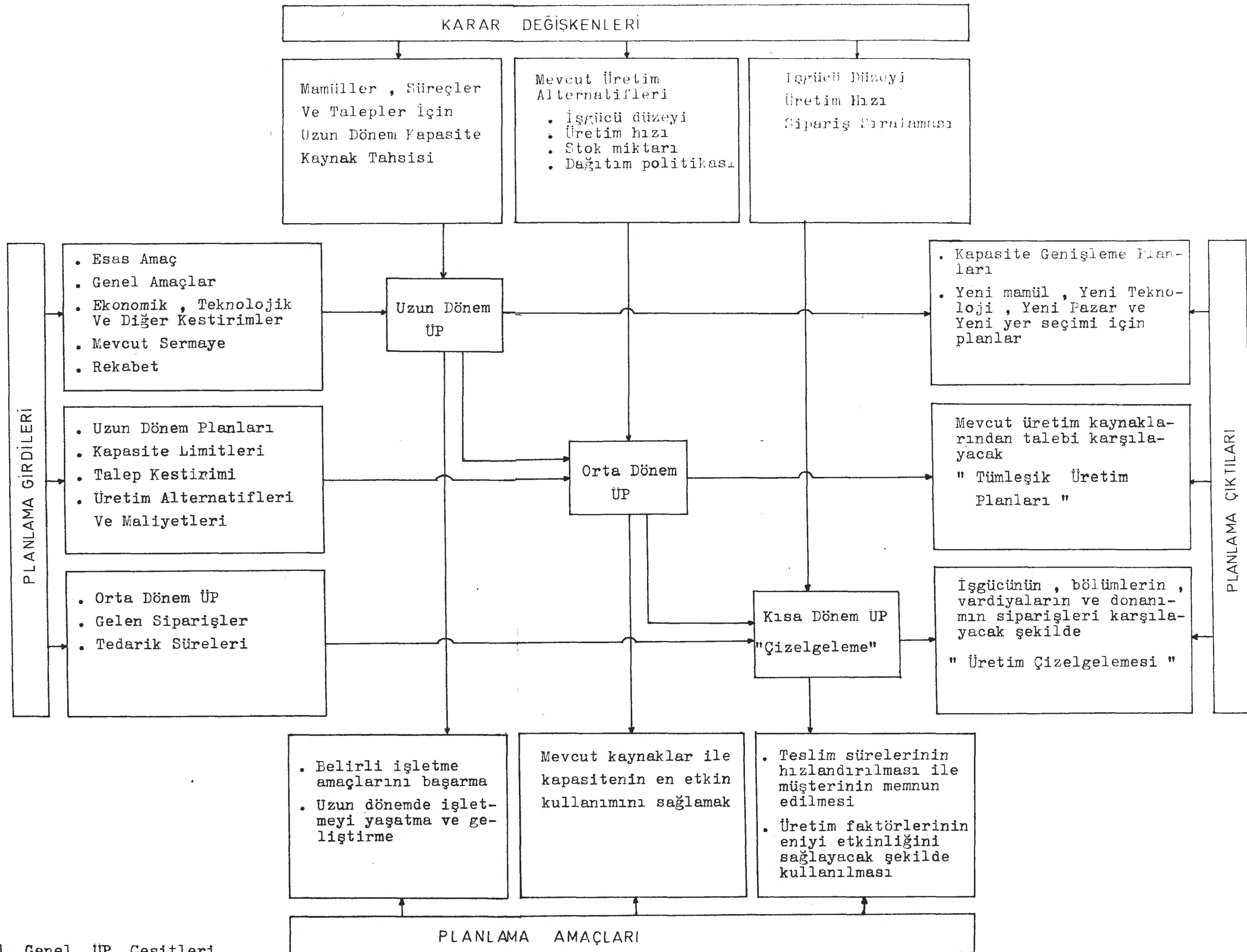
(5) K.N. DERVITSIOTIS, Operations Management, McGraw Hill International Book Company, Tokyo, 1981, s.475.

(6) L.A. JOHNSON, A.g.k., s.6.

(7) K.N. DERVITSIOTIS, A.g.k., s.475-476.

(8) L.A. JOHNSON, A.g.k., S.6.

(9) K.N. DERVITSIOTIS, A.g.k., s.478.



Şekil-I.1. Genel ÜP Çeşitleri

Kısa dönem üretim planlaması ise, üretim çizelgelenmesi ve kontrolü ile sevkiyat gibi çalışmaları içermektedir (10). Malzeme stok seviyeleri, makina bozulmalarına karşı alınacak önlemler, üretimde sıralama ve öncelik ilişkileri, makinaların atıl kalmalarının önlenmesi gibi kararlar bu aşamada alınmaktadır.

I.2. ÜRETİM PLANLAMA VE STOK MODELLERİ

İnsan - makina sistemlerinde, sistem çalışmalarıyla ilgili olarak önerilen seçeneklerin sistem üzerinde denenmesi ve sisteme ilişkin genellemelerin doğruluk gösteriminin yapılması mümkün değildir (11). Burada ortaya çıkan boşluk ve gereksinme "modelleme" ile giderilebilmektedir. Sistemin davranış gösterimi olan modeller yoluyla belirli eylem ve girdilerin sistemdeki sonuçları belirlenebilmektedir.

Üretim planlama ve stok problemlerinin çözümünü sağlamak amacıyla çeşitli karar modelleri geliştirilmiştir. İzleyen alt başlıklarda, üretim planlama ve stok modellerinin genel yapısı, sınıflandırılması ve bu modellerde kullanılan parametreler açıklanacaktır.

I.2.1. ÜP ve Stok Modellerinin Genel Yapısı

ÜP ve stok modellerinin temel elemanları, karar değişkenleri ve parametreler ile bunlar arasındaki ilişkiyi gösteren matematiksel ifadelerden oluşturmaktadır. Bu tür modeller bir eniyileme problemi olarak geliştirildiğinden, problem belli kısıtlar altında amaç fonksiyonunun eniyi değerini bulmağa yönelik olmaktadır.

(10) L.A. JOHNSON, A.g.k., s.6-7.

(11) Ali Ekrem ÖZKUL, "Sistemler, Sistem Modelleri ve Benzetim", Yayınlanmamış Ders Notları, 1983, s.6.

Diğer karar modellerinde olduğu gibi, ÜP ve stok modellerinin çatısını,

X_i : Sistemin karar değişkenleri, $i = 1, 2, \dots, n$

Y_j : Sistemin parametreleri, $j = 1, 2, \dots, m$

U : Sistemin etkinlik ölçüsü,

f ve g : U , X_i ve Y_j 'ler arasındaki matematiksel ilişkiler olmak üzere, sistemin karar modeli,

$$U = f(X_i, Y_j) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

ve

$$g_h(X_i, Y_j) = 0 \quad i, j \text{ ve } h = 1, 2, \dots, k$$

şeklinde yazılabilmektedir (12).

Genellikle ÜP ve stok modellerinde amaç, gelir sabit kabul edildiğinde, talebi karşılayabilecek üretim ve stok miktarlarının, toplam maliyetleri enküçükleyecek değerlerini saptamaktır (13).

I.2.2. ÜP ve Stok Yönetimi Modellerinin Sınıflandırılması

ÜP ve stok yönetimi modellerinde, problemin yapısına bağlı olarak pek çok sınıflandırmalar yapılmaktadır. Yapılan sınıflandırmalar, talep ve tedarik süresine, üretim politikasına ve seçilen etkinlik kriterlerine göre belirlenmektedir (14). Herhangi bir probleme ilişkin ÜP ve stok yönetimi modelinin, başka bir probleme ilişkin ÜP ve stok yönetimi modelinden ayrılığının anlaşılması için bazı varsayımlar modelin ismini oluşturmaktadır. Problemin modelini tanımlayan ve varsayımlarda be-

(12) İmdat KARA, Yöneylem Araştırması Ders Notları, E.İ.T. İ.A. Yayını, Eskişehir, 1980, s.70.

(13) Ömer BENLİ, A.g.k., s.66.

(14) S.F. LOVE, Inventory Control, McGraw-Hill Int. Book Comp., Tokyo, 1979, s.34-39.

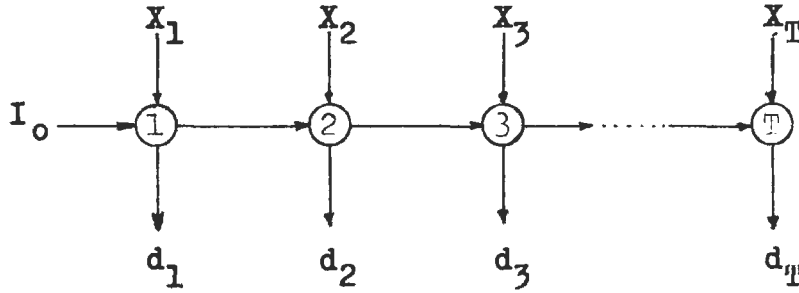
İrtilen özellikleri içeren sınıflandırmalar şunlardır:

1. Üretilen mamül sayısına göre,
 - tek mamüllü
 - çok mamüllü
2. Malzeme akış yapısına göre,
 - paralel yapı
 - seri yapı
3. Gözden geçirme sıklığına göre,
 - devresel gözden geçirmeli
 - sürekli gözden geçirmeli
4. Sipariş miktarı değişkenliğine göre,
 - sabit sipariş miktarı
 - değişken sipariş miktarı
5. Planlama dönemine göre,
 - sonlu dönemli
 - sonsuz dönemli
6. Talep kesinliğine göre,
 - i.) Talebin belirliliğine göre,
 - deterministik
 - rassal
 - ii.) Talebin davranışına göre,
 - statik
 - dinamik
7. Tedarik hızına göre,
 - sonsuz tedarik hızlı
 - sonlu tedarik hızlı
8. Tedarik süresine göre,
 - sıfır tedarik süreli
 - sıfırdan büyük tedarik süreli
9. Talebin karşılanma şekline göre,
 - yok satmalı
 - yok satmasız
10. Maliyet fonksiyonlarının yapısına göre,
 - konkav maliyet fonksiyonlu
 - konveks maliyet fonksiyonlu
11. Özel durumlara göre,
 - sınırlı sipariş miktarı
 - sınırlı stok seviyesi, gibi.

Bu sınıflandırmalardan en çok talebin yapısına ve gözden geçirenin şekline göre olan sınıflandırma kullanılmakta, diğer sınıflandırmalarda yer alan özellikler modelleme esnasında varsayım olarak belirtilmektedir.

Gözden geçirme sıklığına göre sınıflandırmada, ÜP ve stok yönetimi modelleri, devresel gözden geçirmeli ve sürekli gözden geçirmeli olmak üzere iki sınıfta incelenmektedir (15).

Devresel gözden geçirme modellerinde, planlama dönemi eşit uzunluktaki T devreye bölünmekte ve üretime başlama (veya satın alma) kararları, $t_1, t_2, \dots, t_T$ devre başlarında verilmektedir. Şekil - I.2'de şematik olarak gösterilen bu modellerde,



Şekil - I.2. Devresel Gözden Geçirme Modellerinin Şematik Gösterilmesi.

X_t : t . devre üretim miktarı

d_t : t . devre talebi,

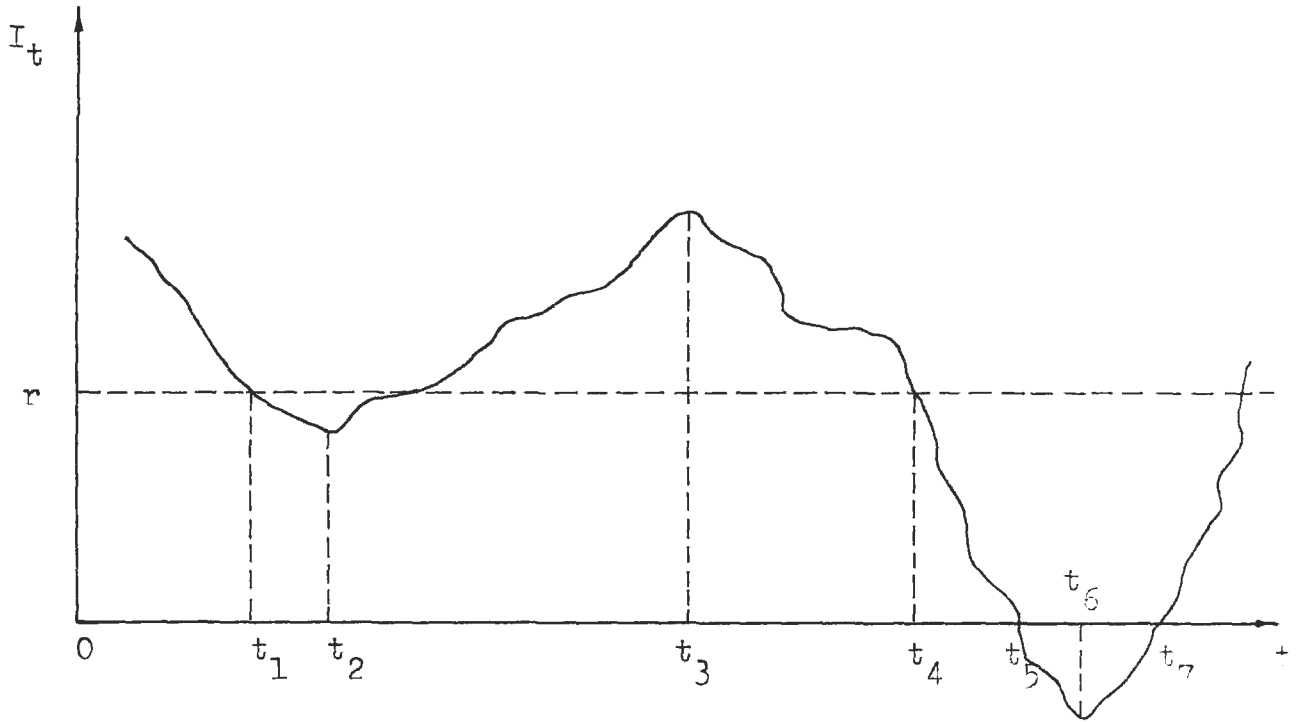
I_t : t . devreden $(t + 1)$. devreye stok taşıma miktarı.

olarak tanımlandığında stok denge denklemi,

$$X_t - I_t + I_{t-1} - d_t = 0, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

şeklinde yazılmaktadır.

Şürekli gözden geçirme modellerinde, stok düzeylerinin her an bilindiğı ve üretim (veya satınalma)'nın her an kontrol edilebileceğı varsayılmaktadır. Bu nedenle X_t ve I_t şürekli değışkenler olarak kabul edilmektedir. Şekil - I.3'de şürekli gözden geçirme modelinin stok değışim sürecinin gerçekteşmesi gösterilmektedir. Stok düzeyi belli bir miktarın, r (Yeniden Sipariş Düzeyi), altına düştüğünde, üretime yeniden başlama (veya yeniden sipariş verme) kararı verilmektedir. Siparişin verildiğı



Şekil - I.3. Şürekli Gözden Geçirme Modellerinde Stok Süreci

an, t_1 ile mamülün stoğa girdiğı an, t_2 arasındaki süreye "Tedarik Süresi" adı verilir. Üretimin yapıldığı ortamlarda, stoğa mamül girişi t_3 zamanına kadar devam eder. t_3 zamanında üretim kesilip, talep stoktan karşılanmaya başlanır. Bu süreç planlama dönemi sonuna kadar devam etmektedir.

Talebin yapısına göre sınıflandırma, planlama dönemindeki talebin statik veya dinamik olmasına göredir. Ayrıca talebin deterministik veya rassal olmasına göre de sınıflandırılmaktadır.

Statik modellerde, $(0, T)$ planlama dönemi boyunca $t = 0$ noktasından $t = T$ noktasına kadar talep miktarı veya hızı aynı kalmaktadır. Dinamik modellerde ise talep $(0, T)$ aralığında farklı olabilmektedir.

Deterministik modellerde talep, planlama dönemi boyunca, ister aynı davranışları gösterebilir isterse farklı davranışları gösterebilir, kesin olarak bilinmektedir. Rassal modellerde ise planlama dönemi boyunca talebe ilişkin olasılık yoğunluk dağılımları bilinmektedir.

Herhangi bir stok problemine ilişkin modelin adı, sadece talebin yapısına göre isimlendirilmemektedir. Yapılan bütün sınıflandırmalar için hangi yapıya sahip olduğunun belirtilmesi gerekmektedir. Örneğin, talebin belirli ve dinamik, devresel gözden geçirmeli, tek mamüllü, sonlu planlama dönemli, yok satmak stok modeli gibi. Bu isimlendirme çok uzun olduğundan bazı sınıflandırmaları içeren özellikler modellerde varsayım olarak belirtilmektedir. Örneğin, Şekil - I.2'de stok süreci gösterilen model, devresel gözden geçirmeli, dinamik, deterministik bir stok modelidir.

I.2.3. ÜP ve Stok Yönetimi Modellerinde Maliyet Parametreleri

İşletmeler ürünlerine olan talepleri karşılayabilmek için üretim ile stok arasında bir denge kurmak zorundadırlar. Bu denge üretim ve stoklama esnasında oluşan maliyet parametrelerine bağlı olarak sağlanmaktadır (16).

(16) Bülent KÖBU, A.g.k., s.242.

Üretim ve stok maliyetleri genel olarak 4 ana kalemden oluşmaktadır:

1. Hazırlık veya Sipariş Verme Maliyeti: Hazırlık maliyeti, belli bir mamülün üretim hattında işlemek için makina ve benzeri kolaylıkların hazırlanmasından doğan maliyetlerdir. Üretim miktarına bağlı değildir. Eğer talep satınalma yoluyla karşılanacaksa taşıma, kırtasiye, telefon giderleri vb.'den oluşan sipariş verme maliyeti olur.
2. Üretim veya Satınalma Maliyeti: Üretilecek veya satın alınacak stok kaleminin birim üretim veya birim satınalma maliyetleridir. Bu maliyetler, miktara bağlı olarak değişebileceği gibi, zamana bağlı olarak da değişebilmektedir.
3. Stok Taşıma Maliyeti: Hammadde, yardımcı malzeme, yarı mamül ve bitmiş mamülün stokta bulundurulmasından dolayı oluşan maliyetlerdir. Bu maliyetler iki kısımdan oluşmaktadır: Stok kalemlerinin stokta tutulmasından dolayı oluşan sigorta, ambarlama, bozulma masrafları ile paranın stoktaki kalemlere bağlanmasından, dolayısıyla başka bir yerde kullanılmamasından oluşan fırsat maliyetidir.
4. Yoksatma Maliyeti: Mamüle olan talebin karşılanamamasından oluşan maliyettir. Müşterinin istediği mamülün bulunamaması ve mamülün almaktan vazgeçmesi sonucu, satıştan dolayı elde edilecek kâr kaybı olduğu gibi müşterinin firmaya olan iyi niyeti de kaybolur. Hatta gelecek dönemlerde mamül talebinde bulunacağı halde, talep etmekten vazgeçer. Böylece hem o dönemde, hem de gelecek dönemlerde talep azalabileceğinden kâr kaybı olabilecektir. Stok kaleminin hammadde veya malzeme olması durumunda üretime geç başlanacak ve üretim hattı boş bekleyecektir.

Yukarıda açıklanan dört ana üretim ve stok maliyetini içeren modellerde üretim hızının ve kapasitesinin sabit olduğu varsayılmaktadır. Talebin karşılanmadığı durumlarda üretim hızının arttırılması ve gerek makina gerekse ambar kapasitesinin arttırılmasına gidilebilir. Böyle durumlarda kapasitenin değişim maliyeti ve üretim hızının de-ği-

şim de modele alınabilmektedir (17).

1.3. DEVRESEL GÖZDEN GEÇİRMELİ DİNAMİK MODELLERDE KAPASİTE KISITI

Devresel gözden geçirmeli modellerde, planlama dönemi, kararların $t_1, t_2, \dots, t_T$ devre başlarında verildiği eşit uzunluktaki T sayıda devreye bölünmektedir. Bu tür modeller, talebin deterministik ve dinamik olduğu, tek mamüllü üretim planlama ve stok problemlerin çözümüne yönelik olarak geliştirilmişlerdir.

İzleyen alt başlıklarda üretim planlama ve stok yönetimi problemine ilişkin modelin kurulması ve kapasite kısıtının modele alınması ile kapasite kısıtının bu tür modellerdeki önemi açıklanacaktır.

1.3.1. Devresel Gözden Geçirmeli Dinamik Modeller

Devresel gözden geçirmeli dinamik modellerde sonlu planlama dönemli bir ortamda üretim (veya sipariş)miktarlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Üretim ancak belirli zaman noktalarında yapılmaktadır. Planlama devresi sonlu olduğundan başlangıç stok, I_0 ve bitiş stok, I_T seviyelerinin sıfır ve maliyet fonksiyonlarının konkav olduğu varsayılmaktadır. Buna göre problemin matematiksel modeli,

$t = 1, 2, 3, \dots, T$ için,

X_t : t . devre üretim miktarı,

d_t : t . devre talebi,

I_t : t . devreden $(t+1)$. devreye stok taşıma miktarı,

Z_t : t . devrede yoksatma miktarı,

C_t : t . devre ^{birim} toplam üretim maliyeti,

h_t : t. devre birim stok taşıma maliyeti,

P_t : t. devre birim yoksatma maliyeti

olmak üzere,

$$I_t = I_0 + \sum_{j=1}^t (X_j - d_j) \dots\dots\dots (1.1.)$$

$$I_T = 0, \quad X_t \geq 0 \dots\dots\dots (1.2.)$$

kısıtları altında,

$$Z(X_t) = \sum_{t=1}^T (C_t(X_t) + h_t(I_t) + P_t(Z_t)) \dots\dots (1.3.)$$

şeklinde gösterilmektedir (18). Kısıt denklemi 1.1'de, talebin sonradan karşılanması dikkate alınmamıştır. Sonradan karşılama durumu olduğunda 1.1 nolu denklemdeki I_t 'nin değeri sıfırdan küçük olacaktır. Bu durumda sonradan karşılanan talep miktarı Z_t kadar olacaktır.

Üretim sistemlerinde kaynaklar kısıtlı olduğundan, her devrede üretilebilecek mamül miktarında da bir kısıt olacaktır. Ayrıca ambar kapasitesinin de kısıtlı olması mümkündür. Kısıtlar, alt ve üst limit olarak genelleştirildiğinde, modeldeki 1.1. ve 1.2. kısıtlarına ilave olarak,

X_t^L, X_t^U : t. devre üretim miktarındaki alt ve üst üretim kapasite kısıtları

I_t^L, I_t^U : t. devreden (t+1). devreye stokta taşıma miktarı için alt ve üst kısıtlar,

olmak üzere,

$$X_t^L \leq X_t \leq X_t^U \dots\dots\dots (1.4.)$$

$$I_t^L \leq I_t \leq I_t^U \dots\dots\dots (1.5.)$$

$$I_T^L = I_T^U = 0 \dots\dots\dots (1.6.)$$

kısıtları modele alınabilmektedir (19).

(18) S.F. LOVE, A.g.k., s.71-73.

(19) S.F. LOVE, "Bounded Production and Inventory Models With Piecewise Concave Costs", Management Science,

1.3.2. Devresel Gözden Geçirmeli Dinamik Modellerde Kapasite Kısıtının Önemi

Talebi deterministik ve dinamik olan devresel gözden geçirmeli ve tek ürünlü ÜP ve stok yönetimi problemlerinde, planlama T sayıda devreyi içermektedir. Gaye, talep ve maliyet parametrelerine bağlı olarak toplam maliyeti enküçükleyen üretim miktarları çizelgesi olan $X = (X_1, X_2, \dots, X_T)$ miktarlarının belirlenmesidir.

Problemin çözümü sonucu elde edilen eniyi üretim miktarları çizelgesinde, herhangi bir t devresindeki üretim miktarı $X_t \neq 0$ için,

$$X_t = d_t, d_t + d_{t+1}, d_t + d_{t+1} + d_{t+2}, \dots, d_t + d_{t+1} + \dots + d_T$$

eşitliklerinin, yoksatmanın olmadığı varsayımı altında, mümkün bütün çözümler için geçerli olması gerekmektedir.

İşletmeler orta dönem kapasite planlarında, kapasiteyi planlama dönemindeki beklenen enbüyük talep ya da beklenen ortalama talep ile sınırlandırmaktadırlar (20). Herhangi bir mamüle olan kapasite tahsisi, fazla mesai, diğer mamül üretimleri için ayrılmış kaynakların transferi gibi çözümlerle arttırılabilir. Ancak bu ek kapasite, talep kestirimindeki hatalardan dolayı kapasite yetersizliklerinde, beklenmedik makina arızaları ile karşılaşımla durumlarında kullanılmaktadır.

Şekil - 1.4'de görülen C_2 kapasite kararı verildiğinde,

$$C_2 = \frac{\sum_{t=1}^T d_t}{T}$$

(20) Ray WILD, Production and Operations Management Principle and Techniques, Holt, Rinehart and Winston Ltd., London, 1971, s.235.

olduğundan, sonradan karşılamaya izin verilmediği varsayımıyla,

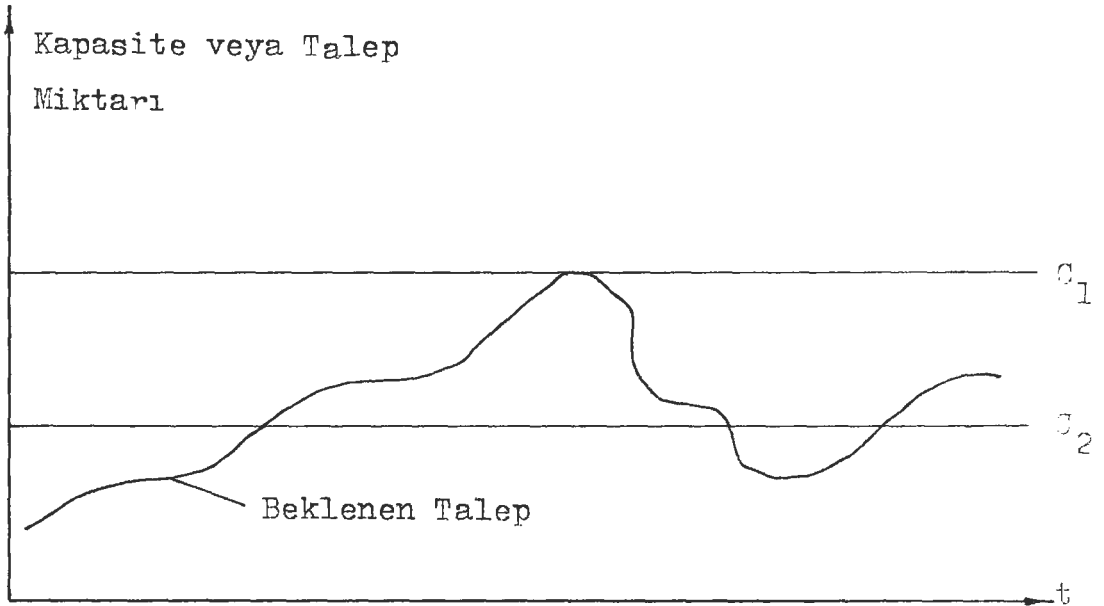
$$t.C_2 - \sum_{k=1}^t d_t \geq 0, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

eşitsizliğinin her t için geçerli olması gerekmektedir. Koşulun sağlanması oldukça zordur.

C_1 kapasite kararı verildiğinde,

$$C_1 = \max_t \{ d_t \}$$

olduğundan en az bir uygun çözüm vardır.



Şekil - I.4. Talep ve Kapasite Kestirimi

Oysa problemin çözümü sonucunda, herhangi bir t devresinde üretilebilecek mamül miktarı en az,

$$X_t = d_t$$

kadar ve en fazla ise,

$$X_t = \sum_{t=1}^T d_t$$

kadar olmaktadır.

$X_t = d_t$ C_1 olduğunda en az bir uygun çözüm vardır ve çizelgesi,

$$X_1 = (X_1 = d_1, X_2 = d_2, \dots, X_T = d_T)$$

şeklindedir. Toplam maliyet, sabit maliyetler ile değişken maliyetler ve hazırlık maliyetinin toplamı olarak alındığında, değişken maliyetlerin devreden devreye değişmediği varsayılırsa, sadece hazırlık maliyetinin X_1 çizelgesine bağlı olduğu görülmektedir.

Bazı t 'ler için $X_t = C_1 > d_t$ olduğu bir X_2 çizelgesinin varlığını kabul edelim. Herhangi bir t için $X_t > d_t$ olabileceğinden, t devresi için stokta bulundurma maliyeti doğacaktır. Ancak bu çizelgede en az bir t için $X_t = 0$ durumu da mümkün olabilecektir. Böylece X_2 çizelgesi için $(T - 1)$ sayıda hazırlık maliyeti ile stok tutma maliyeti oluşacaktır. X_2 çizelgesinin toplam maliyeti ile X_1 çizelgesinin toplam maliyeti karşılaştırıldığında, X_2 çizelgesinin toplam maliyetinin daha az olması söz konusu olabilir.

0 halde herhangi bir X çizelgesi,

$$X = (X_1 = d_1, X_2 = d_2, \dots, X_T = d_T)$$

şeklinde olabileceği gibi,

$$X = (\dots, X_1 = C_1, X_{1+1} = C_1, \dots, X_k = 0, \dots)$$

şeklinde de olabilmesi mümkündür.

İ K İ N C İ B Ö L Ü M

KAPASİTE KISITLI DİNAMİK ÜRETİM MODELLERİ VE ÇÖZÜMLERİ

Üretim sistemindeki eniyi üretim miktarının belirlenmesini sağlamak veya kolaylaştırmak amacıyla bazı varsayımlar yapılmaktadır. Bu varsayımlardan biri de üretim kapasitesinin sınırsız olmasıdır. Gerçekte üretim sistemlerinin işgücü, makina sayısı, para ve hatta hammadde, malzeme, enerji gibi kaynakları sınırlıdır. Sınırlı kaynaklar da birim zamanda üretilebilecek mamül miktarında kısıt oluşturmaktadır.

Devresel gözden geçirmeli, talebi dinamik ve deterministik yapılı, tek mamüllü üretim problemlerinin eniyi çözümü Dinamik Programlama ile sağlanmaktadır. Yoksatma durumunu da içeren dinamik programlama, toplam maliyeti enküçükleyen eniyi üretim miktarları çizelgesini vermektedir. Problemin yoksatmaya izin vermediği özel hali için ise Wagner-Whitin algoritması geliştirilmiştir.

Kapasite kısıtlı problemlerin çözüm algoritması, Wagner-Whitin algoritması ile yakından ilgilidir. En önem-

li fark eniyi çözümde üretim ve dolayısıyla stok seviyelerinin yapısı olmaktadır. Bu, toplam maliyetin hesaplanış şeklini de değiştirmektedir.

İzleyen kesimlerde önce devresel gözden geçirmeli dinamik modeller üzerinde yapılan çalışmalar açıklanacaktır. Daha sonra kısıtlı problemlerin çözüm algoritması ile yakından ilgili olan Wagner-Whitin algoritması tanıtılacaktır. Kapasite kısıtı modele alınarak eniyi çözüm özellikleri, uygun üretim sıralamalarının özellikleri ve uygun üretim sıralamalarının belirlenme algoritmaları ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

II.1. KAPASİTE KISITLI DİNAMİK MODELLERİN TAPİHSEL GELİŞİMİ

Devresel gözden geçirmeli, deterministik, dinamik, tek ürünlü ve sonlu planlama dönemli problemlerin eniyi sipariş (veya üretim) miktarının bulunmasına ilişkin matematiksel modeller ilk kez 1959 yılında Wagner ve Whitin tarafından geliştirilmiştir (1). Wagner ve Whitin, gelecek T devre için talep, stokta tutma ve üretim maliyetlerinin bilindiği ve sonradan karşılamaya izin verilmediği varsayımı altında eniyi üretim miktarını veren algoritmayı sunmuştur. 1963 yılında Veinott konveks kümelerin uç noktalarını tanımlamış ve konkav fonksiyonları içeren bir kuram geliştirmiş, aynı zamanda ilk kez sonradan karşılama durumu Wagner ve Whitin'in modeline alınmıştır (2).

(1) H.W. WAGNER, T.M. WHITIN, "Dynamic Version of The Economic List Size Model", Management Science, Vol. 5, No. 1, 1959, s.89-96.

(2) Jr.A.F. VEINOTT, Unpublished Notes, Stanford University, Stanford, California, 1963.

1965 yılında Zangwill parçalı konkavlığı ve sonradan karşılamayı içine alan bir model geliştirmiştir (3).

Kapasite kısıtlı problemlere ilişkin çalışmalar 1961 yılından itibaren başlamıştır (4). Ancak model bütün olarak ilk kez 1965 yılında Iglehart tarafından analiz edilmiştir (5). Iglehart, Zabel'in çalışmasını, eniyi üretim politikaları ve eniyi kapital birikimini sağlayacak teknikler kullanarak geliştirmiştir (6). Iglehart'ın modeli boş kapasitenin ortadan kaldırılmasına yönelik olduğundan sınırlı kalmıştır. 1968 yılında Carroll, Iglehart'ın çalışmasını, rassal talebi de katarak değerlendirilmiştir (7). Aynı zamanda problemin çözümü için dinamik ve lineer olmayan programlama tekniklerini kullanmıştır. Kapasite

-
- (3) W. I. ZANGWILL, "The Piecewise Concave Function", Working Paper No. 133, Center For Research In Management Science, University of California, Berkely, California, 1965.
- (4) R.H. BARCHI, F.T. SPARROW, R.R. WEWUGANTI, "Production, Inventory and Capacity Expansion Scheduling with Integer Variables", Management Science, Vol. 21, No. 7, 1975, s.783.
- (5) Donald IGLEHART, "Capital Accumulation and Production, for The Firm: Optimal Policies", Management Science, Vol. 12, No. 3, 1965, s.193-205.
- (6) Edward ZABEL, "Efficient Accumutation of Capital for the Firm", Econometrica, Vol. 31, Nos. 1-2, 1963, s.131-150
- (7) J. Stephen CARROLL, "Optimal Production, Inventory and Capital Accumulation Policies for the Firm", Unpublished Ph.D. Dissertation, The Johns Hopkins University, Baltimore, 1968.

kısıtlı problemler için en önemli genel formülasyon 1970 yılında Cobian ve Lele tarafından geliştirilmiştir (8). Cobian ve Lele genel dinamik programlama formülasyonunu birden fazla fabrika, birden fazla stok kolaylığı problemleri için geliştirmişlerdir.

Kapasite kısıtlı dinamik modellere ilişkin ilk çalışma 1968 yılında Love tarafından yapılmıştır (9). Love stok kısıtı altında problemi ele almış ve eniyi çözüm yapısına kısmî bir tanımlama getirmiştir. Love'nın sonuçlarına göre, herhangi iki devre arasında kapasitenin altında bir üretim seviyesi vardır. Son devrede stok seviyesi sıfır olmalıdır. Ancak bu tanımlama üretim kısıtlı problemler için eniyi planın bulunmasında etkin bir yöntem olamamıştır.

1971 yılında Florian ve Klein, sabit kapasite kısıtı altında en kısa yol çözümlemesi ile bir dinamik programlama tasarlamıştır (10). Wagner ve Whitin problemi ile arasındaki esas fark, üretim ve stok maliyetlerinin kovkav, üretim miktarının da kapasite ile sınırlı oluşudur. Florian ve Klein algoritmalarında eniyi plan yapısının çok yararlı bir tanımlamasını yapmışlardır. Eniyi plan, son dönem için

(8) M.J. COBIAN, P.T. LELE, "Long Range Planning of Multi-Plant Capacity", Proceedings of the 21.st. AIIE Conference, 1970, s.97-101.

(9) S.F. LOVE, "Dynamic Deterministic Production and Inventory Models With Piecewise Concave Costs", Tech. Report Research, Stanford University, 1968.

(10) M. FLORIAN, M. KLEIN, "Deterministic Production Planning With Concave Costs and Capacity Constraints", Management Science, Vol. 18, No. 1, 1971, s.12-20.

stok seviyesinin sıfır, diğer tüm dönemler için stok seviyesinin sıfırdan farklı olduğu ve en çok bir dönem için üretim seviyesinin kapasiteden az, diğer tüm dönemler için kapasiteye eşit olduğu bağımsız alt planlardan oluşmaktadır. Herbir alt planın eniyi çözümü en kısa yol çözümlemesi ile elde edilmektedir. Söz konusu alt planlar için eniyi değerler dinamik programlamanın girdilerini oluşturmaktadır.

1973 yılında Love, üretim ve stok maliyetlerinin parçalı konkav, üretim ve stok seviyeleri için de hem üst hem de alt kısıtın olduğu problemlere ilişkin bir eniyi çizelge algoritması geliştirilmiştir (11).

Aynı yıl JAGANNATHAN ve RAO, üretim maliyet fonksiyonlarının genel durumunda, eşit kapasite kısıtlı problemlerin çözümü için uç noktaları tanımlamıştır (12). Bir kaç devre için yoksatma ve stok seviyesinin sınırlı olduğu durumları içeren bir algoritma sunmuştur.

1974 yılında Louveaux, Klein ve Florian'ın uç nokta tanımı üzerinde temelleştirerek, konkav üretim maliyet fonksiyonlu ve lineer stok tutma maliyet fonksiyonlu bir algoritma sunmuştur (13).

(11) S.F. LOVE, "Bounded Production and Inventory Models With Piecewise Concave Costs", Management Science, Vol. 20, No. 3, 1973, s.313-318.

(12) R. JAGANNATHAN, M.R. RAO, "A Class of Deterministic Production Planning Problems", Management Science, Vol. 19, No. 11, 1973, s.1295-1300.

(13) F. LOUVEAUX, "An Algorithm for Deterministic Production Planning With Concave Costs and Capacity Constraints", CORE Discussion Paper No. 7401, Universite Catholique Louvain, Louvain-la-Neuve, 1974.

1976 yılında Lambrecht, Klein ve Florian'ın modelini zamanla değişen kapasite adı altında yeniden ele aldı. Lambrecht algoritması son en kısa yol çözümünden önce sayımlama gerektirmemektedir (14).

1977'de Korgaonker, dönemden döneme talebin ve üretim hızının arttığı, kapasitenin sabit olduğu problemlere ilişkin bir algoritma geliştirmiştir (15). Problemden üretim ve stok maliyetlerinin konkav olduğu ve sonradan karşılamaya izin verilmediği varsayılmıştır.

Baker, Dixon, Magazine ve Silver 1978'de kapasite kısıtlı dinamik problemler için eniyi çözümün özelliklerini tanımlayarak, genel dinamik programlamadan daha etkin bir eniyileme yöntemi geliştirmişlerdir (16). "Ağaç Araştırma Algoritması" adı verilen bu yöntemde, düğümler çeşitli alt problemleri, oklar da önceki üretimin zamanına göre ayrışmayı göstermektedir.

-
- (14) M. LAMBRECHT, Capacity Constroined Multi-Facilty Dynamic Lot Size Problem", Unpublished Ph.D. Thesis, Katholieke Universitet Leuven, Leuven, Belgium, 1976.
- (15) M.G. KORGAONKER, "Production Smoothing Under Precewise Concave Costs, Capacity Constraints and Noncreasing Requirements", Management Science, Vol. 24, No. 3, 1977, s.302-311.
- (16) K.R. BAKER, P. DIXON, M.J. MAGAZINE, E.A. SILVER, "An Algorithm for the Dynamic Lot-Size Problem With Time-Varying Production Capacity Constraints", Management Science, Vol. 24, No. 16, 1978, s.1710-1720.

II.2. WAGNER - WHITIN ALGORİTMASI

Problemin I.3'de verilen modeli, sonradan karşılamaya izin verilmediği durumlarda, maliyet fonksiyonların konkav, kapasite kısıtının ise olmadığı varsayımları altında yeniden yazmak mümkündür.

Böylece model,

$t = 1, 2, 3, \dots, T$ olmak üzere,

$$I_{t-1} + X_t - d_t - I_t = 0$$

$$I_0 = I_T = 0$$

$$I_t, X_t \geq 0$$

kısıtları altında

$$Z(X) = (C_t(X_t)) + h_t(I_t))$$

şekline dönüşmektedir.

Doğrusal kısıtlar altında bir konkav fonksiyonun en küçük değerinin konveks kümenin bir uç noktasında olduğu bilinmektedir (17). Bir uç nokta çözümü, en çok T sayıda sıfırdan farklı değişkenlerden oluşmaktadır. Böylece T sayıda I_{t-1} ve X_t değişkenlerinden biri veya her ikisinin sıfırdan büyük olması gerekmektedir.

Eniyi çözüm için gerekli şartı taşıyan bu özelliğe ilişkin aşağıdaki teoremi vermek yararlı olacaktır.

TEOREM : $t = 1, 2, \dots, T$ için, $I_{t-1} \cdot X_t = 0$ koşulunu sağlayan bir eniyi çizelge vardır (18).

(17) L.A. JOHNSON, A.g.k., s.212.

(18) H.M. WAGNER, T.M. WHITIN, A.g.k., s.91.

Eniyi çözümdeki bu koşul dinamik programlama çözümü için karar ve durum uzaylarının sayısını $T(T+1)/2$ 'ye indirmekte ve t dönemi için X_t 'nin alabileceği değerleri sınırlamaktadır.

t . dönemde üretilecek mamül miktarı için,

$$X_t = 0 \text{ veya } \sum_{j=t}^k d_j, \quad t \leq k \leq T$$

eşitliklerinden birinin geçerli olmasını sağlamaktadır.

Bir X çizelgesinde herhangi iki dönem j ve k için, $j < k$ ve $I_j = 0$, $I_k = 0$ koşulu sağlanıyorsa, j ve k , bir "Yeniden Yaratma Noktası" ("Regeneration Point")'dır (19). Yeniden yaratma noktasında $I_j = 0$ olduğundan, yukarıda verilen teoreme göre, $X_{j+1} \neq 0$ olmaktadır.

0 halde j 'nin bir yeniden yaratma noktası olabilmesi için $I_j = 0$ ve $X_{j+1} \neq 0$ koşulunun gerçekleşmesi gerekmektedir.

Yeniden yaratma noktasına ilişkin bu açıklamalar, bir eniyi çizelgenin yeniden yaratma noktası özelliğini taşıdığını ve bu sonuçların problemin çözümünü, eniyileyen bir algoritma ile sağlamak için kullanıldığını göstermektedir.

Wagner-Whitin Algoritması ile, $k = 1, 2, \dots, T$ dönemleri için, k . döneme kadar eniyi politikanın toplam maliyeti olan F_k değerlerinin hesaplanıp, son dönem T 'den bağlantıç döneme kadar stok seviyesinin sıfır olduğu döneme atlayarak eniyi üretim politikası belirlenmektedir.

j . ve k . dönemler yeniden yaratma noktaları olarak belirlendiğinde, $j = 0, 1, \dots, T-1$ ve $k = j + 1, j + 2, \dots, T$ için, $(j + 1)$. dönemden k . döneme kadar dönem

(19) M. FLORIAN, M. KLEIN, A.g.k., s. 14.

taleplerinin $(j + 1)$. dönemde üretilmesi ile oluşan toplam maliyet M_{jk} olmaktadır.

İki yeniden yaratma noktası j ve k iken, $I_j = 0$ ve $I_k = 0$ olduğundan, $(j + 1)$. dönemin üretim miktarı,

$$X_{j+1} = d_{j+1} + d_{j+2} + \dots + d_k$$

ve $t = j + 1, j + 2, \dots, k - 1$ olmak üzere t . dönem stok seviyesi,

$$I_t = X_{j+1} - \sum_{r=j+1}^t d_r$$

veya,

$$I_t = \sum_{r=t+1}^k d_r$$

şeklinde yazılabilecektir.

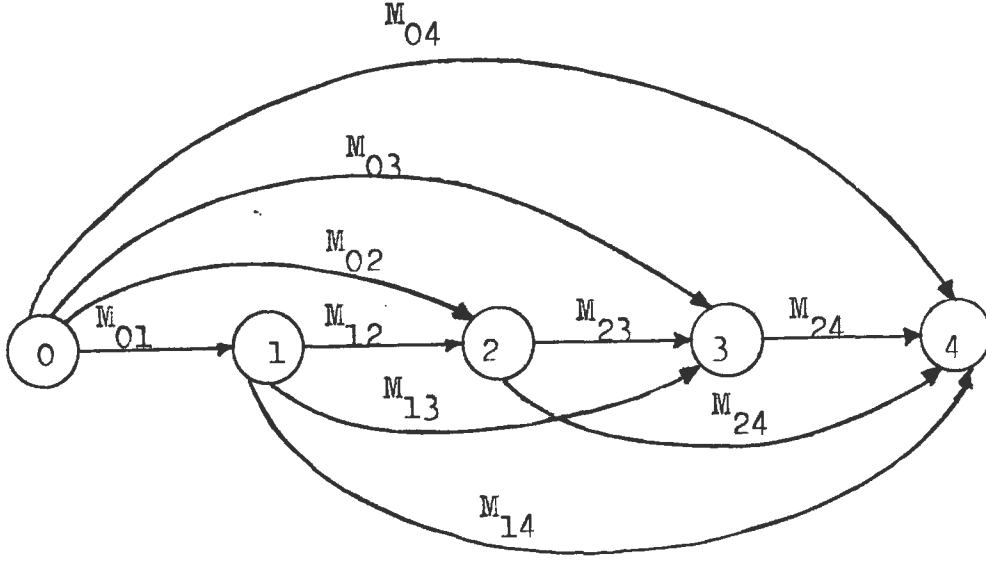
$(j + 1)$. dönemde üretimde bulunulmasıyla oluşan değişken üretim maliyeti ve $(j + 1)$. dönemden $(k - 1)$. döneme kadar stokta taşınmasıyla oluşan stok tutma maliyetleri toplamı, M_{jk} ,

$$M_{jk} = C_{j+1}(X_{j+1}) + \sum_{t=j+1}^{k-1} h_t(I_t)$$

veya

$$M_{jk} = C_{j+1} \left(\sum_{r=j+1}^k d_r \right) + \sum_{t=j+1}^{k-1} h_t \left(\sum_{r=t+1}^k d_r \right)$$

olarak belirlenmektedir (20).



Şekil - II.2. $T = 4$ İçin En Kısa Yol Modeli

1, 2, ..., k devreleri için eniyi politakanın toplam maliyeti, F_k ,

$$F_k = \min_{0 \leq j \leq k-1} (F_j + M_{jk}), \quad k = 1, 2, \dots, T$$

ve

$$F_0 = 0$$

olacaktır.

Bir k devrelik planlama için α_{jk} , 1, 2, ..., k dinemlerinin toplam enküçük maliyeti olarak tanımlandığında,

$$\alpha_{jk} = F_j + M_{jk}$$

ve

$$F_k = \min_{0 \leq j \leq k-1} (\alpha_{jk})$$

olacaktır.

Şekil - II.3'de görüldüğü gibi, bir k devre planı için, bir önceki enküçük maliyetli yeniden yaratma noktası $j^*(k)$ iken,

$$\alpha_{j^*(k),j} = \min_{0 \leq j \leq k-1} \alpha_{jk}$$

olmaktadır.

PLANLANMA DÖNEMİ (k)						
j + 1	j	1	2	3	.....	T
1	0	α_{01}	α_{02}	α_{03}		α_{0T}
2	1		α_{12}	α_{13}		α_{1T}
3	2			α_{23}		α_{2T}
.	.					.
.	.					.
.	.					.
T	T-1					$\alpha_{T-1,T}$
$F_k = \min(\alpha_{jk})$		F_1	F_2	F_3	.....	F_T
$(j^*(k))$		$j^*(1)$	$j^*(2)$	$j^*(3)$	.....	$j^*(T)$

Şekil - II.3. α_{jk} Değerler Tablosu.

$$I_{j^*(k)} = 0 \text{ durumu } X_{j^*(k)} + 1 \neq 0 \text{ ve}$$

$$X_{j^*(k)+1} = \sum_{r=j^*(k)+1}^k dr$$

ile

$$X_{j^*(k)+2} = X_{j^*(k)+3} = \dots = X_k = 0$$

durumunu gerektirmektedir.

Bu işleme $k = T$ 'den geriye ($k = 1$ 'e) doğru $j(k) = 0$ oluncaya (ilk üretimin yapıldığı 1. döneme) kadar devam edilmektedir.

II.3. ENİYİ ÇÖZÜMÜN ÖZELLİKLERİ

Problemin II.2'de verilen kapasite kısıtsız modele, herhangi bir dönemde üretilebilecek mamül miktarı kısıtı ilave edildiğinde, model,

C_t : t. dönemdeki üretim kapasitesi olmak üzere,

$$I_{t-1} + X_t - d_t - I_t = 0, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

$$0 \leq X_t \leq C_t$$

$$I_0 = I_T = 0$$

$$I_t, X_t \geq 0$$

kısıtları altında,

$$Z(X) = (C_t(X_t) + h_t(I_t))$$

şeklinde olmaktadır.

Herhangi bir $X = (X_1, X_2, \dots, X_T)$ çizelgesinin eniyi çizelge olabilmesi için $I_{t-1} \cdot X_t = 0$ koşulu gerekmektedir. t döneminde üretilebilecek mamül miktarı C_t ile sınır-

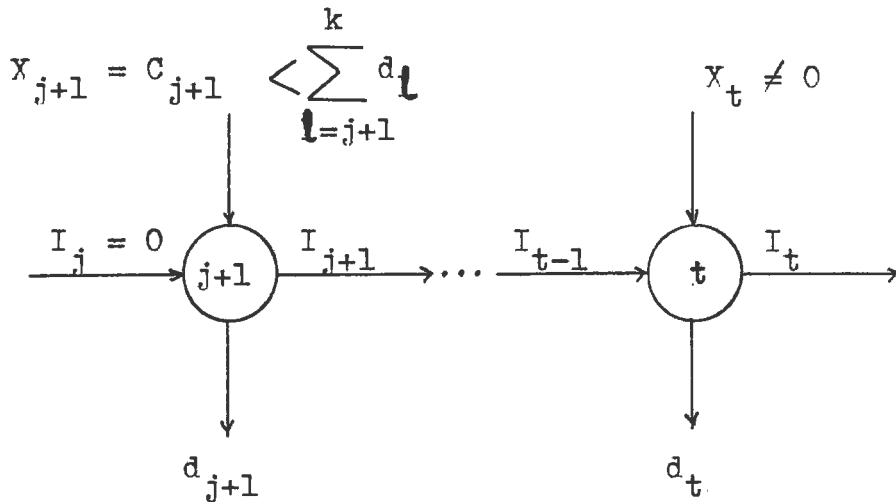
lı olduğundan bu koşul kapasite kısıtlı problemler için geçerli olmamaktadır.

Ardarda gelen j ve k yeniden yaratma noktaları arasındaki devre talepleri $(j+1)$. devrede karşılandığından $X_{j+2}, X_{j+3}, \dots, X_k = 0$ olmaktadır.

$$X_{j+1} = \sum_{l=j+1}^k d_l \quad C_{j+1}, \quad j < l \leq k$$

durumunda $(j+1)$. devrede üretim en fazla C_{j+1} kadar olabileceğinden, sonraki devrelerde $\sum_{l=j+1}^k d_l - C_{j+1}$ kadarlık talebin karşılanması gerekmektedir. Bu $j+2 \leq t \leq k$ olmak üzere, en az bir t için $X_t \neq 0$ koşulunu gerektirmektedir.

Şekil - II.4 incelendiğinde görülebileceği herhangi bir t devresinde, I_{t-1} , X_t ve $C_t - X_t$ değerlerinden en az birinin sıfır olması gerekmektedir.



Şekil - II.4. Kapasite Kısıtlı Üretimde Üretim ve Stok Tutma Süreci.

Kapasite kısıtı altında eniyi çözüm koşulunu sağlayan bu özelliklere ilişkin teorem aşağıda sunulmuştur.

TEOREM : $X = (X_1, X_2, \dots, X_T)$ çizelgesinin bir eniyi çizelge olabilmesi için,

$$I_{t-1} \cdot (C_t - X_t) \cdot X_t = 0 \dots\dots\dots (2.13)$$

koşulunun her t için sağlanması gerekmektedir (21).

Yukarıdaki teoreme göre, $I_{(t-1)} > 0$ olduğunda t devresinin üretim miktarı ya kapasite kadar ya da sıfır olmaktadır. Herhangi bir t için kapasiteden az, pozitif bir üretim ($X_t < C_t$) yapılıyorsa, $I_{t-1} = 0$ olmaktadır.

II.4. UYGUN ÜRETİM SİRALAMALARININ ÖZELLİKLERİ

j ve k ardarda gelen iki yeniden yaratma noktaları olduğunda, bir üretim planı (çizelgesi) olan X 'in bir alt kümesi S_{jk} olarak tanımlandığında,

$$S_{jk} = \left\{ X_t, t = j+1, j+2, \dots, k \mid I_j = I_k = 0; \right. \\ \left. I_t \geq 0, j < t \leq k \text{ için} \right\}$$

$0 \leq j \leq k \leq T$ için, S_{jk} bir "Üretim Sıralaması", adını almaktadır. Her bir üretim planı bir veya daha çok sayıda üretim sıralamalarının birleşmesinden oluşmaktadır.

Kapasite kısıtı altında S_{jk} üretim sıralamasının, uygun bir üretim sıralaması olabilmesi için aşağıdaki teoremden verilmiş olan koşulun sağlanması gerekmektedir.

(21) K.R. BAKER, P. DIXON, M.J. MAGAZINE, E.A. SILVER, A.g.k., s.1712.

TEOREM : Kapasite kısıtlı bir üretim sıralaması, S_{jk} 'da, $j+1 \leq U < k$ için en çok bir U döneminde üretim seviyesi kapasiteden az ve pozitif ($0 \leq X_U < C_U$) ve diğer bütün dönemler için ya kapasiteye ya da sıfıra eşittir (22).

İki yerden yaratma noktası arasındaki her t için $C_t = C$ varsayımı yapıldığında yukarıdaki teorem özel bir yapıya dönüşmekte ve eniyi üretim sıralaması S_{jk} 'nın belirlenmesi kolaylaşmaktadır.

$k \geq 0$ ve tamsayı olmak üzere,

$$\sum_{t=j+1}^k d_t = k.C + \epsilon$$

ve

$$0 \leq \epsilon < C \dots\dots\dots (1)$$

yazılabilmektedir. 1. nolu eşitlik $t = j+1, j+2, \dots\dots$, k için X_t 'nin belirli değerler almasını sağlamaktadır. $C_t = C$ özel durumuna göre yukarıdaki Teorem yeniden şu şekilde yazılabilmektedir:

TEOREM : $t = j+1, j+2, \dots\dots$, k olmak üzere $C_t = C$ varsayımı altında, bir eniyi üretim sıralamasında k sayıda dönem üretim seviyesi C 'ye, en fazla bir dönem üretim seviyesi ϵ 'a ve kalan dönemlerin üretim seviyesi ise sıfıra eşittir (23).

Böylece herhangi bir t için üretim seviyesi, $0, \epsilon$ veya C değerlerinden biri kadar olmaktadır.

(22) M. FLORIAN, M. KLEIN, A.g.k., s.14.

(23) M. FLORIAN, M. KLEIN, A.g.k., s.16.

Son açıklanan teoremin önemli bir sonucu da, herhangi bir t dönemindeki birikimli üretim seviyesinin sınırlı sayıda olmasını sağlamasıdır.

$$X_t = \sum_{l=j+1}^t X_l, \quad t = j+1, j+2, \dots, k \text{ için}$$

$(j+1)$. devreden t . devreye kadar birikimli üretim seviyesi X_t sadece $0, \epsilon, C, C+\epsilon, 2C, \dots, kC, kC + \epsilon$ değerlerini alabilmektedir.

Problemin çözümündeki bu kolaylık, her t için mümkün üretim seviyeleri belirlenebildiğinden, en kısa yol algoritması ile S_{jk} üretim sıralamasının kolayca bulunabilmesini sağlamaktadır.

II.5. UYGUN ÜRETİM SİRALAMALARININ BELİRLENMESİ ALGORİTMASI

Kapasite kısıtlı problemlerin çözüm algoritması, M_{jk} toplam maliyet değerlerinin hesaplanması için S_{jk} üretim sıralamasının belirlenmesi ile W-W(Wagner-Whitin) algoritmasından ayrılır. Algoritmanın diğer tüm özellikleri W-W algoritması ile aynıdır. W-W algoritması II.2 kesiminde açıklanmıştı. Burada sadece eniyi S_{jk} üretim sıralamasının bulunmasına ilişkin algoritma açıklanacaktır.

$j < t \leq k$ için X_t , t . devrenin birikimli üretim seviyesi iken $(t+1)$ devrenin birikimli üretim seviyesi X_{t+1} , aşağıdaki şekilde bulunmaktadır:

- i.) $m = 0, 1, 2, \dots, k$ için $X_t = mc$ ise $(t+1)$. devrenin birikimli üretim seviyesi
- $$X_{t+1} = X_t + (0, \epsilon \text{ veya } C);$$

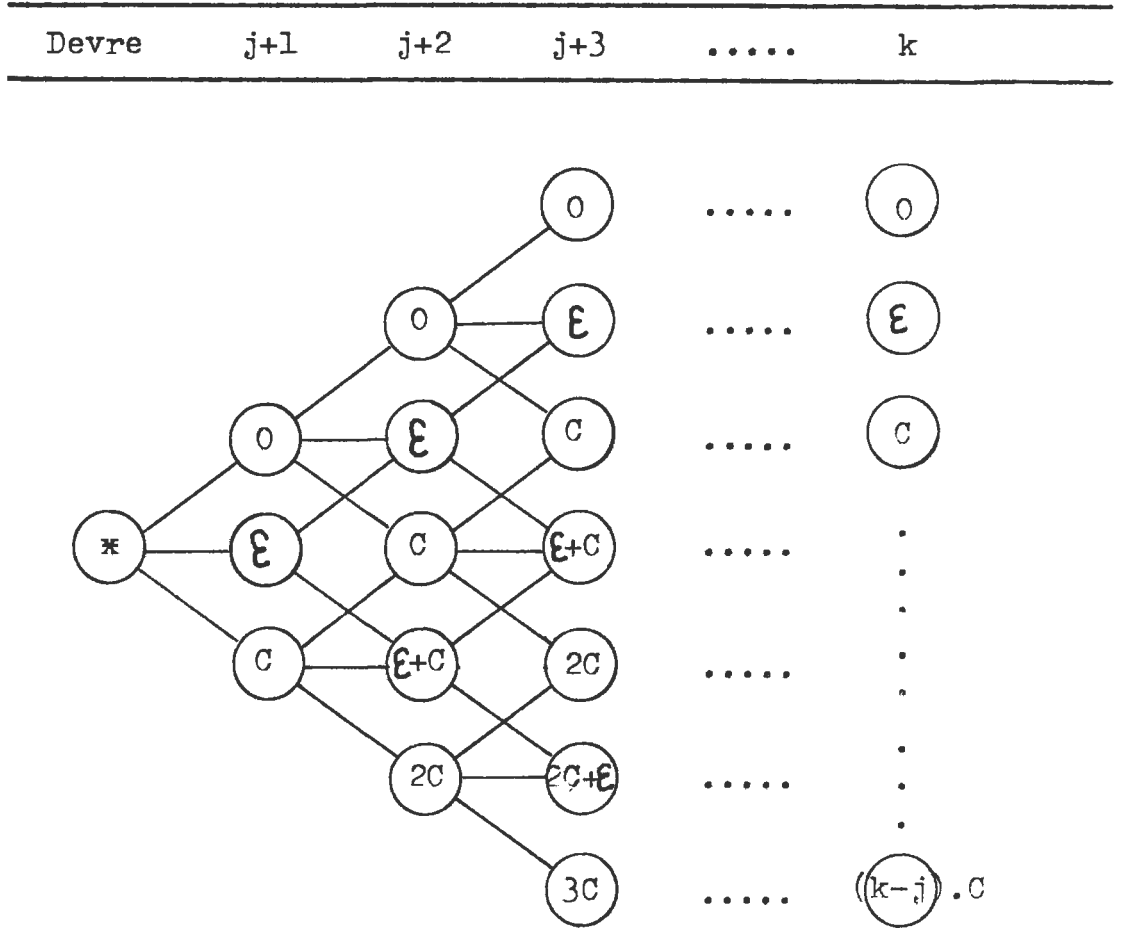
Eğer $D_t \leq X \leq D_k$ değil ise 7. Adıma geçilir.

7. Adım : $t = k-j$ ise 8. Adıma geçilir,
değil ise 4. Adıma geçilir.

8. Adım : $t = k$ ise 9. Adıma geçilir,
değil ise 3. Adıma geçilir.

9. Adım : DUR.

Bu algoritma ile $j < t \leq k$ olmak üzere her t için X_t düğümleri Şekil - II.5'deki gibi belirlenmiş olmaktadır.



Şekil - II.5. $(j+1)$. Devreden k . Devreye Kadar
Mümkün Üretim Seviyeleri.

ii.) $m = 0, 1, 2, \dots, k$ için $X_t = mc + \xi$
 ise $(t+1)$. devrenin birikimli üretim seviyesi
 $X_{t+1} = X_t + (0 \text{ veya } C)$

X_t ve X_{t+1} arasındaki bu bağıntı, t . devredeki düğüm X_t olduğunda, $0, \xi$ veya C kadarlık bir üretim seviyesi ile $(t+1)$. devre için X_{t+1} üretim seviyesine erişilmeyi sağladığından alt problemin en kısa yol algoritması ile çözümü mümkün olmaktadır.

0 halde eniyi S_{ij} üretim çizelgesinin belirlenebilmesi için önce $t = j+1, j+2, \dots, k$ olmak üzere her t için uygun X_t düğümlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Uygun X_t düğümlerinin belirlenmesi algoritması:

1. Adım : $t = j+1, j+2, \dots, k$ için 3 - 8 adımların tekrarlanması,
2. Adım : $D_k = \sum_{i=t}^k d_i$ birikimli talebin hesaplanması
3. Adım : $m_t = 0$ alınarak,
 Eğer $D_t = 0$ ise $m_t = m_t + 1$, $X_t^m = 0$ alınır ve
4. Adıma geçilir.
4. Adım : $i = 1, 2, \dots, (k-j)$ için Adım 5 - 7 tekrarlanır.
5. Adım : $X = (i - 1) * C + \xi$ değeri hesaplanır.
 Eğer $D_t \leq X \leq D_k$ ise $m = m+1$, $X_t^m = X$ alınır ve 6. Adıma geçilir.
 Eğer $D_t \leq X \leq D_k$ değilse Adım 6'ya geçilir
6. Adım : $X = i * C$
 Eğer $D_t \leq X \leq D_k$ ise $m_t = m_t + 1$, $X_t^m = X$ alınır ve 7. Adıma geçilir.

Algoritmanın ikinci aşamasında, $j+1$ ile k devreleri arasındaki uygun üretim seviyelerinin belirlenmesini amaçlamaktadır. $j < t \leq k$ için t . devre birikimli üretim seviyesi X_t iken, X_t kadarlık bir üretim ile X_{t+1} birikimli üretim seviyesine erişiliyor ise X_t ($0, \xi$ veya C) üretimi, t . için devre için uygun üretimdir. k . döneme kadar bu işlemler yapıldığında, başlangıç noktası (düğümü) sıfır, bitiş düğümü X_k olan bir şebeke ortaya çıkmaktadır. Bu şebekenin, en kısa yol algoritması ile çözümü sinucunda, toplam maliyeti enküçükleyen eniyi S_{jk} üretim sıralaması elde edilecektir.

Uygun S_{jk} Üretim Sıralamalarının Belirlenmesi Algoritması:

1. Adım : $t = j+1, j+2, \dots, k$ için 2 - 10 adımları tekrarlanır.
2. Adım : $l = 1, 2, \dots, m_t$ için 3 - 9 adımlar tekrarlanır.
3. Adım : $ll = 1, 2, \dots, m_{t-1}$ için 4 - 7 adımları tekrarlanır.
4. Adım : Eğer $X_t^m = X_{t-1}^m + 0$ ise Adım 5'e gidilir.
 Eğer $X_t^m = X_{t-1}^m + \xi$ ise Adım 5'e gidilir.
 Eğer $X_t^m = X_{t-1}^m + C$ ise Adım 5'e gidilir.
 değil ise X_{t-1}^m seviyesinden X_t^m seviyesine $t-1$ geçiş (üretim) yoktur.
5. Adım : $STOK = X_t^m - D_t$
6. Adım : Maliyet fonksiyonlarında değerleri yerine koyarak toplam maliyeti hesaplanır.

7. Adım : 11 döngüsü tamamlanır.
8. Adım : 1 düğümü için enküçük maliyet belirlenir.
9. Adım : 1 döngüsü tamamlanır.
10. Adım : t döngüsü tamamlanır.
11. Adım : Uygun S_{jk} üretim seviyeleri belirlenmiştir.

Algoritmanın tamamlanmasıyla $j+1$. devreden k . devreye kadar bütün devreler için uygun üretim seviyeleri belirlenmiş olmaktadır. Böylece başlangıç düğümünden bitiş düğüme kadar bütün düğümler ve düğümler arasındaki üretim seviyeleri tespit edilmiştir. $(j+1)$. düğümünden k . düğüme kadar enküçük maliyetli eniyi üretim sıralaması belirlenmek istendiğinden, şebekenin en kısa yol algoritması ile çözülmesi gerekmektedir.

Şebekenin çözümü ile eniyi S_{jk} üretim sıralaması elde edildiğinden, S_{jk} sıralamasının toplam maliyeti M_{jk} da elde edilmiş olmaktadır.

Algoritmanın sonraki aşamaları W-W algoritmasında M_{jk} toplam maliyetinin belirlenmesinden sonraki aşamaları ile aynı olmaktadır. Bu nedenle W-W algoritması açıklanmış ve sunulan algoritma ile ilişki kurulmaya çalışılmıştır.

Ü Ç Ü N C Ü B Ö L Ü M

GELİŞTİRİLEN DİNAMİK ÜRETİM MODELİNİN BİR İŞLETMEDE UYGULANMASI

Bu bölümde, kapasite kısıtlı üretim problemlerinin gerçek verilerle eniyi çözümünün bilgisayar desteğiyle bulunmasına çalışılacaktır. Bu amaçla, önce mevcut sistemde üretim planlaması ve gözlenen aksaklıklara yer verilmiş daha sonra da önerilen üretim planlaması tanıtılmıştır işletmede alınan gerçek veriler kullanılarak, eniyi üretim planları çıkartılmağa çalışılmıştır. Planların sürekli değişebileceği göz önüne alınmış ve her devre gerçek talep verisi alınarak günlemeli üretim planı elde edilmiştir. Bu tür bir planlama yaklaşımı mevcut sistemdeki uygulama ile karşılaştırılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

III.1. MEVCUT SİSTEMDE ÜP VE GÖZLENEN AKSAKLIKLARI

III.1.1. Mevcut Sistemde Üretim Planlaması

Atölye ortamından fabrika ortamına geçiş durumunda olan işletmelerin karşılaştıkları sorunlardan bazıları da üretim planlama sisteminin ihtiyaçları karşılayacak kadar olmamasından kaynaklanmaktadır. İşlerin

alışıl gelmiş yöntemlerle yapılması, işletmeyi kısa dönemde zor durumda bıraktığı gibi gelecekteki yaşamını da tehlikeye düşürmektedir.

Araştırma yapılan işletmede de özellikle üretim planlama çalışmaları tamamen tecrübeye dayalı olarak sürdürülmektedir. Pazarlama araştırması ve reklam faaliyetlerinin yapılmaması, rakip firmaların fiyat ve kalite düzeylerinin araştırılmaması mamüle ilişkin taleplerin azalmasına neden olmuştur. Buna ilaveten müşterinin istediği mamül, istenilen yerde ve zamanında elde edemeyişi de müşteri kayıplarında etkili olmuştur.

İşletmede üretim, sipariş üzerine gerçekleştirilen maktadır. Müşteri herhangi bir haberleşme kanalıyla, sipariş ettiği mamüllerin cins ve miktarını, sevk biçimini, varsa mamüllere ilişkin teknik özellikleri bildirmektedir. Bu bilgiler "iş emri" adı verilen fişlere geçirilmektedir. Aynı bilgiler müşterinin ileride, siparişinin ne zaman ne nasıl gittiğini sorabileceği göz önüne alınarak "sipariş defterine" geçirilmektedir. Kayıt işlemi tamamlandığında, iş emri imalat ile görevli ustabaşına verilmektedir. İmalatın her türlü sorumluluğu ustabaşındadır. İmalata başlama, hammadde ve malzeme tedarikleri, bakım-onarım faaliyetleri ve işçiler ile ilişkileri düzenlenmektedir. Ustabaşı, bütün fişlere bakarak siparişi en çok olan mamülün üretimine başatmaktadır. Bu karar verilirken hammadde, malzeme, mamülün üretim hattında izleyeceği makinelerin durumu, dikkate alınmaktadır. Üretim tamamlandığında sevkiyat görevlisi tarafından, siparişin sevk talimatına göre siparişler karşılanmakta ve sevk bilgileri sipariş defterine işlenmektedir.

III.1.2. Gözlenen Aksaklıklar

Sipariş bilgi kayıtlarının yetersizliği, üretimin, üretim yönetimi bilgisini almamış bir kişiyle yönlendirilmesi sonucunda pek çok problemlerin olacağı

açıktır. Araştırılan sistemdeki gözlenen problemlerin aşağıdaki alt sistemlerin kurulmaşığından kaynaklandığı görülmüştür.

- i.) Sipariş kayıt sisteminin yetersizliği,
- ii.) Talep veri sisteminin olmayışı,
- iii.) Malzeme gereksinim planlama sisteminin olmayışı,
- iv.) Üretim programlarının (çizelgelemenin) yapılmayışı,
- v.) Bakım onarım planlamasının olmayışı.

İzleyen alt başlıklarda pek çok üretim planlama probleminin temelini oluşturan bu alt sistemlere ve eksikliğinde oluşan problemlere değinilecektir.

1.) Sipariş Kayıt Sisteminin Yetersizliği

Alınan ve karşılanan siparişlerin sipariş defterine kaydedilmesi, sipariş veren müşterinin siparişinin ne zaman karşılanacağını zamanında bildirilmesi açısından gereklidir. Ancak bu bilgiler, ilerde talep veri sisteminin kurulması planlandığında yetersiz kalacaktır. Müşterinin mamül talebinde bulunarak, stokta bulunan mamüllerin alması durumlarında, sipariş defterine kayıt yapılmamaktadır. Bu ileride talebi belirlemede pek çok zorluklara neden olabilecektir. Özellikle mamülün imalata alımı ve sevkiyattaki önceliği açısından sipariş defter ve iş emirleri yeterli değildir. Bazı durumlarda müşterinin siparişini iptal etmesine neden olmaktadır.

ii.) TALEP Veri Sisteminin Olmayışı

Üretim planlama sisteminin temel girdilerinden biri taleptir. Hangi devre ne kadarlık bir talep ile karşılaşılacağı, geçmiş yıllardaki talep verileri ile çok yakından ilgilidir. Bu veriler elde edilemediğinde, devrelik talep o dönem karşılanmağa çalışılacaktır. Talep kapasiteden fazla olduğunda bir kısmı karşılanacak, bir kısmı ise sanraki dönemlere yoksatma olarak devredilecek-

tir. Böyle durumlarda kapasitenin yetersiz olduğu düşünülerek, zorunlu görüldüğü takdirde fazla mesaiye gidilecektir. Oysa talebin kapasiteden az olduğu dönemlerde, talepten fazla üretimde bulunularak yoksatma olmayabilecektir.

iii.) Malzeme Gereksinim Planlama Sisteminin Olmayışı

Bütün mamüllerin üretiminde kullanılan hammadde St37 kalitesinde imalat çeliği olup Ereğli Demir-Çelik Fb. TAŞ'den temin edilmektedir. Gereksinim için yılda iki kez terminler bildirilmektedir. Terminler, önceki yıllarda verilmiş terminlere ve o yılın talep düzeyi dikkate alınıp tahmini olarak hazırlanmaktadır. Terminlerin hesaplanarak yapılmaması bazı dönemlerde hammadde yetersizliğine neden olmaktadır. Böyle durumlarda gerekli hammadde açığı piyasadan temin edilmektedir. Hammadde hemen temin edilmediğinde siparişlerin karşılanması gecikmektedir. Hammadde talebinin fazla yapıldığı dönemlerde, hammadde stoğu yığılmakta, paranın bağlanması dolayısı ile fırsat maliyeti oluşmaktadır.

iv.) Üretim Programlarının(Çizelgelemenin) Yapılmaması

Bir mamülün üretime alınması, bu mamülün sipariş miktarı göz önünde tutularak yapıldığından, sipariş zamanları dikkate alınmamaktadır. Mamül üretim hattında iken daha önce sipariş edilmiş bir mamülün acele karşılanması istendiğinde, üretim hattı durdurulmakta, acil olan mamülün geçeceği tüm makinelerin kalıpları değiştirilmekte ve üretimine geçilmektedir. Bu üretim hattında bazı makinelerin atıl kalmalarına neden olduğu gibi kalıplar yeniden değiştirildiğinden ilave işçilik maliyetlerine neden olmaktadır. Ayrıca işçilerin sürekli yer değiştirmeleri gerektiğinden, huzursuzluklara neden olmakta, verimlilik düşmektedir.

v.) Bakım - Onarım Planlamasının Olmaması

İşletmede bakım - onarım faaliyetleri planlı bir şekilde yapılmamaktadır. Kalıplarda aşınma, makinalarda arızalarla karşılaşıldığında üretim hattı durdurulmakta, sonraki makinalardaki işçiler diğer mamüllerin üretimlerine kaydırılmaktadır.

Kuşkusuz üretim sisteminde daha pek çok küçük ya da büyük çaplı problemlerle karşılaşılmaktadır. Yukarıda, genel olarak gözlenen problemlerin nedenlerine değinilmiştir. Üretim sistemi, sipariş alımından sevkiyata kadar bir bütün olduğundan, sistemde bir elemenda olan aksaklık diğer elemanları, dolayısıyla sistemi etkileyecektir.

İzleyen kısımda işletmenin temelde talep veri sisteminin olmayışından kaynaklanan üretim miktarı ve zamanlarının belirlenmesine ilişkin problemine çözüm getirilmeğe çalışılacaktır.

III.2. ÜRETİM PLANLAMA MODELİ ÖNERİSİ

İşletmenin üretim planlama çalışmalarına yardımcı olmak amacıyla orta dönem üretim planlama çalışmalarının bir kısmını kapsayan bilgisayar destekli bir üretim planlama çalışması sunulmaktadır. Çalışma talep parametrelerinin kesitirimi, mamül üretimi için kapasitenin yeterlilik sınaması ve kapasite kısıtı altında talebi karşılayacak eniyi üretim miktarı ve zamanlarının belirlenmesini içermektedir. Mamüle ilişkin kalite, fiyat, reklâm gibi nedenlerden dolayı talebin tahmin edilenden sapması mümkündür. Talepteki sapmaların dikkate alınarak üretim planının her dönem yeniden hazırlanarak güncellenmesi sağlanmıştır.

III.2.1. Mamül Talebinin Kestirilmesi

Orta dönem üretim planlarının temel girdilerinden biri taleptir. Kestirim sonucunda elde edilen talep, malzeme, işgücü, makina ve enerji gibi üretim girdilerinin miktarını belirleyeceğinden, talep verilerinin

güvenilir ve hassas olması, talep kestirim yönteminin de kestirim hatalarını enazlayacak bir yöntem olmasını gerektirmektedir.

İşletmede talep verilerine doğrudan erişilemediğinden 1978-1983 yıllarının sipariş defterleri ve iş emirleri incelenerek mamüle ilişkin siparişler çıkartılmış, siparişlerin talebi oluşturduğu varsayımından hareketle Tablo - III.1'deki talep verileri türetilmiştir. Mamül talebinin deterministik yapıda olduğu varsayıldığından gelecek dönemlerdeki talebin belirlenmesi kestirim yöntemleriyle yapılmaktadır. Bu amaçla, günlemin kolaylıkla yapılmasını ve geçmiş verilere ağırlık verilmesini sağlayan,

- i) Hareketli ortalamalar yöntemi - sabit trend,
- ii) Hareketli ortalamalar yöntemi - doğrusal trend,
- iii) Üssel düzeltme yöntemi - sabit trend ve
- iv) Üssel düzeltme yöntemi - doğrusal trend

kestirim yöntemleri hazırlanmıştır. Herbir yöntemle göre talep kestirim değerleri ve hatalar karesi ortalaması hesaplanarak hangi yöntemin kullanılacağı kararı, karar vericiye bırakılmıştır. Seçilen yöntemle göre kestirilen talep değerleri eniyi üretim çizelgesinin talebini oluşturmaktadır.

TABLO - III.1. YILLARA GÖRE TALEP VERİLERİ

AYLAR	1978	1979	1980	1981	1982	1983
1	106	150	110	83	118	143
2	77	87	55	158	228	219
3	57	32	48	170	144	211
4	42	71	91	203	169	215
5	84	98	114	81	223	280
6	51	137	130	171	231	290
7	70	89	114	48	62	82
8	100	152	114	161	78	191
9	90	130	114	95	148	182

AYLAR	1978	1979	1980	1981	1982	1983
10	163	161	107	221	174	282
11	24	95	102	99	176	210
12	6	50	46	58	68	129

III.2.2. Maliyet Parametrelerinin Belirlenmesi

Birinci bölümde belirtildiği gibi, üretim planlama ve stok yöntemi maliyetleri 4 ana kalemden oluşmaktadır. Model yoksatmanın olmadığı varsayımıyla kurulduğundan, M_{jk} toplam maliyeti yoksatma maliyetini içermektedir. Eniyi çözümün belirlenmesinden sonra, günleme her dönem yapıldığından gerçek talep ile o dönem üretilen mamül miktarı arasındaki farka göre stok taşıma veya sonradan karşılama ile karşılaşılmaktadır. Bu nedenle sonradan karşılamamanın maliyeti de günleme ile elde edilen çizelgenin toplam maliyetinin hesaplanmasında yer almıştır.

Araştırılan üretim sistemindeki maliyet parametreleri de 4 ana kalemden ele alınmış ve hesaplanmıştır.

İkinci bölümde toplam maliyetin üretim maliyeti, C_t ve stok tutma maliyeti h_t maliyetlerinden oluştuğu belirtilmişti. Üretim maliyetleri sabit ve değişken maliyetler olmak üzere iki maliyetten oluşmaktadır. Sabit maliyet, S_t hazırlık maliyeti ve değişken maliyet, g_t hammadde, yardımcı malzeme, direkt işçilik maliyetlerinden oluşmaktadır. Böylece üretim maliyeti,

$$C_t(X_t) = \begin{cases} g_t(X_t) + S_t & , \quad X > 0 \\ 0 & , \quad X = 0 \end{cases}$$

şekline dönüşmektedir.

Hazırlık maliyeti, makinelerin üretime hazır hale getirilmesi için makina kalıplarının değiştirilmesi gibi faaliyetlerin toplam maliyetidir. İşletmede bu maliyetin makina kalıplarının değiştirilmesi için gerekli işgücü

maliyeti olduğu belirlenmiştir. Bu amaçla mamülün üretiminde kullanılan bütün makinalar için hazırlık üsüreleri ve hazırlığı yapan personel sayısı alınmış, işçilik ve genel imalat giderleri ile çarpılarak elde edilmiştir. Buna göre hazırlık maliyeti,

- M : Mamülün üretiminde kullanılan makina sayısı,
 PS_i : i. makinada hazırlığın yapılabilmesi için gerekli personel sayısı,
 HS_{it} : t. dönemde i. makinadaki hazırlık süresi,
 IG_{it} : t. dönemde i. makinada birim zamandaki işçilik maliyeti,
 GIG : direkt işçilik saati başına genel imalat gideri

olmak üzere,

$$S_t = \sum_{i=1}^M (IG_{it} + GIG) \times (PS_i + HS_{it})$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Her t için $S_t = S$ kabul edilerek hazırlık maliyetine ilişkin verileri alınmış ve hazırlık maliyetinin 24.992.- TL/hazırlık olduğu hesaplanmıştır.

Birim değişken üretim maliyeti, P_t , hammadde ve malzeme giderleri ile mamülün üretimi esnasında harcanan işgücünün giderlerinden oluşmaktadır. Malzeme gereksinim planlaması ile enaz maliyetle hammadde ve malzeme tedariği sağlanabilmektedir. Çalışmada malzeme gereksinim planlamasına yer verilmediğinden bu maliyetin sabit olduğu kabul edilmiştir. Sabit maliyetler dönemden döneme değişmediğinden eniyi çözüm çizelgesini etkilememektedir. İşletmeden alınan bilgilere göre, işçi ücretleri yılda bir kez ocak ayında belirlenmektedir. Yılın diğer dönemlerinde işçi ücretleri aynı kalmaktadır. Bu da eniyi çözüm çizelgesini etkilememektedir. Böylece değişken maliyetler olan hammadde, yardımcı malzeme ve işçilik maliyetlerin tamamı dönemden döneme değişmediğinden toplam maliyetin hesaplanmasında kullanılmamıştır.

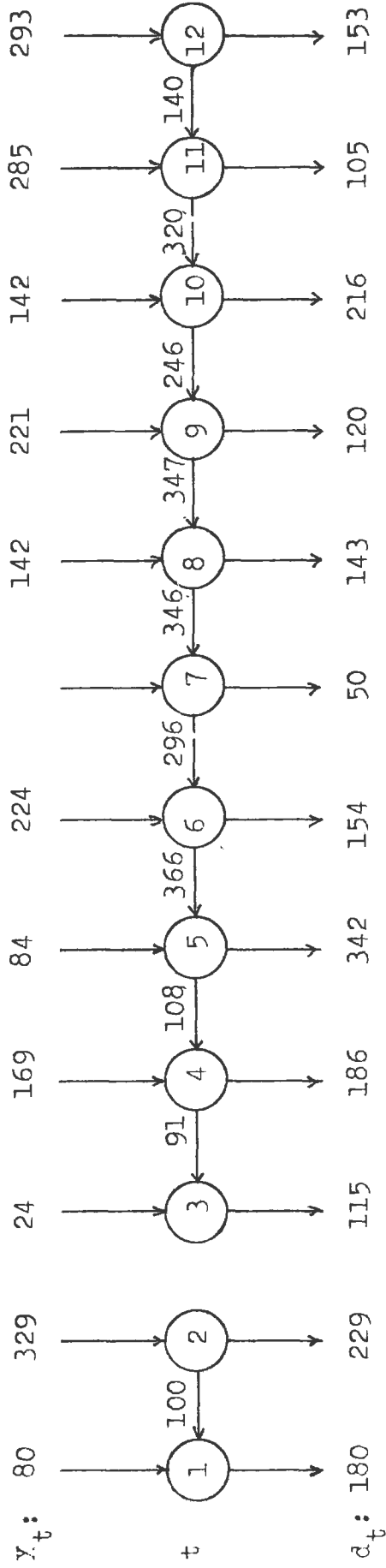
Stokta bulundurma maliyeti h_t , bir birim mamül t . dönemden $(t+1)$. döneme stokta tutmanın maliyeti olmaktadır. Bu maliyetin fırsat maliyetinden meydana geldiği kabul edilmiştir. i . faiz oranı ve C mamül maliyeti olmak üzere $h = j.C$ formülünden stokta tutma maliyetinin $i = 0,035$ için 148,80 TL/birim-devre olduğu hesaplanmıştır.

Sonradan karşılama veya yoksatma maliyeti, eniyi üretim çizelgesinin bulunmasında modele alınmamıştır. Ancak günlemeden sonra yoksatma ile karşılaşılabilmesi için maliyetinin belirlenmesi gerekmektedir. Yoksatma maliyetinin 1984 yılında talebin zamanında karşılanmamasından dolayı iptal edilen siparişler için kâr kaybı olarak belirlenmiştir. 1984 yılında 205 adet mamül karşılanamadığı için iptal edilmiş ve gelir kaybına neden olmuştur. Mamülün birim kârı 1650 TL. olarak belirlendiğinden toplam 338.250.- TL/yıl gelir kaybı olmuştur. Sekil - III.1'de 1984 yılı üretim ve stok (yoksatma) süreci gösterilmiştir. Sekilden de görülebileceği üzere toplam olarak 2360 adet mamül yoksatılmıştır. Birim yoksatma maliyetinin, devreler göre farklılık göstermeyeceği ve miktar ile doğru orantılı olduğu kabul edilerek 143,33 TL/ devre-birim olduğu hesaplanmıştır.

III.2.3. Kapasite Yeterlilik Sınaması

Mamül talebini yoksatma olmadan karşılayacak en az bir uygun üretim çizelgesi gerekli kapasitenin tahsis edilip edilmediğinin sınanması gerekmektedir. En az bir uygun çözüm için, $t = 1, 2, 3, \dots, T$ olmak üzere,

$$d_i \quad C_t$$



Sekil - III.1. Mamülün 1984 Yılı Talep, Üretim ve Stok Süreci.

eşitsizliğinin her t için sağlanması gerekmektedir. Herhangi bir t için eşitsizlik sağlanmadığı durumda, en az bir uygun çözüm için gerekli kapasite tahsisı hesaplanmaktadır. EK - 'de $C_t = C$ özel durumu için kapasite yeterlilik sınaması akış şeması gösterilmektedir. Planlama dönem boyunca,

$$\sum_{i=1}^t d_i > t.C$$

eşitsizliğinin geçerli olduğu her t devresi için,

$$C'_t = \sum_{i=1}^t d_i - t.C$$

kadarlık ık kapasiteye ihtiyaç olacaktır. En az bir uygun çözüm için üretim sisteminin ek kapasitesi,

$$C_{tk} = \max_t \left\{ C'_t \right\}$$

kadar olmaktadır.

III.2.4. Kapasite Kısıtlı Altında Eniyi Üretim Çizelgesinin Belirlenmesi

Üretim planlamada girdi olantalep ve kapasite belirlenmiş olduğundan, maliyet parametreleri ve fonksiyonel ilişkilere bağlı olarak eniyi üretim çizelgesi belirlenebilmektedir. İkinci bölümde belirtildiği gibi eniyi üretim çizelgesi, eniyi üretim sıralamalarından oluşmaktadır. İki yeniden yaratma noktası arasındaki eniyi üretim sıralaması ve enküçük maliyet, en kısa yol algoritması ile hesaplanmakta, sonuçlar W-W algoritmasında yerine konularak eniyi çözümün elde edilmesi sağlanmaktadır.

$j = 0, 1, \dots, T-1$ ve $k = j+1, j+2, \dots, T$ için j . ve k . dönemler yeniden yaratma noktaları olmak üzere, $(j+1)$. dönemden k . döneme kadar üretim ve stok

taşıma maliyetleri toplamı olan M_{jk} , en kısa yol algoritması ile belirlenmektedir. Bilindiği gibi en kısa yol algoritmasında bütün düğümler için o düğüme geçişlerin toplam maliyetleri içinde enküçükü o düğümün maliyetini oluşturmaktadır. Başlangıç düğümünden bitiş düğüme kadar bu işlemler yapıldığında bitiş düğümünün enküçük maliyeti şebekenin en küçük maliyetini oluşturmaktadır. Bitiş düğümünden geriye doğru başlangıç düğümüne gidilerek en kısa yol belirlenmektedir.

1, 2, , k dönemleri için eniyi politikanın toplam maliyeti, F_k ,

$$F_k = \min_{0 \leq j \leq k-1} (F_j + M_{jk}), \quad k = 1, 2, \dots, T$$

ve

$$F_0 = 0$$

değerlerini hesaplanmaktadır. Her k için j'ye göre enküçük F_k değerlerine karşı gelen $j^*(k) = 0$ olduğundan

$x_{j^*(k)+1} \neq 0$ olmakta ve eniyi çizelgede $j^*(k)+1$ döneminde k döneminde kadar eniyi alt çizelge belirlenmektedir. Bu işleme göre, ilk üretim kararı 1. dönemde alınmak zorunda olduğundan, $j^*(k) = 0$ veya $j^*(k)+1 = 1$ oluncaya kadar devam edilmektedir.

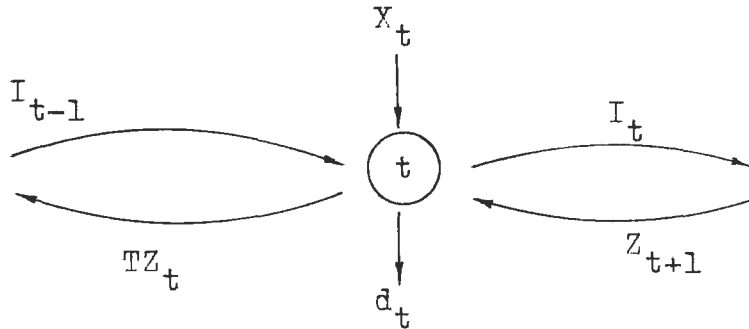
III.2.5. Günlemenin Yapılması

Planlama dönemi başında yapılan üretim çizelgesinden planlama dönemi sonuna kadar isteneni verebileceğini beklemek yanıltıcı olabilmektedir. Planın ihtiyaçlara göre yeniden hazırlanması gerekmektedir. Bu amaçla planlama döneminde her devre talebi gülenerek ve gerekli değişiklikler yapılarak, hazırlanan çalışmanın uygulanabilirliği sağlanmıştır.

Üretim planlarının günlenmesi şu şekilde yapılmaktadır: Planlama dönemi başında çıkartılan üretim çizelgesinde 1. devrenin üretimi gerçekleştirilmektedir. 1. devre sonunda devrenin gerçek talebi istenmektedir. Geçmiş talep verilerine 1. devrenin gerçek talebi de ilave edilerek 2. devreden planlama dönemi sonuna kadar talep değerleri yeniden kestirilmektedir. 1. devrenin gerçek talebi ile üretimi karşılaştırılmakta ve farka göre 2. devre başında yapılan kestirimle elde edilen 2. devre talebi değiştirilmektedir. Şöyle ki, 1. devre gerek talebi üretimden fazla ise fark kadar talep karşılamamadığından, ikinci devre talebine eklenmekte ve böylece net talep belirlenmektedir. Üretim ve net talep dikkate alınarak,

$$X_t - d_t + I_{t-1} - I_t - Z_t + Z_{t+1} = 0$$

denge denklemini sağlayan stok ve yok satma miktar seviyeleri belirlenmektedir. Şekil - III.2'de denge denkleminin sağlanmasındaki girdi ve çıktıların şebekesi gösterilmektedir.



Şekil - III.2. t. Devre Üretim, Taleb, Stok ve Yoksatma Seviyesi Şebekesi.

Planlama dönemi sonuna kadar her devre talebi günlenerek işlemlere devam edilmektedir.

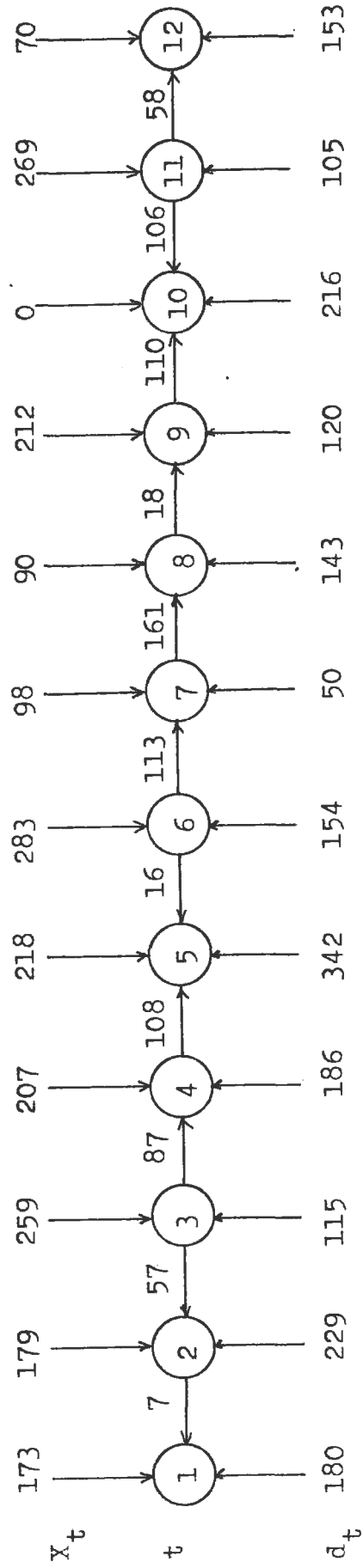
III.3. CÖZÜMLERİN ELDE EDİLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Önceki kesimde önerilen ÜP çalışmalarını kapsayan, EK - 1-4'de akış şemaları verilen bilgisayar programı yazılmış, kapasite 200 birim/devre alınarak planlama dönemindeki devrelerin üretim miktarları çizelgesi belirlenmiştir. Devre sonunda gerçek talep istenerek devre için stok denge denklemini sağlayan bilgiler çıkartılmıştır. Stok veya yoksatma durumuna göre devre toplam maliyeti hesaplanmıştır. Bu işlemlere planlama dönemi sonuna kadar devam edilmiştir. İlk üç devre ve son devre için yapılan bu işlemler EK - 6'da verilmektedir.* Her devre talebi günlenerek elde edilen planlama ile, devreler için üretim, talep, stok tutma ve yoksatma seviyeleri çıkartılmış ve Şekil - III.3'de verilen şebeke elde edilmiştir. Günlenneli planlamanın toplam maliyeti ile önceki kesimde Şekil-III.1'de üretim ve stok süreci verilen mevcut üretim sistemindeki planlamanın toplam maliyetleri çıkartılmış ve sonuçlar EK - 7'de verilmiştir.

Mevcut sistemde, talep geldiğinde üretimde bulunulması ve üretim kapasitesinin programlı bir şekilde kullanılması sonucunda devrelik talep tamamen karşılanamamış ve sürekli yoksatma ile karşılaşmıştır. Ayrıca bazı siparişlerin karşılanma süresinin (teslim süresinin) uzun olması, müşterinin uyarısı ile siparişin üretime alınmasını gerektirmiş ve böylece bazı devrelerde iki veya üç kez hazırlık yapılmıştır. Bu uygulama hazırlık ve yoksatma maliyetlerini arttırmış ve toplam maliyet 763.114.10 TL. olmuştur.

Önerilen üretim planlaması çalışması ile talep ve üretim arasında eniyi denge sağlanarak 344.457,30 TL. toplam maliyetle planlama gerçekleştirilmiştir.

* Çıktılar çok uzun olduğundan 4-11. devrelerin çıktıları alınmamıştır.



Sekil - III.3. Günlemeli Planlama ile Mamülün Üretim, Stok, Yoksatma Süreci.

SONUÇ

Kapasite kısıtlı, talebi dinamik ve deterministik yapıllı, devresel gözden geçirmeli ve tek mamüllü üretim problemlerin çözümü için yapılan bu çalışmada ulaşılan sonuçlar ve yapılabilir araştırmalarla ilgili öneriler şöyle özetlenebilir.

Üretim planlaması ile ilgili temel bilgilere yer verilerek ÜP çeşitleri incelenmiş, ÜP ve stok yönetimi modelleri üzerinde durulmuştur. Devresel gözden geçirmeli, dinamik ve deterministik üretim modelleri tanıtılarak bu modellerde kapasite kısıtının önemi vurgulanmıştır.

Kapasite kısıtlı, devresel gözden geçirmeli, dinamik ve deterministik talep yapıllı üretim problemlerinin çözümüne geçmeden önce bu konuda yapılmış çalışmalar ele alınmıştır. Problemin çözüm algoritması, kapasite kısıtsız üretim problemlerin çözüm algoritması olan Wagner-Whitin algoritması ile yakından ilgili olduğundan, kapasite kısıtsız üretim problemlerinin eniyi çözümü için gerekli koşullar açıklanarak, bu koşullar altında eniyi üretim çizelgesini bulan W-W algoritması tanıtılmıştır. Kapasite kısı-

sının modele alınmasıyla eniyi çözüm için gerekli koşullar açıklanmış, iki yeniden yaratma noktası j ve k arasındaki uygun üretim sıralamalarının özellikleri açıklanarak, bu sıralamaları sağlayan algoritma sunulmuştur. Algoritmadan elde edilen üretim çizelgeleri, düğümlerinde birikimli üretim seviyeleri, düğümler arası oklar da devrenin üretim seviyesini veren bir şebekeyi oluşturduğundan en kısa yol çözümlemesi ile eniyi üretim çizelgesi belirlenmiş ve toplam maliyet, W-W algoritmasında M_{jk} maliyeti olarak belirlenmiştir. Uygun her j ve k için bu işlemler tekrarlanarak kapasite kısıtlı üretim probleminin eniyi çözüm çizelgesinin belirlenmesi sağlanmıştır.

Problemin çözüm çalışmalarını kapsayan bilgisayar programı yazılarak, üretim sisteminden alınan verilerden ÜP ve stok yönetimi parametreleri belirlenmiş ve planlama dönemi boyunca, hazırlık ve stok tutma maliyetlerinden oluşan toplam maliyeti enküçükleyen eniyi üretim çizelgesi $X(X_1, X_2, \dots, X_T)$ bulunmuştur.

Gerçek yaşamda, planlama dönemi başında yapılan üretim planı planlama dönemi sonunda kadar bekleneni veremeyebilmektedir. Planların değişen koşullara göre düzeltilmesine veya yeniden hazırlanmasına gereksinim duyulmaktadır. Bu amaçla çalışmanın kapsamına planların her devre başında düzeltilmesi ve koşullara uygun hale getirilmesi de alınmıştır. Her devre, planlama dönemi sonuna kadar eniyi üretim çizelgesi belirlenmiş, devrenin gerçek talebi istenerek planlama günlendirilmiştir. Devrenin üretim seviyesi ile gerçek talebine bağlı olarak stok tutma ve/veya yoksatma maliyetleri hesaplanmıştır. Planlama dönemi sonunda devrelerdeki üretim, talep, stok ve yoksatma miktarlarına

bağlı olarak toplam maliyetler hesaplanmış ve günlemeli planlamanın toplam maliyeti bulunmuştur. Mevcut sistemdeki üretim, talep, stok ve yoksatma miktarlarına ilişkin veriler alınarak, üretim sistemindeki uygulamanın maliyeti çıkartılmıştır. Sonuçlar karşılaştırılmış ve önerilen üretim planlaması ile birim mamül maliyetinin 207,87 TL. daha az olduğu görülmüştür. Bu fark mamül satış fiyatının yaklaşık % 5'ini oluşturmaktadır. Üretim sistemi bu tür bir planlama yaklaşımını kullanmakla satış fiyatını % 5'e kadar düşürebilecek ve aynı mamülü üreten firmalarla daha kolay rekabet edebilecektir. Çoğu firmalar, müşteri talebinin karşılanmasından yaklaşık 15 gün sonrasına kadar olan ödemeleri peşin kabul etmekte, ödeme süresinin uzaması halinde vade farkı tahakkuk ettirmektedir. Üretim sisteminin % 5'lik tasarrufu, müşteri ödemelerinin 1,5 aya kadar uzamasını sağlayacaktır. Müşteri için bu kolaylık cazip olduğundan, talebinin sürekli olmasını sağlayabilecektir.

Kapasite kısıtı altında eniyi üretim miktarı ve zamanının belirlenmesi bilgisayar olmayan ortamlarda oldukça zor olacaktır. Eniyiye yaklaşan çözümleri bulan, işlemi çok az algoritmalar geliştirilmiştir. Wagner-Whitin algoritması ile kapasite kısıtı altında üretim problemlerine çözüm getirilebilecektir.

Kapasite kısıtlı üretim probleminin çözümü için mamül üretim kapasitesinin tahsis edildiği kabul edilmiştir. Mamülün üretildiği üretim hattında birden fazla mamülün üretilmesi durumunda kapasite tahsisi oldukça zor olmaktadır. Bir mamülün üretim kapasitesini arttırmak, diğer mamülün üretim kapasitesini düşürmeği gerektirmektedir. Böyle durumlarda eniyi kapasite tahsisi problemi ortaya çık-

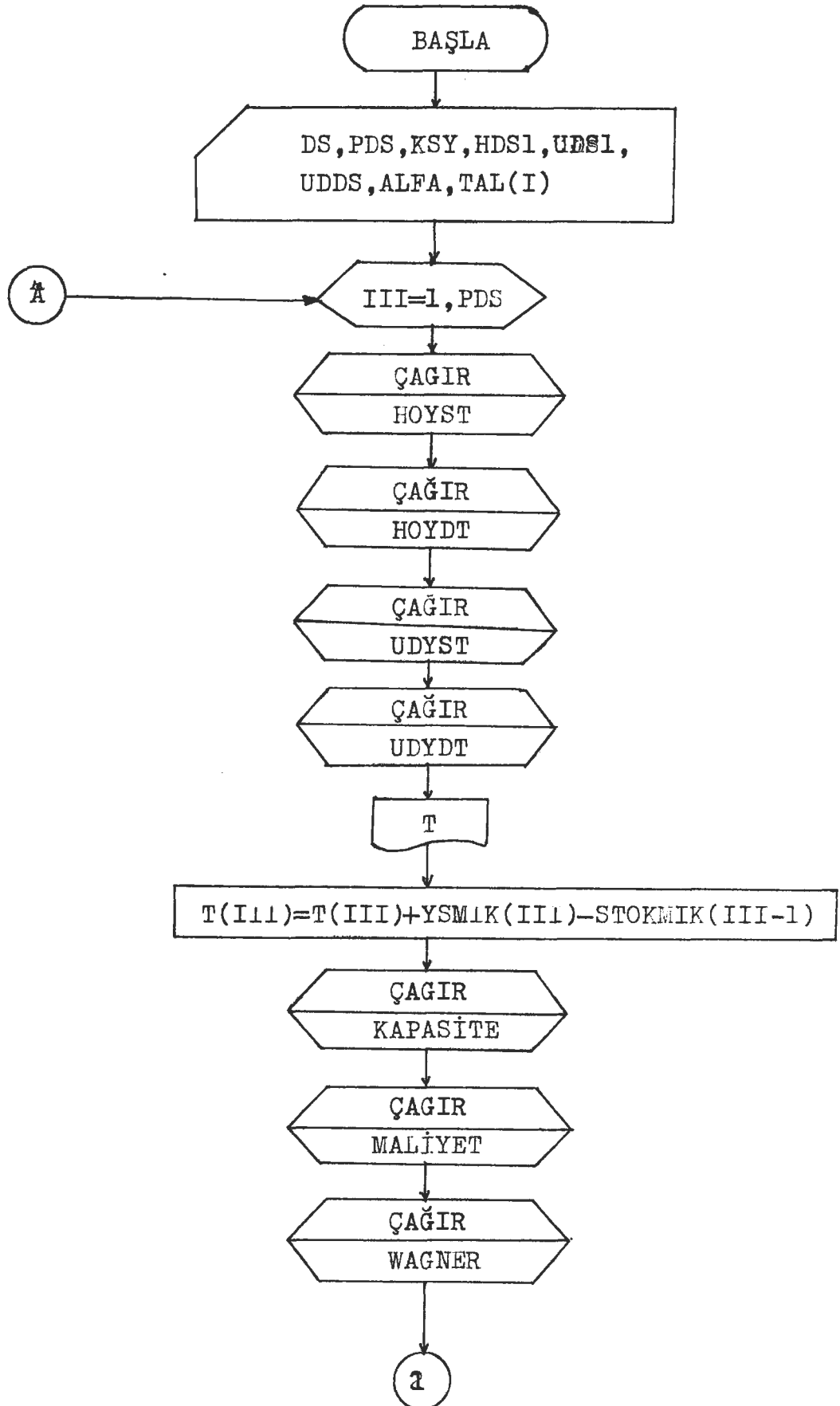
maktadır. Üretim sisteminde bir mamüle göre eniyileme sistemin eniyilenmesini de gerektirmeyebileceğinden, mamülün üretildiği hatta üretilen diğer mamüller de dikkate alınarak çözüme gidilmelidir.

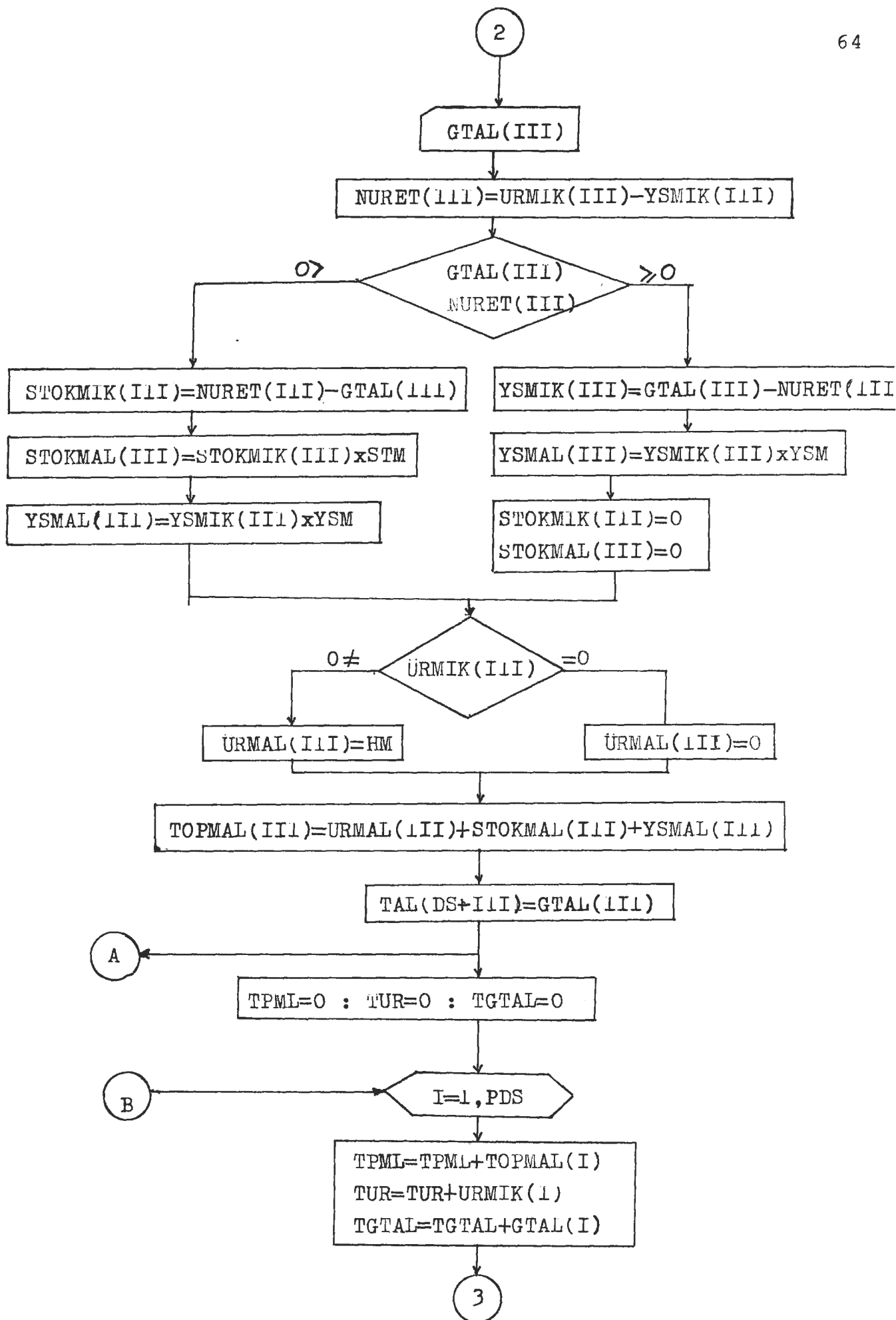
YARARLANILAN KAYNAKLAR

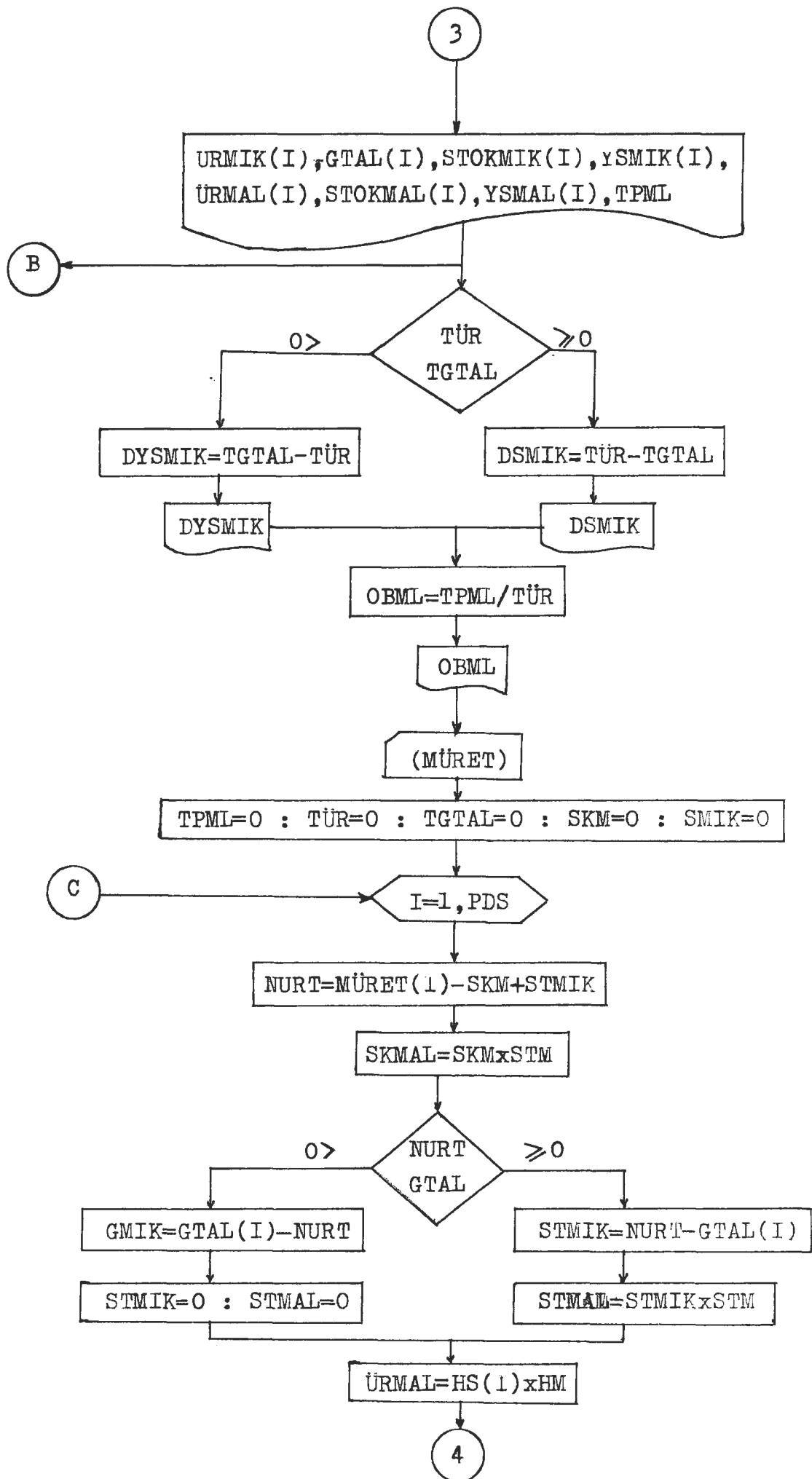
- BAKER, K.R./
DIXON, P./
MAGAZINE, M.J./
SILVER, E.A. "An Algorithm for the Dynamic Lot-Size Problem with Time-Varying Production Capacity Constraints", Management Science, Vol. 24, No. 16, 1978, s.1710-1720.
- BARCHI, R.H./
SPARROW, F.T./
WEWUGANTI, R.R. "Production Inventory and Capacity Expansion Scheduling with Integer Variables", Management Science, Vol. 21, No. 7, 1975, s.783.
- BENLİ, Ö. "Üretim Planlama ve Envanter Sistemlerinde Modelleme ve Optimizasyon", Üretim Planlama Sistemleri Tasarımı, Cilt 2, 1983, s.63.
- CARROLL, J.S. "Optimal Production, Inventory and Capital Accumulation Policies for the Firm", Unpublished Ph.D. Dissertation, The John Hopkins University, Battimore, 1968.
- COBIAN, M.J./
LELE, P.T. "Long Range Planning of Multi-Plant Capacity", Proceedings of the 21 st. AIIE Conference, 1970, s.97-101.
- DERVITSIOTIS, K.N. Operations Management, McGraw Hill International Book Company, Tokyo, 1981, s.475.
- FLORIAN, M./
KLEIN, M. "Deterministic Production Planning with Concave Costs and Capacity Constraints", Management Science, Vol. 18, No. 1, 1971, s.12-20.

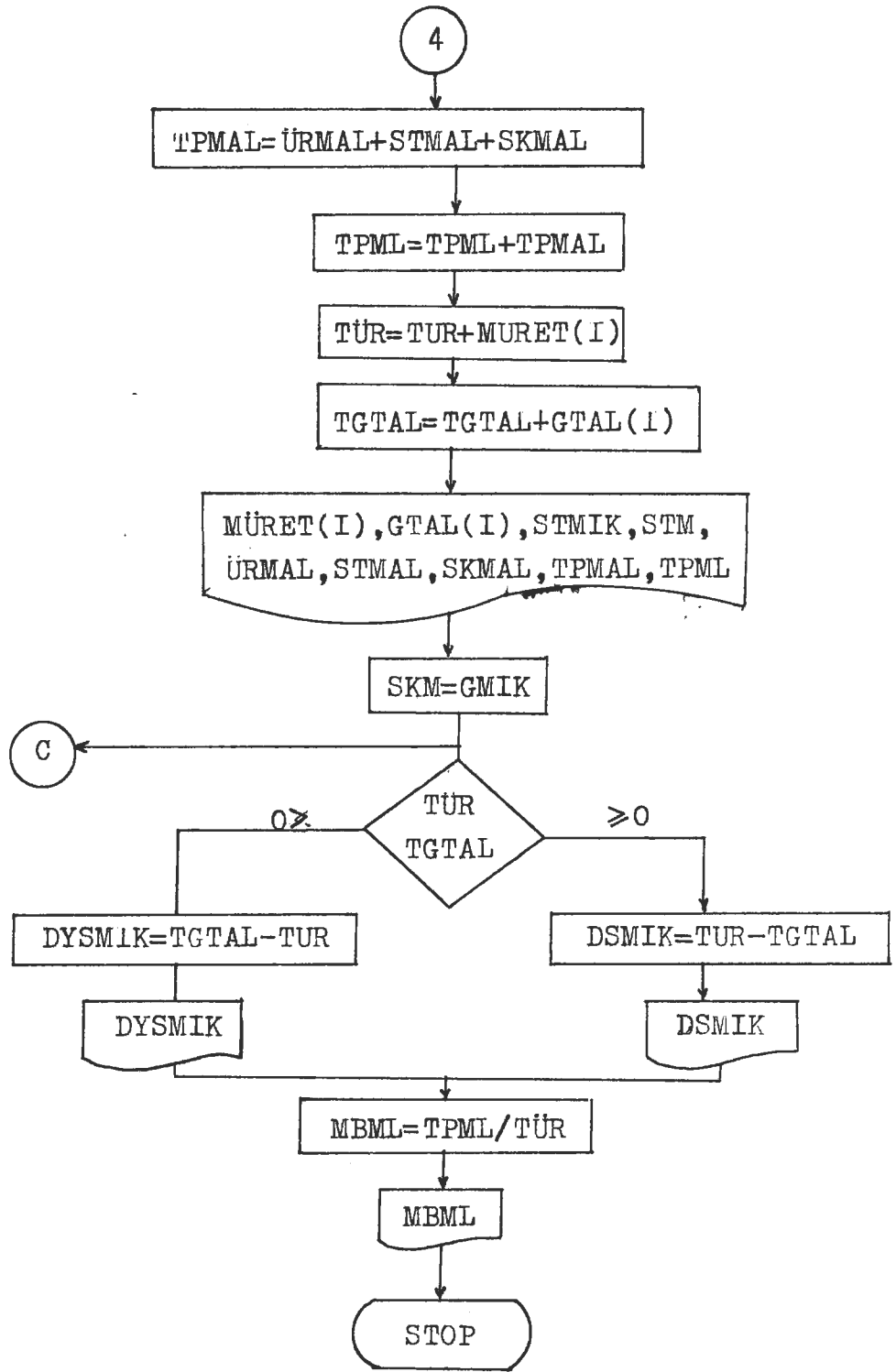
- IGLEHART, D./ "Capital Accumulation and Production for the Firm: Optimal Policies", Management Science, Vol. 12, No. 3, 1965, s.193-205.
- JAGANNATHAN, R./ "A Class of Deterministic Production Planning Problems", Management Science, Vol. 19, No. 11, 1973, s.1295-1300.
- RAO, M.R.
- JOHNSON, L.A./ Operation Research in Production Planning Scheduling and Inventory Control, Georgia Institute of Technology, John Willey and Sons, Inc., New York, 1974, s.3.
- MONTGOMERY, D.C.
- KARA, İ. Yöneylem Araştırması Ders Notları, E.İ.T.İ.A Yayını, Eskişehir, 1980, s.70.
- KORGAONKER, M.G., "Production Smoothing Under Piecewise Concave Costs, Capacity Constraints and Nondecreasing Requirements", Management Science, Vol. 24, No. 3, 1977, s.302-311.
- KAVCAR, N. "Üretim Planlama ve Kontrol", Sanayi Mühendisliği Dergisi, Sayı 2, 1982, s.29.
- KOBU, B. "Üretim Yönetimi", İstanbul Üniversitesi Yayınları No. 2298, İstanbul, 1981, s.443.
- LAMBRECHT, M. "Capacity Constrained Multi-Facility Dynamic Lot-Size Problem", Unpublished Ph.D. Thesis, Katholieke Universiteit, Leuven, Leuven, Belgium, 1976.

- LOUVEAUX, F. "An Algorithm for Deterministic Production Planning with Concave Costs and Capacity Constraints", CORE Discussion Paper No. 7401, Universite Catholique de Louvain Louvain, Belgium, 1974.
- LOVE, S.F., Inventory Control, McGraw-Hill Int. Book Comp., Tokyo, 1979, s.34-35.
- ÖZKUL, A.E. "Sistemler, Sistem Modelleri ve Benzetim", Yayınlanmamış Ders Notları, 1983, s.6.
- VEINOTT, A.F. Unpublished Notes, Stanford University, Stanford, California, 1963.
- WAGNER, H.W./WHITIN, T.M. "Dynamic Version of the Economic Lot-Size Model", Management Science, Vol. 5, No. 1, 1959, s.89-96.
- WILD, R. Production and Operations Management Principle and Techniques, Holt, Rinehart and Winston Ltd., London, 1971, s.235.
- ZABEL, E. "Efficient Accumulation of Capital for the Firm", Econometrica, Vol. 31, Nos. 1-2, 1963, s.131-150.
- ZANGWILL, W.I. "The Piecewise Concave Function", Working Paper No. 133, Center for Research in Management Science, University of California, Berkeley, California, 1965.

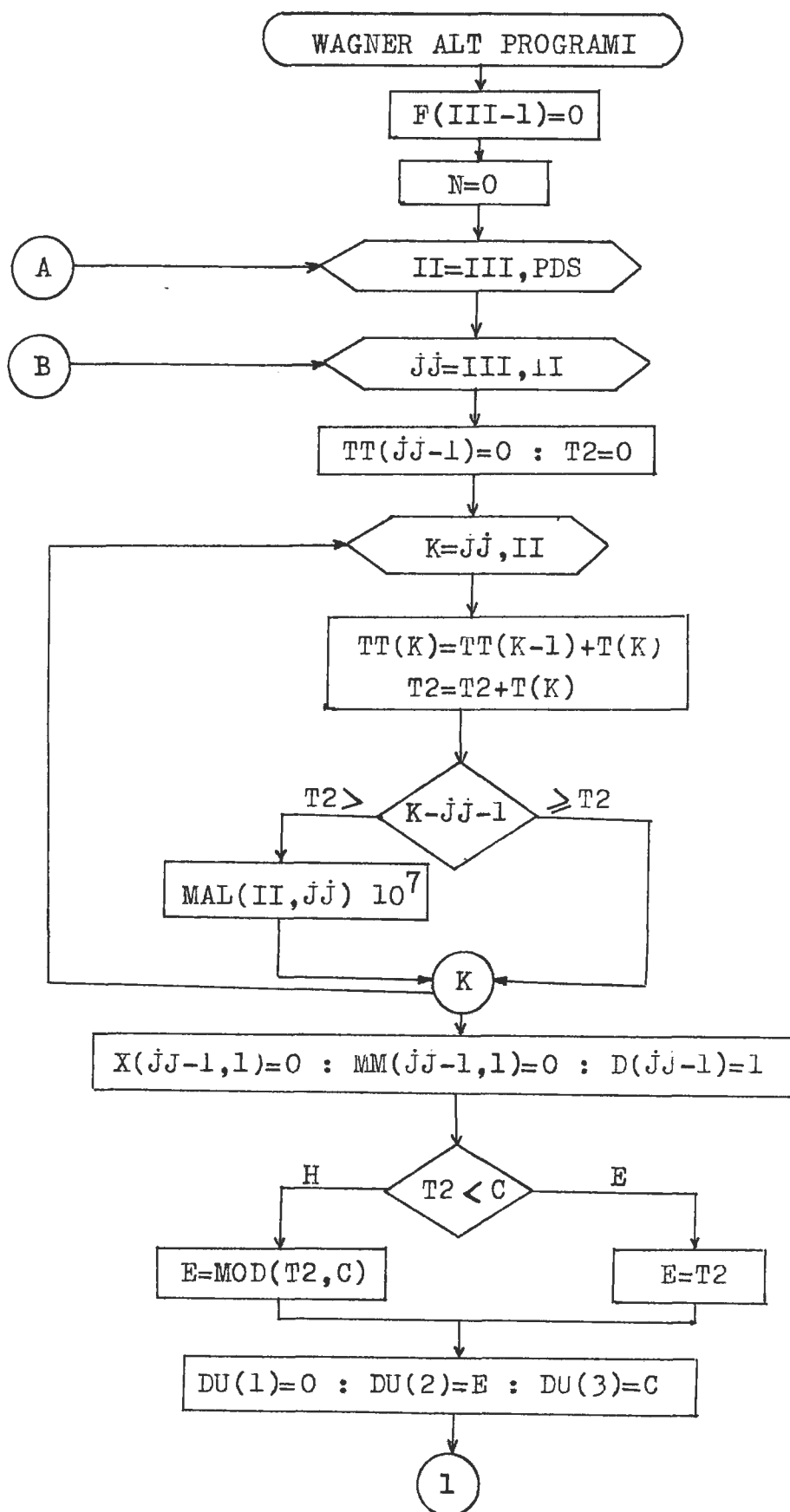


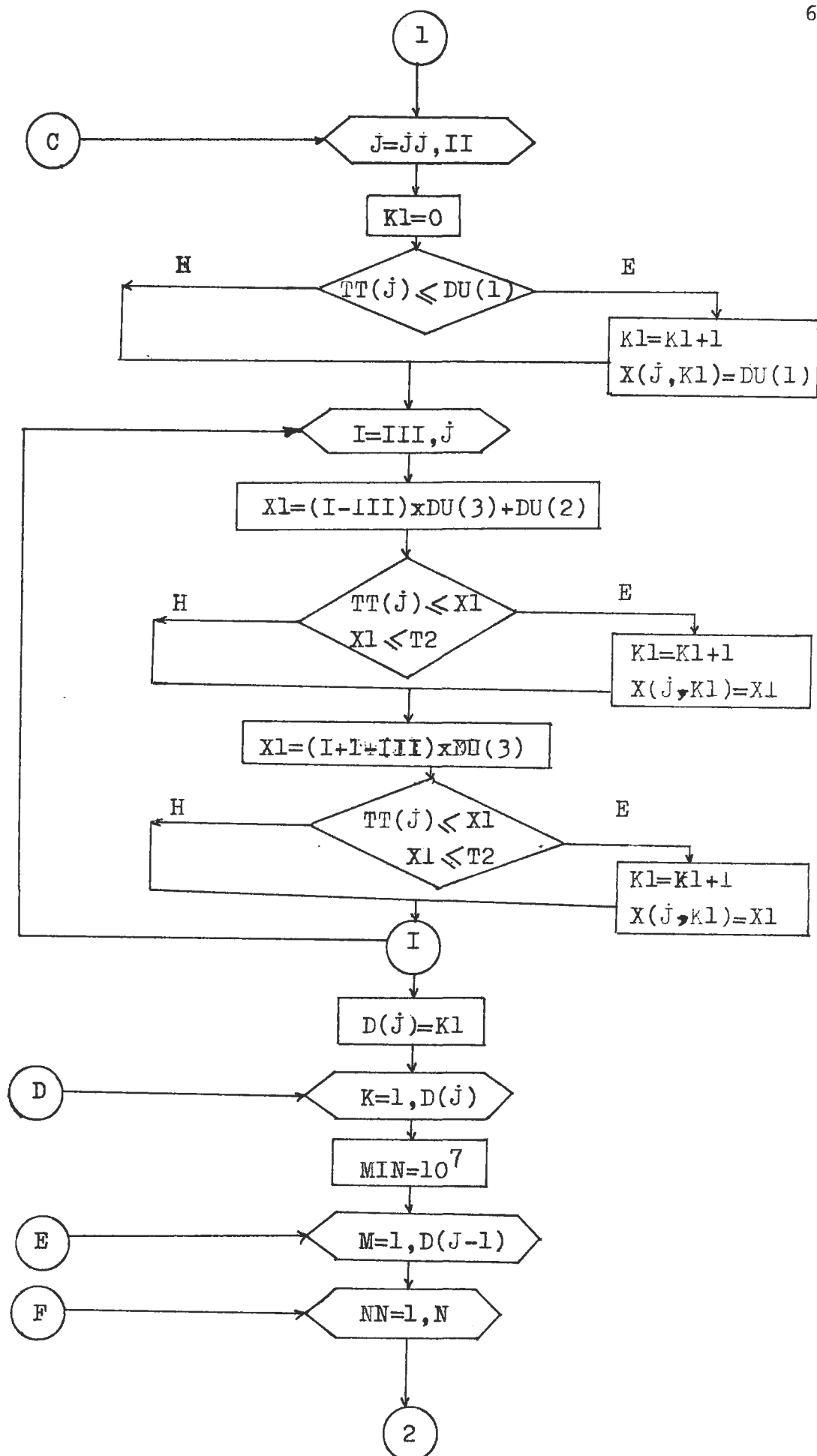


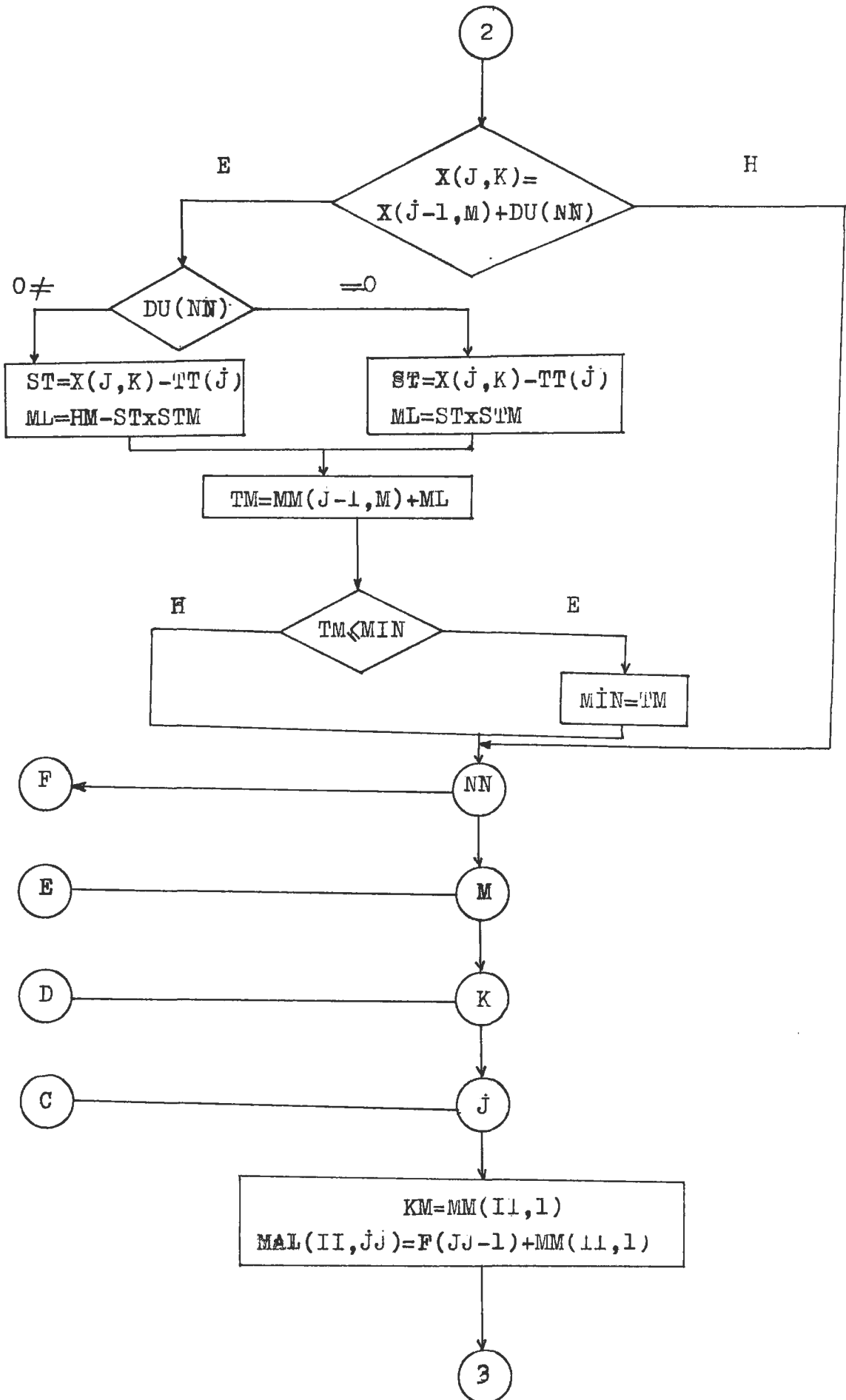


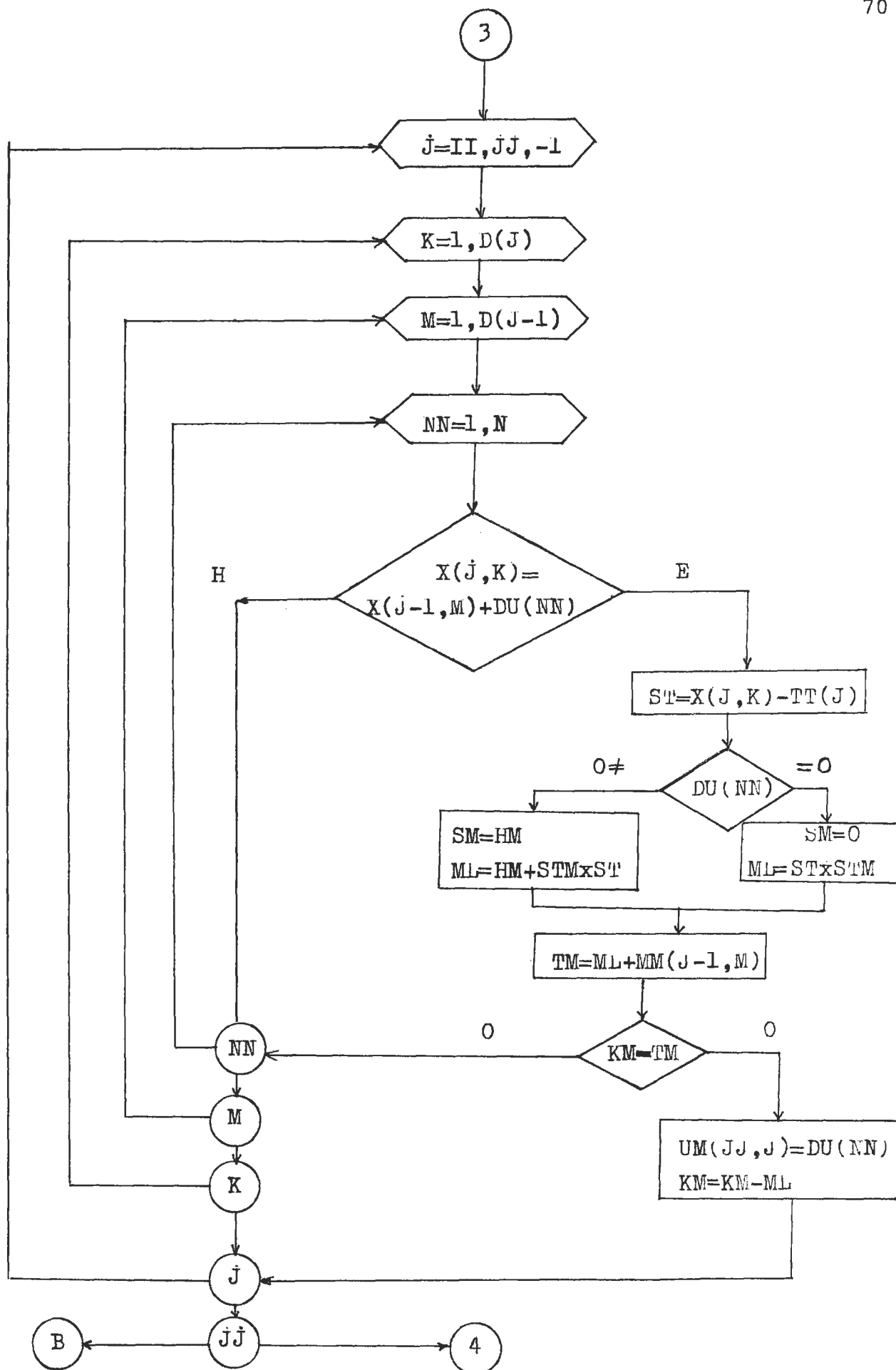


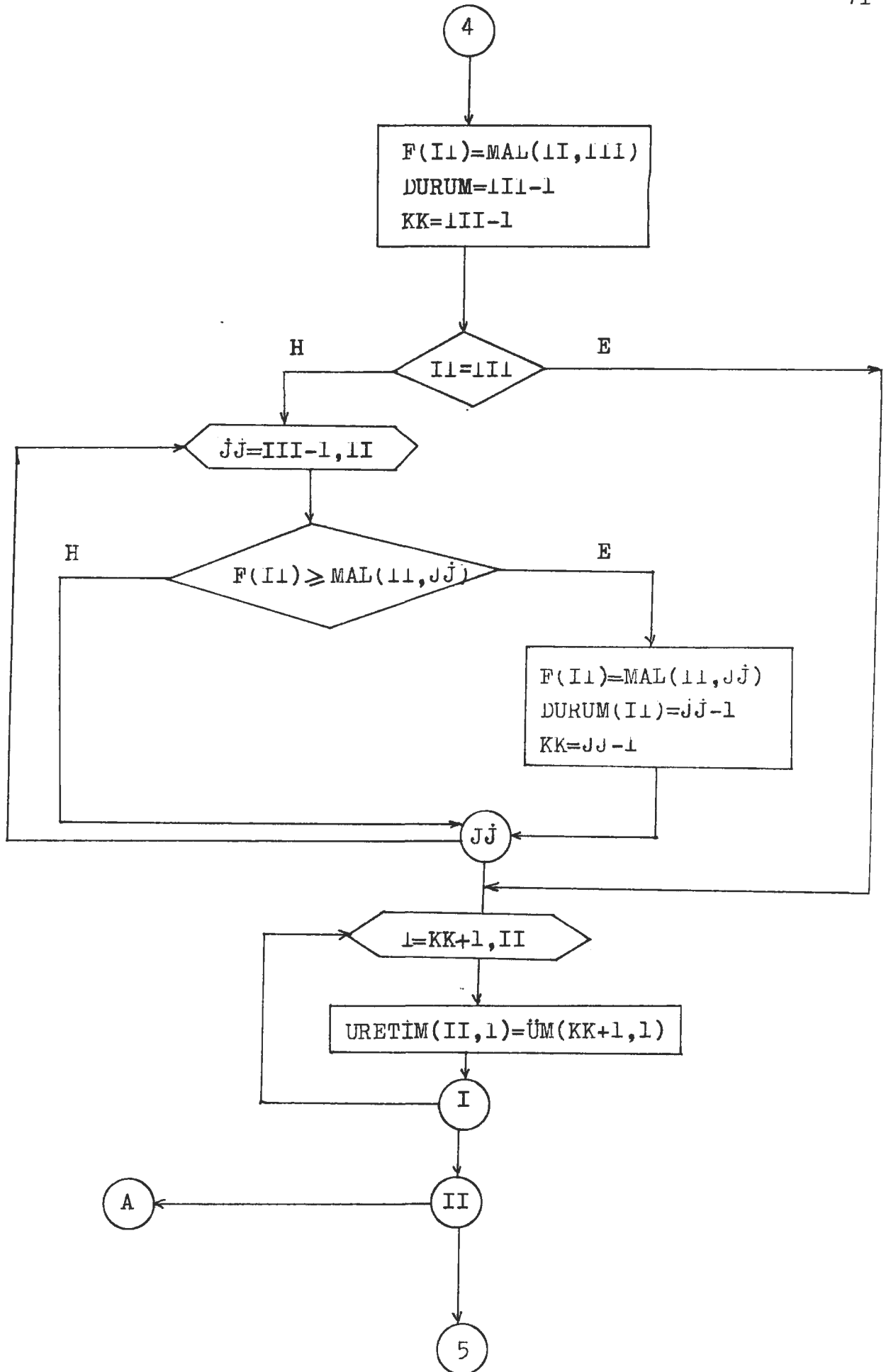
EK-II

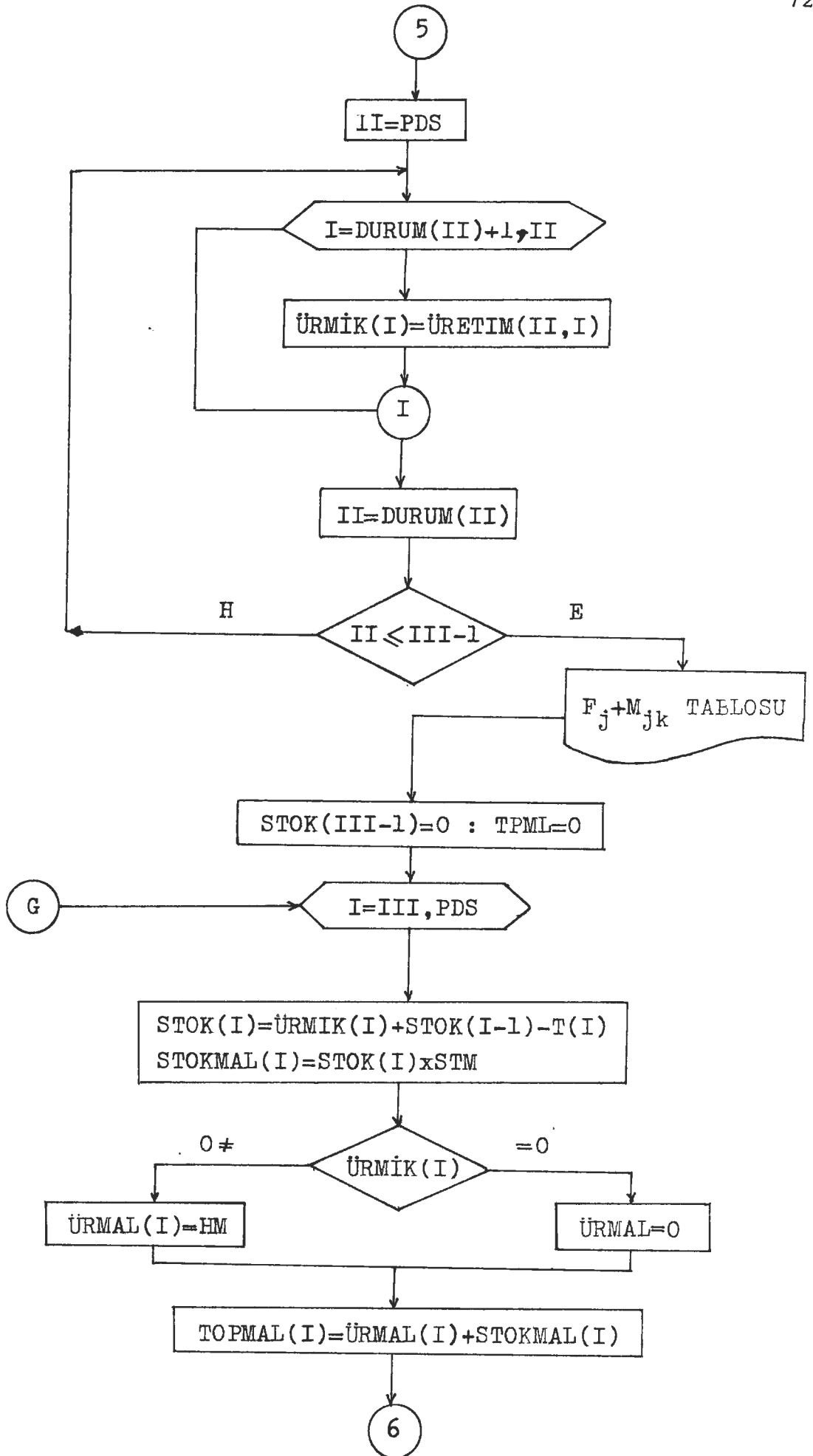


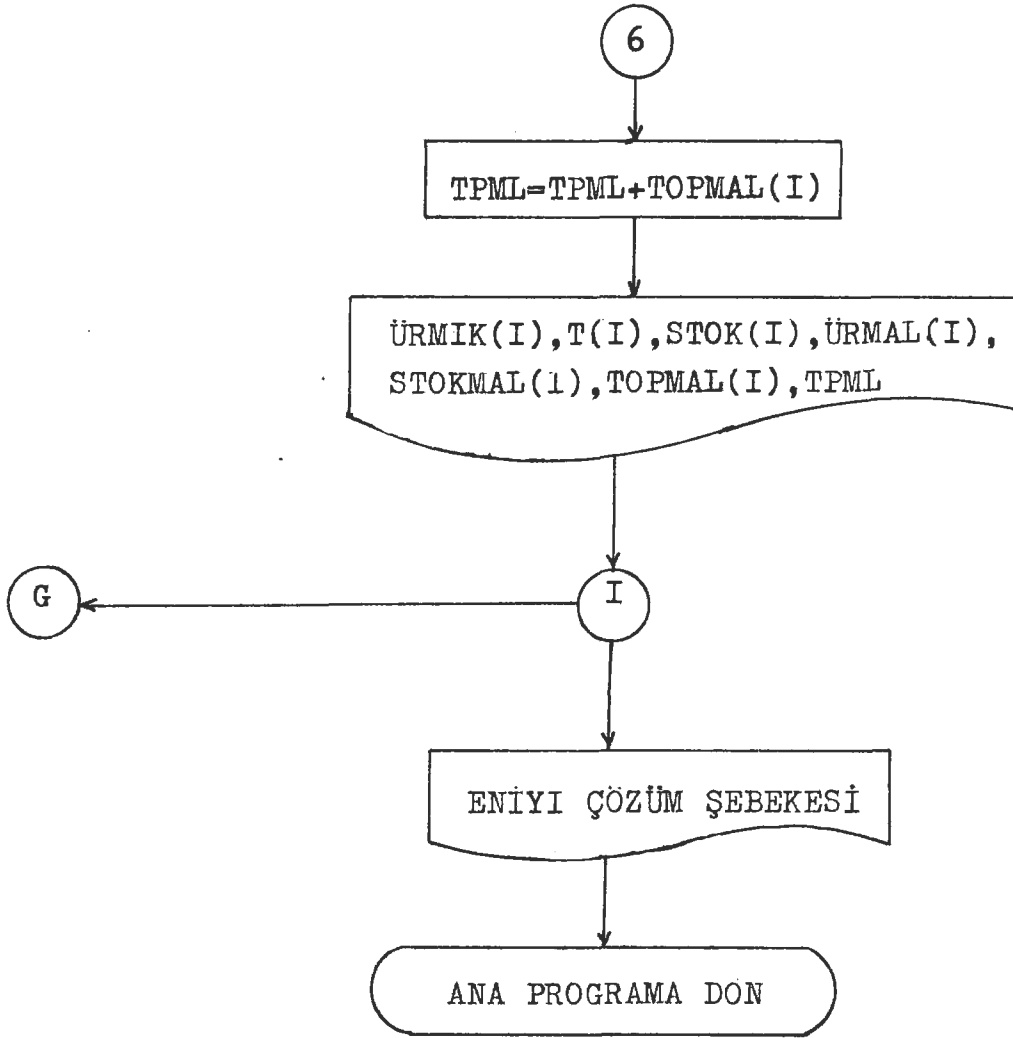




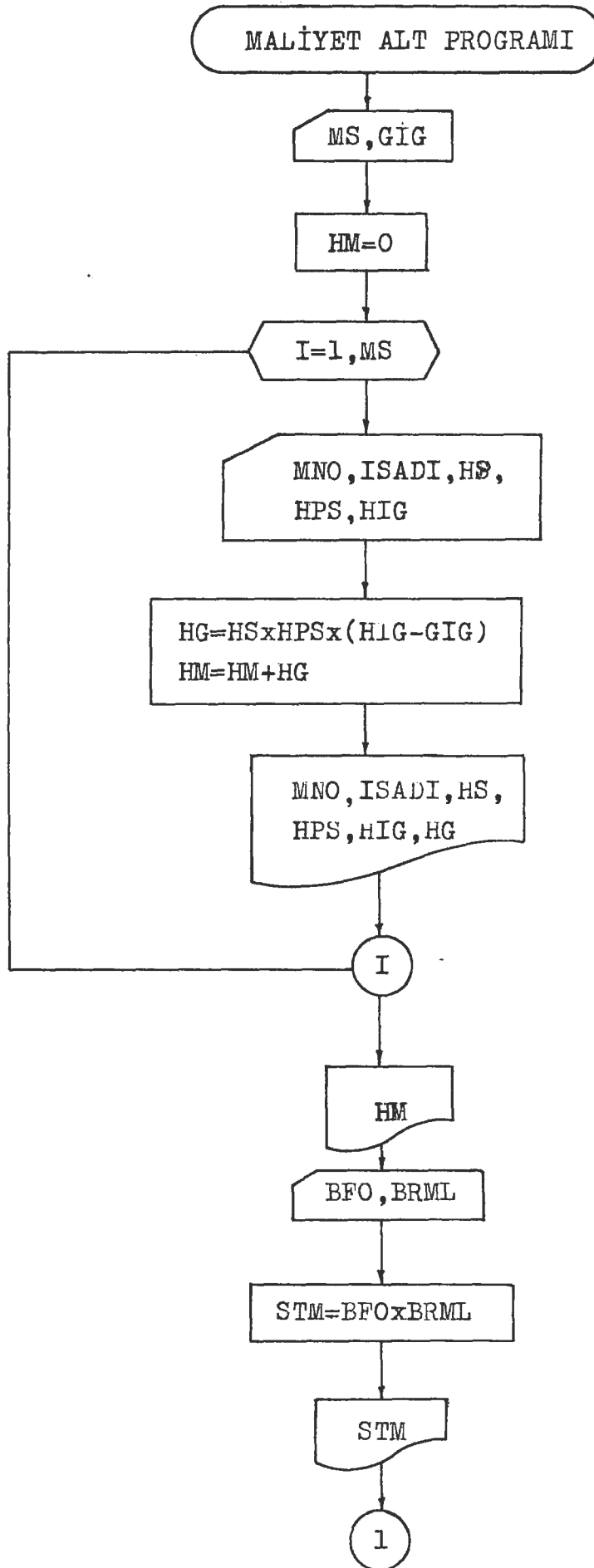


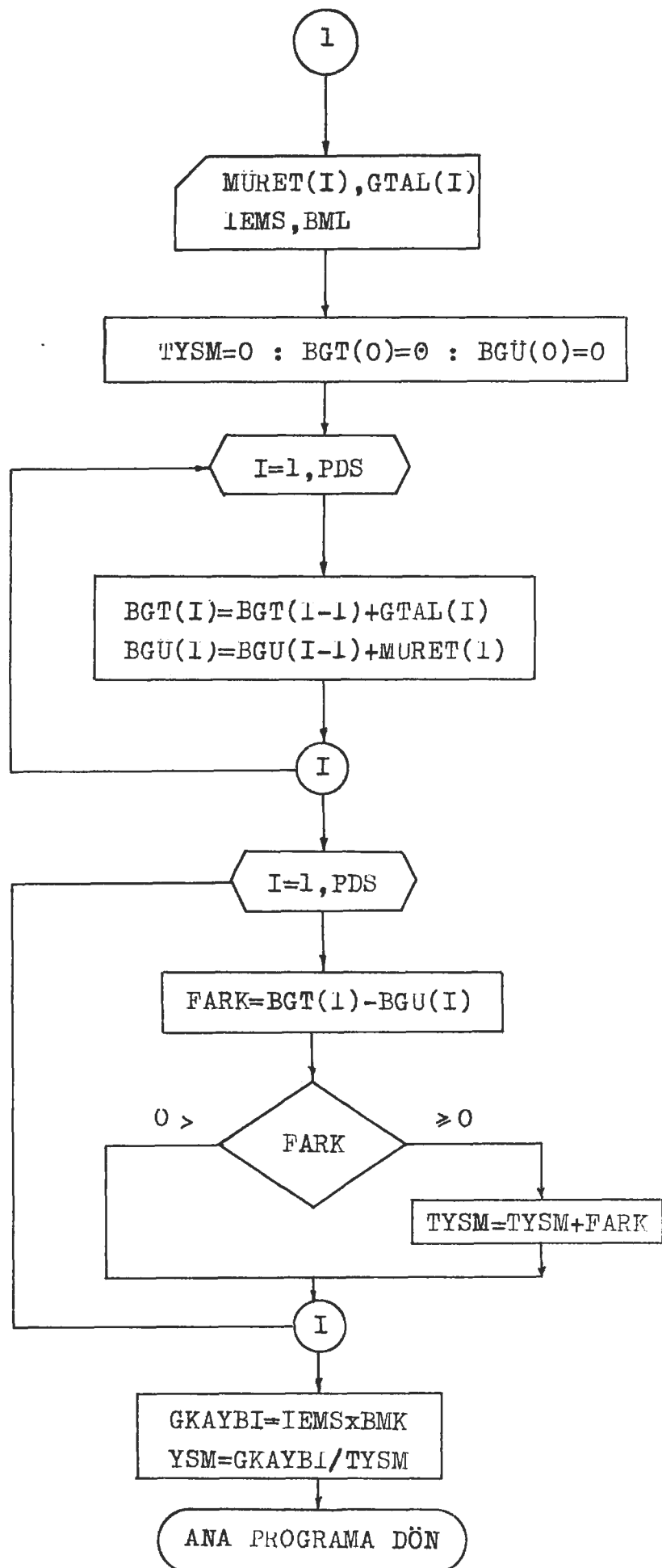


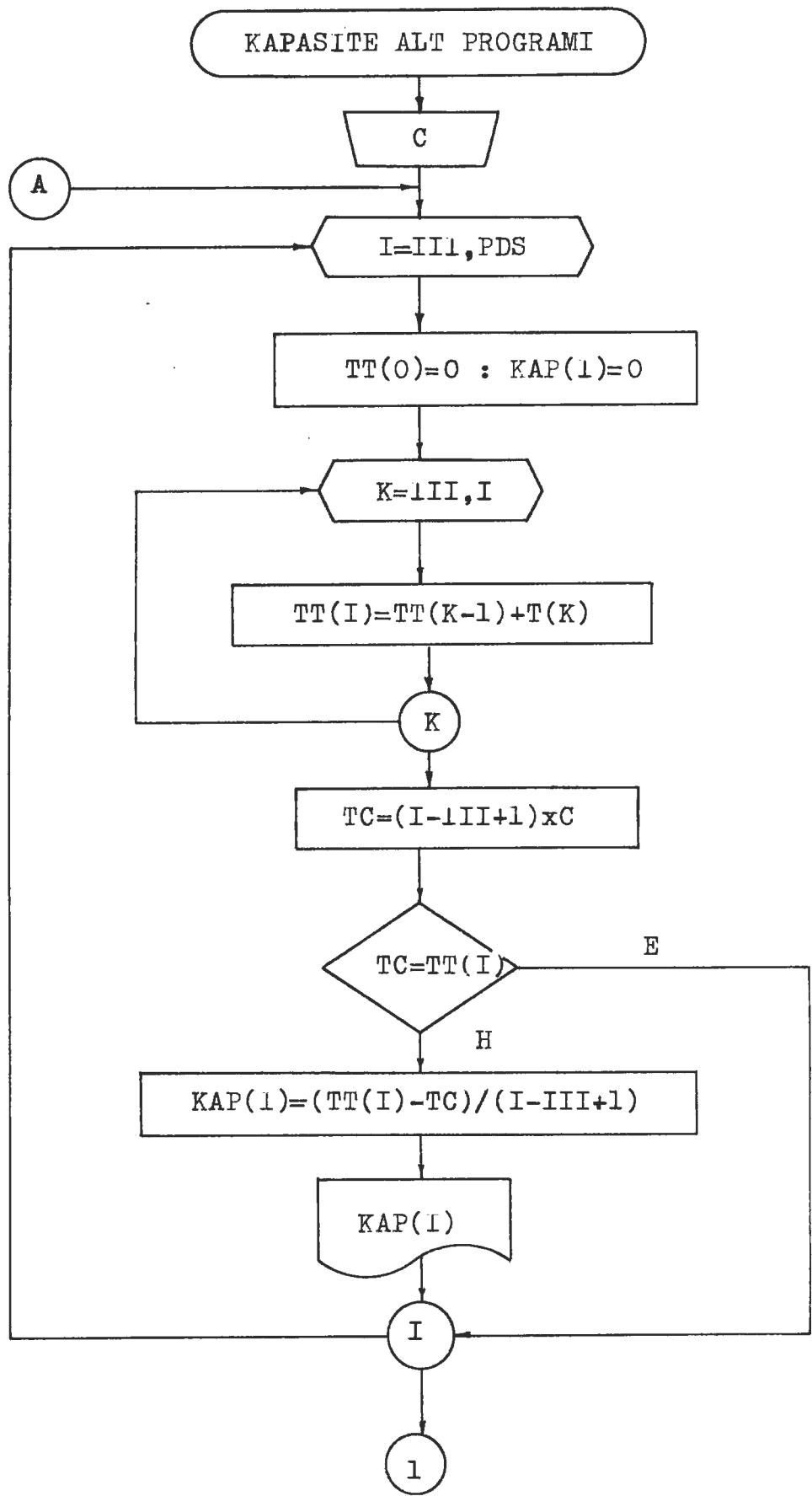


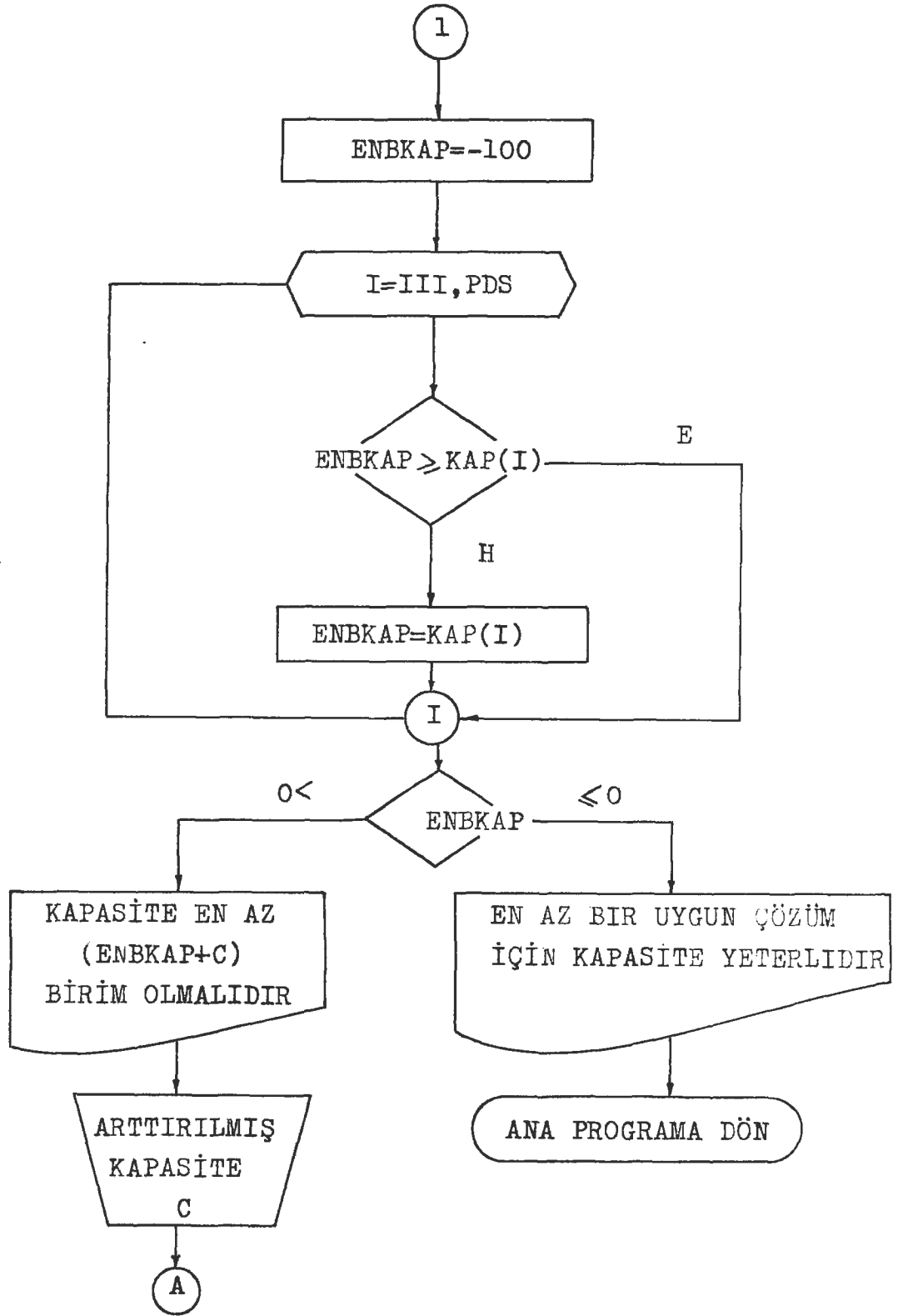


EK-III









EK-V

```

10 EXTEND
20 OPEN "PR:" AS FILE 1 : : #1 CHR$(30,29)
30 : #1
40 : #1 "BU PROGRAM , KAPASITE KISITI ALTINDA ENIYI URETIM CIZELGESININ";
50 : #1 " BELIRLENMESINE ILISKIN CALISMALARI ICKERMEKTEDIR."
60 : #1 " PROGRAMIN IGERIGI;"
70 : #1 " 1.MAMUL TALEP KESTIRIMI,"
80 : #1 " 2.KAPASITE YETERLILIK SINAMASI,"
90 : #1 " 3.MALİYET PARAMETRELERININ BELIRLENMESI,"
100 : #1 " 4.KAPASITE KISITI ALTINDA ENIYI COZUM CIZELGESININ BULUNMASI,"
110 : #1 " 5.PLANLARIN GUNLENMESI VE"
120 : #1 " 6.MEVcut UYGULAMA ILE KARSILASTIRMADIR."
130 : #1
140 : #1
150 DIM Du$(3),Tt$(12),X$(12,13),Mm(12,13),D$(25),Um$(12,25),Dmm(12),Dtm(12),Dst$(12),Uml(12)
160 DIM T$(12),F(12),Mal(12,25),Durum$(12),Uretim$(12,25)
170 DIM Tal(84),H1(100),H2(100),Hata(4),Btaleo(4,12),Stok$(15),Stokmal(12),Urmal(15),Topmal(12)
180 DIM S21(100),S22(100),Ttah(100),S1(100),Urmik$(15)
190 DIM Kap(12),Stal$(12),Ysmik$(13),Ysmal(12),Stokmik$(20)
200 DIM Muret$(12),Nuret$(12),Bgt$(12),Bgu$(12),Hs(12)
210 : #1 " TALEP DEGERLERININ KESTIRILMESI"
220 : #1
230 : #1
240 ! VERILERIN OKUTTURULMASI
250 READ Ds,Pds,Kys,Hdsi,Udds,Alfa,Btvy
260 ! GOTO 236
270 : #1 "TALEBI MEVCUT DONEM SAYISI.....=";Ds
280 : #1 "PLANLAMA DONEMI SAYISI.....=";Pds
290 : #1 "KESTIRIM YONTEM SAYISI.....=";Kys
300 : #1
310 : #1 "Hareketli Ortalamaya Alinacak Donem Sayisi=";Hdsi
320 : #1 "Ussel Duzeltmeye Alinacak Donem Sayisi....=";Udds
330 : #1 "Alfa Degeri.....=";Alfa
340 : #1
350 FOR I=1 TO Ds
360 READ Tal(I)
370 NEXT I
380 ! : #1 " YILLARA GORE TALEP VERILERI TABLOSU "
390 ! : #1 "
400 ! : #1 " AYLAR";
410 GOTO 610
420 FOR I=1 TO Ds/Pds
430 : #1 USING " #### Btvy+I-1;
440 NEXT I
450 : #1
460 : #1 " ";
470 FOR I=1 TO (Ds/Pds+1)
480 : #1 " -----";
490 NEXT I
500 : #1

```

```

510 FOR I=1 TO Pds
520   : #1 USING "          ##" I;
530   FOR K=1 TO Ds/Pds
540     : #1 USING "    ####";Tal(I+(K-1)*Pds);
550   NEXT K
560   : #1
570 NEXT I
580 : #1 "-----"
590 : #1
600 : #1
610 StokX(0)=0 : YsmikX(0)=0
620 FOR Iii%=1 TO Pds
630   ! III.DONEMDE , III.DONEMDEN PDS. DONEME KADAR URETIM PLANININ CIKARTILMASI
640   IF Iii%>1 THEN GOTO 730
650   ! KESTIRIM ICIN 4 YONTEM SUNULMUSTUR.
660   : #1 "      HAZIRLANAN KESTIRIM YONTEMLERI"
670   : #1 "      _____"
680   : #1 "      1.HAREKETLI ORTALAMALAR YONTEMI-SABIT TREND "
690   : #1 "      2.HAREKETLI ORTALAMALAR YONTEMI-DOGRUSAL TREND "
700   : #1 "      3.USSEL DUZELTME YONTEMI-SABIT TREND "
710   : #1 "      4.USSEL DUZELTME YONTEMI-DOGRUSAL TREND "
720   ! HAREKETLI ORTALAMAL YONTEMI - SABIT TREND
730   GOSUB 6060
740   ! HAREKETLI ORTALAMAL YONTEMI - DOGRUSAL TREND
750   GOSUB 6330
760   ! USSEL DUZELTME YONTEMI - SABIT TREND
770   GOSUB 6560
780   ! USSEL DUZELTME YONTEMI - DOGRUSALY TREND
790   GOSUB 6780
800   ! KESTIRILMIS TALEP DEGERLERININ YAZDIRILMASI
810   ! GOTO 595
820   : #1
830   : #1
840   : #1 "      YONTEMLERE GORE TALEP KESTIRIM DEGERLERI"
850   : #1 "      _____"
860   : #1 "
870   : #1 "YONTEM  P L A N L A M A      D E V R E L E R I      HATALAR"
880   : #1 "      ";                                     KARESİ"
890   FOR I=1 TO Pds
900     : #1 USING "    ##" I;
910   NEXT I
920   : #1 "      ORTALAMASI"
930   : #1 "-----";
940   FOR I=1 TO Pds
950     : #1 "      -----";
960   NEXT I
970   : #1 "      _____"
980   FOR K4=1 TO Kys
990     : #1 USING "    # " ;K4;
1000    IF Iii%=1 THEN GOTO 1050

```

```

1010 FOR K=1 TO Iii%-1
1020   Btalep(K4,K)=Tal(Ds+K)
1030   : #1 USING " ####" Btalep(K4,K);
1040 NEXT K
1050 FOR I=Iii% TO Pds
1060   : #1 USING " ####" Btalep(K4,I);
1070 NEXT I
1080 : #1 USING " #####" Hata(K4)
1090 : #1
1100 NEXT K4
1110 INPUT "SECTIGINIZ YONTEM=";Sy
1120 : #1
1130 : #1 Sy;".YONTEM SECILMISTIR."
1140 : #1
1150 : #1 "      SECILEN YONTEME GORE TALEP DEGERLERI"
1160 : #1 "      ";
1170 FOR I=1 TO Pds
1180   : #1 USING "  ##" I;
1190 NEXT I
1200 : #1
1210 : #1 "      ";
1220 FOR I=1 TO Pds
1230   : #1 " ——";
1240 NEXT I
1250 : #1
1260 : #1 "      ";
1270 FOR I%=1 TO Pds
1280   T%(I%)=Btalep(Sy,I%)
1290   : #1 USING " ####" T%(I%);
1300 NEXT I%
1310 : #1
1320 : #1
1330 : #1
1340 ! III.TALEP DEGERININ GUNLENMESI
1350 T%(Iii%)=T%(Iii%)+Ysmik%(Iii%)-Stokmik%(Iii%-1)
1360 : #1 Iii%;".DEVRE NET TALEBI=";T%(Iii%)
1370 : #1
1380 : #1
1390 : #1 "      KAPASITE YETERLILIK SINAMASI"
1400 IF Iii%>1 THEN GOTO 1430
1410 INPUT "URETIM KAPASITESI=";Cx
1420 : #1
1430 : #1 "URETIM KAPASITESI=";Cx;"ADET/DEVRE"
1440 : #1
1450 FOR I%=Iii% TO Pds
1460   Tt%(0)=0
1470   Kao(I%)=0
1480   FOR K%=Iii% TO I%
1490     Tt%(I%)=Tt%(K%-1)+T%(K%)
1500   NEXT K%

```

```

1510 IF (IX-IiiX+1)*CX)=TtX(IX) THEN GOTO 1550
1520 ! KAPASITE YETERLI DEGILDIR..
1530 Kao(IX)=(TtX(IX)-(IX-IiiX+1)*CX)/(IX-IiiX+1)
1540 ; #1 IX;"DONEM KAPASITESI EN AZ ";Kao(IX);"ADET OLMALIDIR.."
1550 NEXT IX
1560 ; #1
1570 Enbkao=-100
1580 FOR IX=IiiX TO Pds
1590 IF Enbkao=Kao(IX) THEN GOTO 1610
1600 Enbkao=Kao(IX)
1610 NEXT IX
1620 IF Enbkao=0 THEN GOTO 1660
1630 ; #1 "EN AZ BIR UYGUN COZUM ICIN , KAPASITE ";(Enbkao+CX);"BIRIM OLMALIDIR"
1640 INPUT " ARTTIRILMIS URETIM KAPASITESI=";CX
1650 GOTO 1430
1660 ; #1 " EN AZ BIR UYGUN COZUM ICIN KAPASITE YETERLIDIR."
1670 ; #1
1680 ; #1
1690 IF IiiX>1 THEN GOTO 1710
1700 GOSUB 5150
1710 GOSUB 2720
1720 ! III.DONEM TALEBININ GUNLENMESI
1730 INPUT "DONEM GERCEK TALEBI="StalX(IiiX)
1740 ; #1
1750 ; #1 IiiX;"DONEM GERCEK TALEBI=" StalX(IiiX)
1760 ! STOK TASIMA VEYA YOK SATMA MIKTARLARININ BELIRLENMESI
1770 NuretX(IiiX)=UrmikX(IiiX)-YsmikX(IiiX)
1780 IF StalX(IiiX)>NuretX(IiiX) THEN GOTO 1800
1790 GOTO 1850
1800 ! TALEBIN TAMAMI KARSILANAMISTIR...
1810 YsmikX(IiiX+1)=StalX(IiiX)-NuretX(IiiX)
1820 Ysmal(IiiX)=YsmikX(IiiX)*Ysm
1830 StokmikX(IiiX)=0 : StokmalX(IiiX)=0
1840 GOTO 1890
1850 ! TALEP KARSILANMIS , STOK TASIMA MIKTARI ILE KARSILASILMISTIR...
1860 StokmikX(IiiX)=NuretX(IiiX)-StalX(IiiX)
1870 Stokmal(IiiX)=StokmikX(IiiX)*Stm
1880 ! YsmikX(IiiX)=0 : Ysmal(IiiX)=0
1890 ; #1 USING "
1900 ; #1 USING "
1910 ; #1 USING "
1920 ; #1 USING "##.DEVRE URETIM MIKTARI
1930 ; #1 USING "##.DEVREDEN GELEN STOK MIKTARI
1940 ; #1 USING "##.DEVRE YOK SATMA MIKTARI
1950 IF UrmikX(IiiX)=0 THEN GOTO 1980
1960 Urmal(IiiX)=Hm
1970 GOTO 1990
1980 Urmal(IiiX)=0
1990 Topmal(IiiX)=Urmal(IiiX)+Stokmal(IiiX)+Ysmal(IiiX)
2000 IF IiiX=Pds THEN GOTO 2030

```

##.DEVRE GERCEK TALEBI	====" IiiX,StalX(IiiX)
##.DEVRE STOK MIKTARI	====" IiiX,StokmikX(IiiX)
##.DEVRE YOKSATMA MIKTARI	====" IiiX,YsmikX(IiiX)
	====" IiiX,UrmikX(IiiX)
	====" IiiX-1,StokmikX(IiiX-1)
	====" IiiX+1,YsmikX(IiiX+1)

```

2010 Tai(Ds+Iii%)=Stal*(Iii%)
2020 NEXT Iii%
2030 : #1 " GUNLEMELI PLANLAMA TAMAMLANMISTIR....."
2040 : #1
2050 : #1 ".....GUNLEMELI PLANLAMA SONUCLARI....."
2060 : #1
2070 : #1 "
                STOK      YOK      STOK      YOK      "
2080 : #1 "      DONEM DONEM  TASIMA SATMA HAZIRLIK TASIMA SATMA DONEM"
2090 : #1 " DONEM URETIMI TALEBI MIKTARI MIKTARI MALIYETI MALIYETI MALIYETI MALIYETI"
2100 : #1 " *****"
2110 Tml=0 : Tur=0 : Tgtal=0
2120 FOR I%=1 TO Pds
2130 Tml=Tml+Topml(I%)
2140 Tur=Tur+Urmik%(I%)
2150 Tgtal=Tgtal+Stal*(I%)
2160 : #1 USING " ## ### ## " I%,Urmik%(I%),Stal*(I%),Stokmik%(I%),Ysmik%(I%);
2170 : #1 USING "#####.## #####.## #####.## #####.##" Urmal(I%),Stokmal(I%),Ysmal(I%),Topmal(I%)
2180 : #1 USING " #####.##" Tml
2190 NEXT I%
2200 : #1
2210 ! PLANLAMA DEVRESI SONU STOK DURUMU.....
2220 IF Tur)=Tgtal THEN GOTO 2260
2230 Dysmik=Tgtal-Tur
2240 : #1 "DONEM SONU KARSILANAMAYAN TALEP=";Dysmik
2250 GOTO 2280
2260 Dsmik=Tur-Tgtal
2270 : #1 "DONEM SONU STOK DEVIR MIKTARI =" ;Dsmik
2280 ! MAMUL BIRIM MALIYETI
2290 Obml=Tml/Tur
2300 : #1 " GUNLEMELI PLANLAMA SONUCU BIRIM MALIYET=";Obml
2310 : #1
2320 : #1
2330 ! MEVCUT SISTEMDEKI URETİM VE STOK SURECI
2340 FOR I%=1 TO Pds
2350 READ Hs(I%)
2360 NEXT I%
2370 Tml=0 : Tur=0 : Tgtal=0
2380 : #1 "
                STOK      YOK      STOK      YOK      "
2390 : #1 "      DONEM DONEM  TASIMA SATMA HAZIRLIK TASIMA SATMA DONEM"
2400 : #1 " DONEM URETIMI TALEBI MIKTARI MIKTARI MALIYETI MALIYETI MALIYETI MALIYETI"
2410 : #1 " *****"
2420 Skm%=0 : Stmik%=0
2430 FOR I%=1 TO Pds
2440 Nurt%=Murex%(I%)-Skm%
2450 Skmal=Skm%*Stm
2460 IF Nurt)=Stal*(I%) THEN GOTO 2500
2470 Smik%=Stal*(I%)-Nurt%
2480 Stmik%=0 : Stmal=0
2490 GOTO 2530
2500 Stmik%=Nurt%-Stal*(I%)

```

```

2510 Smik%=0
2520 Stmal=Smik%*Stm
2530 Urmal=Hs(I%)*Hm
2540 Tsmal=Urmal+Stmal+Skmal
2550 Tpm1=Tpm1+Tsmal
2560 Tur=Tur+Muretx%(I%)
2570 Tgtal=Tgtal-Stal%(I%)
2580 : #1 USING "   ##   ##   ##   ##   ##   " I%,Muretx%(I%),Stal%(I%),Etnik%,Skml%;
2590 : #1 USING "#####.## #####.## #####.## #####.##" Urmal,Stmal,Skmal,Tpmal
2600 : #1 USING "   #####.##.##" Tpm1
2610 Skm%=Smik%
2620 NEXT I%
2630 IF Tur)=Tgtal THEN GOTO 2670
2640 Dysmik=Tgtal-Tur
2650 : #1 "PLANLAMA DEVRESI SONU KARSILANAMAYAN TALEP=";Dysmik
2660 GOTO 2690
2670 Dsmik=Tur-Tgtal
2680 : #1 "PLANLAMA DEVRESI SONU STIK MIKTARI           =" ;Dsmik
2690 Mbm1=Tpm1/Tur
2700 : #1 " MEVCUT UYGULAMANIN BIRIM MALİYETI=" ;%bm1
2710 END
2720 Nx=3
2730 F(Ii%-1)=0
2740 FOR Ii%=Ii% TO Pds
2750   GOTO 2800
2760   : #1 "           STOK           STOK           "
2770   : #1 "           DONEM DONEM TASIMA HAZIRLIK TASIMA DONEM"
2780   : #1 " DONEM URETIMI TALEBI MIKTARI MALİYETI MALİYETI MALİYET"
2790   : #1 " ***** ***** ***** ***** ***** *****"
2800   FOR Jj%=Ii% TO Ii%
2810     Tt%(Jj%-1)=0 : T2%=0
2820     FOR K%=Jj% TO Ii%
2830       Tt%(K%)=Tt%(K%-1)+Tx%(K%)
2840       T2%=T2%+Tx%(K%)
2850       ! JJ'DEN II'YA KADAR URETİM PROGRAMI İCİN KAPASİTE YETERLİLİK SINAMASI
2860       IF (K%-Jj%+1)*Cx%=T2% THEN GOTO 2920
2870       ! JJ.DONEM İCİN KAPASİTE YETERLİ DEĞİLDİR
2880       ! : #1 Jj%;".DONEM BİRİKİMLİ TALEBİ =" ;T2%
2890       ! : #1 Jj%;".DONEM BİRİKİMLİ KAPASİTE=" ;(K%-Jj%+1)*Cx%
2900       ! : #1 "OLDUĞUNDAN ÇOZUK UYGUN DEĞİLDİR"
2910       Mal(Ii%,Jj%)=1.E+07
2920     NEXT K%
2930     X%(Jj%-1,1)=0 : Mm(Jj%-1,1)=0 : D%(Jj%-1)=1
2940     IF T2%<Cx% THEN GOTO 2970
2950     EX=MOD(T2%,Cx%)
2960     GOTO 2980
2970     Sx%=T2%
2980     Dm1(1)=0
2990     Du%(2)=EX
3000     Du%(3)=Cx%

```

```

3010 REM DONEYLER ICIN DURUM TESPITI
3020 NO TRACE
3030 FOR J%=Ij% TO Ij%
3040 K1%=0
3050 IF Tt%(J%)=(Du%(1) THEN GOTO 3070
3060 GOTO 3090
3070 K1%=K1%+1
3080 X%(J%,K1%)=Du%(1)
3090 FOR I%=Ii1% TO I%
3100 X1%=(I%-Ii1%)*Du%(3)+Du%(2)
3110 IF Tt%(J%)=(X1% AND X1%=(T2% THEN GOTO 3130
3120 GOTO 3150
3130 K1%=K1%+1
3140 X%(J%,K1%)=X1%
3150 X1%=(I%-Ii1%)*Du%(3)
3160 IF Tt%(J%)=(X1% AND X1%=(T2% THEN GOTO 3180
3170 GOTO 3200
3180 K1%=K1%+1
3190 X%(J%,K1%)=X1%
3200 NEXT I%
3210 D%(J%)=K1%
3220 REM DURUM MALİYETLERİNİN BELİRLENMESİ
3230 FOR K%=1 TO D%(J%)
3240 Min=1.E+07
3250 FOR M%=1 TO D%(J%-1)
3260 FOR Nn%=1 TO N%
3270 IF X%(J%,K%)=X%(J%-1,M%)+Du%(Nn%) THEN GOTO 3290
3280 GOTO 3400
3290 IF Du%(Nn%)=0 THEN GOTO 3340
3300 St%=X%(J%,K%)-Tt%(J%)
3310 M1=Hm+St%*Stm
3320 Tm=Mm(J%-1,M%)+M1
3330 GOTO 3370
3340 St%=X%(J%,K%)-Tt%(J%)
3350 M1=St%*Stm
3360 Tm=Mm(J%-1,M%)+M1
3370 IF Tm=Min THEN GOTO 3390
3380 GOTO 3400
3390 Min=Tm
3400 NEXT Nn%
3410 NEXT M%
3420 Mm(J%,K%)=Min
3430 NEXT K%
3440 NEXT J%
3450 REM MIN MALİYETİ VEREN PROGRAMIN BELİRLENMESİ
3460 Km=Mm(Ii%,1) : Mal(Ii%,Jj%)=F(Jj%-1)+Mm(Ii%,1)
3470 FOR J%=Ii% TO Jj% STEP -1
3480 FOR K%=1 TO D%(J%)
3490 FOR M%=1 TO D%(J%-1)
3500 FOR Nn%=1 TO N%

```

```

3510 IF X%(J%,K%)=X%(J%-1,K%)+DuX(Nn%) THEN GOTO 3530
3520 GOTO 3700
3530 St%=X%(J%,K%)-Tt%(J%)
3540 IF DuX(Nn%)=0 THEN GOTO 3580
3550 Sm=Hm
3560 Mi=Hm+Stm*St%
3570 GOTO 3600
3580 Mi=St%*Stm
3590 Sm=0
3600 Tm=Mi+Pm(J%-1,K%)
3610 IF (Km-Tm)<.001 THEN GOTO 3630
3620 GOTO 3700
3630 Um%(Jj%,J%)=DuX(Nn%)
3640 Dmm(J%)=Mi
3650 Dst%(J%)=St%
3660 Dtm(J%)=Tm
3670 Uml(J%)=Sm
3680 Km=Km-Mi
3690 GOTO 3730
3700 NEXT Nn%
3710 NEXT K%
3720 NEXT J%
3730 NEXT J%
3740 GOTO 3820
3750 FOR Jj%=Jj% TO Iij%
3760   ; #1 USING "   ##   ###   ###   ###   " J%,Um%(Jj%,J%),T%(J%),Dst%(J%);
3770   ; #1 USING "#####.##   ##.##   #####.##" Uml(J%),Dst%(J%),Dmm(J%)
3780 NEXT Jj%
3790 ; #1
3800 ; #1 "-----"
3810 ; #1
3820 NEXT Jj%
3830 F(Ii%)=Mal(Ii%,Iii%)
3840 Durum%(Ii%)=Iii%-1
3850 Kk%=Iii%-1
3860 IF Ii%=Iii% THEN GOTO 3940
3870 FOR Jj%=Iii%+1 TO Ii%
3880   IF F(Ii%)=Mal(Ii%,Jj%) THEN GOTO 3900
3890   GOTO 3930
3900   F(Ii%)=Mal(Ii%,Jj%)
3910   Durum%(Ii%)=Jj%-1
3920   Kk%=Jj%-1
3930 NEXT Jj%
3940 FOR Ix%=Kk%+1 TO Ii%
3950   Uretim%(Ii%,Ix%)=Um%(Kk%+1,Ix%)
3960 NEXT Ix%
3970 NEXT Ii%
3980 Ii%=Pds
3990 FOR Ix%=Durum%(Ii%)+1 TO Ii%
4000   Urmik%(Ix%)=Uretim%(Ii%,Ix%)

```

```

4010 NEXT IX
4020 IIX=DURUMX(IX)
4030 IF IIX=(III%-1) THEN GOTO 4060
4040 GOTO 3990
4050 ; #1
4060 ; #1 "          F + M   DEGERLER TABLOSU"
4070 ; #1 "          J     JK"
4080 ; #1
4090 ; #1 "          P L A N L A M A   D E V R E L E R I (K)"
4100 ; #1 "          _____";
4110 ; #1 "          _____"
4120 ; #1 "          J     ";
4130 FOR I=III% TO Pds
4140 ; #1 USING "##" " I;
4150 NEXT I
4160 ; #1
4170 FOR IX=III% TO Pds
4180 ; #1 USING "  ##" (IX-1);
4190 ; #1 " ";
4200 FOR IS=1 TO (IX-III%)*9
4210 ; #1 " ";
4220 NEXT IS
4230 FOR JX=IX TO Pds
4240 ; #1 USING " #####.#" Mal(JX,IX);
4250 NEXT JX
4260 ; #1
4270 NEXT IX
4280 ; #1 "          _____";
4290 ; #1 "          _____"
4300 ; #1 "   Fk ";
4310 FOR IX=III% TO Pds
4320 ; #1 USING " #####.#" F(IX);
4330 NEXT IX
4340 ; #1
4350 ; #1 "          _____";
4360 ; #1 "          _____"
4370 ; #1 "   Jk     ";
4380 FOR IX=III% TO Pds
4390 ; #1 USING "##" " ;DurumX(IX);
4400 NEXT IX
4410 ; #1
4420 ; #1
4430 ; #1
4440 ; #1 "          WAGNER-WHITIN ALGORITMASI ILE EN YI COZUM PROGRAMI "
4450 ; #1
4460 ; #1 "          STOK          STOK          "
4470 ; #1 "          DONEM DONEM TASIMA HAZIRLIK TASIMA DONEM TOPLAM"
4480 ; #1 " DONEM URETIMI TALEBI MIKTARI MALIYETI MALIYETI MALIYET MALIYET"
4490 ; #1 " ***** ***** ***** ***** ***** ***** *****"
4500 StokX(III%-1)=0

```

```

4510 Tom1=0
4520 FOR IX=Iii% TO Pos
4530   Stok%(IX)=Urmik%(IX)+Stok%(IX-1)-TX(IX)
4540   Stokmal(IX)=Stok%(IX)*Stg
4550   IF Urmik%(IX)=0 THEN GOTO 4580
4560   Urmal(IX)=Hb
4570   GOTO 4590
4580   Urmal(IX)=0
4590   Toomal(IX)=Urmal(IX)+Stokmal(IX)
4600   Tom1=Tom1+Toomal(IX)
4610   ; #1 USING "   ##   ###   ###   ###   " IX,Urmik%(IX),TX(IX),Stok%(IX);
4620   ; #1 USING "#####.##   #####.##   #####.##   #####.##" Urmal(IX),Stokmal(IX),Toomal(IX),Tom1
4630 NEXT IX
4640 ! GOTO 4800
4650 ; #1
4660 ; #1 "      ENIYI COZUM SEBEKESI"
4670 ; #1
4680 ; #1
4690 ; #1 " DÖNEM";
4700 FOR I=Iii% TO Pds
4710   ; #1 USING "   ##" I;
4720 NEXT I
4730 ; #1
4740 ; #1
4750 ; #1 "URETIM";
4760 FOR IX=Iii% TO Pds
4770   ; #1 USING "   ###" Urmik%(IX);
4780 NEXT IX
4790 ; #1
4800 FOR J=1 TO 3
4810   ; #1 "      ";
4820   FOR I=Iii% TO Pds
4830     ; #1 "      I";
4840   NEXT I
4850   ; #1
4860 NEXT J
4870 ; #1 "      ";
4880 FOR IX=Iii% TO Pds
4890   ; #1 USING "##### V" Stok%(IX-1);
4900 NEXT IX
4910 ; #1
4920 ; #1 "      ";
4930 FOR I=Iii% TO Pds
4940   ; #1 "——>0";
4950 NEXT I
4960 ; #1
4970 FOR J=1 TO 3
4980   ; #1 "      ";
4990   FOR I=Iii% TO Pds
5000     ; #1 "      I";

```

```

5010 NEXT I
5020 : #1
5030 NEXT J
5040 : #1 " ";
5050 FOR I=I11% TO Pds
5060 : #1 " V";
5070 NEXT I
5080 : #1
5090 : #1 " ";
5100 FOR I%=I11% TO Pds
5110 : #1 USING "####" T%(I%);
5120 NEXT I%
5130 : #1
5140 RETURN
5150 : #1 " MALİYET PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ"
5160 : #1
5170 : #1
5180 : #1 "HAZIRLIK MALİYETİNİN BELİRLENMESİ"
5190 ! MAMULUN İŞLEM GÖRDÜĞÜ MAKİNA SAYISI
5200 READ Ms
5210 : #1
5220 ! GENEL İMALAT GİDERİ
5230 READ G1g
5240 : #1 " MAMULUN ÜRETİMİNDE KULLANILAN MAKİNALAR VE HAZIRLIK SÜRELERİ"
5250 : #1 "_____ "
5260 : #1 " HAZIRLIK HAZIRLIK HAZ. PERS. "
5270 : #1 " İŞLEM MAKİNA SÜRESİ PERSONEL İŞC. GİD. HAZIRLIK"
5280 : #1 " NO KODU İŞLEM ADI (SAAT) SAYISI (TL/SAAT) MALİYET!"
5290 : #1 " _____ "
5300 Hm=0
5310 FOR I=1 TO Ms
5320 READ Mno$, Isadi$, Hs, Hps, Hig
5330 Hg=Hs*Hps*(Hig+G1g)
5340 Hm=Hm+Hg
5350 : #1 USING " ## ";I;
5360 : #1 Mno$;" ";Isadi$;
5370 : #1 USING " ##.## ##.##.##.##.##" Hs,Hps,Hig,Hg
5380 NEXT I
5390 : #1 "_____ "
5400 : #1 USING " TOPLAM HAZIRLIK MALİYETİ..... ####.##" Hm
5410 : #1 "_____ "
5420 ! MAMUL STOK TUTMA MALİYETİNİN HESAPLANMASI
5430 READ Bfo, Brml
5440 Stm=Bfo*Brml
5450 : #1 "STOK TUTMA MALİYETİ=";Stm;"TL/BİRİM-AY"
5460 ! YOK SATMA MALİYETİNİN HESAPLANMASI
5470 ! GERÇEK TALEP VE ÜRETİM DEĞERLERİNİN OKUTTURULMASI
5480 FOR I%=1 TO Pds
5490 READ Muretx%(I%), Gtalx%(I%)
5500 NEXT I%

```

```

5510 ! IPTAL EDILEN MAMUL SAYISI
5520 READ Iems
5530 : #1
5540 ! BIRIM MAMUL KARI
5550 READ Bmk
5560 Tysm%=0 : Bgt%(0)=0 : Bgu%(0)=0
5570 FOR IX=1 TO Pds
5580   Bgt%(IX)=Bgt%(IX-1)+Ecal%(IX)
5590   Bgu%(IX)=Bgu%(IX-1)+Muret%(IX)
5600 NEXT IX
5610 FOR IX=1 TO Pds
5620   IF (Bgt%(IX)-Bgu%(IX))=0 THEN GOTO 5640
5630   GOTO 5650
5640   Tysm%=Tysm%+(Bgt%(IX)-Bgu%(IX))
5650 NEXT IX
5660 Gkaybi=Iems*Bmk
5670 Ysm=Gkaybi/Tysm%
5680 : #1 "YOK SATMA MALİYETI=";Ysm;"TL/BİRİM-AY"
5690 : #1
5700 : #1
5710 RETURN
5720 DATA 72,12,4,6,9,0.3,1978
5730 DATA 106,077,057,042,084,051,070,100,090,163,024,006
5740 DATA 150,087,032,071,098,137,089,152,130,161,095,050
5750 DATA 110,055,048,091,114,130,114,114,107,102,046
5760 DATA 083,158,170,203,081,171,048,161,095,221,099,058
5770 DATA 118,228,144,169,223,231,062,078,148,174,176,068
5780 DATA 143,279,211,215,280,290,082,191,182,282,210,129
5790 DATA 22,500
5800 DATA "GM1", "KESİM", "2.5,3,360"
5810 DATA "TS1", "KAYNAK ABZI ACMA", "0,0,0"
5820 DATA "M1", "KIVIRMA", ".5,1,350"
5830 DATA "TAK", "DIS KAYNAK", "0.3,1,210"
5840 DATA "KJ2", "IC KAYNAK", "0.3,1,240"
5850 DATA "TS3", "TASLAMA", "0,0,0"
5860 DATA "HP9", "ACMA", "2,2,210"
5870 DATA "V1", "PROFİLLEME 1", "0.75,2,320"
5880 DATA "V1", "PROFİLLEME 2", "0.75,2,320"
5890 DATA "EP4", "SUPAP DELİĞİ ACIMI", "0.4,1,210"
5900 DATA "GM2", "KESİM", "2.5,3,265"
5910 DATA "EP5", "KOŞE KESİMİ", "0.3,1,210"
5920 DATA "EP7", "PORYE KESİMİ", "0.75,1,210"
5930 DATA "HP10", "SEKİLLENDİRME", "2,2,300"
5940 DATA "EP8", "BİJON DELİĞİ ACIMI", "0.75,1,210"
5950 DATA "KONT1", "MONTAJ VE KONTROL", "0.75,1,310"
5960 DATA "KJ2", "KAYNAK", "0.3,1,210"
5970 DATA "T4", "TORNALAMA", "0,0,0"
5980 DATA "MT3", "HAVALAMA", "0.3,1,210"
5990 DATA "TS4", "TASLAMA", "0,0,0"
6000 DATA "KONT2", "KONTROL", "0.5,1,310"

```

```

6010 DATA "BDFP" : "120/4/4" : "1,2,3,2,1+0"
6020 DATA C.035,4000
6030 DATA 80,160,320,225,24,110,155,165,84,342,224,154,0,50,142,142,221,120,142,216,285,100,250,150
6040 DATA 200,1650
6050 DATA 1,3,1,1,1,2,0,1,2,1,2,2
6060 ! HAREKETLI ORTALAMALAR YONTEMI GAZET TREND
6070 Ht1=0 : Hkt1=0 : K1=Pos
6080 FOR Jk=1 TO (Hds1-1)
6090 H1(JK)=0
6100 NEXT JK
6110 Ht=0
6120 FOR Kj=1 TO Hds1
6130 Ht=Ht+Tal(Kj)
6140 NEXT Kj
6150 H1(Hds1)=Ht/Hds1
6160 ! : #1 "DÖNEM HRK. DEĞER H1(K-6) TAL(K) TAL(K-6)"
6170 ! : #1 "-----"
6180 FOR K2=Hds1+1 TO Ds+Iii%-1
6190 H1(K2)=H1(K2-1)+(Tal(K2)-Tal(K2-Hds1))/Hds1
6200 Ht1=Ht1+H1(K2-1)-Tal(K2)
6210 Hkt1=Hkt1+Ht1*Ht1
6220 NEXT K2
6230 Hata(1)=Hkt1/(Ds+Iii%-1-Hds1)
6240 ! TALEP DEĞERLERİNİN TURETİLMESİ
6250 FOR K3=Iii% TO K1
6260 Tal(Ds+K3)=H1(Ds+K3-1)
6270 H1(Ds+K3)=H1(Ds+K3-1)+(Tal(Ds+K3)-Tal(Ds+K3-Hds1+1))/Hds1
6280 Ht1=Ht1+H1(Ds+K3-1)-Tal(Ds+K3)
6290 Hkt1=Hkt1+Ht1*Ht1
6300 Btalp(1,K3)=H1(Ds+K3-1)
6310 NEXT K3
6320 RETURN
6330 ! HAREKETLI ORTALAMALAR YONTEMI DOĞRUSAL TREND
6340 Ht2=0 : Hkt2=0 : Hds2=2*Hds1-1 : Ht=0
6350 FOR I=1 TO Hds2-1
6360 H2(I)=0
6370 NEXT I
6380 FOR K=Hds1 TO Hds2
6390 Ht=Ht+H1(K)
6400 NEXT K
6410 H2(Hds2)=Ht/Hds1
6420 FOR K=Hds2+1 TO Ds+Iii%-1
6430 H2(K)=H2(K-1)+(H1(K)-H1(K-Hds1))/Hds1
6440 Btal=2*H1(K-1)-H2(K-1)+2*(H1(K-1)-H2(K-1))/(Hds1-1)
6450 Ht2=Ht2+(Btal-Tal(K))
6460 Hkt2=Hkt2+Ht2*Ht2
6470 NEXT K
6480 Hata(2)=Hkt2/(Ds+Iii%-1-Hds2)
6490 ! TALEP DEĞERLERİNİN TURETİLMESİ
6500 FOR K=Ds+Iii%-1 TO Ds+K1-1

```

```

6510 H2(K)=H2(K-1)+(Tal(K)-Tal(K-Pds))/Pds
6520 Tal(K+1)=2*H1(K)-H2(K)+2*(H1(K)-H2(K))/(Pds-1)
6530 Btaleo(2,K+1-Pds)=Tal(K+1)
6540 NEXT K
6550 RETURN
6560 ! USSEL DUZELTME YONTEMI-SABIT TREND
6570 Ht3=0 : Hkt3=0 : St=0
6580 FOR K=1 TO Udds-1
6590   S1(K)=0
6600 NEXT K
6610 FOR K=1 TO Udds
6620   St=St+Tal(K)
6630 NEXT K
6640 S1(Udds)=St/Udds
6650 FOR K=Udds+1 TO Ds+Iii%-1
6660   S1(K)=Alfa*Tal(K)+(1-Alfa)*S1(K-1)
6670   Ht3=Ht3+(Tal(K)-S1(K-1))
6680   Hkt3=Hkt3+Ht3*Ht3
6690 NEXT K
6700 Hata(3)=Hkt3/(Ds-Iii%-1-Udds)
6710 ! TALEP DEGERLERININ TURETILMESI
6720 FOR K=Iii% TO Pds
6730   Tal(Ds+K)=S1(Ds+K-1)
6740   S1(Ds+K)=Alfa*Tal(Ds+K)+(1-Alfa)*S1(Ds+K-1)
6750   Btaleo(3,K)=S1(Ds+K-1)
6760 NEXT K
6770 RETURN
6780 ! USSEL DUZELTME YONTEMI-DOGRUSAL TREND
6790 Ht4=0 : Hkt4=0 : Ttz=0 : Tztz=0
6800 ! A VE B PARAMETRELERININ BELIRLENMESI
6810 FOR K=1 TO Udds
6820   Ttz=Ttz+Tal(K)
6830   Tztz=Tztz+K*Tal(K)
6840 NEXT K
6850 Ap=(2*(2*Udds+1))/(Udds*(Udds-1))*Ttz-6/(Udds*(Udds-1))*Tztz
6860 Bp=(12*Ttz)/(Udds*(Udds*Udds-1))-(6*Ttz)/(Udds*(Udds-1))
6870 FOR I=1 TO Udds-1
6880   S21(I)=0 : S22(I)=0
6890 NEXT I
6900 S21(Udds)=Ap-(1-Alfa)*Bp/Alfa
6910 S22(Udds)=Ap-2*(1-Alfa)*Bp/Alfa
6920 FOR K=Udds+1 TO Ds+Iii%-1
6930   Ttah(K)=2*S21(K-1)-S22(K-1)+Alfa*(S21(K-1)-S22(K-1))/(1-Alfa)
6940   S21(K)=Alfa*Tal(K)+(1-Alfa)*S21(K-1)
6950   S22(K)=Alfa*S21(K)+(1-Alfa)*S22(K-1)
6960   Ht4=Ht4+Tal(K)-Ttah(K)
6970   Hkt4=Hkt4+Ht4*Ht4
6980 NEXT K
6990 Hata(4)=Hkt4/(Ds-Udds)
7000 ! TALEP DEGERLERININ TURETILMESI

```

```

7010 FOR K=I11X TO Pds
7020   Tal(Ds+K)=2*S21(Ds+K-1)-S22(Ds+K-1)+(Alfa/(1-Alfa))*(S21(Ds+K-1)-S22(Ds+K-1))
7030   S21(Ds+K)=Alfa*Tal(Ds+K)+(1-Alfa)*S21(Ds+K-1)
7040   S22(Ds+K)=Alfa*S21(Ds+K)+(1-Alfa)*S22(Ds+K-1)
7050   Btaeo(4,K)=Tal(Ds+K)
7060 NEXT K
7070 RETURN

```

EK-VI

BU PROGRAM , KAPASITE KISITI ALTINDA ENIYI URETİM DİZELGESİNİN BELİRLENMESİNE İLİSKİN ÇALIŞMALARI İÇERMEKTEDİR.
PROGRAMIN İÇERİĞİ:

- 1.MAMUL TALEP KESTİRİMİ.
- 2.KAPASITE YETERLİLİK SINAMASI,
- 3.MALİYET PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ,
- 4.KAPASITE KISITI ALTINDA ENIYI ÇÖZÜM DİZELGESİNİN BULUNMASI,
- 5.PLANLARIN GÜNLENMESİ VE
- 6.MEVCUT UYGULAMA İLE KARŞILAŞTIRMADIR.

TALEP DEĞERLERİNİN KESTİRİLMESİ

TALEBİ MEVCUT DÖNEM SAYISI.....= 72
PLANLAMA DÖNEMİ SAYISI.....= 12
KESTİRİM YÖNTEM SAYISI.....= 4

Hareketli Ortalamaya Alınacak Dönem Sayısı= 6
Ussel Düzeltmeye Alınacak Dönem Sayısı....= 9
Alfa Değeri.....= .3

HAZIRLANAN KESTİRİM YÖNTEMLERİ

- 1.HAREKETLİ ORTALAMALAR YÖNTEMİ-SABİT TREND
- 2.HAREKETLİ ORTALAMALAR YÖNTEMİ-DOĞRUSAL TREND
- 3.USSEL DÜZELTME YÖNTEMİ-SABİT TREND
- 4.USSEL DÜZELTME YÖNTEMİ-DOĞRUSAL TREND

YÖNTEMLERE GÖRE TALEP KESTİRİM DEĞERLERİ

YÖNTEM	P L A N L A M A												HATALAR KARESİ ORTALAMASI
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	179	177	177	159	151	154	150	145	140	137	135	132	77426
2	164	140	150	115	134	160	143	137	125	123	116	112	8377
3	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189	55182
4	173	168	163	158	152	147	142	137	132	127	122	117	4606

4 .YÖNTEM SEÇİLMİŞTİR.

SEÇİLEN YÖNTEME GÖRE TALEP DEĞERLERİ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
173	168	163	158	152	147	142	137	132	127	122	117

1 .DEVRE NET TALEBİ= 173

KAPASITE YETERLİLİK SINAMASI

ÜRETİM KAPASİTESİ= 200 ADET/DEVRE

EN AZ BİR UYGUN ÇÖZÜM İÇİN KAPASİTE YETERLİDİR.

MALİYET PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

HAZIRLIK MALİYETİNİN BELİRLENMESİ

MAMULÜN ÜRETİMİNDE KULLANILAN MAKİNALAR VE HAZIRLIK SÜRELERİ

İŞLEM NO	MAKİNA KODU	İŞLEM ADI	HAZIRLIK SÜRESİ (SAAT)	HAZIRLIK PERSONEL SAYISI	HAZ. PERS. İSC. GİD. (TL/SAAT)	HAZIRLIK MALİYETİ
1	GM1	KESİM	2.5	3	350.00	6450.00
2	TS1	KAYNAK AĞZI ACMA	0.0	0	0.00	0.00
3	M1	KIVIRMA	0.5	1	350.00	425.00
4	TAK	DIS KAYNAK	0.3	1	210.00	213.00
5	KJ2	İC KAYNAK	0.3	1	240.00	222.00
6	TS3	TASLAMA	0.0	0	0.00	0.00
7	HP9	ACMA	2.0	2	210.00	2840.00
8	V1	PROFİLLEME 1	0.8	2	320.00	1230.00
9	V1	PROFİLLEME 2	0.8	2	320.00	1230.00
10	EP4	SUPAP DELİĞİ ACIMI	0.4	1	210.00	284.00
11	GM2	KESİM	2.5	3	265.00	5737.50
12	EP5	KÖSE KESİMİ	0.3	1	210.00	213.00
13	EP7	PORJE KESİMİ	0.8	1	210.00	532.50
14	HP10	SEKİLENDİRME	2.0	2	300.00	3200.00
15	EP8	BIJON DELİĞİ ACIMI	0.8	1	210.00	532.50
16	KONT1	MONTAJ VE KONTROL	0.8	1	310.00	607.50
17	KJ2	KAYNAK	0.3	1	210.00	213.00
18	T4	TORNALAMA	0.0	0	0.00	0.00
19	MT3	HAVALAMA	0.3	1	210.00	213.00
20	TS4	TASLAMA	0.0	0	0.00	0.00
21	KONT2	KONTROL	0.5	1	310.00	405.00
22	BOYA	BOYAMA	0.3	2	240.00	444.00

TOPLAM HAZIRLIK MALİYETİ..... 24992.00

STOK TUTMA MALİYETİ= 142.8 TL/BİRİM-AY

YAK. SAKLAMA MALİYETİ= 142.8 TL/BİRİM-AY

1. DEVRE GELEN TALEP= 100

1. DEVRE GELEN TALEP = 100

2. DEVRE GELEN TALEP = 0

3. DEVRE GELEN TALEP = 0

1. DEVRE NET TALEP = 100

2. DEVRE NET TALEP = 0

3. DEVRE NET TALEP = 0

YONTEMLERE GORE TALEP DEGERLERI

YONTEM	P L A N L A M A						D E V R E L E R I						KATILAR KARESİ ORTALAMASI
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	100	195	198	184	180	188	189	188	187	187	188	188	79162
2	100	156	169	139	162	193	181	179	169	170	166	165	8323
3	100	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	58395
4	100	172	168	163	159	155	150	146	142	137	133	128	4655

4. YONTEM SECILMISTIR.

SECILEN YONTEME GORE TALEP DEGERLERI

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
100	172	168	163	159	155	150	146	142	137	133	128

2. DEVRE NET TALEP= 179

KAPASITE YETERLİLİK SINAMASI

URETİM KAPASİTESİ= 200 ADET/DEVRE

EN AZ BİR UYGUN COZUM ICIN KAPASITE YETERLİDİR.

F + M DEGERLER TABLOSU

J Jk

P L A N L A M A D E V R E L E R I (K)

J	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	24992.0	55124.8	93091.2	140115.2	197176.0	214801.6	242241.6	312766.4	348017.6	356600.0	416851.2
2		49984.0	82809.6	124592.8	176612.8	203660.8	231960.0	280208.0	333841.6	343388.8	405100.8
3			74976.0	109225.6	153112.0	208214.4	224126.4	265702.4	317195.2	338492.8	392860.8
4				99968.0	124992.8	181041.6	239328.4	250587.2	290022.4	341942.4	393840.0
5					124960.0	160968.0	209216.0	240550.4	269948.8	311832.0	343656.0
6						149952.0	187184.0	237635.2	258932.8	289800.0	355918.4
7							174944.0	213155.2	265564.8	277560.0	336824.0
8								199936.0	239126.4	293739.2	310385.6
9									224928.0	265342.4	296187.2
10										249920.0	291313.6
11											274912.0
Fk	24992.0	49984.0	74976.0	99968.0	124960.0	149952.0	174944.0	199936.0	224928.0	249920.0	274912.0
Jk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

WAGNER-WHITIN ALGORITMASI ILE EN İYİ ÇÖZÜM PROGRAMI

DONEM	DONEM	STOK	STOK	DONEM	TOPLAM
URETİMİ	TALEBİ	TASIMA	HAZIRLIK	TASIMA	MALİYET
*****	*****	*****	*****	*****	*****
2	179	179	0	24992.00	0.00 24992.00 24992.00
3	168	168	0	24992.00	0.00 24992.00 49984.00
4	163	163	0	24992.00	0.00 24992.00 74976.00
5	159	159	0	24992.00	0.00 24992.00 99968.00
6	155	155	0	24992.00	0.00 24992.00 124960.00
7	150	150	0	24992.00	0.00 24992.00 149952.00
8	146	146	0	24992.00	0.00 24992.00 174944.00
9	142	142	0	24992.00	0.00 24992.00 199936.00
10	137	137	0	24992.00	0.00 24992.00 224928.00
11	133	133	0	24992.00	0.00 24992.00 249920.00
12	128	128	0	24992.00	0.00 24992.00 274912.00

ENİYİ ÇÖZÜM SEBEKESİ

DONEM	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
URETİM	179	168	163	159	155	150	146	142	137	133	128
	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
	179	168	163	159	155	150	146	142	137	133	128

2 .DÖNEM GERÇEK TALEBİ= 229

2.DEVRE GERÇEK TALEBİ = 229

2.DEVRE STOK MİKTARI = 0

2.DEVRE YOKSATMA MİKTARI = 7

2.DEVRE ÜRETİM MİKTARI = 179

1.DEVREDEN GELEN STOK MİKTARI = 0

3.DEVRE YOK SATMA MİKTARI = 57

YÖNTEMLERE GÖRE TALEP KESTİRİM DEĞERLERİ

YÖNTEM	P L A N L A M A						D E V R E L E R İ						HATALAR KARESİ ORTALAMASI
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	180	229	202	189	185	194	197	192	190	190	191	190	81295
2	180	229	192	158	178	208	195	179	186	188	183	180	8204
3	180	229	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	62283
4	180	229	202	203	203	204	205	206	207	207	208	209	4655

4 .YÖNTEM SEÇİLMİŞTİR.

SEÇİLEN YÖNTEME GÖRE TALEP DEĞERLERİ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
180	229	202	203	203	204	205	206	207	207	208	209

3 .DEVRE NET TALEBİ= 259

KAPASİTE YETERLİLİK SINAMASI

ÜRETİM KAPASİTESİ= 200 ADET/DEVRE

3 .DÖNEM KAPASİTESİ EN AZ 59 ADET OLMALIDIR..

4 .DÖNEM KAPASİTESİ EN AZ 31 ADET OLMALIDIR..

5 .DÖNEM KAPASİTESİ EN AZ 21.6667 ADET OLMALIDIR..

6 .DÖNEM KAPASİTESİ EN AZ 17.25 ADET OLMALIDIR..

7 .DÖNEM KAPASİTESİ EN AZ 14.8 ADET OLMALIDIR..

8 .DÖNEM KAPASİTESİ EN AZ 13.3333 ADET OLMALIDIR..

9 .DÖNEM KAPASİTESİ EN AZ 12.4286 ADET OLMALIDIR..

10 .DÖNEM KAPASİTESİ EN AZ 11.75 ADET OLMALIDIR..

11 .DÖNEM KAPASİTESİ EN AZ 11.3333 ADET OLMALIDIR..

12 .DÖNEM KAPASİTESİ EN AZ 11.1 ADET OLMALIDIR..

EN AZ BİR UYGUN ÇÖZÜM İÇİN , KAPASİTE 259 BİRİM OLMALIDIR

ÜRETİM KAPASİTESİ= 260 ADET/DEVRE

EN AZ BİR UYGUN ÇÖZÜM İÇİN KAPASİTE YETERLİDİR.

3 .DEVRE GERDEM TALESİ= 115

3.DEVRE GERDEM TALES. = 115

3.DEVRE STOK MİKTARI = 67

3.DEVRE YOKSATMA MİKTARI = 57

3.DEVRE ÜRETİM MİKTARI = 253

2.DEVREDEN GELEN STOK MİKTARI = 0

4.DEVRE YOK SATMA MİKTARI = 0

11 .DEVRE GERCEK TALEBI= 105

11.DEVRE GERCEK TALEBI = 105
 11.DEVRE STOK MIKTARI = 58
 11.DEVRE YOKSATMA MIKTARI = 106

11.DEVRE URETİM MIKTARI = 269
 10.DEVREDEN GELEN STOK MIKTARI = 0
 12.DEVRE YOK SATMA MIKTARI = 0

4 .YÖNTEM SEÇİLMİŞTİR.

SEÇİLEN YÖNTEME GÖRE TALEP DEĞERLERİ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
173	172	202	151	165	267	211	116	120	110	163	128

12 .DEVRE NET TALEBI= 70

KAPASİTE YETERLİLİK SINAYI
 ÜRETİM KAPASİTESİ= 310 ADET/DEVRE

EN AZ BİR UYGUN ÇÖZÜM İÇİN KAPASİTE YETERLİDİR.

F + K DEĞERLER TABLOSU

1 JK

P L A N L A M A D E V R E L E R İ (K)

J	12
11	24992.0
FK	24992.0
JK	11

WAGNER-WHITIN ALGORİTASI İLE EN İYİ ÇÖZÜM PROGRAMI

DÖNEM	DÖNEM	STOK	STOK	DÖNEM	TOPLAM
DÖNEM	ÜRETİMİ	TALEBİ	MIKTARI	TAZİMA	HAZIRLIK
*****	*****	*****	*****	*****	*****
12	70	70	0	24992.00	0.00
				24992.00	24992.00

EN İYİ ÇÖZÜM SEÇİLMİŞTİR

12. DEVRE GERÇEK TALEBİ = 153

12. DEVRE STOK MİKTARI = 0

12. DEVRE YUKSATMA MİKTARI = 0

12. DEVRE YUKSATMA MİKTARI = 0

12. DEVRE GERÇEK TALEBİ = 153

12. DEVRE GERÇEK TALEBİ = 153

12. DEVRE STOK MİKTARI = 0

12. DEVRE YUKSATMA MİKTARI = 0

12. DEVRE YUKSATMA MİKTARI = 0

12. DEVRE YUKSATMA MİKTARI = 0

12. DEVRE YUKSATMA MİKTARI = 0

12. DEVRE YUKSATMA MİKTARI = 0

EK-VII

.....BİRLİKELİ PLANLAMA SONUÇLARI.....

	DONEM	DONEM	STOK	YOK		STOK	YOK	
	LAETİMİ	TALEBİ	TASIMA	SATMA	HAZIRLIK	TASIMA	SATMA	DONEM
	MALİYETİ	MALİYETİ	MALİYETİ	MALİYETİ	MALİYETİ	MALİYETİ	MALİYETİ	MALİYETİ
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
1	171	180	0	0	24992.00	0.00	0.00	24992.00
2	170	225	0	7	24992.00	0.00	1003.28	25995.28
3	159	115	67	57	24992.00	12423.60	0.00	37415.60
4	207	166	108	0	24992.00	15422.40	0.00	40414.40
5	212	142	0	0	24992.00	0.20	0.00	24992.00
6	232	134	113	16	24992.00	16135.40	0.00	41128.40
7	98	50	161	0	24992.00	22990.80	0.00	47982.80
8	2	143	18	0	0.00	2570.40	0.00	2570.40
9	212	122	112	0	24992.00	15706.00	0.00	40700.00
10	0	216	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
11	131	105	58	105	24992.00	8282.40	0.00	33274.40
12	70	153	0	0	24992.00	0.00	0.00	24992.00
								344457.30

DÖNEM SONU KARŞILANAMAYAN TALEP= 25

BİRLİKELİ PLANLAMA SONUÇU BİRLİK MALİYET= 175.029

KEVÇİLİ SİSTEMDEKİ ÜRETİM VE STOK SURECİ

		STOK		YOK	STOK		YOK	
DONEM	DONEM	TASIMA	SATMA	HAZIRLIK	TASIMA	SATMA	DONEM	
DONEM	URETİMİ	TALEBİ	MIKTARI	MIKTARI	MALİYETİ	MALİYETİ	MALİYETİ	MALİYETİ
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
1	60	180	0	0	24992.00	0.00	0.00	24992.00
2	229	229	0	100	74976.00	0.00	14332.63	89308.62
3	24	115	0	0	24992.00	0.00	0.00	24992.00
4	169	166	0	91	24992.00	0.00	13042.69	38034.69
5	84	342	0	108	24992.00	0.00	15479.24	40471.24
6	224	154	0	366	49984.00	0.00	52457.42	102441.40
7	0	50	0	296	0.00	0.00	42424.58	42424.58
8	142	143	0	346	24992.00	0.00	49590.89	74582.89
9	221	120	0	347	49984.00	0.00	49734.22	99718.22
10	142	216	0	246	24992.00	0.00	35258.26	60250.26
11	295	105	0	320	49984.00	0.00	45864.41	95848.42
12	293	153	0	140	49984.00	0.00	20065.68	70049.68
								763114.10

PLANLAMA DEVRESİ SONU STOK MİKTARI = 0

KEVÇİLİ UYGULAMANIN BİRLİK MALİYETİ= 382.897