

39812

**KONFEKSİYON İŞLETMELERİNDE ÜRETİM PLANLAMASI VE
OPTİMİZASYON ÇALIŞMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tekstil Müh. Ülkü ALPTEKİN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 13 Haziran 1994

Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Haziran 1994

Tez Danışmanı : Prof. Mustafa KÖSEOĞLU

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Bayram YÜKSEL

Y.Doç. Emel ÖNDER

HAZİRAN 1994

ÖNSÖZ

Tekstil sektöründe son yıllarda büyük gelişmeler gösteren konfeksiyon sanayi özellikle ihracata yönelik olması sebebiyle sanayimizde önemli yer tutmaktadır. Üretim planlaması ve optimizasyon konusu da bu gelişmeye paralel olarak gelişmekte ve çeşitli büyüklükteki konfeksiyon işletmelerinde haklı yerine ulaşırken bilgisayar sistemleri ile daha etkin ve pratik çözümler getirilmektedir.

Bu çalışmada , konfeksiyon işletmelerinde , üretim yönetiminde büyük önem taşıyan üretim planlama konusunda farklı bir yaklaşım yer almaktadır. Çalışmamda , tecrübe ve bilgileriyle yol gösteren değerli hocam Prof. Mustafa KÖSEOĞLU'na ve her türlü olanağı sağlayan SÜMERBANK Bakırköy Konfeksiyon Sanayi 2. Pamuklu İşletmesi çalışanlarına sonsuz saygılarımla birlikte teşekkür ederim.

İstanbul , 1994

Ülkü ALPTEKİN

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY.....	ix
BÖLÜM 1 GİRİŞ	
1.1_ Üretim Kavramı.....	1
1.2_ Üretim Sistemleri.....	2
1.2.1_ Üretim Yöntemlerine Göre Sınıflama.....	3
1.2.2_ Mamul Cinsine Göre Sınıflama.....	3
1.2.3_ Üretim Miktarı ve Akışa Göre Sınıflama.....	3
1.2.3.1_ Siparişe Göre Üretim.....	4
1.2.3.2_ Parti Üretimi.....	4
1.2.3.3_ Sürekli Üretim.....	5
BÖLÜM 2 ÜRETİM PLANLAMASI	
2.1_ Üretim Planlamanın Önemi.....	7
2.2_ Üretim Planlama Aşamaları.....	8
2.2.1_ Uzun Dönemli Planlama.....	8
2.2.2_ Orta Dönemli Planlama	9
2.2.3_ Kısa Dönemli Planlama.....	9
2.3_ Üretim Planlama ve Kontrol Biriminin İşletme Organizasyonundaki Yeri.....	10
2.4_ Üretim Planlama ve Kontrol Sisteminin Temel Elemanları ve Fonksiyonları.....	12
2.5_ Ön Planlama Elemanları.....	13
2.5.1_ Talep Tahmini.....	14
2.5.2_ Kapasite Planlaması.....	15
2.5.3_ İş Analizleri.....	17
2.5.3.1_ Metod Etüdü.....	17
2.5.3.2_ İş Ölçümü.....	19
2.6_ Ana Üretim Planlaması.....	23
2.7_ Detaylı Planlama.....	24
2.8_ Üretim Kontrolü.....	24

BÖLÜM 3 DOĞRUSAL PROGRAMLAMA TEKNİĞİ İLE OPTİMİZASYON

3.1_Doğrusal Programlama.....	27
3.2_Doğrusal Programlama Problemi.....	27
3.3_Grafik Çözüm.....	28
3.3.1_Maksimizasyon.....	28
3.3.2_Minimizasyon.....	30
3.4_Simpleks Metod.....	31
3.5_Cebirsel Çözüm.....	31
3.6_Simpleks Algoritma.....	33
3.6.1_Maksimizasyon.....	33
3.6.2_Minimizasyon.....	37

BÖLÜM 4 ŞEBEKE ANALİZİ TEKNİKLERİ İLE OPTİMİZASYON

4.1_Şebeke Analizi Teknikleri.....	41
4.2_PERT ve Temel Kavramlar.....	42
4.2.1_En Erken Başlama Zamanı.....	45
4.2.2_En Geç Başlama Zamanı.....	45
4.2.3_Boş Zaman.....	46
4.2.4_Kritik Yörünge.....	46
4.3_Proje Tamamlanma Tarihinin Gerçekleşmesi Olasılığı.....	47
4.4_Yeniden Planlama.....	49

BÖLÜM 5 UYGULAMA

5.1_Çalışmanın yapıldığı Konfeksiyon İşletmesi.....	51
5.2_Çalışmanın Amacı.....	52
5.3_PERT Analizleri ve PERT Şemaları.....	53
5.4_Tesbit Edilen İmalat Sürelerinin Gerçekleşmesi Olasılığı.....	65
5.5_Makina Tahsisleri.....	66
5.6_Ürünlerin Maliyet Değerleri.....	73
5.7_Doğrusal Programlama Probleminin Kurulması.....	75
5.7.1_Standart Zamanlar.....	75
5.7.1.1_Şort Modeli.....	75
5.7.1.2_Sabahlık Modeli.....	76
5.7.2_Amaç Fonksiyonu.....	76
5.7.3_Kısıtlayıcı Şartlar.....	76
5.7.3.1_Kesim.....	77
5.7.3.2_Dikim.....	78
5.7.3.3_Kalite Kontrol.....	78
5.7.4_Son İşlem.....	79
5.7.4_Çözüm.....	81

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	83
KAYNAKLAR.....	85
EKLER.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	90



ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1.1_ Üretim süreci
- Şekil 1.2_ Üretim sistemleri
- Şekil 2.1_ Üretim planlama aşamaları
- Şekil 2.2_ Üretim planlaması ve kontrolü birimi organizasyon şeması
- Şekil 2.3_ Üretim işletmesinin tipik bir organizasyonu
- Şekil 2.4_ Üretim planlama ve kontrol fonksiyonları
- Şekil 2.5_ İş analizleri yada iş etüdü
- Şekil 2.6_ Üretim kontrolü fonksiyonları
- Şekil 2.7_ Üretim kontrol faaliyetlerinin kapalı devresi
- Şekil 3.1_ Örnek 1 için kısıtlayıcı şartlardan elde edilen grafik
- Şekil 3.2_ Örnek1 için F çözüm alanı
- Şekil 3.3_ Maksimizasyon problemlerinin simpleks metod ile çözüm akış şeması
- Şekil 3.4_ Minimizasyon problemlerinin simpleks metod ile çözüm akış şeması
- Şekil 4.1_ Bir proje şebekesi
- Şekil 4.2_ Beta dağılımı
- Şekil 4.3_ PERT şebekesi
- Şekil 4.4_ En erken , en geç ve en mümkün süreler
- Şekil 4.5_ Proje tamamlanma süresi
- Şekil 5.1_ SÜMERBANK organizasyon şeması
- Şekil 5.2_ Şort modeli PERT şeması
- Şekil 5.3_ Şort modeli en erken başlama zamanları
- Şekil 5.4_ Şort modeli en geç başlama zamanları
- Şekil 5.5_ Şort modeli boş süreler
- Şekil 5.6_ Sabahlık modeli PERT şeması
- Şekil 5.7_ Sabahlık modeli en erken başlama zamanları
- Şekil 5.8_ Sabahlık modeli en geç başlama zamanları
- Şekil 5.9_ Sabahlık modeli boş süreler
- Şekil 5.10_ Şort modeli normal dağılım eğrisi
- Şekil 5.11_ Sabahlık modeli normal dağılım eğrisi
- Şekil 5.12_ Şort modeli makina tiplerine göre işlem akış şeması
- Şekil 5.13_ Sabahlık modeli makina tiplerine göre işlem akış şeması
- Şekil 5.14_ Şort modeli optimum üretim hattı
- Şekil 5.15_ Sabahlık modeli optimum üretim hattı
- Şekil 5.16_ Problemin çözümü

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1_1.Simpleks tablo

Tablo 3.2_2.Simpleks tablo

Tablo 3.3_3.Simpleks tablo

Tablo 3.4_4.Simpleks tablo

Tablo 5.1_Şort modeli PERT analizi

Tablo 5.2_ Sabahlık modeli PERT analizi

Tablo 5.3_İşletmenin makina parkuru

Tablo 5.4_Optimum makina tahsisleri

Tablo 5.5_Ürünlerin sabit ve değişken giderleri

Tablo 5.6_Günlük kapasite ve departmanlardan çıkış hızları

Tablo 5.7_Düzeltilmiş günlük kapasite ve deparmanlardan çıkış hızları

ÖZET

Üretim planlaması ve optimizasyon çalışmaları üretim yapan bütün işletmelerde işletmelerin hedefleri ve işletim politikaları çerçevesinde , üretim kaynaklarının en uygun ölçüde tahsisi ve maksimum kar elde etmeyi amaçlar. Sağlıklı bir üretim planı , ürünleri uygun sürede kapasitenin en iyi kullanım şartlarında ve minimum maliyette vermeli ve bir çok bütçe işlemlerine temel oluşturmalıdır. Bunların dışında insangücü ihtiyacını ve fazla mesaide dahil olmak üzere çalışma saatlerini de saptamalıdır.

Bir konfeksiyon işletmesinde üretim planlaması ve üretimin optimizasyonu konusunda hazırlanmış çalışmanın ilk bölümünde , genel olarak üretim kavramı ve endüstrideki üretim çeşitleri üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümde , üretim yönetiminin önemli konularından biri olan üretim planlaması ve üretim planının hazırlanabilmesi için yapılması gerekli ön çalışmalar hakkında bilgi verilmiş , ana üretim planının yanında detaylı planlama ve üretim planlamanın ayrılmaz bir parçası olan üretim kontrolü anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde , bir optimizasyon tekniği olan doğrusal programlama tekniği ve doğrusal programlama probleminin çözüm yollarından grafik ve simpleks metod üzerinde durulmuştur.

Dördüncü bölümde ise üretim planlamada kullanılan şebeke analizi tekniklerinden PERT (Proje Geliştirme ve Revizyon Tekniği) metodu ve bu metodun üretim planlamadaki yeri ve önemi anlatılmıştır.

Son bölümde de bir konfeksiyon işletmesinde doğrusal programlama ve PERT metoduna dayalı optimizasyon çalışması yer almaktadır. Seçilmiş iki ürünün imalat aşamalarının detaylı analizi sonucu elde edilen optimum değerlerle , işletme karını maksimum yapan üretim miktarları bulunmuştur.

SUMMARY

PRODUCTION PLANNING AND OPTIMIZATION STUDIES ON READY_MADE CLOTHES RUNNING

Production is defined by engineers as making some change on a fizical material to increase its value or converting raw material or semi manufactured material to manufactured material. In an economy , to make a different kind of benefits on the other hand , to make a product or utility hich have an advantages is called "production". Production is related with ensuring and associating of fizical unity rather than utility. For this reason , production is an operating of converting certain amount of inputs to outputs.

Production planning basically is decided prosses to reply what kind of material when , how , where and who. Briefly , production planning is a operation that make desicions connected closely with all kind of running function like purchasing , marketing , control and financing.

Details and level of production planning and control operations have some differences according to the types of production systems. These operations get simpler when amount of product increases and variation of product decreases.

Briefly , production planning and control contains appreciating , organizing and establishing of all kind of material to make a production. This means that production planning is a primary production operations to determine what kind of products will be produced , what kind of equipment will be need and to prepare a list to obtain right amount and times of product.

Production planning and control system generally have 3 elements in spite of differences in different production system :

1-Primary Production : It's impossible make reliable production planning without primary production. Primary production elements contain the subjects below.

- _Consumer survey
- _Product project and developing
- _Policy of establishing investment
- _Order of work areas

2-Planning : The planning has two subjects.

- _Planning about sources : Materials , methods , machines and labour power planning
- _Planning about works : Canalizing , estimating and programming

3-Control : Elements of production control are described as distribution , following , control , examination and grading. The most important function of control is supply a feedback to described defect on planning and deviation from planning and have a improvement needed.

For the future production planning , necessary amount of product is firstly decided. It's impossible to make a planning if the demand of product that will be produced is unknown. Estimating about future isn't necessary in the factory that makes order production. The methods used for estimating are :

- 1-Demand estimate based on experiment and perception
- 2-Demand estimate based on economic sign
- 3-Demand estimate based on istatistical methodts

Second primary production operations is capacity planning. Capacity is generally described as a production rate or production quantity in a certain period of time. In capacity estimating , defining the quantity and period of time have some difficulties. But in running which produce only one type of product don't have these difficulties.

Capacity planning contains studies about adjustment for level of production operations which are needed to cover the total product demand. Capacity planning contains to planning studies related to each other. These are adjustment planning to define average production level and situations which force to deviate from that average. There are two main types of capacity adjustment strategy. First , changing the times or increasing the capacity by extra work or have them made by an other running. Second , the reason of capacity adjustment are decreases by stocking or by eliminating.

Third element of primary production is work analizies. Work analizies have two operations grup which one of them is , surveying some possibility of making work basically (method study) and the other is related with the quantity of sources to achieve production. (work measurement)

Method study is researching all operations sistematically to make them easier , at little expense and in a shorter period of time.

At method study , firstly , a work that need labour power and takes a lot of time is chosen. Information about this work is gathered sistematically by means of diagrams. Details of work are investigated by the examination technique and defect are determined. New methods are developed after element of work are investigated seperately and a way of developing are determined and than it puts in to practice. Defects on practice are set right on last.

Work measurement is a method to use for describing the period of times needed for a certain kind of work at a certain working rate by a qualified worker.

Recently , time standarts are needed for managing running operations effectively. It's not possible to be beneficial that studies not based on time standarts about preparation of production planning and programming , estimates , control of cost, determination of worker's pay and encouragement rate , calculation of product costs that weren't produced before and activate of control.

At time study , first , a work to measure is chosen and then a worker has knowledge and ability required and work station are chosen. Information about worker and work are gathered and work is separeted to its element for easily observation and analysing effectively. Since only one observation is not possible to show real data , after adequate amount of observations are completed , estimates can be described. Most important part of time study is grading the worker's rate and tempo. For this reason different kind of grading methods are improved. Most commanly used methods is performance grading that grade worker's rate or tempo in accordance with usual tempo by kind of percentage. After that certain amount of tolerans are determined for the reason of delay can't be estimate previosly and the factor of weariness.

At last , the formula determined time standarts ;

$$\text{Time standarts} = \text{observation time} * \frac{\text{tempo}}{100} * (1 + \frac{\text{total tolerance}}{100})$$

Result of primary production studies are used for preparing main production planning.

Production control is a part of production planning operations and it's target is planning and control the material flow inside or outside of running and optimum profit.

In this study , linear programming and PERT methods are concern as optimization methods to use for production planning.

Linear programming is most succesfull method to use for mathematical approach. It's goal is improving some approach to determine optimal allocation for alternative production sources of running.

In linear programming problem , the function to minimize or maksimize is called "objective function" , and sources capacity of running used depend on management policy is called "restrictive condition". If there aren't any restrictive condition , the value of objective function will be unlimited.

Grafik and simpleks methods are used to solve the linear programming methods. If the linear programming problem has two variable , grafik method obtains basic solution. However , for existence a lot of variable , the simplex method based on "Extrem point theorem" is used. This theorem , shows that the solution of linear programming problem is one of the extrem point of solution area. At first , in the simplex algoritm inequalities are converted to equalities by means of slack and surplus

variation. Linear programming problem in the equation form , if there are m equalities , n variable and n is greater than m , n-m variable at least equals "0" on extrem point. The solution that n-m equals "0" and solving remain m variables on m equation system is called "basic feasible solution".

Briefly ;

1-At the condition of m equality and n variation , basic feasible solution is found if n-m variable at least equals "0".

2-Objective function get optimal on the one of the basic feasible solutions.

The logic and calculations of the simplex algorithm can be simplified even further by the use of the simplex tableau format for organizing the data.

Second method for optimization is PERT.(Project Evaluation And Review Technique) PERT method is improved to succeed complex work programs formed by events and operations related each other. First action is get understanding the technical properties of plans. All event required to production are described for project success and then priority of events is determined. Information about events and operations can be shown in network so studies will be easier.

Estimated times based the network on certain period of times are found by "Beta distribution".

Optimistic times (a) : Estimated times at most convenient condition.

Pessimistic times (b) : Estimated times at most inconvenient condition.

Most possible times (m) : Estimated times at normal condition.

Time expected (ET)=(a+4m+b)/6

Variance (VT)=(b-a)²/36

The earliest start time (TE) of an activity is the sum of all the activities on the longest path to that activity. It is the earliest time an activity can begin. The latest start time (TL) for an activity is the latest time can be started without delaying completion of the project. The slack time (TS) of an activity is equal to the latest start time minus the earliest start time.

The probability of the project completed times can be described from statistic as the central limit theorem. This theorem shows the distribution of a sum of random variables follows a normal distribution. This enables us to use the table of areas under the normal curve to calculate the probability of the project being completed.

Project finishing times obtained by PERT needs planning the work programming over again. In this condition , various kind of methods can be used depend on running policy.

At last part of study , optimization based on linear programming and PERT is applied on two products , short and dressing gown. Operations applied these two

product on production are listed and 15 measurements are made for every operations. Tempo values are determined in accordance with ability of worker and average personnel tolerance is accepted %20 and then standard times are obtained.

PERT networks for both of them are drawn to show production flowing. The earliest start times, latest start times and slack times are calculated and all of them are shown on the networks. From these networks we can see the critical path and total project times for two products. After that machines and workers requirements are shown in these networks. At first, only one machine or worker that can make a certain work is accepted and then total requirement of machines and workers are listed. For the reduce of standard times and machine requirements on critical path, some operations on critical path are loaded to other paths so that the total project times is shortened and slack times are reduced by the use of sources on other paths as a sources of critical paths. Optimum machine requirements networks are shown the conclusion of this optimizing studies and when the optimum and total requirements of machine are compared, reduction of requirements are obviously realized. All production times are separated four groups as cutting, sewing, quality control and last operations and standard times are calculated in accordance with optimum values obtained from network and they are used for daily capacities and production speeds of departments. These details are improved to supply harmonious flowing of production and then they used for data at linear programming.

At the end, the amount of product makes profits maximum with various production restrictions is obtained for two kind of product and in a certain period of time by graphic methods of linear programming techniques.

Consequently, some alternative approach about production planning and optimization are improved by this study. Production planning and optimization are most important branch of production management at all kind of industry and they must be researched carefully by engineers.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1 ÜRETİM KAVRAMI

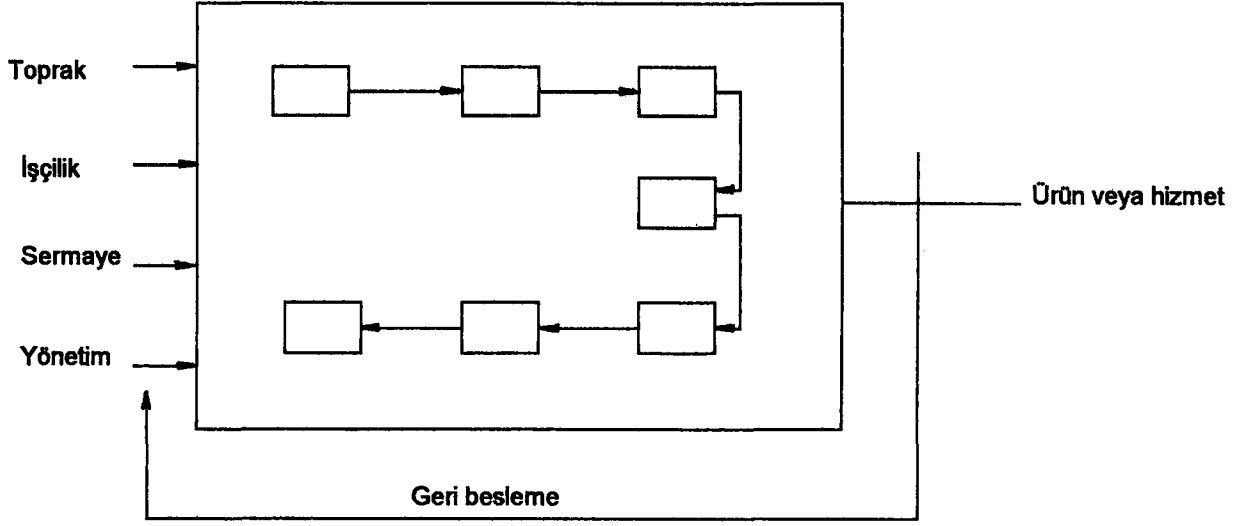
Üretim , mühendisler tarafından , bir fiziksel varlık üzerinde onun değerini arttırıcı bir değişiklik yapmak veya hammadde ve yarı mamulleri mamule dönüştürmek olarak tanımlanır. [1]

Ekonomide ise her türlü fayda yaratmaya , başka bir deyişle faydalı mal ve hizmetler ortaya koymaya üretim adı verilir. Faydalı mal ve hizmet üretimi gerçekte üreticiyle tüketici arasındaki tüm faaliyetleri kapsar. Yalnızca mal üretimiyle sınırlanır. Ancak genellikle üretim hizmetten daha çok fiziki ünitelerin temini ve birleştirilmesiyle ilgilidir. Bu itibarla üretim bir grup girdiyi belirli bir çıktıya çevirme işlemidir.

Bütün üretim sistemlerinin , ortak amaçlarına ulaşmak için uymak zorunda oldukları ortak nokta ise kaynakların verimli kullanılmasıdır. Üretim kaynakları genellikle dört ana başlık altında toplanır.

- 1-Toprak (veya hammadde kaynakları)
- 2-İşçilik (veya insangücü kaynakları)
- 3-Sermaye
- 4-Yönetim

Gerek hizmet gerekse ürün üreten sistemlerde , üretim süreci (Şekil 1.1)'de verilmiştir.



Şekil 1.1_Üretim süreci

Temelde bütün üretim sistemleri ürün veya hizmet oluşturması için gerekli dönüşüm süreçlerini kapsarlar ve yine temelde bu sistemlerin tasarımı , planlanması , yönetimi ve kontrolünde karşılaşılan problemler ve bunları çözmede kullanılan yöntemler benzerlik gösterirler.

Üretim planlaması ve kontrolü , belirli ürünlerin üretilmesi için gerekli tüm araçların tesbiti değerlendirilmesi ve düzenlenmesini içerir. Bu demektir ki ; üretim planlanması , hangi ürünün üretileceğini belirtmek , teçhizat ihtiyacını ortaya koymak ve ürünlerin doğru sayılarda ve istenilen zamanlarda yapılmasını sağlayacak çizelgeleri hazırlamak için kullanılan bir ön üretim faaliyetidir. Özetle üretim planlaması ve kontrolü , üretimden sorumlu yöneticinin gereken zamanlarda , üretim hedeflerine verimli bir şekilde ulaşabilmesi için ona yol gösteren önemli bir üretim yönetim aracıdır. [1]

1.2 ÜRETİM SİSTEMLERİ

Üretim sistemlerini ; üretim yönetimi , mamul cinsi , mamul miktarı , üretim akışı kriterlerine göre farklı biçimlerde sınıflandırmak mümkündür.

1.2.1 ÜRETİM YÖNTEMLERİNE GÖRE SINIFLANDIRMA

Bu kritere göre üretim , üretimin oluşmasında uygulanan genel yöntemlere göre ; birincil (primer) , analitik , sentetik , fabrikasyon ve montaj üretimi olarak beş gruba ayrılır. Birincil üretim , doğada bulunan temel hammaddelerin işlenmek veya kullanılmak üzere çıkarılması işlemidir. Analitik üretimde ise , temel hammaddelerin , ısıtma işlem , elektro kimyasal reaksiyon ve damıtma gibi tekniklerle parçalanıp işlenerek çeşitli mamullere dönüştürülmesi işlemidir. Sentetik kauçuk , alaşımlı çelik , plastik , cam gibi mamuller sentetik grubuna girer. Temel veya diğer hammaddelerden şekil verme yoluyla yeni mamuller elde edilmesi fabrikasyon üretimdir. Döküm , tornalama pres kesme gibi yöntemlerle şekil vererek mal üreten sistemler bu gruba girer. Otomobil , televizyon , buzdolabı , gibi çeşitli hammadde , yarı mamul ve parçaları sistematik bir biçimde biraraya getiren , karmaşık mamuller üreten üretim sistemi ise montaj üretimidir. [2]

1.2.2 MAMUL CİNSLERİNE GÖRE SINIFLANDIRMA

Bazı durumlarda , üretilen mamulün nitelikleri üretim sisteminin karakteristiklerinin belirlenmesinde fazla ağırlık taşır. Mamule göre isim alan belli başlı üretim sistemleri ; demir-çelik , kömür , takım tezgahları , kimyasal maddeler , elektriksel araç gereç , elektrik mamulleri ve tekstil mamulleri üretimi olarak yedi ana gruba ayrılır. Bu sınıflar pratikte bir endüstri dalıdır. [2]

1.2.3 ÜRETİM MİKTARINA VE AKIŞINA GÖRE SINIFLANDIRMA

Üretilen mamulün miktarı ile üretim faaliyetlerinin fabrika içindeki akışı arasında yakın bir ilişki vardır. Aynı cinsten bir mamulün az veya çok sayıda üretilmesi ; kullanılan makinelerin tiplerini , imalat yöntemlerini , standartları , insan gücünden yararlanma biçimini , fabrikanın yerleşme düzenini , üretim planlama ve kontrol biçimini etkiler. Bütün bunlar hammaddenin mamul hale gelinceye kadar izlediği yolu yani akışı belirler.

Üretim miktarına ve akışına göre üretim sistemi üç ana gruba ayrılır.

1.2.3.1 SİPARİŞE GÖRE ÜRETİM

Küçük miktarlarda fakat yüksek düzeyde ürün çeşitliliği kapsayan belirli siparişleri karşılamak üzere yapılan üretimdir. Tüketici veya müşteri firmanın zaman , miktar ve kalite bakımından özel olarak belirlediği bir mamulün üretilmesidir. Ürün çeşitliliği ve düşük üretim miktarları işlemlerde tekrarlılığı da en az düzeye indirmektedir. Bu sistemlerde , bir çok değişik işlemi yapabilen çok işlemli tezgahlar kullanılır. Bunun sonucu ise , her tezgaha bir operatör kullanmak yerine , değişik tezgahlarda çalışabilecek esnek işçi kullanımı kaçınılmazdır. Talebin yapısındaki değişkenlik sebebiyle sipariş tipi üretimin yöneticileri üretim faaliyetinin bütün safhalarında daha büyük sorunlarla karşılaşır.Yüksek düzeyde imalat ara stokları , düşük tezgah ve işçi kullanımı , yüksek iş akışı , denetimdeki güçlükler , ana yönetim sorunlarıdır.

Siparişe göre üretim , talep düzenliliğine bağlı olarak aşağıdaki şekilde gerçekleşebilir :

- Az sayıda mamulün bir defada üretilmesi : Proje tipi üretim olarak da bilinen bu sistemlerde , üretim tekniklerinin geliştirilmesine yönelik araştırma ve çalışmaların faydası çok kısıtlıdır. Ayrıca standart üretim metodlarının ve standart zamanların olmaması üretim planlamasını çok zorlaştırır.
- Az sayıda mamulün talep geldikçe belirli aralıklarla üretilmesi :
- Az sayıda mamulün talep geldikçe belirsiz aralıklarla üretilmesi : Bu iki tip üretim atölye tipi üretim olarak da bilinir. Bu sistemlerde üretimde tekrarın getirdiği bazı kolaylıklar mevcuttur. Ürünlerin daha önceden yapılması , bunların tanınması ve üretim esnasında karşılaşılabilecek zorlukların önceden görülmesini sağlar. Özellikle ürün siparişleri , önceden tesbit edilebilen belirli aralıklarla geliyorsa , üretim planlama ve kontrolü daha da kolaylaşır.Ayrıca tekrardan dolayı metod geliştirme ve standart zaman bulma çalışmalarının maliyeti daha düşük olur.

1.2.3.2 PARTİ ÜRETİMİ :

Bu tip üretim sistemlerinde belirli bir siparişi ya da sürekli talebi karşılamak için benzer veya aynı cinsten ürünler partiler halinde üretilir. Bu sistemlerin en büyük özelliği bir parti bitmeden diğerinin üretimine geçilmemesidir. Bu sistemlerde iki ana sorun parti büyüklükleri ve parti adetlerinin tesbiti ve partilerin çizelgelenmemesidir. Parti büyüklükleri ve parti tekrarı arttıkça kazanılan deneyim üretimin planlanması , planın uygulanması ve kontrolündeki en önemli zorluklardan biri olan belirsizliği

azaltır. Bunun yanısıra işlemlerin tekrarı sonucu atölye seviyesindeki beceri artar. Parti üretimi de , sipariş tipi üretim gibi ;

a-Yalnız bir defalık

b-Belirli aralıklarla tekrarlanan

c-Belirsiz aralıklarla tekrarlanan olmak üzere üç gruba ayrılır.

Parti hacmi büyüdükçe ve periyodlar belirli hale geldikçe üretim planlama ve kontrol çalışmaları daha da kolaylaşır. Aslında ;

a-Ürün çeşitliliği azaldıkça

b-Üretim miktarı arttıkça

c-İşlem tekrarlılığı arttıkça , diğer bir deyişle kesikli üretimden sürekli üretime geçildikçe , üretim planlama ve kontrolü faaliyetlerinin kolaylaştığı görülecektir. [1]

1.2.3.3 SÜREKLİ ÜRETİM (Seri Üretim) :

Yüksek miktarlarda , fakat düşük seviyede çeşitlilik gösteren birimler için uygulanan üretim şeklidir. Uzmanlaşmanın gerçekleştirildiği bu üretim sistemlerinin kurulabilmesi için talebin üretim hızından fazla olması şartı vardır. Diğer bir deyişle üretimin tümü pazar bulabiliyorsa , bu tip bir sistemin kurulması anlam taşır. Aksi halde , özel ve pahalı makine ve teçhizat gerektiren bu tip üretim sistemlerinde üretim esnekliği olmadığından , talep düşüşlerinin maliyeti çok yüksek olur.

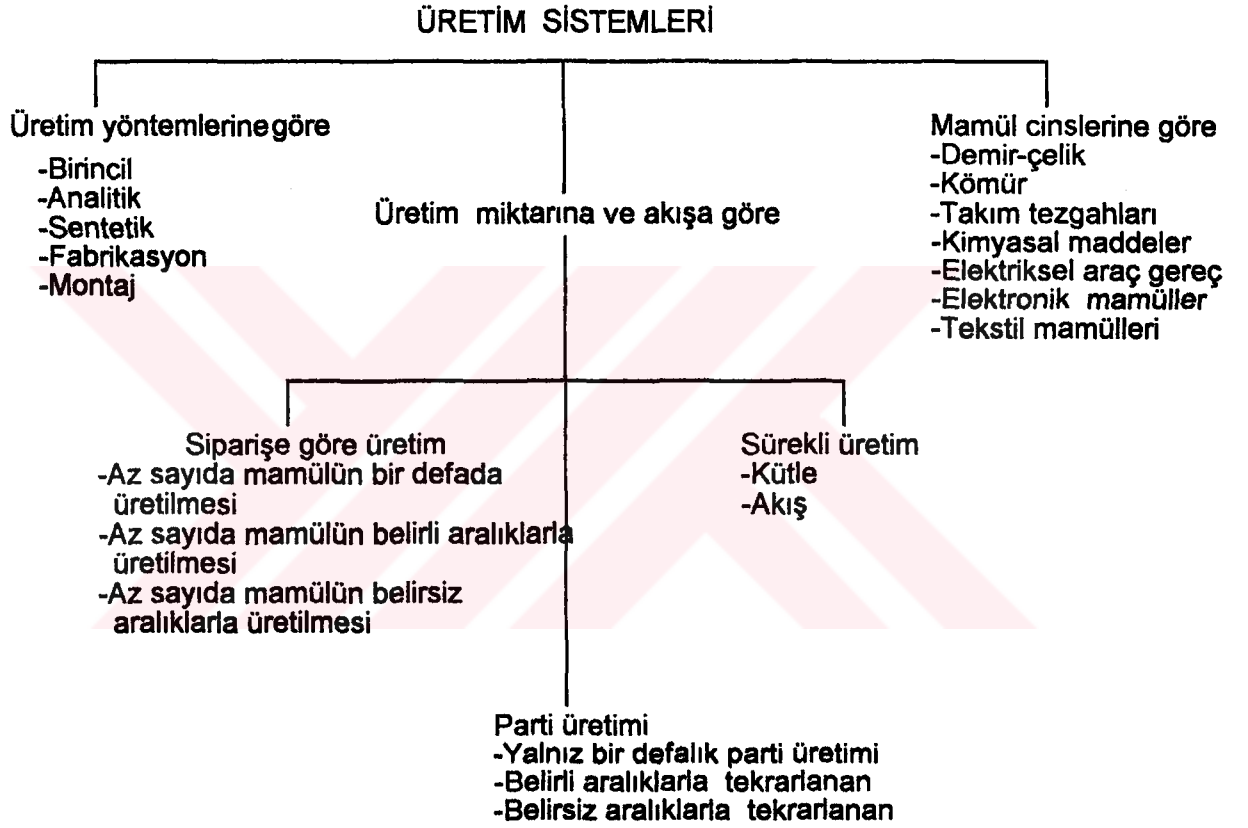
Sürekli üretimde , birbirinden farklı operasyon sıralarına ve yardımcı üretim araçlarına ihtiyaç gösteren değişik ürünlerin imalatında ortaya çıkan karmaşıklıklar ve zorluklar yoktur. Bu tip üretim , ileri bir teknoloji gerektirir ve karmaşık ürünleri üreten sistemlerde görülür. Sürekli üretimi ;

a-Kütle (kesikli seri üretim)

b-Akış (proses) olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür. Kütle üretiminde , bir mamulden çok büyük miktarlarda ve uzun süre imal edilir. Fakat gerektiğinde , makina , yerleşme düzeni , tertibat , kalıp gibi faktörlerde bazı değişiklikler yapmak sureti ile başka tip mamulun üretimine geçme olanağı vardır. Akış veya proses üretiminde ise , makina ve tesisler yalnız bir cins mamulu üretecek şekilde dizayn edilmiş ve yerleştirilmiştir. Aynı yerde başka bir mamulu üretmek ya çok pahalıdır ya da olanaksızdır. Çimento , şeker , petrol rafinerisi bu tip üretimin belli başlı örnekleridir.

Sürekli üretimde üretim planlama ve kontrol faaliyetleri parti üretimine nazaran çok daha basit ve az yoğundur. Ürün çeşitliliğinin azlığı , işlemlerin tekrarlılığı ve talebin belirginliği , planlama ve kontrol çalışmalarını kolaylaştırır.

Genelde bir işletme içinde birkaç üretim tipini bir arada görmek mümkündür. Ancak üretim tiplerinin doğru olarak belirlenmesi , üretim planlama ve kontrol çalışmalarının temelini oluşturur. Çünkü üretim tiplerinin yapısal çeşitliliğinden kaynaklanan değişik problemler planlama ve kontrol çalışmalarını yönlendirir.



Şekil 1.2_Üretim sistemleri

BÖLÜM 2 ÜRETİM PLANLAMASI

2.1 ÜRETİM PLANLAMANIN ÖNEMİ

İşletmeler oldukça dinamik bir ortamda çalışmalarını sürdürdükleri için ileriye dönük çalışmaların önceden tasarlanması , seçeneklerin bulunması , belirlenmesi , beklenen sonuçların neler olabileceğinin önceden tahmin edilmesi zorunludur. Bunun için , geçmişteki çalışmaların verilerinin incelenmesi , mevcut durumun tesbiti ve geleceğe dönük projeksiyonların yapılması gerekmektedir. Planlama , en basit şekilde olmak üzere , neyin , ne zaman , nasıl , nerede ve kim tarafından yapılacağını önceden kararlaştırma sürecidir. Diğer bir tanım ise şöyledir: Planlama , bir amacı gerçekleştirmek için en iyi hareket şeklini seçme ve geliştirme niteliği taşıyan bilinçli bir süreçtir.

Üretim planlama hakkında yapılmış tanımlamalara göre , kısaca üretim planlama bir karar alma işlemidir. Alınan kararlar kuşkusuz işletmede satın alma , pazarlama , kontrol ve finansman gibi bütün işletme fonksiyonlarıyla yakından ilgilidir. Ancak , gelecek hakkında alınacak karar sonuca bir yaklaşımdır. Bu yüzden de tahmin gerektirir. Sonuca ulaşmak için çeşitli analizler yapılır , modeller kurulur ve amaca uygunluğu tartışılır. Planlarla elde edilen sonuçların amaca uygunluğu ve bunun gerçekleştirilmesi , işletme yönetiminin temel konuları arasındadır. Uygunluk , hem planlarla hem de işletme faaliyetlerinde yapılacak değişikliklerle sağlanabilir. Ancak tam bir uygunluğa ulaşmak her zaman söz konusu değildir.

Karar almada , tahmin metodlarından yararlanmada esas ; geçmişte tesbit edilen olayların belirli bir eğilim içinde , bazı sapmalarla birlikte , gelecekte tekrarlanabileceğidir. Bu şekilde , belirsizliğin alt limite indirilmesi ve hazırlanacak planların objektif metodlara dayandırılması sağlanmış olur. [2]

Üretim planlamasında amaç ; işletmedeki kaynakların en uygun biçimde kullanılması , kayıpların asgariye indirilmesi ve üretimde istenilen kalite düzeyine ulaşılmasıdır. [3]

Üretim planlamanın önemi , üretim sistemlerinin gelişmesine paralel olarak hızla artmıştır. Modern bir üretim işletmesinde üretim planının kaçınılmaz bir şekilde yer almasını gerektiren nedenler şöyle özetlenebilir :

- 1-Üretim sistemlerinin faaliyet yoğunluğu ve karmaşıklığı
- 2-İşletme içi faaliyetlerin koordinasyon gerekliliği
- 3-İşletmeler arası bağımlılık ve ilişkilerin gelişmesi
- 4-Tüketici kütlesinin genişlemesi ve isteklerinin farklılığı
- 5-Tedarik ve dağıtım faaliyetlerinin geniş bir alana yayılması
- 6-Hizmet , kalite ve fiyat rekabetinin yoğunlaşması
- 7-İşletmenin ekonomik düzeyde çalışmasını sağlamak amacıyla malzeme , makina zamanı , ve insan gücü kayıplarının minimum düzeye indirilme zorunluluğu [4]

Üretim planlaması ve kontrolü faaliyetlerinin seviyesi ve ayrıntıları , üretim sistemlerinin tiplerine göre farklılık gösterir. Bu faaliyetler , ürün miktarı arttıkça ve imal edilen ürünlerin çeşitliliği azaldıkça basitleşirler. Örneğin , sipariş tipi üretimde , özellikle eğer talep miktarlarında ve tiplerinde düzensizlik varsa , uzun zaman aralıkları hatta birgün için bile üretim planlaması çok karışık hale gelebilir.Parti tipi üretimde miktarlar arttıkça ve imalat daha daha düzenli hale geldikçe planlama ve kontrol işlemleri daha da basitleşmektedir. Diğer taraftan , kütle üretimi , önemli ölçüde sermaye yatırıma ihtiyaç göstermekte fakat tesisin ve ürünlerin tasarımında çok az seçim imkanı bulunduğundan daha az üretim yönetimine gerek olmaktadır.

2.2 ÜRETİM PLANLAMA AŞAMALARI

Bir üretim sisteminde , üretim planlama , planlanan dönemin uzunluğuna göre üç ana kısımda incelenir.

2.2.1 UZUN DÖNEMLİ PLANLAMA

Bu planlama süreci , üretim metodunun tarifi , müşteri hizmet politikasının tesbit edilmesi , dağıtım kanallarının seçimi , üretim ve depo kapasitelerinin belirlenmesi gibi kararları içerir. Bu tip kararlar bir ile beş yıllık bir planlama dönemi gözönünde tutularak verilir ve bu tip kararların verilebilmesi için , pazar araştırması uzun dönemli tahminler ve kaynak planlaması gibi ön çalışmaların yapılması şarttır.

2.2.2 ORTA DÖNEMLİ PLANLAMA

Uzun dönemli planlama süreci sonunda işyerinin genel politikası ve kaynak kısıtları belirlenir. Bu genel politika ve kısıtlar çerçevesinde üç ay ile bir yıllık bir planlama dönemi gözönünde tutularak orta dönemli kararlar verilir. Bu kararların verilebilmesi için tahminler , işgücü planlaması , üretim planlaması gibi ön çalışmaların yapılması gerekir.

2.2.3 KISA DÖNEMLİ PLANLAMA

Bu planlama süreci üretim çizelgeleri ve iş programlarının hazırlanması ve üretim kontrol gibi faaliyetleri içerir. Genellikle bir ile iki haftalık planlama dönemi gözönüne alınarak yapılır. Kısa dönemli planlama süreci , üretim miktarlarının belirlenen hedeflere ulaşmak üzere sürekli kontrolü ve gerekirse yeniden ayarlanması , malzeme eksikliği , makina bozulmaları gibi aksaklıkların giderilmesi , işçilerin üretim merkezlerine tahsisi önceliklerinin belirlenmesi , fazla mesai kararları ve imalat ara stok seviyelerinin tesbiti gibi kararları içerir. [1]



Şekil 2.1_ Üretim planlama aşamaları

2.3 ÜRETİM PLANLAMASI VE KONTROLÜ BİRİMİNİN İŞLETME ORGANİZASYONUNDAKİ YERİ

Üretim Planlaması ve Kontrolü Müdürlüğü , organizasyon içinde önemli bir birimdir. Bu birimi diğerlerinden ayıran en önemli özellik , üretim planlaması ve kontrolü biriminin tesis içinde kurmay bir statüye sahip olmasıdır. Bu birim , her şeyden önce bütün üretim planlaması ve kontrolü fonksiyonlarını anında yürütebilecek ve diğer birimlerle sürekli iletişim içinde olabilecek bir yapıya sahip olmalıdır.

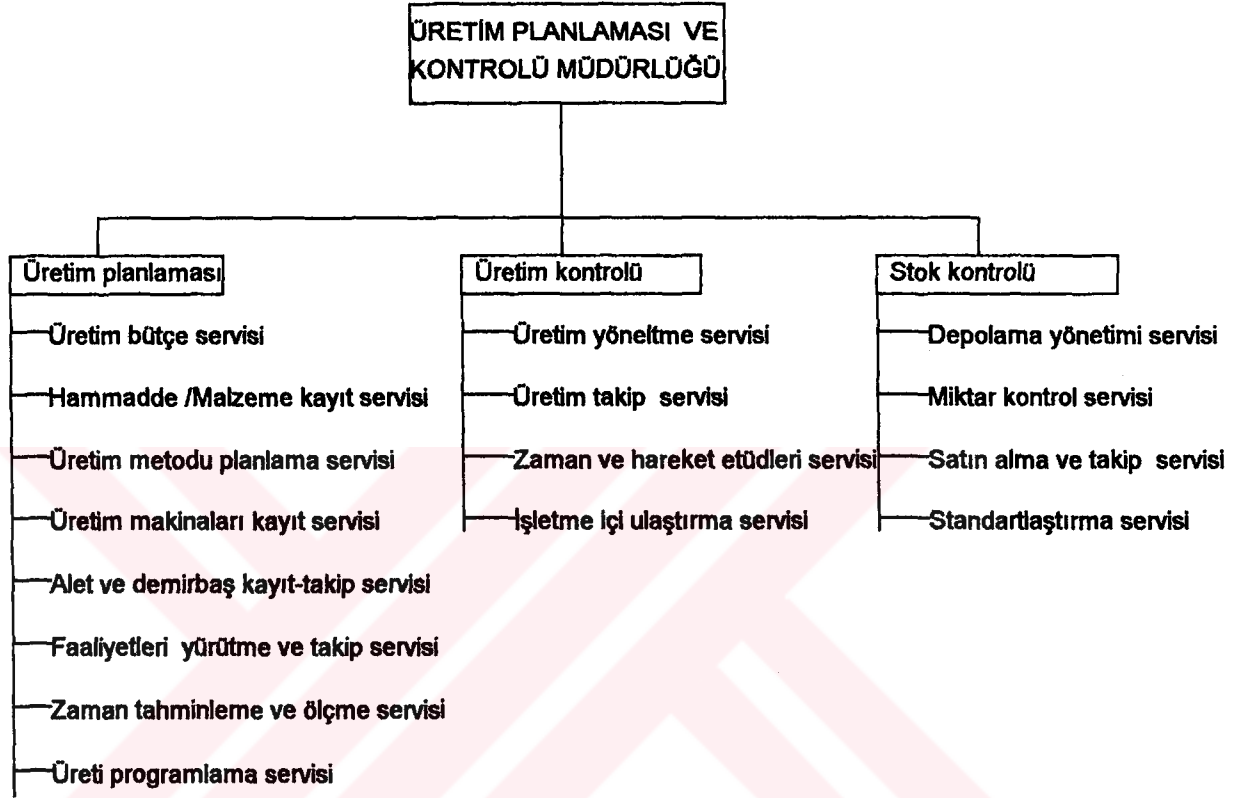
Gerçekte , İmalat Müdürlüğü ve Üretim Planlaması ve Kontrolü Müdürlüğü arasında yeterli düzeyde bir iletişim sağlanması planların uygulanabilirliği ve gerekli güncelleştirmelerin yapılması açısından çok önemlidir. Çünkü Üretim Planlama ve Kontrolü biriminin hazırladığı planlar İmalat Müdürlüğü aracılığıyla uygulamaya konmaktadır.

Ancak Üretim Planlama ve Kontrolü kurmay pozisyonu uygulamada birtakım problemlere yol açar. Ortaya çıkan problemlerin kaynağı eksik ve yanlış tanımlardır. Üretim Planlama ve Kontrolü Müdürlüğünün kurmay pozisyonunda olması halinde imalat atölyeleri ile arasında herhangi bir bağ yoktur. Üretim plan ve programları üst yönetimin onayını taşımakla beraber , kısa süreyi kapsayan iş emirleri Üretim Planlaması ve Kontrolü Müdürlüğünden direk atölyeye gönderilebilir. Eğer aşağı kademelerde , Üretim Planlaması ve Kontrolü Müdürlüğünün gönderdiği iş emirlerinin dolaylı da olsa bir otorite taşımadığı düşüncesi yaygınsa programların aksamaması doğaldır. Üretim Planlaması ve Kontrolü Müdürlüğünün kurmay pozisyonunun doğurduğu bu sakıncaları gözönüne alan bazı işletmelerde İmalat Müdürlüğünün yetkilerinin bir kısmı Üretim Planlama ve Kontrolü Müdürlüğüne verilmiştir. [2]

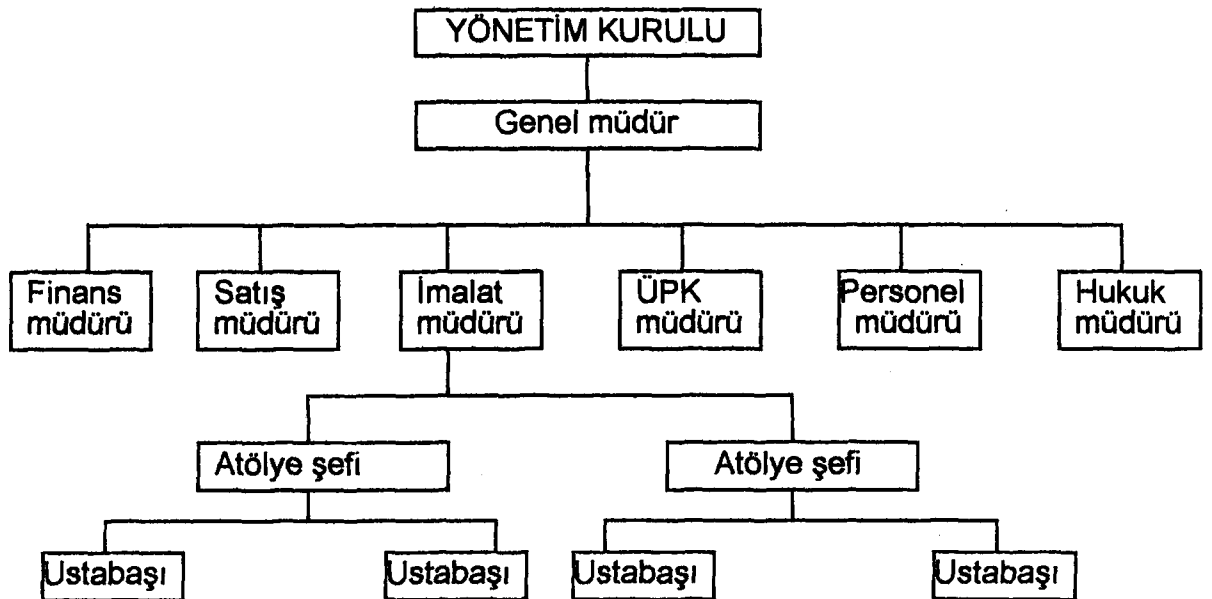
Üretim Planlaması ve Kontrolü Müdürlüğü için , işletmelerin büyüklüğü ve tipine göre değişen çok çeşitli organizasyon şemaları vardır. Gerçekte , organizasyonun yapısı sabit kalmayıp , kuruluş ile birlikte değişmekte ve büyümektedir. Ancak ana hatlar itibarıyla her Üretim Planlaması ve Kontrolü Müdürlüğü üretim planlama fonksiyonlarını etken bir düzeyde gerçekleştirebilecek bir iç yapıya sahip olmalıdır. (Şekil 2.2)'de genel bir üretim planlaması ve kontrolü birimi organizasyon şeması verilmiştir.

Üretim Planlaması ve Kontrolü biriminin kuruluş içindeki konumu ise işletmelere göre değişen bir olgudur. Bu nedenle bütün işletmelerde uygulanabilecek

bir organizasyon şeması verilmemekle beraber , bir genelleme yaparak Üretim Planlaması ve Kontrolü biriminin konumunu organizasyon içinde göstermek mümkündür.



Şekil 2.2_ Üretim Planlaması ve Kontrolü Birimi organizasyon şeması



Şekil 2.3_ Üretim işletmesinin tipik bir organizasyon şeması

2.4 ÜRETİM PLANLAMA VE KONTROL SİSTEMİNİN TEMEL ELEMANLARI VE FONKSİYONLARI

Planlama , imal edilecek ürün ve üretim kaynağı hakkındaki verilerin analizi ile başlar. Bu veriler sayesinde belirlenmiş olan hedeflere en verimli şekilde ulaşmak üzere firma kaynaklarının kullanımı , bir program hazırlanarak ana hatları ile verilir. Operasyonlar sırasıyla ve üretim sistemlerinde tesbit edilmiş olan detaylara göre yerine getirilir. Diğer taraftan kontrol , hedeflere ulaşılması için bilgi geri iletimi yolu ile operasyonları başlatır ve denetler.

Planlama dönemi , bir ay ile bir yıl arasında olan orta dönem planlamaya ana üretim planlaması da denir. Bu planlama süreci , üretim hızının ve iş gücü düzeyinin tesbiti ve böylece tamamlanmış mal stok düzeyinin ve talebi karşılamak üzere fazla mesai veya dışarıya iş verme ihtiyacının belirlenmesi ile ilgilenen orta dönem üretim planlamasıdır. Operasyonların planlanması ana planın temelini oluşturur.

Operasyonların planlanmasında üç karar alınır.

- 1-Hangi operasyonların gerekli olduğunun bilinmesi
- 2-Bu operasyonların hangi iş merkezlerinde yapılacağının belirlenmesi
- 3-Bu operasyonların sıralarının belirlenmesi

Sürekli üretim veya geniş ölçekli üretimler için , ana plan oldukça statiktir ve sistem içinde imal edilen her mal için çizelge aynı olacağından her kalem mal üretimi için plan yapmak gerekli değildir. Bu sistemlerde talep , genellikle talebe dayanarak hazırlanan ana plana göre sürekli yinelenen tamamlanmış mal stoklarına göre karşılanır.

Kesikli üretim sistemlerinde , herbir ürün için bir üretim çizelgesi hazırlamak gerekir. Böylece ana plan , üretilecek ürünün tipine ve miktarına bağlı olarak sık sık değişir. Genellikle ürünler sipariş üzerine yapılır ve talep tamamlanmış mal stoklarından karşılanmaz.

Farklı üretim sistemlerinde farklılık göstermesine karşın üretim planlama ve kontrol elemanları genel olarak üç ana başlık altında incelenir.

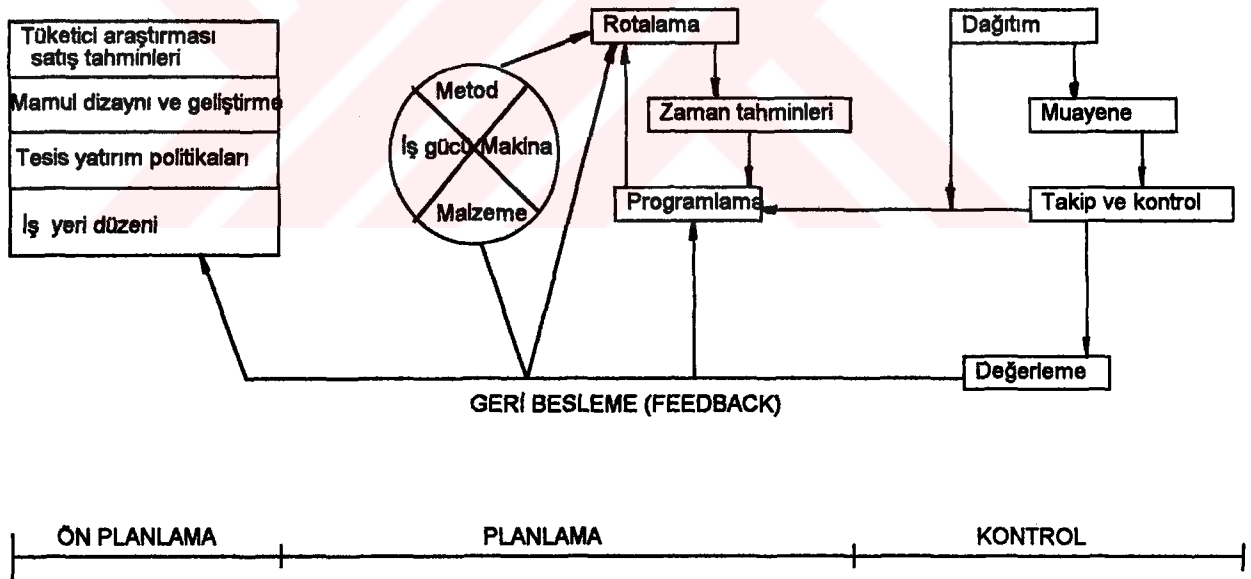
Ön Planlama : Ön planlama çalışmaları olmaksızın güvenilir bir üretim planının yapılması olanaksızdır. Ön planlama elemanları aşağıdaki konuları içerir.

- Tüketici araştırması , satış tahminleri
- Mamul tasarımı ve geliştirme
- Tesis yatırım politikası
- İş yeri düzeni

Planlama : Planlama çalışmaları iki ana konuda yapılır.

- Kaynaklara yönelik planlama :Malzeme , metod , makine , insangücü planlaması
- Yapılacak işlerin planlaması

Kontrol : Üretim kontrolü elemanları , dağıtım , takip , kontrol , muayene ve değerlendirme olarak tanımlanır. Kontrolün en önemli fonksiyonu , üretimdeki aksamaların ve plandan sapmaların tesbit edilmesi ve gerekli düzeltmelerin yapılabilmesi için bilgi geri iletiminin sağlanmasıdır.



Şekil 2.4_Üretim planlaması ve kontrolü fonksiyonları

2.5 ÖN PLANLAMA ELEMANLARI

Planlama çalışmalarından önce yer alan ön planlama çalışmaları olmaksızın güvenilir bir üretim planının yapılması olanaksızdır. Bu nedenle planlama tekniklerine

geçmeden önce , ön planlama elemanları olarak talep tahmini , kapasite planlaması , ve iş etüdü konuları incelenecektir.

2.5.1 TALEP TAHMİNİ

Gelecekteki üretim faaliyetlerinin planlanmasında ilk hareket noktası üretilmesi gereken veya istenen miktarlardır. Üretilmesi düşünülen mamule ne kadar talep olacağı bilinmeden herhangi bir planlamaya kalkışılmaz. Hammadde , yedek parça , yarı mamul , makina , insangücü ve yatırım ihtiyaçlarının saptanmasında temel veri talep tahminleridir.

Bir işletmenin , talep tahminlerine duyduğu ihtiyaç , üretim tipi , imalat araçları ve yöntemleri mamul çeşiti , tüketici eğilimi , rakipleri durumu , stoklama olanakları gibi pek çok faktörün etkisi altında belirlenir. Bu faktörlerin bir kısmını içeren genel bir kural olarak denilebilir ki ; tüketiciden talep geldiği andan başlayarak mamulün istenilen teslim tarihine kadar geçen sürenin uzunluğu talep tahmini ihtiyacını ortaya koymaktadır. Tüketicinin isteklerini zamanında karşılayabilmek amacı ile stoklamaya gidilmesi talep tahminlerinin önemini bir kez daha artırır.

Sipariş üretimi yapan fabrikalarda , geleceğe ait tahminlere pek ihtiyaç duyulmaz. Ağır endüstri dallarında genel kapsamlı tahminlerle yetinilebilir. Halbuki tüketim mallarında özellikle mevsimsel dalgalanma gösteren mamullerde kısa vadeli ve duyarlı talep tahminlerine başvurulması zorunludur.

Bir üretim işletmesinde yapılması sözkonusu olabilecek talep tahmin çalışmaları konularına ve kapsamlarına göre şu şekilde gruplanabilir :

- a-Yeni mamul talep araştırmaları
- b-Endüstri dalına ilişkin talep araştırmaları
- c-Fabrikalar grubuna ait talep araştırmaları
- d-İşletmenin geleceğine ait talep araştırmaları
- e-Bir mamul grubuna ait talep araştırmaları
- f-Belirli bir mamul için yapılan talep araştırmaları

Tahmin yapmada kullanılan metodlar başlıca üç ana grupta toplanır:

- 1-Tecrübe ve sezgiye dayanan talep tahmini: İşletmenin çeşitli ünitelerinde ve ilgili kuruluşlarda çalışan kişilerin görüşlerinin sistematik biçimde toplanarak analiz edilmesinden ibarettir. Görüş toplama yönteminin basit ve düşük maliyetli olma

avantajına karşılık , en büyük sakıncası tamamen tecrübe ve sezgiye dayanması yani subjektif olmasıdır.

2-Ekonomik göstegelere dayanan talep tahmini: İşletme açısından ekonomik göstergeler , genel istatistik verilerden ibarettir. Bunlar bir ülkenin belirli bir zaman aralığındaki çeşitli ekonomik faaliyetlerini simgeleyen rakamlardır. Eğer , araştırma konusu mamullerin talebi ile bu rakamlar arasında bir ilişki bulunduğu varsayılırsa , bunun istatistiki yöntemlerle ispatlanması halinde yararlı sonuçlar ortaya çıkabilir. Ancak bu yöntemde iki noktaya dikkat etmek gerekir. Birincisi , talep ile ekonomik göstege arasında geçmiş yıllarda mevcut olan bağıntı gelecek yıllarda aynı şekilde devam etmeyebilir. İkincisi ise , talebin değişimini etkileyen diğer faktörlerin ağırlıkları gelecekte değişebilir.

3-İstatistik yöntemlerle yapılan talep araştırmaları: Talebi etkileyen faktörlerin çokluğu ve bunlar arasındaki ilişkilerin karmaşıklığı tecrübe ve sezgiye dayanan yöntemleri yetersiz kılarken istatistiki yöntemlerin kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Talep tahmininde kullanılan teknikler (ortalama , ağırlıklı ortalama , üssel ağırlıklı ortalama vb.) uygulamalı istatistiğin konuları arasındadır ve gerçeğe en yakın verilerin elde edilebileceği bir yöntemdir.[4]

2.5.2 KAPASİTE PLANLAMASI

Herhangibir üretim sisteminin gerçekleştirdiği veya gerçekleştirilmesi gerekli üretim seviyesi o sistemin kapasitesi olarak kabul edilir.[1] Kapasite genellikle , bir üretim oranı veya belirli bir zaman içindeki üretim miktarı olarak tanımlanır.[4] Kapasite ölçümünde karşılaşılan temel güçlük ise üretilen ürünün çeşitliliğinden kaynaklanır.

Kapasite ölçümünde , miktar ve zaman faktörlerinin belirlenme güçlüğü vardır. Yalnız bir cins mamul üreten bir işletmede böyle bir sorun yoktur. Fakat malzeme işlem süresi ve işçilik bakımından çok çeşitli mamul üreten bir işletme için ortak bir ölçü bulmak güçtür. Aynı güçlük , belirli bir zaman aralığında değişik sürelerde üretim yapan işletmelerde zaman faktörü sebebiylede mevcuttur.

Kapasite planlaması diğer bir deyişle kapasite yönetimi ise , toplam talebi karşılayabilmek için gerekli üretim faaliyetlerinin seviyesini ayarlama çalışmalarını içerir. Yeterli kapasite , ortalama talep seviyesini ve bundan sapmaları karşılayabilen kapasite olarak tanımlanır.

Kapasite planlaması , birbirine bağımlı iki planlama aşamasından oluşur. Bunlar ortalama üretim seviyesinin belirlenmesi ve bu seviyeden sapmaları gerektiren durumların karşılanabilmesi için yapılan ayarlama planlarıdır. Genelde kapasite planlaması şu çalışmaları içerir:

- Mevcut kapasitenin tanımı
- Uzun dönemli kapasite ihtiyaç tahminleri
- Kapasite ayarlama yöntemlerinin belirlenmesi
- Kapasite ayarlama yöntemlerinin finansman , ekonomik ve teknolojik yönlerden değerlendirilmesi
- En uygun kapasite ayarlama yönteminin seçimi [1]

Talep ile ilgili belirsizlikleri karşılayabilmek için iki temel kapasite yönetimi stratejisi vardır.

1-Kapasite ayarlamaları için esneklik sağlanması : Üretim kapasitesi belirli limitler içerisinde değiştirilebilir. Kapasite artışları kaynakların daha iyi kullanımıyla sağlanabilir. Bu ise üretim birimleri arasında kaynak transferiyle ya da bu kaynakların en iyi kullanımını sağlamakla elde edilebilir. Geçici kapasite azaltma ise , yine kullanılmayan üretim kaynaklarının birimler arası transferiyle sağlanabilir. Kapasite ayarlamaları şu yöntemlerle yapılabilir :

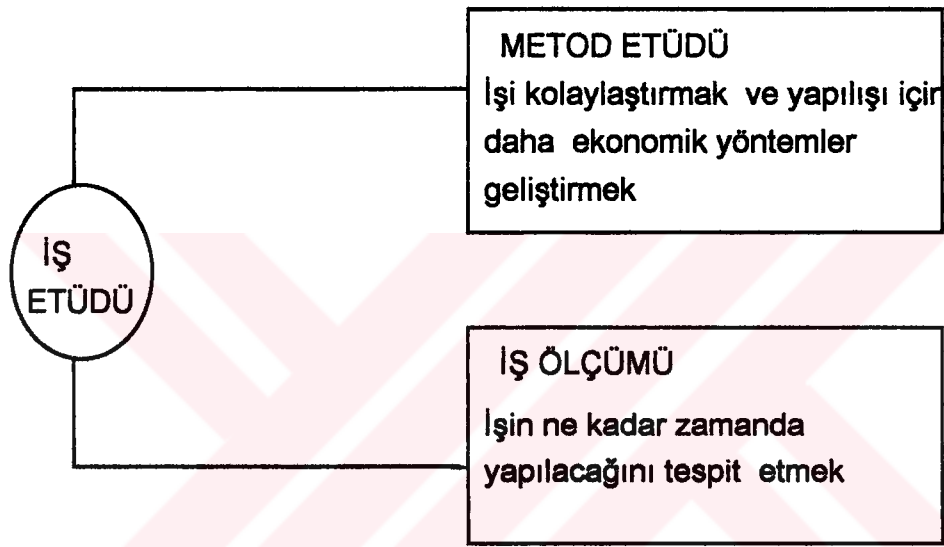
-Fason imalat yoluyla : Üretimin bir kısmının firma dışında yaptırılması darboğaz teşkil eden sistemler için sözkonusudur. Bu şekilde diğer tezgah , insangücü gibi kaynakların kullanım oranları ve dolayısıyla üretim seviyeleri arttırılabilir. Bunun yanı sıra fason imalat miktarı , yatırım-kapasite oranını etkiler. Bu yüzden "yap" ya da "satın al" kararlarının sürekli olarak gözden geçirilip yenilenmesi gereklidir.

-Çalışma saatlerindeki değişikliklerle: Çalışma saatleri , vardiya ve fazla mesai uygulamalarındaki değişiklikler kapasite ayarlamasında yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Ancak ilave vardiyalar ve fazla mesai kararları birtakım yeni maliyet öğelerini ortaya çıkaracaktır. Bu nedenle bu kararlar alınırken , endüstrinin özellikleri gözönünde tutularak ekonomik bir analiz yapılması gerekir.

2- Kapasite ayarlama nedenlerini azaltmak veya ortadan kaldırmak : Çok sayıda ve çok çeşitli üretim kaynakları kullanan üretim sistemlerinde , kesintisiz çalışan proses tipi üretim sistemlerinde ve kalifiye işgücü ve özel tezgahların kullanıldığı üretim sistemlerinde geçici kapasite ayarlamalarının yapılması çok zor ve imkansız olabilir. Ürünün stoklanabildiği sistemlerde üretimin stoklanması , talepteki ayarlamalara karşı kullanılan yaygın bir yöntemdir. Bu yöntemle kaynakların kullanım oranları belli bir seviyenin üzerinde tutulabilir ve aynı zamanda talep artışları karşılanabilir.

2.5.3 İŞ ANALİZLERİ (İŞ ETÜDÜ)

Üretim kaynaklarından mümkün olabilecek en yüksek düzeyde yararlanabilmek için , aralarındaki ilişkilerin bilinmesi , düzenlenmesi ve ölçülmesi gerekir. Bu amaca yönelik sistematik araştırmaların tümüne İş Analizleri ya da İş Etüdü denir. İş analizleri , işlerin daha basit ve verimli yapılma olanaklarını araştıran ve yeni yöntemler geliştiren , diğeri üretimi oluşturan kaynakların miktarını saptamaya çalışan iki faaliyet grubundan ibarettir. Birinci gruptaki faaliyetler Metod Geliştirme ya da Metod Etüdü ikinci gruptakiler ise İş Ölçümü olarak tanımlanır. [2]



Şekil 2.5 _İş etüdü yada iş analizleri

2.5.3.1 METOD ETÜDÜ

Metod etüdü ,bir işin birim başına daha az masrafla ,daha kısa zamanda ve daha kolay yapılabilmesini sağlamak amacıyla , bütün faaliyetlerin sistematik incelenmesi ve geliştirilmesidir. [2]

Metod etüdünün konuları şunlardır:

- Süreçlerin ve yöntemlerin düzeltilmesi
- Fabrikanın , atölyenin , işyeri düzeninin tesisat ve donatım tasarımlarının düzeltilmesi
- İnsangücünde arttırım sağlanması ve aşırı yorgunluğun azaltılması
- Malzeme , makine ve insangücünün kullanılmasının düzeltilmesi
- Daha iyi çalışma koşullarının geliştirilmesi

Tüm bir fabrikanın düzeninden bir işçinin en ufak hareketine kadar her düzeydeki sorunları çözümlmek için bir çok metod etüdü teknikleri vardır. Ancak temel yöntemler aynıdır ve büyük bir titizlikle uygulanması gereklidir.

Metod etüdü yöntemi aşağıdaki aşamalardan oluşur.

1-Etüd yapılacak işin seçimi : Öncelikle büyük işgücü gerektiren uzun süre devam edecek tekrarlamalı işlemler metod etüdü için uygun bir ortam oluşturur. Diğer üretim işlemlerini geciktiren darboğazlar , büyük ölçüde insangücü ve donatım kullanmayı gerektiren ya da çok sık yinelenen malzeme aktarımı , yine öncelikle etüd edilmesi gerekli konular arasındadır.

2-İşin özelliklerini belirleyecek bilgilerin toplanması : Metod etüdü yapılacak işlere ait bilgilerin sistematik bir biçimde toplanmasını sağlamak için çeşitli şemalardan faydalanılır. Bunlar işi oluşturan temel işlemlerin baştan sona kadar kaydedildiği temel süreç şemaları , ürün ya da yöntemle ilgili tüm olayların akışını sırayla belirleyen iş akımı şemaları ya da genellikle yinelenen işlemler için kullanılan ve bir tezgahta çalışan işçinin ellerinin etkinliklerinin birbirleri ile ilişkili olarak kaydedildiği iki el şemalarıdır.

3-İşin ayrıntılarının incelenmesi ve aksak noktaların belirlenmesi : Bu aşamada soruşturma tekniği kullanılır. Soruşturma tekniği sırasıyla her etkinliği sistematik ve ilerleyen bir soru dizisi ile eleştirerek inceleyen bir araçtır. Tekniğin ilk aşamasında , her etkinliğin amacı , yeri , sırası , kişisi ve yolu sistematik bir soruşturma ile kaydedilir ve her cevap için bir neden araştırılır elde edilen bilgiler uygulama alanına dökülür.

4-Yeni metodun geliştirilmesi : İşin elemanları ayrı ayrı incelenip geliştirme çareleri tesbit edildikten sonra bunlar bütün olarak yeniden ele alınır. Bir kez daha eliminasyon , birleştirme , sırasını değiştirme ve basitleştirme olanakları üzerinde durulur. Böylece ortaya çıkan yeni metodun maliyeti hesaplanır.

5-Seçilen yeni metodun uygulamasına geçiş : Bu aşamada yapılacak ilk iş öncelikle yönetici ve üst kademelere , bunlardan onay aldıktan sonra da işçilere iş metodunun benimsetilmesidir. Yeni iş metodunun uygulamaya konulduğundan hemen sonra denemelerin ve bazı ufak tefek değişikliklerin yapılması zorunlu olabilir. Ayrıca yeni iş metoduna alışana kadar üretimde düşüş de kaçınılmazdır.

6-Uygulamanın takip ve kontrolü : Uygulama ,bir süre yakından takip edildikten sonra ortaya çıkan aksaklıklar tesbit edilip gerekli düzeltmeler yapılmalıdır.

2.5.3.2 İŞ ÖLÇÜMÜ

İş ölçümü , nitelikli bir işçinin belirli bir işi , belirli bir çalışma hızıyla yapması için gereken zamanı tesbit etmek amacıyla geliştirilmiş tekniklerin uygulanmasıdır. [1]

Metod etüdü ve iş ölçümü birbirini takip eden iki çalışmadır. Metod etüdü , işlemin iş kapsamının azaltılmasıyla ilgilenir , iş ölçümü ise , metod etüdü ile belirlenen iş kapsamına dayanarak etken olmayan sürenin incelenmesi ve azaltılması ve işlem için standart zamanların tesbiti ile ilgilenir. Amaç , işin yapılış süresini tesbit ederek yönetim kademelerinin daha etkin çalışmasını sağlamaktır. Bir işi doğrudan oluşturan elemanlar malzeme , makine ve insangücüdür. Bunların ilk ikisi kolay ölçülebilen , değişkenliği az fiziksel elemanlardır. Fakat insan gücü ,sosyal çevre , kişisel yetenekler , eğitim , tecrübe ve teşvik gibi çok çeşitli ve ölçülmesi güç faktörlerin etkisi altındadır.

Günümüzde , bir işletmenin faaliyetlerini etkin bir biçimde yürütebilmek için zaman standartlarına büyük ihtiyaç vardır. Üretim plan ve programlarının hazırlanması , kısa ve uzun vadeli tahminler , maliyet kontrolü , işçilik ücretlerinin ve teşvik oranının tesbitinde , henüz üretime başlanmamış bir mamulün maliyetinin hesaplanmasında , gözetim ve kontrol etkinliğinin artırılması gibi konularda zaman standartlarına dayanmadan yapılacak işlerin tutarlı ve yararlı olması mümkün değildir.

İş ölçümü , işletmenin yapısına ve mali olanaklarına en uygun teknikler kullanılarak yapılır. En çok kullanılan metod işlemin veya onu oluşturan elemanların yapılış süresini doğrudan bir ölçme aracı (kronometre) ile tesbit etme tekniği olan doğrudan ölçme tekniğidir. Bu teknik literatürde Kronometraj ya da Zaman etüdü olarak geçer.

Zaman etüdünde işlem sırası şu şekildedir:

1-Ölçülecek işin seçimi : Elde edilen sonuçların kullanımı açısından en fazla gerekli olan veya yarar sağlayan işlere öncelik verilmelidir. Bunlar , yeni bir mamul üretimine bağlı olarak ortaya çıkan işlemler veya üretim hattında yığılmalara sebep olan işlemler olabilir.

2-Ölçmenin yapılacağı iş istasyonunu veya işçinin seçimi : Zaman etüdü için seçilecek işçinin iş için gerekli bilgi , tecrübe ve yeteneğe sahip olması gerekir. İşçiler arasında çalışma hızı , yetenek , tecrübe , yaş ve hatta psikolojik durum gibi faktörlerin etkisi , aynı işin farklı işçiler tarafından farklı zamanlarda yapılmasına sebep olabilir. Seçim esnasında dikkat edilecek en önemli konu , standart zamanların aynı şartlarla benzer iş istasyonlarında diğer işçiler tarafından yapılan işlemler için de geçerliliğinin sağlanmasıdır.

3-İşlem , iş istasyonu ve işçi ile ilgili bütün bilgilerin toplanması : Ölçülecek işi tanıtan , iş istasyonuna , imalat departmanına , üzerinde işlem yapılan iş parçasına ilişkin bilgiler gözlem sonuçlarının analizlerinde kullanılacağı için düzenli biçimde toplanarak kaydedilmesi gerekir.

4-İşlemin elemanlarına ayrılması : Ölçülecek işin , gözlem kolaylığı sağlamak ve bulguları daha etkili analiz etmek amacı ile daha küçük faaliyetlere ayrılması gerekir. Bu şekilde makine ve insan gücünün tek başlarına kullanıldığı yerler ayrılabilir ve farklı özellikteki elemanlar tempo ve tolerans açısından ayrı ayrı değerlendirilebilir.

5-Gözlem ve ölçmelerin yapılması : Zaman etüdünde gözlemler tecrübeli bir analist tarafından iş istasyonunda yapılır. Analist gözlem kayıt formu ve kronometre ile birlikte uygun bir yerde durarak işi gözler.

6- Gözlem sayısının hesaplanması : Bir işlemin , dolayısıyla onu oluşturan elemanların süreleri çeşitli faktörlerin etkisi altında değişimler gösterir . İş ölçümünün amacı bu değişimleri gözönüne alarak gerçek süreye en yakın değeri bulmaktır. Sadece bir çevrim için yapılan ölçmenin gerçeğe yakınlığı için bir tahminde bulunmak mümkün değildir. Ancak yeterli sayıda çevrim ölçüldükten sonra belirli güvenlik sınırları için tahmin yapılabilir.

Gözlenen sürelerdeki değişimlerin tesadüfi olduğu varsayımına dayanarak , yeterli gözlem sayısını hesaplamak için çeşitli istatistik formullerden yararlanılır.

N =istenilen duyarlık ve güven sınırı içinde tahmin yapmayı sağlayacak gözlem sayısı

N = halen yapılmış olan gözlem sayısı

X_i =söz konusu elemanın i . gözleminde ölçülen süresi olmak üzere :

$$N' = \left[\frac{40 \cdot N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{\sum x_i} \right]^2 \quad \text{formülü kullanılır. (2.1)}$$

Gözlem sayısının bulunmasını basitleştiren ve hesaplamalara ihtiyaç göstermeyen grafik araçlarda geliştirilmiştir.

7-İşçinin çalışma temposu tesbit edilir : Zaman etüdünün en önemli ve en zor kısmı , etüd yapılırken işçinin çalışma hızını ve temposunu değerlendirmektir. Analist etüd yaparken aynı zamanda işçinin hızını da derecelendirir. Derecelendirme , gözlemcinin standart hız kavramına göre , işçinin çalışma hızını değerlendirmesidir. Bu , standart hız işlerini benimsemiş ve doğru metodları kullanan nitelikli işçilerin normal bir çalışmayla ulaşabilecekleri ortalama hızdır.

Aynı işin yapıldığı değişik istasyonlarda , işçilerin tecrübe , bedensel güç ve yetenekleri arasındaki farklar nedeniyle farklı tempolar görmek mümkündür. Diğer taraftan , işin elemanları arasında , taşınan ağırlık , istenen dikkat , makina gücünün kullanılması gibi faktörler bakımından farklar vardır. Bunlar da işçinin çalışma temposunu artırıcı ya da azaltıcı yönde etki yapar.

Zaman etüdünde , gözlemcinin iyi yetişmiş , bilgili , eğitilmiş ve çabuk karar verebilen bir kişi olması gerekir. Bütün olumlu şartlar sağlansa bile gözlemcinin yargısında yanılma olanağı değişen oranlarda daima vardır. Bunu azaltmak için çeşitli derecelendirme metodları geliştirilmiştir. En çok kullanılan , işçinin hızının veya temposunun normal hız ya da tempoya göre % cinsinden değerlendirildiği performans derecelendirmesidir. Bu metoda göre normal işçinin hızı %100 kabul edilir. Hızlı çalışan bir işçi için derecelendirme %100'ün üzerinde , ağır çalışan işçi için ise %100 ün altında olacaktır.

8-Toleransların hesaplanması : Her çevrimde tekrarlanmayan bazı faaliyetler , önceden tahmin edilemeyen gecikmeler , yorulma gibi çeşitli nedenler , ölçülen zamanla tesbit edilen temponun çarpılması sonucu bulunan normal zamanın bilinçli olarak hesaplanmış eklemelerle artırılmasını gerektirir. Normal zamanın yüzdesi olarak hesaplanan bu eklere tolerans denir ve başlıca üç grupta toplanır.

a-Kişisel ihtiyaçlar toleransı : İşçinin temizlik , su içme , tuvalet gibi ihtiyaçlarının karşılanması için verilen süredir.

b-Yorulma toleransı : Ağır bedensel veya düşünsel çaba isteyen işlerde normal zamana işçinin yorulmasını karşılayan toleranslar eklenir. Hafif işlerde yorulma toleransına gerek yoktur. Ağır işlerde ise çeşitli yorgunluk faktörleri için tecrübelerle bulunmuş toleranslardan , incelenen işin durumu gözönüne alınarak bir değer seçmek başvurulacak çarelerin en iyisidir. Bir işte , en elverişli şartlar bulunması halinde bile %4 yorulma toleransı verilir. Bütün faktörlerin en yüksek oranda yorulma toleransı istemesi halinde ise toplam %58'e ulaştığını tecrübeler göstermiştir. Yani güç şartlar altında yapılan bir işte toplam yorulma toleransı normal zamanın %60'ına yaklaşmaktadır.

c-Gecikme toleransı : İşletme içi ve işletme dışı etkenlerle oluşan gecikmelerin , bakım ve tamirlerin zamanında yapılması iş programlarının dikkatli yapılması gibi tedbirlerle önlenabilir. Ancak önlenemez nitelikteki gecikmeleri karşılamak için geçmiş kayıtlar incelenerek , her iş kendi şartlarında düşünülerek bir tolerans verilir.

9-Standart zamanların bulunması : Bu noktaya kadar yapılan işlemler tamamlandıktan sonra standart zamanların bulunması basit bir aritmetik işlem den ibarettir. [2]

$$\text{Standart zaman} = \text{Gözlenen zaman} * \frac{\text{Tempo}}{100} \left(1 + \frac{\text{Toplam tolerans}}{100} \right)$$

$$\text{Standart zaman} = \text{Normal zaman} * (1 + \% \text{ Tolerans}) \quad (2.2)$$

ÖRNEK :

$$\text{Gözlenen zaman} = 0.65$$

$$\text{Standart zaman} = \%115 = 1.15$$

$$\text{Kişisel ihtiyaç toleransı} = \%5 = 0.5$$

$$\text{Standart zaman} = 0.65 * (115 / 100) * [1 + (5 / 100)] = 0.78 \text{ dk.}$$

Yukarıdaki örnekte uygulanan metod standart zamanların hesaplanmasında en çok kullanılan metod olmasına rağmen bazı eksik yönleri bulunmaktadır. % kişisel pay ayrılmasından 8 saatlik bir iş gününde , işçiye kişisel ihtiyaçları için ;

$$8 * 60 * 0.05 = 24 \text{ dakikalık zaman ayrılmış olur. Bu durumda işçinin çalıştığı süre ;}$$

$$480 - 24 = 456 \text{ dakikadır. Bir işlemin tamamlanması için gereken normal süre}$$

$0.65 * 1.15 = 0.75$ dakika olduğuna göre işçi bir günde $456 / 0.75 = 607$ parça üretebilir. 8 saatlik çalışma gününde parça başına standart zaman $480 / 607 = 0.79$ dakikadır ve bu değer daha önce bulunan değerden farklıdır. Toleransları bu şekilde hesaba katan formül :

$$\text{Standart zaman} = \text{Normal zaman} * \frac{100}{100 - \% \text{Tolerans}} \quad (2.3)$$

Toleransları , bu şekilde standart zamana katmak bizi doğru sonuca götürecektir. [5]

2.6 ANA ÜRETİM PLANLAMASI

Bilindiği gibi ana üretim planlaması , orta dönemli bir planlama çalışması olup üç ay ile bir yıllık planlama dönemini kapsar. Uzun dönemli planlama süresince belirlenen , işletmenin genel politikası ve kaynak kısıtları çerçevesinde ana planlama çalışmaları yapılır.

Üretim planlaması girdi olarak aşağıdaki verileri kullanır.

- 1-Envanter seviyeleri
- 2-Sipariş miktarı
- 3-Talep tahminleri
- 4-İmalat ara stok düzeyleri
- 5-İşgücü seviyeleri
- 6-Her üretim merkezinin kapasitesi
- 7-Malzeme temin edilebilirliği
- 8-Üretim standartları
- 9-Maliyet standartları ve satış fiyatları
- 10-Yönetim politikaları

Bu verilerin periyodik olarak toplanıp analizi sonucunda üretim planları hazırlanır. Hazırlanan planlar genel olarak aşağıdaki konuları içerir.

- 1-Üretilcek her ürünün miktarı
- 2-Her ürün için alternatif üretim süreçleri ve her üretim süreciyle üretilcek üretim miktarı
- 3-Her bir departman , hat , makina ve benzeri tarafından üretilcek ürün miktarı
- 4-Ürünlerin hedeflenen envanter seviyeleri
- 5-Fazla mesai , ilave vardiyalar , kullanılmayan kapasite vb.
- 6-işgücü seviyeleri
- 7-Yan üreticilerden ne tip girdinin ne miktarlarda temin edileceğini belirleyen planlar

8-Üretim sistemi içindeki alt sistemler arasında hareket edecek olan malzeme ve yarı işlenmiş ürün miktarı

9-Satın alınacak malzeme ihtiyaçları

Hazırlanan ana üretim planı , global verileri kullanarak üretim kaynaklarını ürünler ve dönemler bazında kabaca dağıtır. Bu plan sonucu ortaya çıkan veriler daha sonra detaylı planlamada kullanılır.

2.7 DETAYLI PLANLAMA

Detaylı planlama , genellikle bir ile iki haftalık planlama döneminin gözönüne alındığı kısa dönemli planlamadır. Ana üretim planlama modeli , detaylı planlama modelinin temel girdilerini sağlar ve eldeki kaynakların planlama sürecinde en uygun kullanımını sağlayacak temel üretim politikalarını tesbit eder. Detaylı üretim planlama modeli ise , ana planın belirlediği politikalar çerçevesinde , yapılacak işlerin sırasını ve bu işlere ayrılacak optimum kaynak miktarını belirler. Dolayısıyla ana üretim planlamasında üç ay ile bir yıllık planlama dönemi göz önüne alınarak orta dönemli kararlar verilir. Detaylı planlama ise kısa dönemli planlama olarak kabul edilir.

Ana plan ve detaylı planlama modelleri arasında birbirleriyle bağıntılı olarak değerlendirilmelidir. Özellikle ana planda yapılan hatalar detaylı plana da yansıtacağından önemli aksamalara neden olabilir.

Ana üretim planlamasında sadece matematiksel modelin kurulması yeterli değildir. Bu modeli besleyecek ve model parametrelerini planlama süresi boyunca yenileyecek bir bilişim sistemine ihtiyaç vardır. Matematiksel programlama modellerinin vereceği en uygun çözüm , modelin parametrelerine göre doğrudur. Gerçekçi olmayan parametrelerle kullanılan ana üretim planlama modelleri , işletmede küçümsenmeyecek aksaklıklara neden olabilirler. Öte yandan ana üretim planlamasının başarısı , ana üretim planlama modelinin detaylı üretim planlama modeliyle ilgisine çok bağlıdır.

2.8 ÜRETİM KONTROLU

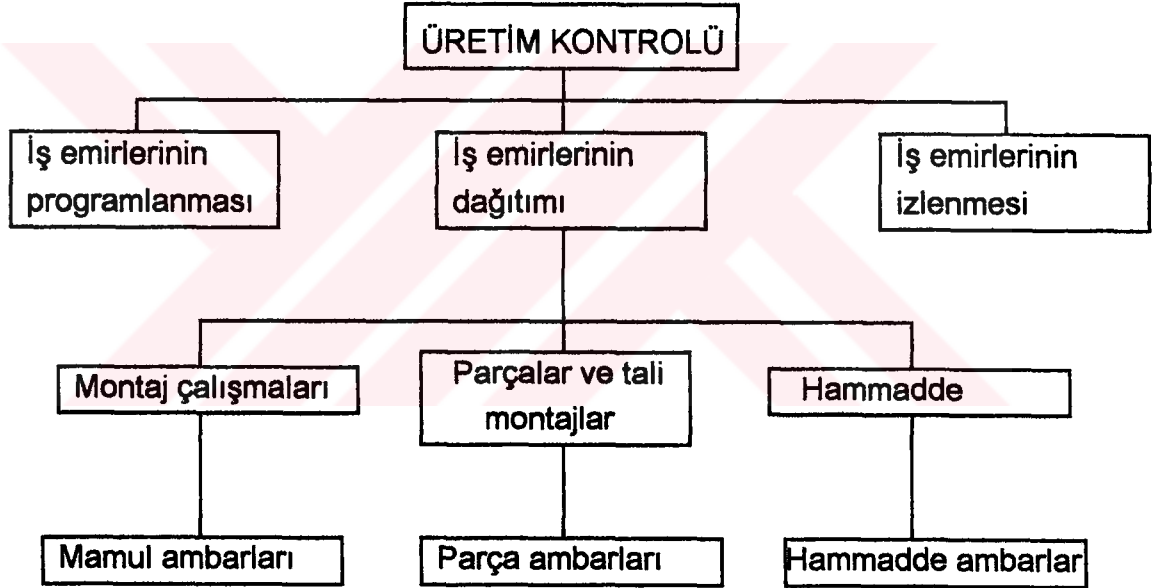
Üretim kontrol , üretim planlama faaliyetlerinin ayrılmaz bir parçasıdır ve endüstride üretim kontrolü deyimiyle genellikle miktar ve üretim kapasitesinin kontrolü gözönüne alınır. Genel olarak üretim kontrolünün amacı , şirketin hedefleri çerçevesinde optimum kar sağlayacak şekilde işletmenin içine ve dışına olan

malzeme akışını planlamak ve kontrol etmek olarak tanımlanabilir. Bu nedenle üretim kontrolü müşteri talebini , sermaye durumunu , üretim kapasitesini , insangücü vs.'yi sürekli olarak tartan kontrol altında tutan bir araç kurmalıdır. Bu , yalnızca yukarıdaki faktörlerin mevcut durumlarını gözönüne almak şeklinde olmamalı , aynı zamanda bu faktörlerin gelecek içinde planlanması şeklinde olmalıdır. [1]

Üretim fonksiyonunun üç alt fonksiyonu vardır :

- 1-Üretim siparişlerinin programlanması
- 2-İş dağıtımı
- 3-Üretimin izlenmesi

Üretim siparişleri deyimiyle anlatılmak istenen fabrikanın üretim kısımlarında çeşitli işlemlerin yapılmasını emreden iş emirleri kastedilmektedir.

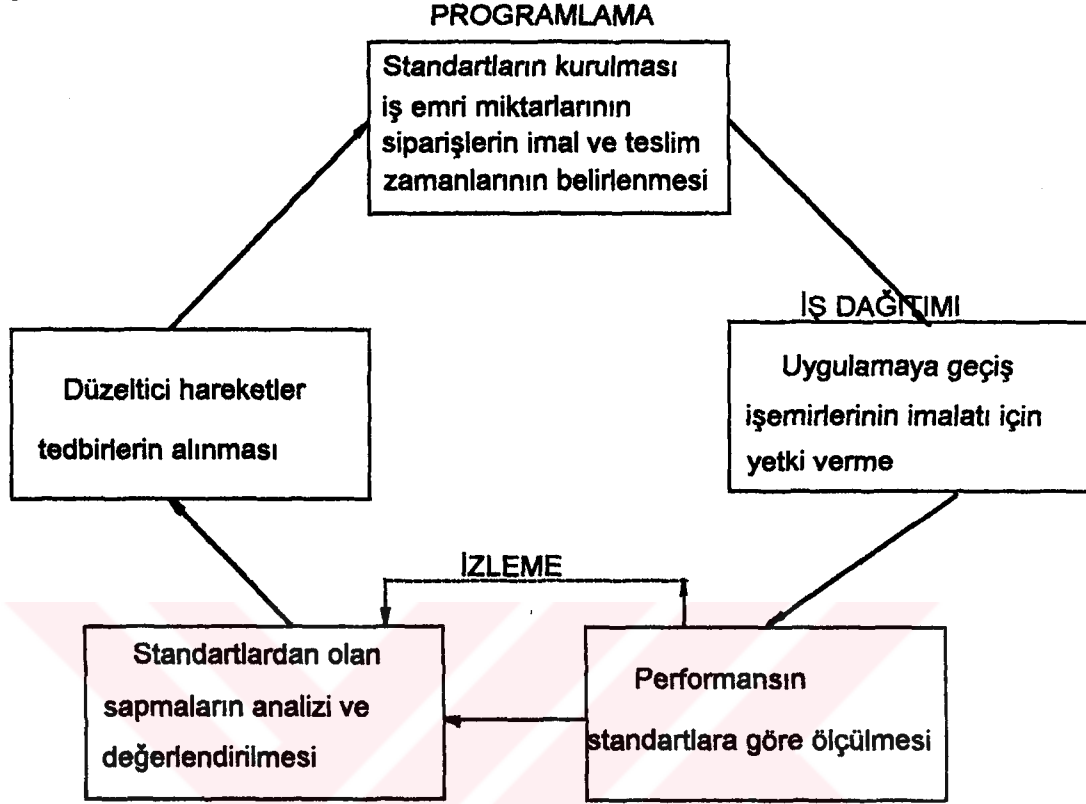


Şekil 2.6_Üretim kontrolünün alt fonksiyonları

Üretim kontrol fonksiyonlarını genel kontrol aşamaları cinsinden ifade etmek mümkündür. Bu genel aşamalar şunlardır :

- 1-Standartların kurulması
- 2-Performansın standartlara göre ölçülmesi ve karşılaştırılması
- 3-Performansın standartlardan sapmasının analizi ve değerlendirilmesi
- 4-Düzeltilici hareketin (kararların) belirlenmesi

Bütün kontrol faaliyetlerini aşağıdaki gibi kapalı bir kontrol devresi şeklinde göstermek mümkündür. [6]



Şekil 2.7 _ Üretim kontrol faaliyetlerinin kapalı devresi

Bir işletme içinde , üretim müdürünün ilk görevi, gelecek yıla ait satış tahminleri yapmaktır. Planlamayı yapmak için , her planlama devresinde satılması beklenen mamul miktarının tahminlerine sahip olmak zorunludur. Bu bilginin ışığında ekonomik sipariş miktarları tespit edilmelidir. Cevaplandırılması gereken başka sorularda vardır. Satın alınan malzemeyi hangi araç ile getirmek daha ekonomiktir? Minimum stok düzeyi olarak hangi miktar kabul edilmelidir? Büyük miktarlarda stoklama için gerekli depo var mıdır? Müşteri talebi mevcut kapasite ile karşılanabilir mi? Yoksa kapasiteyi arttırmak zorunlu mudur? Kaç vardiya gereklidir? Fazla mesai ne zaman gereklidir? Fazla mesai ile prim ödemek yerine bazı siparişleri reddetmek daha mı karlı olur?

Bu sorular , üretim planlama ve kontrolü yapılırken göz önüne alınması zorunlu olanlardan bir kaçıdır. Üretim kontrol ilkeleri bütün endüstri tiplerinde aynıdır yalnızca uygulanan yöntemler farklıdır. [1]

BÖLÜM 3 DOĞRUSAL PROGRAMLAMA TEKNİĞİ İLE OPTİMİZASYON

3.1 DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

Doğrusal programlama matematiksel yaklaşımlara uygulanan en başarılı metodlardan biridir. Doğrusal programlamanın hedefi , işletmenin alternatif üretim kaynakları arasında optimal tahsislerin tesbitine yardımcı yaklaşımlar geliştirmektir. Firma kaynakları ekonomik değerde olduğundan ve firma üretimi kar ve maliyete komuta ettiğinden doğrusal programlama problemi üretim için sınırlı kaynakların tahsisi haline gelir.

Doğrusal programlamanın yaygınlığı , yönetim konusunda duyulan gereklilikten kaynaklanır. Yönetimin önemli görevlerinden biri de kaynakların en iyi kullanımıdır. Ve bu elde bulunan kaynaklarla ürüne duyulan isteğe bağlıdır. Hedef , firma karını maksimize etmektir. [5]

3.2 DOĞRUSAL PROGRAMLAMA PROBLEMİ

Doğrusal programlama problemi , kaynakların ortaya çıkış maliyetlerini veya elde edilecek karları optimum yapacak şekilde çeşitli faaliyetlere dağıtım problemidir. [1] Doğrusal programlamada kullanılan varsayım ise modelin elemanları arasındaki bütün ilişkilerin doğrusal olmasıdır. Model kurulduktan ve çözüm elde edildikten sonra , doğrusal bağıntıların tesbitinin yapılması gereklidir.

ÖRNEK : Üretim 1. makina için 120 saat ve 2. makina için 80 saat olarak planlanmıştır. Plan periyodu boyunca üretim A ve B olmak üzere iki ürün ile sınırlandırılmıştır. A ürününün her birimi her makina için 2 saatlik proses süresine ihtiyaç duyar. B ürününün her birimi 1. makinada 3 saat , 2 makinada 1.5 saate ihtiyaç duyar. A'nın kara katkısı 4 birim ve B'nin 5 birimdir. Her iki üründe kolayca satılabilir. Bu nedenle üretim karı maksimize etme hedefine göre planlanmalıdır.

Doğrusal programlama problemi aşağıdaki şekilde formüle edilir.

x_1 = üretim için planlanmış A ürününün birim sayısı

x_2 = üretim için planlanmış B ürününün birim sayısı

p = sabit masraf ve kara katkı

Doğrusal programlama problemi ;

$$p = 4x_1 + 5x_2 \dots\dots\dots (\text{kar})$$

$$\begin{aligned} & 2x_1 + 3x_2 \leq 120 \dots\dots\dots (\text{mak. 1}) \\ \text{kısıtlayıcı şartlar : } & 2x_1 + 1.5x_2 \leq 80 \dots\dots\dots (\text{mak. 2}) \\ & x_1, x_2 \geq 0 \dots\dots\dots (\text{negatif olmama şartı}) \end{aligned}$$

Matematiksel formülasyon A ve B üretimini karı maksimumum yapma hedefine göre planlamak için oluşturulmuştur. Üretim elde bulunan kaynaklarla sınırlandırılmıştır.

A ve B üretiminin karı maksimum yapan üretim miktarı cinsinden çözümü grafiksel çözüm yada simpleks metod yardımıyla çözülebilir.

3.3 GRAFİK ÇÖZÜM

Grafik çözüm , iki değişkenli doğrusal programlama problemlerinin çözümü için uygun bir metottür. İki den fazla değişkenli olan problemler için ise simpleks algoritma kullanılır.

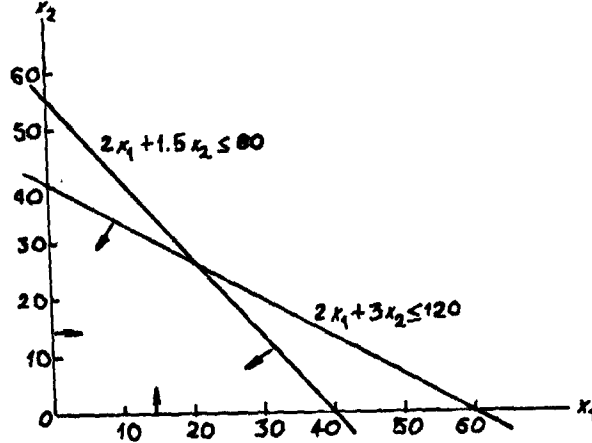
3.3.1 MAKSİMİZASYON

Bir önceki bölümde verilen örnekte problem matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmişti.

$$\begin{aligned} \text{Maksimum} \quad & p = 4x_1 + 5x_2 \\ \text{Kısıtlayıcı şartlar} \quad & 2x_1 + 3x_2 \leq 120 \\ & 2x_1 + 1.5x_2 \leq 80 \\ & x_1 + x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

Optimize edilecek fonksiyon $p = 4x_1 + 5x_2$ AMAÇ FONKSİYON olarak adlandırılır. Eğer üretim değerleri kısıtlanmazsa amaç fonksiyonunun değeri sınırsız olur. Bu nedenle eşitsizlikler kısıtlayıcı şartlar olarak ele alınmalıdır. İlk iki kısıtlayıcı

şart , problemdeki teknolojik ihtiyaçlardan kaynaklanır , son şart ise negatif olmama şartıdır. Kısıtlayıcı şartlardan elde edilen grafik aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.1

Bütün eşitsizlikler doğrusaldır. Sonuç olarak bütün eşitsizlikler iki nokta değeri olarak elde edilir. Bu noktalar $(x_1 = 0; x_2 = 40)$, $(x_1 = 60; x_2 = 0)$ ikinci eşitlik için ise $(x_1 = 0; x_2 = 53.3)$, $(x_1 = 40; x_2 = 0)$ değerleridir. Kalan iki eşitlik ise $x_1 = 0, x_2 = 0$ yatay ve düşey doğrularıdır.

Doğrusal programlama problemi amaç fonksiyonu , kısıtlayıcı şartlara bağlı olarak maksimize etmekten oluşur. Uygun çözümü bulmak için kısıtlayıcı şartları c_1, c_2, c_3, c_4 olarak gösterelim.

$$c_1 = 2x_1 + 3x_2 \leq 120$$

$$c_2 = 2x_1 + 1.5x_2 \leq 80$$

$$c_3 = x_1 \geq 0$$

$$c_4 = x_2 \geq 0$$

$$F = \{(x_1; x_2) | c_1 \cap c_2 \cap c_3 \cap c_4\}$$

F seti , doğrusal programlama probleminin uygun çözümünü sağlayan bütün nokta çiftlerini kapsar. Bu nokta çiftleri (Şekil 3.2)' de taralı alan olarak gösterilmiştir. Bu alan "uygun çözüm alanı" olarak tanımlanır. [7]

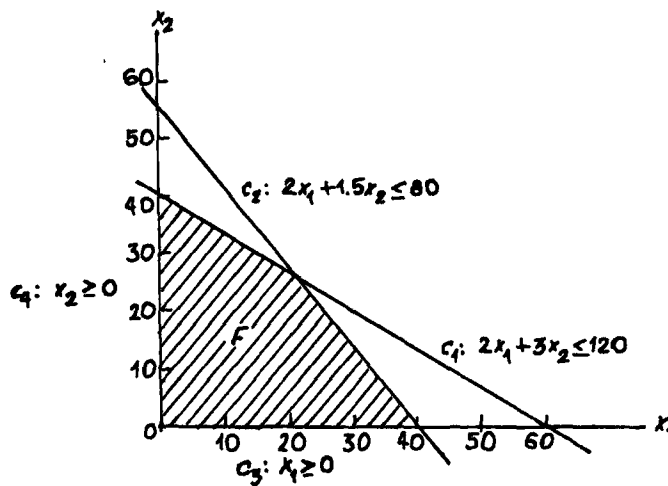
Doğrusal programlama probleminin optimal çözümü amaç fonksiyonunu maksimize eden F bölgesinin bir üyesidir. Bu basitleştirilmiş örnekte bile , uygun alanda sınırsız sayıda nokta çifti olduğu açıkça görülmektedir. Her nokta çifti , çözüm alanının bir üyesi olduğundan her nokta çiftinin optimal olup olmadığını araştırmak pratik olmayacaktır. Bunun yerine , doğrusal programlamada önemli yer tutan bir teorem kullanılır. "Uç nokta teoremi" olarak adlandırılan bu teorem , amaç fonksiyonunun optimal değerinin , uygun çözüm alanının bir uç noktasında bulunduğu esasına dayanır. İki boyutlu uzayda uç nokta iki eşitliğin kesişimi ile bulunur. Buna göre çözümler ;

$$F = \{(0;0), (40;0), (20;26.27), (0;40)\}$$

Teoreme göre , amaç fonksiyonu bu 4 nokta çiftinden birinde maksimum olacaktır. Hangi nokta çiftinin amaç fonksiyonunu maksimum yaptığını bulmak için , her uç noktada amaç fonksiyonunun değeri bulunur.

$(x_1; x_2)$	P
$(0;0)$	0
$(40;0)$	160
$(20;26.27)$	213.33
$(0;40)$	200

Amaç fonksiyonu 3. noktada maksimum olmaktadır.



Şekil 3.2

3.3.2 MINİMİZASYON

Minimizasyon problemlerinde grafik çözüm , ilk bölümde anlatılan teknik kullanılarak çözülür. Minimizasyon ve maksimizasyon problemleri arasındaki fark , maksimizasyon problemlerinde fonksiyonun en üst değerinde sonuçlanan uç nokta değeri yerine , amaç fonksiyonunun en alt değerinde sonuçlanan uç nokta minimizasyon problemlerinin çözümüdür.

3.4 SİMPLEKS METOD

Simpleks algoritma , doğrusal programlamanın uç nokta teoreminden faydalanır. Bu teorem , doğrusal programlama problemi çözümünün uygun alanın uç noktalarından birinde bulunduğu varsayımına dayanır. Grafik çözüm , eşitlik sistemlerinin kesişimi ile tanımlanan uç noktaları göstermede kullanılır. Simpleks algoritmada ise ilk adım , lineer eşitsizlikleri , lineer eşitlik sistemine dönüştürmektir.

Eşitsizlikleri , eşitliğe dönüştürme tekniği $ax_1 + bx_2 \leq c$ şeklindeki eşitsizliklerin sol tarafına gevşek (slack) değişkenler ilave etmek ve $ax_1 + bx_2 \geq c$ şeklindeki eşitsizliklerin sol tarafından fazlalık (surplus) değişkenleri çıkartmaktan ibarettir. Bu yeni eşitlik sisteminin önemli karakteristiklerinden ilki , gevşek ve fazlalık değişkenlerin negatif olmama durumudur. İkincisi ise , gevşek değişkenler "eşit yada küçük" eşitsizliklere eklenir ve fazlalık değişkenler "büyük yada eşit" şeklindeki eşitsizliklerden çıkartılır. Sonuç olarak gevşek ve fazlalık değişkenler yalnızca rastlantı sonucu aynı değere sahip olurlar.

Gevşek ve fazlalık değişkenlerin ilavesiyle eşitlik sistemine dönüştürülen doğrusal programlama problemlerinde m adet eşitlik n adet değişken durumunda n sayısı m 'den büyük ise sonsuz sayıda çözüm vardır. Eşitlik sistemi sonsuz sayıda çözüme sahip olmasına rağmen , uç noktaların sayısı sonsuz değildir. Bu uç noktalar doğrusal programlamanın temel teoremi uygulanarak tesbit edilir. m adet eşitlik n adet değişkene sahip a sisteminde n sayısının m 'den fazla olması durumunda , uç noktada en azından $n-m$ adet değişkenin değeri "0" dır. $n-m$ adet değişkenin değerini 0'a eşitleyen ve m eşitlik sisteminde kalan m değerlerini sonuçlandıran çözüm , uç noktaları verir. Bu çözüm "Temel Uygun Çözüm" olarak adlandırılır.

Sonuç olarak ;

1-m adet eşitlik n adet değişken durumunda temel uygun çözüm en az n-m adet değişkenin "0" değeri almasıyla bulunur.

2-Amaç fonksiyonu , temel çözümlerden birinde optimal değer alır. Bütün temel çözümleri amaç fonksiyonunda yerine koyup , değerlerini bularak temel çözümlerin optimal değerleri tespit edilebilir.[7]

3.5 CEBİRSEL ÇÖZÜM

Simpleks algoritmaya geçmeden önce cebirsel çözüm tekniğini anlatmak gereklidir. Bu teknik , simpleks algoritmayla çeşitli karakteristikleri paylaşır.

ÖRNEK :

$$\begin{array}{ll} \text{Maksimum} & P = 3x_1 + 4x_2 \\ \text{Kısıtlayıcı şartlar} & 2x_1 + 3x_2 \leq 16 \\ & 4x_1 + 2x_2 \leq 16 \\ & x_1, x_2 \geq 0 \end{array}$$

Gevşek değişkenler ilavesiyle eşitsizlikler eşitliğe dönüştürülür.

$$\begin{array}{ll} \text{Maksimum} & P = 3x_1 + 4x_2 + 0x_3 + 0x_4 \\ \text{Kısıtlayıcı şartlar} & 2x_1 + 3x_2 + 1x_3 + 0x_4 = 16 \\ & 4x_1 + 2x_2 + 0x_3 + 1x_4 = 16 \\ & x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0 \end{array}$$

Gevşek değişkenler amaç fonksiyonunda "0" katsayısına sahiptirler. Bu katsayı , bu değerlerin kara katkısı olmadığını göstermektedir.

Temel çözüm dört değişkenden ikisinin mümkün olan bütün kombinezonlarını seçerek ve bu değişkenleri "0" a eşitleyerek tesbit edilir. İki eşitlik ve iki değişken sisteminin çözümü temel çözümdür. Bütün temel çözümler için "0" a eşit olan değişkenler "çözüm olmayan" yada "temel olmayan" değişken olarak adlandırılır. Karşıt olarak "0" a eşit olmayan değişkenler "temelde bulunan" yada "temel değişkenler" olarak adlandırılır.

Başlangıçta , gevşek değişkenlerin "0"dan farklı olduğunu kabul edelim.

- 1.çözüm : $x_1 = 0, x_2 = 0 \Rightarrow x_3 = 16, x_4 = 16 \dots \dots \dots P = 0$
- 2.çözüm : $x_2 = 0, x_3 = 0 \Rightarrow x_1 = 8, x_4 = -16 \dots \dots \dots$ Çözüm uygun değildir .
- 3.çözüm : $x_3 = 0, x_4 = 0 \Rightarrow x_1 = 2, x_2 = 4 \dots \dots \dots P = 22$
- 4.çözüm : $x_2 = 0, x_3 = 0 \Rightarrow x_1 = 4, x_3 = 8 \dots \dots \dots P = 12$
- 5.çözüm : $x_1 = 0, x_4 = 0 \Rightarrow x_2 = 8, x_3 = -8 \dots \dots \dots$ Çözüm uygun değildir .
- 6.çözüm : $x_1 = 0, x_3 = 0 \Rightarrow x_2 = 16/3, x_4 = 16/3 \dots \dots \dots P = 16$

Amaç fonksiyonunun maksimum değeri 3. çözümde elde edilir. Cebirsel ve simpleks algoritmanın her ikisi de , amaç fonksiyonunun optimal değerinin , eşitlik sisteminin temel çözümlerinden birinde varolduğu esasına dayanan uç nokta teoreminden yararlanır. Her iki algoritmada m adet eşitlik n adet değişken durumunda temel çözüm n-m adet değişkeni "0"a eşitlemek ve kalan m adet eşitlik ve m adet temel değişkeni çözmek sonucu elde edilir.

3.6 SİMPLEKS ALGORİTMA

Simpleks algoritma , eşitlikler sisteminin temel uygun çözümünün tesbitinde ve her çözümün optimalliğinin testinde kullanılan bir prosedürdür. Algoritma , optimal çözüme ulaşana kadar , amaç fonksiyonunun değerini elde ederek bir temel çözümden diğerine geçiş işlemini kapsar.

Cebirsel metodun etkin olmayan çeşitli özellikleri simpleks metod vasıtasıyla azaltılmıştır. Bunlardan ilki , simpleks algoritmada yalnızca uygun çözümler bulunur , uygun olmayan çözümler yeralmaz. İkincisi , cebirsel teknik bütün uygun çözümleri değerlendirmeye ihtiyaç duyar. Karşıt olarak simpleks algoritmanın her tekrarı amaç fonksiyonunun değerini geliştiren yada sabit tutan çözümü verir.

3.6.1 MAKSİMİZASYON

Simpleks algoritma uygulamasının ilk adımı doğrusal programlama problemindeki eşitsizlikleri eşitliğe dönüştürmektedir.

ÖRNEK:

Maksimum $P = 3x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 4x_4$
 Kısıtlayıcı şartlar $2x_1 + 5x_2 + 4x_3 + 3x_4 \leq 224$
 $5x_1 + 4x_2 - 5x_3 + 10x_4 \leq 280$
 $2x_1 + 4x_2 + 4x_3 - 2x_4 \leq 184$
 $x_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots$

Gevşek değişkenlerin ilavesiyle problem aşağıdaki şekle döner.

Maksimum $P = 3x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 4x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7$
 Kısıtlayıcı şartlar $2x_1 + 5x_2 + 4x_3 + 3x_4 + 1x_5 + 0x_6 + 0x_7 = 224$
 $5x_1 + 4x_2 - 5x_3 + 10x_4 + 0x_5 + 1x_6 + 0x_7 = 280$
 $2x_1 + 4x_2 + 4x_3 - 2x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 1x_7 = 184$

Tablo 3.1 1.Simpleks tablo

	c_j	3	4	5	4	0	0	0	
c_b	Temel değiş.	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	Çözüm
0	x_5	2	5	4	3	1	0	0	224
0	x_6	5	4	-5	10	0	1	0	280
0	x_7	2	4	4	-2	0	0	1	184
	z_j	0	0	0	0	0	0	0	0
	$c_j - z_j$	3	4	5	4	0	0	0	

Tablonun ilk sırası amaç fonksiyonunun katsayılarını gösterir. Kısıtlayıcı şartların katsayıları da kolon başlıkları altında sıralanmıştır. Temel değişkenler kolonunda x_5, x_6, x_7 temel değişken değerleri verilmiştir. Bu, x_1, x_2, x_3 ve x_4 ün "0" değere sahip olduğunu gösterir. c_b olarak gösterilen kolon, temel değişkenlerin amaç fonksiyon katsayılarını kapsar. Örnekteki ilk tablonun temel değişkenleri gevşek değişkenler olduğundan, c_b kolonu ilk tabloda "0" değerlerini alır. z_j olarak verilen sıra, c_b kolonunun x_j sayılarıyla çarpımlarının toplamıdır. $c_j - z_j$ satırı j. kolon için amaç fonksiyon katsayısından o kolonun z_j değeri çıkarılarak bulunur.

Amaç fonksiyonunun değeri , temel olmayan değişkenlerin ilave edilmesiyle artırılabilir. Temel değişken sayısı sabit olacağından temel olmayan değişken ilavesi , temel değişkenlerden bir tanesinin uzaklaştırılmasını gerektirir. Bir değişken ilave ederek , bir değişkeni ortadan kaldırma prosesi , "Temel değişkenlerin değişimi" olarak adlandırılır.

Temel değişkenlerin tesbitinde c_j-z_j satırı kullanılır. Bu satırdaki değer , x_j temel değişkenlerinden bir tanesinin amaç fonksiyonunda yaratacağı değişikliği gösterir. Hedef , amaç fonksiyonundaki P değerini maksimum yapmak olduğundan amaç fonksiyonundaki en fazla artışı sağlayan değişken temel değişkenin yerine geçer. Bu da , c_j-z_j satırındaki en büyük değerli değişkendir. Bu yöntem 1. Simpleks kuralıdır.

1.Simpleks Kuralı : Temel değişken olarak seçilecek değişken değeri c_j-z_j satırına göre bulunur. Maksimizasyon için seçilecek değişken c_j-z_j 'nin en büyük değerinde , minimizasyon için ise , c_j-z_j 'nin en küçük değerinde olmalıdır. c_j-z_j 'nin bütün değerleri , minimizasyon problemlerinde "0" yada pozitif , maksimizasyon problemlerinde ise "0" yada negatif ise amaç fonksiyonu optimaldir. Bazı durumlarda c_j-z_j değerinin en büyük olduğu tek bir değer yoktur. Bu durumda , değerlerden biri rastgele seçilebilir.

Örneğimizde , 1. Simpleks kuralına dayanarak , x_3 temel değişkenlere dahil edilir. x_3 'ün temel değişken oluşu ile , temel değişkenlerden bir tanesinin uzaklaştırılması problemi ortaya çıkar. 2.Simpleks kuralı bu değişkeni tesbit etmede kullanılır.

2.Simpleks Kuralı : Temel değişkenlerden ayrılacak değişkenin seçimi , çözüm kolonunun , temel değişken olacak x_j katsayısına bölümü ile yapılır. Minimum orandaki sıra seçilir ve bu sırada bulunan değişken temel değişkenlerden ayrılır. Bu kural maksimizasyon ve minimizasyon problemlerinin her ikisine birden uygulanır.

<u>Temel değişkenler</u>	<u>Çözüm değeri</u>	<u>x_3'ün katsayıları</u>	<u>Oranlar</u>
x_5	224	/ 4	56
x_6	280	/ -5	-
x_7	184	/ 4	46

x_7 'nin bulunduğu sıra minimum değerdedir. Böylece x_7 temel değişkenliği terketmelidir.

İkinci tablo , x_3 , x_5 , x_6 temel değişkenlerine sahiptir.
Eşitlik sistemi;

$$2x_1 + 5x_2 + 4x_3 + 3x_4 + 1x_5 + 0x_6 + 0x_7 = 224$$

$$5x_1 + 4x_2 - 5x_3 + 10x_4 + 0x_5 + 1x_6 + 0x_7 = 280$$

$$2x_1 + 4x_2 + 4x_3 - 2x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 1x_7 = 184$$

3. eşitlik 1/4 ile çarpılıp yeni 3. eşitlik , 1. ve 3 sıra arasındaki fark ile yeni 1. sıra , 3.sıranın 5/4 ile çarpımı 2. eşitlik ile toplanarak yeni 2. sıra elde edilir.

$$0x_1 + 1x_2 + 0x_3 + 5x_4 + 1x_5 + 0x_6 - 1x_7 = 40$$

$$15/2x_1 + 9x_2 + 0x_3 + 15/2x_4 + 0x_5 + 1x_6 + 5/4x_7 = 510$$

$$1/2x_1 + 1x_2 + 1x_3 - 1/2x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 1/4x_7 = 46$$

Böylece 2. Simpleks tablo elde edilir.

Tablo 3.2 2.Simpleks tablo

		3	4	5	4	0	0	0	
C_h	Temel değiş.								Çözüm
0	x_5	0	1	0	5*	1	0	-1	40
0	x_6	15/2	9	0	15/2	0	1	5/4	510
5	x_3	1/2	1	1	-1/2	0	0	1/4	46
	z_1	5/2	5	5	-5/2	0	0	5/4	230
	$C_j - z_j$	1/2	-1	0	13/2	0	0	-5/4	

Yeni temel değişkenlerin eşitlik sistemlerinin çözümü için kullanılan sisteme "pivotlama" denir. "pivot element" temel değişken olarak anılan değişkenin bulunduğu kolon ile temel değişkenlerden ayrılan değişkenin bulunduğu sıranın kesiştiği noktadaki elemandır. İkinci tablodaki pivot element x_4 kolonu ile x_5 sırasının kesişimi olan "5" sayıdır. Pivotlama işlemi , bir sonraki simpleks tabloyu elde etmek için yapılan bir işlemdir. Herhangibir tekrarda tabloya yalnızca bir tane değişken eklendiğinden pivot element değerini "1" , diğer kolon değerlerini "0" yapmak için çeşitli işlemler uygulanarak benzer matris tamamlanır.

Bu işlem basit olarak şu şekilde yapılır : Eski değer ile aynı kolonda ve pivot sıra üzerinde olan değer ile pivot kolon üzerinde ve eski değerle aynı sırada olan sayı çarpılıp pivot elemente bölünür. Elde edilen sayı eski değerden çıkartılırsa , bu sayının bir sonraki tablodaki değeri elde edilmiş olur.[8]

ÖRNEK : 0 1 0 5 *

15/2 9 0 15/2

1/2 1 1 -1/2

9 değerinin bir sonraki tablodaki değerini bulmak için 9 ile aynı sırada ve pivot kolon üzerinde bulunan rakam ile 9 ile aynı kolonda ve pivot sıra üzerinde bulunan rakam çarpılıp pivot elemente bölünür. Elde edilen sayı 9'dan çıkartılır.

3.simpleks tablodaki değer :

$$9 - \left(\frac{15/2 \times 1}{5} \right) = 15/2$$

2. Simpleks tablodaki temel değişkenlerin yerine geçecek değişkenin seçimi 1. simpleks kuralına göre bulunur. x_4 için $c_j - z_j = 13/2$ olduğundan x_4 seçilir. Temel değişkenlerden ayrılacak değişkenin seçimi ise 2. Simpleks kuralına göre yapılır. Çözüm kolonunun x_4 değerine bölümlerinin en küçüğü ($40/5=8$) ile x_5 'e aittir. Sonuç olarak x_4 ve x_5 yer değiştirecektir. Yeni temel değişken değerleri pivotlama işlemi ile belirlenir ve böylece 3. simpleks tablo elde edilir.

Tablo 3.3 3. Simpleks tablo

		3	4	5	4	0	0	0	
c_h	Temel değiş.	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	Çözüm
4	x_4	0	1/5	0	1	1/5	0	-1/5	8
0	x_6	15/2*	15/2	0	0	-3/2	1	11/4	450
5	x_3	1/2	1/10	1	0	1/10	0	3/20	50
	z_j	5/2	63/10	5	4	13/10	0	-1/20	282
	$c_j - z_j$	1/2	-23/10	0	0	-13/10	0	1/20	

Aynı işlemler 3. tablo içinde uygulanırsa x_6 ve x_1 'in yer değiştireceği kolayca bulunabilir. Pivot element tabloda işaretlenir ve pivotlama işlemleri sonucu 4. simpleks tablo elde edilir.

Tablo 3.4 4. Simpleks tablo

		3	4	5	4	0	0	0	
c_h	Temel değiş.	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	Çözüm
4	x_4	0	1/5	0	1	1/5	0	-1/15	8
3	x_1	1	1	0	0	-1/5	2/5	11/30	60
5	x_3	0	3/5	1	0	1/5	-1/5	-1/30	20
	z_j	3	34/5	5	4	6/5	1/15	2/15	312
	$c_j - z_j$	0	-14/5	0	0	-6/5	-1/15	-2/15	

$c_j - z_j$ değerlerinin tamamı "0" yada negatiftir. Bu , tablodaki çözümün optimal olduğunu gösterir. Bu durumda optimum P değeri $P=312$ 'dir.

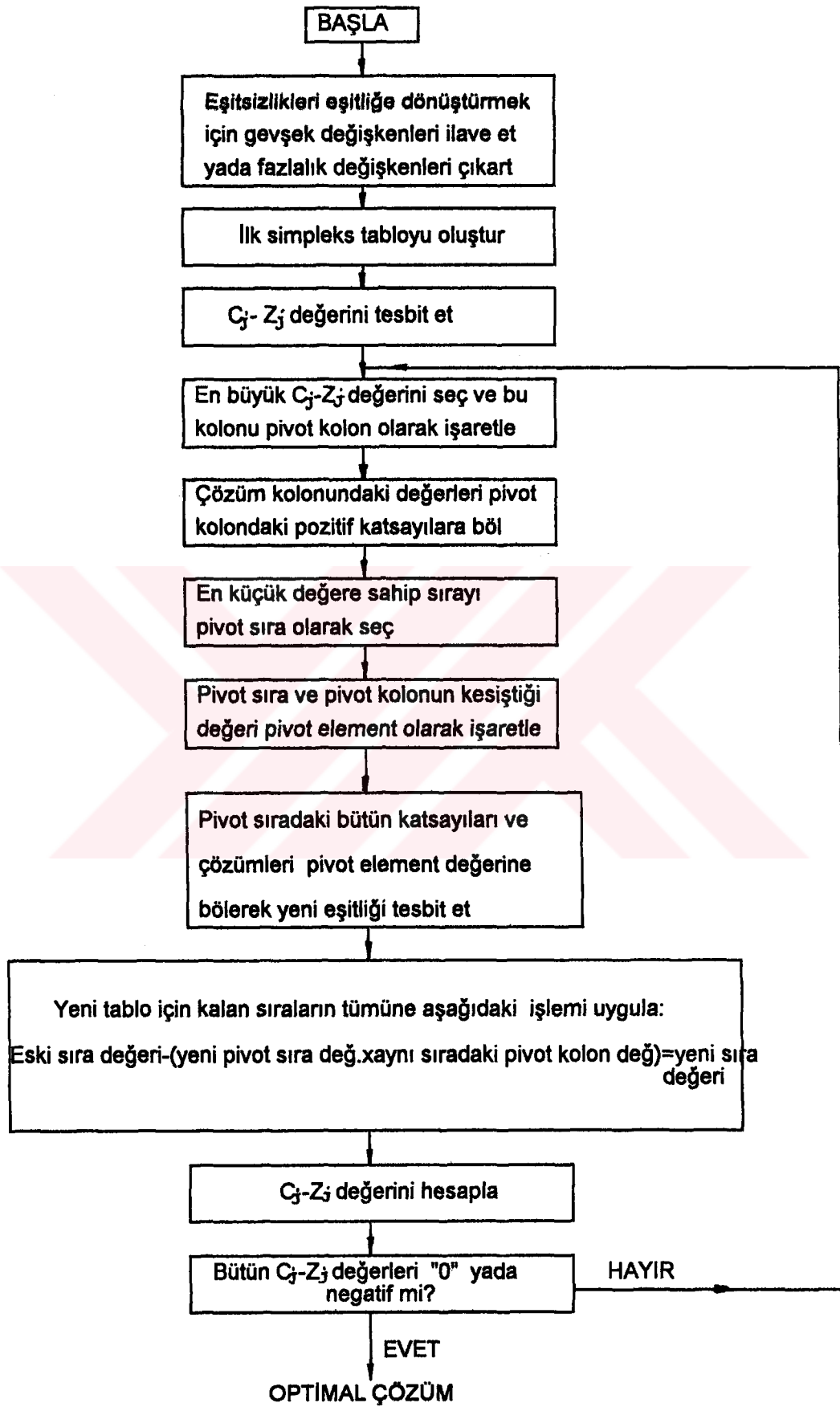
Son tablodaki $c_j - z_j$ değerlerinin "0" yada negatif olması , herhangi bir temel olmayan değişkenin temel değişkenlerle yer değiştirmesi durumunda amaç fonksiyonunun değerinin azalacağını gösterir. Hedef ; amaç fonksiyonunu maksimize etmek olduğundan ve temel değişkenlerdeki herhangi bir değişiklik amaç fonksiyonunun değerini azaltacağından son çözüm optimaldir.

Bu bölümde , basit bir doğrusal programlama probleminin simpleks metod ile çözümü anlatıldı. Maksimize problemlerinde kullanılan bu metodu bir akış şeması (Şekil 3.3) halinde gösterebiliriz.

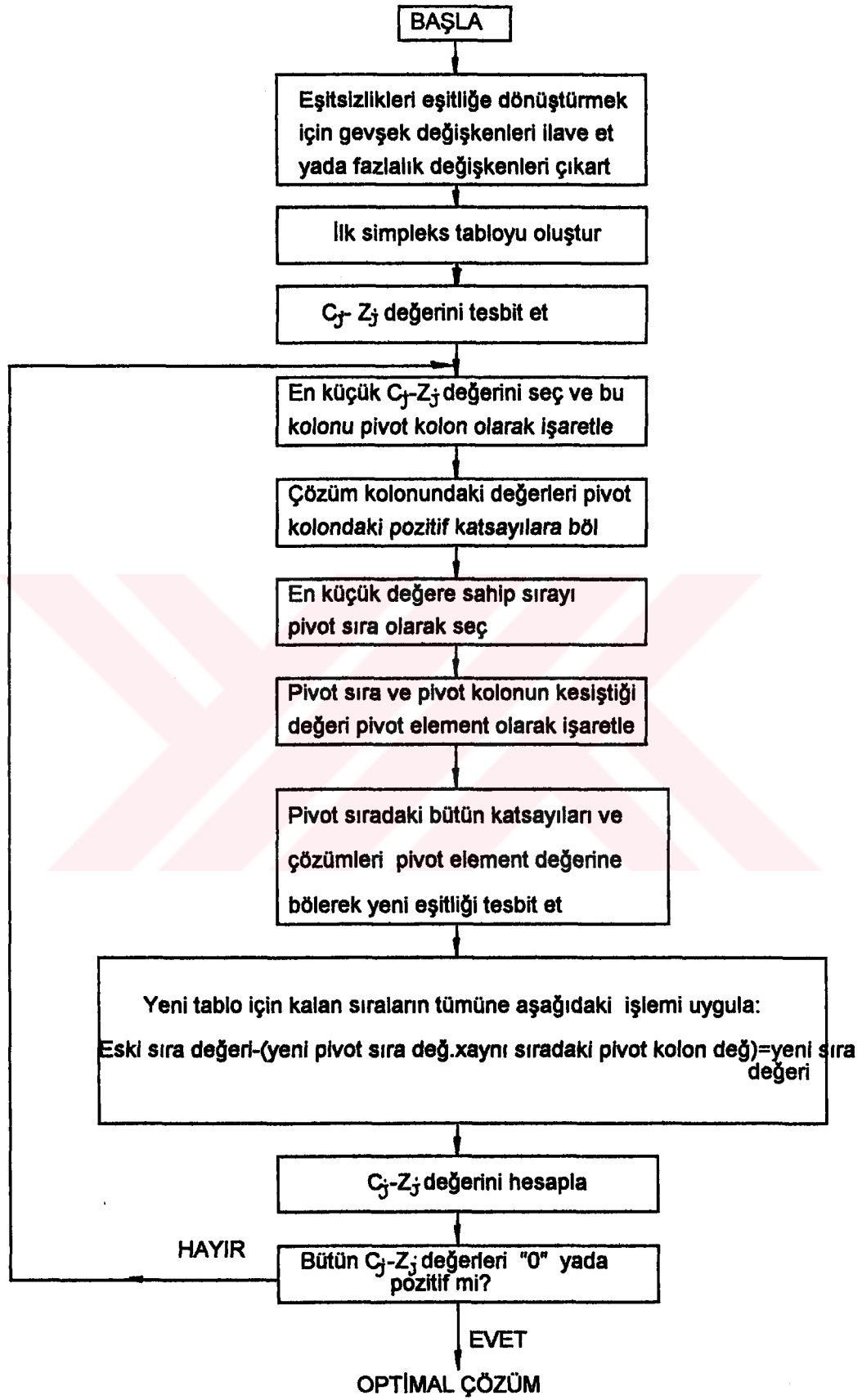
3.6.2 MINİMİZASYON

Simpleks algoritma maksimizasyon ve minimizasyon problemlerinin her ikisine de uygulanır. Aralarındaki tek fark , temel değişken olarak seçilecek değişkenin seçimi ile ilgilidir. Maksimizasyon problemlerinde , en büyük $c_j - z_j$ değerine sahip değişken temel değişkenler arasında yer alır. Karşıt olarak , minimizasyon problemlerinde $c_j - z_j$ 'nin en küçük değeri temel değişken olarak seçilir. Temel değişkenlikten uzaklaştırılacak değişken ve pivotlama işlemi minimizasyon ve maksimizasyon problemlerinde aynıdır. Ancak minimizasyon problemlerinde $c_j - z_j$ değeri "0" yada pozitif olduğunda çözüm optimaldir.

Simpleks metoda göre çözülen doğrusal programlama minimizasyon problemlerinin çözümüne ait akış şeması (Şekil 3.4) görüldüğü gibidir.



Şekil 3.3_Maksimizasyon [11]



Şekil 3.4_ Minimizasyon [11]

BÖLÜM 4 ŞEBEKE ANALİZİ TEKNİKLERİ İLE OPTİMİZASYON

4.1 ŞEBEKE ANALİZİ TEKNİKLERİ

Üretim faaliyetlerinde mamulün elde edilmesi , genellikle bir çok parçanın imali veya satın alınması ve bunların biraraya getirilerek montajından meydana gelir. Bir ürünü meydana getirmek için gerekli parçaların üretiminde , öngörülen sıraya veya programa uyulmadığı takdirde parça yığılmalarına veya montaj gecikmelerine neden olacağı bir gerçektir.

Etkin bir üretim akış programı bu gecikme ve yığılmaları önleyecek ve üretim öngörülen süre içinde gerçekleşebilecektir. Bu akış programı her parçanın üretimine ne zaman başlanacağını ve ne zaman bitirileceğini tarih olarak belirlediğinden , gecikme derhal tesbit edilebilecek ve önleyici tedbirler alınabilecektir. [1]

Şebeke analizi , bir projenin amacına ulaşabilmesi için yapılması gereken faaliyetler ve olaylardan oluşan ve bu faaliyetler ve olayların birbiriyle olan sıra ve mantık ilişkilerini gösteren şemaların yardımıyla sürdürülen bir proje planlama ve denetim teknikleri topluluğudur.

Şebeke analizlerinin yürütülmesinde dört aşama söz konusudur. Bunlar :

- 1-Projedeki herbir işin mantıksal bir ağ üzerinde yerinin belirlenmesi ,
- 2-Kritik önemi olan işlerin yani projenin tüm olarak tamamlanmasını etkileyecek nitelikteki işlerin belirlenmesi ,
- 3-Kaynakların her bir işe bir bütün olarak sistemin maliyetler ve süre açısından optimizasyonunu sağlayacak biçimde dağıtılması ,
- 4-Gelişmenin izlenmesi ve belirlenen amaçlara ulaşmak için eğer gerek duyuluyorsa kaynak dağıtımının yeniden düzenlenmesidir.

Şebeke analizinde , karmaşık projenin her bir alt faaliyeti ele alınarak faaliyet başlamadan önce diğer hangi işlerin yapılmış olması gerektiği , faaliyet bitirildiğinde diğer hangi işlere hemen başlanabileceği ve faaliyet sürdürülürken diğer hangi işlerin de aynı zamanda yürütülebileceği belirlenir. Buradan hareketle , faaliyetler arasındaki ilişkileri gösteren bir diyagram çıkartılır. Böyle bir diyagrama sahip bir proje yöneticisi

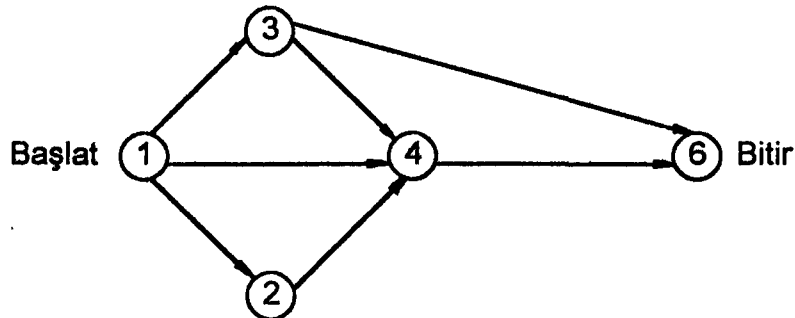
toplam proje zamanını ve kaynaklarını en iyi kullanacak planlama ve denetleme olanağını da elde etmiş olacaktır.

Temelde bu yaklaşım içinde bulunan , ancak aralarında bazı farklılıklar gösteren bir dizi yöntem geliştirilmiştir. Bunlar arasında en yaygın bilinenleri PERT (Program Değerlendirme ve Revizyon Tekniği) ile CPM (Kritik yol yöntemi)dir. Bu bölümde yalnızca PERT tekniği üzerinde durulacaktır. [16]

4.2 PERT (PROJECT EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE) VE TEMEL KAVRAMLAR

PERT Tekniği , birbiriyle karşılıklı ilişki halindeki olaylar ve faaliyetlerin oluşturduğu karmaşık iş programlarının üstesinden gelebilmek amacıyla geliştirilmiştir. PERT tekniğinin uygulanmasındaki ilk adım , planlanan iş programlarının teknik yönlerinin anlaşılmasını sağlamaktır. Projenin başarılı olarak tamamlanabilmesi için gerekli bütün olaylar tanımlanmalıdır. Bundan sonra her olayın yerine getirilmesi için gerekli özel iş faaliyetleri belirlenmelidir. Projenin tamamlanabilmesi için gerekli faaliyetlerin sıraya konulması önemli bir husustur.

Bundan sonraki adımda , birbiriyle bağıntısı olan olayların öncelik sıraları belirlenmektedir. Bunun için (Şekil 4.1)'de görüldüğü gibi faaliyet ve olayların yönlendirilmiş şebekesini hazırlamak yararlı olmaktadır. İş programındaki her faaliyet bir ok ile temsil edilmektedir. Okun kuyruğu faaliyetin başlangıcını , okun başı ise faaliyetin bitimini göstermektedir. Şebekedeki düğümler de olayları temsil eder. Her faaliyet bir olay ile başlayıp bir diğer olay ile bitmektedir. Şu halde şebekedeki herhangi bir olay , bir veya birkaç faaliyetin bitimini veya başlangıcını temsil edecektir.



Şekil 4.1 _Bir proje şebekesi

Şebekedeki her olaya numara verilir. Her faaliyet numaralanmış bir olay ile başlayıp bittiğinden her faaliyetin kendine ait numarası vardır. Bir faaliyet , birbiriyle bağıntılı ve numaralanmış iki olay tarafından gösterilmektedir.

Bu noktada üç farklı tanım önem kazanmaktadır :

Olay : İş programı sırasında bir faaliyetin başladığı veya tamamlandığı , belirli bir zamandaki tanımlanabilir nokta .

Faaliyet : Bir olaydan onu izleyen olaya erişmek için yapılması gereken işin gerçekleştirilmesi amacıyla harcanan çaba (birim zaman olarak ifade edilir.)

Şebeke : Toplam iş programını meydana getiren olayların , faaliyetlerin ve karşılıklı bağıntıların grafik olarak temsili.

Olaylar ve faaliyetler arasındaki öncelik bağıntıları , şebeke boyunca ardışık zaman yörüngesi meydana getirmektedir.

PERT metodunun bundan sonraki aşamasında , planın bir zaman temeline yerleştirmek için programlama fonksiyonu yerine getirilmelidir. Atamaların yapılması amacıyla şebekedeki her faaliyet yani her ok için süreler belirlenmelidir. Birçok proje çalışmasının yapısı nedeniyle bu noktada ortaya karmaşık bir durum çıkmaktadır. Birçok durumda belirli bir faaliyetin daha önce hiç yapılmamış olması nedeniyle herhangi bir faaliyeti gerçekleştirmek için ne kadar sürenin gerekli olduğunu kesin olarak bilmek güçtür. Bu nedenle her faaliyet için bir süre tahmini yapılması gerekmektedir. Her faaliyet için tek bir süre tahmini uygundur. Ancak PERT yöntemini ortaya koyanlar tek bir tahminin doğrulukla yapılamayacağını düşünerek her faaliyet süresi için bir yaklaşık olasılık dağılımının elde edilmesini sağlayacak şema hazırlamışlardır. Bu şemaya göre üç değişik zaman tahmini yapılması gerekmektedir.[9]

İyimser Süre (a) : Faaliyetin tamamlanabileceği en kısa zaman süresidir.

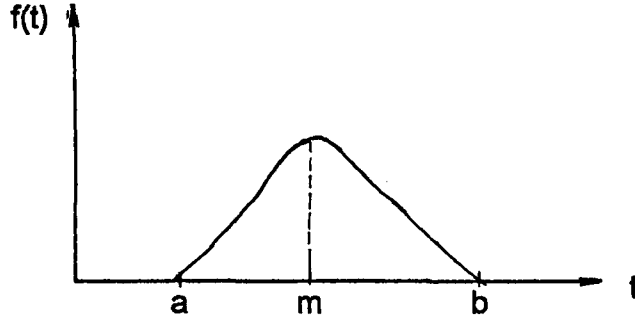
En Mümkün Süre (m) : Faaliyetin aynı koşullarda birçok kez tekrarlanması durumunda en çok karşılaşılabilecek süredir.

Kötümser Süre (b) : Faaliyetin tamamlanması için geçebilecek en uzun zamandır.

Olayı etkileyen etmenlerin en kötü etkilerini göstermeleri durumunda faaliyetin alacağı süre olarak tanımlanabilir.

Bu süre tahminleri , beta dağılımının parametreleri olarak düşünülürler. a ve b uç değerler , m ise modal değer olarak kabul edilir. Beta dağılımına ait olasılık yoğunluk fonksiyonu (Şekil 4.2)'de gösterilmiştir. Bu üç farklı süre tahminlerini

kullanmak suretiyle bir özel faaliyetin beklenen süre ve varyansı hesaplanabilir. Böylece üç tanım daha belirgin hale gelmektedir.



Şekil 4.2_Beta dağılımı

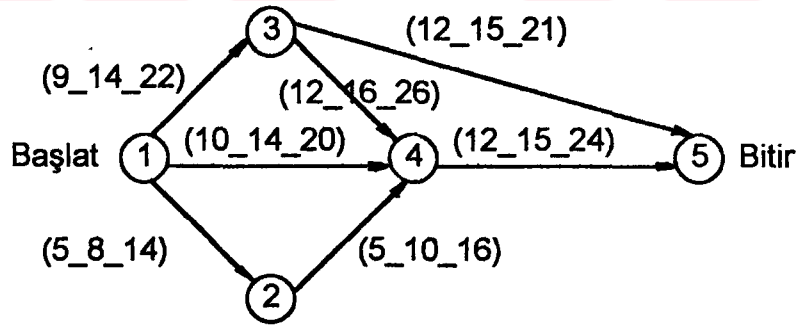
Beklenen Süre : Üç farklı tahmini sürenin , faaliyeti yerine getirmesi için gerekli olan istatistiksel ağırlıklı tahmini süreye indirgenmesidir.

$$ET=(a+4m+b)/6 \quad (4.1)$$

Varyans : Genel istatistiki anlamda tahminlerin güvenilirliğinin göstergesidir.

$$VT=(b-a)^2/36 \quad (4.2)$$

(Şekil 4.3) , (Şekil 4.1)'de verilen şebeke örneğinin a , b ve m parametrelerini göstermektedir.



Şekil 4.3 _PERT şebekesi

Faaliyetlerin geçen süresi olarak her faaliyet için beklenen süreyi (ET) hesaplamak suretiyle proje şebekesinin bazı özelliklerini belirlemek mümkündür.

4.2.1 EN ERKEN BAŞLAMA ZAMANI (TE)

Projedeki ilk olaydan hedeflenen olaya kadar en uzun yörünge boyunca faaliyetlerin beklenen sürelerinin toplamıdır. Bu sürenin hesaplanmasında şöyle bir yol izlenir:

- a- Şebeke başlangıç olayına sıfır zamanı verilir.
- b- Soldan sağa doğru devam edilerek , sırayla her olay için " beklenen en erken başlama zamanı" (TE) hesaplanır.
- c- Şebeke bitim olayının beklenen en erken başlama zamanı , toplam proje süresini verecektir. [15]

Öncelikli olayı izleyerek ve başlangıçtan bitişe kadar bir tek yörünge üzerinde kalarak her faaliyet için geçen süreyi (ET) kümülatif toplam geçen süreye eklemek suretiyle her olay için en erken beklenen süre (TE) hesaplanır. Olaydan önce birden fazla faaliyet meydana geliyorsa en büyük toplamı veren geçen süreye sahip yörünge , söz konusu olan olay için en erken süre olarak seçilir. Çünkü aranmakta olan en uzun yörüngedir.

Bir olay için TE değerinin hesaplanmasını açıklamak amacıyla bir örnek verelim. (Şekil 4.2)'de olay 4'e giden üç yörünge bulunmaktadır. Bunlar , 1-4 , 1-2-4 , 1-3-4 yörüngeleridir. Olay 4'ün meydana geleceği en erken süreyi bulmak için bu yörüngelerin en uzununu seçilmelidir. Üç mümkün süre yörünge için aşağıdaki değerler hesaplanabilmektedir.

Yörünge 1-4 : Geçen süre =14.5

Yörünge 1-3-4 : Geçen süre =14.5+17.0=31.5

Yörünge 1-2-4: Geçen süre = 8.5+10.2=18.7

Böylece olay 4'ün meydana gelebileceği en erken mümkün süre olarak TE(4)=31.5 olmaktadır. Diğer olaylar için TE değerleri söz konusu olay için en uzun yörüngeyi seçmek suretiyle belirlenir. [9]

4.2.2 EN GEÇ BAŞLAMA ZAMANI (TL)

İlk olaya göre bir diğer olayın , tüm projenin programlanan bitiş süresinde gecikmeye yol açmadan meydana gelebileceği en geç zamandır. Bu zamanları bulmak için aşağıdaki yol izlenir :

- a-Son olayın en geç başlama zamanı , proje tamamlanma süresine eşit alınır.

b-Son olaya bağlanan olayların en geç başlama zamanı , proje tamamlanma süresi ile aradaki faaliyetin başarılmaması için geçecek sürenin farkına eşittir.

c-Son olaya bağlanan olayların en geç başlama zamanı bulunduğundan sonra , bu olaylara bağlanan olaylar için de en geç başlama zamanı ile iki olayı bağlayan faaliyetin süresinin farkını alarak en geç başlama zamanları elde edilebilir. Eğer bir olaya iki yoldan ulaşabiliyorsa , en geç erişme süresi olarak hesaplanan farklardan , küçüğü seçilir. [15]

(Şekil 4.2)'deki olay için TL değerleri şu şekilde hesaplanır :

$$TL(5) = TE(5) = 47.5$$

$$TL(4) = TL(5) - ET(4;5) = 47.5 - 16.0 = 31.5$$

$$TL(3) = TL(4) - ET(3;4) = 31.5 - 17.0 = 14.5$$

$$TL(3) = TL(5) - ET(3;5) = 47.5 - 15.5 = 32 \quad \text{Minimum TL(3)} = 14.5$$

$$TL(2) = TL(4) - ET(2;4) = 31.5 - 10.2 = 21.3$$

Bu değerler , projede herhangi bir gecikmeye meydan vermeden olay 1'in başlangıç zamanına göre en geç süredir. Bu örnekte sadece hesaplanan ET değerinden sonra olay 2 meydana gelmektedir. Dolayısıyla burada boş zamanlar ortaya çıkmakta ve kaynakları faaliyet (1;2)'den boş sürenin bulunmadığı bir veya birden fazla faaliyete yeniden tahsis etmek mümkün hale gelmektedir. Bu sürece "sıkıştırma" adı verilir.[9]

4.2.3 BOŞ ZAMAN (TS)

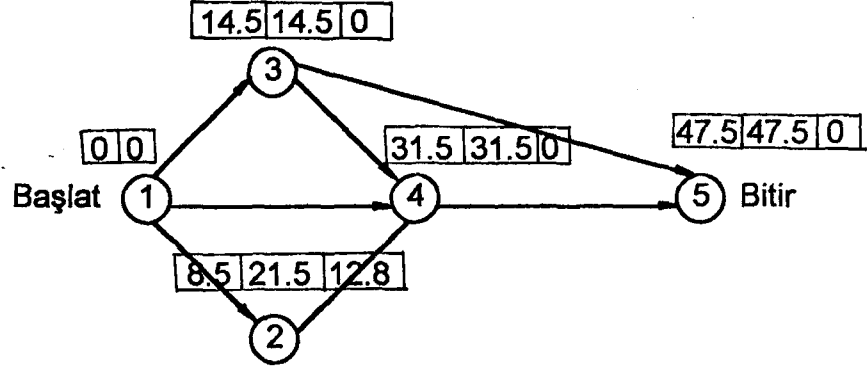
Boş zaman nihayi bitiş zamanını etkilememek suretiyle özel bir olayın süre uzunluğunda meydana gelen kaymadır. Bir olayın en erken başlama zamanı ile en geç başlama zamanı arasındaki farka eşittir. $(TS = TL - TE)$ (4.3)

Boş zamanların bulunmasındaki amaç , önce boş zamana sahip olmayan olaylar tarafından belirlenen yörüngeyi şebeke boyunca yerleştirmek ve aynı zamanda önemli boş süreye sahip olaylar ile birlikte bir sonraki yörüngeyi belirlemektir.

4.2.4 KRİTİK YÖRÜNGE

İlk olaydan son olaya kadar uzanan en uzun yörüngedir. Bu yörüngede boş süresi sıfır olan olaylar bulunmaktadır. Dolayısıyla kritik yörünge üzerindeki herhangi bir sürede meydana gelebilecek gecikme , nihayi bitiş tarihinde gecikmeye yol açacaktır. Kritik yörünge uzunluğu proje uzunluğunu oluşturmaktadır. Kritik yol

üzerinde bulunmayan bir işin süresini kısaltmak , toplam projenin tamamlanma süresine etki etmeyecektir. Toplam proje süresinin kısaltılması gerekirse , kısaltılması gereken işler , kritik faaliyetlerdir. Kritik yol üzerinde bulunmayan faaliyetlerdeki artık kaynakların kritik yol üzerindeki faaliyetlere aktararak proje süresi kısaltılabilir. Böylece kritik olmayan faaliyetlerdeki gecikme payı mümkün olduğu kadar sıfıra yaklaştırılmakta , diğer bir deyimle bütün yollar kritikleştirilmektedir.



Şekil 4.4 _En erken , en geç ve boş süreler

Şebekedeki her olay için takvim tarihlerinin belirlenmesinden başka bu yöntem aynı zamanda her faaliyetin yerine getirilmesiyle ilgili olarak çalışan personeli yönlendirecek kaba sınırlar oluşturmaktadır. Belirli bir işten sorumlu olan kimselere , ortaya çıkabilecek boş sürelerin hangi koşullar altında gözönüne alınması gerektiğini ve projenin tümünden sorumlu tepe yönetimine bu hususu ne zaman aktaracağını söyler. Bu bilgi , proje diyagramı ile birlikte gözönüne alındığı takdirde proje yöneticisi programın ne zaman ve nasıl gözden geçirilmesi gerektiğini ve programın yerine getirilmesini sağlamak için eldeki kaynakların nasıl olunacağını saptayabilir. Bundan başka proje yöneticisi , bir faaliyetin , projedeki bütün diğer faaliyetlere olası etkilerini önceden bilebilir. Bu bilginin proje yöneticisi tarafından geleneksel yöntemlerle elde edilmesi mümkün değildir. [9]

4.3 PROJE TAMAMLANMA TARİHİNİN GERÇEKLEŞMESİ OLASILIĞI

Programlanan hedef tarih projenin tamamlanması için hedef tarih olarak tanımlanmıştır. Bu şekil yönetim tarafından keyfi olarak öne sürülebileceği gibi herhangi bir PERT hesaplamasından bağımsız olarak sözleşme sonucu olarak da ortaya çıkabilir. Programlanan hedef tarih söz konusu olduğu takdirde PERT bir yönetici için iki yoldan yararlı olabilir. Birincisi gerçekçi bir program tarihinin belirlenmesinde yardımcı olur , ikincisi ise diğer herhangi bir görüşün sonucu olarak

programlanan tarihin gerçekleştirilmesi için kaynak fazlalığı veya yokluğunun belirlenmesinde yardımcıdır.

Her faaliyet için bitiş zamanının beta dağılımına uyduğu varsayımı akıldan çıkarılmamalıdır. Gerçekte her faaliyetin , faaliyet süresinin olasılık dağılımı belirlenmiştir. Özel bir olay seçildiği takdirde başlangıç olayından olaya gelmek için gerekli sürenin dağılımı önem kazanır. Bu dağılımı tartışmak amacıyla istatistik teorisindeki çok önemli bir teoreme yani " Merkezi Limit Teoremine " değinmek gerekmektedir.

Merkezi Limit Teoremi : Eğer , X_1 , X_2 , X_n değişkenleri birbirine göre bağımsızlar ve ortalaması X' , varyansı σ^2 ise ;

$$u = \sum_{i=1}^{i=n} X_i \quad (4.4)$$

şeklinde tarif edilen (u) fonksiyonu , n sonsuza gittikçe ortalaması (nX') ve varyansı ($n\sigma^2$) olan bir normal dağılım vermek eğilimindedir. Bu teorem kısaca :

$$P(a \leq u \leq b)_{n \rightarrow \infty} \int N(nX', n\sigma^2) du = \int_{z_1 = \frac{a-nX'}{\sigma\sqrt{n}}}^{z_2 = \frac{b-nX'}{\sigma\sqrt{n}}} N(0;1) dz \quad (4.5)$$

şeklinde belirtilebilir. Bu bağıntı yardımıyla ihtimaller normal dağılım tablolarından faydalanılarak kolaylıkla hesaplanabilir. Bu teoremi X'lerin ortalaması için de yazmak mümkündür. [17]

Merkezi limit teoremine göre , PERT şebekesi amaçları için en erken beklenen süre değerinin aşağıdaki ortalama ile normal dağıldığı varsayılın ,

$$TE = ET(1;2) + ET(2;3) + \dots + ET(k-1;k) \quad (4.6)$$

ve aşağıdaki varyansa sahip olsun ,

$$VT = VT(1;2) + VT(2;3) + \dots + VT(k-1;k) \quad (4.7)$$

Sonuç olarak ; PERT tekniği belirli geçerlilik altında bir olay için en erken başlama zamanının T_e ortalaması ile normal dağıldığını ve varyansının söz konusu olaya giden en uzun yörünge boyunca faaliyet varyanslarının toplamı olduğunu varsayar. Böylece faaliyet süresinin beta dağılımına uyduğu düşünülmele birlikte en erken başlama zamanının normal dağıldığı kabul edilmektedir. Bu sonuç normal

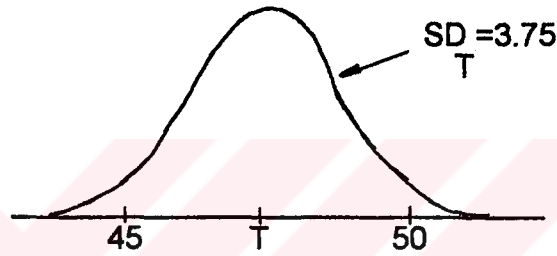
dağılımın matematiksel özellikleri sebebiyle çeşitli belirsizliklerin açıklanmasına yardımcı olmaktadır.

Örneğimizdeki PERT analizi düşünülecek olursa , projenin zaman süresi (4;5) 'de tamamlanacağı olasılığı belirlenir. Önce , "proje tamamlanma süresi" tesadüfi değişkeni için ortalama ve varyans değerleri bulunur.

$$TE = ET(1;3) + ET(3;4) + ET(4;5) = 14.5 + 17.0 + 16.0 = 47.5$$

$$VT_e = VT(1;3) + VT(3;4) + VT(4;5) = 4.70 + 5.44 + 4.00 = 14.14$$

Tesadüfi değişkenin standart sapması (SD_T) varyansın kareköküne eşittir. ($SD_T = 3.75$) (Şekil 4.5)'de normal dağılımın grafik temsili görülmekte ve şekilde T olarak gösterilen proje tamamlanma süresi teorik olarak açıklanmaktadır.



Şekil 4.5_ Proje tamamlanma süresi

Projenin 45 birim zamanda tamamlanma olasılığı eğrinin altında 45'in solunda kalan alana eşittir. Standart normal eğri tablolarına bakıldığında bu alanın yaklaşık olarak 0.25 olduğu görülmektedir. Bu durumda projenin 45 birim zamanda tamamlanma olasılığı %25 olmaktadır. O halde $T=50$ olduğu takdirde projenin tamamlanma olasılığı %75'dir.

4.4 YENİDEN PLANLAMA

PERT tekniği doğrudan doğruya zamanı ele aldığı için projenin programlanan tamamlanma zamanı olasılığı , iş programının yeniden planlanması gereğini öne sürmektedir. Olasılık değeri belirli bir düzeyin altında olduğu takdirde proje süresinin nasıl azaltılabileceğinin belirlenmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Firma tarafından bu değer yaklaşık 0.35 olarak belirlenmektedir. Bu durumda yeniden planlanma için birkaç yaklaşım bulunmaktadır.

Bu yaklaşımlar kısaca şunlardır :

Ek kaynak kullanımı : Yeni personel işe alınmakta veya yeni teçhizat satın alınmaktadır. Ya da her ikisi birden yapılmaktadır. Yeniden planlamanın en basit yolu

budur. PERT tekniği maliyetleri gözönünde bulundurmuyorsa da yönetimin bu noktayı unutmaması gerekir. Ek kaynak maliyeti kısıtlayıcı nitelikte olabilir.

Mevcut kaynakların fazla mesai olarak kullanımı : Mevcut kaynakların fazla mesai olarak kullanımı her zaman mümkündür. Temelde yeni kaynakların elde edilmesinden başka birşey değildir. Yeni ve nitelikli personelin veya özel amaçlı teçhizatın kolay bulunamaması nedeniyle fazla mesai gerekli olmaktadır. Burada maliyet son derece önem kazanmaktadır.

Mevcut kaynakların yeniden tahsisi : PERT tekniğinin başlıca üstünlüklerinden bir tanesi kaynak kullanımındaki bilginin sunulmasıdır. Boş faaliyetler ek kaynakların mevcudiyetini gösterdiğinden kritik faaliyetlere kaymak mümkün olmaktadır. Bu gibi yeniden tahsisler nedeniyle kritik yörüngein süresi kısaltılabilir ve yeni kritik yörüngeler ortaya çıkabilir.

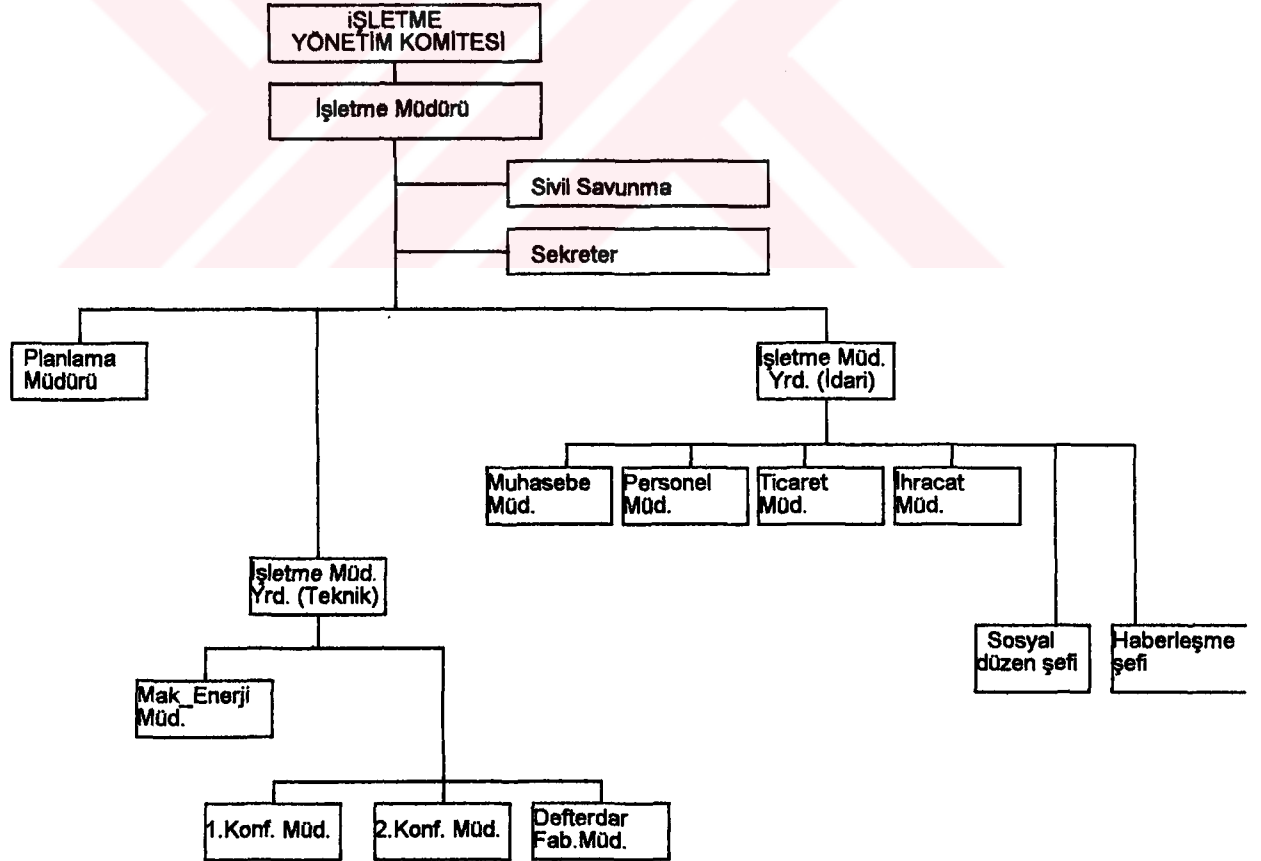
Süre tahminlerinin yeniden incelenmesi : Bazen kritik yörünge üzerindeki faaliyetler için zaman tahminlerinin yeniden incelenmesi yararlı olabilir. Daha ayrıntılı inceleme yaparak bu tahminlerin bazılarını azaltmak mümkündür. Bundan başka bu incelemeler bazı faaliyetlerin seri halinde yapılmasından çok aynı zamanda yapılması imkanını ortaya koymaktadır.

Yeniden planlamanın temel amacı , praogramlanan tamamlanma tarihine nasıl ulaşılacağına karar verilmesidir. Dolayısıyla yeniden planlama , program değışikliklerine veya daha fazla kaynak talep edilmesine yol açabilir. Yeniden planlama ile önceden belirlenen tamalanma tarihinin gerçekleşmemesi olasılığı giderilebilir. Bu bilgi yönetim açısından son derece önemli olup uygun kimselere iletilmesi gerekmektedir.[9]

BÖLÜM 5 UYGULAMA

5.1 ÇALIŞMANIN YAPILDIĞI KONFEKSİYON İŞLETMESİ

Optimizasyon çalışmasının yapıldığı SÜMERBANK Bakırköy Konfeksiyon İşletmesi 97.462m² alana kurulu üç adet konfeksiyon işletmesinden oluşmaktadır. 1.Pamuklu İşletmesinde günde 5000 adet gömlek ve 1500 adet pijama kapasiteyle gömlek ve pijama siparişlerini , 2.Pamuklu Konfeksiyon İşletmesi günde 3300 adet kapasiteyle spor giysi siparişlerini karşılar. 3. İşletme olan Defterdar Yünlü Konfeksiyon İşletmesi ise halihazırda günde 200 takım yünlü elbise üretmektedir.



Şekil 5.1 _SÜMERBANK Organizasyon şeması

İşletmenin ana konuları , hazır giyim , konfeksiyon , triko üretimi yapmak , fason hazır giyim ve triko yapmak veya yaptırmak , ürettiği ve imal ettirdiği , iç ve dış piyasadan satın aldığı mamullerin ve hammaddelerin pazarlama ve satışını sağlamak , her türlü hammadde ve mamuller ile üretim ve satış faaliyetlerine ait ithalat ve ihracat işlemleri yapmak , konu ile ilgili araştırma eğitim ve yayın faaliyetlerinde bulunmaktır.

5.2 ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışma , bir konfeksiyon atölyesinde , mevcut kapasiteye göre üretimin optimum değerlerini elde etmeye yöneliktir.

Çalışmanın ilk aşamasında , iki çeşit ürün (şort ve sabahlık) seçilerek , bu iki ürünün imalatı esnasında gördüğü bütün işlemler sıralanmış ve bu işlemlerin her biri için 15 ölçüm yapılmıştır. Ölçümlerin yapıldığı her işlem için iş istasyonunda çalışan işçinin beceri ve kabiliyetine göre belirli tempo değerleri tespit edilmiş ve ortalama kişisel tolerans değeri %20 alınarak standart zamanları tesbit edilmiştir. Her iki ürün içinde PERT analizleri yapılarak imalat akış hattını gösteren PERT şemaları çizilmiş ve buradan makina yerleşim düzenine geçiş yapılmıştır. imalat süreleri kesim , dikim , kalite kontrol ve son işlem olmak üzere dört ana gruba ayrılarak PERT şemalarından elde edilen optimize edilmiş değerlere göre bu dört ana işlem grubu için standart zaman değerleri bulunmuş ve bu değerler çalışmanın ana konularından biri olan doğrusal programlama tekniğinin verileri olarak kullanılmıştır. Bu teknikle , çeşitli imalat kısıtlarında iki çeşit ürün için maksimum karı veren üretim miktarları bulunmuştur.

Temel olarak , çalışmanın amacı , seçilmiş iki çeşit ürünün imalat aşamalarının detaylı analizi sonucu elde edilen optimum değerlerle , işletme karını maksimum yapan , belirli sürede üretilebilecek üretim miktarlarını bulmaktır. Aynı zamanda kaynakların optimum tahsiside sözkonusudur.

Çalışmada kullanılan ürünlere ait bütün bilgiler SÜMERBANK Bakırköy Konfeksiyon Sanayii 2.Pamuklu İşletmesi Planlama ve Maliyet Muhasebesi bölümlerinden alınmıştır.

5.3 PERT ANALİZLERİ VE PERT ŞEMALARI

SÜMERBANK Bakırköy Konfeksiyon Sanayii 2.Pamuklu İşletmesinde analizi yapılmak üzere seçilen ürünler şort ve sabahlık modelleridir. Ürünlerin her ikisi de ihracat ürünüdür ve belirli aralıklarla sık sık siparişi gelen modellerdir.

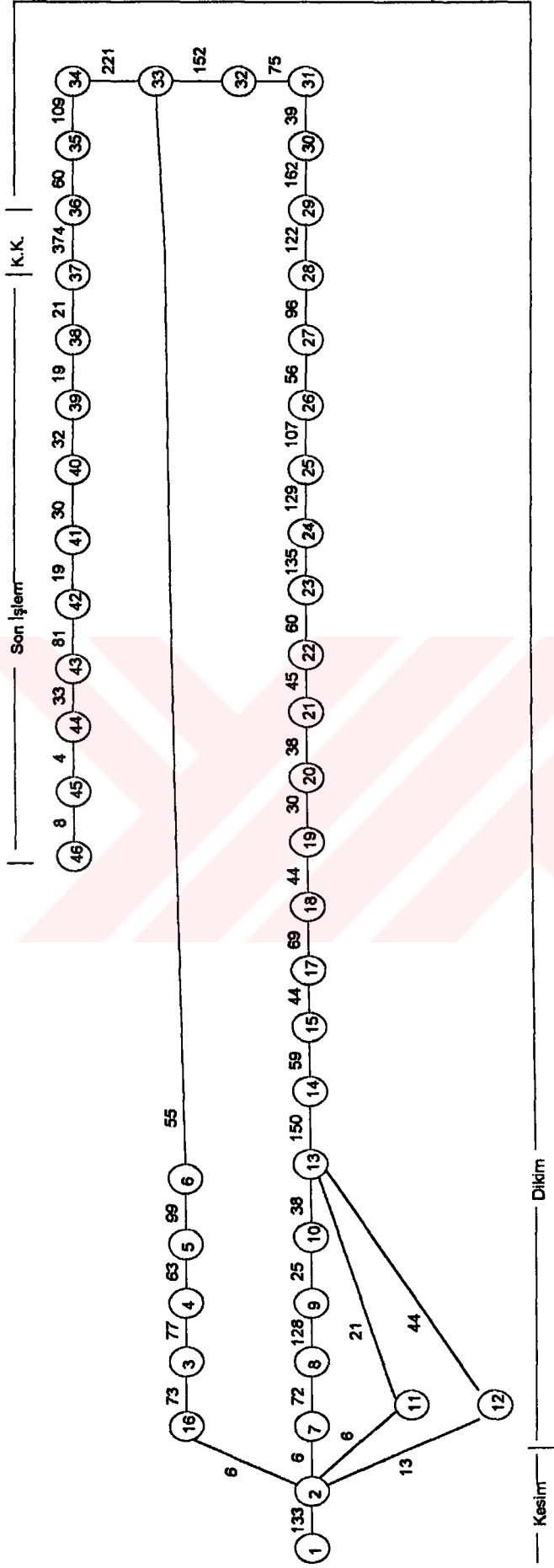
Şort modeli 41 işlem , sabahlık modeli ise 61 işlemten oluşmaktadır. Her iki ürün içinde 15 ölçüm yapılmıştır. 15 ölçümün aritmetik ortalaması , işlemi gerçekleştiren işçinin kabiliyetine göre tespit edilen tempo değeri ve ortalama %20 kabul edilen tolerans değeriyle çarpılarak standart zamanları bulunmuştur. Ürünlerin zaman etüdü ve standart zaman değerleri Ekler Bölümünde verilmiştir.

Beta dağılımına göre yapılan PERT analizinde a (iyimser süre) katsayısı , zaman etüdü değerlerinin en küçüğü , b (kötümser süre) katsayısı , zaman etüdü değerlerinin en büyüğü ve m (en mümkün süre) katsayısı da 15 ölçüm içinde en çok tekrarlanan değer yada en çok tekrarlanan değerlerin ortalamasıdır. Bu katsayılar aslında tahmini sürelerdir ancak çalışmanın daha gerçekçi verilere dayandırılması amacıyla veri olarak zaman etüdü değerleri alınmıştır. En erken , en geç ve boş sürelerin bulunmasından sonra işlemlerarası karşılıklı bağlar ve öncelikli işler PERT şemalarında gösterilmiştir.

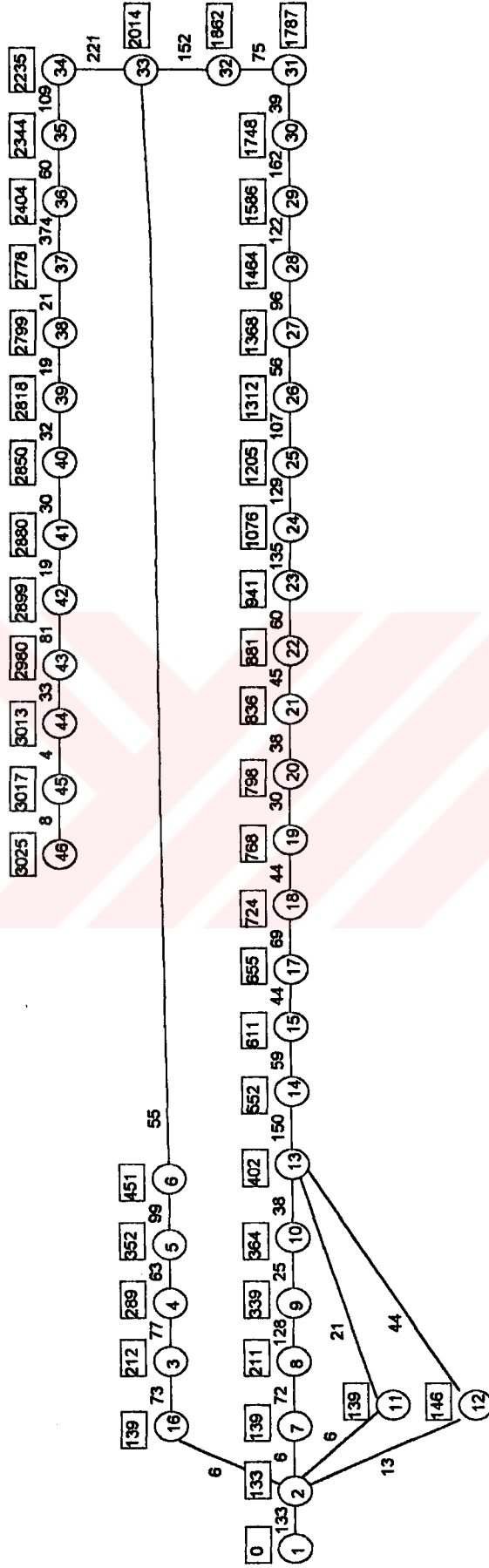
Tablo 5.1 Şort modeli PERT analizi

FAALİYET	a	b	m	Beklenen Süre (ET)	Varyans (VT)	En Erken Beklenen Süre (TE)	En Geç Süre (TL)	Boş Süre (TS)
(1;2)	130	133	135	133	0.694	133	133	0
(2;16)	5	6.5	7	6	0.11	139	1647	1508
(2;7)	5	6.5	7	6	0.11	139	139	0
(2;11)	5	6.5	7	6	0.11	139	381	242
(2;12)	10	13	14	13	0.44	146	358	212
(16;3)	64	72	85	73	12.25	212	1720	1508
(3;4)	69	77	87	77	9	289	1797	1508
(4;5)	55	62	76	63	12.25	352	1860	1508
(5;6)	92	97	112	99	11.11	451	1959	1508
(6;33)	43	58	58	55	6.25	506	2014	1508
(11;13)	19	20	28	21	2.25	160	402	242
(12;13)	39	44	52	44	4.69	190	402	212
(7;8)	46	72	94	72	64	211	211	0
(8;9)	116	128	143	128	20.25	339	339	0
(9;10)	21	23	37	25	7.1	364	364	0
(10;13)	31	38	48	38	8.02	402	402	0
(13;14)	140	153	153	150	4.69	552	552	0
(14;15)	49	60	68	59	10.02	611	611	0
(15;17)	42	43	50	44	1.77	655	655	0

FAALİYET	a	b	m	Beklenen Süre (ET)	Varyans (VT)	En Erken Beklenen Süre (TE)	En Geç Süre (TL)	Boş Süre (TS)
(17;18)	66	69	74	69	1.77	724	724	0
(18;19)	33	45	54	44	12.25	768	768	0
(19;20)	27	30	35	30	1.77	798	798	0
(20;21)	28	40	41	38	4.69	836	836	0
(21;22)	40	46	48	45	1.77	881	881	0
(22;23)	51	62	65	60	5.44	941	941	0
(23;24)	123	135	149	135	18.77	1076	1076	0
(24;25)	90	133	152	129	106.77	1205	1205	0
(25;26)	103	107	110	107	136	1312	1312	0
(26;27)	53	54	68	56	6.25	1368	1368	0
(27;28)	87	95	112	96	17.36	1464	1464	0
(28;29)	113	120	137	122	16	1586	1586	0
(29;30)	152	160	181	162	23.36	1748	1748	0
(30;31)	37	38	44	39	1.361	1787	1787	0
(31;32)	72	75	81	75	2.25	1862	1862	0
(32;33)	133	152	169	152	36	2014	2014	0
(33;34)	211	221	234	221	14.69	2235	2235	0
(34;35)	98	108	122	109	16	2344	2344	0
(35;36)	51	58	77	60	18.77	2404	2404	0
(36;37)	366	372	388	374	13.44	2778	2778	0
(37;38)	17	21	23	21	1	2799	2799	0
(38;39)	14	20	21	19	1.361	2818	2818	0
(39;40)	25	30	46	32	12.25	2850	2850	0
(40;41)	25	29	39	30	5.44	2880	2880	0
(41;42)	13	19	25	19	4	2899	2899	0
(42;43)	70	79	100	81	25	2980	2980	0
(43;44)	27	33	42	33	6.25	3013	3013	0
(44;45)	3	4	5	4	0.11	3017	3017	0
(45;46)	7	8	10	8	0.25	3025	3025	0

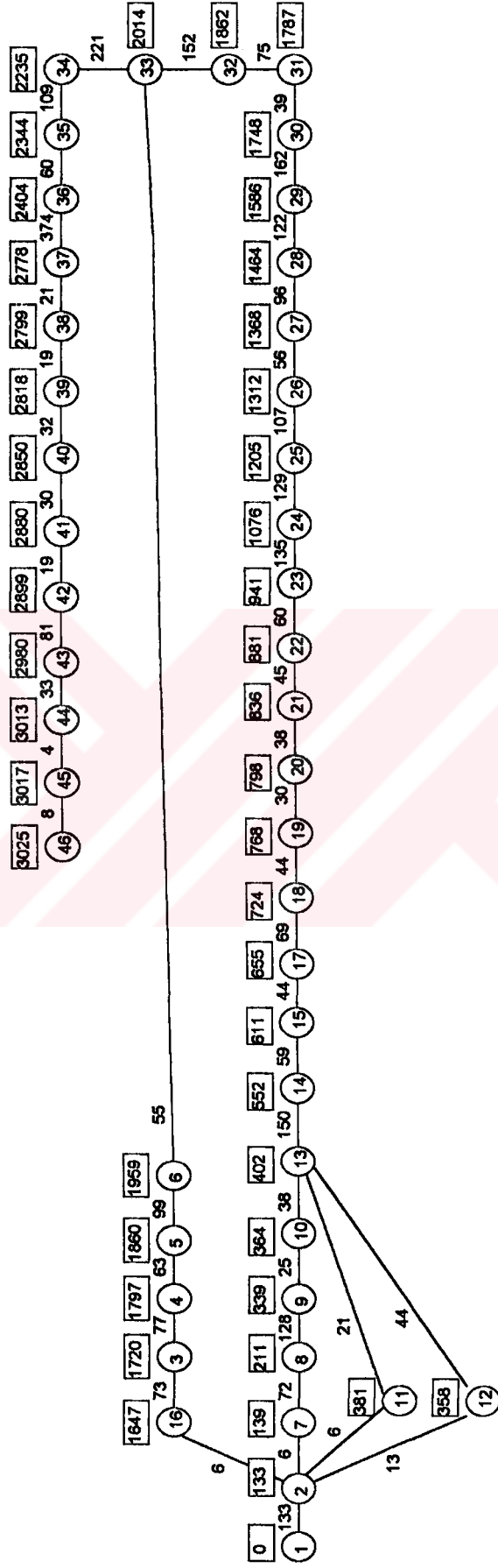


Şekil 5.2_Şort modeli PERT şeması



Kritik yörünge :1-2-7-8-9-10-13-14-15-17-18-.....44-45-46

Şekil 5.3 _Sort modeli en erken başlama zamanları



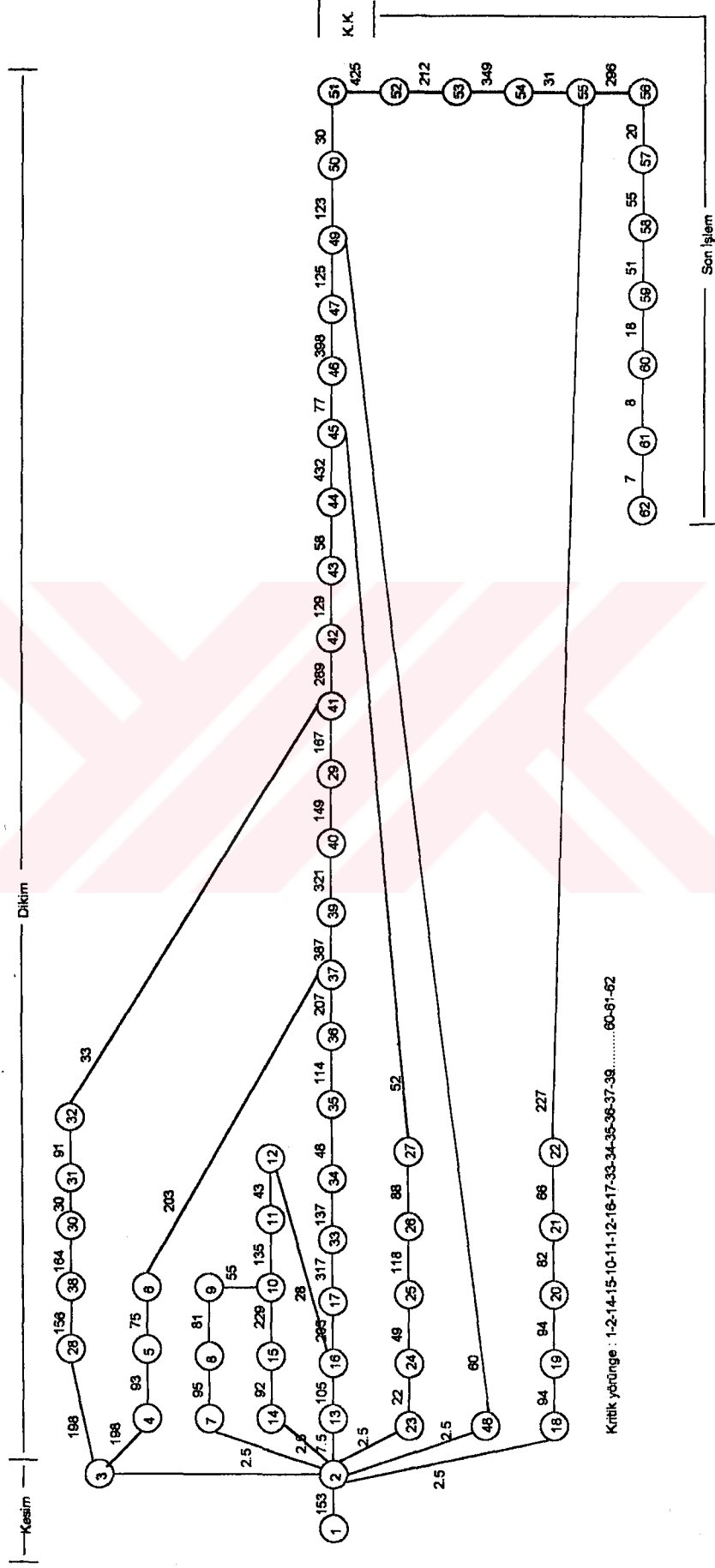
Kritik yörünge : 1-2-7-8-9-10-13-14-15-17-18-.....44-45-46

Şekil 5.4_Sort modeli en geç başlama zamanları

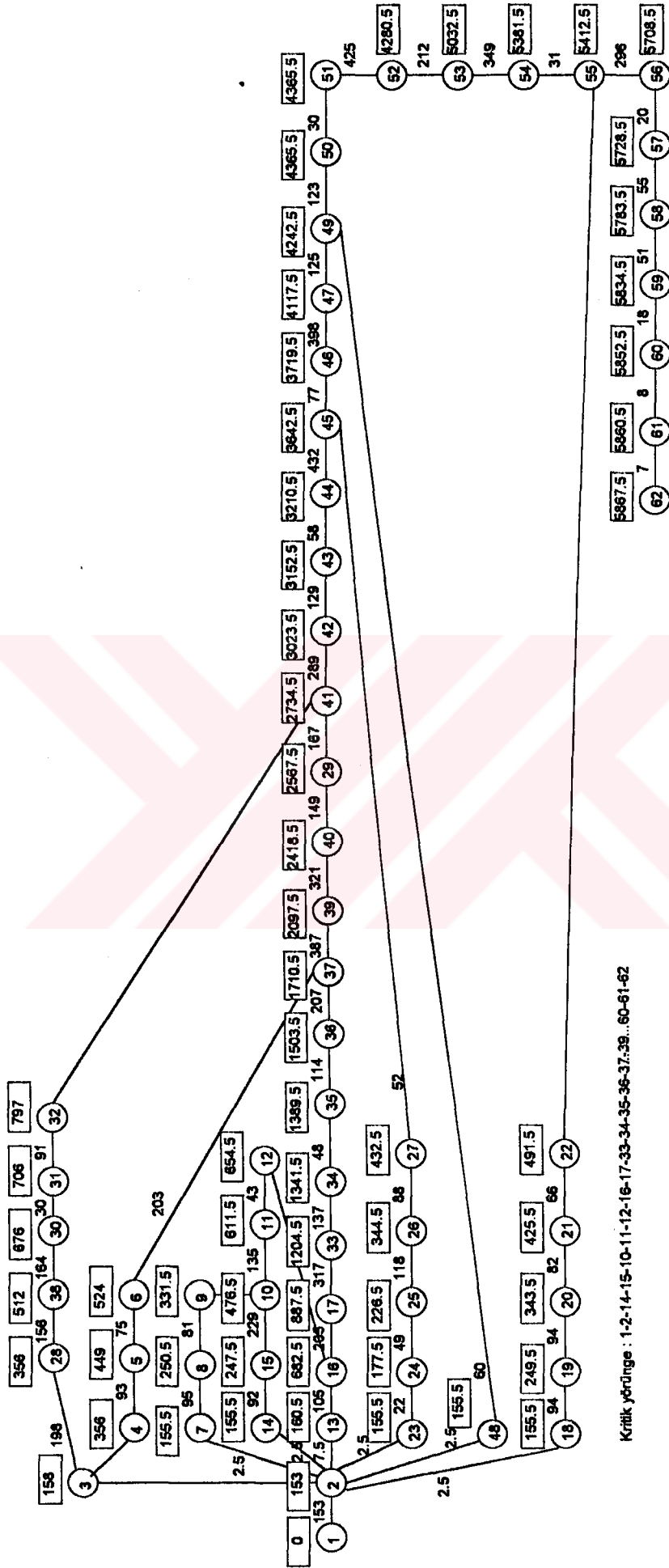
Tablo 5.2 Sabahlık modeli PERT analizi

FALİYET	a	m	b	Beklenen Süre (ET)	Varyans (VT)	En Erken Beklenen Süre (TE)	En Geç Süre (TL)	Boş Süre (TS)
(1;2)	151	153	156	153	0.694	153	153	0
(2;7)	2	2.5	3	2.5	0.0277	155.5	245.5	90
(2;14)	2	2.5	3	2.5	0.027	155.5	155.5	0
(2;13)	6	7.5	9	7.5	0.25	160.5	577.5	417
(2;18)	2	2.5	3	2.5	0.027	155.5	4849.5	4694
(2;23)	2	2.5	3	2.5	0.027	155.5	3313.5	3158
(2;3)	4	5	6	5	0.11	158	1141.5	983.5
(2;48)	2	2.5	3	2.5	0.027	155.5	4182.5	4027
(7;8)	90	95	102	95	4	155.5	245.5	90
(8;9)	66	80	98	81	28.44	250.5	340.5	90
(9;10)	48	55	61	55	4.694	331.5	421.5	90
(14;15)	90	92	96	92	1	247.5	247.5	0
(15;10)	220	230	235	229	6.25	476.5	476.5	0
(10;11)	130	135	141	135	3.361	611.5	611.5	0
(11;12)	38	43	48	43	2.777	654.5	654.5	0
(12;16)	22	28	34	28	4	682.5	682.5	0
(13;16)	98	104	118	105	11.11	265.5	682.5	417
(16;17)	200	205	212	205	4	887.5	887.5	0
(17;33)	310	318	321	317	3.361	1204.5	1204.5	0
(33;34)	127	130	178	137	72.25	1341.5	1341.5	0
(34;35)	41	48	58	48	8.02	1398.5	1389.5	0
(35;36)	105	110	138	114	30.25	1503.5	1503.5	0
(36;37)	191	205	230	207	42.25	1710.5	1710.5	0
(37;39)	360	387	415	387	84	2097.5	2097.5	0
(39;40)	290	324	341	321	72.25	2418.5	2418.5	0
(40;29)	138	144	183	149	56.25	2567.5	2567.5	0
(29;41)	156	166	185	167	23.36	2734.5	2734.5	0
(41;42)	268	287	320	289	75.11	3023.5	3023.5	0
(42;43)	115	130	140	129	17.36	3152.5	3152.5	0
(43;44)	51	59	63	58	4	3210.5	3210	0
(44;45)	420	430	453	432	30.25	3642.5	3642.5	0
(45;46)	69	75	94	77	17.36	3719.5	3719.5	0
(46;47)	370	390	460	398	225	4117.5	4117.5	0
(47;49)	110	125	138	125	21.77	4242.5	4242.5	0
(49;50)	118	120	143	123	17.36	4365.5	4365.5	0
(50;51)	29	30	33	30	0.440	4395.5	4395.5	0
(51;52)	388	400	561	425	831.36	4280.5	4280.5	0
(52;53)	204	212	220	212	0.44	5032.5	5032.5	0
(53;54)	330	348	370	349	44.4	5381.5	5381.5	0
(54;55)	30	30	36	31	1	5412.5	5412.5	0
(55;56)	270	297	318	296	64	5708.5	5708.5	0
(56;57)	18	20	21	20	0.25	5728.5	5728.5	0

FAALİYET	a	b	m	Beklenen Süre (ET)	Varyans (VT)	En Erken Beklene Süre (TE)	En Geç Süre (TL)	Boş Süre (TS)
(57;58)	51	55	59	55	1.777	5783.5	5783.5	0
(58;59)	50	50	59	51	2.25	5834.5	5834.5	0
(59;60)	17	18	21	18	0.44	5852.5	5852.5	0
(60;61)	8	8	9	8	0.027	5860.5	5860.5	0
(61;62)	7	7	9	7	0.013	5867.5	5867.5	0
(18;19)	87	92	108	94	12.25	249.5	4943.5	4694
(19;20)	85	93	110	94	17.36	343.5	5037.5	4694
(20;21)	79	81	88	82	2.25	425.5	5119.5	4694
(21;22)	50	65	84	66	32.1	491.5	5185.5	4694
(22;55)	206	230	239	227	30.25	718.5	5412.5	4694
(23;24)	19	20	34	22	6.25	177.5	3335.5	3158
(24;25)	40	50	56	49	7.11	226.5	3384.5	3158
(25;26)	110	118	125	118	6.25	344.5	3502.5	3158
(26;27)	82	88	95	88	4.69	432.5	3590.5	3158
(27;45)	50	51	61	52	3.36	484.5	3642.5	3158
(3;4)	191	199	204	198	4.694	356	1339.5	983.5
(4;5)	82	91	112	93	25	449	1432.5	983.5
(4;6)	62	74	92	75	25	524	1507.5	983.5
(6;37)	194	203	210	203	7.110	727	1710.5	983.5
(3;28)	191	199	204	198	4.694	356	2260.5	1904.5
(28;38)	150	155	169	156	10.020	512	2416.5	1904.5
(38;30)	139	167	180	164	46.690	676	2580.5	1904.5
(30;31)	22	32	32	30	2.770	706	2610.5	1904.5
(31;32)	77	94	96	91	10.02	797	2701.5	1904.5
(32;41)	26	34	38	33	4	830	2734.5	1904.5
(48;49)	55	60	67	60	4	215.5	4242.5	4027

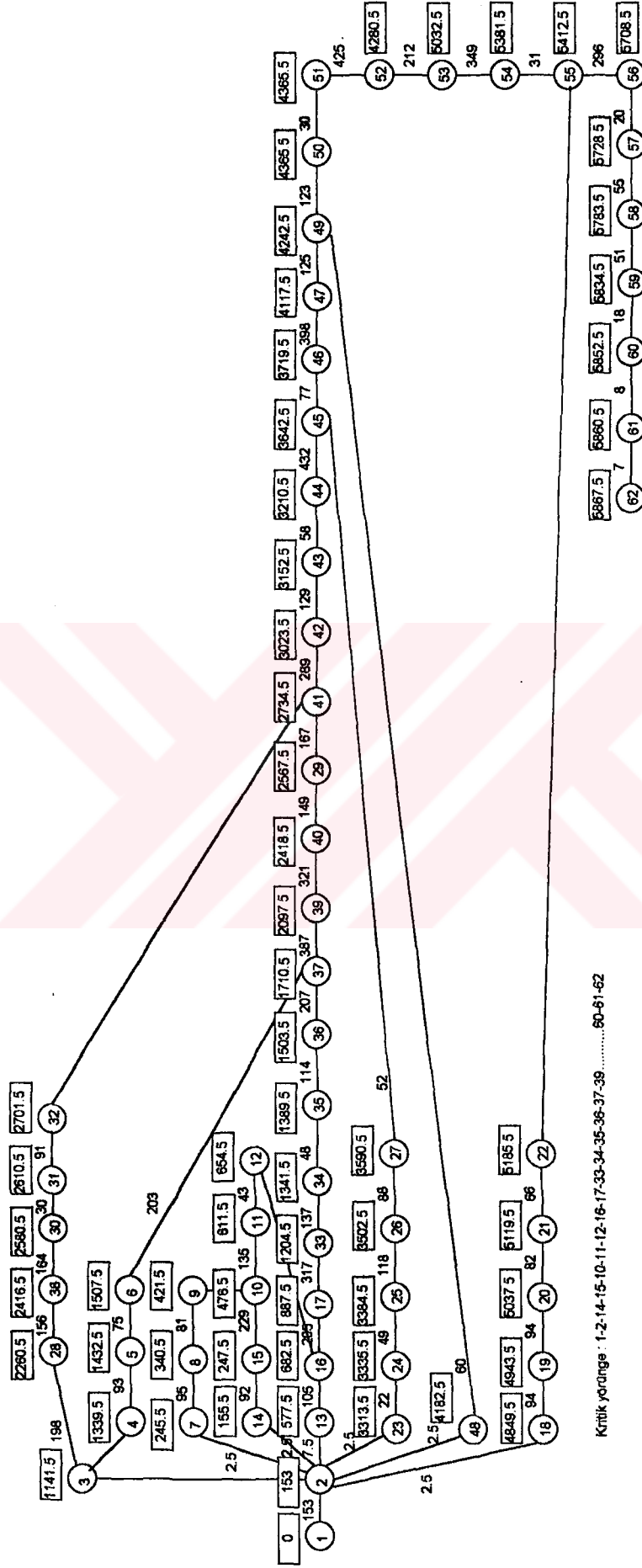


Şekil 5.6_Sabahlık modeli PERT şeması

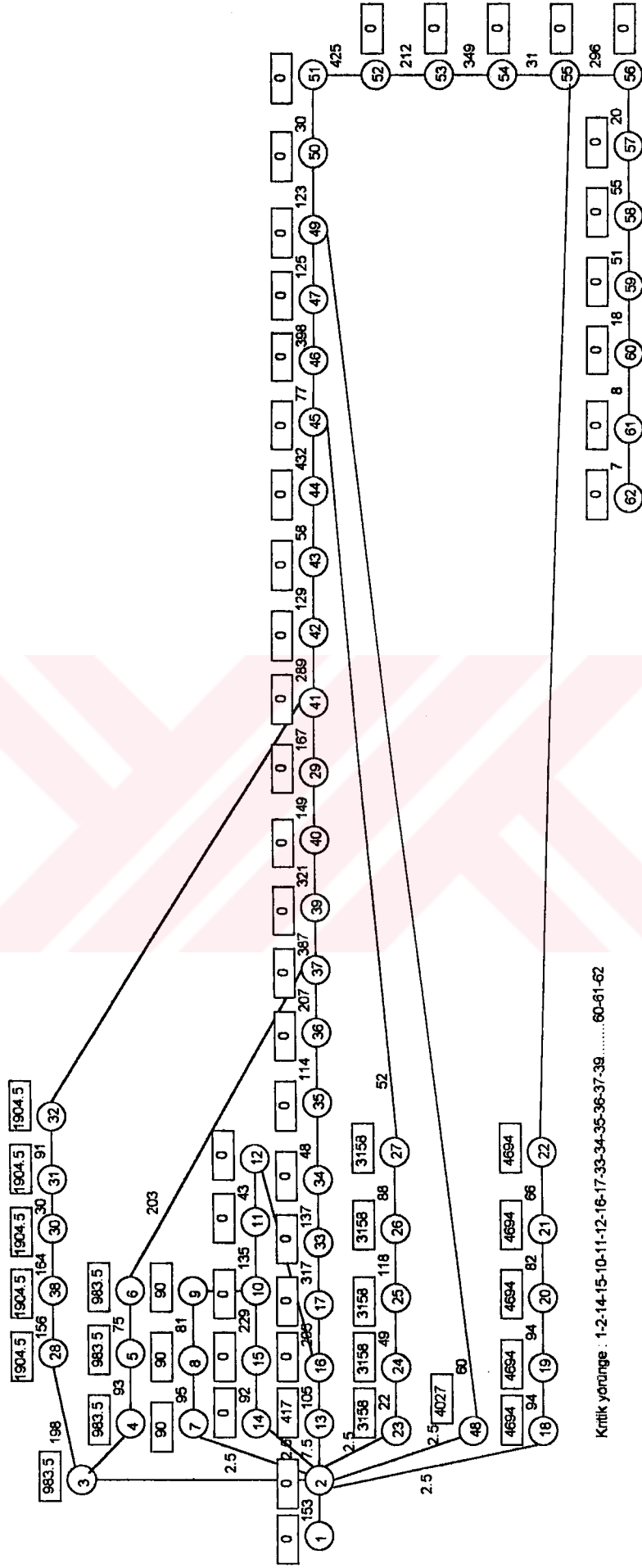


Kritik yörünge : 1-2-14-15-10-11-12-16-17-33-34-35-36-37-39-60-61-62

Şekil 5.7_Sabahlık modeli en erken başlama zamanları



Şekil 5.8_Sabahlık modeli en geç başlama zamanları



Şekil 5.9_Sabahlık modeli boş süreler

5.4 TESBİT EDİLEN İMALAT SÜRELERİNİN GERÇEKLEŞME OLASILIĞI

Şort ve sabahlık modelleri için elde edilen kritik yörünge sürelerinin normal dağıldığı düşünülerek merkezi limit teoremine göre ortalama ve varyans değerleri

Toplam süre : $TE = ET_1 + ET_2 + \dots + ET_k$ (k faaliyet sayısı) (5.1)

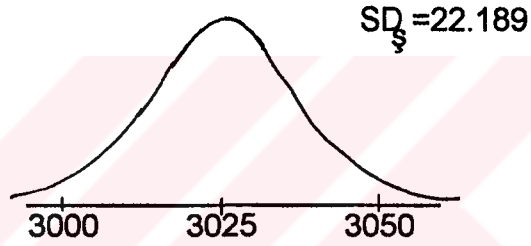
Toplam varyans : $VT = VT_1 + VT_2 + \dots + VT_k$ ifedelerine göre bulunur. (5.2)

Şort Modeli İçin :

$TE_{\text{ş}} = 3025$ desimal saniye

$VT_{\text{ş}} = 492.386$

Standart sapma değeri ($SD_{\text{ş}}$) varyansın kareköküne eşittir.



Şekil 5.10_Şort modeli için normal dağılım eğrisi

İmalat sürelerinin 3000 desimal saniyeden az olma olasılığı normal dağılıma göre ;

$$\begin{aligned}
 P(X \leq 3000) &= P\left(-\infty \leq \frac{X - 3025}{22.189} \leq \frac{3000 - 3025}{22.189}\right) \quad (5.3) \\
 &= P\left(-\infty \leq \frac{X - 3025}{22.189} \leq -1.126\right) \\
 &= \varphi(-1.126) \\
 &= 1 - \varphi(1.126) \\
 &= 0.1314
 \end{aligned}$$

$\varphi(1.126)$ değeri normal dağılım tablosundan bulunur.

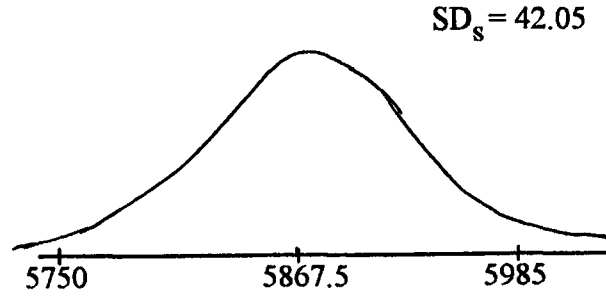
Sonuç olarak , imalatın 3000 desimal saniyeden az tamamlanma ihtimali %13'dür.

Sabahlık Modeli İçin :

TEs=5867.5 desimal saniye

VT=1768.7

SDs=42.05



Şekil 5.11 _Sabahlık modeli için normal dağılım eğrisi

İmalat süresinin 5750 desimal saniyeden az olma olasılığı normal dağılıma göre ;

$$\begin{aligned}
 P = (X \leq 5500) &= P\left(-\infty \leq \frac{X - 5867.5}{42.05} \leq \frac{5750 - 5867.5}{42.05}\right) \quad (5.4) \\
 &= P\left(-\infty \leq \frac{X - 5867.5}{42.05} \leq -2.79\right) \\
 &= \varphi(-2.79) \\
 &= 1 - \varphi(2.79) \\
 &= 0.0026
 \end{aligned}$$

Sonuç olarak imalat süresinin 5750 desimal saniyeden az olma ihtimali %0.26'dır.

5.5 MAKİNA TAHSİSLERİ

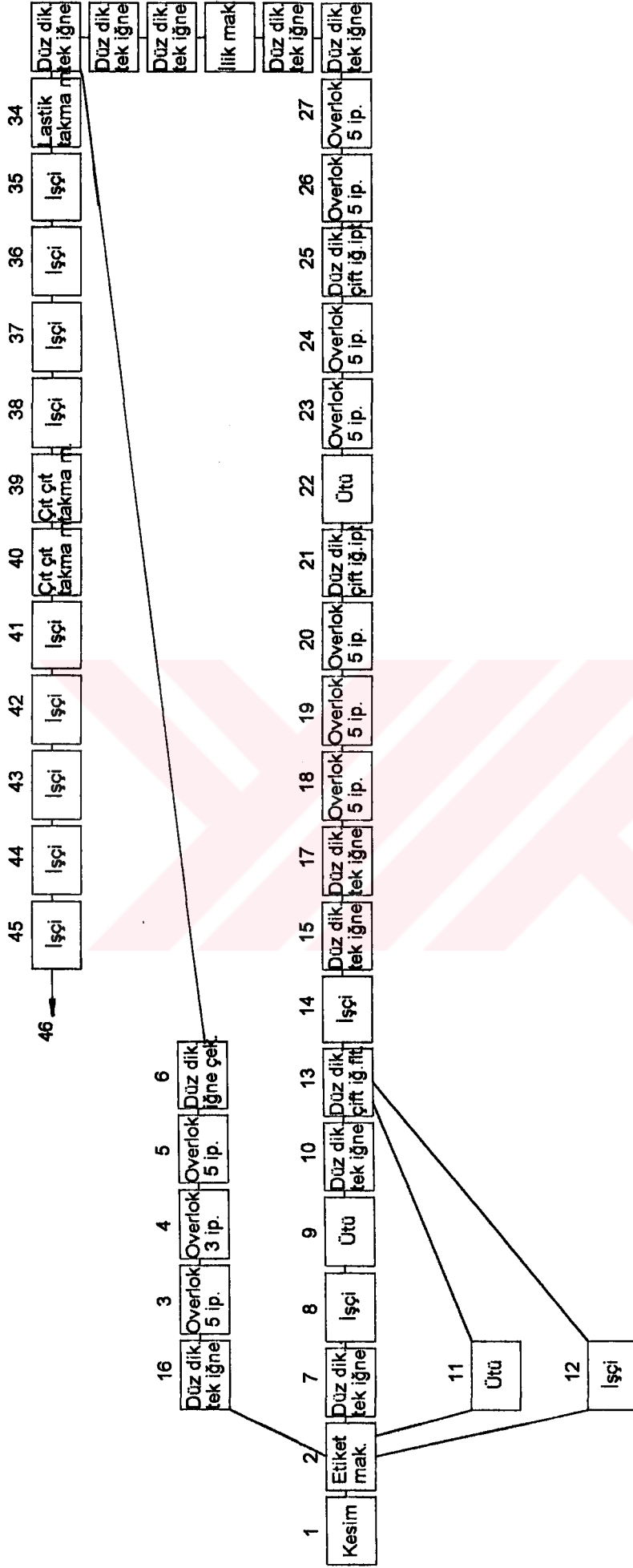
Genel olarak makina tahsis problemi dikim hattı için sözkonusudur. Kesim üç ayrı masada , telalama işlemi ise üç ayrı tela makinasında yapılmaktadır. Son işlem bölümünde de yapılan modellere göre gerekli her türlü teçhizat mevcuttur. Ayrıca kapasitenin üzerinde teçhizat gerektiği durumlarda SÜMERBAK'ın diğer işletmelerinden aktarım yapılabilmektedir.

SÜMERBANK Bakırköy 2.Pamuklu İşletmesi dikim bölümünde halihazırda kullanılabilir durumda olan makina adetleri aşağıdadır.

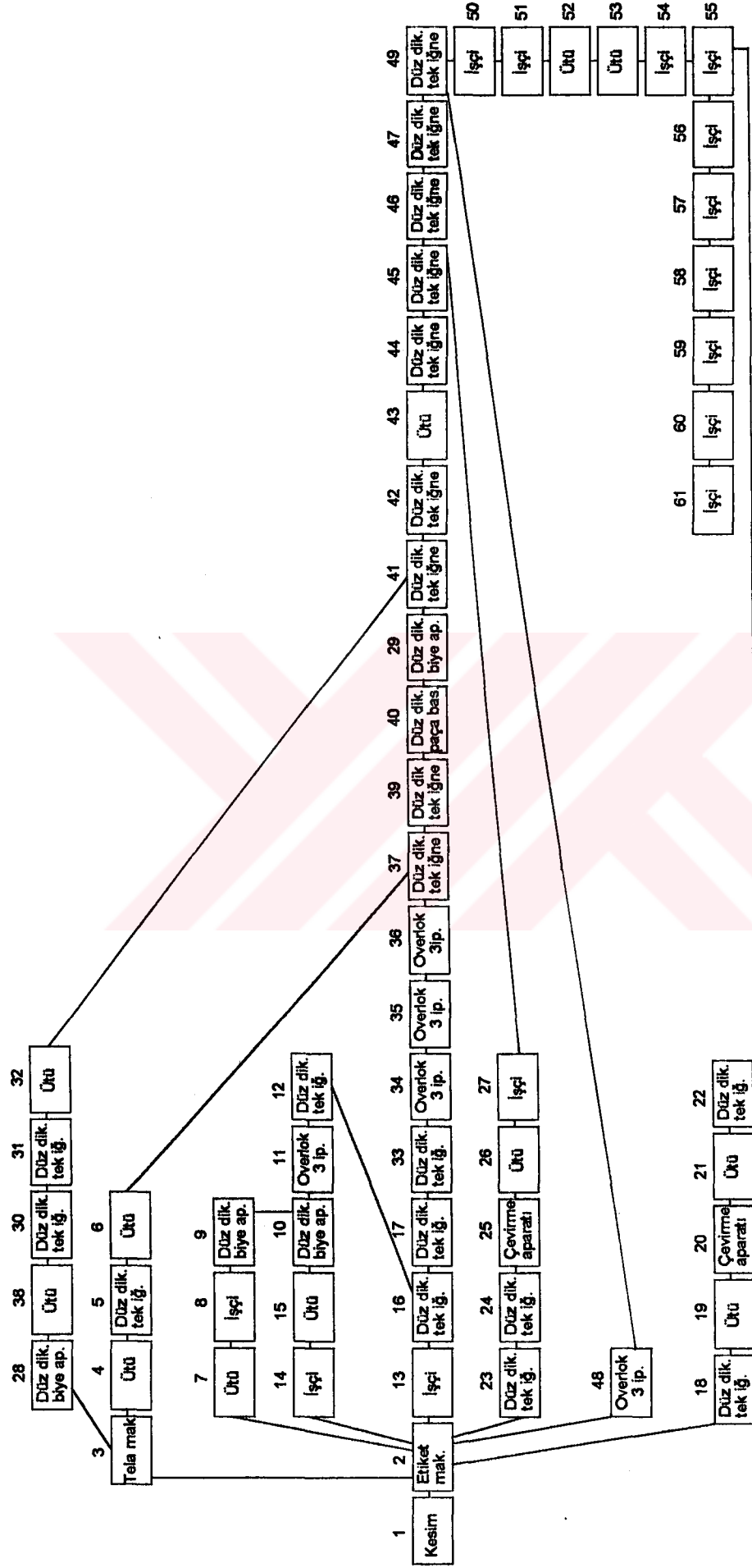
Tablo 5.3 Makina parkuru

MAKİNA TİPLERİ	ADET
Ovelok (5 iplik)	33
Ovelok (3 iplik)	12
Düz dikiş (tek iğne)	54
Düz dikiş (iğne çekimli)	119
Düz dikiş (biye aparatlı)	6
Düz dikiş (paça baskı)	6
Düz dikiş (çift iğne fleto)	7
Düz dikiş (çift iğne iptalli)	15
İlik makinası	2

Şort ve sabahlık modellerinin imalat aşamalarına göre gerekli olan makina tipleri PERT şeması esas alınarak (Şekil 5.12) ve (Şekil 5.13)'de çizilmiştir.



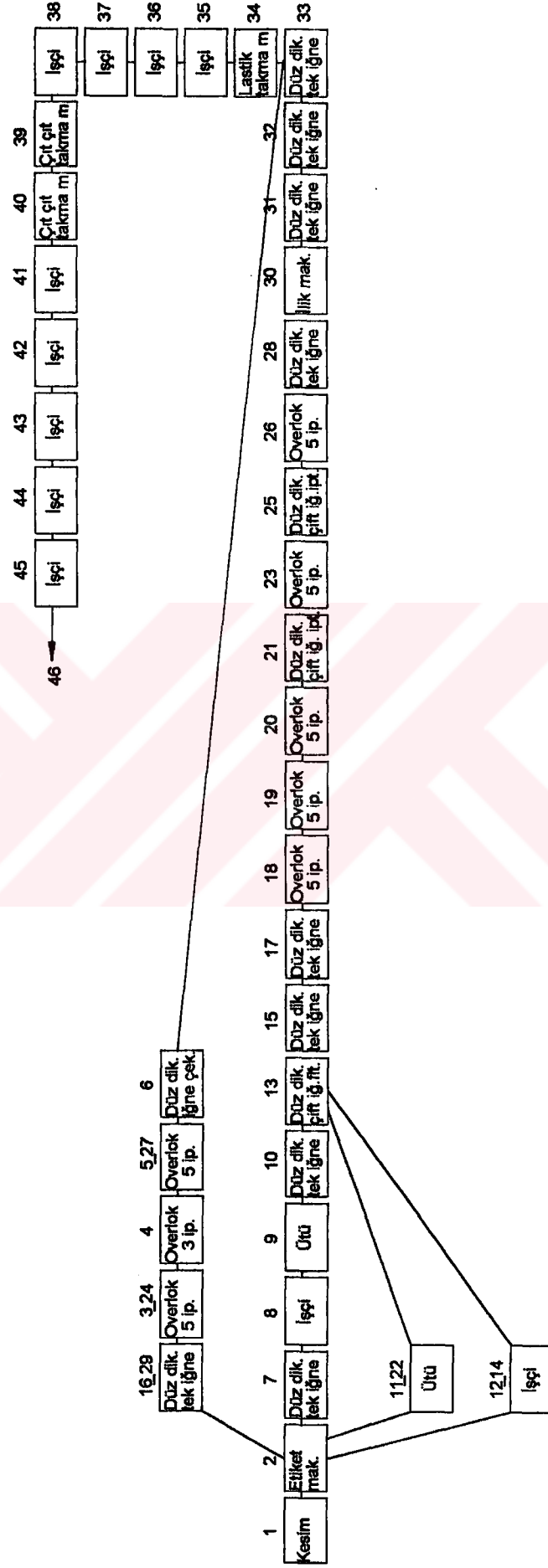
Şekil 5.12_Şort modeli makina tiplerine göre işlem akış şeması



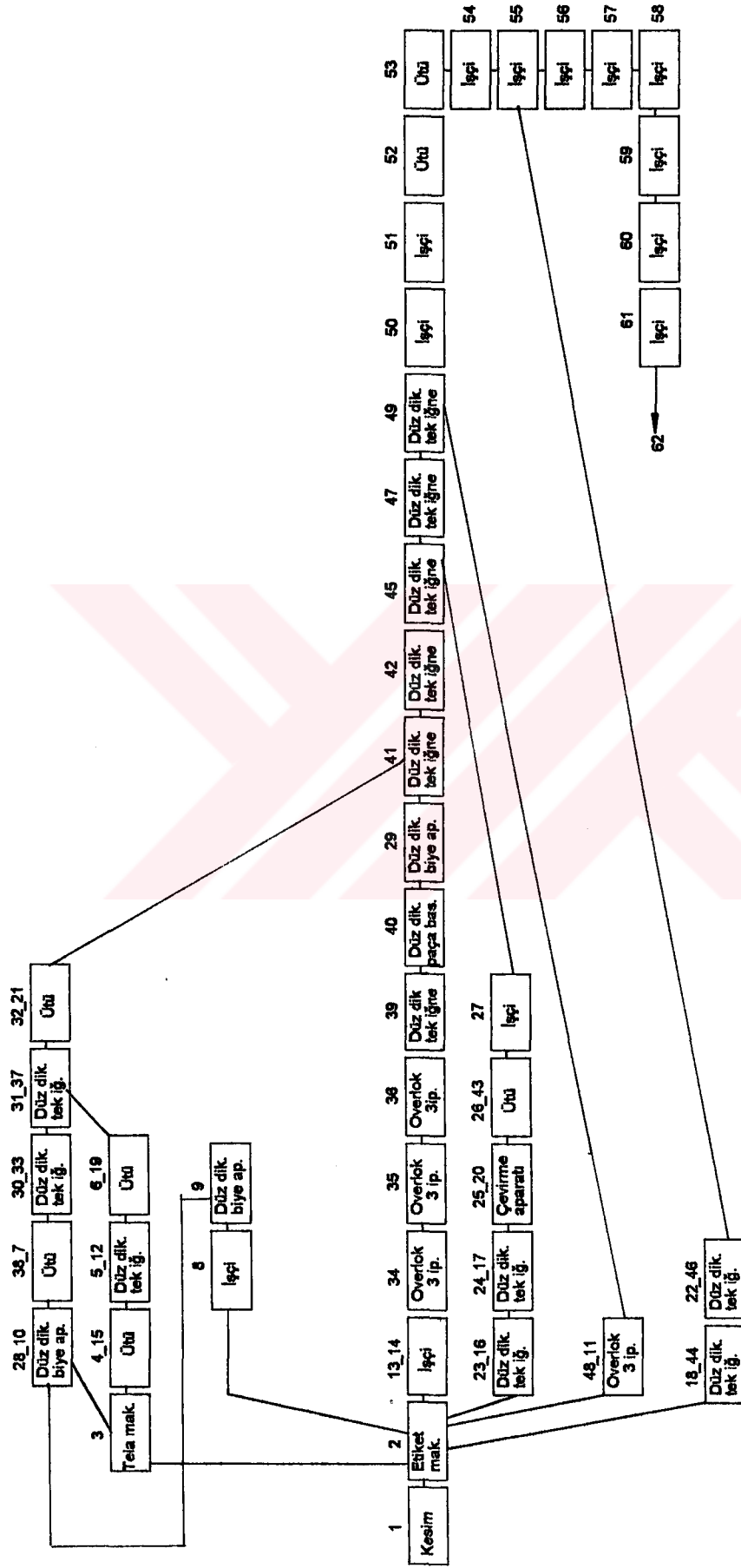
Şekil 5.13 _Sabahlık modeli makina tiplerine göre işlem akış şeması

(Şekil 5.12) ve (Şekil 5.13)'de görüldüğü gibi imalat akışında her işlem için bir makina yada bir işçi olduğu düşünülmüştür. Ancak her iki model içinde çizilen PERT şemalarında kritik yörünge dışındaki yörüngelerde boş süreler tesbit edilmiştir. Bu yörüngelerde işçi ve makinaların boş durması maliyeti etkileyen bir unsur olduğu için bu süreleri azaltmak ve sıkıştırma işlemini gerçekleştirmek gerekmektedir. Bu amaçla kritik yörünge üzerinde bulunan ve bu yörünge üzerinde olmayan işlemlerle aynı tip makinaya gereksinim duyan işlemler kritik yörünge dışında boş sürelere sahip makina veya işçilere aktarılabilir. Yada başka bir deyişle , imalat akışı içinde her işlemin bir makina veya işçi tarafından yapılması , bir kısım makina yada işçinin boş durması gibi bir sonuç doğuruyorsa , bu makinalara yapmaları gereken işler dışında başka işler yükleyerek hem boş duruş süreleri azaltılabilir hem de gereksinim duyulan işçi yada makina sayısında optimum değere ulaşılabilir. Ancak bu optimize çalışması yapılırken imalat hattında çok büyük karışıklıklara meydan vermemek ve işçilerin hata yapma olasılığını en aza indirmek amacıyla , bir işçinin en fazla iki farklı işi yapabileceği kabul edilecektir. Aynı zamanda gereğinden fazla kabiliyet ve beceri gerektiren karmaşık işlemlerin , işinin ehli elemanlara yaptırılması ve bu işçilerin yalnızca bu tip işlemlerde çalıştırılmasına dikkat edilmelidir.

Bu amaçla ve tespit edilen kabullerden yola çıkarak şort ve sabahlık modeli için optimum makina hatları oluşturulmuştur. (Şekil 5.14 ve Şekil 5.15) Kritik yörünge dışına aktarılacak işlem seçilirken en uzun süreli işlem olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca her işlemin bir makinada yapılacağı düşünüldüğü durumla optimum makina adetleri karşılaştırılmıştır.(Tablo 5.4)



Şekil 5.14_Şort modeli optimum üretim hattı



Şekil 5.15_Sabahlık modeli optimum üretim hattı

Tablo 5.4 Optimum makina tahsisleri

MAKİNA TİPİ	ŞORT (İlk dur.) (Opt.)		SABAHLIK (İlk dur.) (Opt.)	
Overlok (5 iplik)	9	7	-	-
Overlok (3 iplik)	1	1	5	4
Düz dikiş (tek iğne)	10	9	20	13
Düz dikiş (iğne çekimli)	1	1	-	-
Düz dikiş (biye aparatlı)	-	-	4	3
Düz dikiş (paça baskı)	-	-	1	1
Düz dikiş (çift iğne fletö)	1	1	-	-
Düz dikiş (çift iğne iptalli)	2	2	-	-
İlik makinası	1	1	-	-
Ütü	3	2	12	7
İşçi	12	11	14	13
Çıt çıt takma makinası	2	2	-	-
Lastik takma makinası	1	1	-	-
Çevirme aparatı	-	-	2	1

Tablodan da görüldüğü gibi ihtiyaç duyulan makina sayısında azalma sağlanmıştır.

(Tablo 5.3) ile (Tablo 5.4) yani işletmedeki makina parkuru ile optimize edilmiş makina adetleri karşılaştırıldığında şort modeli için , imalatla herhangi bir yığılma olmadan en fazla iki dikim bantı kurulabileceği görülür. Daha fazla sayıda bant kurulması halinde ilik makinasında yığılma olabilir. Sabahlık modeli için ise , biye aparatlı düz dikiş makina adeti sebebiyle sadece iki bant kurulabileceği açıkça görülmektedir.

5.6 ÜRÜNLERİN MALİYET DEĞERLERİ

Maliyet ve kara katkı değerlerine geçmeden önce , "katkı" yada "katkı marjı" kelimesinin tanımını vermek gerekir. Bir ürünün katkısı tabiriyle o ürünün bir biriminin üretilip satılmasıyla işletmenin net gelirinin ne kadar artacağı anlaşılmaktadır.

$$\text{Katkı} = \text{Net satış fiyatı} - \text{Toplam değişken gider} \quad (5.5)$$

Değişken gider , belirli bir ürünün üretilmesi halinde ortaya çıkan veya üretilmemesi halinde tasarruf edilebilen giderlerdir. Bu tanıma göre , örneğin işçilik masrafları değişken gider değildir. Zira ne üretilirse üretilsin , hatta hiçbirşey üretilmesin , işçi ücreti ödenecektir. Üretimin daralması halinde işçi sayısının azaltılması pratikte mümkün olmadığına göre işçilik ve işçilikle ilgili giderler değişken

gider değildir. Değişken giderler hammadde , yardımcı madde , enerji ve ambalaj giderleri ile işletme sermayesinin finansman yükünden ibarettir.

Bir işletmenin darboğazı , o işletmenin tam kapasite kullanımına erişmesi halinde tıkanacak ilk makina yada makina grubudur. Darboğazdan geçiş hakkı birim zamanda en çok katkı bırakan tiplerin olmalıdır. Her ürün için hesaplanacak "birim makina zamanında yaratılan katkı" , bir anlamda darboğazdan geçiş üstünlüğü endeksi oluşturacaktır.

Her iki tip ürünün üretim giderleri , SÜMERBANK Bakırköy Konfeksiyon Sanayii 2.Pamuklu İşletmesi İşletme Muhasebesi kayıtlarından alınan bilgilere göre aşağıdaki şekildedir.

Tablo 5.5 Ürünlerin sabit ve değişken giderleri (TL)

SABİT GİDERLER	ŞORT	SABAHLIK
İşçilik	56014	72290
Personel Giderleri	3837	5021
Amortisman	6139	8033
Bakım Onarım	767	1004
Genel İdare Giderleri	10715	15898
TOPLAM SABİT GİDER	77472	102246
DEĞİŞKEN GİDERLER		
Hammadde	19675	44113
Yardımcı Madde	1000	-
Elektrik	767	1004
Buhar	767	2008
Malzeme	3069	4016
Pazalama Satış Dağıtım giderleri	1948	2891
Diğer masraflar	5372	7029
TOPLAM DEĞİŞKEN GİDER	32598	61061

Şort satış fiyatı : 68000 TL
 Şort toplam değişken gider : 32598 TL
 Şort kara katkı değeri : $68000 - 32598 = 35402$ TL

Sabahlık satış fiyatı : 123333 TL
 Sabahlık toplam değişken gider : 61061 TL
 Sabahlık kara katkı değeri : $123333 - 61061 = 62272$ TL

5.7 DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİNİN KURULMASI

Doğrusal programlama modelinin kurulmasında , PERT şebeke analizleri ile elde edilen değerler veri olarak kullanılmıştır. Bu değerlere göre kesim , dikim , kalite kontrol ve son işlem bölümlerinin kritik yörünge boyunca beklenen değerleri , bütün işlemler için tesbit edilen tempo değerlerinin ortalaması ve işçilerin kişisel ihtiyaçlarının karşılanması için verilen %20 tolerans değeriyle çarpılarak dört grup için standart zaman değerleri bulunmuştur.

5.7.1 STANDART ZAMANLAR

5.7.1.1 ŞORT MODELİ

Kesim :

Toplam süre =139 des. sn.=2.31 dk.

Ortalama tempo=%77.5

Tolerans=%20

Kesim standart zamanı= $2.31 * 0.775 * (1+0.2) = 2.14$ dk.

Dikim :

Toplam süre=2265 des. sn.=37.75 dk.

Ortalama tempo=%74.8

Tolerans=%20

Dikim standart zamanı= $37.75 * 0.748 * (1+0.2) = 33.88$ dk.

Kalite Kontrol :

Toplam süre=374 des.sn.=6.23 dk.

Ortalama tempo=%75

Tolerans=%20

Kalite Kontrol standart zamanı= $6.23 * 0.75 * (1+0.2) = 5.60$ dk

Son İşlem :

Toplam süre=247 des.sn.=4.11 dk.

Ortalama tempo=%85.5

Tolerans=%20

Son işlem standart zamanı= $4.11 * 0.855 * (1+0.2) = 4.21$ dk.

5.7.1.2 SABAHLIK MODELİ

Kesim :

Toplam süre=155.5 des.sn.=2.59 dk.

Ortalama tempo=%90

Tolerans=%20

Kesim standart zamanı=2.59*0.9*(1+0.2)=2.79 dk.

Dikim :

Toplam süre=4240 des.sn.=70.66 dk.

Ortalama tempo=%82

Tolerans=%20

Dikim standart zamanı=70.66*0.82*(1+0.2)=69.52 dk.

Kalite Kontrol :

Toplam süre=425 des.sn.=7.08 dk.

Ortalama tempo=%75

Tolerans=%20

Kalite kontrol standart zamanı=7.08*0.75*(1+0.2)=6.37 dk.

Son işlem :

Toplam süre=1047 des.sn.=17.45 dk.

Ortalama tempo=%95

Tolerans=%20

Son işlem standart zamanı=17.45*0.95(1+0.2)=19.89 dk.

5.7.2 AMAÇ FONKSİYONU

Amaç , iki tip ürün üretileceği düşünülerek , karı maksimum yapan üretim miktarlarını bulmaktır. Buna göre amaç fonksiyonu ;

$$P=35402X_1+62272X_2 \quad (5.6)$$

5.7.3 KISITLAYICI ŞARTLAR

Kısıtlayıcı şartlar , belirli üretim süresince , kesim , dikim , kalite kontrol ve son işlem ünitelerinde yalnızca iki tip mamul üretileceği düşünülerek , bu ünitelerde ayrılacak en yüksek kapasite şartlarıdır. Uygulamada çalışma süresi bir aylık alınmıştır.

Kısıtlayıcı şartların sağ tarafını belirleyebilmek için her ürün ve her işlem için tesbit edilmiş standart zaman değerlerini esas alarak normal imalat şartları altında

ürünlerin ayrı ayrı bütün imalat departmanlarından , gördüğü işlemlerin özelliklerine göre çıkış hızları tesbit edilmelidir.

5.7.3.1 KESİM

Kesim işlemi , normal şartlar altında her katında 10 model bulunan 80 kat kumaşın üst üste konularak kesilmesidir. Bu durumda 800 parça model birden kesilecek bunlar etiketleme yada telalama işlemi için bir yığın oluşturmaktadır.

Sort modeli için :

Bu model için , kesim departmanında kesim ve etiketleme olmak üzere iki işlem gerçekleştirilmektedir. Eklerde verilen bilgilere göre ;

Kesim işlemi standart zamanı= $(133/60)*0.8*(1+0.2)=2.128$ dk.

Etiketleme işlemi standart zamanı= $(6/60)*0.75*(1+0.2)=0.09$ dk.

İlk kesim işlemi $(80*10*2.128)$ 1702.4 dk. sonra bitecek ve etiketleme işlemi için bekleyecektir. Ancak etiketleme işleminin standart zamanı kesime göre çok az olduğundan bir yığılma olmayacağı düşünülmektedir ihmal edilebilir ve yalnızca kesim işleminin standart zamanı esas alınabilir. Kesim işlemi işletmede aynı anda üç ayrı masada yapılabilmektedir ve 800'er parçalık üç ayrı grup 1702.4 dk. sonra kesimden çıkacaktır. Buna göre ;

Kesimden çıkış hızı= $1702.4/(800*3)=0.709$ dk/adet

Günlük çalışma süresinin 8 saat olduğu düşünülerek ;

Günlük kesim kapasitesi= $(8*60)/0.709=677$ adet/gün

Sabahlık modeli için :

Kesim işlemi standart zamanı= $(153/60)*0.85*(1+0.2)=2.601$ dk.

Etiketleme işlemi standart zamanı= $(2.5/60)*0.95*(1+0.2)=0.045$ dk.

Telalama işlemi standart zamanı= $(198/60)*0.9*(1+0.2)=3.564$ dk.

İlk kesim işlemi $(80*10*2.601)$ 2080.8 dk sonra bitecektir. Bu model içinde etiketleme süresi ihmal edilecektir. Ayrıca telalama işlemi bir modelin yalnızca iki parçasına uygulandığı ve kritik yörünge üzerinde olmadığı için hesaba katılmayacaktır. Kesim üç masada yapıldığından ;

Kesimden çıkış hızı= $2080.8/(800/3)=0.867$ dk/adet

Günlük çıkış hızı= $480/0.867=553$ adet/gün

5.7.3.2 DİKİM

Kesimden alınan yarı mamuller , verilen işlem sırasına göre dikim bantından geçer. Dikim işlemlerinin standart zamanları birbirinden farklı olduğundan , bütün işlemlerin ortalaması dikim departmanından çıkış hızı olarak alınacaktır.

Şort modeli için :

Toplam dikim standart zamanı=33.88 dk.

Toplam işlem sayısı =26 (Kritik yörünge boyunca)

Ortalama işlem standart zamanı=1.3 dk.

Dikim bantına giren ilk parça (1702.4+33.88) 1736.2 dk sonra banttı çıkar. İlk parçanın ardından ortalama 1.3 dakikada bir parça dikilir.

Makina tahsis konusunda tesbit edildiği gibi en fazla iki dikim bantı kurulacağından ;

Dikimden çıkış hızı= $1.3/2=0.65$ dk/adet

Günlük kapasite= $480/0.65=738$ adet/gün

Sabahlık modeli için :

Toplam dikim standart zamanı=69.52 dk.

Toplam işlem sayısı=24

Ortalama işlem standart zamanı=2.89 dk.

Dikim bantına giren ilk parça (2080.4+69.52) 2149.92 dk sonra banttı çıkacak ve bu parçadan sonra 2.944 dakikada bir parça dikilecektir.

Makina tahsisleri konusunda değinildiği gibi en fazla iki dikim bantı kurulacağından ;

Dikimden çıkış hızı= $2.89/2=1.445$ dk/adet

Günlük kapasite= $480/1.445=332$ adet/gün

5.7.3.3 KALİTE KONTROL

2.Pamuklu İşletmesinde kalite kontrol işlemlerinde çalışan işçi sayısı 36'dır. Bir parçanın ortalama 4 kez kontrol edildiği kabul edilirse bu işlem dizisi için 9 ayrı bant kurulabilir.

Şort modeli için :

Toplam kalite kontrol standart zamanı=5.60 dk.

İlk parça (1736.28+5.60) 1741.88 dk sonra kalite kontrolden çıkacaktır.

9 ayrı bant kurulabileceğine göre ;

Kalite kontrolden çıkış hızı=5.60/9=0.62 dk/adet

Günlük kapasite=480/0.62=774 adet/gün

Sabahlık modeli için :

Toplam kalite kontrol standart zamanı=6.37 dk.

İlk parça (2149.92+6.37) 2156.29 dk sonra kalite kontrolden çıkacaktır.

9 ayrı bant kurulabileceğine göre ;

Kalite kontrolden çıkış hızı=6.37/9=0.707dk/adet

Günlük kapasite=480/0.707=679 adet/gün

5.7.3.4 SON İŞLEM

Son işlem bölümü , nihayi mamulün istenilen formda elde edilmesini sağlayan genellikle el işlerinin yapıldığı departmandır. Bu departmanda çalışan sayısı 27'dir.

Sort modeli için :

Toplam son işlem standart zamanı=4.21 dk.

Toplam işlemsayısı=9

Ortalama işlem standart zamanı=0.467 dk.

Çalışan işçi sayısı 27 , toplam işlem sayısı 9 olduğundan işlemler üç ayrı bantta yapılabilir.

Son işlem çıkış hızı=0.467/3=0.155 dk/adet

Günlük kapasite=480/0.155=3096 adet/gün

İlk parça (1741.88+4.21) 1745.5 dk sonra nihayi mamul olarak elde edilir.

Bu süre yaklaşık 4 işgününe karşılık gelir ve bu şort için hazırlık süresi olarak adlandırılır.

Sabahlık modeli için :

Toplam son işlem standart zamanı=19.89 dk.

Toplam işlem sayısı=10

Ortalama işlem standart zamanı=1.989 dk.

Bu model için 2 bant kurulması 7 işçinin boş kalmasına yol açacağından dönüşümlü işçi kullanımıyla 3 bant kurulması mümkün olabilir.

Son işlemden çıkış hızı=1.989/3=0.663 dk/adet

Günlük kapasite=480/0.663=724 adet/gün

İlk parça (2156.29+19.89) 2156.18 dk sonra nihayi ürün olarak elde edilir. Hazırlık süresi sabahlık için yaklaşık 5 gündür.

Günlük kapasiteler ve departmanlardan çıkış hızları aşağıdaki şekilde tablolanmıştır.

Tablo 5.6 Günlük kapasite ve departmanlardan çıkış hızları

	ÇIKIŞ HIZLARI		GÜNLÜK KAPASİTE	
	Şort	Sabahlık	Şort	Sabahlık
KESİM	0.709	0.867	677	553
DİKİM	0.650	1.445	738	332
KALİTE KONTROL	0.620	0.707	774	679
SON İŞLEM	0.155	0.663	3096	724

(Tablo 5.6)'da şort ve sabahlık modellerinin günlük kapasiteleri incelendiğinde sabahlık için dikim miktarının kesim miktarından az olduğu görülmektedir. Bu sürekli üretim hattında , dikim departmanında bir yığılma olacağını göstermektedir. Bu noktada , üretimle ilgili önemli bir kararın verilmesi gerekmektedir. Bu karar , sabahlık modeli için dikim kapasitesinin yığılmayı engelleyecek ölçüde kesim kapasitesine yaklaştırmak için yaklaşık %60 oranında artırılmasıdır. Aynı şekilde şort modelinde kesim kapasitesi dikim kapasitesinin altında kalmıştır. Bu , dikimde boşluk olabileceğini gösterir. Dikimde oluşabilecek herhangi bir boşluk işletme maliyetini etkileyecektir. Bunu engellemek için kesim kapasitesi %10 oranında artırılmalıdır. Bu karar , işletme politikasına göre fazla mesai yada fason üretim gibi çeşitli kapasite ayarlama stratejilerinden birinin seçilmesiyle uygulamaya alınabilir. Bu yöntemlerin işletmeye yüklediği ekstra maliyet ihmal edilmştir.

Tablo 5.7_Düzeltilmiş günlük kapasite ve departmanlardan çıkış hızları

	ÇIKIŞ HIZLARI		GÜNLÜK KAPASİTELER	
	Şort	Sabahlık	Şort	Sabahlık
KESİM	0.638	-	744	-
DİKİM	-	0.578	-	531

5.7.4 ÇÖZÜM

Son duruma göre , üretim kısıtlarını işletmenin bir aylık çalışma süresi boyunca yalnızca şort ve sabahlık üretileceğini düşünerek aşağıdaki eşitsizlikler şeklinde ifade edebiliriz. Normal çalışma süresi günde 8 saat ve bir ayda 22 çalışma günü olduğu kabul edilmiştir.

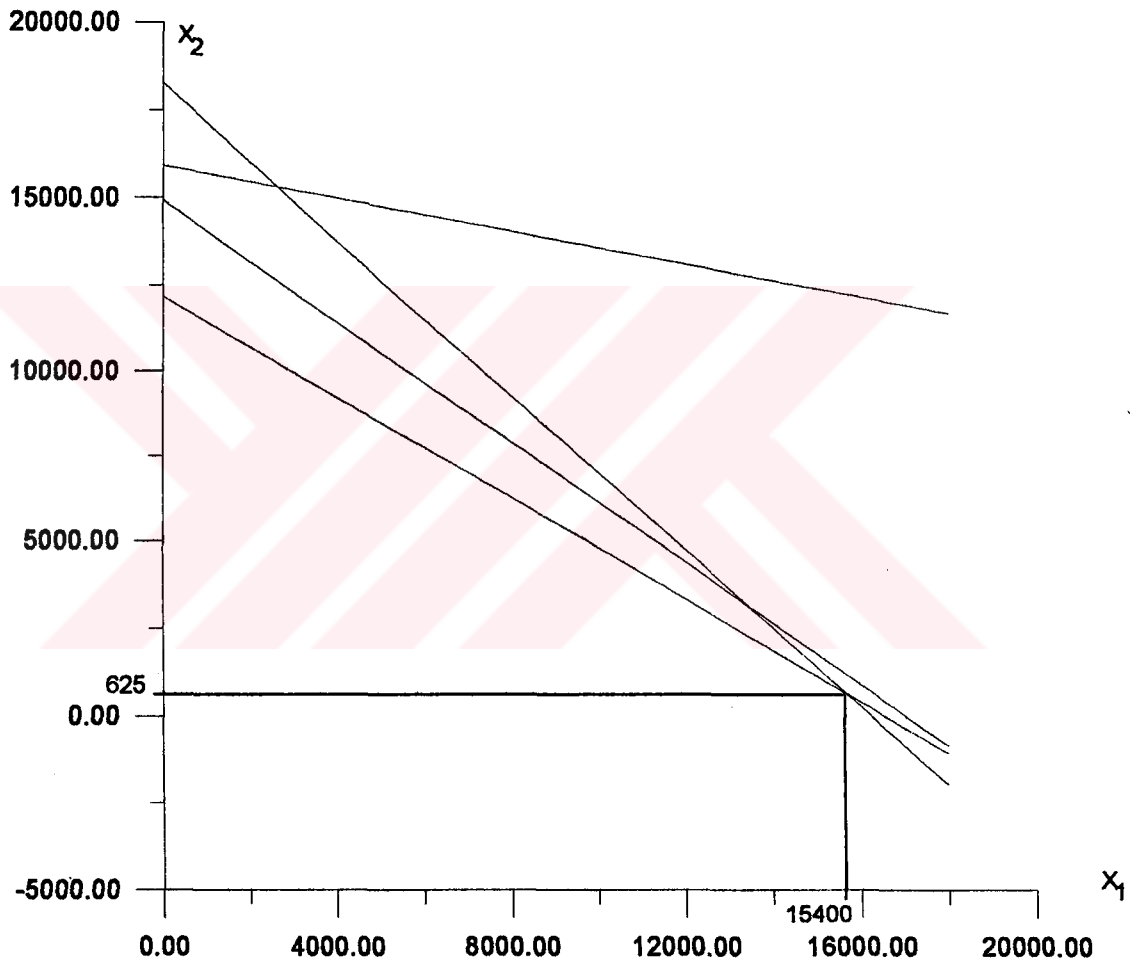
$$\begin{aligned}
 \text{KESİM} & : 0.638X_1 + 0.867X_2 \leq 10560 \quad (22 \times 8 \times 60) \\
 \text{DİKİM} & : 0.650X_1 + 0.578X_2 \leq 10560 \\
 \text{KALİTE KONTROL} & : 0.620X_1 + 0.707X_2 \leq 10560 \\
 \text{SON İŞLEM} & : 0.155X_1 + 0.663X_2 \leq 10560
 \end{aligned}$$

Problemin (Şekil 5.16)'da verilen çözümünden elde edilen değerler :

(Şort modeli) $X_1 = 15400$ adet

(Sabahlık modeli) $X_2 = 625$ adet

Her iki üründen yukarıda verilen miktarlarda üretilmesi durumunda kar $P = 584110800$ TL ile maksimum değerine ulaşır. Grafik çözümden elde edilen değerlere göre şirketin belirlenen kısıtlarında maksimum kar sağlayarak üretilebilecek ürün miktarları bulunmuştur.



Şekil 5.16 Problemin grafik çözümü

SONUÇ VE ÖNERİLER

PERT analizleri ve doğrusal programlama metodu ile üretim öncesi konfeksiyon işletmelerinde yapılan optimizasyon çalışmalarına farklı bir model geliştiren bu çalışmayla iki tip ürün için , işletmenin zaman etüdü ile elde edilmiş standart zamanlarına ve belirli kapasite kısıtlarına dayanarak , yalnızca iki tip ürün üretileceği kabul edilerek , maksimum karı veren üretim miktarları bulunmuştur.

Uygulamanın ilk aşamasında çizilen PERT şemalarında iyimser , kötümser ve en muhtemel tahminlerin standart zaman değerleri arasından alınması , analizlerin daha gerçekçi temellere dayanmasını sağlaması açısından önemlidir. Zaman etüdü ve PERT analizleri , ürünlerin imalat aşamaları ve standart zamanlar hakkında detaylı bilgi verirken , aynı zamanda bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar işçilerin ücret sistemlerinde ve prim uygulamalarında da kullanılabilir. Bunun yanında bu tip çalışmalarda , çalışanlar üzerinde bir kontrol mekanizması da kurulmuş olur.

PERT analizleri sonucu tesbit edilen boş sürelerle dayanarak gerçekleştirilen optimum üretim hattının tesbitinde , işçilerin hata yapma olasılığını en aza indirmek amacıyla bir işçinin en fazla iki farklı iş yapacağı kabul edilmiştir. Bu kabul üretim akışının karmaşıklığına ve işçilerin bilgi ve becerilerine göre farklı değerler alır.

Doğrusal programlama modelinin kurulması aşamasında ise kesim , dikim , kalite kontrol ve son işlem departmanları için tesbit edilen günlük kapasiteler karşılaştırılarak sabahlık modeli için dikim kapasitesinin %60 , şort modeli için ise kesim kapasitesinin %10 oranında artırılması sonucuna varılmıştır. Gerçekte , hammadde ve yarı mamullerin partiler halinde hareket ettiği konfeksiyon işletmelerinde , departmanlar arasında herhangi bir yığılma yada boşluk durumlarına meydan vermemek için , bu işletmelerin kuruluş aşamalarında , bütün departmanların ortalama kapasitelerinin mümkün olduğunca birbirine yakın değerler almasına önem verilmelidir. Bunun sağlanamadığı durumlarda ise fazla mesai yada fason imalat yoluyla düzenli imalat akışı sağlanabilir. Ancak , gerek fazla mesai gerekse fason imalatın , işletme maliyetine etki eden unsurlar olması nedeniyle bu tür kararların çeşitli çalışmalar sonucu verilmesi gerekir.

Doğrusal programlama probleminin çözümü sonucu bulunan şort ve sabahlık modelleri üretim miktarları , işletmenin bir aylık üretim süresi boyunca maksimum kar sağlayarak üretebileceği optimum üretim miktarlarıdır. Bu değerler , sürekli üretim yapan işletmelerde tesbit edilmesi gereken temel değerlerdir. Sipariş üretimi yapan işletmelerde ise sipariş alımlarında müşteriye yönlendirmek açısından bir anlam kazanacaktır.

Sonuç olarak , üretim planlaması ve optimizasyon , yalnızca konfeksiyon değil üretim yapan bütün işletmelerin önemle üzerinde durması gereken faaliyetlerdir. Üretim tipine göre oluşturulabilecek çeşitli yaklaşımlarla yapılması istenilen üretim işlemleri ilk aşamasından itibaren kontrol altına alınabilecek ve işletme mali değerlerinin istenilen ölçüye gelmesi sağlanabilecektir.



KAYNAKLAR

- [1] ACAR N. Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları , MPM Yayınları Ankara , 1989
- [2] KOBU B. Üretim Yönetimi İstanbul Ün. İşletme Fak. İşletme İkt. Ens. yayınları , 1979
- [3] GÜRDOĞAN N. Üretim Planlamasında Doğrusal Programlama ve Demir Çelik Endüstrisinde Bir Uygulama , Ankara Ün. Siyasal Bilgiler Fak. yayını , 1981
- [4] BUFFA S. E Temel Üretim Yönetimi Ankara İktisadi İlimler Akademisi yayını , Ankara 1981
- [5] ÖZALP Ş. Hareket ve Zaman Etüdü Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi yayını , 184/155 , 1977
- [6] KARAYALÇIN İ. Endüstri Mühendisliği ve Üretim Yönetimi El Kitabı 2.Cilt İTÜ yayını , 1986
- [7] CHILDRESS L.R Sets Matrices and Linear Programming Prentice Hall , 1974 Englewood Cliffs , New Jersey
- [8] VAJDA S. An Instruction to Linear Programming and The Theory of The Games London :Methven , Newyork :John Wiley Sons Inc. , 1960
- [9] MIZE J., WHITE C.,BROOKS H.G. Üretim Planlama ve Kontrol İTÜ , 1984 Çevirenler : Ayhan Toraman , Sıtkı Gözlü
- [10] ALPTEKİN A. Atilla Alptekin Danışmanlık , Sümerbank Seminer Notları

- [11] DUNN A. R.,RAMSING D.K. Management Science A Pratical Approach to Desicion Making Macmillian Newyork , 1981
- [12] YÜLEK E.,ÇAYKÖYLÜ S. "Pamuk İpliği İmalinde Doğrusal Programlama Tekniği" (Makale) Mühendis ve Makina Cilt _18 Sayı_205 , 1974
- [13] DAĞLI C.H. "Çeşitli Üretim Yapan Teşekküllerde En Uygun Mamul Karışımı" (Makale) Mühendis ve Makina Cilt _18 Sayı_206 , 1974
- [14] AYDINCIOĞLU A. Üretim Planlamasında Modern Metodlar ve Bir Örnek (Doçentlik Tezi)
- [15] KARAYALÇIN İ. Sanayi Mühendisliğine Giriş Cilt_2 İşletme Fakültesi İşletme İktisadı Ens. yayını ,1977
- [16] BARUTÇUGİL İ.Üretim Sistemi ve Üretim Teknikleri Uludağ Ün. yayını , 1980
- [17] AKÜN F. İstatistik ve Kalite Kontrolü İTÜ yayını Sayı_706 , 1967

EKLER

Tablo 1 Şort Modeli Zaman Etüdü ve Standart Zaman Değerleri

İŞLEMLER	Ö ₁	Ö ₂	Ö ₃	Ö ₄	Ö ₅	Ö ₆	Ö ₇	Ö ₈	Ö ₉	Ö ₁₀	Ö ₁₁	Ö ₁₂	Ö ₁₃	Ö ₁₄	Ö ₁₅	(%) TEMP.	ST. ZAM.
1 Kesim	130	133	131	138	135											80	128
2 Etiketleme	35	41	31	39	37	40	39	35	36	42	40	38	38	37	39	75	34
3 Suspansuvar overlok	76	77	82	87	79	76	80	77	80	83	77	86	69	84	79	65	62
4 Suspansuvar lastik takma	72	64	70	64	77	59	76	72	69	55	58	65	73	55	59	73	62
5 Sus.yan çatma, kemer ov.	100	97	103	95	107	97	100	97	101	103	112	96	102	94	92	65	78
6 Suspansuvar yan dikim	53	58	50	49	58	44	49	57	43	55	49	51	43	58	46	78.3	48
7 Cep kapağı iç dikiş	72	88	65	66	46	64	72	87	63	94	78	66	75	72	72	70	62
8 Cep kapağı kes.,gev.	128	143	141	138	129	123	127	117	122	129	131	116	132	128	130	62	96
9 Cep kapağı ütü	29	31	25	23	21	26	24	35	30	25	23	23	27	29	37	95	31
10 Cep kapağı gazi	39	46	48	36	40	34	41	34	37	48	40	41	31	38	38	80	38
11 Fleto ağzı ütü	25	21	20	23	28	23	20	22	28	25	20	20	19	22	24	55	15
12 Cep yeri işaretleme	49	48	40	51	49	45	52	40	43	43	44	39	42	46	47	75	41
13 Fleto ve cepkapağı tak.	145	148	147	151	153	140	149	149	153	150	151	149	148	153	153	72	129
14 Fleto kesme	56	49	63	68	51	53	65	58	64	64	67	62	57	56	55	80	57
15 Uç tutturma	42	45	49	49	44	49	43	43	54	50	47	42	45	43	43	80	44
16 Suspansuvar sason dik.	74	71	72	77	82	74	71	75	72	75	85	77	72	81	64	65	58
17 Cep üstü çima	66	67	71	70	68	72	70	69	74	69	70	74	69	71	67	70	63
18 Cep torba overlok	54	45	42	45	42	44	46	48	53	33	45	40	38	43	37	70	37
19 Ön çatma	27	27	28	31	31	29	29	31	35	30	29	28	30	30	30	85	30
20 Arka çatma	38	31	40	28	33	37	39	40	40	41	34	38	34	32	35	85	36
21 Ön çifti iğne	43	42	47	40	48	40	46	46	45	48	44	45	48	47	45	75	40
22 Amblemi yapıştırma	52	56	51	65	60	63	58	59	64	65	63	59	62	62	61	75	54
23 Bel ve yan overlok	130	136	149	145	132	138	138	125	142	134	127	134	132	123	135	73	118
24 Yan çatma	128	136	134	107	129	90	130	122	119	136	145	130	126	124	152	62	94
25 Yan boy çifti iğne	105	105	110	106	109	106	108	103	110	110	105	109	107	106	107	96.5	124

İŞLEMLER	Ö ₁	Ö ₂	Ö ₃	Ö ₄	Ö ₅	Ö ₆	Ö ₇	Ö ₈	Ö ₉	Ö ₁₀	Ö ₁₁	Ö ₁₂	Ö ₁₃	Ö ₁₄	Ö ₁₅	% TEMP.	ST. ZAM.
26 İç boy çatma	54	63	53	65	58	58	53	61	60	62	68	54	61	50	54	65	45
27 Paça overlok	95	112	98	95	100	95	87	102	98	87	96	91	100	111	92	77.5	90
28 Yırmaç dikışı	131	137	132	125	120	121	127	124	118	113	120	121	122	123	126	82	123
29 Paça baskı	168	166	152	153	157	174	181	149	168	152	156	179	158	165	149	78	151
30 İlik açma	38	38	40	37	43	44	40	41	38	43	40	42	39	38	39	75	36
31 Lastik kesme ve tut.	73	75	82	80	79	75	76	75	81	73	72	75	72	78	76	70	64
32 Lastik bedene takma	133	136	149	155	149	147	161	152	151	149	155	165	169	148	155	85	155
33 Etiket ve sus. takma	220	225	217	227	213	219	211	223	219	221	228	234	226	223	218	76	202
34 Kemer baskı	105	111	115	98	98	114	102	104	120	122	114	103	103	106	99	79	102
35 Etiket toplama	56	57	74	58	62	51	59	61	57	60	60	77	66	58	59	75	54
36 Kalite kontrol	378	375	388	372	370	367	375	366	369	372	380	372	372	377	382	75	337
37 Çıt çıt yeri işaret	18	18	17	21	23	19	21	17	17	20	19	21	23	21	19	85	20
38 Çıt çıt yeri delme	19	20	20	21	15	14	19	18	20	19	15	17	20	20	18	100	22
39 Çıt çıt takma alt	31	31	46	25	34	29	29	29	36	27	32	30	25	31	34	80	30
40 Çıt çıt takma üst	32	27	28	26	31	29	30	30	28	26	39	30	28	25	29	80	28
41 Kulçukla etiket takma	22	17	23	18	20	22	18	13	19	13	25	18	20	20	22	90	21
42 Katlama	70	70	74	71	80	97	86	86	80	100	92	83	85	90	75	55	55
43 Poşetleme ve bantlama	27	27	35	42	36	40	40	38	33	33	32	30	36	32	33	80	32
44 Beden ayırma	4	5	3	3	4	4	4	4	4	3	5	5	4	5	5	100	5
45 Kolileme	9	8	8	8	10	8	7	9	8	8	9	8	8	8	9	100	10

Tablo 2 Sabahlık Modeli Zaman Etüdü ve Standart zaman Değerleri

İŞLEMLER	Ö ₁	Ö ₂	Ö ₃	Ö ₄	Ö ₅	Ö ₆	Ö ₇	Ö ₈	Ö ₉	Ö ₁₀	Ö ₁₁	Ö ₁₂	Ö ₁₃	Ö ₁₄	Ö ₁₅	(%) TEMP.	ST. ZAM.
1 Kesim	155	150	151	156	153											85	156
2 Etiketleme	29	25	27	25	20	24	32	25	25	29	30	26	24	28	25	95	30
3 Tela (mostra , flet)	191	195	201	198	196	200	199	204	200	198	199	195	199	199	198	90	214
4 Kol pervazı I. ütü	92	90	82	88	112	84	86	96	90	88	89	86	94	96	94	75	82
5 Kol pervazı iç dikiş	76	82	78	78	92	70	62	82	64	64	76	66	70	74	71	60	53
6 Kol pervazı dikiş açma	195	198	194	208	205	199	210	200	206	195	210	208	205	206	194	75	182
7 Cep bantları ütü	98	95	91	100	96	93	102	95	99	96	100	95	99	97	90	70	81
8 Cep bantları çizim	80	82	74	90	74	66	84	76	98	76	85	88	96	90	91	75	75
9 Cep bantları biye	54	51	48	55	58	50	57	59	61	55	56	50	51	53	55	80	52
10 Cep bantları cebe takma	130	135	137	135	135	141	138	139	140	135	131	138	137	133	132	70	114
11 Cep ağzı overlok	45	43	43	48	40	43	41	38	41	46	42	39	43	40	41	85	43
12 Cep ağzı gazi	22	27	28	26	26	32	30	31	27	34	31	30	34	33	28	70	53
13 Cep yeni işaret	110	108	106	105	118	104	100	98	104	113	110	104	105	109	108	85	109
14 Cep ütü işrt., b cep reg.	94	93	93	91	94	90	96	94	93	91	95	90	91	93	91	90	100
15 Cep ütü	231	230	235	220	226	229	227	225	230	223	221	224	230	230	227	95	259
16 Küçük cep montaj	208	210	210	205	208	201	205	205	209	200	205	207	207	212	208	75	186
17 Büyük cep montaj	321	318	318	315	320	310	316	319	318	318	312	315	317	316	317	75	285
18 Kemer iç dikiş	108	89	111	110	124	92	92	87	98	94	109	99	104	97	101	85	103
19 Kemer kesme iç ütü	96	74	99	96	91	91	86	112	102	110	98	85	96	91	90	90	102
20 Kemer çev. uç çıkarma	80	80	82	77	85	88	82	82	79	80	77	79	81	84	83	80	78
21 Kemer dış ütü	74	66	68	84	56	58	50	76	61	63	62	59	60	57	79	95	74
22 Kemer gazi	228	234	206	239	230	210	215	231	225	230	227	229	230	228	238	75	204
23 İç bağ , askılık iç dikiş	27	20	25	34	28	26	27	20	22	19	24	25	23	20	20	80	23
24 İç bağ kesme uç dikme	45	49	45	50	42	40	51	47	56	48	49	51	54	56	54	95	56
25 İç bağ çevirme	118	115	117	121	118	110	108	115	125	120	119	118	116	119	123	100	141
26 İç b. köprülük, askı. ütü	87	89	82	91	87	87	85	88	90	90	88	85	90	89	88	95	100
27 Köprü , askılık kesme	54	58	53	61	57	57	51	53	50	51	55	58	51	51	53	100	65
28 Mostra biye	159	155	169	154	158	150	153	151	159	158	161	154	151	155	157	80	150
29 Kol ağzı biye	156	174	180	157	158	160	160	180	185	170	162	169	158	168	163	85	170

ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Boğazlıyan'da doğdu. İlk , orta ve lise öğrenimini Bandırma'da tamamladıktan sonra 1986 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Tekstil Mühendisliği bölümüne başladı. 1990 yılında mezun oldu. Aynı yıl Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı Tekstil Mühendisliği bölümünün yüksek lisans sınavlarını kazanarak bir yıl İngilizce hazırlık öğreniminden sonra yüksek lisans öğrenimine başladı. Selteks Tekstil Giyim Sanayii A.Ş. Üretim Planlama bölümünde yaklaşık iki yıllık iş tecrübesi bulunmaktadır.

