

GRUP TEKNOLOJİSİ İMALAT SİSTEMİ
VE
BU SİSTEMİN TASARIMINA YÖNELİK YENİ BİR METOT

DOKTORA TEZİ

Yük.Müh.M.Bülent DURMUŞOĞLU

Tezin Fen Bilimleri Enstitüsüne Verildiği Tarih : 12 Mart 1986

Tezin Savunulduğu Tarih : 5 Ağustos 1986

Doktorayı Yöneten Öğretim Üyesi

: Doç.Dr.Gönül ÖZKAYA

Diğer Jüri Üyeleri

: Prof.Dr.Ataç SOYSAL

Prof.Dr.Murat DİNÇMEN

AĞUSTOS 1986

T. C.

Yükseköğretim Kurulu

İ Ç İ N D E K İ L E R

	SAYFA
ÖZET	iv
İNGİLİZCE ÖZET	vi
BU ÇALIŞMADA GELİŞTİRİLEN METOTTA KULLANILAN İNDİS VE SEMBOLLER	xi
 BÖLÜM 1. GİRİŞ	 1
1.1. Sistem Yaklaşımı, Üretim Sistemleri ile İmalat Sistemleri	1
1.2. İmalat Sistemlerinin Sınıflandırılması	2
1.2.1. Geleneksel İmalat Sistemleri	2
1.2.2. Hücresel İmalat Sistemleri ve Grup Teknolojisi	5
1.3. İmalat Sistemlerinde Baskın Maliyetler ve Grup Teknolojisinin Bu Maliyetlere Etkisi	7
 BÖLÜM 2. GRUP TEKNOLOJİSİNDE PARÇA AİLELERİ VE MAKİNA GRUPLARININ OLUŞTURULMASI	 12
2.1. Parça Sınıflandırma ve Kodlama	13
2.2. Üretim Akış Analizi	17
2.2.1. Fabrika Akış Analizi	18
2.2.2. Grup Analizi	20
2.3. Tam Anında Üretim	21
 BÖLÜM 3. GRUP TEKNOLOJİSİNDE HÜCRE TASARIMI İLE İLGİLİ YAYIN TARAMASI	 23
3.1. Üretim Akış Analizi ile Hücre Tasarımı	23
3.1.1. Benzerlik Katsayılarını Esas Alan Çalışmalar	23
3.2.1. Parça-Makina Matrisinde Diyagonal Dizili Gruplar Oluşturan Metotlar	27
3.2. İş Parçası ve Makina İstatistikleri Kullanılarak Hücre Tasarımı	31

BÖLÜM 4. GRUP TEKNOLOJİSİ İMALAT SİSTEMİ TASARIMINA YENİ VE ETKİLEŞİMLİ BİR METOT ÖNERİSİ	33
4.1. Düşünsel Örnek	35
4.2. Metodun Örneklerle Birlikte Açıklanması	38
4.2.1. Maksimum Sayıda Aile ve Grup Oluşturan Ana Program	38
4.2.2. Ana Grup Fonksiyonel Düzenlenecekse Gerekli Makina Sayısının ve Zaman Verimlerinin Elde Edilmesi	41
4.2.3. Elde Edilen Grupların Fonksiyonel Esasa Göre Gerekli Makina Sayısı ve Zaman Verimleri ile Gruplamadan Doğan Ekstra Makina İhtiyaçlarının Bulunması	42
4.2.4. Her Makina Grubuna Önerilen Ortak Makinalar, Alternatif Pazarlama (Satış) Tablosunun Geliştirilmesine Esas Olan İmalat Miktarları	43
4.2.5. Grupları Birleştirerek Yeni Grupların Elde Edilmesi	46
4.2.6. Elde Edilen Her Gruptaki Makinaların Geriye Dönüştürülmesi Çok Ürünlü Akış Hattında Düzenlenmesi	46
4.2.7. Geriye Dönüştürülmesi İlk Alternatif Akış Hattının Oluşturulması	49
4.2.8. Geriye Dönüştürülmesi İkinci Alternatif Akış Hattının Oluşturulması	50
4.2.9. Geriye Dönüştürülmesi Dördüncü Alternatif Akış Hattının Oluşturulması	51
4.2.10. Geriye Dönüştürülmesi Beşinci Alternatif Akış Hattının Oluşturulması	52
4.2.11. Örnek Uygulamada Oluşturulan Alternatif Akış Hatlarından Elde Edilen Bazı Toplu Sonuçlar	54
4.3. Tasarımda Simülasyon Uygulaması	56
4.3.1. Grup Teknolojisinde Simülasyon Uygulamasına Ait Yayın Taraması	56
4.3.2. Geliştirilen Simülasyon Modeli	57
4.3.3. Düşünsel Örneğe Ait Sonuçlar	61
4.4. Geliştirilen Metodun Endüstriyel Bir Mühendislik Firmasına Uygulanması ve Sonuçlar	66

BÖLÜM 5. SONUÇLAR	81
EK (AKIŞ DİYAGRAMLARI)	84
YARARLANILAN KAYNAKLAR	
TEŞEKKÜR	
ÖZGEÇMİŞ	



ÖZET

Günümüzdeki pazar talepleri, mamullerin daha küçük parti miktarı ve artan çeşitlilikle imal edilmelerine açık bir eğilim göstermektedir. Böyle bir durumda yetersiz kalan geleneksel imalat sistemleri farklı bir organizasyonel yapı için zorlanmaktadır. Bu değişik yapı, Grup Teknolojisi (GT) İmalat Sistemi Üzerinde yoğunluk kazanmaktadır. GT İmalat Sistemi tasarımı önemli aşama iş parçası ve makina gruplarının (grup düzenlemesinin) oluşturulmasıdır.

Bu çalışmada grup düzenlemesi sorunu çok boyutlu bir görüş açısı altında incelenmeye çalışılmış ve çözümü için yeni bir etkileşimli metot önerisi yapılarak bu metodun aşamaları anlatılmıştır. Çalışma beş bölüm halinde toplanmıştır:

Birinci bölümde, önce sistem yaklaşımı ile üretim sistemleri tanımlanmış ve imalat sistemlerinin yeri belirlenmiştir. Daha sonra imalat sistemleri sınıflandırılmış ve bunlardan geleneksel imalat sistemi çeşitleri birbirleriyle karşılaştırmalı olarak açıklanmış ve neden GT imalat sistemi gereklidir sorusuna cevap verilmiştir. Ardından GT tanıtılarak aşamaları, yararları, uygulama zorlukları ve ekonomisinden bahsedilmiştir.

Tezin ikinci bölümünde, GT'de ilk aşama olan grup düzenlemesi, başka bir deyişle iş parçası aileleri ve makina gruplarının veya makina hücrelerinin oluşturulması amacı ile kullanılan yaklaşımlar tanıtılmıştır. Bu yaklaşımlardan öncelikle parça sınıflandırma ve kodlamanın, firmanın tasarım, üretim planlama ile üretim fonksiyonlarına etkileri anlatılmış, ancak üretimde makina gruplarının oluşturulması aşamasında yetersiz kaldığı vurgulanmıştır. Daha sonra parça sınıflandırma ve kodlama sistemlerinden Brisch ile Opitz Sistemlerinin özellikleri tanıtılmıştır. İkinci yaklaşım olarak üretim akış analizi ele alınmış ve bu yaklaşımın ilk iki aşaması olan fabrika akış analizi ile grup analizi ayrıntılı bir şekilde anlatılarak parça-makina gruplarına nasıl ulaşılabileceğinin yolları gösterilmiştir. Son olarak bir Japon yaklaşımı olan Tam Anında (TA) Üretim tanıtılarak gerek grupların oluşturulması ve gerekse diğer GT tasarımı aşamalarına etkileri belirtilmiştir.

Üçüncü bölüm, ikinci bölümde anlatılan grup düzenleme yaklaşımları ile ilgili yayın taramasını kapsamaktadır. Üretim akış analizi çalışmaları, uygulanan metotlar yönünden iki ana grupta toplanmış ve açıklanmıştır. Bunlar; makineler arasında geçen iş parçaları miktarları yönünden bir ilişkinin göstergesi olan benzerlik katsayıları esasına dayanan metotlar ile iş parçası-makina matrisinde diyagonal dizili gruplar oluşturan metotlardır.

Ayrıca bu bölümde iş parçası kodlama çalışmaları ve iş parçası ile makina istatistiklerini bir arada kullanan ve grup tasarımı- nı amaçlayan bir metot tanıtılmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, GT sistemi tasarımı için ye- ni ve etkileşimli bir metot önerisi yapılmıştır. Metot öncelikle ele alınma ve gösterim kolaylığı bakımından seçilen düşünsel bir örnek üzerinde tüm aşamaları ve akış diyagramları yardımıyla an- latılmıştır.

Metodun ilgili yayınlardan farklı olan özgün tarafı, karar verici ile etkileşime girebilecek özelliklere sahip bir şekilde birçok alternatif türetebilmesidir. Ayrıca metot simülasyon ça-lışmaları ile bütünleştirilmiştir. Bu arada GT'de simülasyon üzerine yapılan yayın taraması ile araştırmaların başkaca hangi noktalarda toplanması gerekeceği gösterilmiştir.

Son olarak metot endüstriyel bir mühendislik firmasına uy- gulanmış ve elde edilen sonuçlar yorumları ile açıklanmıştır.

Sonuncu bölümde ise, bu çalışmada elde edilen belli başlı sonuçlar onüç madde halinde özetlenmiştir.

ABSTRACT

GROUP TECHNOLOGY MANUFACTURING SYSTEMS and A NEW METHOD ORIENTED TO THE DESIGN OF THESE SYSTEMS

Market demands at the present time show a clear inclination towards producing goods in smaller lots and increased varieties. Traditional manufacturing systems which are insufficient in such a case, are forced into changing to a different organizational structure. This different structure concentrates on the Group Technology (GT) Manufacturing Systems. The most important stage in the design of an effective GT manufacturing systems is the formation of work piece families and machine groups (group layouts).

In this thesis the group layout problem has been studied in a multi-dimensional view and, by recommending a new interactive method for its solution, the stages of this method have been explained. The thesis has been organized in five chapters.

In the first chapter, production systems are defined by the system approach and the role of manufacturing systems is determined. Afterwards, manufacturing systems are divided in two classes:

1. Traditional Manufacturing Systems
2. Cellular or GT Manufacturing Systems

From these the traditional manufacturing systems appear in practice in four different types:

- i. Job Shop System
- ii. Flow Shop System
- iii. Project Shop System
- iv. Continuous Process System

In the thesis (study) these systems are examined in comparison with each other, especially from the point of view of work flow, and their advantages and disadvantages are explained. The job shop system is the one where work flow is

most complicated and therefore the one having the most problems. However, it is the one that is faced most frequently in practice. For this reason this system is considered and ways of improving its design are determined, and from this, leaving traditional manufacturing systems, the question of why cellular or GT manufacturing systems are necessary is answered. Then GT manufacturing systems are introduced; their stages, advantages and application difficulties are discussed.

In addition, in this chapter explanations are made concerning manufacturing costs using the GT application, especially as to how the cost elements will be effected, and the importance of the cost efficiency of group layouts in the first stage of GT is emphasized.

In the second chapter of the thesis the approaches to group layout, in other words, the formation of work piece families and machine groups or machine cells, which is the first stage in GT are introduced. These approaches are:

- i. Component classification and coding
- ii. Production flow analysis

For the component classification and coding, definitions of classification and coding are made first; in addition, information about the code types are given. Then the purpose of classification and coding is discussed and its effects on the design, production planning and production functions of the firm are explained; but its insufficiency in the stage of formation of machine groups is also emphasized. In this chapter, moreover, the Brisch and Opitz Systems of classification and coding, whose fundamentals are opposite, are introduced.

The following four steps of the production flow analysis, which is the second approach, are defined and explained briefly:

- factory flow analysis
- group analysis
- inner-group layout analysis
- tooling analysis

Afterwards data required for the realization of production flow analysis in the manufacturing systems is listed and explained in detail. After this, the way factory flow analysis and group analysis, which are the first two steps of production flow analysis, utilize this data and bring about the machine cells is explained. Finally, a Japanese approach, Just-In-Time (JIT) production, is introduced and its effects on the

formation of groups as well as other GT design stages are explained.

The third chapter covers the literature survey relating the group layout approaches explained in the second chapter. Here production flow analysis studies are gathered in two main groups with regards to applied methods, as follows:

- i. Methods taking the similarity coefficient as basis,
- ii. Methods forming diagonally formed clusters in parts-machine matrix.

Each of these is described in detail from the point of different approaches presented. In addition, in this chapter, a method aiming at group design is also introduced, which uses component coding studies and machine statistics together.

In the fourth chapter of the thesis, a new computerized method is proposed.

The main characteristics of this original method are:

- i. It generates various alternative group layouts,
- ii. It develops an interactive decision making system for choosing one of these alternatives,
- iii. A simulated model as an integrated sub-model of the main program aids the decision maker or programmer in choosing among these groupings and in finding a compromised solution if desired.
- iv. It demonstrates the interactions between group sizes and alternative inner-group flow lines.

The method proposed in this thesis is explained together with a hypothetical example in order to assure explanation and demonstration ease.

The stages of this method consists of the followings:

1. The formation of work piece families and machine groups in maximum number by main program: This program generates work piece families in maximum number and from this, machine groups, by processing routing data (information) taken generally from parts operation cards, with the help

of an algorithm which takes set theory approach as basis.

2. Determining of required machine number and work loads of existent system based on functional layout before grouping: Main group is the job shop system itself. In order to compare this group with other groupings alternatives, the required number of the machines in the group and work loads are determined in this stage.
3. Determining the required machine numbers and work loads of generated groups based on functional layout, and extra machine requirements caused by groupings: This is the completion steps of the second stage. In this way, the main group and generated groups are compared beforehand from the point of machine number and work loads, and the results are offered to the decision maker.
4. Determination of the common machines recommended to each machine group and determination of production quantities which are the basis for the improvement of alternative marketing picture: The purpose of this stage is to increase the diminished machine work loads due to grouping to an acceptable level by determining common machines, and thereby calculating the values of the production quantities to be presented to the decision maker.
5. Obtaining new groups by combining the groups: In the case that the decision maker is not satisfied with these groups, the method can combine the groups according to the desired criteria in order to offer to the decision maker different groupings.
6. Formation of the alternatives inner-group layouts (flow lines) of the machines in each group obtained: With the help of this stage, the best flow lines can be obtained, through which the considered work piece or work piece families will be passed. Alternative flow lines for the selection of the best flow line are formed seeking for a trade off between work load and work flow. Four alternative flow lines are tried in the method. Work flow becomes more involved and machine work loads increase by advancing from the first line to the last ones. As a result of this, the decision maker may choose the best flow lines that are favorable for his manufacturing conditions.

7. Integration of the method with the simulation: The simulated model can be used at this stage for flow line evaluation, using different criteria, such as work piece throughput time, waiting time and machine idle time for different work piece batch quantities. As a result, it is very easy for decision maker to choose the best flow lines for his manufacturing conditions.

In summary, the method uses a special heuristical search approach, set theory and simulation techniques as integrated parts of the main model, and the decision maker can influence the model interactively.

In addition in this fourth chapter, additional subjects to be researched are indicated by the literature survey on simulation in GT.

Finally, the method is applied to a manufacturing firm and very interesting results are found.

The firm is divided first into nine processing units for the factory flow analysis and the passing frequencies of different inter unit parts are calculated and then work flow among units is simplified by combining two processing units. The combined units are determined as a main group and applied to the proposed method to realize both the group analysis and inner-group layout analysis. As a result for the layout of the main group, a number of alternatives are proposed to the decision maker along with the performance measures which simplify his selection. At the same time an opportunity has been created to try different strategies.

Thirteen main results of this thesis are summarized in the conclusion chapter.

Key words: Group technology, group layout, production flow line, interactive decision making.

BU ÇALIŞMADA GELİŞTİRİLEN METOTTA KULLANILAN INDİS VE SEMBOLLER

INDİSLER

- i : iş parçası indisi
j : makina tipi indisi
k : iş istasyonu indisi
l : paralel makina indisi
n : parça ailesi indisi
n' : makina grubu indisi
m : operasyon indisi
ig : sisteme gelen birim (iş parçası) indisi

SEMBOLLER

- P : ana grupta mevcut iş parçası çeşiti sayısı
JM : ana grupta mevcut makina tipi sayısı
N : mevcut parça ailesi sayısı
N' : mevcut makina grubu sayısı
IS : sisteme giren birim sayısı
K : sistemde mevcut istasyon sayısı
L : maksimum paralel makina sayısı
OP : sistemde işlenecek iş parçalarının maksimum operasyon sayısı
A_n : iş parçası ailesi, n=1,....,N.
G_{n'} : makina grubu, n'=1,....,N'.
P_n : n.parça ailesindeki parça çeşiti sayısı, n=1,....,N.
D_i : i.iş parçasının bir imalat periyodunda imal edilmesi istenen miktarı, i=1,....,P.
C_m : imalat periyodunda planlanmış makina kapasitesi
t_{nij} : n.ailedeki i.iş parçasının j.makinadaki işlem zamanı, n=1,....,N, i=1,....,P_n ve j=1,....,JM.
M'_j : bir imalat periyodunda j.tip makinadan gerekli sayı j=1,....,JM.
M_j : M'_j'nin tam sayıya yuvarlatılmış değeri
x_{ij} :
$$\begin{cases} =1 & , \text{ i.parça j.makinadan geçiyorsa.} \\ =0 & , \text{ aksi takdirde.} \end{cases}$$
 i=1,....,P ve j=1,....,JM.

- TS_i : i.iş parçasının ailelerdeki tekrerrür sayısı, $i = 1, \dots, P$
- t_{ij} : i.iş parçasının j.makinadaki işlem zamanı, $i = 1, \dots, P$ ve $j = 1, \dots, JM$.
- D_i/TS_i : i.iş parçasının her gruptaki ortalama imalat miktarı
- $M'_{n'j}$: bir imalat periyodunda n' .gruptaki j.makinadan gerekli sayı, $n' = 1, \dots, N'$ ve $j = 1, \dots, JM$.
- $M_{n'j}$: $M'_{n'j}$ 'nin tam sayıya yuvarlatılmış değeri
- η_j : j.makinanın zaman verimi (iş yükü), $j = 1, \dots, JM$.
- η_a : alt (kabul edilebilir) veya ekonomik makina zaman verimi
- η_m : minimum makina zaman verimi
- η_u : üst makina zaman verimi.
- TZ_{nj} : n.ailenin j.makinasında işlem görebilecek tüm iş parçalarının işlem zamanları toplamı, $n = 1, \dots, N$ ve $j = 1, \dots, JM$.
- D'_{nij} : n' .gruptaki j.makinanın η_j verimi ile çalışması için i.iş parçasından imal edilmesi gereken miktar, $n' = 1, \dots, N'$, $i = 1, \dots, P_n$ ve $j = 1, \dots, JM$.
- D'_i : i.iş parçasından önerilecek imalat miktarı, $i = 1, \dots, P$.
- AG_n : n.parça ailesinin işlendiği akış hattındaki geriye dönüş ağırlığı.
- GS_{ni} : n.ailedeki i.iş parçasının işlendiği akış hattında geriye dönüş sayısı, $n = 1, \dots, N$ ve $i = 1, \dots, P_n$.
- $p_{n'}$: n' .grubun iş yükü derecesi, $n' = 1, \dots, N'$.
- ΔT_{ig} : i_g .birim ile $(i_g - 1)$.birimin gelişleri arasındaki zaman aralığı, $i_g = 1, \dots, IS$.
- GZ_{ig} : i_g .birimin sisteme geliş zamanı, $i_g = 1, \dots, IS$.
- BZ_{kl} : birimlerin k.istasyonun, l.paralel makinasında işlem görmek için beklediği zaman, $k = 1, \dots, K$ ve $l = 1, \dots, L$.
- AZ_{kl} : birimlerin gelmesini bekleyen k.istasyonun, l.paralel makinasının aylak kaldığı zaman, $k = 1, \dots, K$ ve $l = 1, \dots, L$.
- TSZ_{igm} : i_g .birimin m.operasyonunu akış hattında ararken atlamalı ve mevcutsa geriye dönüş zamanlarının toplamı, $i_g = 1, \dots, IS$ ve $m = 1, \dots, OP$.
- TGZ_{igk} : i_g .birimin k.istasyona gelene kadar geçen toplam zaman, $i_g = 1, \dots, IS$ ve $k = 1, \dots, K$.
- TCZ_{igkl} : i_g .birimin k.istasyondaki l.paralel makinasından çıkış zamanı, $i_g = 1, \dots, IS$, $k = 1, \dots, K$ ve $l = 1, \dots, L$.
- M_k : akış hattının k.istasyonunda mevcut paralel makina sayısı, $k = 1, \dots, K$.

- N_b : iş parçası parti miktarı.
- $t_{im}(N_{b1})$: i.parçanın m.operasyonu için işlem zamanı ($N_b = N_{b1}$),
 $i = 1, \dots, P$ ve $m = 1, \dots, OP$.
- α_{im} : i.parçanın m.operasyonu için hazırlık zamanının işleme
zamanına oranı, $i = 1, \dots, P$ ve $m = 1, \dots, OP$.
- K_{Tim} : i.parçanın m.operasyonunda farklı bir parti
miktarından doğan işlem zamanı düzeltme katsayısı,
 $i = 1, \dots, P$ ve $m = 1, \dots, OP$.
- BMZ_k : k.istasyonun paralel makinalarına i_g.birimden önce
gelen en son birimlerin minimum çıkış zamanına sahip
olan değeri.
- SA : akış hattında atlamalı hareketler için gerekli zaman
- SG : akış hattında geriye dönüş hareketleri için gerekli
zaman.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. SİSTEM YAKLAŞIMI, ÜRETİM SİSTEMLERİ İLE İMALAT SİSTEMLERİ

İnsanlar, tarih boyunca sosyal sistemler içinde, üreterek, ürettiklerini kullanarak veya satarak yaşamlarını sürdürmüşlerdir. İlkel toplumlarda mevcut sistemlerin, doğa içinde, mükemmel verilmiş olarak ortaya çıktığı ve kişilerin anlayış veya kontrolünün ötesinde olduğu kabul edilmiştir. Kişi, zaman içinde yavaş yavaş gelişerek oluşan doğal sistemlere ve içinde yaşadığı toplumlara ait sosyal sistemlere kendisini kolaylıkla ayarlamıştır. Böylece tüm bu sistemleri, tamamen anlamağa kendini mecbur hissetmemiştir. Ne varki, artan üretim ihtiyaçları sonucu, gelişen teknoloji ile kârlılık ve pazar ortaklığına dayalı endüstriyel toplumlar ortaya çıktığında sistemler yaşam üzerinde baskın hale gelmiştir. Ancak endüstriyel toplumda çok karmaşık hale gelen bu sistemlerin, davranışları hakkında kesin ve genel teoriler kurulamamaktadır. Çünkü, yakın zamana değin, sistemin her elemanı ayrı ayrı incelenmekte, birbirileri ve tüm çevre ile ilişkileri düşünülmemekteydi. Son zamanlarda, sistem anlayışı üzerindeki gerçek yenilik, sistemin elemanları analiz edilirken genel prosese bir bütün halinde bakma imkanı veren bir bilimsel düşünce olarak sistem yaklaşımının ortaya çıkmasıdır.

Günümüz şartlarında, sistem yaklaşımı düşüncesinden her alanda geniş olarak yararlanılmaktadır. Bu arada, söz konusu kavram, üretim yönetimine de geniş görüş açısı sağlamıştır. Gerçekten günümüz işletmecileri, üretim sistemlerine, topluma değer yaratabilen faaliyetlerden oluşan genel bir çatı olarak bakmaktadır. Bu faaliyetler, ürün veya servisin oluşturulması için gerekli olan dönüşüm proseslerini gerçekleştirir. Ürün oluşturulmasında fiziksel bir girdi, fiziksel ve/veya kimyasal işlemler aracılığı ile fiziksel bir çıktıya dönüştürülmektedir. Bir servis üretimi niteliğini taşıyan, ürünün çeşitli yerlere dağıtımında, dönüştürme, ürünün herhangi bir yerde mevcutken başka bir yerde mevcut hale getirilmesi şeklini alır.

Fiziksel maddeler için değer yaratma prosesini, başka bir deyişle imalatı gerçekleştiren sistemlere imalat sistemleri adı

verilir.

Sistem yaklaşımı açısından imalat sistemleri tasarımı öncelikle etkin bir tesis düzeni ile başlamalıdır. Bu nedenle bu çalışmada önce imalat sistemlerinin tesis düzenleme sorunu üzerinde durulacak ve imalat sistemlerinden sipariş tipi atölye sistemi tesis düzeni için yeni bir yaklaşım yeni bir metotla birlikte geniş olarak açıklanacaktır.

1.2. İMALAT SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Genel olarak imalat sistemleri iki sınıfta toplanabilir:

- a) Geleneksel imalat sistemleri.
- b) Hücreli imalat sistemleri (İng: Cellular manufacturing systems).

1.2.1. Geleneksel İmalat Sistemleri

Pratik hayatta imalatın akış şekli göz önüne alındığında, dört tip imalat sistemine rastlanmaktadır /1/:

- i) Sipariş tipi atölye sistemi.
- ii) Akış tipi atölye sistemi.
- iii) Proje tipi imalat yapan atölye sistemi.
- iv) Sürekli proses imalatı sistemi.

i) Sipariş Tipi Atölye Sistemi

İmalat sistemleri içinde en eskisi sipariş tipi atölye (job shop) sistemidir. Bu sistemde, sisteme sipariş üzerine giren birimler, sistem içinde amaca uygun çeşitli bölüm ve iş istasyonlarını takip ederek dönüşüm işlemine uğrar. Sistemin tesis düzeninde genel amaçlı makineler, fonksiyonlarına veya yaptıkları işlemlere göre gruplanır (Fonksiyonel düzenleme). Örneğin, torna tezgahları için ayrı, freze tezgahları için ayrı bir bölüm düzenlenir. Bu durumda sisteme giren farklı siparişler, alternatif makinalardan boş olanlarında veya boş yoksa, makineler arkasında kuyruğa alınmak suretiyle imalata sokulur. Kısaca, parçaların çoğu belli makinalara bağlanmamışlardır. Makinalar için söz konusu olan bu operasyon esnekliği, yüksek makina zaman verimlerine ulaşılmasını sağlar (yeterli yükleme). Ancak bu çeşitli imalat iş akışının karmaşık olmasına sebep olmaktadır. Karmaşık iş akışı ise, uzun imalat zamanı, büyük proses içi stokları, kayıp siparişler ve kötü kalite şeklinde imalata yansır.

Sonuç olarak sipariş tipi atölye sisteminin geleneksel yerleşim düzeni olan fonksiyonel düzenlemede karşılaşılan problemleri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- a) Parçaların çoğu bütün imalat operasyonlarını tamamlamak

için, birden fazla bölümü dolaşmak zorundadır. Böylece bölüm formeni (postabaşısı) bütün parçanın imalatından sorumlu olmamaktadır. Bu da dolaylı olarak kötü kalite ve daha uzun imalat zamanı ile sonuçlanır.

- b) Atölyede bir anda çeşitli parçalar ele alındığından, bir önceki operasyonu bitmiş bir parça, bir sonraki operasyonu için bitişik bir makinaya derhal yüklenememektedir, yani parça için bekleme zamanları oluşmaktadır.
- c) Parçaları imalatın çeşitli kademelerinde tanımlamak zor olmaktadır. Bu yüzden parçalar operasyonlar arasında, belirli ara depolarda stoklanır. Bu ise aynı zamanda, ilave bir malzeme taşıması gerektirir.
- d) Çok sayıdaki parçanın fonksiyonel esasa göre düzenlenmiş, çok sayıdaki makinaya rotalandırılması, pratik olarak etkin bir üretim planlama ve kontrol sistemi kurulmasını engeller; bu da uzun imalat zamanı ve teslimatta gecikmelere yol açar.
- e) Bir makinenin çok çeşitli işler için yüklenmesi toplam hazırlık zamanlarının fazla olmasına neden olmaktadır.
- f) Uzun hazırlık zamanları, parçaların daha büyük partiler halinde imalatını zorlar; bu ise daha büyük proses içi stok maliyetine neden olmaktadır.
- g) Uzun planlama periyotlarında çeşitli nedenler dolayısıyla emniyet stokları aniden tükenebilir. Tükenen parçaların yeniden üretilmeleri, uzun makina hazırlık zamanları yüzünden gecikir. Böylece teslimatta aksamalar doğar.
- h) İşgörenler de çok çeşitli parçaları işlemek zorunda kaldıklarından, verimli çalışmalarını mümkün olamaz.

ii) Akış Tipi Atölye Sistemi

Mamullerin standart ve çok miktarda üretilmesinin gerekli olduğu sürekli talep durumlarında, akış tipi atölye sistemine geçilmesi mamul imalatı için ekonomik olmaktadır. Bu sistemde, sisteme giren birimler, daha özel teçhizatlar vasıtasıyla ardışık olarak aynı sıradaki operasyonlar ile imal edilir. Böylece, istenen amaca uygun dönüşüm işlemi gerçekleşir. Genellikle özel teçhizatlar bir üretim hattı oluşturur. Bu hatta birimlerin geriye dönüşüne müsaade edilmez (Hat düzenleme). Bu yüzden iş akışı basit ve proses içi stok seviyesi düşüktür. Bu sisteme en iyi örnek olarak talaşlı imalatla transfer hatları verilebilir.

iii) Proje Tipi İmalat Yapan Atölye Sistemi

Üçüncü sistem, proje tipi atölye sistemidir. Genellikle çok büyük (hareketsiz) bir mamul veya servisin oluşturulmasına yöneliktir. Böyle bir mamulün imalatı söz konusu olduğunda, malzeme veya ana parça sabit bir yerde kalır, takımlar, makineler, işçi ve diğer malzemeler bu proje bölgesine gelerek amaca uygun işlem ve montaj işlerine katılır. Uçak ve bir evin yapımı bu sisteme örnek olarak gösterilebilir (Sabit konumlu düzenleme).

iv) Sürekli Proses İmalatı Sistemi

Dördüncü tip imalat sistemi, sürekli proses sistemidir. Bu-

radaki mamuller -genellikle gaz veya sıvı- hammadde (girdi) ile bitmiş mamul (çıktı) arasında ilişki kuran bir seri işlem veya operasyonlar vasıtasıyla sürekli olarak akarlar. Bu sistem, farklı parçalarla ilgili değildir. Ancak tüm anlatılan imalat sistemlerinin bir idealini temsil eder; mamuller sistemin içinden su gibi akar. Başka bir ifadeyle üretim akışı düzgündür.

Bu çalışmada yukarıda özellikleri kısaca açıklanan imalat sistemlerinden sipariş ve akış tipi atölye sistemleri ele alınacaktır. Bu sistemlerde su gibi bir akışa yaklaşmak, ancak imalatta dolaşan parti miktarlarının küçültülmesi, hatta ideal olarak bire indirilmesi ile mümkündür. Bu ise, sistem içindeki tüm işlemler için hazırlık zamanlarının minimizasyonunu, belki de sıfıra indirilmesini gerektirir.

Bilindiği üzere iş parçası imalatında yapılan toplam maliyet harcamaları sabit ve değişken maliyetler olmak üzere aşağıdaki denklemde gösterildiği gibi iki grupta toplanabilir:

$$TM = SM + (DM \times N_b) \quad (1.1)$$

Burada,
TM = toplam maliyet
SM = sabit maliyet
DM = değişken maliyet
 N_b = parti miktarı

olarak tanımlanmaktadır. Hazırlık sabit bir maliyettir. Bir parçanın işleme zamanı ile ilgili maliyet ise, değişken maliyettir. Buradan bir parçaya düşen maliyet, eşitliğin her iki tarafı N_b 'ye bölünürse,

$$TM/N_b = SM/N_b + DM \quad (1.2)$$

elde edilir.

1.2'den görüldüğü üzere, sabit maliyetleri düşürmenin bir yolu, imalatı büyük partiler halinde yapmaktır. Sabit maliyetleri düşürmenin diğer bir yolu ise, hazırlık zamanlarını ve bununla ilgili işgücü maliyetlerini azaltmaktır. İkinci yol, küçük partilerle imalatı ekonomik hale getirir; mamullerin sistemin içinden su gibi akması amacına yaklaşıdır.

Hazırlık zamanlarının düşmesi, bir makineye belirli bir periyotta çok farklı iş parçasının gelmemesine bağlı olduğuna göre, böyle sistemde iş akışı basit olmalıdır. Basit iş akışı, akış tipi atölye sisteminde gerçekleşmesine rağmen, bu sistem ancak iş parçalarının standart ve çok miktarlarda taleplerinin olması halinde ekonomik çalışmaktadır. O halde aranan sistem sipariş ve akış tipi atölye sistemlerinin arasında kalan, bu imalat sistemlerinin amaçlarını uzlaştırabilecek etkin bir imalat sistemi olmalıdır /2/. Bu ekonomik sistem için öneriler ve sistematik yaklaşımların hepsi Mücresel İmalat Sistemleri veya Grup Teknolojisi İmalat Sistemi kavramını ortaya atmaktadır.

1.2.2. Hücresel İmalat Sistemleri ve Grup Teknolojisi

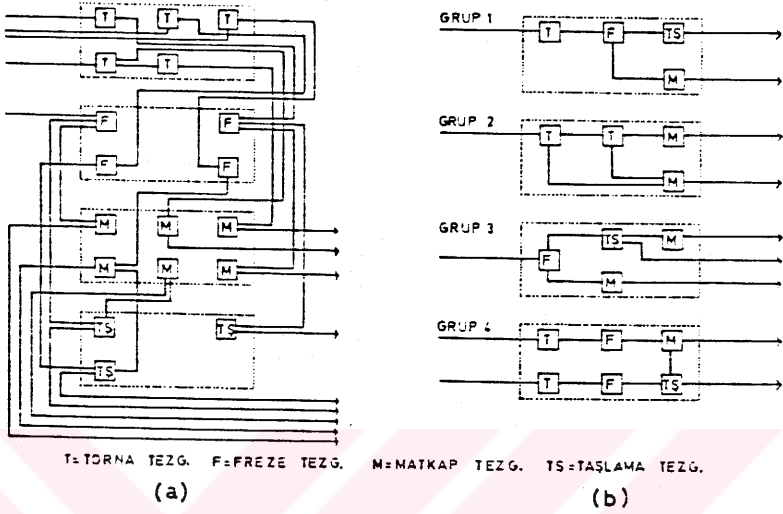
Hücresel imalat sistemleri, sistem içinde benzer imalat karakteristiklerine sahip belirli bir parçalar grubunun (parça ailesi) tamamen imalatı için işlem, insan ve özellikle makina gruplarının var olduğu veya oluşturulduğu sistemlerdir. Hücredeki tüm tesis ve birimler, hücre içine giren tüm parçaları kendi kendine yeter bir seviyede imal etmek üzere organize edilmiştir (Grup düzenleme) /3/. Böyle bir yaklaşım, küçük bir sistemin etkin ve denetlenebilir olma özelliğini, büyük bir sisteme yansıtmak amacını taşır. Bu yaklaşım büyük sistemin içinde, birbirinden alabildiğince bağımsız küçük sistemler (hücreler) oluşturma şeklinde gerçekleşir. Böylece, tüm sistemin karmaşıklığı yerine, oluşturulan küçük sistemlerin problemleri ile uğraşılır.

Grup teknolojisi (GT) ise, birçok problemin temelde birbirine benzer olduğundan hareketle, benzer problemleri bularak toplayan ve böylece elde edilen gruplar için tek bir çözüm arayan bir yaklaşımdır. Bu şekilde, zaman ve çabalardan tasarruf sağlanır. Üretimde başarılı bir GT ise, öncelikle imalatta grup düzenleme ile başlamalı (GT İmalat Sistemi), ardından üretimde akış kontrolü ile devam ettirilerek, nihayet tüm üretim-yönetim sistemine genişletilmelidir (GT Üretim Sistemi).

GT'nin en önemli ve esas avantajı, fonksiyonel düzenlemeye nazaran iş akışını basitleştirmesi (şekil 1.1) ve bu arada akış tipi imalata, makina zaman verimlerinde büyük dengesizlikler olmadan imkan vermesidir. Temelde diğer avantajlar da bu iş akışının basitleşmesine dayanır. Basit iş akışı ile makina önündeki iş parçası bekleme (veya kuyruk) zamanları düşürülerek veya ortadan kaldırılarak proses içi stok maliyetlerinin düşmesi ve daha kısa imalat zamanlarına ulaşılması sağlanır. Ayrıca, GT, işlem için hazırlık zamanlarını da bariz bir şekilde düşürür veya ortadan kaldırır. Çünkü, hücre içindeki makineler ve tertibatlar bu hücrede imal edilecek bir parça ailesi için, bir tip parçadan diğerine çok hızlı geçecek şekilde yeniden tasarlanabilir. Böylece küçük parti üretimi mümkün olabilmektedir (mammullerin sistemin içinden su gibi akması amacıyla yaklaşım).

GT, mamul kalitesinde de bir iyileşmeye sebep olur; çünkü küçük parti üretiminin hücre düzeninde, bir işgören, bir parçayı direkt olarak diğer işgörenden alabilir. Böylece, eğer parça hatalı (kusurlu) ise, işlem, neyin yanlış gittiğini anlamak için durdurulur. Kalite geri beslemesi derhal gerçekleştirilip yüksek kalite kolaylıkla sağlanabilir. Bundan başka, postabaşılar da gruba giren parçaların tüm işlemleri grup içinde gerçekleştirildiğinden, parçanın bütünü için kalite sorumluluğu taşımaktadır.

Bununla beraber, GT'de parça aileleri ve makina gruplarının



Şekil 1.1. Karmaşık ve basit iş akışları
a) Fonksiyonel düzenleme
b) Grup düzenleme

oluşturulması (grup düzenlemesi) sırasında birçok problem ve zorluklar ortaya çıkar. Bunlardan en önemlileri aşağıda sıralanmıştır:

- Toplam parça ve makinaların hücrelere bölünmeleri için uygun bir yöntem bilimin benimsenememesi.
- Hücre boyutunun, ekonomik açıdan değerlendirilmesinin zor olması.
- Sayısı az makina tiplerinin, özellikle kendi sayısından daha fazla hücreye dağıtılması halinde, bazı makinaların çok fazla, bazılarının çok az yüklenmeleri, başka bir deyişle makina zaman verimlerindeki anormal değişimler ve ilave makina ihtiyaçlarının ortaya çıkması.
- Ürün karması düzensiz değişimlerinin hücrelerdeki makina verimleri üzerine olumsuz etkisi /4/.
- Hücrelerin, mamullerin gelecekteki talep artışı karşılık olarak üzere esnek tasarlanması gereği /4/.
- Makina arızalarının, üretimi uzun zamanlar aksatma eğilimi.

Bütün bu zorluklara rağmen, ele alınan üretim sistemi şartlarına uygun GT prensiplerinin çok iyi tasarlanması ve sisteme uygulanması ile tüm bu sorunlar yenilebilir veya maliyet ibresini olumlu yönde ilerletebilecek bazı sorunlar ortadan kaldırılabilir.

GT'de ikinci önemli adım, üretimde stok kontrolü yerine akış kontrolünü /5/ sağlamaktır. Akış kontrolü için temelde iki

yaklaşım vardır. Birincisi, satış tahminlerine dayalı geleceğe yönelik planlamanın üretimi "ittiği" İtme Sistemidir (İng: Pull System). Burada kontrol üç aşamada gerçekleşir /6/. Bunlar sırasıyla i. Programlama, ii. Sipariş verme, iii. İş başlatma ve grup çizelgeleme /7,8/ olmaktadır. İkinci yaklaşım, bir prosesin işini bitirdiği zamanda, kendinden önceki prosesden malzeme sipariş ettiği ve aldığı, başka bir ifadeyle gerekli imalat miktarlarıyla proseslerin bütünleştirildiği Çekme Sistemidir (İng: Push System) /9/.

GT'de grup düzenlemesi ve üretimde akış kontrolü gerçekleştirildikten sonra son aşama, sistemin organizasyon yapısının bu değişikliklere uydurulacak bir şekilde yeniden düzenlenmesidir /10,11/.

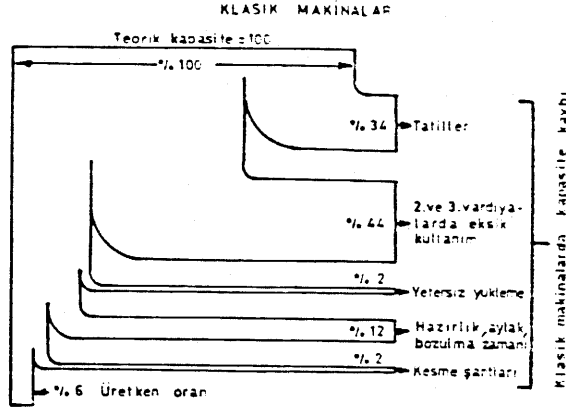
Bu çalışmada, etkin bir GT için ilk aşamada gerekli olan grup düzenlemesi üzerinde durulacak, diğer adımlara yer verilmeyecektir.

1.3. İMALAT SİSTEMLERİNDE BASKIN MALİYETLER VE GRUP TEKNOLOJİSİNİN BU MALİYETLERE ETKİSİ

GT'nin uygulanması ile imalat sistemlerinde hangi maliyetlerin ne yönde etkileneceğini belirlemeden önce imalat sistemlerinde baskın olan maliyetlerin ele alınması uygun olacaktır.

Birçok imalat sisteminde, direkt işçilik, proses içi stok, malzeme ve sermaye baskın maliyetler arasında sayılır. Bu maliyetlerden malzeme maliyetleri satış fiyatlarının %50'sini aşmasına rağmen, düşürülmesi amacıyla yönelik çok etkili yöntemler bulunmamaktadır. Başka bir deyişle malzeme maliyetlerini büyük ölçüde azaltmak mümkün değildir.

Sermaye kaynaklı maliyet, sistem içindeki makinadan yeteri kadar yararlanma oranlarıyla belirlenir. Şekil 1.2'de bu oranlara bir ölçü olmak üzere yapılan bir istatistiksel araştırmanın sonuçları verilmektedir /12/. Şekildeki teorik kapasite, makinanın belirli bir periyotta çalışabileceği maksimum zamanı gösterir. Örneğin, haftada 168 saat (7 gün x 24 saat). İşgörenin ve makineyi çalıştıracak enerjinin mevcut olduğu gerçek zaman, planlanmış makina kapasitesidir ve şekilde yapılan araştırmada elde edilen sonuca göre, teorik kapasitenin %66'sını oluşturmaktadır. Ancak bu kapasite de 2. ve 3. vardiyaların kullanılıp kullanılmamasına bağlı olarak değişir. Ne varki, planlanmış makina kapasitesi, birtakım nedenler yüzünden faydalı iş üretmek için kullanılamamaktadır. Bu nedenler, yetersiz yükleme, makina hazırlık zamanları, aylak zamanlar, bozulmalar ve kesme şartlarından doğan kayıp zamanlar olarak sıralanabilir. Yetersiz yükleme, planlanmış makina kapasitesi ile kendisi için tahsis edilmiş tüm işlerin işlem zamanları arasındaki farktan ortaya çık-



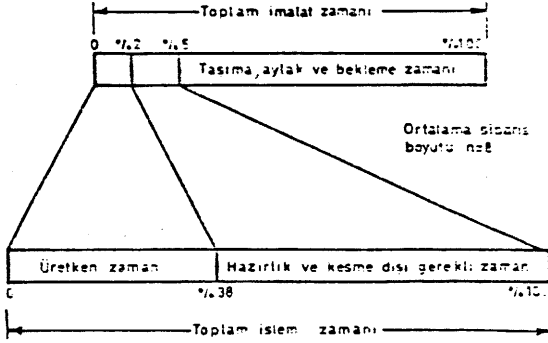
Şekil 1.2. Klasik makinalardan yararlanma oranları.

maktadır. Makina aylak zamanları, malzeme, işgören veya siparişler için makinanın bekleme zamanlarından oluşmaktadır. Kesme şartlarından doğan kayıp zamanlar ise, operasyonel değişkenlerin optimum bir şekilde düzenlenememesinden ortaya çıkmaktadır. Tüm bu anlatılan zamanların dışındaki zaman içerisinde, makinadan üretken olarak yararlanılabilmektedir.

GT'de oluşan yetersiz yükleme (daha düşük makina zaman verimleri), üretken orandan zaman çalmaktadır. Ancak klasik makinelerde toplam kapasitenin %10'u civarında olan hazırlık ve makina aylak zamanlarından yüksek oranda tasarruf, bunu fazlasıyla karşılayacaktır. Buna rağmen GT'de sermaye kaynaklı maliyet açısından çok avantajlı bir durum söz konusu değildir. Aksine ek olarak doğacak tesis ihtiyacı dolayısı ile ekstra maliyetler oluşabilir.

Sermaye kaynaklı maliyetten başka, ikinci en büyük denetlenebilir maliyet, proses içi stok maliyetidir. Bu maliyet, işlerin makina önünde bekleme zamanlarıyla orantılıdır. Şekil 1.3 sipariş tipi atölye sisteminde imal edilen bir işin (iş parçasının) toplam imalat zamanı ile toplam işlem zamanı arasındaki ilişkisini göstermektedir. Şekildeki ilişkiye göre, iş parçası, atölyede harcadığı zamanın %93'ünü, kendisine hiçbir değer eklenmeden geçirmektedir. Bu, şunu ifade etmektedir; eğer bir iş parçası, bir makinadan diğer bir makinaya hiçbir bekleme ve taşıma olmadan geçseydi, stok, yer ve bununla ilgili olarak ortaya çıkan maliyetlerden %93'lük bir düşüş sağlanacaktı. Bu ideale yaklaşmak ise GT ile mümkün olabilmektedir.

Boucher (1984) /13/, GT için ekonomik parti miktarı modeli



Şekil 1.3. Sipariş tipi atölye sisteminde toplam imalat zamanının analizi.

içine proses içi stok maliyetlerini de dahil etmiştir. Bunu yaparken, proses içi stok maliyetlerini üstte bahsedilen %7'lik bir zamanın fonksiyonu olarak göstermiştir. Geliştirilen formül şu şekildedir:

$$N_b^* = \sqrt{\frac{2c_2 \cdot D + D \cdot S_u (c_3 \cdot S_u \cdot R)}{c_3 (M + T_r \cdot R) + 2c_3 \cdot D \cdot T_r (M + T_r \cdot R/2)}} \quad (1.2)$$

Burada,

N_b^* = ekonomik parti miktarı

D = yıllık iş parçası talebi

M = iş parçasının bir biriminin hammadde maliyeti

S_u = iş parçasının imalatla karşılaştığı tüm makineler için toplam hazırlık zamanı

T_r = iş parçasının bir biriminin toplam işleme zamanı

R = birim imalat zamanı için yüklenilmiş maliyet

c_2 = her bir hazırlığın maliyeti

c_3 = bir birim stoku taşıma (elde bulundurma) maliyeti

Eşitliğin payındaki ilk terim hazırlık zamanından doğan maliyeti, paydadaki ilk terim ise, marjinal birim imalat maliyetini göstermektedir. Eşitliğin her iki tarafındaki ikinci terimler ise, proses içi stoğun etkisini yansıtmaktadır.

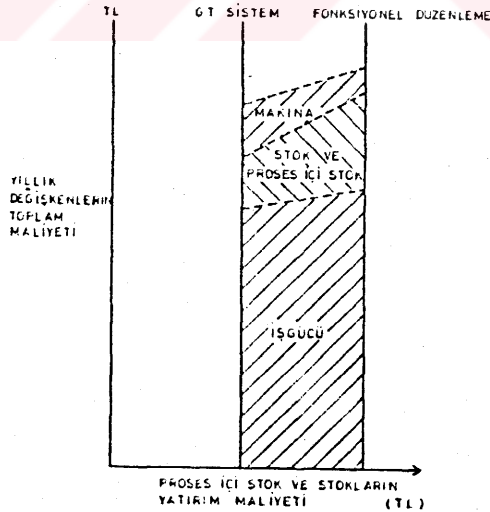
Bu eşitlik, sipariş tipi atölye sistemindeki (fonksiyonel düzenlemedeki) proses içi stok maliyetleri için de bir göstergedir. Fakat bu sistemlerde imalat zamanları daha çok taşıma ve bekleme zamanlarından oluştuğundan, parti miktarının değişimi

eşitlikteki gibi proses içi stok maliyetlerine bir etki yaratmamaktadır. Başka bir deyişle burada proses içi stoktaki önemli azalışlar, birincil dereceden taşıma ve bekleme zamanlarının azalışına bağlı kalmaktadır.

Etkin olarak tasarlanmış bir GT sisteminde ise, taşıma ve bekleme zamanı hemen hemen ortadan kaldırıldığından, parti miktarının küçültülmesi, proses içi stok maliyetlerini, eşitlikteki parametrelere bağlı olarak düşürür. Ayrıca GT'de klasik ekonomik parti miktarı modeli yerine, yeni geliştirilmiş bu model kullanılırsa, stokların maliyet minimizasyonu klasik modelle elde edilen parti miktarından çok daha az parti miktarları ile gerçekleştirilebilir.

Direkt işgücü maliyetlerine gelince, bilindiği gibi klasik imalatlarda genellikle her makineye bir işgören atanmaktadır. Ancak GT'de iş akışının basitleşmesinden dolayı çoğunlukla bir işgörenin birden fazla makineye bakması uygun olabilmektedir. Ayrıca işgörenler yerine endüstriyel robotlar da birden fazla makine için kullanılabilir. Bu nedenlerle direkt işgücü maliyeti GT'de düşebilir. O halde GT'de direkt işgücü ile ilgili ena sorun, bu işgücünü makina girişimlerine meydan vermeyecek bir şekilde makinalara atamaktır /14,15/.

Sonuçta fonksiyonel düzenlemeden GT'ye geçiş ile ilgili baskın maliyet değişkenlerinin değişim eğilimlerini, Sabberwal ve Connolly (1971) /16/ tarafından verilmiş şekil 1.4'deki bir diyagram üzerinde açıkça izlemek mümkündür.



Şekil 1.4. Sistemin değişimi ile maliyetlerin değişimi.

Diyagramdaki uygulamada değişkenlerin toplam maliyet değişimleri GT lehine gelişmektedir. Ancak bu değişimlerin lehte veya alehte olması ile bunların değişim miktarları, öncelikle kısım 1.2.2'de de belirtildiği gibi grup düzenlemesinin etkinliğine bağlı kalacaktır.



BÖLÜM 2

GRUP TEKNOLOJİSİNDE PARÇA AİLELERİ VE MAKİNA GRUPLARININ OLUŞTURULMASI

Şu ana kadar, GT'de, diğer sistemlerden farklı olarak önemli iki kavram ileri sürülmüştür. Bunlar; parça ailesi ve makina grubu kavramlarıdır. Şimdi bu iki kavram geniş olarak ele alınacaktır.

Parça Ailesi: Aile ile benzer parçaların herhangi bir dizisi kastedilmektedir. Eğer benzer parçaların bir dizisi, bir makina grubunda tamamen işlenebiliyorsa, bu tip aileye de Üretim ailesi denilmektedir /17/. Bazı Üretim ailelerinde, parçalar biçim ve hatta boyut bakımından birbirlerine benzerdir. Ancak biçimleri benzer olan parçaların, bir aile oluşturmalarına rağmen, sadece bir makina grubunda tamamen işlenmeleri, başka bir deyişle Üretim ailesi oluşturmaları her zaman mümkün olamaz. Örneğin, biçim ve boyutu hemen hemen aynı, fakat imalat toleransları, gereksinilen miktarları, malzeme ve özel özellikleri farklı olan parçaların, farklı makina kullanımına ihtiyaç göstereceği açıktır. O halde Üretim ailesi oluşturmak için, aranılan ailenin biçim benzerliği yeterli olmamakta; kaldı ki, biçimleri benzer olmayan parçalar da, bir Üretim ailesi oluşturabilmektedir. Kısaca, Üretim ailesi için, biçim benzerliği ölçütü yeterli olmadığı gibi, gerek şart da olamamaktadır.

Sonuç; birçok ölçüte dayanarak parça ailelerini bulmak, GT için tek başına birşey ifade etmemektedir. GT için esas, uygun Üretim ailelerini bulmaktır. Aksi takdirde makina grupları elde ederek hücreyel imalat sistemlerine geçiş sağlanamaz.

Makina Grupları: Bir grup, bir yerde beraberce yerleştirilmek için seçilmiş bir dizi makinadır /17/. Bunlar, daha önce de belirtildiği gibi, verilen bir parça ailesini tamamen işlemek için, tüm gerekli tesisleri içerirler. Gruplar iki aşamada elde edilebilir. Birinci aşama, gruba girecek makina tiplerinin belirlenmesidir. İkinci aşamada ise, her makina tipinin grup içindeki sayısı belirlenir. Bazı hallerde, bir büyük grup ile bir küçük grup kullanımı arasında bir seçim yapma durumu ile de karşılaşılabilir. Bu takdirde birçok ölçütün ele alınması ve böylece seçime gidilmesi gerekir. Ölçütler arasında belli başlıları,

makina zaman verimi ve iş akışıdır. Bunlarla ilgili çalışmalara ve önerilere daha ilerideki konularda geniş olarak değinilecektir.

Parça ailelerinin ve makina gruplarının oluşturulmasında temelde iki farklı yaklaşım vardır. Bunlardan biri, parça sınıflandırma ve kodlama, diğeri ise üretim akış analizidir.

2.1. PARÇA SINIFLANDIRMA VE KODLAMA

Önceleri, parça sınıflandırma ve kodlamanın, aile ve grupların oluşturulmasında tek yol olduğu sanılmaktaydı. Fakat Burbridge'in, bu amaç için üretim akış analizini (1969) kullanmasından sonra, bu metod eski önemini yitirmiş bulunmaktadır. Bununla beraber, GT, sınıflandırma ve kodlamaya çok şey borçludur. ve özellikle GT'nin bir sisteme uygulanmasından sonra, sistemin etkinliğinin gelişmesinde, önemli katkıları olmaktadır.

Parça Sınıflandırma: Sınıflandırma, ya bir dizi elemanı, farklılıklarına göre sınıflara bölme ya da tek tek ele alarak benzer yönlerine göre veya benzerliklerine göre sınıflar halinde toplama şeklinde tanımlanabilir. İlk tanım problemin analitik, ikincisi ise sentez ile ilgili bir yönünü gösterir. İncelenen elemanlarda farklılık veya benzerlik çok çeşitli yönlerde olabilmektedir. Örneğin, parçalar biçimlerine, işleme yöntemlerine, malzemesine veya ait oldukları mamul tiplerine göre, farklılık veya benzerlik gösterebilir ve istenirse yukarıda sayılan her bir ölçüt için ayrı ayrı sınıflandırılabilir.

Parça Kodlama: Kodlama, elde edilen sınıflara, sınıfların belirli özellikleri hakkında bilgi taşıyan sembollerin atanması işlemidir. Kodlar, kullanılan sembollerin biçimlerine göre Üçe ayrılmaktadır:

- Nümerik kodlar -hepsi numara şeklinde.
- Alfabetik kodlar -hepsi harf şeklinde.
- Alfanümerik kodlar -numara ve harflerin bir karışımı şeklinde.

Nümerik kodlar, gerek okuma hatalarının daha az risk taşıması ve gerekse, bilgisayarlarda ele alınmasının daha kolay olması nedeniyle, alfabetik kodlara nazaran daha fazla kullanılmaktadır. Diğer taraftan, alfabetik kodlar da, bir hanede daha fazla sayıda sembol bulundurma ve hatırlamayı sağlama avantajlarının önem taşıdığı yerlerde tercih edilmektedir. Gerçekten alfabetik kodlama ile bir haneye 23 sembol (Türkçe'de) yerleştirilebilir. Nitekim ülkemizdeki taşıt plakalarının bir kısmında harflerin yer almasının nedeni de budur.

Kodlar, yapılarının şekline göre de sınıflandırılır:

- Monokodlar
- Polikodlar

c) Karışık kodlar

Bir monokod, bir önceki hanesindeki bilgiyi, her bir hanesinde genişleten bir kodlama sistemidir. Bir polikodda ise, her bir hanedeki bilgiler, birbirinden bağımsızdır. Monokodlar şeklinde olan, fakat oluşturulmuş bu monokodların, bir dizi polikod halinde bulunması da, karışık kodları meydana getirir. Monokodların oluşturulması zordur, fakat sınıflandırılmış birimlerin doğası hakkında çok derin analizlere imkan vermektedir. Genellikle değiştirilmesi tahmin edilmeyen sürekli bilgiler için istenir. Polikodları ise, oluşturmak ve gerekli değişikliklerde tadel etmek kolaydır. Polikodlar genellikle zaman ile değişimi kolay olan geçici bilgiler için tercih edilmektedir. Örneğin, maliyet ve yıllık gereksinilen miktarlarla ilgili bilgilerin kodlanması gibi. Özellikle nümerik kodlarda, bir hanede sadece 10 mümkün değer bulunması, polikodlamayı çok sınırlı bilgi depolama kapasitesine götürmektedir. Ancak, bir karışık kod ile, başka bir deyişle, birkaç küçük monokod, bir polikod şeklinde beraber kullanılırsa, depolama kapasitesi artırılabilir.

Üniversalliğine göre de kodlar sınıflandırılabilir:

- a) Universal kodlar
- b) İyi uyarlanmış kodlar

Universal kodlar, belirli bir firma ve belirli bir problem göre özel bir kodlama sistemi değildir. Buna karşılık, iyi uyarlanmış kodlar ise, tam tersine özellikle bir firma ve belirli bir problemin ihtiyaçlarını karşılamak için tasarlanmış kodlardır. Universal kodlar, tüm firmaların ihtiyaçlarını kapsayacak bir şekilde olmalıdır. Aksi takdirde, herhangi bir firmanın ihtiyacını amaca uygun olarak karşılayamaz. Universal kodlama uygulaması yapan bir firma, bu kodun bazı hanelerini de kullanmaz. Çünkü, bu kodlama ile firma için gereksiz birçok bilgi tipi de beraber saklanmaktadır. Diğer taraftan iyi uyarlanmış kodlardaki esas zorluk da, tasarım ve tanıtımının pahalı ve uzun zaman almasıdır.

Sınıflandırma ve Kodlamanın Amacı Sınıflandırma ve kodlamanın amacı, bir bilginin hızlı ve etkin bir şekilde yeniden elde edilmesini sağlamaktır. Üretim sistemlerinde bilgi, tasarım, planlama ve üretime geçiş ile ilgili birçok problemler için gerekli olmakta ve özellikle personel sıkıntısı çeken firmalarda, eğer sınıflandırma ve kodlamaya gidilmemişse, çoğu kereler esaslı araştırmalar yapılmadan bu bilgiye ulaşmak çok zor olmaktadır. Sonuçta yeterli zaman da yoksa üretim kararları tahmine dayandırılmakta veya en azından kalifiye elemanların hafızasına bağlı kalmaktadır. Bu yüzden firmalarda ayrıca bir kodlama bölümü kurulması ve burada her parçanın çeşitli özelliklerine göre sınıflandırılıp kodlanarak dosyalanması gerekir. Böylece elde edilen kayıtlar, kod numarası sırasına göre bir merkezi indekste toplanmalı ve eğer devreye yeni bir parça sokulmak isteniyorsa, numarasına ait indeks sırasında yerini almalıdır. Sonuçta üretime ait bir bilgi gerektiğinde, bilginin icap ettirdiği kod numaralarından derhal ilgili kaynaklar elde edilebilir. Örneğin,

Özel bir kılavuz çekilmiş bir deliğe sahip veya belirli bir çeşit ve boyutta malzeme kullanan bir parçalar grubu, derhal ilgili kodlardan bulunabilir.

Sınıflandırma ve Kodlamanın Tasarımda Uygulanması: Tasarımcı, istenen belirli bir fonksiyonu gerçekleştirecek bir parçayı önce tehayyül eder ve onun tüm özelliklerini önceden bilemese bile, biçimsel bir taslağını çizip kullanacağı malzemeyi tespit eder. Bu taslağı kodlama bölümünde, kodlama sorumlusuna götürür. Kodlama sorumlusu parçayı taslak özelliklerine göre kodlar. Kodlamayı bazı hallerde tasarımcı da yapabilir. Sonuçta, tasarımcı resim dosyalarından bu koda uygun koddaki bir parça veya parça grubunun kayıtlarını bularak, bunları inceleme imkanı bulur. Eğer kayıтта mevcut olanlarla taslağın bir ilgisi yoksa, parçanın kaidelere uygun bir şekilde tamamen tasarlanması gerekir. Eğer kayıтта, benzer bir parça bulunursa, bu benzer parça model olarak iş görür ve bu model üzerinde çok az bir çaba ve düzeltme ile tasarım gerçekleşir. Eğer parça daha evvel aynen kullanılmışsa, tasarımcının bu parçayı planlama bölümüne göndermek için depolamasından başka yapacağı bir iş yoktur.

Sonuç: Sınıflandırma ve kodlamanın başarılı bir şekilde tasarımda kullanılmasıyla; parça çeşitliliğinde bir azalma, parça biçimlerinin tanımlanması, tekrarlanan ve benzer parçaların, maddeden bağımsız olarak tanınması, kayıтта kolaylık, kullanımda basitlik ve biçim karakteristiklerinin standartlaştırılması gibi faydalar sağlanabilir.

Sınıflandırma ve Kodlamanın Üretim Planlamada Uygulanması: Tasarım bürosunda, daha önce benzeri veya aynısı tasarlanmış olan parçaların resimleri üzerine, önceki parçaların kodunu gösteren işaretler yardımıyla, üretim planlama bölümü, tasarım bürosundan gelmiş parçaların, operasyon planlarını çıkarır. Şöyle ki, eğer gelen parça, aynen daha önce kullanılmışsa, bu parçanın koduna ait operasyon planını indeksten bulur ve parçanın üretilcek miktarı da indekste bulunan miktardan çok farklı değilse, bu plan aynen uygulanır. Benzer parçalar için, gerek operasyon sıralarının ve gerekse standart zamanların doğruluğu araştırılır. Görüldüğü gibi, yapılan çalışmalar basitleşmiş, bilgi sağlamada çabukluk sağlanmıştır. Bundan başka, parça ailelerini oluşturmak için, hangi ölçütlerin göz önüne alınacağı, hangi kod numaralarının aile içinde toplanacağı araştırılır. Ayrıca, tüm bu çalışmalarla makinenin uygun parça kullanım veriminde artış sağlanabilir. Örneğin, kodlama ile, uzunluğunun çapa oranı 1'den küçük az sayıda yüzeye sahip basit profilli parçalar, toplu halde uzun-kızaklı ağır bir torna tezgahı yerine, basit konstrüksiyona sahip kısa-kızaklı torna tezgahlarında işlenebilir. Böylece tezgahlarda, tezgaha uygun parça kullanımı, başka bir deyişle, uygun parça kullanım verimi artırılır.

Sınıflandırma ve Kodlamanın Üretimde Uygulanması: Sınıflandırma ve kodlama ile üretim planlama bölümünde elde edilecek parça ailelerine uygun üretim yapılabilir. Ancak üretim ailelerini ve buradan makina gruplarını elde etmek mümkün olamamakta-

dır. Çünkü kodlar, parça ile ilgili birçok özelliği kapsar ve bu özelliklerden hangisinin aile için birleştirileceği sorusu cevapsız kalır. Karşıma aşırı sayıda alternatif aileler çıkabilir ve adaylardan üretim ailesi ve makina gruplarını elde edecek evrensel bir metot kurmak imkansız hale gelir.

Parça sınıflandırma ve kodlama amacını güden birçok yöntem vardır /18/. Ancak bunların içinde en tanınmışları esasları zıt olan Brisch /19,20,21/ ile Opitz /22,23,24,25/ sistemleridir.

i. Brisch Sınıflandırma Sistemi :

Brisch sınıflandırma ve kodlama sistemini ilk tasarlayan E.G.Brisch'dir. Ancak sistemin gelişimi ve geniş uygulaması M.J.Gombinski ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Sistem dört ana kurala dayanır:

- a) Sistemin yapısı monokod düzenindedir.
- b) Sabit uzunlukta nümerik bir koda sahiptir.
- c) Firmaların özel ihtiyaçlarına göre iyi uyarlanan bir sistemdir.
- d) Sınıflandırılan birimlerin karakteristikleri sürekli olmalıdır.

Bu sınıflandırma ve kodlama her bir kuruluşun kendi özel ihtiyaçlarına uygun olarak tüm üretim organizasyonuna yönelik bir şekilde düzenlenir. Bu tasarımın avantajı, sadece o kuruluşun ihtiyaçları için gereken bilgiyi depolamasıdır. Böylece bilgi aramada çabukluk kazanılır. Bu arada, rakamların özel olarak tasarımı, rakamlarla ilgili kombinezon sayısını azaltacağından, parça aileleri daha kolay bulunabilir. Ancak diğer taraftan, Brisch sisteminin veya bu sisteme benzer diğer türetilmiş sistemlerin, tasarımı ve tanıtılması oldukça pahalı ve uzun zaman almaktadır /17/.

ii. Opitz Sınıflandırma ve Kodlama Sistemi:

1950 yıllarından itibaren, Prof.Dr.H.Opitz ve yardımcılardan oluşan bir grup araştırmacı, Aachen Üniversitesi, Takım Tezgahları Laboratuvarında, iş parçaları ile ilgili istatistikî bir araştırmaya başlamışlardı; burada değişik imalat programlarına sahip 25 firma incelenmiş ve yaklaşık 320000 makina saati gerektiren 4500 iş parçasının farklı özellikleri kayıt edilmiştir. Bu araştırmaların amacı, öncelikle takım tezgahlarının iş parçalarına en iyi uyumunu sağlayacak iş parçası istatistikî verilerini bulmak ve bu verilere dayanarak, takım tezgahlarını tasarlamak, tezgah yatırım planlamasına gitmek ve mevcut atölyelerdeki, uygun parça kullanım verimi düşük tezgahlar için çeşitli önlemler almak olmuştur.

Aynı zamanda bu araştırmalara paralel olarak iş parçası sınıflandırma ve kodlama çalışmalarına da başlanmış ve böylece Prof.Dr.H.Opitz'in kendi adıyla anılan Opitz Sistemi ortaya çıkarılmıştır. Bu sistem Brisch sisteminin tersi olarak, polikod bir yapıda, Universal bir özelliğe sahiptir. Sadece iş parçası

sınıflandırma ve kodlamasına yöneliktir. Universal özelliğinden ötürü, bu sistem bir firmanın tasarım, plânlama ve üretim bölümlerinin iş parçası ile ilgili farklı ihtiyaçlarını, farklı ölçütler arasında karşılayacak uzlaşık bir karaktere sahip olarak düzenlenmiştir. Sistem 9 haneden ve her hanedeki 10 pozisyondan oluşturulmuştur. 9 hane de iki kısma ayrılmıştır. Birinci kısım, 5 haneden ibaret geometrik kodu, ikincisi ise, 4 haneden ibaret ek kodu oluşturur. Geometrik kod, temel olarak iş parçasının en son biçimi (işlendikten sonra ve montajdan önceki parçanın biçimi) ile ilgili özellikleri kapsar. Geometrik kodun birinci hanesi, iş parçasının genel biçimini; dönel ve dönel olmayan parçaların boyutsal oranlarına göre düzenini gösterir. Diğer hanelerden ikincisi, parçanın tüm veya ana biçimi, üçüncüsü, parçanın iç biçimi, dördüncüsü yüzey işleme ve beşincisi ise, yardımcı delikler, dişliler ve şekillendirme özelliklerini tanımlar. Mamul veya firmaların bazı özel parçalarını kodlamak üzere, ayrıca sistemin birinci hanesinde iki rakam (pozisyon) tahsis edilmiştir. Tahsis edilen 5 numaralı pozisyon özel dönel parçalar, 9 numaralı pozisyon ise, özel dönel olmayan parçalar içindir. Böylece belirli özellikleri aşan iş parçaları için, sistemin haneleri veya her hane içindeki pozisyonlar mantıksızca uzatılmamış olur. Yukarıda bahsedilen geometrik kodların yanısıra, ek kodlar da, tam bir sınıflandırma için gereklidir. Ek kodun birinci hanesi, parçanın çapı veya bir kenarının uzunluğuna göre düzenlenir. İkinci hane de, malzeme mukavemetine göre, yan bölümlere uğrar. Üçüncü hane hem malzemenin biçimini tanımlayan pozisyonlara sahiptir. Nihayet son hane ise, parçanın yüzey hassasiyeti ile ilgilidir.

2.2. ÜRETİM AKIŞ ANALİZİ

Üretim akış analizi, hücrelerin tasarımı için toplam bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım esasta, parçaların üretimi için kullanılan metotlara dayanır; parçanın tasarım ayrıntıları ile ilgilenmez. Buna karşılık, parça rota kartlarının analizini esas alır. Bu analizin dört aşaması vardır:

- 1) Fabrika akış analizi; basit ve bununla beraber etkin bir malzeme akış sistemini kurmak amacıyla, bölümler boyutunda büyük grupların ve bu bölümler içinde imal edilen çok büyük parça ailelerinin kısımlandırılması işlemidir. Böyle bir amaç için, ağ analizi tekniği kullanılır.
- 2) Grup analizi; ana gruplara tahsis edilen tüm parçaları, daha küçük ailelere ve tüm makineleri her aile bir makine grubunda tamamen işlem görebilecek şekilde gruplara bölme işlemidir (hücrel imalata geçiş).
- 3) Grup içi düzenleme analizi; gruplar içinde, makineler arasındaki malzeme akışını ve makineler için "en iyi" tesis düzenini plânlama ile ilgilidir.
- 4) Takım-tertibat analizi; her bir makinede, aynı takım-tertibatla işlem görecektir parça ailelerini (takım-tertibat aile-

lerini) bulma işlemidir.

Üretim akış analizi için sadece

- a) Parça rota kartları
- b) Tesis listesi

şeklinde iki bilgiye ihtiyaç vardır:

- a) Parça Rota Kartları: Fabrikadaki proses metotlarını kayıt etmek için kullanılan rota kartları, ideal olarak şu gereksinimleri karşılamalıdır:
 - Satın alınan ve üretilen her parça için bir rota kartı olmalıdır.
 - Her rota kartı, malzeme çıkışından parçanın bitirilmesine kadar tüm operasyonları göstermelidir.
 - Her operasyonun karşısında, o operasyonun gerçekleştirilmesi için gerekli olan makinanın tipi gösterilmelidir.
 - Rotalar, üretimde kullanılan gerçek metotların tam bir dö-kümünü vermelidir.
 - İşlem zamanları (hazırlık ve işleme zamanları), her bir operasyonun karşısında gösterilmelidir.
- b) Tesis Listesi: İdeal olarak tesis tipini göstermek amacıyla bir kod numarası kullanılmalıdır. Kod numaralarının düzenlenmesinde, eğer yapabileceği tüm işleri aynı kalitede yapan aynı tipte iki makina varsa, bu iki makina aynı kod numarasının verilmesine dikkat edilmelidir. Tesis kodlaması için, en iyi kod yapısı olarak, Brisch sınıflandırma sisteminde olduğu gibi, bir monokod yapı önerilebilir. Kodun birinci hanesinde, tesisin her bir birimi için, bir tesis numarası ve daha sonraki hanelerde onun tip özelliklerini genişletici bir şekilde tanıtan gerekli bilgiler verilebilir. Bu şekilde hazırlanan bir kod, üretim akış analizini basitleştirmesi yanında, pek çok amaçlar için de yararlı olabilir.

Bu bölümde üretim akış analizinin dört aşamasından öncelikle ilk iki aşaması incelenecektir.

2.2.1. Fabrika Akış Analizi

Fabrika Akış Analizinin ilk hareket noktası, ele alınan bir fabrikadaki proses birimlerini tespit etmektir. Proses birimleri, fabrika içindeki her bir prosesin gerçekleştirilebilmesi için kullanılan bir tesis grubudur. Bu tesis gruplarının tespit edilmesini, proses birimlerinin hedefe uygun birleştirilmesi izler. Hedef; mümkün olan minimum sayıda yeni tesis ve takım-tertibat yatırımıyla, birleştirilen birimler arasında malzeme akışını alabildiğince basitleştirmektir. Birleştirmenin birbiriyle uyumlayan proses birimleri için gerçekleştirilemeyeceği açıktır. Gerçeklenen birleşmeler sonucunda ise, bölüm veya ana grup dediğimiz kısımlar oluşur. Analiz dokuz temel adımda incelenebilir /17/:

- 1) Fabrikayı proses birimlerine ayırma (bölme).
- 2) Tesislerin proses birimlerine tahsis edilmesi.

- 3) Proses Rota Numarasını (PRN) belirleme.
- 4) PRN'yi analiz etme.
- 5) Temel akış şemasını çizme
- 6) Temel akış şemasını basitleştirme ve bölümleri (ana grupları)bulma.
- 7) Hangi parçaların ana gruplardan ayrıldığını (müstesna birimleri) belirleme.
- 8) Müstesnaları elemine etme.
- 9) Standart iç ana gruplar arası malzeme akış sistemini belirleme.

Adımlardan özellikle fabrikayı proses birimlerine ayırma ve buraya tesisleri tahsis etme aşaması çok önemlidir. Bir fabrikayı proses birimlerine ayırmak için öncelikle aşağıdaki temel şartlar göz önüne alınmalıdır.

a) Birkaç ana gruba servis yapmak zorunda olabilecek (yapması gerekebilecek) tesisler, bir proses biriminin sadece bir parçasını oluşturmaz. Örneğin, testere ve oksijen kesme tezgahlarının dövmeye ve pres bölümünde kullanılması gerektiği gibi, metal kesilmesi ile ilgili birçok bölümde de bulunması gerekir. Genel olarak ele alınan firma çok büyük olmadıkça metal kesme ayrı bir merkezi bölüm olarak düşünülmez. Fakat fabrika akış analizi için bunları ayrı bir proses birimi olarak ele almak uygun olabilir. Verilen örneği, ısıl işlem örneği ile genişletebiliriz. Isıl işlem, gerek döküm, gerekse dövme, pres ve talaşlı imalat parçaları için gerekli olmaktadır. O halde bu proses de, her bölümde ayrı ayrı düşünülebildiği gibi, farklı olarak da düşünülebilir. Eğer böyle tesisler, fabrika içinde halihazırda sadece bu tesisleri kullanan bölümlerden biri tarafından idare ediliyorsa, analizin amacı için mutlaka bu tesisler ayrılmalı ve farklı proses birimleri olarak işlem görmelidir. Alternatif olarak analizden önce diğer bölümlerle ilgili olmayan makineler varsa, bunların ait oldukları yerlere tahsis edilmesi uygun olur.

b) Birbirleriyle uyumsuz proseslerden oluşan ana gruplar, analiz için ayrı proses birimlerine bölünmelidir. Böyle proseslere örnek olarak şunlar verilebilir:

- Metal dökümü ve hassas talaş kaldırma,
- Kalıpta zımbalama ve hassas talaş kaldırma,
- Kaynak ve elektrometal kaplama veya diğer nemli prosesler,
- Isıl işlem ve diğer parlar veya patlayıcı malzemeler üzerine prosesler.

Böyle prosesleri birbirinden ayrı tutmanın ana nedenleri arasında güvenlik, iş şartları, teknolojik ayrıntılar ve mamul kalitesi sayılabilir. Eğer böyle prosesler ayrı olarak ele alınmazsa, başka bir deyişle, ana gruplar birbirleriyle uyumayan prosesleri içerirse, grup analizi sonucunda, aynı şekilde birbirleriyle uyumayan makineleri içeren gruplar elde edilebilir.

c) Birbirleriyle uyumayı sağlamak şartıyla, eğer iki bölümden biri, diğerinin tüm veya büyük bir miktarda girdisini alıyorsa, analizi basitleştirmek için bu iki bölüm birleştirilebilir.

Eğer bölümler içinde mevcut kısımlar aynen kullanılırsa, buradaki mevcut tesis listeleri analiz için gerekli bilgiyi verir. Eğer bölünmesi gereken herhangi bir bölüm varsa, aynı zamanda tesis listesi de bölünmelidir.

2.2.2. Grup Analizi

Bu analizin amacı, her fabrika akış analizi ile elde edilen ana grup içinde alabildiğince birbirinden bağımsız, herbiri ayrı bir üretim ailesini imal eden makina grupları elde etmektir. Böylece grup düzenlemeye veya hücreli imalat sistemlerine geçiş sağlanabilir. Grup analizi, parça-makina analiz matrisinin oluşturulması ile başlar. Matris oluşturulurken, fabrika akış analizi ile elde edilmiş olan her ana grup içine giren parça rota kartlarından yararlanılır ve matriste, hangi parçaların hangi makinelerde işlem göreceği gösterilir. Şekil 2.1.a'da basit bir parça-makina analiz matrisi görülmektedir. Matrisin satırları parça numaralarına, sütunları ise makina numaralarına karşılık gelmektedir. Matris eleman değerleri x_{ij} ile tanımlanabilir. Eğer i.parça, j.makinadan geçiyorsa, $x_{ij} = 1$, geçmiyorsa veya i.parça ile j.makinanın bir ilişkisi yoksa $x_{ij} = 0$ alınır. Bu matristen hareketle geçitli metotlar kullanarak parça aileleri ve makina grupları elde edilebilir. Verilen basit örnekte deneme-yanılma metodu ile veya başka bir deyişle, matrisin satır ve sütun elemanlarının yerlerini kendi aralarında deneme ile değiştirilerek sadece belirli makina gruplarında işlenecek parça aileleri elde edilmiştir. Şekil 2.1.b. Burada görüldüğü gibi, 1, 4 ve 6 numaralı parçalar, sadece MO5 ve MO3 makinaları, 3,2 ve 5 nolu parçalar da sadece MO4,MO2 ve MO1 makinaları tarafından işlem görmektedir.

Verilen bu örnekten farklı birçok örnek için yapılan analizlerde değişik durumlarla karşılaşılabilir. Bunlardan biri bazı iş parçalarının hiçbir gruba girememesi veya her iki grubu da gerektirmesidir (müstesna parçalar). Bir diğeri ise, analiz sonucu çıkan matriste bazı makinaların darboğaz yaratabilecek bir şekilde birçok iş parçası tarafından yüklenmesi olmaktadır. En son durum için analizde genellikle makina sayısının artırılması

PARÇA NO	MAKİNALAR				
	MO1	MO2	MO3	MO4	MO5
1	0	0	1	0	1
2	0	1	0	1	0
3	1	1	0	1	0
4	0	0	1	0	1
5	1	0	0	1	0
6	0	0	0	0	1

(a)

PARÇA NO	MAKİNALAR				
	MO5	MO3	MO4	MO2	MO1
1	1	1	0	0	0
4	1	1	0	0	0
6	1	0	0	0	0
3	0	0	1	1	1
2	0	0	1	1	0
5	0	0	1	0	1

(b)

Şekil 2.1. a. Parça-makina analiz matrisi.

b. Kümelenendirilmiş parça-makina analiz matrisi.

düşünülür ve yeniden matris oluşturulup analiz tekrarlanabilir. Grup analizi ile ilgili uygulanan metotlar ve yeni metot önerisi ileride ayrıntılı olarak incelenecektir.

Yukarıda sözü edilen basitleştirme ile eleminasyonları temel alan fabrika akış analizi ile daha sonra hücresel imalata geçişin ilk aşaması olan grup analizi çalışmaları ile Japon başarısını gerçekleştiren etmenlerden biri olan "Tam Anında" (TA) Üretim (İng: Just-In-Time Production) /26,27/ felsefesi esas yönünden tamamen aynı paralelde ve birbirini tamamlayıcı görülmektedir.

2.3. TAM ANINDA ÜRETİM

Japon fabrikaları son yıllarda fabrika içindeki parçaların su gibi akışını, başka bir deyişle küçük parti üretimini sağlamayı amaçlayan çeşitli uygulamalar gerçekleştirmişlerdir. Bunu gerçekleştirirken bilinen klasik yöntemler arasında bulunan ekonomik sipariş miktarı (ESP) ve üretim miktarı (EÜM) yaklaşımları yerine, tam anında (TA) üretim ve buradan da toplam kalite kontrolünü (TKK) esas alan sistemlere geçiş yapmışlardır. Böylece TA üretimi ile küçük parti üretimi ve küçük parti üretimi ile TKK sağlanmıştır.

TA Üretiminin esasını anlamak için, öncelikle fonksiyonel esasa göre düzenlenmiş bir fabrikayı ele alalım. Böyle bir fabrikada parçaların fabrika içindeki akışı, "durma ve gitme" tarzında, karmaşık bir şekilde olmaktadır. Parçalar paletlerde, raflarda, çatallı yükleyicilerde, stok odalarında zaman harcamakta, maliyeti kendi değeri artmadan artmakta ve hatta bazen bu karmaşıklıkta kaybolabilmektedir. Ayrıca, bazı işletmelerde parça akışını kontrol etmek amacıyla bilgisayarlar kullanılmaktadır. Ancak şimdiye değin bu kontrol da çok etkin olamamıştır /27/. Etkin bir sisteme geçiş için, TA üretimi ve GT prensiplerinin uygulanması gerekmektedir. Bu prensiplerden bazıları, fonksiyonel düzenlemeyi ortadan kaldırarak hücre sistemlerine geçmek, imalat içi stok depoları ile taşıma sistemlerini yeniden düzenlemek ve organizasyon yapısını iyileştirmektir. TA üretiminde, anahtar kavram, tüm operasyonları "birbirlerine yaklaştırarak bağlantılı olmalarını sağlamaktır". Japon modeli bu kavrama yönelik olmak üzere her operasyonu tam anında gerçekleştirmek için, fabrika içi coğrafi engelleri ortadan kaldırmak ve böylece operasyonları kuvvetli bir şekilde bağlı hale getirmek istemektedir. İdeal olan parçaları kullanma noktasında ve tam anında imal ederek yan montajını yapmaktır. Ancak ideal daima kovalanır, hiçbir zaman başarılamaz. Başka bir deyişle, bir parçanın bir anda üretimini ve prosesler arasında dolaşım mesafesinin sıfır olmasını sağlayan tamamen tüm elemanları birbirine bağlı bir sistem gerçekleştirilemez. Başta coğrafi limitler ve bazı parçalar için emniyet stoklarının bulunması gereği, bu he-

defe ulaşılmasını engelleyen başlıca etmenlerdir. TA üretimini gerçekleştirmeye yönelik aşağıdaki çalışmalar örnek olarak gösterilebilir:

Bir enjeksiyon presinin hazırlık zamanı genellikle uzundur. Ancak bu presin hazırlık zamanı ve özellikle bu zaman içindeki kalıp değıştirme zamanı ihmal edilebilecek ölçüde düşürülürse, bu enjeksiyon presi kullanım noktasına götürülebilir ve kalıplama zamanları da çok az olduğından, istendiğı zaman sıfır emniyet stoğı ile parça üretebilir bir hale getirilir (kullanım noktasında, tam anında retim). Böylece enjeksiyon presi, bir hücrenin bir elemanı olarak istendiğı anda derhal kullanılabilir bir hale gelir. Buna karğılık bir krom kaplama tesisini ele alalım. Burada farklı bir parçayı kaplamak için, parça değıştirme zamanı çok fazla düşürülebilir. Fakat kaplamanın kendisi çok zaman alır. Bu zaman, kaplama şartlarına göre, iki veya dört saat olabileceğı gibi, günleri de bulabilir. Sonuçta kaplama tesisinin hazırlık zamanı düşük, buna karğın işleme zamanı çok uzundur. Bu bir teknolojik engeldir. Eğer işleme zamanını hızlandıracak yeni bir teknoloji icat edilmezse, bu tesis yanında mutlaka stok tutulması gerekir. Ayrıca bu tesis kullanım noktasında yani kendisi ile ilgili bir hücrede de tutmak imkansızdır. Çünkü krom kaplama ile ortaya çıkan zararlı dumanlar, bu prosesi, fabrika akış analizindeki uyumsuz prosesler sınıfına dahil etmektedir. Dolayısıyla hücre içine girecek bir analize de esas oluşturamamaktadır.

TA retim için, Japonların Kanban denilen bir kart kullanım sistemleri vardır. Bu kart herhangi bir noktadaki prosesin ne kadar parça gerektirdiğıine işaret etmektedir. rnek olarak bir yan montaj hattında fazladan krom kaplı bir iş parçasına ihtiyaç duyulduğunda, bu durum mutlaka bu iş parçasına ait bir kanban kartı tarafından belirtilir. Kartı boş bir kapla birlikte alan kişi, krom kaplama tesisine gider. Bu tesiste mutlaka daha önce belirtilen neden yüzünden (uzun işleme zamanı) kanban'daki parçaya ait bir dolu kap (stok) bulundurulmaktadır. Böylece yan montaj veya imalat akış hattında bir aksama olmamaktadır. Özetle, kanban sisteminde dikkat edilecek en önemli özellik, kanban tarafından gösterilen her parçaya ait kesinlikle bir emniyet stokunun bulundurulmasıdır.

Sonuç: Gerek retim akış analizi ve gerekse Japonların TA retim yaklaşımları, GT araştırmalarını esas alan benzer ve birbirini tamamlayıcı çalışmalardır.

BÖLÜM 3

GRUP TEKNOLOJİSİNDE HÜCRE TASARIMI İLE İLGİLİ YAYIN TARAMASI

3.1. ÜRETİM AKIŞ ANALİZİ İLE HÜCRE TASARIMI

Üretim akış analizini ilk tanıtan Burbidge (1963 ve 1969) olmuştur. Burbidge'nin bu analiz için yapmış olduğu yaklaşımda uygulama yönünden iki sakınca söz konusudur:

- a) Hem fabrika akış analizinin, hem de grup analizinin sezgisel metotlara dayanmış olması.
- b) Grup analizinde parça-makina matrisinin büyük olması durumunda çözüme ulaşmanın her zaman mümkün olamaması.

Üretim akış analizinin bu sakıncalı yönlerini ortadan kaldırmak üzere birçok metot geliştirilmiştir.

3.1.1. Benzerlik Katsayılarını Esas Alan Çalışmalar

Benzerlik katsayısı yaklaşımı ilk olarak Sokal ve Sneath (1968) /28/ tarafından geliştirilmiş ve Mc Auley (1972) /29/ bu yaklaşımı üretim akış analizinde önermiştir. Metodun esası, her bir çift makina arasındaki karşılıklı ilişkinin "benzerliğini" ölçmek ve bu benzerlik ölçü veya katsayılarına dayanarak makinaları gruplamaktır.

Mc Auley benzerlik katsayısını şöyle tanımlamıştır: Makina çiftlerine ait benzerlik katsayısı, herhangi bir makina çiftinde, her iki makinaya da uğrayan parça sayısının; hem her iki makinaya, hem de tek bir makinaya uğrayan parçaların sayısına ilişkin bir rakama oranıdır. Bu oranı formüle etmek için, makina-makina kombinasyon matrisi kullanılır. Bu matriste i ve j iki ayrı makina göstermek üzere X matris elemanları;

X_{ij} : her iki makina i ve j ($i \neq j$)'ye uğrayan tüm iş parçalarının toplam sayısı.

X_{ii} : sadece makina i 'ye uğrayan tüm parçaların toplam sayısı.

X_{jj} : sadece makina j 'ye uğrayan tüm parçaların toplam sayısı.

şeklinde tanımlanır. Buna göre benzerlik katsayısının formülü ise,

$$B_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{ij} + X_{ii} + X_{jj} - 2X_{ij}} \quad (3.1)$$

şeklindedir. Bu ifadenin kısaltılması sonucu

$$B_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{ii} + X_{jj} - X_{ij}} \quad (3.2)$$

olur.

Makinaları gruplamada, Mc Auley, Tek Hatlı Kümelendirme Analizini /28/ kullanmıştır. Bu metot önce en yüksek benzerlik katsayıları ile ilgili makinaları bir araya kümelendirmekte ve ardından azalan büyüklüklere göre hiyerarşik bir yapıda bu işleme devam etmektedir.

Örnek olarak bir makina-makina kombinasyon matrisini ele alalım (şekil 3.1). Bu matristeki her bir makina çifti için benzerlik katsayıları hesaplanarak elde edilen değerler bir tabloda toplanabilir (tablo 3.1). Benzerlik katsayıları elde edildikten

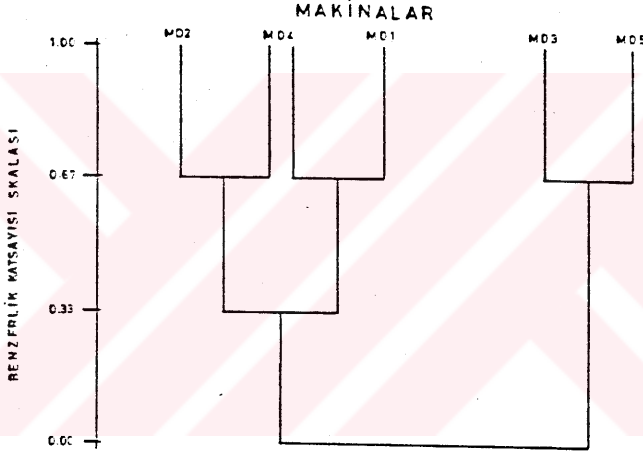
		MAKİNALAR				
		MO1	MO2	MO3	MO4	MO5
MAKİNALAR	MO1	2	1		2	
	MO2		2		2	
	MO3			2		2
	MO4				3	
	MO5					3

Şekil 3.1. Makina-makina kombinasyon matrisi.

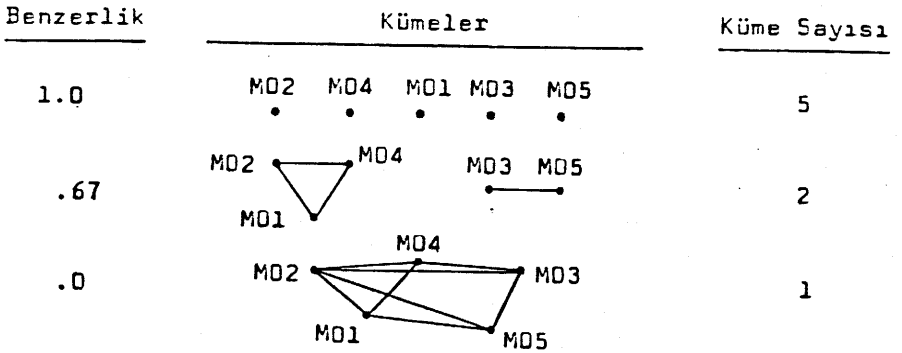
Tablo 3.1. Örnek matris için, her bir makina çiftine ait benzerlik katsayıları (benzerlik matrisi halinde).

		MAKİNALAR				
		MO1	MO2	MO3	MO4	MO5
MAKİNALAR	MO1		.33	.0	.67	.0
	MO2			.0	.67	.0
	MO3				.0	.67
	MO4					.0
	MO5					

sonra, tek hatlı kümelenme analizine geçilir. Bunun için önce makinaların diyagram üzerinde gösterimi olan dendogram (ağaç diyagramı) çizilir. Şekil 3.2'de verilen örneğe ait ağaç diyagramı görülmektedir. Diyagramın sol kenarında 0'dan 1'e kadar ölçülendirilmiş benzerlik katsayısı skalası vardır. Diyagramdaki ağacın en tepe dallarında, makinalar etiketlenmiştir. Makina etiket düzeni, dalların üst üste gelmesini engelleyici şekilde olmalıdır. Dalların birleşme yerinin, benzerlik skalasına karşılık gelen değeri, sözü edilen dallara ait makina grubunun benzerlik derecesini gösterir. Şekil 3.3'de ise, örnek problemdeki kümelenmenin oluşum sistematiki görülmektedir.



Şekil 3.2. Dendogram (ağaç diyagramı).



Şekil 3.3. Kümelenmenin oluşumu.

Örnek problemde üç alternatif mevcuttur. Birincisi, 1.0 benzerlik katsayısıyla her makineyi bir grupta tasarlamak, ikinci çözüm 0.67 benzerlikle M01, M02 ve M04 makinalarını bir grupta, M03 ve M05'i diğer bir grupta olmak üzere iki gruba ayırmaktır. Üçüncü çözüm ise, tüm makinaları 0.0 benzerlikle bir arada toplamaktır. Ayrı bir çözüm olarak 0.33 benzerlikle M01 ve M02 makinalarını bir gruba almak düşünülebilir. Ancak bu çözüm bizi 0.67 benzerlik düzeyindeki çözüme götürür ve 0.33, 0.67'ye göre basılgın olduğundan ele alınmaz. Birinci ve üçüncü alternatifler birer ekstrem çözüm olduğuna göre GT için ikinci alternatif aranan çözüm olmaktadır. Bu arada uygulama yerlerine bağlı olarak birçok benzerlik katsayıları elde edilebilir. Uygun çözüm için bir alt benzerlik katsayısı -eşik değeri (T)- seçilebilir ve bu değerin üstündeki çözümler üzerinde durulur. Burada makina grupları elde edildikten sonra, grup düzenleme için son aşama, iş parçalarına ilgili makinalara atamaktır.

Mc Auley'in yaklaşımı bazı konularda yetersiz kalmaktadır. Bunların başlıcaları:

- a) $X_{jj} \gg X_{ii}$ olması halinde, gruplamada yanlış bir sonuca gidebilir (de Beer ve de Witte 1978) /30/. Örneğin, $X_{ii} = 100$, $X_{ij} = 100$ ve $X_{jj} = 1000 \gg X_{ii}$ olduğunu varsayalım, buna göre, $B_{ij} = 0.1$ olarak hesaplanır. Bu değer küçük bir benzerlik katsayısıdır. Dolayısı ile i ve j makinalarının ayrı gruplarda bulunması düşünülebilir. Oysa $X_{ii} = 100$ ve $X_{ij} = 100$ değerleri i ve j arasında doğrudan bir ilişki olduğunu göstermektedir.
- b) Bu yaklaşım sonucu, sayıca birden çok olan bir makina tipinin, birden fazla hücreye (gruba) atanması mümkün olamamaktadır.
- c) Grupların oluşturulmasında T değeri önemli olmasına rağmen, ancak keyfi bir şekilde seçimi söz konusudur.

Mc Auley'den sonra, benzerlik katsayısına dayanan diğer bir yaklaşım Rajagopalan ve Batra (1975) tarafından önerilmiştir. /31/. Rajagopalan ve Batra, gruplama için graf teorisi /32/ uygulamasını geliştirmişlerdir. Grafın tepe noktalarını makinalar, kenarlarını ise benzerlik katsayıları oluşturmaktadır. Burada T'nin bulunması daha sistematik bir şekilde yapılmaktadır. Büyük T değerleri için graf seyrek ve dağınık olmakta, sonuçta hücre oluşturma işlemi basitleşmektedir. Ancak oluşacak hücrelerde, hücreler arası akış yoğunluğu artacak, dolayısıyla GT'nin avantajı azalacaktır. Küçük T değerleri ise, graf yoğunluğunu artıracığından (kenar sayısının artması), çözümü zorlaştırmaktadır. Bahsedilen yaklaşımla uygun bir T değeri, uygulanan örneğe göre bilgisayar desteğinde elde edilmektedir. Yaklaşımda elde edilen grafın, graf teorisine uygun olarak bölünebilmesi sayesinde, çeşitli gruplar oluşturulmaktadır. Oluşturulan farklı gruplarda aynı makina tipleri bulunabilmektedir. Burada graf oluştururken yine tek bir benzerlik katsayısı kullanıldığından, de Beer ve de Witte (1978)'nin bahsettiği sakıncalı durum ortadan kalkmamıştır.

De Beer (1976) /33/ ve de Beer ile de Witte (1978) çeşitli makina tiplerinin farklı hücrelerde bulunmasını sağlamak amacıyla, makinaları birincil (anahtar), ikincil ve üçüncül tip makineler olmak üzere üç sınıfa ayırmıştır. Birincil tip makina, sadece bir makina mevcutsa veya aynı tipe ait makinelerin sadece bir hücrede yer alması gerektiğinde, ikincil tip makina, bir tipten mevcut 2 ilâ 4 makina, 2 ilâ 4 hücreye tahsis edilecekse ve üçüncül tip makina ise, tüm hücrelere tahsis edilecek yeterli sayıda makina mevcutsa ortaya çıkmaktadır. Bu yaklaşımı de Witte (1980) /34/ daha da genişleterek gruplamada bir yerine üç farklı benzerlik katsayısı kullanmıştır. Böylece de Beer ile de Witte (1978)'nin bahsettiği sakıncalı durum ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Burada, de Witte, Rajagopalan ve Batra (1975)'nin kullandığı grafların bölünmesi yaklaşımı yerine, Mc Auley'in kullandığı tek hatlı kümelenendirme algoritmasını graf teorisi çerçevesinde uygulamıştır.

3.2. Parça-makina Matrisinde Diyagonal Dizili Gruplar Oluşturan Metotlar

Bağ Enerjisi Metodu (İng: The Bond Energy Method):

Bağ enerjisi algoritması olarak bilinen genel bir gruplama analizi tekniği, Mc Cormick (1972) tarafından geliştirilmiştir /35/. King (1980) bunu üretim akış analizinde uygulamıştır /36/. Bu metodu uygulamak için makina-makina matrisi yerine, parça-makina matrisinden yararlanılacaktır. Şekil 3.4'de, şekil 3.1'deki örnekle ilgili olarak parça-makina matrisi gösterilmektedir. Metotta sözü edilen bağ, parça-makina matrisinde bitişik satır ve sütun elemanlarının sayısıdır. Bu sayının artması ise, bağın enerji büyüklüğünün artması demektir. Matristeki elemanların de-

		MAKİNALAR					SATIR BAĞ ENERJİSİ
		MD1	MD2	MD3	MD4	MD5	
PARÇALAR	1			1		1	
	2		1		1		
	3	1	1		1		1
	4			1		1	
	5	1			1		
	6					1	
SÜTUN BAĞ ENERJİSİ			1		1		3

Şekil 3.4. Parça-makina matrisi ve sahip olduğu bağ enerjisi.

Gerlendirilmesinde aşağıdaki alternatifler mevcuttur:

- 1) Satır elemanları yan yana ($x_{ij}, x_{i,j+1}$) aşağıdaki mümkün alternatifleri doğurur:

Alternatif	x_{ij}	$x_{i,j+1}$	Bağ enerjisi
1	0	0	0
2	0	1	0
3	1	0	0
4	1	1	1

- 2) Sütun elemanları yan yana ($x_{ij}, x_{i-1,j}$) yine yukarıdaki örneğe benzer alternatifler ortaya çıkarır:

Alternatif	x_{ij}	$x_{i-1,j}$	Bağ enerjisi
1	0	0	0
2	0	1	0
3	1	0	0
4	1	1	1

Şekil 3.4'de elde edilen bağ enerjileri de aynı şekilde değerlendirilmiştir. Gruplamanın başarı derecesi, bağ enerji ölçüsü ile vurgulanmaktadır. Örnek matriste toplam bağ enerjisi 3'dür. Optimum çözüm, maksimum bağ enerjisini üreten çözümdür. Problem, esas itibariyle kuadratik atama problemi biçimindedir. Bu nedenle problem boyutu büyümesi ile hesaplama zamanı üssel olarak artmaktadır. Sonuç olarak metod küçük problemlerin çözümü için kısıtlı kalmaktadır. Ancak problem için ayrıca sezgisel bir metod geliştirilmiş ve böylece ikincil optimal çözümler elde edilebilmiştir.

Şekil 3.5'de bu metodun uygulanması sonucu elde edilen maksimum bağ enerjisine sahip, optimum çözümü gösteren parça-makina

MAKİNALAR						SATIR BAĞ ENERJİSİ
MO5 MO3 MO4 MO2 MO1						
PARÇALAR	1	1				1
	4	1	1			1
	6	1				
	3			1	1	2
	2			1	1	1
	5			1		1
SÜTUN BAĞ ENERJİSİ	2	1	2	1		11

Şekil 3.5. Sonuç parça-makina matrisi ve sahip olduğu bağ enerjisi.

matrisi verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, 1,4,6 parçaları ile MO5, MO3 makineleri ve 3,2,5 parçaları ile MO4, MO2, MO1 makineleri, parça-makina matrisinde diyagonal dizili grupları oluşturmaktadır.

Derece Sıralamasıyla Kümelenendirme Metodu (İng: Rank Order Clustering Method):

Diyagonal dizili grupların türetilmesi amacıyla taserlanan diğer bir teknik, King (1980) tarafından geliştirilmiştir ve Derece Sıralamasıyla Kümelenendirme Metodu olarak anılmaktadır /36/. King'in metoduna ait algoritma normal olarak orjinal parça-makina matrisinden başlar. Ancak izlenen yol iteratif karakterde olduğundan, matrisin herhangi bir yeni düzenlenmiş biçimiyle de başlamak da mümkündür. Bu metotta parça-makina matrisine ait her satır ikili numaralama sistemine göre ağırlıklandırılır. Ayrıca, bu ağırlıkların ondalıklı eşdeğerleri hesaplanır. Ondalık eşdeğer dereceleme sırasına göre satırlar yeniden düzenlenir. Daha sonra aynı olay sütunlar için de tekrarlanır. Sonuçta hem satırda, hem de sütunlarda azalan derece sırası elde edilinceye kadar metot devam ettirilir. Amaca ulaşıncaya proses durdurulur ve elde edilen en son satır-sütun kombinasyonuna ait parça-makina matrisi aranan matristir. Şekil 3.4'teki örnek için uygulanan metot şekil 3.6, 3.7 ve 3.8'de görülmektedir.

Ancak şu da hemen belirtilmelidir; endüstriyel örnekler çok daha büyük matrisler gerektireceğinden çözüme iteratif olarak bu kadar çabuk ulaşılamayacağı gibi, müstesna parçaların bulunup oluşturulacak grupların dışına alınarak grup sınırlarının elde edilmesi her zaman mümkün olamamaktadır. Bununla beraber algoritmayı geliştirici ve özellikle darboğaz makineler için analizin daha belirgin sonuçlar vermesi yönünde çalışmalar yapılmaktadır /36,37/.

İKİLİ AĞIRLIK	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	ONDALIKLI EŞDEĞER	DERECE SIRASI
	MAKİNALAR						
	MO1	MO2	MO3	MO4	MO5		
PARÇALAR	1		1		1	5	4
	2		1	1		10	3
	3	1	1	1		26	1
	4			1	1	5	5
	5	1			1	18	2
	6					1	6

Şekil 3.6. Parça-makina matrisinin satırlarının ikili sisteme göre değerlendirilmesi.

İKİLİ AĞIRLIK		MAKİNALAR				
		MO1	MO2	MO3	MO4	MO5
2^5	3	1	1		1	
2^4	5	1			1	
2^3	2		1		1	
2^2	1			1		1
2^1	4			1		1
2^0	6					1
ONDALIKLI EŞDEĞER		48	40	6	56	7
DERECE SIRASI		2	3	5	1	4

Şekil 3.7. Satırların düzenlenmesi ile elde edilen ikinci matris ve bu yeni matrisin sütunlarının ikili sisteme göre değerlendirilmesi.

İKİLİ AĞIRLIK		MAKİNALAR					ONDALIKLI EŞDEĞER	DERECE SIRASI
		MO4	MO1	MO2	MO5	MO3		
2^5	3	1	1	1			26	1
2^4	5	1	1				24	2
2^3	2	1		1			20	3
2^2	1				1	1	3	4
2^1	4				1	1	3	5
2^0	6				1		2	6
ONDALIKLI EŞDEĞER		56	48	40	7	6		
DERECE SIRASI		1	2	3	4	5		

Şekil 3.8. Elde edilen en son matris ve bu matrisin satır ve sütunlarının ikili sisteme göre değerlendirilmesi.

ve dönel olmayan parçaların işlenmesine katılacağı bulunur. Örneğin, dönel parçalar için, tornalamanın frezelemeye oranının 3/1 olduğu göz önüne alınarak torna ve freze tezgahları bu oranlara göre tahsis edilir.

Mansoor ve Leonard, bu istatistiksel sonuçları, GT hücresi oluşturmak üzere Manchester'de fonksiyonel düzenlenmiş tesislere sahip bir türbin imalat firmasına uygulamışlardır. Uygulama için firmaya ait şu bilgileri toplamışlardır:

- takım tezgahı listesi
- dönel parçaların dönel olmayanlara oranı
- VUOSO Sınıflandırma Sisteminde /18/ herbir VUOSO sınıfına giren farklı iş parçaları yüzdeleri.

Uygulamada önce yukarıda verilen istatistiksel sonuçlar yardımıyla dönel ve dönel olmayan iş parçalarına ait takım tezgahı listesi belirlenmiştir. İkinci adımda her bir VUOSO sınıfındaki iş parçası yüzdesinden hareketle, yüzde parça sayısı ile toplam takım tezgahı sayısı çarpılarak her bir sınıfa girecek takım tezgahı sayısı elde edilmiştir. Son adım, belirli VUOSO sınıflarını hücre oluşumunda esas alarak, iş parçalarına göre dağıtılmış takım tezgahları için makina hücrelerini firmaya özgü bazı düzenlemelerle oluşturmaktır.

VUOSO sınıfları için var olan iş parçası geometrik özelliklerine ait istatistiksel sonuçlar yardımıyla, yukarıda anlatılan hücre oluşturma işlemi, çok daha hızlı ve etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

Sonuç olarak, tüm anlatılan mevcut yaklaşımın başarısı veya başarısızlığı uygulanacak firmanın daha önceden geliştirilmiş bu istatistiksel sonuçlara uygun bir yapıya sahip olup olmayacağına bağlı görünmektedir.

BÖLÜM 4

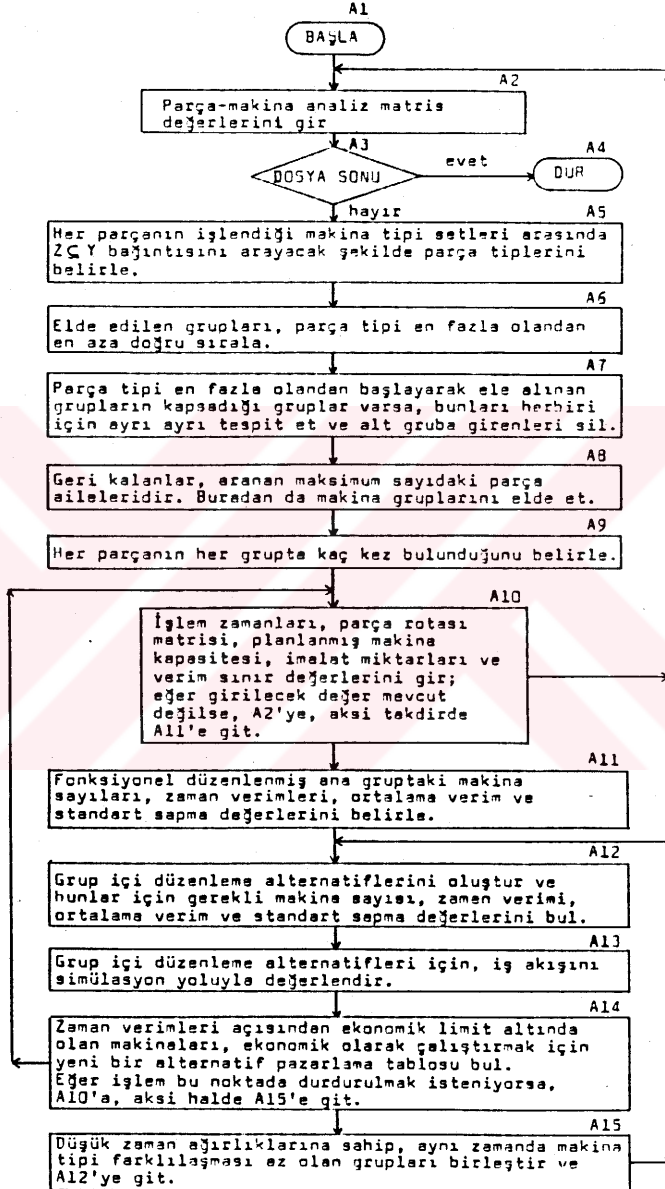
GRUP TEKNOLOJİSİ İMALAT SİSTEMİ TASARIMINA YENİ VE ETKİLEŞİMLİ BİR METOT ÖNERİSİ

GT imalat sistemi tasarımınnn özellikle grup analizi çalışmalarında, şimdiye değin dikkati çeken en önemli husus, gruplama için tek bir çözüm aranması olmuştur. Ayrıca bir diğer dikkati çeken nokta da, GT için üretimde akış kontrolüne kadar uzanan Universal bir yazılım sisteminin geliştirilememiş olmasıdır. Özellikle son hususun modelleme açısından oldukça büyük bir çaba gerektireceği açıktır.

Bu çalışmada yukarıda belirtilen eksiklikleri tamamlayacak bir metodun geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, birden fazla alternatif oluşturarak bu alternatiflerden birisinin seçiminde karar verici ile etkileşimi sağlayan, uzlaştırıcı özelliği baskın bir metod geliştirilmiştir.

Metodun geliştirilmesinde üretim akış analizi esas alınmıştır. Ancak analizin ilk aşaması olan fabrika akış analizi bilgisayar programına dahil edilmemiştir. Fabrika akış analizi sonunda elde edilen ana grup, metod için başlangıç oluşturmaktadır. Daha sonra gerek grup analizi ve gerekse grup içi düzenleme analizi için birçok alternatif yerleşim düzenlemesi türetilmiştir. Grup içi düzenleme analizi sonuçları karar verici için uygun değilse, yeniden grup analizine dönmek mümkündür. Ayrıca tasarımda, karar vericiye yardımcı olmak üzere, türetilen alternatifler için bir simülasyon modeli de gerçekleştirilmiştir. Başka bir deyişle türetilen alternatifler, simülasyon modeli ile elde edilen sonuçlar ve/veya karar vericinin seçim ölçütleri bir arada bütünleşik bir metod oluşturmaktadır.

Tasarlanan metoda ait açıklayıcı özellikteki toplu akış diyagramı şekil 4.1'de verilmektedir. Tasarımda başlangıç bilgisi diyagramda A2 kutusunda gösterildiği gibi, ele alınacak ana gruba ait parça-makina analiz matrisidir. Matris elemanları x_{ij} ile gösterilir. i.parça, j.makinadan geçiyorsa, $x_{ij}=1$, geçmiyorsa $x_{ij}=0$ 'dır. Bu matris, iş parçalarının operasyon sıralarından elde edilmektedir. A5, A6, A7, A8 ve A9 kutularında, ana gruptan türetililebilecek maksimum sayıda makina grubu ve parça ailelerinin elde edilmesi aşamaları özetlenmiştir. A10'da, diğer zaman,



Şekil 4.1. GT imalat sistemi tasarımına yönelik yeni ve etkileşimli metodun toplu akış diyagramı.

miktar ve çeşitli oran değerlerine ait bilgiler sisteme verilmiştir. A11, A12, A13, A14, grup içi düzenleme analizi ile ilgilidir. Bu aşamada alternatif düzenleme analizi sonuçları, ayrıca simülasyon yoluyla da değerlendirilmektedir. Bu kademede karar verici kendi ölçütleri ile ortaya çıkan alternatif sonuçları karşılaştırabiliyorsa, yani bir seçim yapabiliyorsa, modelin aşamalı olarak A4'e gitmesi ve durması seçilmiştir. Ayrıca karar vericinin bu seçimi yapmasında kolaylık sağlamak açısından programın farklı parametreler ile yeniden geliştirilmesi ve bir hassasiyet analizi yapılması da mümkündür. Karar vericinin tatmin olamaması durumunda A15'de yeniden grup analizi aşamasına geçilir. Burada belirli ölçütlere göre bazı gruplar birleştirilir ve tekrar elde edilen sonuçlar grup içi düzenleme analizi için A12'ye gönderilir. Nihayet program sonu yine karar vericiye bağlı olmaktadır.

Şimdi metodun, akış diyagramları ekte verilmiş olan tüm aşamaları daha ayrıntılı olarak açıklanacaktır. Ayrıca gösterim ve anlatım kolaylığı sağlamak amacıyla metod makul büyüklükteki bir düşünsel örnek ile açıklanmıştır. Bu nedenle önce düşünsel örneğin tanıtımı yapılacaktır.

4.1. DÜŞÜNSEL ÖRNEK

Düşünsel örnekte, bir ana grupta iki farklı mamulün imal edilmesi söz konusudur. Bu mamuller A ve B ile simgelenmiştir. Mamullere göre montaj grupları, montaja nazır yan montaj grupları ve imal edilmesi gereken parçalar şekil 4.2'de gösterilmiştir. Ayrıca aynı şekil üzerinde, şekil 4.1'deki A8 adımı sonunda elde edilen maksimum sayıdaki parça aileleri de görülmektedir.

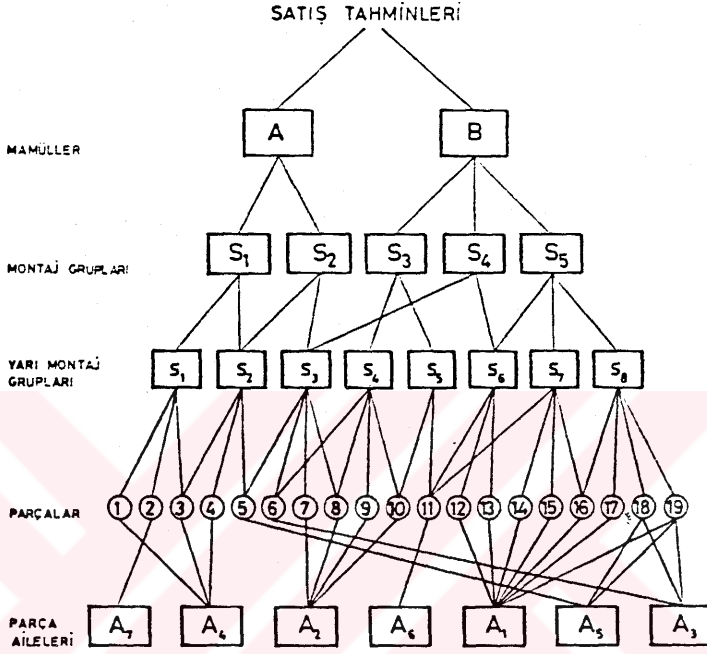
Metodun uygulanmasında elde edilecek makina gruplarının mamul karması değişimlerine karşı esnek tasarlanabilmesi amacıyla, A ve B mamulleri üç farklı talep durumu için değerlendirilmiş ve bu üç farklı talep için, üç farklı şart varsayılmıştır:

ŞART I : İki mamulün talebi, yıllık satış tahminlerine uygundur.

A = 200 adet/yıl
B = 150 adet/yıl

Mamul	Satış tahmininden % değişim
A	+ 0
B	+ 0

ŞART II : Talepte, yıllık satış tahminleriyle karşılaştırıldığı zaman, A mamulü için %20 artış, B için ise %20 azalış vardır.



Şekil 4.2. Mamuller, montaj ile yarı montaj grupları ve parçalar arasındaki ilişkiler. Ayrıca elde edilen maksimum sayıdaki parça aileleri.

A = 240 adet/yıl
B = 120 adet/yıl

Mamul	Satış tahmininden % değişim
A	+ 20
B	- 20

ŞART III : Talepte, yıllık satış tahminleriyle karşılaştırıldığı zaman, A mamulü için %20 azalış, B için ise, %20 artış vardır.

A = 160 adet/yıl
B = 180 adet/yıl

Mamul	Satış tahmininden % değişim
A	- 20
B	+ 20

Her iki mamulün elde edilebilmesi için, ana grupta 19 ayrı çeşit parçanın, 12 ayrı tipte makina tarafından imal edilmesi gerekmektedir. Grup analizi için, bu parçaların rota kartları incelenmelidir. Rota kartlarından öncelikle parçalara ait operasyon ve operasyonların gerçekleşmesi için gerekli makina tipi veya operasyon merkezi sırası çıkarılabilir. Düşünsel örnek için tablo 4.1'de gösterilen verilerin, bu şekilde elde edildiği varsayılmıştır. Burada makinalar, işlem zamanlarını da belirticek şekilde kod numaraları ile gösterilmiştir. Örneğin, tabloda birinci satırda görülen M01-10 kodu, 1 no.'lu parçanın M01 makinasında ve 10 dakikada hazırlanıp işlendiğini göstermektedir. Buradaki işlem zamanları o parça için hesaplanmış standart zamanlardır ve örnekte belirtildiği gibi hazırlık zamanlarını da içermektedir. Hazırlık zamanlarının ise, operasyon sırasından bağımsız olduğu varsayılmıştır. Ayrıca bu uygulamada α (hazırlık zamanı/işleme zamanı) oranlarının genellikle düşük olduğu kabulü ile, hazırlık zamanlarının, $N_b = 1$ olduğundaki değerleri işlem zamanı içine eklenmiştir. İşlem zamanlarından başka tabloda her bir parçanın imal edilmesi gereken yıllık miktarları da verilmiştir. Yıllık imalat miktarları I Şerti

Tablo 4.1. Parça rotaları ve işlem zamanları.

PARÇA NO	ROTALAR	YILLIK İM. MİKT.
	İşlem zamanları dahil	
1	M01-10 M08-12 M04-05 M09-07 M04-05	10000
2	M07-03 M02-15 M01-10 M02-15 M06-09 M04-05 M08-12	14000
3	M04-05 M08-12 M09-07 M01-10 M02-15 M07-03	7200
4	M09-07 M07-03 M01-10 M09-07 M04-05	3600
5	M06-09 M01-10 M09-07 M10-02 M07-03	2750
6	M07-03 M06-09 M07-03 M08-12 M10-02 M09-07	5850
7	M08-12 M09-07 M08-12 M04-05 M06-09	10500
8	M08-12 M05-20 M09-07 M04-05 M03-08 M04-05 M06-09 M02-15	5550
9	M08-12 M03-08 M05-20 M04-05 M09-07 M03-08 M06-09	7800
10	M08-12 M03-08 M04-05 M06-09 M04-05	11700
11	M06-09 M12-06 M06-09	17850
12	M11-11 M07-03 M12-06	20550
13	M10-02 M07-03 M12-06 M11-11	13650
14	M07-03 M10-02 M11-11	30000
15	M10-02 M11-11	3000
16	M11-11 M12-06 M11-11	20700
17	M07-03 M12-06 M11-11	9600
18	M06-09 M10-02 M07-03	8400
19	M07-03 M10-02 M07-03	12000

için şekil 4.2'deki ilişkiye dayanarak Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP) /39/ yardımıyla elde edilmiştir.

Tablodan izlendiği gibi parçalar farklı operasyon merkezlerine, farklı sıralarda ihtiyaç göstermektedir. Her bir parça için gerekli operasyon merkezi sayısı, 2-8 arasında değişmektedir. İşlem zamanları ise, bir adet parça için, 2-20 dakika civarında kalmaktadır. Ortalama iş akış zamanı (taşıma ve bekleme zamanları hariç) 34.7 dak/adet'dir. İş akış zamanının standart sapma değeri de 20.6'dır. Tüm bu bilgiler aşağıdaki tablolarda toplanmıştır.

4.2. METODUN ÖRNEKLE BİRLİKTE AÇIKLANMASI

4.2.1. Maksimum Sayıda Aile ve Grup Oluşturan Ana Program

Şekil E.1'de (E harfi ek bölümündeki şekilleri göstermektedir) maksimum sayıda parça ailesi ve makina gruplarını oluşturan ana bilgisayar programının akış diyagramı görülmektedir.

Tablo 4.2. Ana grup için iş akış zamanı analizi.

Parça tipi sayısı	İş akış zamanı (dak/adet)			
	Minimum	Maksimum	Ortalama	Stan. Sapma
19	8	81	34.7	20.6

Tablo 4.3. Ana grup için rota analizi.

Parça tipi sayısı	Her parça için ops.merkezi sayısı		Farklı makina sırası sayısı	Farklı mak.sayısı
	Minimum	Maksimum		
19	2	8	19	12

Tablo 4.4. Ana grup için işlem zamanı analizi (dak. olarak).

Minimum işlem zamanı	Maksimum işlem zamanı	Ortalama zaman	Standart sapma
2	20	7.7	4.1

Bu program başka bir programdan girdi bilgi almamaktadır. Programda başlangıç verisi olarak şekilde de görüldüğü gibi, parçamakina analiz matrisi kullanılmaktadır. Bu bilgiden elde edilebilecek maksimum sayıda gruplar için, set teorisi yaklaşımını esas alan bir algoritma geliştirilmiştir. Algoritma kısaca şu şekilde açıklanabilir:

Parça-makina analiz matrisinde sıra ile tüm parçalar ele alınır. Ele alınan parça ile bu parçanın işlem gördüğü makina tiplerinin tümünden veya bir kaçından geçen ancak farklı makina tipi gerektirmeyen parça tipleri bulunur ve bir grup halinde toplanır.

Burada ele alınan parçaların işlem gördüğü makina tiplerini kapsayan seti Y ile gösterelim. Y setindeki makinelerin tümünü veya bir kısmını gerektiren parçaların işlendiği makinaları ise, Z seti olarak tanımlayacak olursak, yukarıda verilen tanıma göre $Z \subset Y$ ilişkisi yazılabilir. Örneğin, 3 no.'lu parçanın işlem gördüğü M01, M02, M04, M07, M08 ve M09 makineleri, Y setini oluşturmaktadır. Bu makinelerden geçen, fakat başka makina gerektirmeyen parçaların ise, 1 ve 4 no.'lu parçalar olduğu tablo 4.1'de görülmektedir. Buna göre 1, 4 ve 3 no.'lu parçaların işlem gördüğü makineler Z setlerini oluşturmaktadır. Algoritmanın bu aşamasında yukarıda tanımlanan Z setlerinde işlenen parçalar ile birer grup oluşturulmaktadır. Bu esasa göre yine 3 no.'lu parça için verdiğimiz örneğe dönecek olursak, 3, 1 ve 4 no.'lu parçalar bir grup oluşturacaktır. Şekil 4.3. her parça tipi için elde edilen grupları göstermektedir.

Y seti elemanlarına ait parça tipleri	Z seti elemanlarına ait parça tipi grupları
1	1
2	2
3	3, 1, 4
4	4
5	5, 18, 19
6	6, 18, 19
7	7
8	8, 7, 9, 10
9	9, 7, 10
10	10
11	11
12	12, 16, 17
13	13, 12, 14, 15, 16, 17, 19
14	14, 15, 19
15	15
16	16
17	17, 12, 16
18	18, 19
19	19

Şekil 4.3. Her parça tipi için elde edilen gruplar.

Bundan sonraki aşamada elde edilen parça grupları, parça tipi en fazla olandan en aza doğru sıralanır. Daha sonra, parça tipi en fazla olandan başlayarak ele alınan grupların kapsadığı gruplar varsa, bunların her biri ayrı ayrı tespit edilip alt gruba girenler silinir. Böylece geri kalanlar, aranan maksimum sayıdaki parça aileleridir. Buradan da makina grupları elde edilir. Örnek için bulunan parça aileleri (A_n , $n=1, \dots, N$) ve makina grupları ($G_{n'}$, $n'=1, \dots, N'$) tablo 4.5'de gösterilmiştir. Parça ailesi ve makina grupları algoritmada bire bir karşılıklıdır. Bu nedenle n parça ailesi indeksi ile n' makina grubu indeksi aynı n indeksi ile gösterilecektir.

Şekil E.1'de gösterilen son aşama, her parçanın her ailede kaç kez bulunduğunu belirlemektedir. Bu sayede her makina grubunun, ortalama zaman verimi veya iş yükü hesaplanabilmektedir.

Endüstriyel bir uygulamada şüphesiz ki imalatın çeşitine göre, çok sayıda parça, çok farklı makinalar gerektirebileceğinden, algoritma sonucu maksimum parça aile ve makina grupları aşırı sayıda çıkabilir. Bunun için de ayrıca bir alt programla gruplar birleştirilerek uygun bir grup sayısına düşülür. Grupları birleştirme ölçütleri genellikle grubun fonksiyonel düzenlendiği varsayımı ile ortalama makina zaman verimi (iş yükü) ve makina tipi farklılaşmasıdır. İş yükü kabul edilebilir bir sınırın altında ve makina tipi farklılaşması minimum seviyede olan gruplar birleştirilebilir.

Tablo 4.5. Maksimum sayıda türetilen parça aileleri ve makina grupları.

Parça Aileleri		Makina Grupları	
A_1	13,12,14,15,16,17,19	G_1	M07,M10,M11,M12
A_2	8,7,9,10	G_2	M02,M03,M04,M05,M06,M08,M09
A_3	6,18,19	G_3	M06,M07,M08,M09,M10
A_4	3,1,4	G_4	M01,M02,M04,M07,M08,M09
A_5	5,18,19	G_5	M01,M06,M07,M09,M10
A_6	11	G_6	M06,M12
A_7	2	G_7	M01,M02,M04,M06,M07,M08

4.2.2. Ana Grup Fonksiyonel Düzenlenecekse Gerekli Makina Sayısının ve Zaman Verimlerinin Elde Edilmesi

Bu program, grup düzenlemeyi fonksiyonel düzenlemeyle karşılaştırmak amacıyla, mevcut makinelerin fonksiyonel düzenlenmiş oldukları varsayımından hareketle, bu düzen için, gerekli makina sayılarını ve zaman verimlerini (iş yüklerini) hesaplar (Şekil E.2). Daha önce de bahsedildiği gibi, fonksiyonel düzenlenmiş bir sistem, makina sayısı ve zaman verimi yönünden ideali temsil eder. Program, başka bir programdan girdi almamaktadır. Buna karşılık başlangıç bilgilerine ihtiyaç vardır. Bunlar, parça ve makina tiplerinin kodları, her parçanın her makinadaki işlem zamanları, imalat periyodu için planlanmış makina kapasitesi, her parçanın imalat miktarları ile alt ve üst makina zaman verimi limitidir.

Örnekte planlanmış makina kapasitesi (C_M) her makina için sabit ve yılda 2400 saat olarak alınmıştır. Üst makina zaman verimi olarak her makina için %90 tercih edilmiştir. Program makina sayısını hesaplarırken %90 verimi geçerse, otomatik olarak adeti bir artırarak yeniden verim hesaplamaktadır. Üst sınırı etkileyen faktörler şunlardır:

- 1) Miktarı hesaplanan makinalara gelen parçaların taleplerinde ileriki yıllarda bir artış bekleniyorsa, küçük seçilmesine özen gösterilir.
- 2) Makina bozulmaları nedeniyle imalat kayıplarından korunmak isteniyorsa, yine belli bir değerin altında küçük seçilmelidir.

Alt (kabul edilebilir) veya ekonomik verim sınırı da incelenen sistemin şartlarına göre değişir. Özellikle ana grubun fonksiyonel esasa göre düzenlendiğinde ulaşılan ortalama verimine göre seçilebilir. Çünkü fonksiyonel düzenleme zaman verimi açısından ideali temsil eder. Gruplamada bu verim altında uygun bir verim seviyesi kabul edilebilir verim sınırındır. Örnekte ana grubun ortalama verimi A şartı altında %77'dir. Gruplama için bu verimin kabul edilebilir seviyesi olarak (alt verim seviyesi) her makina için %65 seçilmiştir.

Makina sayı ve verimleri şu bağıntılarla bulunur /40/:

$$M'_j = \sum_{i=1}^P \frac{D_i \cdot t_{ij}}{C_M} \quad j = 1, \dots, JM \quad (4.1)$$

Burada,

M'_j = bir imalat periyodunda, j.tip makinadan gerekli sayı

D_i = i.iş parçasının bir imalat periyodunda imal edilmesi istenen miktarı

t_{ij} = i.iş parçasının j.makinadaki işlem zamanı.

C_M = imalat periyodundaki planlanmış makina kapasitesi.

P = ana gruptaki iş parçası çeşiti sayısı.

J_M = ana grupta mevcut makina tipi sayısı.

dir. M'_j 'den makina zaman verimi η_j 'ye geçilirse,

$$\eta_j = \frac{M'_j}{M_j} \cdot 100 \quad j = 1, \dots, J_M \quad (4.2)$$

Burada M_j , M'_j 'nin tam sayıya yuvarlatılmış değeridir.

Böylece ana grupta bulunması gereken makina sayısı ve zaman verimleri elde edilir. Ayrıca grubun ortalama verimi ve standart sapması tespit edilebilir. Şekil E.2 .

4.2.3. Elde Edilen Grupların Fonksiyonel Esasa Göre Gerekli Makina Sayısı ve Zaman Verimleri ile Gruplamadan Doğan Ekstra Makina İhtiyaçlarının Bulunması

Bu program daha önce anlatılan iki programdan da girdi alır. Bunlar sırasıyla parça aileleri, makina grupları, her parçanın her ailedeki tekerrür sayıları, ana grubun makina sayısı ve makina verimleridir. Şekil E.3. Başlangıç bilgileri ise, her parçanın her makinadaki işlem zamanları, planlanmış makina kapasitesi, parça imalat miktarları, alt ve üst makina zaman verimi limitleridir. Burada da makina sayısı ve verim hesapları, bir önceki programdaki gibi yapılır. Ancak ana gruptaki P çeşit iş parçası yerine, her parça ailesinde bulunan P_n çeşit iş parçası için ayrı ayrı makina sayısı ve verimleri hesaplanır. Şöyle ki,

$$M'_{nj} = \sum_{A_n} \frac{D_i}{TS_i} \cdot \frac{t_{nij}}{C_M} \quad (n = 1, \dots, N), (j = 1, \dots, J_M) \quad (4.3)$$

Burada,

M'_{nj} = bir imalat periyodunda, n.gruptaki j.makinadan gerekli sayı

A_n = n.parça ailesi

N = Mevcut makina grubu sayısı

TS_i = i.iş parçasının ailelerdeki tekerrür sayısı

D_i/TS_i = i.iş parçasının her gruptaki ortalama imalat miktarı

t_{nij} = n.gruptaki i.iş parçasının, j.makinadaki işlem zamanı

dir. M'_{nj} 'den makina zaman verimi η_{nj} 'ye geçilirse,

$$\eta_{nj} = \frac{M'_{nj}}{M_{nj}} \cdot 100 \quad (n = 1, \dots, N), (j = 1, \dots, JM) \quad (4.4)$$

elde edilir.

Gruplamadan dolayı makina tipleri birçok grupta gerekebileceğinden, sonuçta ekstra makina ihtiyaçları belirir ve ayrıca grupların ortalama verimleri düşerek standart sapması artar. (Tablo 4.6). Ancak birleştirmelerle grup sayısının azaltılması sonucu elde edilen çok büyük gruplarla da, sipariş tipi atölye sistemine yaklaşımdan dolayı iş akışı karmaşıklaşır. Bu da istenmeyen durumları ortaya çıkarabilir. Bu sorun, farklı boyutlardaki grupların değerlendirilmesi ile çözülebilir. Bunun için ilerde, her elde edilen grup üzerinde simülasyon çalışması da yapılacaktır.

Şekil E.3'deki programla, her talep şartında, türetilen gruplar için gerekli olan makinelerin sayıları, verimleri ve ayrıca her makinaya olan toplam ihtiyaç elde edilmektedir. Tablo 4.6 sonuçlardan bir kısmını göstermektedir.

4.2.4. Her Makina Grubuna Önerilen Ortak Makinalar, Alternatif Pazarlama (Satış) Tablosunun Geliştirilmesine Esas Olan İmalat Miktarları

Bu program şekil E.4'de görüldüğü gibi şekil E.3'deki program girdileri ile başlangıç bilgilerinin yanısıra, şekil E.3'de belirlenen her gruptaki makina zaman verimlerini de

Tablo 4.6. Fonksiyonel düzenleme esaslı altında, ana grup ve ana gruptan türetilen grupların makina sayıları, verimleri ve ekstra makina ihtiyaçları.

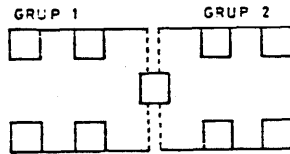
MAKİNA Tipi	MAKİNA TİPİNİN														
	ANA GP'DA			MAKS.GP'DA			ANA GP'TAKİ			MAKS.GP'DA			GP'LAMA İLE		
	ORT.VERİMİ			ORT.VERİMİ			SAYISI			TP.MAK.SAY.			EKSTRA İHT.		
	TALEP ŞARTI			TALEP ŞARTI			TALEP ŞARTI			TALEP ŞARTI			TALEP ŞARTI		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
M01	86	78	70	52	63	52	3	4	3	5	5	4	2	1	1
M02	84	82	88	50	82	70	5	6	4	6	6	5	1	0	1
M03	60	75	71	60	75	71	3	2	3	3	2	3	0	0	0
M04	84	88	81	56	71	64	4	4	4	6	5	5	2	1	1
M05	61	80	69	61	80	69	3	2	3	3	2	3	0	0	0
M06	79	83	86	71	65	76	8	7	8	9	9	9	1	2	1
M07	69	83	76	46	41	43	4	3	4	6	6	7	2	3	3
M08	86	81	80	69	73	64	8	9	8	10	10	10	2	1	2
M09	69	75	83	46	52	41	4	4	3	6	6	6	2	2	3
M10	52	87	61	30	28	41	2	1	2	3	3	3	1	2	1
M11	82	85	89	82	85	89	9	7	10	9	7	10	0	0	0
M12	85	68	82	85	68	82	4	4	5	4	4	5	0	0	0

girdi olarak kullanılır.

Her grupta makinalara ait zaman verimleri teker teker ele alınır. Daha önce tespit edilen minimum verimden daha düşük verime sahip olan makinaların, gruplar (hücreler) arasında ortak kullanımı (şekil 4.4) için öneriler yapılır. Ortak kullanılacak makinaların böylece zaman verimi (iş yükü) artırılmağa çalışılır. Verimi %35-65 arasında olan makinaların verimini kabul edilebilir verim sınırı olarak seçilen %65'e çıkarttığımız takdirde imalat miktarında yapılması gereken artış değerleri tespit edilir. Bu değerler istenildiği takdirde pazarlama bölümüne, alternatif pazarlama tablosu olarak önerilebilir. Daha sonra imalat miktarları artış değerleri göz önüne alınarak her gruptaki yeni makina verimleri hesaplanır. Bu durumda ortak tesis olarak kullanılmayan makinaların dışında kalanların kabul edilebilir verimde veya yukarısında olduğu, buna karşılık bazı makinaların üst verimi aştığı görülebilir. Sınır aşmalarını azaltmak amacıyla değişik minimum zaman verimleri ile program tekrar çalıştırılabilir ve böylece karar vericiye çeşitli öneriler götürülebilir.

Önerilecek imalat miktarlarının elde edilmesi aşağıda gösterilen algoritmayı izler.

1. Bir makina tipini "j" yi ele al.
Eğer tüm makinalar ele alınmışsa, adım 6'ya git.
2. a. Ele alınan makina için bir gruptaki zaman verimini, η_{nj} 'yi, kabul edilebilir zaman verimi, η_a ile karşılaştır.
Eğer makina için tüm gruplar ele alınmışsa, 5'e git.
b. Eğer $\eta_{nj} \geq \eta_a$ ise, adım 2.a'ya git, aksi takdirde adım 2.c'ye git.
c. Minimum zaman verimi, η_m ile η_{nj} 'yi karşılaştır.



Şekil 4.4. Bir makinanın iki grupta ortak kullanımı.

$\eta_{nj} \leq \eta_m$ ise, j'ye ortak kullanım önerisini yap ve adım 1'e git, aksi takdirde adım 3'e git.

3. Grup içinde P_n farklı iş parçasının, j makinesinde işlem görmesi için gerekli toplam zaman, TZ_{nj} 'yi hesapla. Şöyle ki,

$$TZ_{nj} = \sum_{A_n} \frac{D_i}{TS_i} \cdot t_{nij} \quad (4.5)$$

4. j.makinenin η_a verimi ile çalışması için gruptaki her iş parçasından imal edilmesi gereken miktarları, D'_{nij} 'yi hesapla. Şöyle ki, eğer $TS_i = 1$ ise,

$$D'_{nij} = \frac{D_i}{TZ_{nj}} \cdot C_M \cdot \eta_a \quad (i = 1, \dots, P_n) \quad (4.6)$$

hesapla ve adım 2.a'ya git.

eğer $TS_i > 1$ ise,

$$DT_{nij} = \frac{D_i}{TZ_{nj}} \cdot TS_i \cdot C_M \cdot \eta_a \quad (i = 1, \dots, P_n) \quad (4.7)$$

burada,

DT_{nij} : önerilecek imal miktarları için bir ara değer olmaktadır ve yeniden adım 2.a'ya git.

5. Tüm P iş parçalarını teker teker ele al.

eğer $TS_i > 1$ ise,

$$D'_{nij} = \max_n \{DT_{nij}\} \quad (j = 1, \dots, J_M) \quad (4.8)$$

hesapla.

Adım 1'e git.

6. Her iş parçasından önerilecek imalat miktarlarını, D'_i 'yi

$$D'_i = \max_j \{D'_{nij}\} \quad (i = 1, \dots, P) \quad (4.9)$$

hesapla.

7. D U R

4.2.5. Grupları Birleştirerek Yeni Grupların Elde Edilmesi

Bu programın amacı, farklı grup alternatiflerinin değerlendirilmesidir. Çünkü bilindiği gibi, gerek makina sayıları, zaman verimleri, aylak zamanlar ve gerekse iş parçası bekleme zamanları önemli derecede grupların boyutları ile değişir. Bu nedenle programda seçilecek birleştirme ölçütlerine göre, bazı gruplar birleştirilir ve böylece grup boyutları üzerinde oynanır. Birleştirme ölçütü olarak genellikle, gruplardaki fonksiyonel düzenlemedeki ortalama zaman verimi ile makina tipi benzerliği alınır. Şekil E.5.

Örnek uygulama için ana gruptan türetilen üç grupta alternatifine ait bazı özet bilgiler tablo 4.7 ve 4.8'de görülmektedir. Tablo 4.7'den izlendiği gibi, II talep şartına göre imalat sistemi düzenlenirse, yatırım sermayesi daha düşük tutulabilir. Bu durumda, B mamulünün imalat miktarı düşük olduğundan, eğer diğer şartlar gerçekleştiği takdirde fazla mesai ile kapasite artırımı yoluna gitmek gerekecektir.

Çeşitli alternatif gruplar elde edildikten sonra, sıra grup içi düzenleme analizine gelmektedir. Başka bir deyişle grup içinde nasıl bir akış modeli uygulanmalı, farklı gruplamalarda veya grup boyutunun değişimi ile akış modelleri ne şekilde etkileniyor gibi sorulara cevap aranmalıdır.

4.2.6. Elde Edilen Her Gruptaki Makinaların Geriye Dönüşsüz Çok Ürünlü Akış Hattında Düzenlenmesi

Bu programın esasları grup içi düzenleme analizine dayanır. Bilindiği gibi ana grup veya herhangi bir grup içinde akış hat-

Tablo 4.7. Üç farklı talep halinde ana grup ve ana gruptan türetilen grup alternatifleri (grup içindeki makinaların fonksiyonel düzenlenmiş oldukları varsayılarak).

GP'LAMA NO	GRUP NO	TOPLAM MAK.SAYISI			EKSTRA MAK.SAYISI			ORT.VERİM %			STAN.SAPMA %		
		TALEP ŞARTI			TALEP ŞARTI			TALEP ŞARTI			TALEP ŞARTI		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	1	57	53	57	-	-	-	77	80	80	9	5	7
2	7	70	65	70	13	12	13	63	65	65	19	20	21
3	6	67	62	67	10	9	10	66	69	68	15	16	17
4	5	63	61	65	6	8	8	70	70	70	13	16	14

Tablo 4.8. Üç farklı talep halinde her alternatif grupeleme için elde edilen makina gruplarının durumu.

GRUPLAMA NO	GRUP NO	TOPLAM MAK.SAYISI			ORT.VERİM %			STAN.SAPMA %		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Ana Grup	57	53	57	77	80	80	9	5	7
2	1	15	13	18	82	76	82	4	10	9
	2	20	17	20	65	72	70	7	8	6
	3	5	5	5	39	36	43	15	14	16
	4	10	10	9	60	72	53	15	18	16
	5	5	5	5	22	23	23	10	10	12
	6	4	3	4	74	76	89	0	13	0
	7	11	12	9	60	66	58	15	16	19
3	1	15	13	18	82	76	82	4	10	9
	2	20	17	20	65	72	70	7	8	6
	3	7	7	7	44	42	47	13	10	16
	4	10	10	9	60	72	53	15	18	16
	5	4	3	4	74	76	89	0	13	0
	6	11	12	9	60	66	58	15	16	19
4	1	15	13	18	82	76	82	4	10	9
	2	20	17	20	65	72	70	7	8	6
	3	7	9	7	44	58	47	13	24	16
	4	17	10	16	74	72	63	10	18	9
	5	4	12	4	74	66	89	0	16	0

ları çok farklı akış modelleri oluşturur /41/. Akış modelleri seçiminde sorunlar genellikle şunlar olmaktadır:

1. Hangi parça veya parça aileleri, hangi tip akış hatlarından geçirilecek?
2. Makina aylak zamanlarının ve iş parçası bekleme zamanlarının düşürülmesi, dar boğazların ortadan kaldırılması gibi amaçları uzlaştırabilecek, farklı talep tahminlerini karşılayabilecek bir şekilde akış hatları ve buna uygun grup içi tesis düzeni kurulabilecek mi?
3. Malzeme taşıma sistemleri akış hatları seçiminde etkili olabilecek mi?

Akış modelini seçmede en iyi yöntem, farklı akış hattı alternatifleri oluşturarak bunları simülasyon ile değerlendirmektir. Akış hattı alternatiflerini oluşturmak için modelimizde Carrie'nin (1975) /42/ metodu kullanılmıştır. Bu metot her çe-

şit uygulama için ilk adım olarak ardışık hareketleri maksimize eden geriye dönüşsüz bir akış hattı oluşturur. Bunun için, ele alınan ailedeki parça rotası matrisi ve parça imalat miktarları ana bilgi olmaktadır. Şekil E.6. Şekildeki akış diyagramından da görüldüğü gibi metot şöyle gelişmektedir:

Parça rotası matrisinde göz önüne alınan herhangi bir operasyona "ele alınan" operasyon ve onu takip eden ardışık operasyona ise, "bitişik" operasyon adı verilir. Bu tanımdan hareketle "ele alınan" ve "bitişik" operasyonları kullanan aynı tip makinalar tespit edilir. Bundan sonra, makina bazında "ele alınan" operasyonların gerçekleştiği parça tipleri bulunur ve bu parça tiplerinin imalat miktarları toplanır. Aynı işlem "bitişik" operasyonlar için de yapılır. Ardından, her makina tipi için, hesaplanmış "ele alınan" ile "bitişik" operasyon değerleri oranlanır. Parça rotası matrisinde birinci operasyon sütununda bulunan aday makinalardan en büyük oran değerine sahip olanı (ardışık hareketlerin maksimizasyonu için), birinci istasyonu oluşturur. Bu istasyonun oluşturulmasından sonra, istasyondaki makina göz ardı edilerek yeniden "ele alınan" ile "bitişik" değer ve oranları bulunur, en büyük orandaki makina ikinci istasyon olarak seçilir. Metot bundan sonra, tüm parça ailesine ve farklı gruplamalara ait parça rotası matrislerine aynı şekilde uygulanır.

Düşünsel örnekteki ikinci parça ailesi için elde edilen çok ürünlü akış hattı şekil 4.5'de gösterilmektedir. Bu hat

İSTASYON NO	MAKİNA TİPİ	PARÇA NO			
		8	7	9	10
1	M08	1	1	1	1
2	M09	0	2	0	0
3	M05	2	0	0	0
4	M03	0	0	2	2
5	M04	0	0	0	3
6	M09	3	0	0	0
7	M08	0	3	0	0
8	M05	0	0	3	0
9	M04	4	4	4	0
10	M06	0	0	0	4
11	M04	0	0	0	5
12	M03	5	0	0	0
13	M06	0	5	0	0
14	M05	0	0	5	0
15	M04	6	0	0	0
16	M03	0	0	6	0
17	M06	7	0	7	0
18	M02	8	0	0	0

Şekil 4.5. 2.parça ailesi için geriye dönüşsüz çok ürünlü akış hattı.

oluşturulurken imalat miktarları olarak şart I'deki miktarlar alınmıştır. Bu miktarlara göre hat ardışık hareketleri maksimize edecek bir kompozisyonudur. Her istasyonun hizasındaki rakamlar her parçanın, her istasyonda kaçınıcı operasyonda işleneceğini göstermektedir.

4.2.7. Geriye Dönüşsüz İlk Alternatif Akış Hattının Oluşturulması

Geriye dönüşsüz çok ürünlü akış hattı oluşturulduktan sonra, hattın son istasyonuna gelmeden deha önce operasyonları bitmiş parçalar, eğer son istasyonların birinde aynı işlemleri görebilecek ise, bu operasyonlar, böyle istasyonlardan aşağı istasyonlara rotalandırılır. Eğer rotalandırılmış istasyonun tüm operasyonları bu şekilde ortadan kalkabiliyorsa, bu istasyon gereksiz bir istasyon olarak elemine edilir. Şekil E.7. Bu şekilde elde edilen akış hattı geriye dönüşsüz ilk alternatif akış hattıdır.

Şekil 4.6'da 2.parça ailesine ait çok ürünlü akış hattının

İST. NO	MAK. TİPİ	PARÇA NO				İST. NO	MAK. TİPİ	GEREKLİ MAK. SAYISI	ZAMAN VERİM	PARÇA NO			
		8	7	9	10					8	7	9	10
1	MO8	1	1	1	1	1	MO8	4	74	1	1	1	1
2	MO9	0	2	0	0	2	MO9	1	51	0	2	0	0
3	MO5	2	0	0	0	3	MO5	1	71	2	0	0	0
4	MO3	0	0	2	2	4	MO3	2	54	0	0	2	2
5	MO4	0	0	0	3	5	MO4	1	40	0	0	0	3
6	MO9	3	0	0	0	6	MO9	1	26	3	0	0	0
7	MO8	0	3	0	0	7	MO8	1	87	0	3	0	0
8	MO5	0	0	3	0	8	MO5	2	54	0	0	3	0
9	MO4	4	4	4	0	9	MO4	1	46	4	0	4	0
10	MO6	0	0	0	4	10	MO6	1	73	0	0	0	4
11	MO4	0	0	0	5	11	MO3	1	30	5	0	0	0
12	MO3	5	0	0	0	12	MO9	1	37	0	0	5	0
13	MO6	0	5	0	0	13	MO4	2	48	6	4	0	5
14	MO9	0	0	5	0	14	MO3	1	43	0	0	6	0
15	MO4	6	0	0	0	15	MO6	2	74	7	5	7	0
16	MO3	0	0	6	0	16	MO2	1	57	8	0	0	0
17	MO6	7	0	7	0								
18	MO2	8	0	0	0								

(a)

(b)

Şekil 4.6. 2.parça ailesi için geriye dönüşsüz 1.alternatif akış hattının oluşturulması.

(a) Çok ürünlü akış hattında operasyonların rotalandırılması.

(b) Geriye dönüşsüz 1.alternatif hat ve hattaki her istasyona ait makina sayı ve verimleri.

daki operasyon rotalandırılmaları ve gereksiz istasyonların eleminasyonu ile ilk alternatif akış hattının oluşturulması gösterilmektedir.

1.alternatif akış hattı, verilen parça rotası matrisi ve imalat miktarları için, ardışık hareketleri maksimize eden, başka bir deyişle iş akışını en basit kılan hattır. İş akışının basitliğine karşın, şekil 4.6'da izlendiği gibi bazı istasyonlara ait makina zaman verimleri (iş yükleri) düşer ve sonuçta gerekli makina sayıları artar. Diğer alternatif hatları oluşturmaya duyulan ihtiyaç da, zaman verimlerini artırmak ve makina sayılarını azaltmak amacından kaynaklanır. Ancak buna karşılık, basit iş akışı giderek karmaşılaşacaktır. O halde problem, iş akışı ile zaman verimi arasında ödünleşime giderek amaçlara uygun alternatif hattı seçmektir.

Şekil 4.6.b'deki gibi oluşturulacak her alternatif akış hattında istasyonlara ait makina sayısı ve verimleri, şekil E.8 de gösterilen akış diyagramına göre geliştirilen bir alt programla elde edilmektedir.

4.2.8. Geriye Dönüştürsüz İkinci Alternatif Akış Hattının Oluşturulması

2.alternatif hattı oluşturmak için öncelikle 1.alternatif hattaki kabul edilebilir zaman verimleri altında bulunan en küçük zaman verimine sahip istasyon bulunur. Bu istasyonda gerçekleştirilen operasyonlar, bir önceki ve sonraki operasyonlar arasında kalmak şartıyla (geriye dönüşe müsaade etmeksizin) aynı makinaya sahip başka bir istasyon varsa, buraya rotalandırılır. Eğer bu şekilde o istasyonun tüm operasyonları rotalandırılırsa istasyon ortadan kaldırılır. Aksi takdirde rotalandırılmış operasyonlar yeniden ilk haline getirilir. Aynı işlemler zaman verimi kabul edilebilir sınırın altındaki tüm istasyonlar için tekrarlanır ve sonuçta 2.alternatif hat elde edilir. Şekil E.9. Yine bu alternatif hat için, şekil E.8'deki alt program çalıştırılarak, her istasyondaki makina sayısı ve verimleri elde edilir. 2.parça ailesi için 2.alternatif akış hattının oluşturulması şekil 4.7'de gösterilmektedir.

Bu aşamadan sonra, geriye dönüşsüz bir 3.alternatif hat düşünülebilir. Halen kabul edilebilir verimin altında bulunan istasyonlarda gerçekleşen operasyonlar yine bir önceki ve sonraki operasyonlar arasında kalmak şartıyla, operasyon için alternatif başka bir makina varsa, bu makinaya rotalandırılır. Böylece yeni bir alternatif hat oluşturulur. Bu hatta, alternatif operasyonu gerçekleştiren makinaların daha az etkin veya pahalı olmasından ötürü, bir üretkenlik kaybından bahsetmek mümkündür. Ancak 3.alternatif hat, karar vericinin isteğine ve tercihlerine bağlı olarak oluşturulabileceğinden, geliştirilen modelde ele alınmamıştır. İstendiği takdirde bu alternatif için de küçük bir alt programın modele eklenmesi mümkündür.

İST. NO	MAK. TİPİ	ZAMAN VERİMİ	PARÇA NO				İST. NO	MAK. TİPİ	GEREK. MAK. SAY.	ZAMAN VERİMİ	PARÇA NO			
			8	7	9	10					8	7	9	10
1	MO8	74	1	1	1	1	1	MO8	4	74	1	1	1	1
2	MO9	51	0	2	0	0	2	MO5	1	77	2	0	0	0
3	MO5	77	2	0	0	0	3	MO3	2	54	0	0	2	2
4	MO3	54	0	0	2	2	4	MO9	1	78	3	2	0	0
5	MO4	40	0	0	0	3	5	MO8	1	87	0	3	0	0
6	MO9	26	3	0	0	0	6	MO5	2	54	0	0	3	0
7	MO8	87	0	3	0	0	7	MO4	1	86	4	0	4	3
8	MO5	54	0	0	3	0	8	MO6	1	73	0	0	0	4
9	MO4	46	4	0	4	0	9	MO3	1	30	5	0	0	0
10	MO6	73	0	0	0	4	10	MO9	1	37	0	0	5	0
11	MO3	30	5	0	0	0	11	MO4	2	48	6	4	0	5
12	MO9	37	0	0	5	0	12	MO3	1	43	0	0	6	0
13	MO4	48	6	4	0	5	13	MO6	2	74	7	5	7	0
14	MO3	43	0	0	6	0	14	MO2	1	57	8	0	0	0
15	MO6	74	7	5	7	0								
16	MO2	57	8	0	0	0								

(a)

(b)

Şekil 4.7. 2.parça ailesi için geriye dönüşsüz 2.alternatif hattın oluşturulması.

- (a) 1.alternatif akış hattında operasyonların rotalandırılması (diktörtken içindeki zaman verimleri, η_a veriminin altındaki verimlerdir).
- (b) Geriye dönüşsüz 2.alternatif hat ve hattaki her istasyona ait gerekli makine sayısı ve verimleri.

4.2.9. Geriye Dönüslü Dördüncü Alternatif Akış Hattının Oluşturulması

3.alternatif hattın oluşturulmasından sonra da, yine kabul edilebilir verim altında bulunan istasyonlar varsa, bu istasyonlara ait operasyonlar, hatta geriye dönüşe müsaade edecek bir şekilde aynı makinaya sahip başka istasyonlara rotalandırılarak istasyonlar ortadan kaldırılmaya çalışılır. 4.alternatif hat için, rotalandırılan istasyonun kabul edilebilir verim sınırı altında bir istasyon olması şartı aranmaktadır. Şekil E.10.

Geriye dönüşlü hatta, eğer uygulanacaksa, konveyörize taşımının düzeni bozulur. Aynı zamanda iş parçası akış zamanları ve bekleme zamanları genellikle belirli bir değerden yukarıya çıkmaya başlar. Bunlarla ilgili değerler ileride simülasyon çalışmalarında elde edilecektir.

2.parça ailesi için 4.alternatif akış hattının oluşturulması şekil 4.8'de gösterilmektedir.

4.2.10. Geriye Dönüslü Beşinci Alternatif Akış Hattının Oluşturulması

4.alternatif hatta da, kabul edilebilir verim altında kullanılan istasyonlar kalmışsa bu kez, operasyonlar, geriye dönüşe müsaade edecek şekilde, aynı makınaya sahip kabul edilebilir verim üstünde kullanılan istasyonlara da rotalandırılarak elenmeye çalışılır. Şekil E.10.

2.parça ailesi için 5.alternatif akış hattının oluşturulması şekil 4.9'da gösterilmektedir.

Geriye dönüşlü 5.alternatif hatta, yine alternatif makinalar bulunarak, zaman verimi düşük makinalar elenmeye çalışılır.

İST. NO	MAK. TİPİ	ZAMAN VERİMİ	PARÇA NO				İST. NO	MAK. TİPİ	GEREK. MAK. SAY.	ZAMAN VERİMİ	PARÇA NO			
			8	7	9	10					8	7	9	10
1	M08	74	1	1	1	1	1	M08	4	74	1	1	1	1
2	M05	77	2	0	0	0	2	M05	1	77	2	0	0	0
3	M03	54	0	0	2	2	3	M03	2	69	5	0	2	2
4	M09	78	3	2	0	0	4	M09	1	78	3	2	0	0
5	M08	87	0	3	0	0	5	M08	1	87	0	3	0	0
6	M05	54	0	0	3	0	6	M05	2	54	0	0	3	0
7	M04	86	4	0	4	3	7	M04	1	86	4	0	4	3
8	M06	73	0	0	0	4	8	M06	1	73	0	0	0	4
9	M03	30	5	0	0	0	9	M09	1	37	0	0	5	0
10	M09	37	0	0	5	0	10	M04	2	48	6	4	0	5
11	M04	48	6	4	0	5	11	M03	1	43	0	0	6	0
12	M03	43	0	0	6	0	12	M06	2	74	7	5	7	0
13	M06	74	7	5	7	0	13	M02	1	57	8	0	0	0
14	M02	57	8	0	0	0								

(a)

(b)

Şekil 4.8. 2.parça ailesi için geriye dönüşlü 4.alternatif hattın oluşturulması.

(a) 2.alternatif akış hattında operasyonların rotalandırılması.

(b) Geriye dönüşlü 4.alternatif hat ve hattaki her istasyona ait makina sayısı ve verimleri.

İST. NO	MAK. TİPİ	ZAMAN VERİMİ	PARÇA NO			
			8	7	9	10
1	MO8	74	1	1	1	1
2	MO5	77	2	0	0	0
3	MO3	69	5	0	2	2
4	MO9	78	3	2	0	0
5	MO8	87	0	3	0	0
6	MO5	54	0	0	3	0
7	MO4	86	4	0	4	3
8	MO6	73	0	0	0	4
9	MO9	37	0	0	5	0
10	MO4	48	6	4	0	5
11	MO3	43	0	0	6	0
12	MO6	74	7	5	7	0
13	MO2	57	8	0	0	0

(a)

İST. NO	MAK. TİPİ	GEREK. MAK. SAY.	ZAMAN VERİMİ	PARÇA NO			
				8	7	9	10
1	MO8	4	74	1	1	1	1
2	MO5	3	61	2	0	3	0
3	MO3	2	69	5	0	26	2
4	MO9	2	57	3	2	5	0
5	MO8	1	87	0	3	0	0
6	MO4	2	71	46	4	4	35
7	MO6	1	73	0	0	0	4
8	MO6	2	74	7	5	7	0
9	MO2	1	57	8	0	0	0

(b)

Şekil 4.9. 2.parça ailesi için geriye dönüşlü 5.alternatif hattın oluşturulması.

(a) 4.alternatif hatta operasyonların rotalandırılmaları.

(b) Geriye dönüşlü 5.alternatif hat ve hattaki her istasyona ait makina sayısı ve verimleri.

Böylece bir 6.alternatif hattın söz etmek mümkün olabilir. Ayrıca alternatif hatta düşük verimlere ve aynı zamanda pahalı makinalara sahip istasyonlar varsa, bu istasyonda gerçekleştirilen operasyonlar, diğer bir hattaki aynı makineye sahip istasyona rotalandırılarak (gruplar arası transferle) elenmeye çalışılır veya istasyon iki akış hattı için ortak bir tesis olarak düzenlenebilir.

Geriye dönüşlü alternatif akış hatlarında, geriye dönüş miktarını ölçmek için, ağırlıklı geriye dönüş (AG_n) kavramı kullanılır ve

$$AG_n = \sum_{A_n} GS_{ni} \cdot \frac{D_i}{TS_i} \quad (n=1, \dots, N) \quad (4.10)$$

şeklinde tanımlanır. Burada,

AG_n = n.parça ailesinin işlendiği hattaki geriye dönüş ağırlığı.

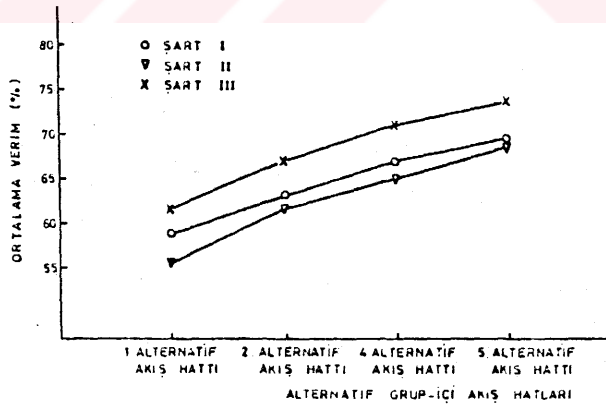
GS_{ni} = hattaki i.parçanın geriye dönüş sayısı.

dır. Şekil E.11'deki akış diyagramı, 4. ve 5.alternatif akış hatlarındaki ağırlıklı geriye dönüş değerini, her parça ailesi için hesaplamaktadır.

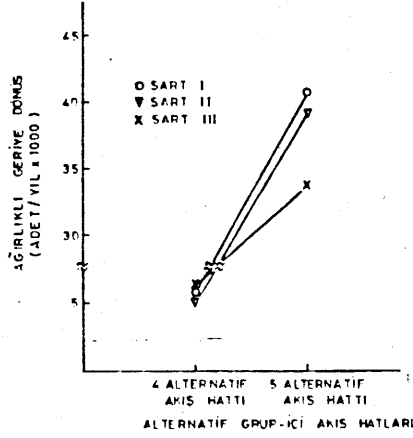
7.2.11. Örnek Uygulamada Oluşturulan Alternatif Akış Hatlarından Elde Edilen Bazı Toplu Sonuçlar

2.parça ailesi için, her alternatif akış hattından elde edilen ortalama verim, ağırlıklı geri dönüş ve makina sayıları şekil 4.10, 4.11 ve 4.12'de gösterilmiştir.

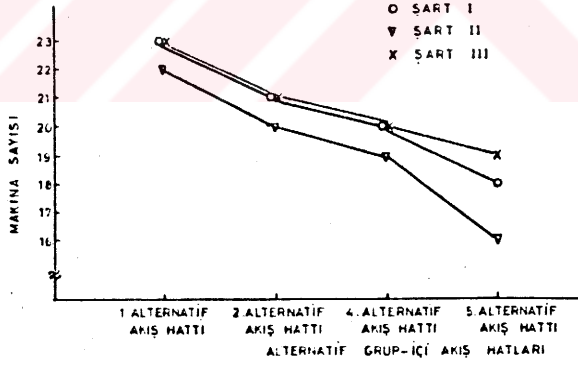
Gerek ortalama verim ve gerekse yatırım sermayesi açısından en uygun akış hattı, 5.alternatif akış hattı olarak hemen görülmektedir. Ancak geriye dönüş ağırlığı şekil 4.11'den de izlendiği gibi oldukça yüksektir. Endüstriyel uygulamalarda çok çeşitli parça, gruba gireceğinden, bu ağırlık daha da büyük değerlere ulaşabilir. Sonuçta seçimi uygun gibi görülen 5.alternatif hatta da, iş parçası bekleme zamanları oldukça büyüyecektir. Bu noktada tüm akış hattı performans ölçüleri, akış hattının seçimi için gerekli olmaktadır. Bu nedenle akış hatları simülasyon uygulaması kaçınılmaz hale gelir.



Şekil 4.10. 2.parça ailesine ait alternatif grup içi akış hatlarının ortalama verim yönünden farklı talep şartlarına (I, II, III) göre karşılaştırılması.



Şekil 4.11. 2.parça ailesine ait geri dönüşlü akış hatlarının farklı talep şartlarına (I, II, III) göre geriye dönüş ağırlıkları.



Şekil 4.12. 2.parça ailesine ait tüm akış hatlarının farklı talep şartları (I, II, III) altında gerekli toplam makina sayıları.

4.3. TASARIMDA SİMÜLASYON UYGULAMASI

GT imalat sistemleri tasarımına yönelik simülasyon çalışmaları, uygulanan stratejiler açısından geleneksel imalat sistemlerine nazaran oldukça büyük farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkları belirlemek üzere GT'de uygulanan simülasyon çalışmalarına ait yayınların bir özetini vermek yerinde olacaktır.

4.3.1. Grup Teknolojisinde Simülasyon Uygulamasına Ait Yayın Taraması

GT imalat sistemi tasarımına yönelik yapılmış olan simülasyon çalışmaları iki ana grupta toplanabilir:

- (1) Grup yerleşim düzenlemesi (Athersmith ve Crookall 1974) /43/ ile grup içi yerleşim düzenlemesi (Carrie 1975) /42/ için yapılan çalışmalar,
- (2) Mevcut grup düzenleri için üretim planlaması ve kontroluna yönelik çalışmalar (Subramanian ve Venkitedri 1979 /44/ ile Ang ve Willey 1984 /45/).

Grup yerleşim düzenlemesi üzerine yapılan simülasyon çalışmasında amaç olarak farklı grup (hücre) sayısı ve dolayısıyla hücre kompozisyonları için, imalat sisteminin etkinlik ölçüleri arasında denge ve uzlaşma aranmıştır. Çalışmada dört ayrı tip-ten, 7 şer adet makina bulunan düşünsel bir sistem ele alınmıştır. Sistem üretilecek parçalara göre en uygun olduğu varsayılan makina kompozisyonları altında sırasıyla 1, 2, 3, 5, 7 ve 11 adet hücreye bölünmüştür. Grup içi iş akışında geriye dönüşlere müsaade edilmemektedir. İş girişlerinin eşit zaman aralıklarıyla gerçekleştiği ve işlem zamanlarının normal dağılıma uygun olduğu varsayılmıştır. Grup kompozisyonları, farklı iş giriş zaman aralıkları altında, makina kullanımı, toplam akış zamanı ve proses içi stok bakımından değerlendirilmiş, simülasyon zamanı boyunca ele alınan bu ölçütlerin denge şartları aranmıştır.

Grup içi yerleşim düzenlemesi üzerine yapılmış simülasyon çalışmasındaki amaç ise, grup içi alternatif akış hatlarını değerlendirerek, GT üretim metodlarının grubun performansı üzerine bir etkisi olup olmadığının araştırılmasıdır. Bunun için geliştirilen model için özel amaçlı simülasyon dillerinden GPSS'in kullanıldığı ve modelin bir fork lift üreten firmanın önerilen bir parça grubuna uygulandığı belirtilmektedir. Program sonucu, elde edilen alternatif akış hatları, ortalama makina kullanımı, hattaki işgören sayısı, ortalama kuyruk uzunluğu ve ortalama akış zamanı yönünden değerlendirilmiştir.

İkinci grup çalışmalardan ilki, şeker tesisleri, çimento değirmenleri, santrifüj makineler ve buhar kazanı aksesuarları

gibi mamuller üreten bir firmada gerçekleştirilmiştir. Firmada üretilen mamul çeşiti yaklaşık 80 adet olup, 2500 çeşit parçayı içermektedir. Bu firmada bir sipariş için üretilen mamul setinin normal teslim periyodunun, fonksiyonel yerleşim düzeni altında, 12-18 ay arasında olduğu ve bu yüzden uzun imalat zamanı, yüksek proses içi stok, teslim zamanlarında gecikmeler oluşturduğu ifade edilmektedir. Bu sorunları halletmek üzere, imalat sistemi, çeşitli üretim analizleriyle 8 hücre halinde düzenlenmiş ve bu hücreler simülasyon yardımıyla değerlendirilmiştir. Değerlendirilen konular:

- mamul karmasının düzensiz değişimlerinin makina yükü üzerine etkisi,
- makina kullanımında parti miktarının etkisi,
- kritik yüklü makinelerin etkilerini belirleme ve analiz etme,
- etkin planlama ve kontrol periyodunun seçimi,

olmak üzere sıralanabilir. Sonuçta kullanılmayan makina kapasitesinin maliyetine karşı, envanter taşıma (proses içi stok) maliyetinin dengelenmesi ile planlama periyodunun üç aya düşürülmesi uygun görülmüştür.

En son yapılan simülasyon çalışmasının amacı, hücreler arası transfer sayısının artırılması ile atölye performansının artırılmasına yöneliktir. Burada arı GT sisteminden (bir işin tüm mümkün operasyonlarının bir grup tarafından gerçekleştirilmesi gerektiği durum), çok karmaşık GT sistemine (tıkanmış işleme merkezlerinden, diğer hücrelere işlerin taşınabildiği durum) sapma derecesine göre, her bir derece için ayrı ayrı sistem performansları, düşünsel örnek sistemler üzerinde değerlendirilmiştir. Sonuçta, arı GT'den çok küçük sapma (transfer sayılarının az olması) durumlarında, sistem performansının, iş yükleme kuralları, öncelikler, alternatif işleme merkezlerine (istasyonlara) gönderme kuralları ve partiyi paralel işlemenin karşılıklı etkileri ile çok arttığı gösterilmiştir.

4.3.2. Geliştirilen Simülasyon Modeli

Modelimizde geliştirilen simülasyon uygulaması, genel amaçlı bilgisayar dillerinden olan FORTRAN ile yazılmış ve imalat sistemlerinde iş gelişlerinin düzgün olmayan zaman aralıklarıyla oluşması nedeniyle değişken zaman artırımlı metod tercih edilmiştir.

Simülasyon uygulamasının amacı, alternatif akış hatları modellerini (yerleşim düzenlerini) karşılaştırmak, darboğazları ortaya koymak ve parça aileleri alternatifleri arasından seçim yapmaktır. Alternatif akış hatları karşılaştırmasında değerlendirme ölçütleri olarak, farklı iş parçası parti miktarları için iş parçasının toplam akış zamanları, akış hattındaki bekleme zamanları ve makina aylak zamanları alınmıştır.

Akış hatlarında işlerin operasyonlarının "ilk gelen ilk servis görür" öncelik kuralına göre gerçekleştiği kabul edilmiştir.

tir. Simülasyonun esas amacı, alternatif akış hatlarının yerleşim düzenlerini değerlendirmek olduğundan, farklı öncelik kurallarının denenmesine gerek duyulmamıştır.

Simülasyon modelindeki varsayımlar aşağıdaki gibidir:

(1) Her parça tipine ait partiler, beklenen toplam yıllık ihtiyaçlarına eşdeğer bir ortalama da üssel dağılıma uygun aralıklarla sisteme girmektedir.

(2) Daha önce gruplardaki makinelerin sayıları, iş parçası taleplerinin yüklediği %90'lık bir üst zaman verimi sınırına göre elde edildiğinden, grup iş yükü, ρ_n (ortalama iş giriş debisi/ortalama işleme debisi) ≤ 1 şartını sağlar. Bu nedenle grubun belli bir simülasyon süresi sonunda dengeye ulaşacağı düşünülmektedir. Ancak burada gerçekleştirilen simülasyonda sistemin dengeye geleceği zaman noktası (budama noktası) ve elde edilen beklenen değerlerde güvenilirlik sınırları araştırılmamış, fakat buna karşın sistem şartlarına uygun olarak oldukça uzun bir süre seçilerek sistemin çalıştırılması tercih edilmiştir. Böylece sistemin denge halinde, daha küçük güven aralığına sahip ortalama beklenen değerler elde edilebileceği varsayılmıştır.

(3) İşlem süreleri parça tiplerine göre belirlidir. Ancak iş parçası parti miktarlarının bir fonksiyonu olarak değişir.

(4) Sistem işgören yönünden kısıtlanmamıştır. Başka bir ifadeyle makineler işgören nedeni ile işlemleri geciktirmemektedir.

(5) Operasyonlar "ilk gelen ilk servis görür" esasına göre gerçekleşmektedir.

(6) Akış hatlarında atlamalı hareketlerde her bir istasyon atlaması için gerekli zaman sabittir (sistem şartlarına göre değişkende alınabilir).

(7) Hatta geriye dönüş varsa, her geriye dönüş ayrı bir zaman gerektirmekte, bu zaman sabit -sistem şartlarına göre değişken de alınabilir- alınmıştır.

(8) Operasyonlar için hazırlık zamanları işlerin sırasından bağımsız olarak kabul edilmiştir.

(9) Sistemde makinalara ait bakım ve onarım zamanları düşünülmektedir.

Sistemin Matematik Modeli :

Bir akış hattı en genel haliyle k adet istasyon ve her istasyonda l adet makinaya sahip bir hattır. Akış hattına gelen birimler (iş parçaları) operasyon sırasına göre, gerekli istasyonun boş olan paralel makinasına "ilk gelen ilk servis görür" esasına göre kabul edilirler. Birimlerin gelişleri arasındaki zaman aralığı, bilinen üssel dağılıma uygun rassal bir değişkendir. Daha önce de bahsedildiği gibi işlem süreleri, her birimin operasyon numarası ile belirlidir.

Sistemde, bir birim operasyon görmesi gereken istasyona gönderildiğinde, o anda istasyonun l adet makinasından boş olan bir makina olup olmadığına, daha önce gelen birimlerin makinalardan çıkış zamanlarına göre karar verilir. Eğer boş yoksa, ma-

kinalardan bir tanesi boşalıncaya kadar birim için bekleme zamanı oluşur. Eğer işlenecek herhangi bir birim gelmeden önce makinelerden biri boşalırsa, o makina için aylak zaman doğar.

Sistemi tanımlayan değişken ve parametreler aşağıda gösterilmektedir:

IS	sisteme gelen birim sayısı.
K	sistemde mevcut istasyon sayısı.
L	maksimum paralel makina sayısı.
OP	sistemde işlenecek iş parçalarının maksimum operasyon sayısı.
A_n	n.parça ailesi.
ΔT_{ig}	i_g .birim ile $(i_g - 1)$.birimin gelişleri arasındaki zaman aralığı, burada $i_g = 1, \dots, IS$.
GZ_{ig}	i_g .birimin sisteme geliş zamanı, burada $i_g = 1, \dots, IS$.
BZ_{kl}	birimlerin k.istasyonun, l .paralel makinasında işlem görmek için beklediği zaman, burada $k = 1, \dots, K$ ve $l = 1, \dots, L$.
AZ_{kl}	birimlerin gelmesini bekleyen k.istasyonun, l .paralel makinasının aylak kaldığı zaman, burada $k = 1, \dots, K$ ve $l = 1, \dots, L$.
TSZ_{igm}	i_g .birimin m.operasyonunu akış hattında ararken atlamalı ve mevcutsa geriye dönüş zamanlarının toplamı, $i_g = 1, \dots, IS$ ve $m = 1, \dots, OP$.
TGZ_{igk}	i_g .birimin k.istasyona gelene kadar toplam geçen zaman, burada $i_g = 1, \dots, IS$ ve $k = 1, \dots, K$.
TCZ_{igkl}	i_g .birimin, k.istasyondaki l.paralel makinasından çıkış zamanı, burada $i_g = 1, \dots, IS$, $k = 1, \dots, K$ ve $l = 1, \dots, L$.
M_k	akış hattının k.istasyonunda mevcut paralel makina sayısı, $k = 1, \dots, K$.
$t_{im}(N_{b1})$	i.parçanın m.operasyonu için işlem zamanı ($N_b = N_{b1}$), burada $i: i \in A_n$ ve $m = 1, \dots, OP$.
α_{im}	i.parçanın m.operasyonu için hazırlık zamanının işleme zamanına oranı, burada $i: i \in A_n$ ve $m = 1, \dots, OP$.
KT_{im}	i.parçanın m.operasyonunda farklı bir parti miktarından doğan işlem zamanı düzeltme katsayısı, burada $i: i \in A_n$ ve $m = 1, \dots, OP$.
BMZ_k	k.istasyonun paralel makinalarına i_g .birimden önce gelen en son birimlerin minimum çıkış zamanına sahip olan değeri. (BMZ_k 'nin aranmasındaki amaç, k.istasyona gelen i_g .birimin hangi l makinasına girmesi gerektiğini bulmak ve bekleme veya aylak zamanları elde etmek içindir).
SA	akış hattında atlamalı hareketler için gerekli zaman.
SG	akış hattında geriye dönüş hareketleri için gerekli zaman.

İlk birim ($i_g = 1$) sisteme (akış hattına) girmeden önce, öncelikle aşağıdaki değişkenlere sıfır atanmalıdır.

$$\Delta T_1 = 0$$

$$GZ_1 = 0$$

$$BZ_{kl} = 0 \quad k = 1, \dots, K \text{ ve } l = 1, \dots, L$$

$$AZ_{kl} = 0 \quad k = 1, \dots, K \text{ ve } l = 1, \dots, L$$

Birimler sisteme girdikçe aşağıdaki ilişkiler simülasyon modelini tanımlayacaktır:

- (1) Birimlerin her istasyona toplam geliş zamanlarının (TGZ_{igk}) hesaplanması:

- (a) i_g .birimin sisteme giriş zamanı, GZ_{ig} ($i_g > 1$ ise),

$$GZ_{ig} = GZ_{ig-1} + \Delta T_{ig} \quad (4.11)$$

- (b) $m = 1$ için, i_g .birimin gerekli istasyona toplam geliş zamanı, (TGZ_{igk}),

$$TGZ_{igk} = GZ_{ig} + TSZ_{ig1} \quad (4.12)$$

- (c) eğer $m > 1$ ise,

$$TGZ_{igk} = TCZ_{igkl} + TSZ_{igm} \quad (4.13)$$

olur. Burada TCZ_{igkl} 'nin nasıl hesaplandığı daha sonra gösterilecektir.

- (2) Bekleme ve/veya aylak zamanların hesaplanması:

Eğer $TGZ_{igk} > BMZ_k$ $i_g = 1, \dots, IS$ ve $k = 1, \dots, K$ ise o zaman,

$$AZ_{kl} = AZ_{kl} + (TGZ_{igk} - BMZ_k) \quad i_g = 1, \dots, IS, k = 1, \dots, K \text{ ve } l = 1, \dots, L. \quad (4.14)$$

dır.

Eğer $TGZ_{igk} \leq BMZ_k$ $i_g = 1, \dots, IS$ ve $k = 1, \dots, K$ ise o zaman iş parçalarının BZ_{kl} ,

$$BZ_{kl} = BZ_{kl} + (BMZ_k - TGZ_{igk}) \quad i_g = 1, \dots, IS, k = 1, \dots, K \text{ ve } l = 1, \dots, L. \quad (4.15)$$

olur.

(3) Makinelardan toplam çıkış zamanlarının (TCZ_{igkl}) elde edilmesi:

Eğer $TGZ_{igk} > BMZ_k$ $i_g = 1, \dots, IS$ ve $k = 1, \dots, K$ ise
o zaman,

$$TCZ_{igkl} = TGZ_{igk} + (t_{im}(N_{b1}) \cdot KT_{im} \cdot N_{b2}) \quad (4.16)$$

$$i_g = 1, \dots, IS, \quad k = 1, \dots, K, \quad l = 1, \dots, L \\ i : i \in A_n \quad \text{ve } m = 1, \dots, OP.$$

dir.

Eğer $TGZ_{igk} \leq BMZ_k$ $i_g = 1, \dots, IS$ ve $k = 1, \dots, K$ ise
o zaman,

$$TCZ_{igkl} = TGZ_{igk} + (t_{im}(N_{b1}) \cdot KT_{im} \cdot N_{b2}) + (BMZ_k - TGZ_{igk}) \quad (4.17)$$

$$i_g = 1, \dots, IS, \quad k = 1, \dots, K, \quad l = 1, \dots, L \\ i : i \in A_n \quad \text{ve } m = 1, \dots, OP.$$

olur.

Burada KT_{im} şöyle hesaplanır:

$$KT_{im} = [(1/\alpha_{im}) + (1/N_{b2})] / [(1/\alpha_{im}) + (1/N_{b1})] \quad (4.18)$$

dir. $N_{b1} = 1$ ve $N_{b2} = 1$ ise, α_{im} ne olursa olsun $KT_{im} = 1$ olur.

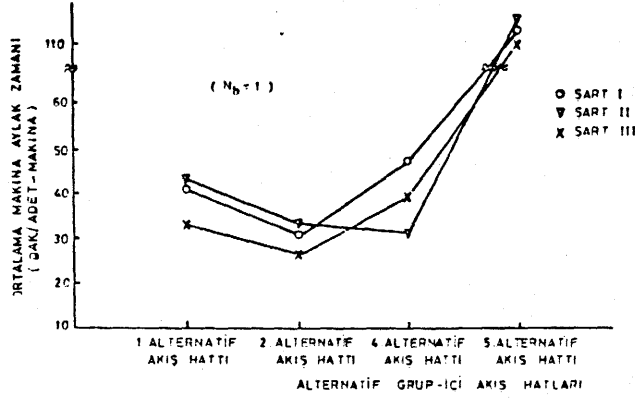
İşlem süreleri içinde ayrıca hazırlık sürelerini ele almak için, α_{im} ve KT_{im} değerleri kullanılmıştır.

Tüm anlatılan akış hatları ile ilgili simülasyon uygulamasına ait geliştirilen bilgisayar programının toplu akış diyagramı ise, şekil E.12'de gösterilmektedir.

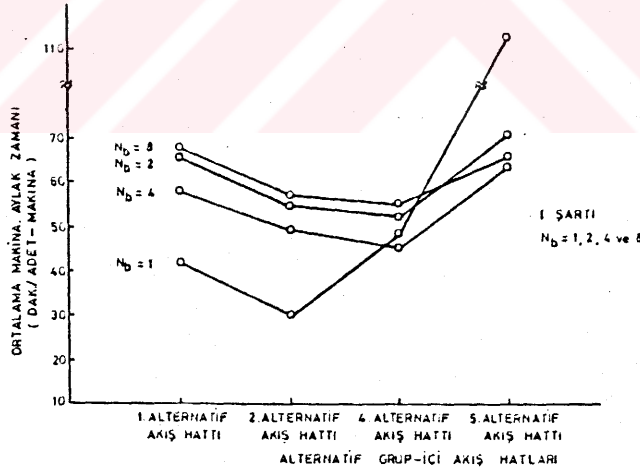
4.3.3. Düşünsel Örneğe Ait Sonuçlar

Düşünsel örnekte daha önce ele alınan 2.parça ailesine, geliştirilen simülasyon modeli uygulandığında, şekil 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17 ve 4.18'de gösterilen sonuçlar elde edilmiştir (simülasyon süresi 6000 dakikadır).

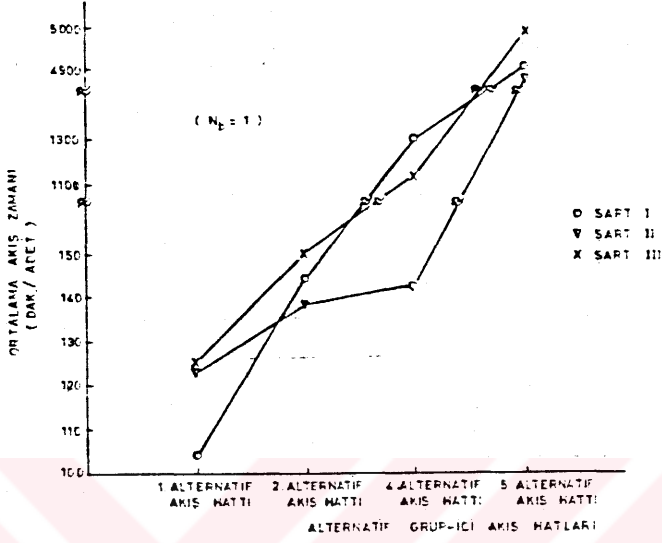
Düşünsel örnek ile ele alınan bu simülasyon çalışmalarında özellikle parti miktarının artırılmasının sistem içindeki etkileri üzerinde durulmuştur. Parti miktarı 1'den itibaren artırıldığında, şekil 4.19'da gösterildiği gibi bir parçanın bağıl



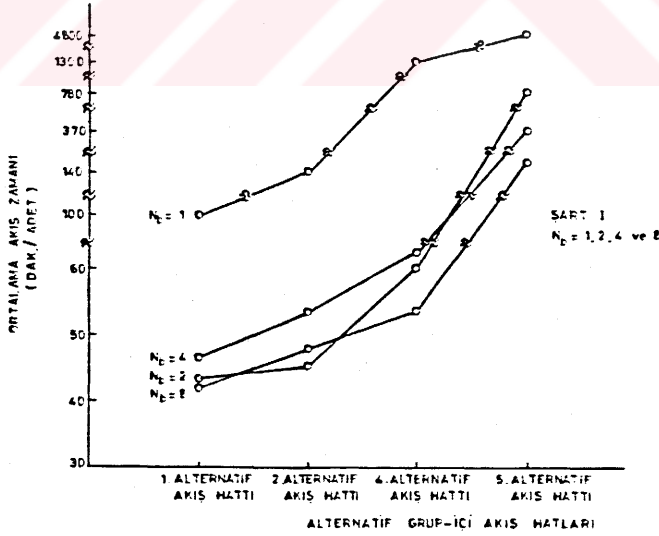
Şekil 4.13. 2.parça ailesine ait farklı alternatif akış hatları için ortalama makina aylak zamanları ($N_D = 1$ iken).



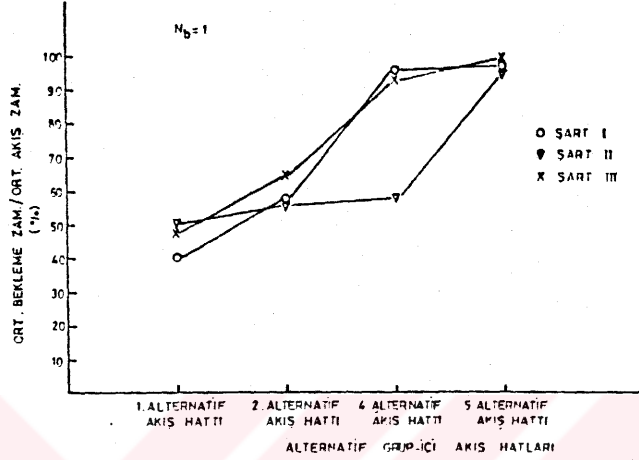
Şekil 4.14. 2.parça ailesine ait alternatif akış hatları için, I şartında farklı parti miktarlarındaki ortalama makina aylak zamanları.



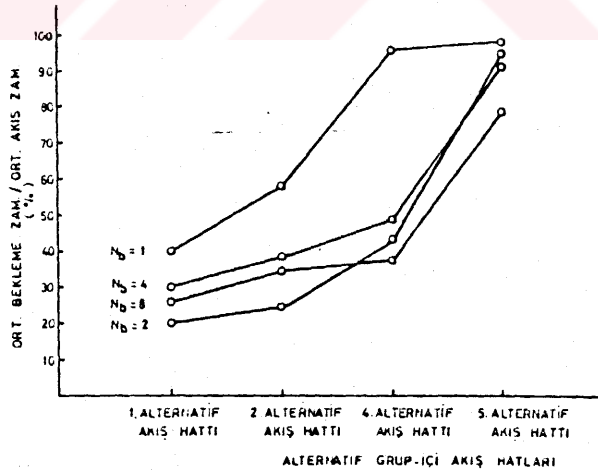
Şekil 4.15. 2.parça ailesine ait alternatif akış hatlarındaki ortalama akış zamanı ($N_p = 1$ iken).



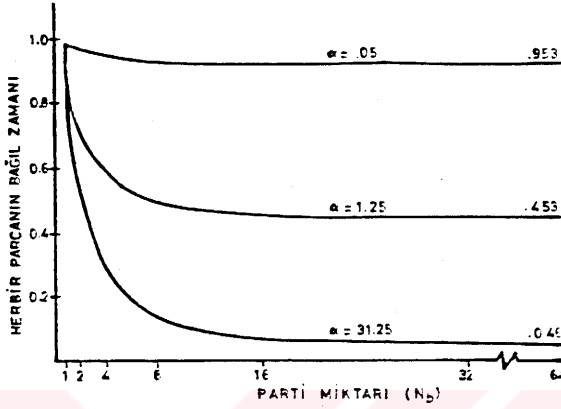
Şekil 4.16. 2.parça ailesine ait alternatif akış hatları için I şartında farklı parti miktarlarındaki ortalama akış zamanları.



Şekil 4.17. 2.parça ailesine ait alternatif akış hatlarındaki ortalama bekleme zamanının, ortalama akış zamanına oranı.



Şekil 4.18. 2.parça ailesine ait alternatif akış hatları için I şartında farklı parti miktarlarındaki ortalama bekleme zamanının, ortalama akış zamanına oranları.



Şekil 4.19. Her bir parçanın bağıl zamanı üzerine parti miktarının etkisi.

zamanı hızla düşmektedir. Başka bir ifadeyle, parti miktarı 2, 4 ve 8 olduğunda makina hazırlık zamanının işlem zamanı içindeki etkisi hızla azalır. GT hücrelerinde de makina hazırlık zamanları oldukça düşürülebildiğinden, hücre üretimine geçiş ile parti miktarının artımı paralel olaylar olarak düşünülebilir. Böylece parti miktarının artması sonucu, hazırlık zamanlarının etkisi ortadan kalktığı anda, akış hattında durumuna ne olacağı da izlenmiş olur.

Şekil 4.13 ve 4.14'den, 1., 2. ve 4.alternatif akış hatlarının beklenen ortalama makina aylak zamanı yönünden önemli bir fark oluşturmadığı izlenmektedir. Parti imalatına geçişle veya hattaki hazırlık zamanlarının etkisi düşürüldüğünde 5.alternatif hat da diğerlerine yakın sonuçlar vermektedir.

Şekil 4.15'de $N_p = 1$ iken, beklenen ortalama akış zamanı yönünden ancak 1. ve 2.alternatif hatların iyi sonuç verdiği görülmektedir. 4.alternatif hatta ise, şart II'deki akış zamanı değeri, 2.alternatif hattaki değere yakın olmasına rağmen, diğer talep şartlarında anormal artmaktadır. Şekil 4.12'den aynı zamanda II.şartta daha düşük bir yatırım maliyeti gerektiği görülmektedir. Tüm bunlara neden olarak, şart I ve şart III'de operasyonların makinalara dağılımının, şart II'deki dağılıma göre, darboğaz istasyonlar oluşturacak bir biçimde olması gösterilebilir. Bunun için farklı talep şartlarında bile mutlaka şart II'de-

ki akış hattı üzerinde durulmalıdır. Sonuçta şu söylenebilir: alternatif akış hatlarındaki operasyon-makina dağılımları, akış hattı oluşturma algoritması nedeniyle hatlardaki imal edilecek parça miktarlarına da bağlıdır. Örneğin, II.talep durumundaki 4.alternatif akış hattı ile, diğer şartlardaki hatlarda olduğu gibi. O halde bazı imalat sistemlerinde uygun akış hattı kompozisyonu seçimi için farklı imalat miktarlarına göre, yukarıdaki örnekte yapıldığı gibi, bir hassasiyet analizine ihtiyaç duyulabilir.

Parti imalatına geçişle, 4.alternatif hatta da ortalama akış zamanı düşmektedir. Yalnız 5.alternatif hat, her parti miktarında diğerlerine nazaran oldukça yüksek ortalama akış zamanına sahiptir. Şekil 4.16.

Alternatif akış hatlarında oluşan ortalama bekleme zamanı değerlerinin değişim biçimi ise, ortalama akış zamanındakilere benzer olmaktadır. Bu, şekil 4.17 ve şekil 4.18'de kolaylıkla gözlenebilmektedir.

Tüm bunlara göre, 20 makinalı şart II'deki 2.alternatif veya 19 makinalı yine şart II'deki 4.alternatif akış hattı en iyi alternatif akış hatları için aday gösterilebilir. Diğer yandan hatta geri dönüş istenmiyorsa, 2.alternatif seçilmelidir.

4.4. GELİŞTİRİLEN METODUN ENDÜSTRİYEL BİR MÜHENDİSLİK FİRMASINA UYGULANMASI VE SONUÇLAR

Metodun uygulanması için seçilen endüstriyel firma, esas üretimi, Universal torna tezgahı olan bir kuruluştur. Torna tezgahının yanısıra sütunlu matkap tezgahı da üretilmektedir. Böyle bir firmanın GT uygulaması için seçilmesinde üç ana neden bulunmaktadır:

- (1) Bir takım tezgahında, civata, vida ve kama gibi standart parçalarla, gövde ve kızak gibi mamule özgü parçalar hariçinde birbirine çeşitli yönlerde benzer parçaların bulunması ihtimalinin yüksek olması,
- (2) Takım tezgahı üretiminin gerek proses içi stok maliyeti ve gerekse kalite açısından küçük parti üretimini zorlaması.
- (3) Firmanın yan sanayi olarak üretim yapmaması nedeniyle üretimin sadece montaj hızının ve dolayısıyla mamul talebinin bir fonksiyonu olması ve sonuçta bu durumun oluşturulacak GT hücrelerinin daha etkin işleyişini mümkün kılması.

Halihazırda firmanın 84 tip ve toplam 157 adet tezgahtan oluşan bir makina parkı bulunmaktadır.

Firmanın imalat sistemi fabrika akış analizi için aşağıdaki proses birimlerine ayrılmıştır:

1. Metal Kesme ve Döküm Temizleme
2. I.Mekanik Hol (orta büyüklükteki parçalar için)
3. II.Mekanik Hol (büyük parçalar için)
4. III.Mekanik Hol (orta büyüklükteki parçalar için)
5. IV.Mekanik Hol (küçük parçalar için)
6. V.Mekanik Hol (küçük parçalar için)
7. VI.Mekanik Hol (dişli imalat ve küçük parça taşlama)
8. Isıl İşlem ve Kaynak Atölyesi
9. Montaj Atölyesi
- P. Dış İmalat

Proses birimleri arası malzeme akış sistemini incelemek için, Üniversal torna tezgahına ait 949 adet iş parçasının rota kartları incelenmiştir. Her rota kartında mevcut operasyonların hangi proses biriminde gerçekleştiği tespit edilerek kartların Proses Rota Numaraları (PRN) elde edilmiştir. PRN değerlerinin sıklık şemasından, temel akış şemasına geçildiğinde, proses birimleri arasında çok karmaşık bir malzeme akışının olduğu gözlenmiştir. Şemadaki akışı biraz basitleştirmek için, 949 parçanın %2'si olan, 19 farklı iş parçası ve o sayıya kadarki geçişler ihmal edilmiş ve sonuçta şekil 4.20'deki temel akış şeması oluşturulmuştur. Şemada 5 ve 7 numaralı proses birimlerine malzeme giriş ve çıkış yoğunluğunun çok fazla olması, aynı zamanda 5 ve 7 arasında karşılıklı malzeme akışının da büyük olması nedeniyle 5 ve 7 numaralı proses birimleri birleştirilerek bir ana grup olarak düşünülebilir. Böylece sonuç malzeme akışı da oldukça basitleştirilmiş olmaktadır. Şekil 4.21.

Metodun uygulanması, 5 ve 7'nin birleştirilmesi ile elde edilen ana grup üzerinde yapılmıştır. O halde sorun şimdi, elde edilen ana grup için etkin GT hücrelerinin oluşturulmasına yöneltilmiş olur.

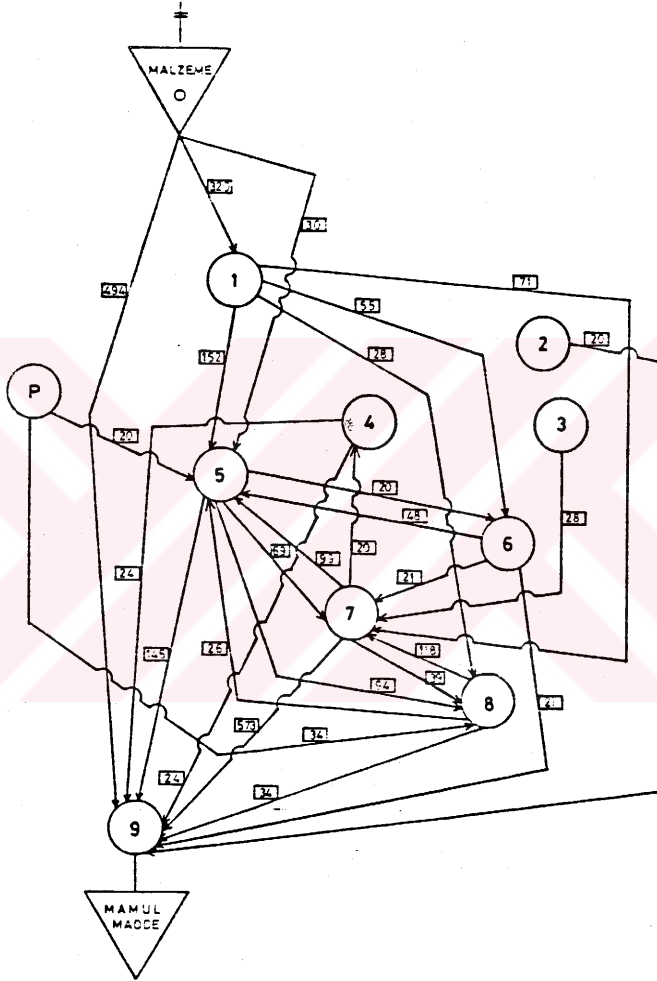
Sorunun çözümünde önemli aşama, geliştirilen kompüterize metot için gerekli başlangıç datalarının hazırlanmasıdır.

İlk olarak hazırlanması gereken data parça-makina analiz matrisidir. Bunun için, sadece ana grup içinde imalatı tamamlanan veya ana grubu ara proses birimi olarak kullanmayan 144 çeşit iş parçası ve bu parçaları işleyen 36 ayrı çeşitte takım tezgahı incelenmiştir.

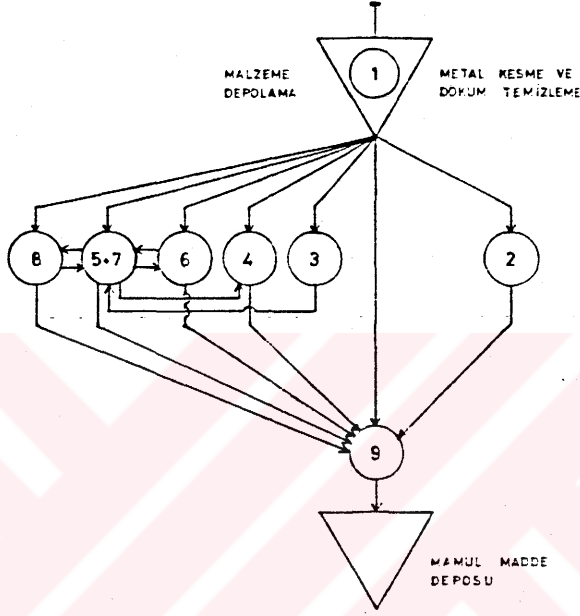
Takım tezgahlarına ait tezgah listesi, kompüterize çalışmada gösterilen operasyon merkezi kodu, eğer tezgahlar saf olarak fonksiyonel düzenlenecekse gerekli adet ve zaman verimleri -ki bunlar kompüterize uygulamadan elde edilmiştir- tablo 4.9'da gösterilmiştir.

Hazırlanan diğer matrisler:

- (a) Parça rotası matrisi: Yine 144 çeşit iş parçası için ayrı ayrı operasyon merkezi (tezgah) sıralarını içerir. İlgili parçalara ait rota kartlarının incelenmesinden elde edilir.



Şekil 4.20. Temel Akış Şeması.



Şekil 4.21. Basitleştirilmiş temel akış şeması.

- (b) Parça rotası matrisine karşılık gelen işlem zamanları matrisi: İşlem zamanları da rota kartlarından elde edilir. Ancak yapılan üretimin halihazır durumu nedeniyle genellikle hazırlık zamanları çok uzundur. Başka bir deyişle α_{im} değerleri büyüktür. Modele büyük işlem zamanları ile girmek için $N_{b1} = 10$ adet seçilmiştir.
- (c) Parça-makina analiz matrisine karşılık gelen işlem zamanları matrisi: Bu da parça rotası matrisi ile onun işlem zamanları matrisinden elde edilir.

İmalat sisteminde planlanmış tezgah kapasitesi olarak yılda 2250 saat alınmıştır. Her bir parçaya ait yıllık imalat miktarları ise, toplam yılda 1000 adet Universal torna tezgahı imalatı için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Tezgah üst zaman verimi limiti

Tablo 4.9. Ana grupta mevcut tezgahlar ve bunların fonksiyonel esasa göre gerekli sayısı ve zaman verimleri.

Sıra No	Tezgah Tipi	Operasyon Merkezi	Gerekli Tezg.Sayısı	Zaman Verimi(%)
1	Universal torna, D:320, L:750, N:3	101	4	83
2	Universal torna, D:380, L:750, N:6	102	2	71
3	Universal torna, D:500, L:500-1000, N:5.5	103	6	78
4	Universal torna, D:655, L:1500-3500, N:18	104	1	20
5	Kopya torna, D:500, L:2000, N:11	130	1	53
6	Revolver torna, D:510, K:750, N:8.5	127	3	69
7	Revolver torna, D:600, K:1030, N:11	128	1	11
8	Otomat torna, D:250, K:500, N:11	105	1	10
9	Otomat torna, D:270, T:200, N:22	106	1	15
10	Otomat torna, D:240, N:15	107	6	78
11	Sütunlu matkap, R:20, P:160, N:1.6	109	4	86
12	Sütunlu matkap, R:32, P:200, N:2.2	110	1	69
13	Radyal matkap, R:50, N:5.5	111	1	88
14	Universal freze, A:370x1600, N:10.5	112	1	59
15	Universal freze, A:400x1160, N:4	113	1	64
16	Universal freze, A:250x1400, N:8.6	114	1	86
17	Universal freze, A:450x2000, N:17.2	115	1	30
18	Dikey freze, A:250x1400, N:8.6	116	4	82
19	Dikey freze, B:450x2000	117	1	38
20	Dikey freze, B:560x1800, N:28	118	1	60
21	Yatay kama freze	135	1	26
22	Dişli ezdirma	133	1	22
23	Dişli çapak alma	134	1	5
24	Yatay broglama	129	1	32
25	Silindirik tağlama, D:290, L:750	119	1	7
26	Silindirik tağlama, D:290, L:630	120	1	19
27	Silindirik tağlama, D:315, L:1000	121	1	47
28	Silindirik tağlama, D:295, L:630	122	1	77
29	Silindirik tağlama, L:983	136	1	16
30	Yüzey tağlama	123	1	22
31	Yüzey tağlama, N:22	124	1	33
32	Yüzey tağlama	137	1	2
33	Punta yuvası tağlama	131	1	5
34	Delik tağlama, W:250	125	1	57
35	Delik tağlama, W:80	126	1	15
36	El presi	132	1	4
Toplam tezgah sayısı		58		
Ortalama tezgah zaman verimi				56 %
Verimdeki standart sapma				29 %

İşaretler: D: Kızaklar üzerinde işlenebilecek çap (mm).
L: Puntalar arası mesafe (mm).
N: Motor gücü (kw).
K: İş mili ucu ile revolver kafa arası mesafe (mm).
T: Revolver kızak stroku (mm).
R: Delme kapasitesi veya maksimum delinebilecek çap (mm).
P: İş milinin stroku (mm).
A: Tespit etme yüzeyi (mmxmm).
B: İş tablası boyutları (mmxmm).
W: Maksimum tağlama derinliği (mm).

olarak burada da %90 alınmış, alt (kabul edilebilir) zaman verimi ise, tablo 4.9'da gösterilen ana grubun ideal ortalama verimi %56 göz önüne alınarak %35 seçilmiştir.

Tüm bu datalar hazırlandıktan sonra geliştirilen bilgisayar programı geliştirilmiş ve programın maksimum 54 parça ailesi türettiği görülmüştür. Bu sayı sistem tasarımı ve uygulaması için aşırı bir rakamdır. Bu nedenle 4.2.1'de açıklanan şekilde yeni bir alt program devreye sokularak uygun bir aile sayısı elde edilinceye kadar aileler birleştirilmiştir. Birleştirme ölçütleri yine gruptaki ortalama tezgah zaman verimi ve tezgah tipi farklılaşmasıdır. Sonuçta 14 ayrı parça ailesi ve tezgah grubu elde edilmiştir. Tablo 4.10.

Tablo 4.10'da gösterildiği gibi bazı gruplar sistem içinde kabul edilebilir zaman veriminin altında yer almaktadır. Böyle gruplar karar verici tarafından kabul edilmezse, ortadan kaldırılmaları gerekir. Bunun için grup birleştirmelerine gidilerek grup boyutları artırılır. Böylece ekstra tezgah ihtiyacı da düşer. Sonuçta farklı gruplama alternatifleri oluşturulur. Tablo 4.11'de kompüterize çalışmadan elde edilen gruplama alternatiflerinin gerekli toplam tezgah sayısı, ekstra tezgah ihtiyacı, ortalama zaman verimi ve verimdeki standart sapma değerleri gösterilmektedir. Her alternatifte geçerli olmak üzere, ekstra tezgah yatırıma gidilmesi istenmiyorsa, tezgahın gruplar arasında ortak kullanılması önerilebilir. Bilgisayar programı ile oluşturulan ortak tezgah kullanım önerilerinin bir özeti tablo 4.12'de görülmektedir. Örneğin fonksiyonel düzenleme halinde (1.gruplama) 101 no'lu universal torna tezgahından dört adet gereklidir. 2.alternatif gruplamada tabloda da görüldüğü gibi söz konusu tezgah dört grup için gereklidir ve ekstra tezgah ihtiyacı 1 olmaktadır. Diğer alternatif gruplamalarda da tezgah iki gruba ayrıldığı halde ekstra ihtiyaç ortadan kalkmamakta ve gerekli toplam tezgah sayısı 5 olmaktadır. Tezgahların gruplara dağılımı, bilgisayar sonuçlarında bir grupta 3, diğerinde 2 adet olarak görülmektedir. 3 adet gerektiren gruptan bir tanesi ortadan kaldırılıp diğer iki tanesi sadece bu grup için kullanılır ve 2 adet 101 no'lu tezgah bulunan diğer gruptaki bir tezgah ise, bu iki grup sınırında kullanılmak üzere yerleştirilirse, ekstra tezgah ihtiyacından kurtulunur.

Tablo 4.11 ve tablo 4.12'de izlendiği gibi gruplamalarda ekstra tezgah ihtiyacı çok fazladır ve grup sayılarının azaltılmasına rağmen tamamen ortadan kalkmamaktadır. Bunun iki ana nedeni vardır. Birincisi, fonksiyonel düzende bile düşük olan ortalama tezgah verimidir. İkincisi bu düzende mevcut tezgahların %80'inin sadece bir tane olmasıdır. Özellikle bir adet olan bir tezgahın, birden fazla gruba bölünmesi ekstra ihtiyaçları kolaylıkla ortaya çıkarır ve GT hücre tasarımı etkinliğini düşürerek büyük boyutlu hücrelere eğilimi artırır.

Gerçek endüstriyel işletmedeki ana grupta, 1.gruplamadaki toplam 58 adetlik tezgahın daha fazla tezgah bulunmaktadır (69 adet). Bunun sebebi ana gruba ara operasyon için giren iş

Tablo 4.10. Elde edilen grupların tezgah tipleri, fonksiyonel düzen altındaki tezgah sayıları, işlem gören farklı parça tipi sayıları, ortalama zaman verimleri ve standart sapmalar.

Tezgah Kodu ve Tipi	Tezgah Sayısı	Toplam Tezg.Sayısı	Farklı Parça Tipi Sayısı
Grup 1			
101 Üniversal torna	1	8	28
102 Üniversal torna	1		
105 Otomat torna	1		
110 Sütunlu matkap	1		
112 Üniversal freze	1		
122 Silindirik taqlama	1		
126 Delik taqlama	1		
135 Yatay kama freze	1		
Grubun ortalama zaman verimi %16 Verimdeki standart sapma %17			
Grup 2			
103 Üniversal torna	1	9	34
109 Sütunlu matkap	1		
111 Radyal matkap	1		
113 Üniversal freze	1		
114 Üniversal freze	1		
116 Dikey freze	2		
123 Yüzey taqlama	1		
124 Yüzey taqlama	1		
Grubun ortalama zaman verimi %37 Verimdeki standart sapma %28			
Grup 3			
102 Üniversal torna	1	7	29
109 Sütunlu matkap	1		
116 Dikey freze	1		
121 Silindirik taqlama	1		
126 Delik taqlama	1		
127 Revolver torna	1		
135 Yatay kama freze	1		
Grubun ortalama zaman verimi %38 Verimdeki standart sapma %30			
Grup 4			
101 Üniversal torna	1	4	22
116 Dikey freze	1		
119 Silindirik taqlama	1		
123 Yüzey taqlama	1		
Grubun ortalama zaman verimi %25 Verimdeki standart sapma %30			
Grup 5			
107 Otomat torna	1	6	12
110 Sütunlu matkap	1		
114 Üniversal freze	1		
115 Üniversal freze	1		
129 Yatay broqlama	1		
136 Silindirik taqlama	1		
Grubun ortalama zaman verimi %15 Verimdeki standart sapma %17			

Tablo 4.10. (Devam ediyor).

Tezgah Kodu ve Tipi	Tezgah Sayısı	Toplam Tezg.Sayısı	Farklı Parça Tipi Sayısı
Grup 6			
107 Otomat torna	2	8	29
109 Sütunlu metkep	1		
116 Dikey freze	1		
129 Yatay broglama	1		
130 Kopya torna	1		
133 Dişli aşdırma	1		
134 Dişli çapak alma	1		
Grubun ortalama zaman verimi %32			
Verimdeki standart sapma %23			

Grup 7			
103 Üniversal torna	1	8	28
109 Sütunlu metkep	1		
111 Radyal metkep	1		
112 Üniversal freze	1		
116 Dikey freze	2		
122 Silindirik taşlama	1		
124 Yüzey taşlama	1		
Grubun ortalama zaman verimi %35			
Verimdeki standart sapma %22			

Grup 8			
101 Üniversal torna	2	20	66
103 Üniversal torna	1		
104 Üniversal torna	1		
107 Otomat torna	3		
109 Sütunlu metkep	1		
110 Sütunlu metkep	1		
112 Üniversal freze	1		
113 Üniversal freze	1		
114 Üniversal freze	1		
120 Silindirik taşlama	1		
121 Silindirik taşlama	1		
122 Silindirik taşlama	1		
125 Delik taşlama	1		
129 Yatay broglama	1		
130 Kopya torna	1		
132 El presi	1		
133 Dişli aşdırma	1		
Grubun ortalama zaman verimi %33			
Verimdeki standart sapma %25			

Grup 9			
102 Üniversal torna	1	11	21
103 Üniversal torna	1		
107 Otomat torna	1		
113 Üniversal freze	1		
119 Silindirik taşlama	1		
122 Silindirik taşlama	1		
130 Kopya torna	1		
131 Punta yuvası taşlama	1		
135 Yatay kama freze	1		
136 Silindirik taşlama	1		
137 Yüzey taşlama	1		
Grubun ortalama zaman verimi %18			
Verimdeki standart sapma %16			

Tablo 4.10. (Devam ediyor).

Tezgah Kodu ve Tipi	Tezgah Sayısı	Toplam Tezg.Sayısı	Farklı Parça Tipi Sayısı
Grup 10			
101 Universal torna	1	9	36
103 Universal torna	1		
106 Otomat torna	1		
109 Sütunlu matkap	1		
111 Radyal matkap	1		
114 Universal freze	1		
115 Universal freze	1		
127 Revolver torna	1		
129 Yatay broglama	1		
Grubun ortalama zaman verimi %25			
Verimdeki standart sapma %19			

Grup 11			
104 Universal torna	1	5	2
111 Radyal matkap	1		
124 Yüzey taşılama	1		
125 Delik taşılama	1		
130 Kopya torna	1		
Grubun ortalama zaman verimi %13			
Verimdeki standart sapma % 5			

Grup 12			
110 Sütunlu matkap	1	5	7
116 Dikey freze	1		
122 Silindirik taşılama	1		
127 Revolver torna	1		
128 Revolver torna	1		
Grubun ortalama zaman verimi %21			
Verimdeki standart sapma %14			

Grup 13			
103 Universal torna	2	10	21
107 Otomat torna	1		
110 Sütunlu matkap	1		
111 Radyal matkap	1		
112 Universal freze	1		
115 Universal freze	1		
117 Dikey freze	1		
118 Dikey freze	1		
127 Revolver torna	1		
Grubun ortalama zaman verimi %28			
Verimdeki standart sapma %15			

Grup 14			
103 Universal torna	1	6	21
109 Sütunlu matkap	1		
110 Sütunlu matkap	1		
118 Dikey freze	1		
124 Yüzey taşılama	1		
127 Revolver torna	1		
Grubun ortalama zaman verimi %35			
Verimdeki standart sapma %22			

Tablo 4.11. Ana grup ve ana gruptan türetilen farklı gruplama alternatifleri.

GRUPLAMA NO	GRUP SAYISI	TOPLAM TEZG.SAYISI	EKSTRA TEZG.SAYISI	ORT.VERİM (%)	STAN.SAP. (%)
1	1	58	-	56	29
2	14	116	58	28	23
3	10	105	47	30	24
4	7	96	38	33	25
5	5	88	30	37	25
6	4	86	28	37	24
7	3	83	25	39	26

parçalarının kompüterize çalışmada göz önüne alınmamış olmasıdır. Gerçekte de böyle parçalar kompüterize çalışmayı etkilememelidir. Bu parçaların operasyonlarını karşılayabilecek gruplar içinde, o an iş yükü diğerlerine nazaran daha düşük olan bir grup, parçanın işlenmesini gerçekleştirebilir. 69 adetlik tezgahın, kompüterize çalışma sonunda çıkan ekstra ihtiyaçları da başlı olarak düşüreceğini, ayrıca vurgulamak yerinde olacaktır.

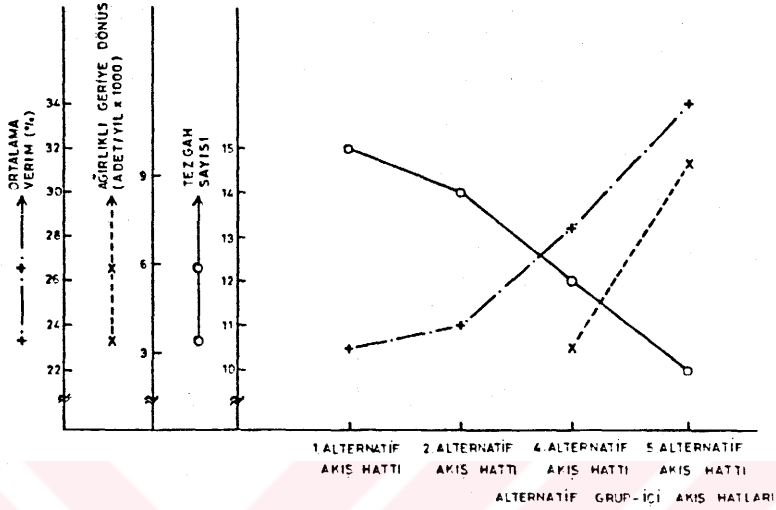
Şimdi birçok alternatif gruplamada (2, 3, 4 ve 5 no'lu gruplamalarda) kabul edilebilir ortalama tezgah zaman verimine sahip olan ve tablo 4.10'da gösterilen 2.parça ailesi ile buna ait tezgah grubunu ele alalım. Eğer bu grup farklı grup içi düzenlemeleri altında işletmede uygulanacak olursa, sistemin performansı üzerine etkisi ne olur sorusuna geliştirilen kompüterize tekniğin bir uzantısı içinde kolaylıkla cevap bulunabilir. Şekil 4.22'de 2.parça ailesine ait elde edilmiş olan farklı alternatif akış hatlarının ortalama zaman verimi, geriye dönüş ağırlığı ve tezgah sayıları görülmektedir. Şekil 4.23'de ise, bu ailenin farklı alternatif akış hatları için, ortalama tezgah aylak zamanı, ortalama akış zamanı ve ortalama bekleme zamanı yönünden değerlendirilmesi görülmektedir.

Burada, 5.alternatif akış hattının diğerlerine göre düşük yatırım maliyetine sahip olmasına karşın, gerek ortalama akış zamanı ve gerekse iş parçası bekleme zamanı açısından oldukça dezavantajlı olduğu izlenmektedir. Ancak 5.alternatif için elde edilen simülasyon sonuçlarından, yüksek bekleme zamanına 9.istasyonun sebep olduğu görülmektedir. Başka bir deyimle 9.istasyon 5.alternatif akış hattı için darboğaz oluşturmaktadır. Bu nedenle 9.istasyondaki tezgah sayısı bir artırılarak, simülasyon tekrarlanmıştır. Sonuçta, ortalama akış zamanı 455.7 dak. dan 58.2 dak'ya, bekleme zamanı ise 422.9 dak'dan 25.3 dak'ya

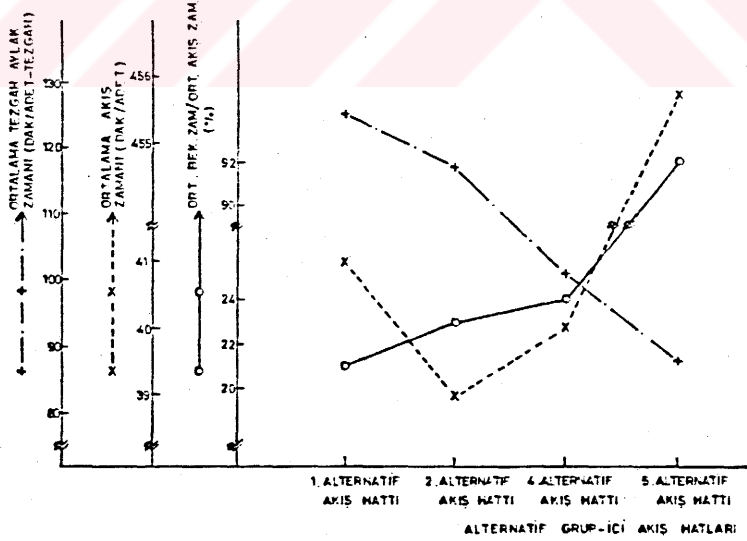
Tablo 4.12. Gruplama alternatifleri için her tezgah çeşitinin gruplara ayrılma sayısı ve ekstra tezgah ihtiyaçları.

TEZG. KOD NO	1.GP'LAMA			2.GP'LAMA		3.GP'LAMA		4.GP'LAMA		5.GP'LAMA		6.GP'LAMA		7.GP'LAMA	
	TEZG.SAYILARI	TEZG.GRUPLARA AYRILMA SAYISI*	EKSTRA TEZG. İHTİYACI	TEZG.GRUPLARA AYRILMA SAYISI	EKSTRA TEZG. İHTİYACI	TEZG.GRUPLARA AYRILMA SAYISI	EKSTRA TEZG. İHTİYACI	TEZG.GRUPLARA AYRILMA SAYISI	EKSTRA TEZG. İHTİYACI	TEZG.GRUPLARA AYRILMA SAYISI	EKSTRA TEZG. İHTİYACI	TEZG.GRUPLARA AYRILMA SAYISI	EKSTRA TEZG. İHTİYACI	TEZG.GRUPLARA AYRILMA SAYISI	EKSTRA TEZG. İHTİYACI
101	4	1	-	4	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
102	2	1	-	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1
103	6	1	-	7	1	6	1	5	1	3	1	3	1	3	1
104	1	1	-	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
105	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
106	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
107	6	1	-	5	2	5	2	5	2	4	2	4	2	3	1
109	4	1	-	7	3	6	2	6	2	5	3	4	2	3	1
110	1	1	-	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	3	1
111	1	1	-	5	4	4	3	4	3	4	3	3	2	3	2
112	1	1	-	4	3	4	3	3	2	3	2	3	2	3	2
113	1	1	-	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2
114	1	1	-	4	3	3	2	3	2	2	1	2	1	2	1
115	1	1	-	3	2	3	2	3	2	2	1	2	1	2	1
116	4	1	-	6	4	5	3	3	2	3	2	3	2	2	1
117	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
118	1	1	-	1	2	1	1	1	-	1	-	1	-	1	-
119	1	1	-	2	1	2	1	2	1	1	-	1	-	1	-
120	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
121	1	1	-	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
122	1	1	-	5	4	4	3	3	2	2	1	2	1	2	1
123	1	1	-	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
124	1	1	-	4	3	4	3	4	3	4	3	3	2	3	2
125	1	1	-	2	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
126	1	1	-	2	1	2	1	1	-	1	-	1	-	1	-
127	3	1	-	5	2	5	2	3	1	3	1	3	1	3	1
128	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
129	1	1	-	4	3	3	2	3	2	2	1	2	1	2	1
130	1	1	-	4	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2
131	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
132	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
133	1	1	-	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
134	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
135	1	1	-	3	2	3	2	2	1	1	-	1	-	1	-
136	1	1	-	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
137	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-

*Tezgahların gruplara ayrılma sayısı; söz konusu tezgahın kaç tane grupta bulunması gerektiğini göstermektedir.



Şekil 4.22. 2. parça ailesine ait elde edilen farklı alternatif akış hatlarının ortalama verimi, geriye dönüş ağırlığı ve tezgah sayıları.



Şekil 4.23. 2. parça ailesine ait farklı alternatif akış hatları için simülasyon sonuçları.

düşmüştür. Kaldı ki, 9.istasyondaki tezgah, sütunlu matkap tezgahı olduğundan, ek yatırımına da kolaylıkla gidilebilir.

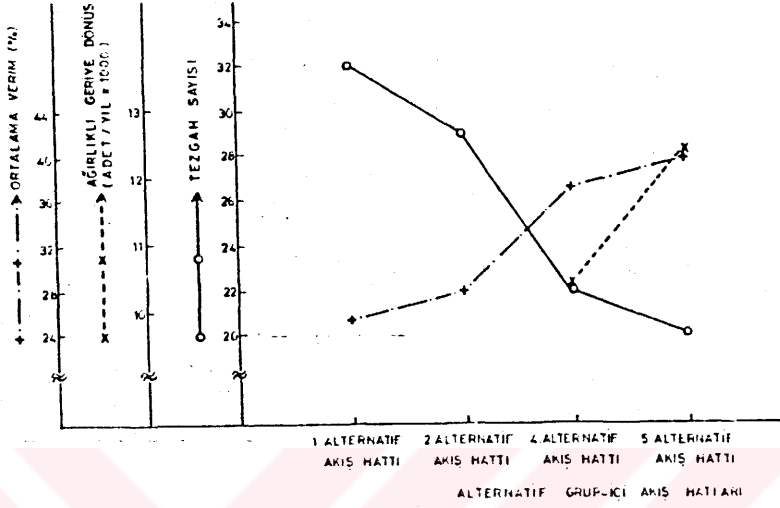
Sonuçta, yine de paralel tezgah artırmalı 5.alternatif, yatırım maliyeti diğerlerine nazaran düşük olduğundan karar verici için uygun görülebilir.

Daha sonra daha büyük bir grubun ortaya çıkaracağı sonuçları incelemek amacıyla, 2.parça ailesinin 6.gruplaması göz önüne alınmıştır. Şimdi bu analize ait sonuçlar incelenecektir. Tablo 4.13.

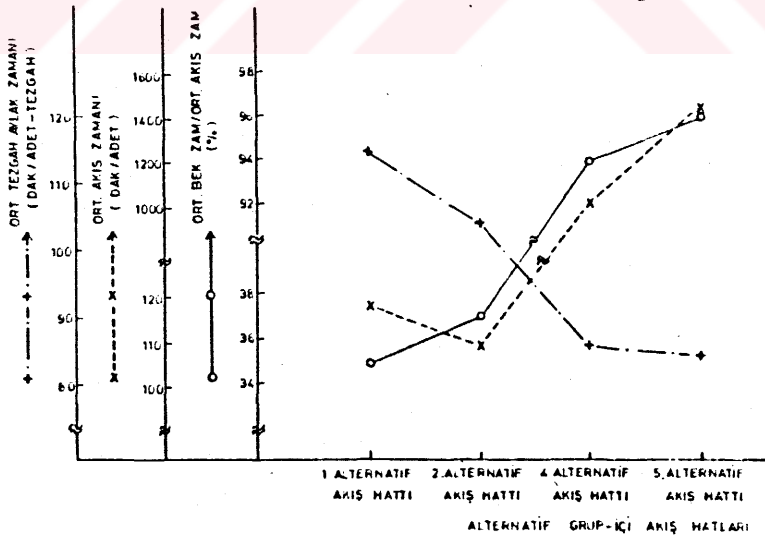
Bu grup için de yine farklı grup içi düzenlemeler türetirsek, şekil 4.24'de gösterilen alternatif akış hatları ile bu hatların ortalama zaman verimi, geriye dönüş ağırlığı ve tezgah sayıları elde edilir. Şekil 4.25'de ise, aynı parça ailesine ait simülasyon çalışması sonucu görülmektedir. Bir önceki parça ailesine nazaran bu parça ailesinde 4. ve 5. alternatif akış hatları, gerek ortalama akış zamanı ve gerekse iş parçası bekleme zamanı yönünden daha dezavantajlıdır.

Tablo 4.13. 6.alternatif gruplamadaki 2.parça ailesine ait 2.tezgah grubu ve grup ile ilgili bilgiler.

Tezgah Kodu ve Tipi	Tezgah Sayısı	Toplam Tezg.Sayısı	Farklı Parça Tipi Sayısı
103 Üniversal torna	3	19	55
107 Otomat torna	1		
109 Sütunlu matkap	2		
110 Sütunlu matkap	1		
111 Radyal matkap	1		
112 Üniversal freze	1		
113 Üniversal freze	1		
114 Üniversal freze	1		
115 Üniversal freze	1		
116 Dikey freze	2		
117 Dikey freze	1		
118 Dikey freze	1		
123 Yüzey taşlama	1		
124 Yüzey taşlama	1		
127 Revolver torna	1		
Grubun ortalama zaman verimi %44			
Verimdeki standart sapma %24			



Şekil 4.24. 6.alternatif gruplamadaki 2.parça ailesine ait elde edilen farklı alternatif akış hatlarının ortalama verimi, geriye dönüş ağırlığı ve tezgah sayıları.



Şekil 4.25. 6.alternatif gruplamadaki 2.parça ailesine ait farklı alternatif akış hatları için simülasyon sonuçları.

Sonuç olarak bu durumdan kurtulmak veya sistemi iyileştirmek için üç imkan mevcuttur:

- 1) Geriye dönüşü ortadan kaldırarak 1., 2. veya 3.alternatif akış hatlarına geçiş yapmak.
- 2) Darboğaz istasyonlar için paralel tezgah sayısını artırmak.
- 3) Başka gruplamalara geçmek.

En son ele alınan iş parçası ailesi oldukça büyük bir grup olduğundan birinci imkanı uygulamak şekil 4.24'de de izlendiği gibi çok fazla yatırım gerektireceğinden mümkün olamaz. O halde diğer imkanların geçerliliği araştırılmalıdır. Son imkan ise daha önce 2., 3., 4. ve 5.alternatif gruplamalarda ortaya çıkan 2.parça ailesinin ele alınmasına yol açar.

O halde karar verici yönünden sorun, sadece ele alınan grubun, grup içi akış hatları kompozisyonlarını veya sadece grup boyutlarını değil, her ikisini de beraberce düşünecek bir biçimde, son örnekte olduğu gibi, her üç imkanın da düşünülmesi ile çözüme yaklaşmaktır.

Geliştirilen ve tüm bölüm boyunca anlatılan kompüterize metot, görüldüğü gibi birçok yararları yanısıra oldukça geniş imkanlar sağlamaktadır.

SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. Grup Teknolojisi (GT) İmalat Sistemi, sipariş tipi atölye sisteminin aksayan yönleri nedeni ile ortaya çıkmış yeni bir yaklaşımdır. Esas amacı, sipariş tipi atölye sistemindeki iş akışını basitleştirmek ve böylece basit iş akışının sağlayacağı faydalardan yararlanmaktır. Bu çalışmada etkileşimli ve çeşitli alt programların bileşiminden oluşan bütünleşik bir GT yaklaşımı kullanılarak yeni bir metot geliştirilmiştir. Bu metottan ayrıca elde edilecek sonuçların, özellikle sipariş tipi atölye sistemi ile karşılaştırılmasının gerekliliği belirlenmiş ve bu, uygulanmıştır.

2. GT imalat sistemi tasarımının grup analizi çalışmalarında şimdiye değin geliştirilen teknikler, sezgisel nitelikte ve tek bir çözüme ulaşmayı amaçlamışlardır. Ancak bu tekniklerin etkin bir GT sistemi kurduğu söylenememektedir. Bu yüzden burada geliştirilen metodun, karar vericiyle etkileşime girebilecek özelliklere sahip birçok alternatif yerleşim düzenleri türeten ve böylece uzlaştırıcı özelliği baskın olacak bir şekilde tasarlanması uygun görülmüştür.

3. Etkin bir GT imalat sistemi için grup analizi ile grup içi düzenleme analizinin ayrı ayrı düşünülmemesi gerekmektedir; üçüncü aşama gibi görülen grup içi düzenleme analizinden her an ikinci aşama grup analizine dönüş mümkün olmalı ve karşılıklı etkileşimleri izlenmelidir. Bu da geliştirilen metotla sağlanmış ve aralarında büyük bir ilişki olduğu gösterilmiştir.

4. GT imalat sistemi tasarımı için simülasyon çalışması zorunludur. Çünkü tesis yerleşim düzenleri alternatiflerini gerçek bir sistemde deneyerek karşılaştırmak hem pahalı, hem de mümkün görülmemektedir. Simülasyon çalışması karar vericinin sonuçlardan tatmin olabilmesi için tek çare olarak geliştirilen metoda yansıtılmıştır.

5. Akış hattı yerleşim düzenini değerlendirmek için, simülasyon çalışmasında akış zamanı, makina aylak zamanı ve bekleme zamanı ölçütleri yeterli görülmüştür.

6. GT ayrıca küçük parti imalatı arayışlarının da bir ürünüdür. Bu nedenle simülasyon çalışmalarında parti miktarı değişimlerini de değerlendiren özellik kazandırılmıştır.

7. Grup içi yerleşim düzenlemesinin etkinliği, grup içine giren iş parçalarının operasyon sırası benzerliği ve operasyon çeşitliliği ile değişir. Bu değişimi gözlemek üzere grup içinde çok çeşitli alternatif akış hatları oluşturulup bunların değerlendirilmesi en iyi yol olarak belirlenmiştir. Çünkü geliştirilen metot uygulamaları ile herhangi bir ölçütün optimizasyonu için oluşturulmuş bir akış hattının, çok çeşitli ölçütleri optimize ettiği, başka bir deyişle grubu en iyi bir şekilde temsil edebileceğinin söylenemeyeceği ispatlanmıştır.

8. Alternatif akış hattı kompozisyonlarının (oluşturulan istasyonlardaki makina tipleri ve sayıları), belirli bir planlama periyodundaki gerekli iş parçası imalat miktarlarına bağlı olduğu, düşünsel bir örnek üzerinde farklı talep tahminlerine göre düzenlenmiş üretim programları sonucu gösterilmiştir. Bu nedenle incelenen herhangi bir sistemin gerektirdiği bir durumda, imalat miktarları üzerine hassasiyet analizi yapılmasının uygun akış hattı alternatiflerinin seçiminde ışık tutacağı ispat edilmiştir.

9. Tüm bahsedilen metot bütünlük olarak kompüterize hale getirilmiş ve doğruluğu düşünsel örnek üzerinde sınanmıştır. Ayrıca bu kompüterize metot imalatla darboğaz yaşayan endüstriyel bir firmada uygulanmış, oldukça yararlı ve olurlu sonuçlar elde edilebileceği gösterilmiştir.

10. Endüstriyel firmada öncelikle elle yapılan fabrika akış analizi sonucu prosesler arasında oldukça karmaşık bir iş akışı olduğu gözlenmiştir. Burada prosesler arasından iki proses biriminin birleştirilmesi ile bu akışın ne denli basitleştirilebileceği gösterilmiştir.

11. 144 adet iş parçasını ve 36 çeşit takım tezgahını içeren birleştirilmiş grup için geliştirilen analiz tekniği uygulanmış ve ilk aşamada yedi alternatif gruplama oluşturulmuştur. Her grupta sırasıyla bir (sipariş tipi atölye sisteminin kendisi), on dört, beş, yedi, dört ve üç adet grup vardır. Böylece farklı boyutlarda gruplar ile farklı grup içi kompozisyonları elde edilerek karar vericiye çok çeşitli alternatiflerin sunulması sağlanmıştır.

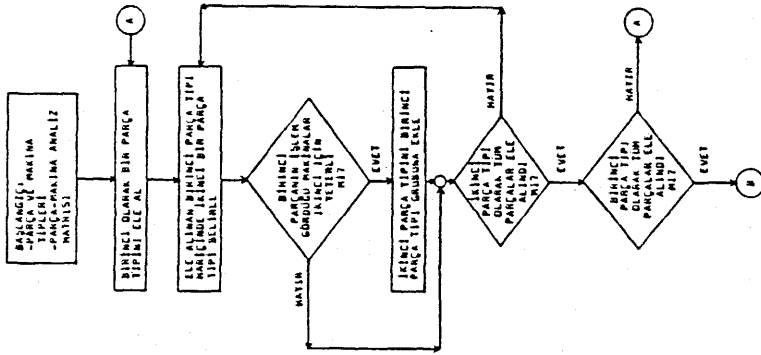
12. Metotta karar verici için türetilen çeşitli alternatif sonuçlarından, aşağıda belirtilen genellemeler yapılabilir:

İmalat sisteminde fazla sayıda grup elde etmek, iş akışını basitleştirir. Ancak mevcut makinelerin birçok farklı gruba bölünmeleri gerekebileceğinden fazlasıyla ekstra makina ihtiyacı ortaya çıkabilir. Büyük gruplara geçiş ile bu sakıncanın azalmasına karşın, gruba girecek olan çok çeşitli iş parçası ile daha fazla makina, iş akışının karmaşık olmasına neden olabilmekte veya iş akışını basitleştirmek için aşırı sayıda makinaya ihtiyaç gösterebilmektedir. Grup içindeki yerleşim alternatiflerine gelince, 4. ve 5.alternatif akış hatları diğerlerine göre düşük yatırım maliyetine sahip olmasına karşın, gerek beklenen ortalama akış zamanı ve gerekse iş parçası bekleme zamanı açısından dezavantajlı olabilmektedir. Böyle durumlarla karşılaşıldığında geliştirilen metot, istenildiğinde bunlardan kurtulmak için aşağıdaki imkanların denenebilmesini sağlamıştır. Bunlar:

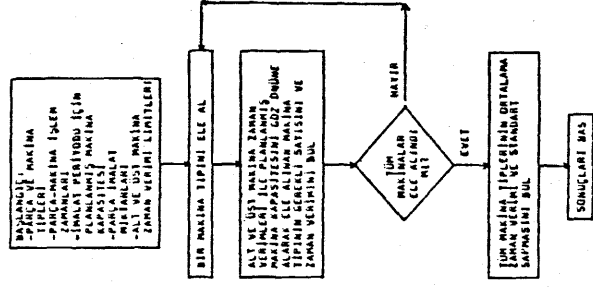
- i. Diğer alternatif akış hatlarına geçiş yapmak,
- ii. Darboğaz istasyonlar için paralel makina sayısını artırmak,
- iii. Üretilmiş veya üretilecek başka gruplamalara geçmek.

13. GT'nin başarılı bir şekilde yerine getirilmesi için etkin bir grup düzenlemesi gerek şarttır. Ancak yeterli değildir. Bu nedenle GT için ayrıca üretimde etkin bir Akış Kontrolü tesis edilmeli ve nihayet organizasyon yapısı tüm bu değişikliklere uydurulacak bir şekilde yeniden düzenlenmelidir. Son iki aşamaya bu çalışmada yer verilmemiştir. Ancak son iki aşama dahil üretimde GT için özellikle son yıllarda birçok yabancı yayına rastlanmıştır. Bu yüzden ülkemizde de bu çeşit çalışmalar üzerinde araştırmaların yoğunlaşmasının, endüstriyel sektörümüzün daha verimli işleyişi için büyük katkısı olacağı ayrıca vurgulanmalıdır.

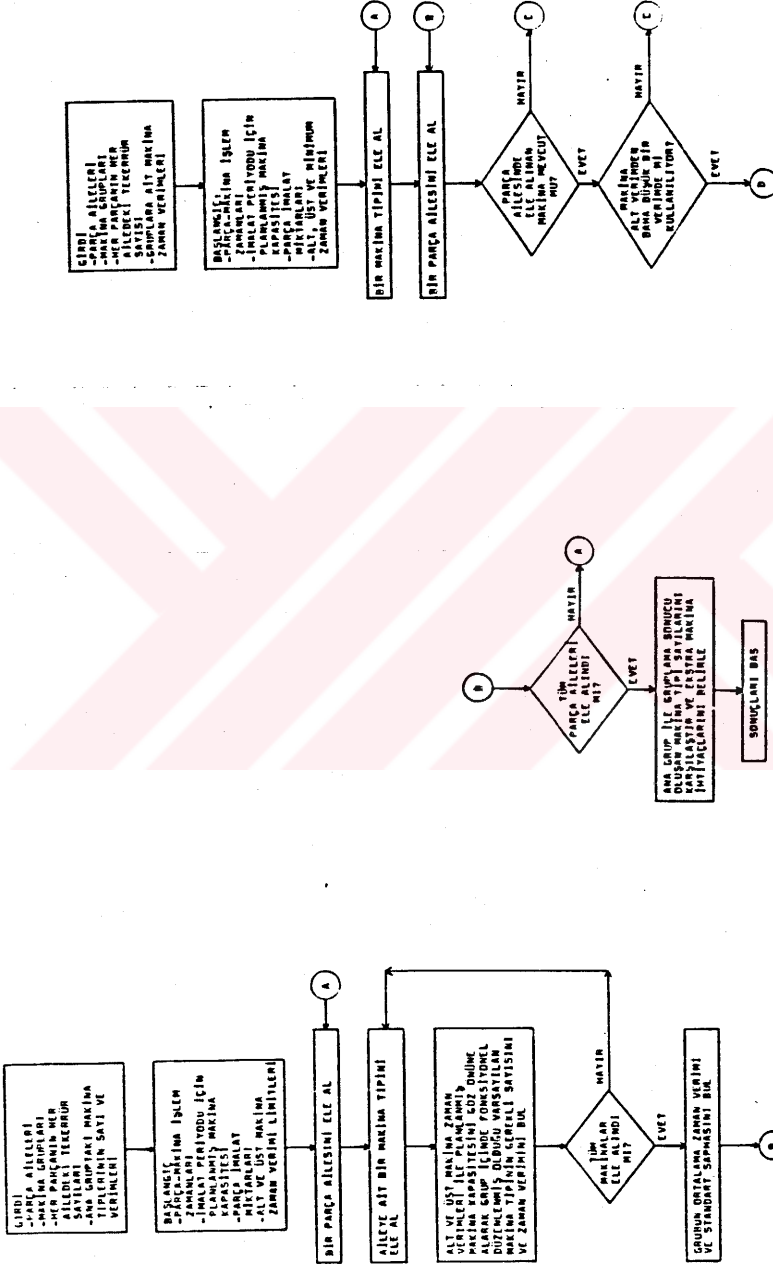
EK (AKIŞ DİYAGRAMLARI):



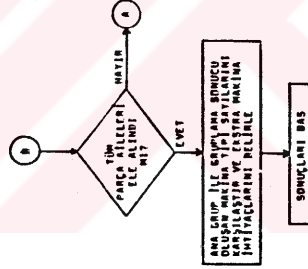
Şekil E.1. Makinam sayıda parça ve makinam gruplarını oluşturan ana programın akış diyagramı.



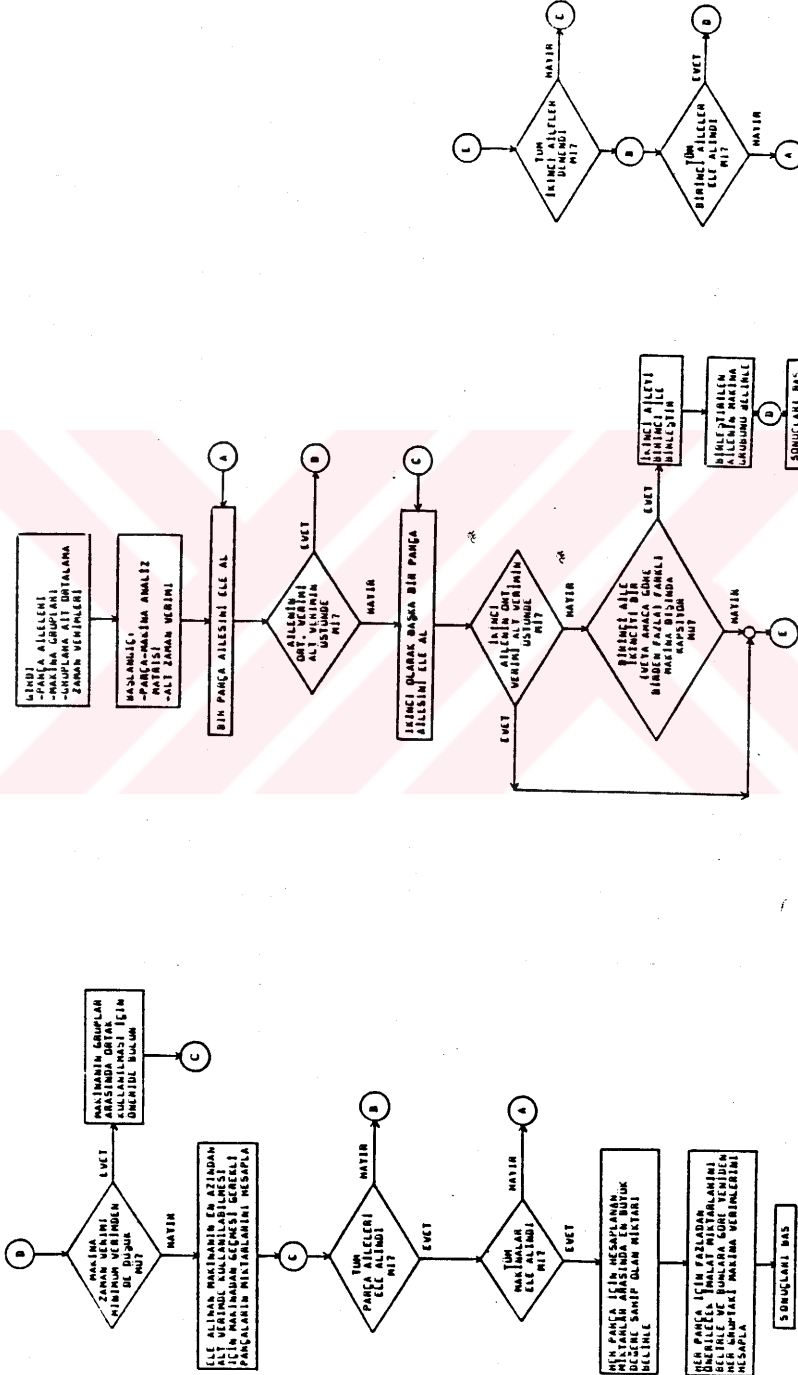
Şekil E.2. Ana grup fonksiyonel düzenlenmesinde gerekli makinam sayısının ve zaman verilerinin elde edilmesi.



Şekil E.3. Eide edilen grupların fonksiyonel eesee göre gerekli makine sayıları ve zaman verileri ile gruplamadan doğan ekatta makine ihtiyacının bulunması.



Şekil E.4. Her makine grubunda ortak kullanılması önerilen makineler ile alternatif parçaları tablosunun geliştirilmesine esee olan inelat miktarlarının elde edilmesi.



Şekil E.4. (Devam ediyor).

Şekil E.5. Grupları birleştirerek yeni grupların elde edilmesi (birleştirme ölçütü ortalama zaman verimi ile makine tipi benzerliğidir).



Şekil E.12. (Devam ediyor).

YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. BLACK, J.T., Cellular Manufacturing Systems Reduce Setup Time, Make Small Lot Production Economical, Industrial Engineering, 15, 11, Kasım 1983, s. 36-48.
2. DURMUŞOĞLU, M.B., Üretim Sistemleri Tasarımında Grup Teknolojisi Yaklaşımı, 1.Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, ODTÜ, Ankara, 19-21 Eylül 1984, s. 327-334.
3. BURBIDGE, J.L., Production Flow Analysis, Proc. of an International Seminar, Turin, 1969, s. 90-123.
4. TILSLEY, R., MONWRAY, M. ve LEWIS, F.A., Flexible Cell Production Systems - A Realistic Approach, Annals of the CIRP, 25, 1, 1977, s. 269-271.
5. SINHA, R.K. ve HOLLIER, R.H., A Review of Production Control Problems in Cellular Manufacture, Int. J. Prod. Res., 22, 5, 1984, s. 773-789.
6. BURBIDGE, J.L., Group Technology in the Engineering Industry, Mechanical Engineering Publications Ltd., London, 1979.
7. HITOMI, K. ve HAM, I., Operations Scheduling for Group Technology Applications, Annals of the CIRP, 25, 1, 1976, s. 419-422.
8. MOSIER, C.T., ELVERS, D.A. ve KELLY, D., Analysis of Group Technology Scheduling Heuristics, Int. J. Prod. Res., 22, 5, 1984, s. 857-875.
9. KIMURA, O. ve TERADA, H., Design and Analysis of Pull System, A Method of Multi-Stage Production Control, Int. J. Prod. Res., 19, 3, 1981, s.241-253.
10. CONNOLLY, R. ve SABBERWAL, A.J.P., Management Structure for the Implementation of Group Technology, Annals of the CIRP, 1971, s. 159-169.
11. BURBIDGE, J.L., A Study of the Effects of Group Production Methods On the Humanisation of Work, Final Report, International Centre for Advanced and Vocational Training, Turing, 1975.
12. HUTCHINSON, G.K., Flexibility Is Key To Economic Feasibility of Automating Small Batch Manufacturing, Industrial Engineering, 16, 6, Haziran 1984, s. 77-86.

13. BOUCHER, T.O., Lot Sizing in Group Technology Production Systems, *Int. J. Prod. Res.*, 22, 1, 1984, s. 85-93.
14. STECKE, K.E., Machine Interference: Assignment of Machines to Operators, *Handbook of Industrial Engineering*, Ed: Gavriel Salvendy, Bölüm 3.5., John Wiley and Sons, Inc., New York, 1982.
15. GREENWOOD, N.R., HANNAM, R.G. ve VALENTINE, B., Multi-Machining Studies by Computer Simulation for Production Planning, *Proceedings of Twentieth International M.T.D.R. Conference*, 1976, s. 541-546.
16. SABBERWAL, A.J.P. ve CONNOLLY, R., Role of Group Technology in Optimising the Manufacturing Variables, *Annals of the CIRP*, 20, 1, 1971, s. 93-94.
17. BURBIDGE, J.L., *The Introduction of Group Technology*, William Heinmann Ltd., London, 1975.
18. GALLAGHER, C.C. ve KNIGHT, W.A., *Group Technology*, The Butterworth Group, London, 1973.
19. GOMBINKSKI, J., Classification for Family Grouping Success, *Metalworking Production*, 108, 17, Nisan 1964.
20. "How Group Technology Benefits Engineering Firm", *Data For Management on Classification and Coding*, E.G. Brich and Partners Ltd., 29 Şubat 1973, s. 284-289.
21. GOMBINSKI, J., The Brisch Classification and Group Technology, *Proc. of an International Seminar*, Turin, 1969, s. 53-66.
22. OPITZ, H., *A Classification System to Describe Workpieces*, Pergamon Press, Cilt 1 ve 2, 1970.
23. BRANKAMP, K., Objectives, Layout and Possibilities of the Opitz Workpiece Classification System, *Proc. First Int. Conf. Prod. Dev. Manu. Tech.*, 1969, s. 365-383.
24. GALLAGHER, C.C., SOUTHERN, G. ve ABRAHAM, B.L., *A Factory Component Profile for Group Technology*, Machinery and Production Engineering, 29 Şubat 1973, s. 284-289.
25. GALLAGHER, C.C., BANERJEE, S.K. ve SOUTHERN, G., *Group Technology in the Shipbuilding Industry*, *Int. J. Prod. Res.*, 12, 1, 1974, s. 45-54.
26. MONDEN, Y., *Toyota Production System*, Industrial Engineering and Management Press, Norcross, 1983.

27. SCHONBERGER, R.J., Plant Layout Becomes Product-Oriented With Cellular, Just-In-Time Production Concepts, Industrial Engineering, 15, 11, Kasım 1983, s. 66-83.
28. SOCAL, R.R. ve SNEATH, P.H.A., Principles of Numerical Taxonomy, Freeman Co., 1968.
29. Mc AULEY, J., Machine Grouping for Efficient Production, Prod. Engnr, 51, 1972, s. 53.
30. de BEER, C. ve de WITTE, J., Production Flow Synthesis, Annals of CIRP, 27, 1978, s. 389-392.
31. RAJAGOPALAN, R. ve BATRA, J.L., Design of Cellular Production Systems, a Graph-Theoretic Approach, Int. J. Prod. Res., 13, 6, 1975, s. 567-579.
32. DEO, N., An Introduction to Graph Theory and Its Applications to Computer Science and Engineering, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1973.
33. de BEER, C., Analysis of Engineering Production Systems as a Base for Product-Oriented Reconstruction, Annals of CIRP, 25, 1976, s. 439-441.
34. de WITTE, J., The Use of Similarity Coefficients in Production Flow Analysis, Int. J. Prod. Res., 18, 4, 1980, s. 503-514.
35. Mc CORMICK, W.T., SCHWEITZER, P.J. ve WHITE, T.W., Problem Decomposition and Data Reorganization by a Clustering Techniques, Opns. Res., 20, 1972, s. 993-1009.
36. KING, J.R., Machine-Component Grouping in Production Flow Analysis, An Approach Using a Rank Order Clustering Algorithm, Int. J. Prod. Res., 18, 2, 1980, s. 213-232.
37. KING, J.R. ve NAKORNCHAI, V., Machine-Component Group Formation in Group Technology: review and extension, Int. J. Prod. Res., 20, 2, 1982, s. 117-133.
38. MANSOOR, H. ve LEONARD, R., The Design of Standard Cells for Group Technology by the Use of Machine Tool and Workpiece Statistics, Proceedings of Sixteenth International M.T.D.R. Conference, 1975, s. 87-98.
39. ORLICKY, J.A., Materials Requirement Planning, Mc Graw-Hill, New York, 1975.
40. FRANCIS, R.L. ve WHITE, J.A., Facility Layout and Location, An Analytical Approach, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1974.

41. ANEKE, N.A.G. ve CARRIE, A.S., A Comprehensive Flowline Classification Scheme, Int. J. Prod. Res., 22, 2, 1984, s. 281-297.
42. CARRIE, A.S., The Layout of Multi-Product Lines, Int. J. Prod. Res., 13, 6, 1975, s. 541-557.
43. ATHERMITH, D. ve CROOKALL, J.R., Some Organizational Aspects of Cellular Manufacture Based on Computer Simulation, Proceedings of the Fifteenth International M.T.D.R. Conference, 1974, s. 45-54.
44. SUBRAMANIAN, K. ve VENKITADRI, P.M., Simulation of Various Factors Affecting the Cell Performance, Central Machine Tool Institute, Bangalore, India, 1979.
45. ANG, C.L. ve WILLEY, P.C.T., A Comparative Study of the Performance of Pure and Hybrid Group Technology Manufacturing Systems, Using Computer Simulation Techniques, Int. J. Prod. Res., 22, 2, 1984, s. 193-233.

T E Ş E K K Ü R

Genel anlamda, "Grup Teknolojisi" konusunda doktora çalışması yapmamı sağlayan, "Özgür" bir çalışma ortamı hazırlayan, çalışmalarımı destekleyen, yürüten ve yönlendiren Sayın Hocam Prof. Faruk AKÜN ile yaptığı bilimsel eleştiriler ile çalışmama değerli katkılarda bulunan ve çalışmamın son aşamalarını yürüterek yönlendiren, Sayın Hocam Doç. Dr. Gönül ÖZKAYA'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

M. Bülent Durmuşoğlu, 1956 yılında Zonguldak'da doğdu. İlk öğrenimini Moda İlk Okulunda, orta ve lise öğrenimlerini Özel Moda Kolejinde tamamladı (1973). Aynı yıl İstanbul Dev. Müh. Mim. Akademisi, Makina Fakültesine girdi ve buradan 1978 yılında mezun oldu. 1980 yılında aynı akademinin aynı fakültesinde Yüksek Lisans öğrenimini tamamladıktan sonra 1981 yılında, Makina Fakültesi, Takım Tezgahları ve İşletme Kürsüsüne asistan olarak girdi. Aynı kürsünün Yıldız Üniversitesi içinde Endüstri Müh. Bölümünü oluşturmamasından sonra görevini bu bölümde Araştırma Görevlisi olarak sürdüren M. Bülent Durmuşoğlu, 1985 yılında ise, Öğretim Görevliliğine getirilmiştir.

YAYINLARI

1. "Grup Teknolojisi Üretim Yöntemi", Sanayi Mühendisliği Dergisi, 6, 1983, s. 25-27.
2. "Ekonomik Talaş Kaldırma Şartları", Y. Müh. Semra Durmuşoğlu ve Y. Müh. Bülent Durmuşoğlu, Sanayi Mühendisliği Dergisi, 9, 1984, s. 16-19.
3. "Grup Üretiminde Tesis Düzenleme Problemi", Yöneylem Araştırması IX. Ulusal Kongresi, İstanbul, 1984.
4. "Üretim Sistemleri Tasarımında Grup Teknolojisi Yaklaşımı", 1.Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, ODTÜ, Ankara, 1984, s. 327-334.
5. "İmalat Sistemlerinin Ekonomik Tasarımlanması ve Talaşlı Şekillendirmede Uygulamalar", YÜ, Endüstri Müh. Böl., 1985 (Basılmamış eser).
6. "Grup Teknolojisi Üretim Sisteminde Akış Hatları Simülasyonu", Y. Müh. Semra Durmuşoğlu ile birlikte Yöneylem Araştırması X.Ulusal Kongresine sunulan bildiri, İzmir, 1985.
7. "Endüstriyel Robotların Ekonomik Analizi", Abdullah Anar ile birlikte Yöneylem Araştırması X. Ulusal Kongresine sunulan bildiri, İzmir, 1985.