

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GRUP TEKNOLOJİSİ İMALAT SİSTEMLERİ ve Bir Motor Fabrikasına Uygulanması

Yüksek Lisans Tezi

End. Müh. Kasım BAYNAL

Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. M. Bülent DURMUŞOĞLU

İstanbul — 1983

TEŞEKKÜR

Tez çalışması süresince her türlü yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Bülent Durmuşoğlu'na, uygulama esnasındaki yardımlarından dolayı Çelik Montaj Tic. ve San. A.Ş. personeline ve özellikle Sayın Müh. Yavuz Bilgin'e teşekkürü bir borç bilirim.

Kasım BAYNAL

İstanbul, Ağustos, 1988

İ Ç İ N D E K İ L E R

ÖZET

ABSTRACT

BÖLÜM I

	<u>Sayfa</u>
1.1. SİSTEM YAKLAŞIMI VE ÜRETİM SİSTEMLERİ	1
1.2. İMALAT SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	2
1.2.1. Geleneksel İmalat Sistemleri	2
1.2.2. Hücresel İmalat Sistemleri ve Grup Teknolo- jisi	7
1.2.3. Grup Teknolojisinin Ana Hatları	10
1.2.4. Grup Teknolojisinin Tarihçesi	11
1.2.5. Grup Teknolojisinin Verimliliğe Katkıları.	14
1.2.5.1. GT'nin Avantajları	15
1.2.5.2. GT'nin Dezavantajları	18

BÖLÜM II

2.1. GRUP TEKNOLOJİSİNDE PARÇA AİLELERİ VE MAKİNA GRUP- LARININ OLUŞTURULMASI	19
2.1.1. Parça Ailesi	19
2.1.2. Makina Grupları	20
2.2. PARÇA SINIFLANDIRMA VE KODLAMA	21
2.2.1. Parça Sınıflandırma	21
2.2.2. Parça Kodlama	21
2.2.3. Sınıflandırma ve Kodlamanın Amacı	23
2.2.4. Sınıflandırma Yöntemleri	24
2.2.4.1. Göz ile Kısımlandırma	24
2.2.4.2. Dizayn Özelliklerinin sınıflandı- rılması	24
2.2.4.3. Üretim Özelliklerine Göre Sınıf- landırma	24
2.2.4.4. Üretim Akış Analizi	25
2.2.5. Sınıflandırma ve Kodlama Sistemleri	26
2.3. ÜRETİM AKIŞI	29
2.3.1. Fabrika Akış Analizi	30
2.3.2. Grup Analizi	33

2.3.3. Grup İçi Düzenleme Analizi	34
---	----

BÖLÜM III

GRUP TEKNOLOJİSİNDE HÜCRE TASARIMI İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

3.1. ÜRETİM AKIŞ ANALİZİ İLE HÜCRE TASARIMI	37
3.1.1. Benzerlik Katsayılarını Esas Alan Çalışma- lar	37
3.1.1.1. GT'nde Makina-parça Hücrelerinin Oluşturulması	41
3.1.1.2. P-Medyan Modeli	44
3.1.1.3. Ortalama Bağıntılı Kümelendirme Metodu	49
3.2. MAKİNA-PARÇA MATRİSİNDE DİYAGONAL DİZİLİ GRUPLAR OLUŞTURAN METODLAR	60
3.2.1. Bağ Enerjisi Metodu	60
3.2.2. Küme Tanımlama Algoritması	62
3.2.3. Maliyet Analizi Algoritması	68

BÖLÜM IV

4.1. DERECE SIRALAMASINA DAYALI KÜMELENDİRME METODU ..	71
4.1.1. King Algoritması :ROC-1	71
4.1.2. Derece Sıralamasına Dayalı Kümelendirme Yöntemi :ROC-2	78
4.2. ENDÜSTRİYEL ÖRNEK	82
4.3. BİLGİSAYAR PROGRAMI	86
SONUÇLAR	93
ÖZGEÇMİŞ	96
KAYNAKLAR	97

ÖZET

Grup Teknolojisi (GT), küçük parti ve çok çeşit üretimin mevcut olduğu her endüstride kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, çeşitli parçaların az sayıdaki miktarlarının benzer ya da ortak karakteristiklere göre gruplandırmaları şartıyla, çok daha ekonomik olarak üretilebileceği gerçeği üzerine kurulmuştur.

GT, özellikle atölye akış tipi ve sipariş tipi üretim yapan, endüstri işletmelerinde uygulanır. GT üzerine çeşitli teknikler geliştirilmiştir. GT, son 20 yıldan bu yana birçok uygulama alanlarında kullanılmaktadır.

Günümüzde, piyasaların rekabet ortamı, firmaları verimli olmaya zorlamaktadır. Atölye tipi üretimin yaygın olduğu ülkemizde, üretimde verimliliği arttırmanın en etkin yollarından biri de GT yaklaşımıdır.

Sunduğumuz tezin birinci bölümünde üretim sistemleri ve GT hakkında genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde, GT'nin elemanları, parça gruplandırma ve kodlama ve üretim akış analizi konuları kısaca anlatılmaktadır. Üçüncü bölümde ise, GT'nde hücre tasarımı ile ilgili geliştirilmiş bazı teknikler ve algoritmalar üzerinde durulmuştur. Son bölümde ise, King tarafından geliştirilmiş Derece Sıralamasına dayalı Kümelendirme Yöntemi detaylı olarak anlatılmış ve bununla ilgili bir uygulama yapılmış, bilgisayar programı ve çıktısı da konu sonunda verilmiştir.

ABSTRACT

Group Technology (GT) is a technique used in each industry producing small batch sizes and various types of products. This technique has been based upon the fact that various parts in small quantities can be produced much more economically if they are grouped according to their common or similar characteristics.

GT is applied especially in industrial enterprises making job shop and/or flow type production. Various techniques have been developed on GT. GT has been used in many application-areas for 20 years.

Nowadays, the competitive market forces enterprises to be productive. In our country in which the job shop production is common, one of effective ways to increase productivity is GT approach.

In the first chapter of this thesis, general knowledge about production systems and GT is presented. In the second chapter, elements of GT, grouping and coding parts and production flow analysis are described shortly. In the third chapter some techniques and algorithms relating to the group design on GT are emphasized. In the last chapter, Rank Order Clustering Method improved by J.R. King is explained in detail and with an application about this method computer programming and its final output are also presented at the end of the thesis.

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1. SİSTEM YAKLAŞIMI VE ÜRETİM SİSTEMLERİ

Tarih boyunca insanlar, sosyal sistemler içinde, üreterek, ürettiklerini kullanarak veya satarak yaşamlarını sürdürmüşlerdir. İlkel toplumlarda, doğa içinde, mevcut sosyal sistemlerin doğal 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 bu tüm sistemlere uymaya kendini mecbur hissetmiştir. Ne var ki, artan üretim ihtiyaçları sonucu gelişen teknoloji ile kârlılık ve pazar ortaklığına dayalı endüstriyel toplumlar ortaya çıktığında, sistemler yaşam üzerinde daha etkin hâle gelmiştir. Ancak endüstriyel toplumlarda çok karmaşık hâle gelen bu sistemlerin, davranışları hakkında kesin ve genel teoriler kurulamamaktadır. Çünkü, yakın zamana kadar sistemin her elemanı ayrı ayrı incelenmekte, birbirleri ve tüm çevre ile ilişkileri düşünülmemekteydi. Son zamanlarda ise, sistem anlayışı üzerinde önemli bir değişme olmuş ve sistemin elemanları analiz edilirken genel prosese bir bütün halinde bakan bir bilimsel düşünce ortaya çıkmıştır.

Günümüz şartlarında, sistem yaklaşımı düşüncesinden her alanda geniş olarak yararlanılmaktadır. Bu arada, söz konusu kavram, üretim yönetimine de geniş görüş açısı sağlamıştır/5/. 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.

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 geniş bir şekilde anlatılacaktır.

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 /5/:

- 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 şekilde 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 makinelerden boş olanlarında veya boş yoksa, makineler arkasında kuyruğa alınmak suretiyle imalata sokulur. Kısaca, parçaların çoğu belli makinelere bağlanmamışlardır. Makineler için söz konusu olan bu operasyon esnekliği, yüksek makina zaman verimlerine ulaşılmasını sağlar (yeterli yükleme). Ancak bu çeşit 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 operasyon için bitişik bir makineye derhal yükleneme-

mektedir, 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 makineye 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 zamanların 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. Tüklenen parçaların yeniden üretilmeleri, uzun makina hazırlık zamanları yüzünden gecikir. Böylece teslimatta aksamlar doğar.
- h) İş görenler de çok çeşitli parçaları işlemek zorunda kaldıklarından, verimli çalışmaları 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

telaşlı imalatda transfer hatlar verilebilir.

iii) Proje Tipi İmalat Yapan Atölye Sistemi

Üçüncü sistem, proje tipi atölye sistemidir. Genellikle çok büyük (Hareketsiz) birmamul veya servisin oluşturulmasına yöneliktir. Böylece bir mamulun imalatı söz konusu olduğunda, malzeme veya ana parça sabit bir yerde kalır, takımlar, makinalar, 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. Buradaki mamuller -genellikle gaz veya sıvı- hammadde (girdi) ile bitmiş mamul (çıktı) arasında ilişki kuran bir seri işlem veya 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 imalatda 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 tarafın 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 yaklaşır.

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 /5/. Bu ekonomik sistem için öneriler ve sistematik yaklaşımların hepsi Hücreli 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). 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.

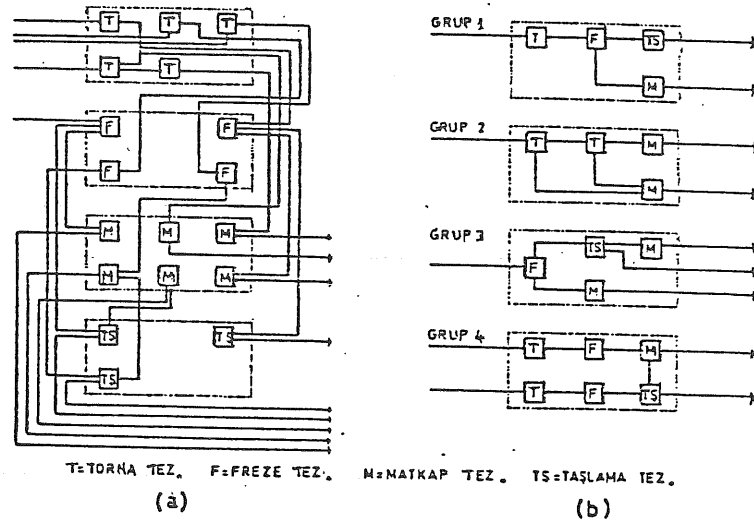
Grup teknolojisi (GT) ise, birçok problemin temelde birbirine benzer olduğundan hareketle, benzer problemleri bularak toplayan ve böylece elde edilen gruplar için tek bir çözüm arayan bir yaklaşımdır. Bu şekilde, zaman ve çabalardan tasarruf sağlanır. Üretimde başarılı bir GT ise, öncelikle imalatta 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 kal-

dırır.Çünkü, hücre içindeki makinalar ve tertibatlar bu hücrede imal edecek bir parça ailesi için, bir tip parçadan diğerine çok hızlı geçecek şekilde yeniden tasarlanabilir. Böylece küçük parti üretimi mümkün olabilmektedir.

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 gerçekleştiğinde, parçanın bütünü için kalite sorumluluğu taşımaktadır.

Bununla beraber, GT'de parça aileleri ve makina gruplarının oluşturulması (grup düzenlemesi) sırasında birçok problem ve zorluklar ortaya çıkar. Bunlardan en önemlileri aşağıda sıralanmıştır:



Şekil 1.1. Karmaşık ve basit iş akışları.

- a) Fonksiyonel düzenleme
- b) Grup düzenleme.

- a) Toplam parça ve makinelerin hücrelere bölünmeleri için uygun bir yöntem biliminin benimsenememesi.
- b) Hücre boyutunun, ekonomik açıdan değerlendirilmesinin zor olması.
- c) Sayısı az makine tiplerinin, özellikle kendi sayısından daha fazla hücreye dağıtılması halinde bazı makinelerin çok fazla, bazılarının çok az yüklenmeleri, başka bir değişle makine zaman verimlerindeki normal değişimler ve ilave makine ihtiyaçlarının ortaya çıkması..
- d) Ürün karması düzensiz değişimlerinin hücrelerdeki makine verimleri üzerine olumsuz etkisi.
- e) Hücrelerin, mamullerin gelecekteki talep artışlarını karşılamak üzere esnek tasarımlanması gereği.
- f) Makine 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 kontrolu yerine akış kontrolunu sağlamaktır. Akış kontrolu için temelde iki yaklaşım vardır. Birincisi, satış tahminlerine dayalı geleceğe yönelik planlamanın üretimi "ittiği" İtme Sistemidir (ing: Push System). Burada kontrol üç aşamada gerçekleşir. Bunlar sırasıyla i. Programlama, ii. Sipariş verme, iii. İş başlatma ve grup çizelgeleme olmaktadır. İkinci yaklaşım, bir prosesin işini bitirdiği zamanda, kendinden önceki procesten malzeme sipariş ettiği ve aldığı, başka bir ifadeyle gerekli imalat miktarlarıyla proseslerin bütünleştirildiği Çekme Sistemidir (ing: Pull System).

GT'de grup düzenlemesi ve üretimde akış kontrolu ger-

çekleştirildikten sonra son aşama, sistemin organizasyon yapısının bu değişikliklere uydurulacak bir şekilde yeniden düzenlenmesidir.

1.2.3. Grup Teknolojisinin Ana Hatları

Bir imalat sistemin etkinliği, çeşitli faktörler vasıtasıyla ölçülür. Bu faktörler, bir mamulun imalatı için gerekli çevrim zamanı çeşitli aktiviteler için müsaade edilen hazırlık zamanları, bağlanmış işletme sermayesi değeri, dağıtım performansı ve makineler ile insanların etkin kullanımı olarak sıralanabilir. Yüksek bir imalat tekniğinde akış hattı üretim yöntemleri kullanımı ile ulaşılabilmektedir.

Akış hattı üretim yöntemleri, kütle üretimi endüstrilerinde yani aynı boyut ve şekilde çok sayıdaki parçaların imalatı söz konusu olduğu hallerde uygulanabilir. Oysaki piyasa taleplerinin düşüklüğü ve değişkenliği, imal edilen mallarda sadece küçük parti ihtiyaçlarının karşılanması, yani parti üretiminin yapılmasını zorlamaktadır.

Parti üretiminde, makineler ve diğer tesislerin herbiri, ardışık partilerle, değişik parçaların farklı biçimlerde işlenmesi için kullanılırlar. "Grup Teknolojisi Sistemi", grup birleştirme ve malzeme akışını basitleştirmeye dayanan parti üretimine yeni bir yaklaşım olmuştur. Kütle imalatında hat düzenleme ile sağlanan avantajlar, parti üretiminde bu teknik ile elde edilmeye çalışılmaktadır.

Grup Teknolojisi (GT) için bugüne kadar bu yöntemi pratik olarak uygulayanlar veya bu konu üzerinde teorik çalışmalar yapıp makaleler yazanlar tarafından birçok tanım yapılmıştır. Bununla beraber Soloja tarafından verilen bir tanım bu metodun esas fikirlerini açıklığa kavuşturmaya yardım eder. Soloja'ya göre, "GT ile birçok üretim sorunlarının benzer olduğu ve benzer problemlerin gruplanması ile

bir problem grubuna tek bir çözüm bulunabileceği, bu şekilde de zaman ve gayretten tasarruf edileceği anlaşılmıştır " /2/.

Daha değişik bir tanım vermek istersek, GT, küçük parti çok çeşit durumunun mevcut olduğu her endüstride kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem çeşitli parçaların az sayıdaki miktarlarının benzer ya da ortak karakteristiklere göre gruptandırılması şartıyla, çok daha ekonomik olarak üretilebileceği gerçeği üzerine kurulmuştur.

GT akış hattı ve daha çok otomatikleştirilmiş üretim yöntemleri gibi yöntemlere müsaade ederek, üretkenliğinin arttırılmasını amaçlayan partiler halindeki imalata yeni bir yaklaşımdır.

1.2.4. Grup Teknolojisinin Tarihçesi

GT terimi yeni bir terimdir, fakat benzer şekillerdeki parçaları, özel olarak gruptandırılmış tezgahlarda imal etme veya parti üretimi için akış hattı yöntemlerini kullanma fikri oldukça eski sayılır.

1925 yılında R.E. Flanders tarafından Amerikan Makina Mühendisleri Birliği'ne (ASME) sunulan bir makalede, "Jones and Lamson Machine Company" firmasında takım tezgahları imalatı için, imalat ve üretim kontrolündeki güçlüklerin, günümüzde GT olarak tanımlanabilecek bir yaklaşımla nasıl ortadan kaldırıldığı anlatılmıştır. Burada özellikle, mamulün standardizasyonu, prosesten ziyade mamule göre bölümlere ayırma, minimuma indirilmiş taşıma, uzaktan kayıtlar ile kontrol yerine işin görülebilir kontrolü vs. gibi hususlar belirtilmiştir.

J.C. Kerr 1938 yılında, Üretim Mühendisleri Enstitüsü'ne genel bir imalat atölyesinin planlanması konusunda bir makale sunmuştur. Bu makale, takım tezgahları gruplarının

"kısımlandırılmasını" tavsiye etmiştir. Aynı yıl Rusya'da Prof. Sokolovsky'nin bir Milli Mühendislik Konferansı'nda "Teknolojik Proseslerin Standardizasyonu" üzerine sunduğu makalede belirtilen esas fikir, teknolojik proseslerin tiplendirilmesinin, makina imal teknolojisinin bir ilim kolu haline dönüştüreceği olmuştur.

1949 yılında, İsveç'teki Scania-Vabis A/C Firması elemanlarından Arn Korling'in, Paris'te "Grup Üretimi ve Produktivite'ye Etkisi" üzerine bir makalesi yayınlanmıştır. Korling bu makale ile, adı geçen firmanın GT prensiplerine göre detaylı bir yeniden organizasyonunu teklif etmiştir.

Bundan sonraki çalışmalar daha ziyade Rusya'da ve Almanya'da yapılmıştır. Rusya'da Prof. Mitrofonov'un çalışmaları genellikle "Aile işlenmesi (imalatı)" diye tanımlanan bir yöntemle ilgili olmuştur/2/. Buna göre parça aileleri bir tek tezgahta imal edilir ve takım tertibat ve teçhizatlar tüm aileyi karşılayacak şekilde seçilir. Mitrofonov tarafından 1953 yılında yayınlanan "Grup Teknolojisinin İlmi Prensipleri" adlı kitap geniş ilgi uyandırmıştır.

1960'larda Batı Almanya'da Aachen Teknik Üniversitesi Takım Tezgahları Laboratuvarı'nda başlatılan ve çeşitli fabrikalarda yürütülen istatistik çalışmaları da GT çalışmalarına dahil edilebilir. Prof. Opitz de bu çalışmalarla ilgili eserler yayınlamıştır. Bu istatistik çalışmalar, GT uygulamaları için kullanılan ve Opitz sistemi olarak bilinen ve işlenmiş parçalara ait bir sınıflandırma sisteminin esasını teşkil etmişlerdir.

Aachen'deki çalışmalarla aynı tarihlerde Çekoslovakya'da V.U.O.S.O. olarak bilinen bir Çekoslovak araştırma merkezinde de parça istatistiği çalışmaları yapılmıştır.

Bu çalışmalardan bir süre sonra İngiltere'de P.E.R.A. ve M.T.I.R.A. gibi kuruluşlar tarafından benzer amaçlarla yapılmıştır.

İngiltere'de Serck-Audco, Ferrodo ve Ferranti gibi endüstriyel kuruluşlar da GT yöntemine ilgi duymuşlar ve çeşitli şekillerde bu yöntemi uygulamaya sokmuşlardır. Yine İngiltere'de Brisch Endüstriyel Müşavirlik Firması sınıflandırma ve kodlama üzerine ihtisaslaşmış bir firma olarak GT'nin gelişmesine ve uygulanmasına yardımcı olmuşlardır.

Daha sonraları, Manchester Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Enstitüsü'nde de parça istatistiği ve GT uygulamaları üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Çeşitli Avrupa ülkelerinde birçok kuruluş tarafından bu sahada çalışmalar yapılmıştır. Bu kuruluşlardan bazıları şunlardır:

Doğu Almanya'da Carl Marx Teknik Üniversitesi ve Zeiss Fabrikaları;

Polonya'da IOPM Endüstriyel Enstitüsü;

Yugoslavya'da IAMA Enstitüsü;

Hollanda'da T.N.O. Enstitüsü;

Norveç'te NAAK Organizasyonu;

Fransa'da SAT ve PTE organizasyonları, Copic Müşavirlik;

İsveç'te PGM Müşavirlik;

İtalya'da Fiat Firması;

İsviçre'de Sulzer Firması.

Amerika Birleşik Devletleri'nde GT uygulamaları ile ilgili çalışmalar ancak son zamanlarda yapılmaktadır. Fransa'daki çalışmalar ise doğrudan doğruya GT'nin uygulaması ile ilgili olmuştur /2/.

1.2.5. Grup Teknolojisinin Verimliliğe Katkıları

Grup Teknolojisi literatüründe oldukça önemli bir yeri olan Burbidge GT hücreleri için temel olarak 7 benzer özellik sayıyor /1/:

- i) Takım: Her grupta genellikle veya sürekli olarak o grupta çalışan bir işçi takımı bulunur.
- ii) Mamul: Her hücrede belirli bir parça ailesi ya da parça kümesi üretilir.
- iii) Tesis: Her hücrede genellikle veya sürekli olarak o hücrede kullanılan bir makina ve takım kümesi bulunur.
- iv) Grup yerleşimi: Hücre işletme yerleşimi açısından bir bölüm oluşturur.
- v) Hedef: Hücrede çalışanlar için belli bir üretim hedefi mevcuttur. Bunu gerçekleştirmek için yetki ve sorumluluk onlara aittir.
- vi) Bağımsızlık: Her hücre, üretim süreci içinde birbirinden bağımsızdır. Değişik performanslarda çalışabilirler.
- vii) Boyut: 35'e kadar işçi ile çalışan hücrelerde pratikte olumlu sonuçlara ulaşılmışsa da genellikle 6 - 15 kadar işçiyle çalışan hücreler tavsiye edilir.

Atölyelerde verim değerlendirmesi yaparken temel olarak şu unsurlar incelenmelidir:

- Makina-kullanımı,
- Proses içi stok,
- Taşıma maliyeti (yerleşim düzeni)
- Üretim planlaması ve kontrolü
- Toplam akış zamanları,
- Hazırlık zamanları,
- Kalite ve işçilik.

Bu temel verim unsurlarını alışagelmiş fonksiyonel yerleşimli atölye tipi üretimle GT açısından değerlendirecektir.

1.2.5.1. GT'nin Avantajları

a) Makina Kullanımı

Atölyelerde ve GT hücrelerinde makina kullanımını olumlu yönde etkileyen faktörler arasında planlama ve kontrolün etkinliği, ayar zamanlarının düşüklüğü, hat dengelemesi ve uygun kalite miktarları sayılabilir. Bu faktörler her iki üretim sistemi açısından incelendiğinde, görülmüyor ki GT sisteminde her ailede benzer parçalar bulunduğu için ortak takım ve aparat kullanılmaktadır. Böylece ayar zamanları oldukça düşük tutulabilmektedir. Eğer hücrede hat oluşturulabiliyorsa hat dengelemesi, oluşturulamıyorsa, düşük ayar zamanları sayısında küçük kafilelerle daha dengeli bir akış sağlanabilmektedir. Hücreler küçük ölçekli sistemler olduklarından elbetteki planlama ve kontrol bu sistemde daha basit olmakta ve optimizasyon tekniklerinin etkin kullanımı gerçekleştirilebilmektedir. Örneğin geniş bir atölyenin çizelgelenmesi için simülasyon gibi optimizasyonu garantileyemeyen veya optimum sonuçlara ulaşmanın zor ve pahalı olduğu teknikler kullanılırken küçük ölçekli bir hücrenin çizelgelenmesinde akış tipine göre (hat) optimizasyona ucuz ve etkin bir şekilde gidilip etkin üretim planlama ve kontrolü sağlanabilir.

b) Proses İçi Stok

Bir üretim sisteminde ara stoklar daha çok üretim tipine göre belirlenir. Hat tipi üretimde ara stoklar düşüktür; kafiye tipi üretimde ara stoklar yüksektir, kafiye miktarları düşürülerek azaltılabilir. Ancak hat tipi üretimde bir parça ailesi ile bir hücre içinde çok ürünün bir hat kurmak genellikle mümkün olmaz. Ortaya çıkan ara çözüm, kesintili çok ürünün hatlarıdır (ing: interrupted multi-product flow-lines). Bunun esası da kafilenin bölünmesi ve birçok makinede aynı anda aynı kafilenin (veya parça tipinin) işlem görmesidir. Tek bir tip parçaya olan talep tüm kapasiteyi dolduramayacağından hat üretimi kesintilidir.

Ayrıca kesinti belli bir proses dilimi için hattın işlenmesi, diğer operasyonların ise daha sonra yapılmasıyla da mümkün olmaktadır. Örneğin hattın tam işlenmesi için gereken makinalardan biri başka bir parça tipi tarafından (başka bir hat tipi) işgal edilmişse hat o anda kesintiye uğrar, ancak makina boşaldıktan sonra geri kalan operasyonlara geçilebilir. Burada hat dendiği zaman akla fiziksel olarak hat, dolu boş hat yerleşimi gelmemelidir. Genellikle hücrelerde birçok yönde akış olduğundan özellikle küçük hücrelerde U tipi yerleşim tercih edilir.

c) Taşıma Maliyeti (Yerleşim Düzeni)

Grup yerleşimi operasyonlar arası uzaklıkların çok büyük ölçekte azalmasını sağlayabilmektedir. 100-150 makinalık fonksiyonel yerleşimli bir atölyede her operasyon arası taşıma uzaklığı ortalama 20 makina (80 metre) iken, 7-20 makinalı bir hücrede ortalama iki makina (8 metre) olabilmektedir. Ayrıca küçük ölçekli hücrelerde sabit taşıma elemanları kullanma imkanları doğmaktadır.

d) Etkin ÜPK

Ölçek küçüldükçe sıralama ve çizgileme işi basitleşmekte ve kompütasyonel olarak daha ucuza çıkmaktadır ve kontrol kolaylaşmaktadır. Örneğin büyük atölyenin simülasyonunda kullanılan bilgisayar fonu, tek tek hücrelerin simülasyonunda kullanılan bilgisayar fonu ile karşılaştırıldığında hücrelerin kullanıldıkları toplam kompüter zamanı atölyeninkinin %35'i kadardır. Ayrıca hücrede ÜPK kavramı proses planlaması ve hücre tasarımı (makina seçimi) sırasında ele alınmalıdır. Bu olayın mükemmelleşmiş hali bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (ing: CAD/CAM, computer aided design/computer aided manufacturing) olarak adlandırılmaktadır.

e) Toplam Akış Zamanları

Toplam akış zamanları düşük tutulabilmesi, ara stokların düşüklüğü ve siparişlerin zamanında yetiştirilmesi açısından oldukça önemlidir. Ancak imalat bir montaj hattını besliyorsa üretim çevriminin azaltılması montaj hattındaki yarı mamul stoklarının azaltılması açısından da can alıcı bir nokta olacaktır.

f) Hazırlık Zamanları

Hücrelerde tasarım olarak birbirine yakın parçalar üretildiğinden genel amaçlı makineler yerine daha özel amaçlı makineler (disk parçalar için kısa yataklı torna) veya ortak takım ve aparat kullanılabilir. Bu da ayar zamanlarının önemli ölçüde azalması demektir. Bunun da sistemleşmiş hali, yeni yeni gelişmekte olan bir üretim kavramı: Esnek İmalat Sistemi (ing: Flexible Manufacturing Systems). Yani geniş bir mamul grubunu önemli takım değişiklikleri yapılmadan ve ayar için zaman kaybedilmeden nümerik kontrollü tezgahlar, bazen de robotlarla donatılmış hatlarda üretilmesidir. Açıkça görülüyor ki imalatta grup teknolojisi sistemine geçilmesi işletmelerde otomasyona geçme imkanlarını ve otomasyondan maksimum derecede verim elde etmeyi sağlayabilecektir /1/.

g) Kalite ve İşçilik

Bu konuda yapılan birçok araştırmada /1/ hücre çalışmasının işçi verimi ve kalite üzerine olumlu etkisi olduğu gözlenmiştir. Belli tip parça üzerinde uzmanlaşmakta, bir işçi birkaç tip makina (rotasyon) kullanabilmekte, bu da monotonluğu azaltıp iş zenginleşmesini sağlamakta, kalite ve verim artmaktadır. Ayrıca otomasyona elverişli bir sistem olan GT'nde tezgahlar otomatikleştikçe kalite ve hassasiyet de artabilmektedir.

1.2.5.2. GT'nin Dezavantajları

Birçok parça kümesi ve bunlara olan talep miktarları mükemmel, yani Burbidge'in saydığı 7 karakteristiği bünyesinde bulunduran GT sistemleri kurmayı mümkün kılmamaktadır. Bu yola gidilirse özellikle makina kullanım oranlarında büyük düşüş gözlenebilir /1/. Uygulamada birçok ara çözüm türetilmiştir, ancak bu hiçbir zaman GT'nin temel felsefesinden vazgeçme anlamına gelmemektedir. Örneğin zaman zaman hücreler arasında işçi kaydırması yapılabilir. Bazı makineler iki hücre tarafından ortak kullanılabilir (Ortak makinanın iki hücrenin sınırına konması uygun) veya bazı özel veya nihaî operasyonlar başka hücrede yapılabilir. Bu da temel bir sapma sayılmaz, çünkü ısı işlem gibi çevre koşulları nedeniyle diğer makinalardan uzakta yapılması gereken işlemler zaten hücre dışında yapılmaktadır. Hücre tasarımında en uygun yol küçük hücreleri (modüller) oluşturup makina kullanım oranları istenilen düzeye gelene kadar hücreleri genişletmektir. GT'nin başlıca dezavantajını yukarıda saydığımız yollarla ortadan kaldırmak birçok uygulamada olduğu gibi mümkündür /1/.

BÖLÜM II

2.1. GRUP TEKNOLOJİSİNDE PARÇA AİLELERİ VE MAKİNA GRUPLARININ OLUŞTURULMASI

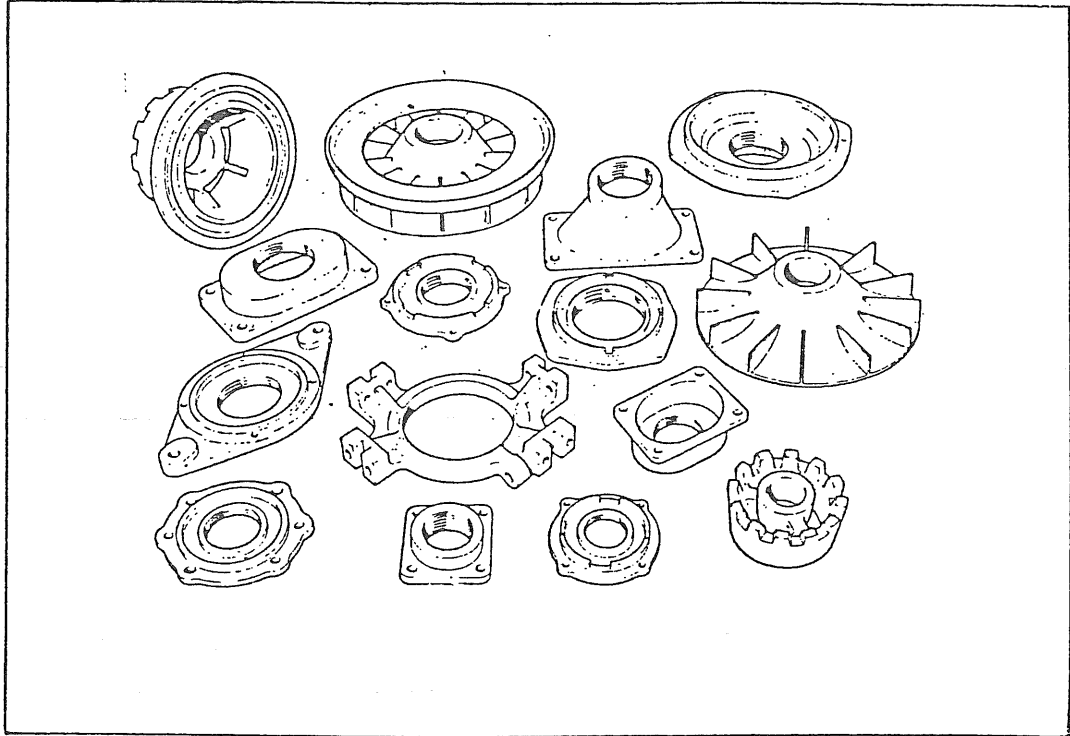
Şu ana kadar, GT'de, diğer sistemlerden farklı olarak önemli iki kavram ileri sürülmüştür. Bunlar; parça ailesi ve makina grubu kavramlarıdır. Bu bölümde bu iki kavram geniş olarak ele alınacaktır.

2.1.1. 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 /5/. Bazı üretim ailelerinde, parçalar biçim ve hatta boyut bakımından birbirine 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 bazı özellikleri farklı olan parçaların, farklı makina kullanımına ihtiyaç göstereceği açıktır. O halde üretim ailesi oluşturmak için, aranan 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. GT için esas, uygun üretim ailelerini bulmaktır. Aksi takdirde makina grupları elde ederek hücre sel imalat sistemlerine geçiş sağlanamaz.

2.1.2. Makina Grupları

Bir grup, bir yerde beraberce yerleştirilmek için seçilmiş bir dizi makinadır /1/. Bunlar, daha önce de belirtildiği gibi, verilen bir parça silesini 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 karşılaşılabılır. Bu takdirde birçok ölçütün ele alınması ve böylece seçime gidilmesi gerekir. ltler arasında belli başlıları, makina zaman verimi ve iř aķıřıdır. Bunlarla ilgili çalışmalara ve önerilere daha ilerideki konularda geniş olarak değinilecektir.



şekil 2.1. Aynı ailedeki şekil yönünden farklı parçalar.

2.2. PARÇA SINIFLANDIRMA VE KODLAMA

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

2.2.1. 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 /5/. 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.

2.2.2. Parça Kodlama

Kodlama, elde edilen sınıflara, sınıfların belirli özellikleri hakkında bilgi taşıyan sembollerin atanması işlemidir /5/. Kodlar, kullanılan sembollerin biçimlerine göre üçe ayrılmaktadır:

- a) Nümerik kodlar -hepsi numara şeklinde.
- b) Alfabetik kodlar -hepsi harf şeklinde.
- c) Alfannümerik 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:

- a) Monokodlar
- b) Polikodlar
- c) Karışık kodlar

Bir monokod, bir önceki hanesindeki bilgiyi, herbir hanesinde genişleten bir kodlama sistemidir. Bir polikodda ise, herbir 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 tadil 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 değişle, birkaç küçük monokod, bir polikod şeklinde beraberce kullanılırsa, depolama kapasitesi artırılabilir.

Üniversalliğine göre de kodlar sınıflandırılabilir:

- a) Üniversal kodlar
- b) İyi uyarlanmış kodlar.

Üniversal kodlar, belirli bir firma ve belirli bir probleme 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. Üniversal kodlar, tüm firmaların ihtiyaçlarını kapsayacak bir şekilde olmalıdır. Aksi takdirde, herhangi bir firmanın ihtiyacını amaca uygun olarak karşılayamaz. Üniversal kodlama yapan bir firma, bu kodun bazı hanelerini de kullanamaz. Çünkü bu kodlama ile firma için gereksiz birçok bilgi tipi de beraberce saklanmaktadır. Diğer taraftan iyi uyarlanmış kodlardaki esas zorluk da, tasarım ve tanıtımın pahalı ve uzun zaman almasıdır.

2.2.3. 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 enazında 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 sırası numarasına göre bir merkezi indekste toplanmalı ve eğer devreye yeni bir parça sokulması 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 klavuz çekilmiş bir deliğe sahip veya belirli bir çeşit ve boyutta malzeme kullanan bir parçalar grubu, derhal ilgili kodlardan bulunabilir.

2.2.4. Sınıflandırma Yöntemleri

Kısımlandırma için dört temel metot vardır:

- i) Gözle,
- ii) Dizayn özelliklerinin sınıflandırılması ile,
- iii) Üretim özelliklerinin sınıflandırılması ile,
- iv) Üretim akış analizi ile.

2.2.4.1. Göz ile Kısımlandırma

Göz ile kısımlandırma, üretim mühendisinin yeteneği sayesinde makina ve parçaların direkt gözlemi ile yapılır. Fakat bu sistemle sınırlı sayıda mamul tipi kullanılır. Örneğin, bir dizel motor imalatçısında krank gövdesi, krank shaftı, kam shaftları, pistonlar ve bağlantı rotları kolaylıkla tanınan aileleri oluşturur ve bunlar genellikle bu birimlere göre özel makina gruplarında yapılırlar. GT'nin çok yakın uygulamalarında bütünüyle veya ana olarak bu yolla planlaması yapılmıştır. Fakat uygulama, parçaların çok sınırlı bir miktarında kalmaktadır.

2.2.4.2. Dizayn Özelliklerinin Sınıflandırılması

Dizayn özelliklerinin sınıflandırılması, GT için ailelerin bulunmasında yardımcı olur. Bu tip sınıflandırma, parçaları dizayn ailelerine böler. Şöyleki, bir aileye ayrılmış parçalar biçim veya fonksiyon olarak benzer olsun.

Çeşitliliğin azaltılması, parçaların yeniden elde edilmesi ve yeni dizayn maliyetlerinin düşürülmesi için bu sınıflandırma şekli idealdir /6/.

2.2.4.3. Üretim Özelliklerine Göre Sınıflandırma

Burada parçalar dizayn özelliklerine göre değil, aynı küçük bir makineler grubunda hepsinin birden işlenebileceği benzer üretim ailelerine göre sınıflandırılır. Bu metot-

ta herbir parça incelenir ve bir kod numarası verilir. Bu kod numarası, malzemenin ana boyutlarının, yivler ve kamalar, kullanılan makinalar, işleme zamanları ve gereksinilen miktarlar gibi özel özelliklerin değerlerini gösterir.

Bu kodların çoğu sadece üretim kodları değil, aynı zamanda dizayn özelliklerinin sınıflandırılmasını da sağlayan bazı rakamlar içerirler.

2.2.4.4. Üretim Akış Analizi

Üretim akış analizi farklı bir mantığa dayanır. Burada yeni aile ve grupların ortaya çıkarılması düşünülmez. Mevcut olan aile ve gruplar bulunmaya çalışılır. Bunun için de parça rota kartlarından geniş ölçüde yararlanılır.

Aile ve grupların oluşturma metotlarının seçiminde olumsuz bir karar vermeden önce çok fazla araştırma yapmak gerekecektir. Bütün bu tekniklerin aynı tip aile bulması ya da bütün üretim durumlarında eşit olarak hepsinin uygulanabilir olması da kesin değildir.

Yapılan bir tahmine göre, 1990 yıllarına doğru, endüstrinin %75'i, imalatla GT kullanıyor olacaktır /6/. Bu da GT'nin ne denli etkin bir üretim yöntemi olduğuna açık bir işaret olmaktadır.

Üretim akış analizi ileride daha geniş olarak üzerinde durulmuştur.

2.2.5. Sınıflandırma ve Kodlama Sistemleri

Parça sınıflandırma ve kodlama amacını güden birçok yöntem vardır. Bunların içinde en önemlileri aşağıda kısaca açıklanmaktadır:

i. Brisch Sınıflandırma ve Kodlama 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) Basit 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 tasarımı 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/5/.

ii) Opitz Sınıflandırma ve Kodlama Sistemi:

1950 yıllarından itibaren, Prof.Dr.H.Opitz ve yardımcılarından oluşan bir grup araştırmacı, Aachen Üniversitesi Takım Tezgahları Laboratuvarı'nda, iş parçaları ile ilgili istatistik bir araştırmaya başlamışlardı; burada deği-

şik imalat programlarına sahip 25 firma incelenmiş ve yaklaşık 320000 makina saati gerektiren 4500 iş parçasının farklı özellikleri kaydedilmiştir. 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 başlamış ve böylece Prof. Dr.H. Opitz'in kendi adı ile anılan Opitz sistemi ortaya çıkarılmıştır. Bu sistem Brisch sisteminin tersi olarak, polikod bir yapıda, üniversal bir özelliğe sahiptir. Sadece iş parçası sınıflandırma ve kodlamasına yönlidir. Üniversal özelliğinden ötürü, bu sistem bir firmanın tasarım, planlama ve üretim bölümlerinin iş parçası ile ilgili farklı ihtiyaçlarını, farklı ölçütler arasında karşılayacak uzlaşık bir karaktere sahip olarak düzenlenmiştir. Sistem 9 haneden ve 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 biçimini, 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.

iii) CODE Kodlama Sistemi

CODE kodlama sistemi, J.H. Bergen ve A.G. Ginouves tarafından geliştirilmiştir. Sekiz haneden oluşan kodun ilk hanesi, parçanın şekline, ikincisi boyutlara, üçüncü hane parçanın iç şekline ve dördüncü hane ise iç ve dış deliklere ayrılmıştır. Beşinci hane kesimleri, altıncı hane kesim deliklerini, yedinci hane en büyük dış çapı, son hane ise parçanın uzunluğunu gösterir.

iv) SAGT Kodlama Sistemi

M.R. Abou-Zeid tarafından geliştirilmiş olan SAGT kodlama sisteminde kod 18 haneden oluşur. İlk hane, en büyük dış çapı, ikinci hane uzunluk/çap oranını, üç ile altıncı haneler arası dış şekille ilgili bilgileri, yedinci ve sekizinci haneler iç şekli, dokuzdan onüçüncü haneye kadar sırasıyla ana delikleri, dişli veya kama yuvalarını, yüzey işleme bilgilerini, hammadde cinsini ve şeklini gösteren kodlar, ondördüncüden onaltıncıya kadarki haneler bitmiş boyutları ve toleransları gösterirler. Son iki hane ise üretime ilişkin bilgiler özetlenir /4/.

Kodlama sistemleriyle parça gruplamada, kodlama işlemleri tamamlandıktan sonra bu kodlar yardımıyla parça-makina grupları oluşturulur.

Kodlama, basitleştirme ve standartlaştırma açısından büyük yararlar sağlar. Bunun yanı sıra kodlama sırasında bazı tasarım hatalarının farkedilmesi kolaylaşır, yeni ürün tasarımı benzer parçaların bilgilerinden yararlanmak mümkün olur. Tüm bu avantajlara rağmen, hazır kodlama sistemleri bütün işletmeler için uygun olmayabilir. Genellikle, makina endüstrisi için geliştirilmiş olan kodlama sistemleri, bu endüstri kolundaki kimi işletmeler için bile uygun olmayabilir.

2.3. 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 makinaları, her aile bir makina grubunda tamamen işlem görebilecek şekilde gruplara bölme işlemidir (hücrenel imalata geçiş).
- 3) Grup içi düzenleme analizi; gruplar içinde, makinalar arasındaki malzeme akışını ve makinalar için "en iyi" tesis düzenini planlama ile ilgilidir.
- 4) Takım-tertibat analizi; her bir makinada, aynı takım-tertibatla işlem görecektir parça ailelerini (takım-tertibat ailelerini) bulma işlemidir.

Üretim akış analizi için sadece

a) Parça rota kartları

b) Tesis listesi

şeklinde iki bilgiye ihtiyaç vardır /5/:

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 gerçekleş-

tirilmesi için gerekli olan makinanın tipi gösterilmelidir.

- Rotalar, üretimde kullanılan gerçek metotların tam bir dökümünü vermelidir.
- İşlem zamanları (hazırlık ve işleme zamanları), herbir 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 herbir 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 üç aşaması incelenecektir.

2.3.1. Fabrika Akış Analizi

Fabrika Akış Analizinin ilk hareket noktası, ele alınan bir fabrikadaki proses birimlerini tespit etmektir. Proses birimleri, fabrika içindeki herbir prosesin gerçekleştirilebilmesi için kullanılan bir tesis grubudur. Bu tesis gruplarını 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 uyuşmayan proses birimleri için gerçekleştirilemeyeceği açıktır. Gerçeklenen bir-

leşmeler sonucunda ise, bölüm veya ana grup dediğimiz kısımlar oluşur. Analiz dokuz temel adımda incelenebilir /5, 8/:

- 1) Fabrikayı proses birimlerine ayırmak (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 elimine etme.
- 9) Standart iç ana gruplar arası malzeme akış sistemini belirleme.

Adımlardan özellikle fabrikayı proses birimlerine ayırmak ve buraya tesisleri tahsis etme aşaması çok önemlidir. Burada amaç belirli bir grup parçayı tamamiyle işleyebilen departmanların kurulmasıdır. İşlemler arasındaki farklar ve diğer etkenler nedeniyle bunu tam anlamı ile gerçekleştirmek imkansızdır. Her parçanın yalnız bir bölümde işlenmesini sağlamak bazı tezgahların birden fazla bölümde bulundurulma zorunluluğunu doğurur. Bu yüzden bir fabrikayı proses birimlerine ayırmak için öncelikle aşağıdaki temel şartlar göz önüne alınmalıdır.

a) Birkaç ana gruba servis zorunda olabilecek (yapması gerekebilecek) tesisler, bir proses biriminin sadece bir parçasını oluşturamaz. Örneğin, testere ve oksijen kesme tezgahlarının dövme 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, ısıtıl işlem örneği ile genişletebiliriz. Isıtıl 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 eğer 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 uyuşmayan prosesleri içerirse, grup analizi sonucunda, aynı şekilde birbirleriyle uyuşmayan makineleri içeren gruplar elde edilebilir.

c) Birbirleriyle uyuşmayı sağlamak şartıyla, eğer iki bölümden biri, diğerini 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.

2.3.2. 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 ile j. makinanın bir ilişkisi yoksa $x_{ij}=0$ alınır. Bu matristen hareketle çeşitli metotlar kullanılarak 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 değiştirerek sadece belirli makina gruplarında işlenecek parça aileleri elde edilmiştir. Şekil 2.1.b'de görüldüğü gibi, 1,4 ve 6 numaralı parçalar, sadece MO5 ve MO3 makineleri, 3,2 ve 5 nolu parçalar da sadece MO4 MO2 ve MO1 makineleri tarafından işlem görmektedir.

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 2.2. a. Parça-makina analiz matrisi.

b. Kümelenendirilmiş parça-makina analiz matrisi

Verilen bu örnekten farklı birçok örnek için yapılan analizlerde değişik durumlarla karşılaşılabilir. Bunlardan biri bazı iş parçalarının hiçbir gruba girmemesi 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 arttırılması düşünülür ve yeniden matris oluşturulup analiz tekrarlanabilir. Grup analizi ile ilgili uygulanan metotlar ileride ayrıntılı olarak incelenecektir.

2.3.3. Grup İçi Düzenleme Analizi

Üretim akış analizinin bu aşamasında, grup analizi sonucunda bulunan gruplar içindeki makinalar arasındaki malzeme akışı incelenir. Bu aşama "Hat Analizi" olarak değerlendirilir ve bunun sonunda tezgahların yerleri ve grubun yerleştirme planı kesinlikle ortaya çıkar /8/. Grup içi analizlerde esas kriter yine akan iş miktarıdır. Bir problemde muhtemel akış tipleri mukayese edilirken işin, bir doğru üzerinde yerleştirilen tezgahlar arasında hareket ettiği düşünülür. Bunun amacı analizi basitleştirmektir ve tezgahların gerçek konumları seçilen akış tipine bağlı kalınmak şart ile, bir doğru üzerinde bulunmayabilir. Aslında en basit akış "doğrusal akış" olduğundan, yerleştirmede ideal olan tezgahları bir doğru üzerinde yerleştirebilmektir. Pratikte bu ideale yaklaşılmaya çalışılır. Bazı hallerde gruptaki tezgahları, herbiri doğrusal yerleştirilmiş küçük gruplara bölme olanağı bulunabilir. Başka bir çare de bir kısım parçalara, tezgahların bazılarını atlattırma veya kullanma sırasını değiştirme sureti ile doğrusal akışa yaklaşımdır.

Her grup ayrı olarak ele alınır. Kimi olaylarda sorun o kadar basittir ki kapsamlı analize gerek duyulmaz. Kar-

[illegible]

(a)

[illegible]

(b)

Şekil 2.2. Departman içi Akış analizinde gruplamanın yapı-
lışı.

- a) 36 iş parçasının a,b,...,s,t gibi 20 ayrı tezgahtan hangilerinde işlendiğini gösteren tablo.
- b) Aynı tablonun iş parçası-tezgah gruplamasından sonra aldığı şekil.

maşık olaylarda analiz sekiz adımda gerçekleştirilir /3 ve 8/:

- i) İşlemlerin sırasına göre yeniden numaralanması,
- ii) Tezgah-işlem frekans tablosunun kurulması. Her tezgahın her işlem için kaç kere kullanıldığı ortaya çıkarılır.
- iii) Tüm tezgah parçaları için tek basamaklı kodlamanın benimsenmesi,
- iv) Grup içi iş akışı diyagramının çizilmesi,
- v) Tüm parçalar için İşlem Rota Sayısının saptanması,
- vi) İşlem Rota Sayısının analizinin yapılması,
- vii) Mümkün olan en basit akış sisteminin tasarlanması,
- viii) İş yükü ve tezgah kapasitelerinin kontrolünün yapılması.

BÖLÜM III

GRUP TEKNOLOJİSİNDE HÜCRE TASARIMI İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

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) tarafından geliştirilmiş ve Mc Auley (1972) bu yaklaşımı üretim akış analizinde önermiştir /5/. Metodun esası, herbir 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 makınaya, hem de tek bir makınaya uğrayan parçaların sayısına ilişkin bir rakama oranıdır. Bu oranı formüle etmek için, makina-makina kombinasyon matrisi kullanılır. Bu matriste i ve j iki ayrı makınayı 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.

Örnek olarak bir makina-makina kombinasyon matrisini ele alalım (şekil 3.1). Bu matristeki her bir makine çifti için benzerlik katsayıları hesaplanarak elde edilen değerler bir tabloda toplanabilir (tablo 3.1). Benzerlik katsayıları elde edildikten sonra, tek hatlı kümelenendirme 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 teppe dallarında, makinalar etiketlenmiştir. Makine etiket düzeni, dalların üst üste gelmesine engelleyici şekilde olma-

lıdır. Dalların birleşme yerinin, benzerlik skolasına kar-

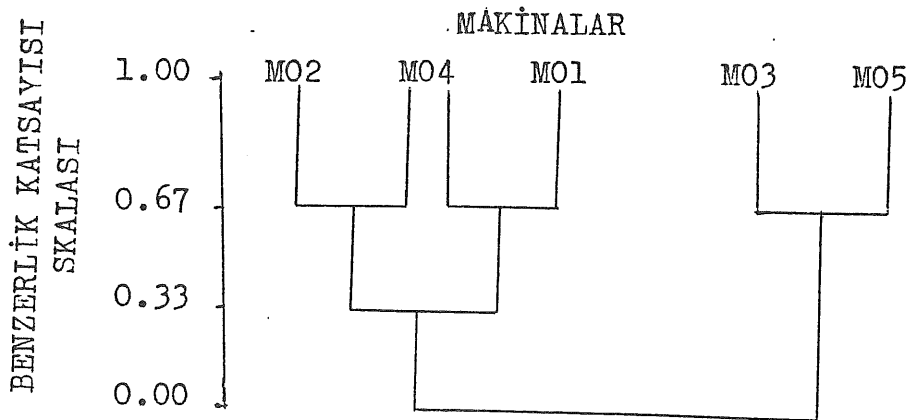
		MAKİNALAR				
		MO1	MO2	MO3	MO4	MO5
MAKİNALAR	MO1	2	1		2	
	MO2		2		2	
	MO3			2		2
	MO4				3	
	MO5					3

Şekil 3.1. Makina-makina kombinasyon matrisi.

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

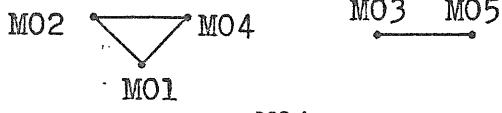
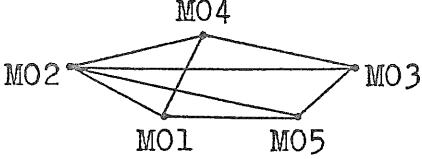
Tablo 3.1. Örnek matris için, her bir makina çiftine ait benzerlik katsayıları.

şılık gelen değeri, sözü edilen dallara ait makina grubunun benzerlik derecesini gösterir. Şekil 3.3'te ise, örnek problemdeki kümelенmenin oluşum sistematığı görülmektedir.



Şekil 3.2. Dendogram (ağaç diyagramı).

Örnek problemde üç alternatif mevcuttur. Birincisi, 1.0 benzerlik katsayısıyla her makineyi bir grupta tasarlamak, ikincisi 0.67 benzerlikle MO1, MO2 ve MO4 makinalarını bir grupta, MO3 ve MO5'i diğer bir grupta olmak üzere iki gruba ayırmaktır. Üçüncü çözüm ise, tüm makinaları 0.0 benzerlikle bir arada toplamaktır. Aynı bir çözüm olarak 0.33 benzerlikle MO1 ve MO2 makinalarını bir gruba almak düşünülebilir. Ancak bu çözüm bizi 0.67 benzerlik düzeyindeki çözüme götürür ve 0.33, 0.67'ye göre daha küçük olduğundan ele alınmaz. Birinci ve üçüncü alternatifler birer ekstrem çözüm olduğuna göre GT için ikinci alternatif aranan çözüm olmaktadır.

Benzerlik	Kümeler	Küme Sayısı
1.0	MO2 MO4 MO1 MO3 MO5 • • • • •	5
.67	MO2 MO4 MO1 MO3 MO5 	2
.0	MO2 MO4 MO1 MO3 MO5 	1

Şekil 3.3. Kümelenmenin oluşumu.

Mc Auley'den sonra, benzerlik katsayısına dayanan başka yaklaşımlar da getirmişlerdir. Bunlardan biri Rajagopalan ve Batra (1975) tarafından önerilmiştir. Yine De Beer ve Witte (1978) çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Son zamanlarda Waghodekar ve Sahu (1984), Seifoddini ve Wolfe (1986) de bu konuda çalışmışlar ve yeni modeller geliştirmişlerdir. Bu iki çalışma, ayrı başlıklar altında açıklanacaktır.

3.1.1.1. GT'de Makina-Parça Hücrelerinin Oluşturulması:MACE

Waghodekar ve Sahu tarafından geliştirilen ve MACE (Machine-Component Cell Formation) olarak isimlendirilen metot /14/ aşağıdaki kavramlara dayanır:

1) Hücre oluşturma, yakın benzerlikleri olan bütün makinaları bir hücrede bir araya getirmeyi amaçlar.

2) Makinaların ve parçaların numarası veya sırası ne olursa olsun, geriye kalan herhangi iki makina arasındaki karşılıklı ilişki değişmez.

3) i ve j makinaları için benzerlik katsayısı aşağıdakilerden bir tanesi ile ifade edilebilir:

i) Toplamalı tip benzerlik katsayısı (Carrie 1973, Rajagopalan ve Batra 1975).

$$SC_{ij} = NCC_{ij} / (TNC_i + TNC_j - NCC_{ij}) \quad (3.3)$$

ii) i ve j makinelerinin her ikisi tarafından işlem gören parçaların toplam sayısına dayanan çarpmalı tip benzerlik katsayısı.

$$PSC_{ij} = (NCC_{ij} \times NCC_{ij}) / (TNC_i \times TNC_j) \quad (3.4)$$

iii) Bir makina tarafından işlem gören (işlenen) ortak parçaların toplam akışına dayanan benzerlik katsayısı.

$$SCTF_{ij} = (NCC_{ij} \times NCC_{ij}) / (TFC_i \times TFC_j) \quad (3.5)$$

Burada,

NCC_{ij} : i ve j makinelerinin her ikisinde işlem gören ortak parçaların sayısı,

TNC_i : i makinasını kullanan parçaların toplam sayısı,

N : Makina sayısı,

TFC_i : Geriye kalan bütün makinalara göre i makinasında işlem gören ortak parçaların toplam akışı.

$$TFC_i = \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^N NCC_{ij}$$

Bu metodun çözüm prosedürü üç safhadan meydana gelir /14/:

Safha 1: Benzerlik katsayısına dayanan makina gruplarının belirlenmesi.

Safha 2: Hücrelerarası akışın benzerlik katsayısına dayanan, hücre gruplarının ve hücrelerarası akışın saptanması.

Safha 3: İkinci safhanın son adımında hesaplanan makina sırası vasıtasıyla parçaların yerleştirilmesi.

MACE, benzerlik katsayısının üç farklı tanımına dayanan üç çıktı verir. Test edilen problem için, toplamalı ve çarpmalı tipi katsayılar özdeş sonuçlar verir. Fakat toplam akış tipi katsayısının uygulanması, hücre yerleştirme için farklı düzen vermektedir. Bununla beraber, katsayıların diğer iki tipiyle bulunan istisnai parçaların sayısı, birçok durumda aynı bulunurlar.

MACE, makinaların toplam sayısına eşit büyüklükteki bir kare matriste çalışır. Bundan dolayı işleme zamanını azaltır. Yine MACE, makinaların benzerlik derecesini hesaba katmaksızın, yakın herhangi iki makinayı, ikisinden birini, ayırma veya yerleştirmede kolaylık sağlar /14/.

Hücreli üretim sistemleri için anlatılan algoritmaların uygunluğu, istisnâî parçaların minimal bir sayı veren sonuçlarında, algoritmaların esneklik ve tutarlıkları test edilmelidir. Birkaç alternatif çözümde, esneklik derecesine güvenilen algoritma önerilebilir. Bu münasebetle, aşağıda bazı temel noktalar verilmektedir.

a) Hücrelerin Büyüklüğü ve Sayısı

Etkili üretim kontrolü ve kolay denetleme için hücrelerin büyüklüğü ve sayısı ile ilgili olarak makinaların, parçaların ve operatörlerin sayısı optimum olmalıdır. Astrop (1973), bir hücrede makina sayısı 8'den 32'ye kadar değişen üç hücre dizayn etti. Marklew (1972), 100 makina ve 57 operatörden meydana gelen 11 hücre kurdu. Marklew, her ne kadar hücredeki makinalar kullanılamazsa da bu sistemin %100 iş kullanımına sahip olacağını savunur /14/. MACE, insanın hüner ve yargısının bileşiminde, hücrelerin büyüklüğü ve sayısı için kabul edilebilir sonuçların elde edilmesinde yardımcı olur.

b) Makina Takımlarının Kullanımı ve Geçerliliği

Makina takımlarının optimum kullanımı için yüklemenin dengelenmesi gereklidir. Bununla beraber, hücre oluşturulması için birçok yaklaşımlar, makina takımlarının çoğaltılmasını savunmuşlar ve hücrelerarası akışları sakıncalı bulmuşlardır. MACE, istisnâî parçaların minimal bir sayıyla, birbirine uygun sonuçları vermeye çalışır. Bundan dolayı, makina takımlarının çoğaltılması problemi, uygulanan maliyet-kâr analizi ile uygun bir şekilde kullanılabilir.

c) İstisnâî Parçaların Durumu

İstisnâî parçaların varlığı hücrelerarası akışlara sebep olur. GT'nin amacı, bu istisnâî parçaları ortadan kaldırmaktır. Bununla beraber, istisnâî parçaların varlığı gerçek hayatta genellikle bulunur. MACE, yine oldukça iyi

sonuçlar verir, yani sonuçta istisnaî parçalar oldukça azdır. Birbirini etkileyen araştırmalar, bu ilave olunan azaltmayı ortaya çıkarmalıdır. Bu konuda bazı önemli düşünceler, maddeler halinde aşağıda belirtilmektedir.

- i) Yakın hücreleri birleştirilmesi
MACE, yakın hücrelerin, hücrelerarası akışlarına dayanarak birbirine komşu yerleştirir. Bu, basit ve hızlı birleşmeyi sağlar.
- ii) Hücre dışında, bir makinede işlenmesi istenen parça işlemenin mümkün eliminasyonu.
- iii) Her hücre, ayrı ayrı, kendisinde bulunan makinaların herhangi birinde, istisnaî parçaların işlenmesi için uygulama imkanı.
- iv) Makinaların çoğaltılması için hazırlık.
- v) Hücrelerin ortak sınırında iki veya daha fazla hücre tarafından istenen ortak makinaların yerleşimi.

3.1.1.2. P-Medyan Modeli

GT'nin arkasındaki düşünce, bir üretim sistemini, alt sistemlere ayıştırmaktır. Bu ayıştırma için bir takım sınıflandırma ve kodlama sistemleri geliştirilmiştir. Ancak bunların uygulanmasının güç ve pahalı olmasından pek uygulanmak istenmemektedir /9/. Bununla beraber sınıflandırma ve kodlama sistemini yerine getirmeksizin GT'nden bazı avantajlar sağlanabilmektedir. Matris şeklinde çözümler bulunarak parça aileleri ve makina grupları tespit edilebilir. Ancak matris oluşturulmasında iki dezavantaj söz konusudur:

- i) Büyük sayıda satır ve sütuna sahip matrisler için kümeleri belirlemek ve göz önünde canlandırmak güçtür.
- ii) Birçok durumda kümelendirilen matrisin diyagonal veya diyagonala yakın yapısını bulmak zordur.

Birinci dezavantajdan sakınmak için "p-medyan modeli" olarak bilinen bir tamsayısal programlama geliştirilmiştir. Bu model aşağıda açıklanmaktadır.

Herhangi iki 0-1 vektörleri,

$$P_i = [a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik}, \dots, a_{im}]^T$$

ve

$$P_j = [a_{j1}, a_{j2}, \dots, a_{jk}, \dots, a_{jm}]^T$$

için

$$\delta(a_{ik}, a_{jk}) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } a_{ik} = a_{jk} \text{ ise} \\ 0, & \text{değilse} \end{cases}$$

olduğunda

$$s_{ij} = \sum_{k=1}^m \delta(a_{ik}, a_{jk}) \quad (3.6)$$

şeklinde bir benzerlik tanımı yapılır.

Önce p-medyan modeli formüle edilerek tanımlanabilir:

n: parça sayısı

m: makina sayısı

p: gerekli parça ailesi sayısı

s_{ij} : i. parça ile j. parça arasındaki benzerlik

(i, j=1, ..., n için $s_{ij}=0$ ve i=j=1, ..., n için $s_{ij}=0$)

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer i. parça j. parça ailesine ait ise} \\ 0, & \text{değilse} \end{cases} \quad (3.7)$$

Amaç fonksiyonu, benzerliklerin toplamını maksimize eder.

M1 çözüm modeli:

$$\text{maks} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n s_{ij} x_{ij} \quad (3.8)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (3.9)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jj} = p \quad (3.10)$$

$$x_{ij} \leq x_{jj} \quad (i=1, \dots, n \text{ ve } j=1, \dots, n) \quad (3.11)$$

$$x_{ij} = 0, 1 \quad (i=1, \dots, n \text{ ve } j=1, \dots, n) \quad (3.12)$$

(3.9) kısıtı, her bir parçanın kesin bir parça ailesine ait olduğunu sağlar. (3.10) kısıtı, gereken parça ailesinin sayısını tayin eder. (3.11) kısıtı, j. parça ailesi belli bir forma girdiğinde i. parça, yalnızca j. parça ailesine ait olduğunu sağlar. (3.12) kısıtı ise bütünlük sağlar. M1 modelini daha açık olarak hesap etmek için aşağıdaki örneği inceleyelim.

parçalar

$$[a_{ij}] = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} & \begin{pmatrix} & 1 & & 1 & 1 \\ 1 & & 1 & & \\ & 1 & & 1 & \\ 1 & & 1 & & \end{pmatrix} \end{matrix} \quad \text{makinalar} \quad (3.13)$$

Çakışım matrisi (3.13) için $p=2$ parça ailesi ve $p=2$ makina hücresi şeklinde p -medyan modeli kullanılıyor, yani, 2 parça ailesi ve 2 makina hücresi olan bir kümelendirme yapılıyor. Önce, (3.13) matrisinden herhangi iki parçası arasındaki benzerlik matrisi s_{ij} tanımlanır.

$$[s_{ij}] = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 4 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 3 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 4 & 0 & 0 & 3 \\ 1 & 3 & 1 & 3 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3.14)$$

(3.14) matrisindeki veri ve $p=2$ için M1 modelinin çözüm sonuçları aşağıda verilmiştir:

$$x_{11}=1, x_{31}=1 \text{ ve } x_{24}=1, x_{44}=1, x_{54}=1$$

(3.7) eşitliğinde x_{ij} 'nin esas alınarak iki parça ailesi,

1. parça ailesi={1,3}
2. parça ailesi={2,4,5}

şeklinde düzenlenir. Bu iki parça ailesi için uygun iki makina hücresi (3.13) matrisinden bulunur:

1. makina hücresi={2,4}
2. makina hücresi={1,3}

Şimdi de bu modelin genelleştirilmiş durumunu inceleyelim:

Makina-parça çakışım (3.15) matrisini göz önüne alalım.

$$\begin{matrix} & \text{parçalar} \\ & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} & & & 1 & 1 & 1 \\ & 1 & & & & \\ 1 & 1 & & 1 & & \\ 1 & & 1 & & & \end{bmatrix} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{makinalar} \\ \\ \\ \end{matrix} \quad (3.15)$$

Bu matrisin yeniden düzenlenmiş satır ve sütunları bir diyagonal matris oluşturmaz. Bu diyagonal yapıyı elde etmek için aşağıdaki genelleştirilmiş çakışım (3.16)matrisi kuru-

lur.

$$\begin{array}{c}
 \text{parçalar} \\
 \begin{array}{ccccc}
 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\
 \text{proses planları}
 \end{array} \\
 \begin{array}{c}
 \overbrace{1 \ 2 \ 3} \quad \overbrace{4 \ 5} \quad \overbrace{6 \ 7} \quad \overbrace{8 \ 9} \quad \overbrace{10 \ 11} \\
 a_{ij} = \begin{bmatrix}
 1 & & & & & & & & & & \\
 & 1 & 1 & & 1 & 1 & & 1 & 1 & & 1 \\
 & & 1 & 1 & & & 1 & & & & \\
 1 & & & 1 & 1 & & & & 1 & 1 & \\
 1 & 1 & & & & 1 & 1 & 1 & & 1 &
 \end{bmatrix} \text{makinalar (3.16)}
 \end{array}
 \end{array}$$

Bu matriste her parça için birden fazla kolon meydana gelmiştir. Bunlardan herbiri değişik bir proses planının yerini tutar.

Kusiak (1985), bir tek parça için proses planlarının bir grubunu meydana getirmenin mümkün olduğunu gösterdi/9/. Bu proses planlarının maliyetlerini, bazı durumlarda az, bazı durumlarda çok değiştirilebilir.

(3.16) matrisini çözmek için geliştirilen tamsayısal programlama modeli aşağıda sunulmuştur.

n : parça sayısı

q : proses planı sayısı

F_k : k adet parça için proses planı sayısı ($k=1, \dots, n$)

p : ihtiyaç duyulan proses ailesi sayısı

s_{ij} : i ve j proses planları arasındaki benzerlik (F_k içindeki i ve j 'ler için $s_{ij} = -\infty$, bütün $i, j=1, 2, \dots, q$ için $s_{ij}=0$, diğer bütün i ve j 'ler için $s_{ij} \geq 0$).

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i. \text{ plan } j. \text{ proses ailesine ait ise} \\ 0, & \text{değilse} \end{cases}$$

Amaç fonksiyonu, benzerliklerin toplamını maksimize

eder.

M2 çözüm modeli:

$$\text{maks} \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^q s_{ij} x_{ij} \quad (3.17)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{i \in F_k} \sum_{j=1}^q x_{ij} = 1 \quad (k=1, \dots, n) \quad (3.18)$$

$$\sum_{j=1}^q x_{jj} = p \quad (3.19)$$

$$x_{ij} \leq x_{jj} \quad (i=1, \dots, q \text{ ve } j=1, \dots, q) \quad (3.20)$$

$$x_{ij} = 0, 1 \quad (i=1, \dots, q \text{ ve } j=1, \dots, q) \quad (3.21)$$

(3.18) kısıtı, her parça için sadece bir proses planını, bir parça ailesine tahsis etmeyi sağlar. (3.19), (3.20) ve (3.21) kısıtları, M1 modelindeki (3.10), (3.11) ve (3.12) kısıtlarına tekabül eder. M2 için bir örnekte benzerlik matrisi bulunmuştur. Bu modeli bir paket programında, bilgisayarda çalıştırılarak aşağıdaki çözümler elde edilmiştir /9/.

$$x_{27}=1, x_{77}=1$$

ve

$$x_{59}=1, x_{99}=1, x_{11,9}=1$$

Bu çözüm, aşağıdaki gibi yorumlanır.

1. proses ailesi={2,7}
2. proses ailesi={5,9,11}

(3.16) matrisinden bu iki proses ailesi için iki makina hücresi bulunur:

1. makine hücresi={2,4}
2. makina hücresi={1,3}

(3.16) matrisin yerini tutan kümelenmiş matris altta gösterilmiştir.

		parçalar					makinalar
		2	7	5	9	11	
2		1	1				
4		1	1				
1				1	1	1	
3				1	1		

Eğer proses ailesi sayısı bilinmiyorsa, yani p belli değilse $p=p_0$ gibi küçük bir sayı ile başlar ve M2 modeli ile çözülür. Şayet proses ailesinin sayısı tatmin edici değilse p 'ye 1 ilave edilir ve M2 modeli çözülür. /9/.

3.1.1.3. Ortalama Bağıntılı Kümelenendirme Metodu

Bu model de, makina hücrelerini oluşturmak için benzerlik katsayısı metodunu (BKM) kullanır. BKM'nu temel alan algoritmalar, makina hücrelerinin oluşumunda, diğer makina-parça kümelenendirme algoritmalarından daha esnektirler. Bu model, BKM'nu esas alan makina-parça kümeleme modellerini üç yolla iyileştirir: İlk olarak, darboğaz makinelerinin çiftleştirilmesi (ing:duplication), ikinci olarak, bu model Tek Bağıntılı Kümeleme Algoritmasının zincir problemini gidermek için, Ortalama Bağıntılı Kümeleme Algoritması (ing: Average Linkage Clustering Algorithm) kullanılır. (Bu algoritmada, iki dizi arasındaki benzerlik katsayısı, iki dizinin bütün elemanları arasındaki benzerlik katsayısı ile tanımlanır.) Son olarak, bu yeni model, belirli veri yığını ve makina-parça kümeleme işlemini büyük ölçüde basitleştiren analiz teknikleri kullanır.

Yeni modelde çiftleştirme, hücrelerarası hareketlerin sayısına dayanır. Model, bu sayıyı, her bir darboğaz makinası için saptar ve darboğaz makinelerini gereken biçimde sayar. Makina sayısını arttırma işlemi, en çok hücrelerarası hareket sayısını üreten makina ile başlar ve giriş değeriince belirlenmiş olandan daha fazla hücrelerarası hareket üretecek makina kalmayınca kadar devam eder. Alternatif çözümler kümesinin üretilmesinde, modele sıralı bir biçimde giriş için, çeşitli giriş değerleri kullanılır. Bir darboğaz makinasının çiftleştirilmesi, diğer darboğaz makinelerin konumlarını değiştirebilmelidir. Bu düşünceyle, içinde, çiftleştirme işlemi nedeniyle, hücreleri bulunan darboğaz makinaları için hücrelerarası hareket sayısı, her bir çiftleştirmeden sonra yeniden hesaplanmalıdır. Darboğaz makina sayısını arttırma işlemindeki bütün adımlar kompüterizedir ve insan müdahalesi gerektirmez /13/.

Çiftleştirme işlemini göstermek üzere, içinde makina-parça grupları olan bir makina-parça tablosu şekil 3.4'de gösterilmiştir. Giriş değerini 1 varsayın; bu şu demektir:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	1	1	1	1								
B	1		1	1	1	1	1			1		
C			1	1	1	1	1	1	1			
D						1	1	1	1	1		
E							1	1	1	1		
F							1	1		1	1	
G											1	1
H											1	1

Şekil 3.4. Makina-parça diyagramı.

Hücrelerin dışından gelen bir parçadan daha fazla olan herhangi bir makina işlemi, çiftleştirme için bir adaydır. Şe-

Şekil 3.4'deki B,C,D ve F makineleri,darboğaz makinelerdir.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	1	1	1	1								
B	1		1	1	1	1	1			1		
C			1	1	1	1						
D						1	1	1	1	1		
E							1	1	1	1		
C							1	1	1			
F							1	1		1	1	
G											1	1
H											1	1

Şekil 3.5. C makinasının çiftleştirilmesi ile oluşan makina-parça diyagramı.

C makinası, 7,8 ve 9 nolu parçaları, orta blokta (2 nolu hücrede) işler. Bu makina, çok sayıda hücrelerarası hareket üretir ve çiftleştirme için ilk adaydır. Bu makinanın arttırılmasından sonraki durum şekil 3.5'de görülmektedir. Çiftleştirme için ikinci aday, 7 ve 10 nolu parçaları 2. hücrede işleyen B makinasıdır. Bu makina çiftleştirildiğinde oluşan sonuç şekil 3.6'da görülmektedir. Görüldüğü gibi, B ve C makinalarının arttırılması, 6-nolu parçanın 2. hücreye geçmesini sağlar. Bu da, D'nin bir darboğaz makinası ol-

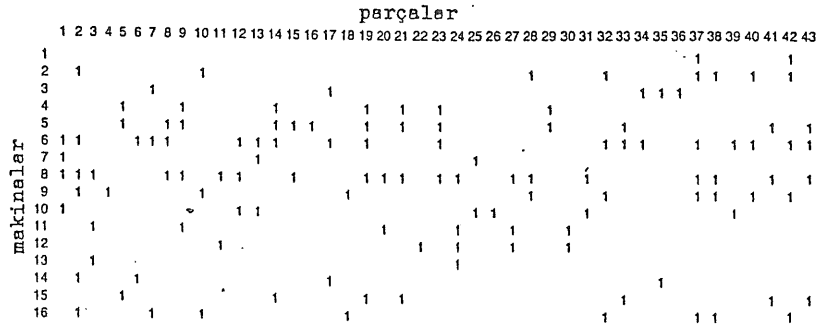
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	1	1	1	1								
B	1		1	1	1							
C			1	1	1							
D						1	1	1	1	1		
C						1	1	1	1			
B						1	1			1		
E							1	1	1	1		
F							1	1		1	1	
G											1	1
H											1	1

Şekil 3.6. B ve C makinalarının çiftleştirilmesi ile oluşan makina-parça diyagramı.

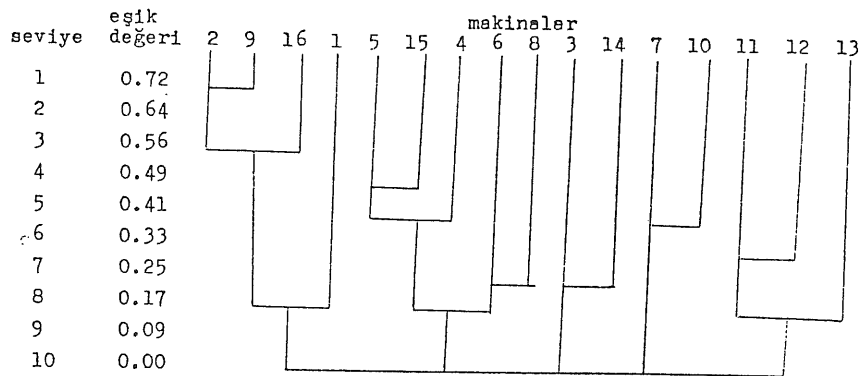
olmasını ortadan kaldırır. Giriş değerinin 1'e eşit olması ile, F makinasının çiftleştirme için bir aday olmadığı ve son makina-parça gruplarının şekil 3.6'da görüldüğü gibi olduğu ortaya çıkar.

Sonuç olarak, birden fazla hücreye giden parçalar, istisnâ parçalar olarak tanımlanır ve bu parçaları işleyen makinalara da darboğaz makinaları denir. Darboğaz makinaları, hücrelerarası hareketleri azaltmak amacıyla çiftleştirilir.

Bu yeni model için, başlangıç makina-parça diyagramı aşağıda verilmiştir:



Şekil 3.7. Orijinal makina-parça diyagramı.



Şekil 3.8. Test problemi için dendogram

Cözüm Yöntembilimi:

Makina-parça gruplandırma işlemi, geniş hacimli veri incelemesini gerektirir. Başlıca veri parçası ikili (ing: binary) tiptir, bir parça-düzeyi veri yığını tekniği, ihtiyaç duyulan yığını ve işlemsel uğraşı azaltmak için kullanılır. Bu tekniğin kullanılmasıyla, makina-parça diyagramındaki verinin saklanması için daha az sayıda bilgisayar kelimesine ihtiyaç hissedilir. Yani, benzerlik katsayılarının işlemi, istisnâ parçaların tanıtımı, darboğaz makinelerinin (ing: bottleneck machines) arttırılması, köşegen biçimli blok oluşumu daha basitleşir /13/.

İkili akış gibi, makina-parça diyagramının bir satırının saklanması için gerekli bilgisayar kelimesi sayısı şöyle tanımlanır:

$$NWORD = \left\lfloor \frac{NPART}{NBITS} \right\rfloor$$

Burada,

NWORD : Bilgisayar kelimesi sayısı

NPART : Parça sayısı

NBITS : Her bir bilgisayar kelimesi için bit sayısı

Bir makina vektörü, tek bir makina üzerindeki parça işlemi ile ilişkili bilgi içeren sıra olarak tanımlanır. Her sıranın NWORD boyutu vardır ve makina-parça diyagramının bir sırası içinde veri içerir. Eğer k makina vektörü MV_k tarafından atanırsa, yeni makina vektörü şöyle tanımlanabilir:

$$MVO = MV_i . OR . MV_j$$

Burada, MVO : i makinasına veya j makinasına giden parçalarla ilişkili bilgi içeren makina vektörü

MV_i, MV_j : i ve j makina vektörleri.

İki hücre arasındaki hücrelerarası hareket sayısını saptamak için, uygun hücre vektörü AND yapılır ve sonuç vektöründeki sıfır olmayan parçaların sayısı hesaplanır. Hücrelerarası hareket sayısına dayanarak darboğaz makineleri belirlenir ve ikileştirme işlemi yerine getirilir.

. Modelin çalışma yöntemini anlatmak ve sonuçları göstermek için, 16 makina ve 43 parça içeren bir makina-parça gruplandırma problemi, bir test problemi gibi seçilmiştir. Burbidge, bu problemi el yöntemi (ing: manual method) kullanılarak çözmüştür. Onun çözümü, yeni modelin sonuçlarını sağlamak için kullanılır. Problemin başlangıç makina-parça diyagramı şekil 3.7.'de gösterilmiştir.

Şekil 3.7'deki veriye dayanarak, 1 ve 2 makineleri arasındaki benzerlik katsayısı (MV_1 ve MV_2 makine vektörleri ile) şöyle hesaplanabilir:

$$MVO = MV_1 \cdot OR \cdot MV_2$$

$$= 010000000100000000000000000001000100001101010$$

[illegible]

Eğer MVO'daki parça 1 ise, bu parçanın uygun i ya da j makinasında bir işlemi var demektir. Aynı yolla, i ve j makinalarının her ikisine giden parçalarla ilişkili bilgi içeren makina vektörü, MVA şöyle tanımlanabilir:

$$MVA = MV_i \cdot \text{AND} \cdot MV_j$$

MVA'daki sıfır olmayan bir parça, makina-parça diyagramındaki uygun parçanın i ve j makinalarının her ikisinde de işlem göreceğini belirtir.

NOR ve NAND'in, MVO ve MVA'da, sırasıyla sıfır olmayan parçaların sayıları olduklarını düşünelim. Böylece i ve j makinaları arasındaki benzerlik katsayısı S_{ij} şöyle hesaplanır:

$$S_{ij} = \frac{\text{NAND}}{\text{NOR}}$$

Bu basit yöntem, makinalar arasındaki bütün çift yollu benzerlik katsayılarını içeren bir benzerlik matrisinin kurulması için temeldir. Benzerlik matrisine, benzer makinaları birlikte getiren bir ortalama bağlantılı kümелendirme algoritması ile erişilir. Makina hücrelerinin istenen sayısını belirleyerek, kümелendirme algoritması ile verilen alternatif çözümler arasındaki belirli çözüm seçilecektir.

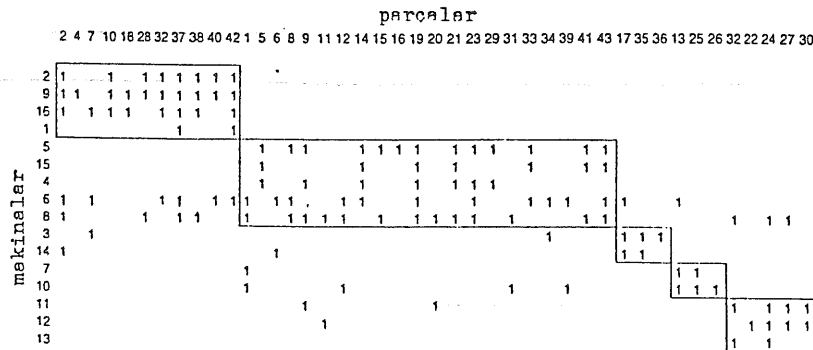
İstisnaî parçaların belirlenmesi ve makina hücrelerine parça sağlanması, modelin diğer başlıca işlevleridir. İstisnaî parçaları, farklı parçaların gittiği hücrelerin saptanması ile belirlenir. Bir bölümün belirli bir hücrede işlem görüp görmeyeceğini saptamak için, hücre içindeki bütün makinalardan herhangi birinin bir parçasının herhangi bir işlemini yapıp yapmadığı kontrol edilir. Parça sayısı ve gerçek alan konumu için gerekli makinalar göz önüne alındığında, bu işin çok zaman tükettiği anlaşılır. İşlemi basitleştirmek için, hücre vektörü düşüncesi çok kullanışlıdır. Bir

MVO ve MVA'daki sıfır olmayan parçaların sayıları sırasıyla 8 ve 2'dir. 1 ve 2 nolu makineler arasındaki benzerlik katsayısı,

$$S_{ij} = \frac{2}{8} = 0.25 \text{ 'dir.}$$

Aynı yolla, diğer bütün makineler arasındaki ikişerli benzerlik katsayıları hesaplanır. Sonuç, makina hücrelerini oluşturmak üzere bir bağlantılı kümelendirme algoritması ile girilen bir benzerlik matrisi olacaktır. Benzerlik matrisi, yeni hücrelerin oluşumuna bağlı değişimleri yansıtmak üzere sürekli gözden geçirilir.

Farklı benzerlik düzeylerindeki makina hücrelerini gösteren dendogram şekil 3.8 'de görülmektedir. 0.17 benzerlik düzeyinde, beş makina hücresi oluşmuştur. 1,2,9 ve 16 nolu makineler 1. hücreyi, 4,5,6,8 ve 15 nolu makineler 2. hücreyi oluşturur ve böylece devam eder. Parçaların uygun hücrelere atanması ile sonuçlanan makina-parça diyagramı şekil 3.9'da görülmektedir. Darboğaz makineleri ile oluşturulan hücrelerarası hareketlerin büyük bir sayısına bağlı olarak, diyagonal blok çok seyrek olarak gerçekleştirilebilir.



Şekil 3.9. Darboğaz makineleri ve istisnai parçaları hücrelere atamadan önceki makina-parça diyagramı.

1 ve 2 nolu makina hücreleri, iki hücre arasındaki hücrelerarası hareket sayısının nasıl saptandığını anlatmak için kullanılır. 1 nolu hücre vektörü CV₁, 1 nolu hücreye ait makina vektörlerinin OR yapılmasıyla oluşturulur:

$$\begin{aligned} CV_1 &= MV_1 \cdot OR \cdot MV_2 \cdot OR \cdot MV_9 \cdot OR \cdot MV_{16} \\ &= 010100100100000001000000001000100001101010 \end{aligned}$$

2 nolu hücre vektörü CV₂ de kendisine ait makina vektörlerinin OR yapılması ile oluşturulur:

$$\begin{aligned} CV_2 &= MV_4 \cdot OR \cdot MV_5 \cdot OR \cdot MV_6 \cdot OR \cdot MV_8 \cdot OR \cdot MV_{15} \\ &= 1110111110111111101110110011101111001111111 \end{aligned}$$

Bu iki hücre vektörü üzerine AND işleminden elde edilen sonuç vektörü aşağıdaki gibi bulunur:

$$\begin{aligned} CVA &= CV_1 \cdot AND \cdot CV_2 \\ &= 01000010000000000000000000001000100001101010 \end{aligned}$$

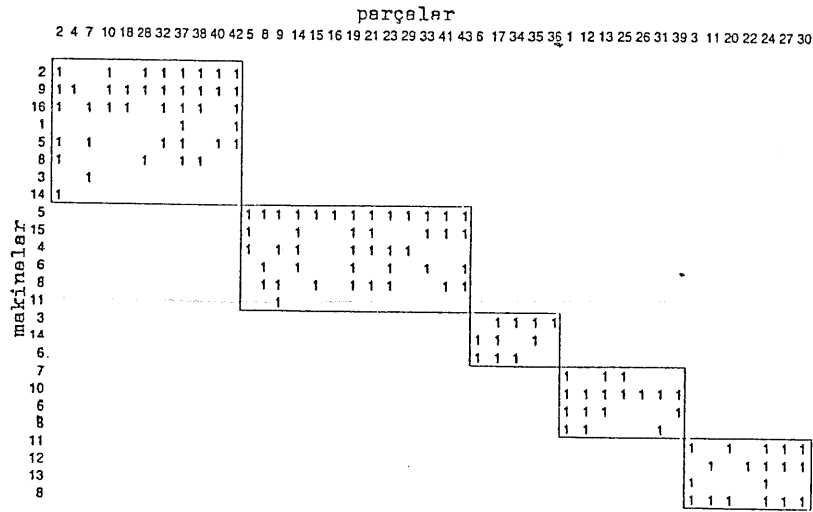
CVA'daki sıfır olmayan parçalar, 1 ve 2 nolu hücrelerin her ikisinde de işlem gören parçalara denktir. Sıfır olmayan parçaların sayısı, iki hücre arasında kaç tane hücrelerarası hareket olduğunu belirler. Darboğaz makinalarının listesi ve hücrelerarası hareketlerin ilişkili sayısı tablo 3.2' de verilmiştir.

Eşleştirme işlemi, en büyük hücrelerarası hareket sayısını oluşturan makina (6 nolu makina) ile başlar ve belirlenmiş olandan daha büyük hücrelerarası hareket sayısı oluşturacak makina kalmayınca kadar devam eder. Eşleştirme için kritik varsayılan hücrelerarası hareket sayısının daha düşük sınırı, LİMİT sıfır olduğundaki eşleştirme sonucu şekil 3.10'daki gibi olacaktır. Görüldüğü gibi, darboğaz makinalarının arttırılması, bütün hücrelerarası hareketle-

rin eliminasyonu ile sonuçlanır. Farklı LIMIT değerleri ile alternatif çözümler incelenebilir.

No	Darboğaz makinalar	Hücrelerarası hareket sayısı
1	6	8
2	8	7
3	10	4
4	11	2
5	14	2
6	3	2
7	7	1
8	12	1

Tablo 3.2. Darboğaz makinalar ve ilgili hücrelerarası hareket sayısı.



Şekil 3.10. LIMIT=0 için makina-parça diyagramı.

3.2. MAKİNA-PARÇA MATRİSİNDE DİYAGONAL DİZİLİ GRUPLAR OLUŞTURAN METODLAR

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

Bağ enerjisi algoritması olarak bilinen genel bir gruplama analizi tekniği, Mc Cormick (1972) tarafından geliştirilmiştir /5/. King (1980) bunu üretim akış analizinde uygulamıştır. Bu metodu uygulamak için makina-makina matrisi yerine, parça-makina matrisinden yararlanılacaktır. Şekil 3.11'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 değiştirilmesinde a-

makinalar						Satır Bağ Enerjisi
	MO1	MO2	MO3	MO4	MO5	
1			1		1	1
2		1		1		
3	1	1		1		
4			1		1	
5	1			1		
6					1	
Sütun Bağ Enerjisi		1		1		3

Şekil 3.11. Parça-makina matrisi ve sahip olduğu bağ enerjisi

şğıdaki alternatifler mevcuttur:

- 1) Satır elemanları yan yana ($x_{ij}, x_{i,j+1}$) aşğıdaki 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 yukardaki 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 3.11'de elde edilen bağ enerjileri de aynı şekilde değerlendirilmiştir. Gruplamanın başarı derecesi, bağ enerjisi ölçüsü ile vurgulanmaktadır. Örnek matriste toplam bağ enerjisi 3'dür. Optimum çözüm, maksimum bağ enerjisini üreten çözümdür. Problem boyutunun 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 3.12'de bu metodun uygulanması sonucu elde edilen maksimum bağ enerjisine sahip, optimum çözümü gösteren makina-parça matrisi verilmiştir. Burada oluşturulan diyagonal dizili gruplar açıkça görülmektedir.

	makinalar					Satır Bağ Enerjisi
	MO5	MO3	MO4	MO2	MO1	
1	1	1				1
4	1	1				1
6	1					
3			1	1	1	2
2			1	1		1
5			1		1	
Sütun Bağ Enerjisi	2	1	2	1		11

Şekil 3.12. Sonuç parça-makina matrisi ve sahip olduğu bağ enerjisi.

3.2.2. Küme Tanımlama Algoritması (İng:Cluster Identification Algorithm)

Bu algoritma, Kusiak ve Chow (1987) tarafından geliştirilmiştir. Algoritma aşağıdaki adımları içermektedir:

- Adım 0: İterasyon sayısı k 'yı 1 ($k=0$) alınır.
- Adım 1: $A^{(k)}$ çakışım matrisinin herhangi bir i satırı seçilir ($A^{(k)}$, k . iterasyonda A matrisini gösterir) ve bu satır (h_i) ile baştan başa çizilir.
- Adım 2: (h_i) yatay çizgisi ile kesişme noktasındaki her 1 girişi için bir (v_j) düşey çizgisi çizilir.
- Adım 3: (v_j) düşey çizgisi ile çakışılan her "1" girişi için bir (h_i) yatay çizgisi çizilir.
- Adım 4: 2. ve 3. adımları, bir defa çizilmiş 1 girişleri kalmayana kadar tekrarlanır. Üstü iki defa çizilmiş bütün 1 girişleri, $O-k$ ve $F-k$ şeklinde kümeler oluşturulur.
- Adım 5: $A^{(k)}$ çakışım matrisinden, üstleri iki defa çizilmiş bütün 1 girişlerin çıkarılması ile geriye kalanlar $A^{(k+1)}$ matrisine dönüştürülür.
- Adım 6: Eğer $A^{(k+1)}$ matrisi O 'a eşit ($A^{(k+1)}=0$, matrisin bütün elemanları ile sıfıra eşit olduğunu gösterir.) ise durulur, aksi takdirde $k=k+1$ olur ve adım 1'e gidilir.

Böylece küme tanımlama algoritması, A matrisinin her bir girişini tam iki kez gözden geçirir. Bununla ilgili açıklayıcı örnek, aşağıda açıklanmıştır. Alttaki parça-makina'ya tekabül eden A matrisi dikkate alınmaktadır:

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{parça} & \text{sayısı} \end{matrix} \\ & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \left(\begin{array}{ccccccc} & & 1 & 1 & & 1 & \\ 1 & & & & & & 1 \\ & & & 1 & & & 1 \\ & & & & & 1 & \\ & & & 1 & & & \\ & & 1 & & 1 & & \end{array} \right) \end{matrix} \begin{matrix} \text{makina} \\ \text{sayısı} \end{matrix} \quad (5)$$

Adım 0:İterasyon sayısı k'ya 1 ate. (k=1)

Adım 1:Matrisin(5)'in 1.satırı seçilir ve h_1 yatay çizgisi çizilir.Adım 1 ve adım 2'nin sonucu matris(6)'de görülmektedir.

Adım 2: v_2, v_3 ve v_5 düşey çizgileri çizilirler.

$$A^{(1)} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \left(\begin{array}{ccccccc} \text{---} & 1 & \text{---} & 1 & \text{---} & 1 & \text{---} \\ 1 & & & & & 1 & \\ & & & 1 & & & 1 \\ & & & & & 1 & \\ & & & 1 & & & \\ & & 1 & & 1 & & \end{array} \right) \end{matrix} \begin{matrix} \text{---} h_1 \\ \\ \\ \\ v_2 \quad v_3 \quad v_5 \end{matrix} \quad (6)$$

Adım 3:Matris(7)'de görüldüğü gibi h_6 yatay çizgisi çizilir.

$$A^{(1)} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \left(\begin{array}{cccccc|c} \hline & & & & & & \\ \hline & 1 & & & & & \\ & & & & & 1 & \\ & & & 1 & & & 1 \\ & & & & & 1 & \\ & & & & 1 & & \\ \hline & & & & & & \\ \hline \end{array} \right) \begin{matrix} -h_1 \\ \\ \\ \\ \\ -h_6 \end{matrix} \end{matrix} \quad (7)$$

$\begin{matrix} v_2 & v_3 & v_5 \end{matrix}$

Matrisi(7)'nin üstü iki defa çizilmiş bütün elementleri $O-1=\{2,3,5\}$ parça ailesi ve $F-1=\{1,6\}$ makina hücrelerini oluştururlar.

Adım 4:Ondan sonra bir defa çizilmiş 1 girişleri kalmayana kadar 2. ve 3. adımlar tekrarlanır.

Adım 5:Matris(7)'de üstü iki defa çizilmiş parçaların (elementlerin) çıkarılmasıyla matris(8) elde edilir.

$$A^{(2)} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 4 & 6 & 7 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \left(\begin{array}{cccc} 1 & & 1 & \\ & 1 & & 1 \\ & & 1 & \\ & & & 1 \end{array} \right) \end{matrix} \quad (8)$$

İkinci iterasyonda ($k=2$),matris(8)'in üstünde 1'den 4'e kadarki adımlar icra edilirler.Bu iterasyon,alttaki matris(9)'da görüldüğü gibi sonuçlanır.

$$A^{(2)} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 4 & 6 & 7 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \left(\begin{array}{cccc|c} \hline & & & & \\ \hline & 1 & & & \\ & & 1 & & 1 \\ & & & 1 & \\ \hline & & & & \\ \hline \end{array} \right) \begin{matrix} -h_2 \\ \\ -h_4 \\ \end{matrix} \end{matrix} \quad (9)$$

$\begin{matrix} v_1 & v_6 \end{matrix}$

Böylece $O-2=\{2,4\}$ ve $F-2=\{1,6\}$ kümeleri oluşur.

Üçüncü iterasyonda ($k=3$) matris(10) meydana gelir.

$$A^{(3)} = \begin{matrix} & & 4 & & 7 \\ & & \vdots & & \vdots \\ 3 & \left[\begin{array}{cc} 1 & 1 \end{array} \right] & -h_3 \\ & \vdots & & \vdots \\ 5 & \left[\begin{array}{cc} 1 & 1 \end{array} \right] & -h_5 \\ & \vdots & & \vdots \\ & v_4 & & v_7 \end{matrix} \quad (10)$$

Bu matrizen $O-3=\{4,7\}$ ve $F-7=\{3,5\}$ kümeleri bulunur. Son kümelendirme sonucu, matris(11)'de, bütün kümeler bir arada görülmektedir.

$$\begin{matrix} & \overbrace{2 \quad 3 \quad 5}^{O-1} & \overbrace{1 \quad 6}^{O-2} & \overbrace{4 \quad 7}^{O-3} \\ F-1 \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 6 \end{array} \right. & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ & 1 & 1 \end{bmatrix} & & \\ F-2 \left\{ \begin{array}{l} 2 \\ 4 \end{array} \right. & & \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ & 1 \end{bmatrix} & \\ F-3 \left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 5 \end{array} \right. & & & \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (11)$$

Küme tanımlama algoritması kullanılarak, matri(5), diyagonal yapılı olan matris(11)'e dönüştürülmüştür. Bu takdirde "diyagonal yapıya sahip olmayan bir çakışım matrisi nasıl kümelendirir?" sorusu ortaya çıkıyor. Bu durumda, anlatılan algoritma biraz değiştirilmelidir /10/. Küme tanımlama algoritması ile onun biraz değiştirilmiş hali arasındaki tek fark adım 4'de (düşey ve yatay çizgilerin çizilmesi işleminin yapıldığı yerde) bir kullanıcı (ing: user) tarafından kontrol edilmesidir. Kullanıcı, küme büyüklüğünü (parça sayısını) kararlaştırır ve birden çok makine kümesine ait olan makineler ve parçalar silinip çıkarılır /10,12/.

GT probleminin çözümünde bir yöntem de, algoritmalarla kombine edilmiş bir uzman sistem (ing: expert system) kullanmaktır. Bu yaklaşım, GT probleminin en karmaşık formüllerini göz önüne almaya imkan verir. Kusiak tarafından ortaya atılan yukarıdaki algoritma, bu yaklaşıma iyi bir şekilde uyar. Buna göre, uzman sistem, GT problemini çözmek için uygun bir model ve algoritma seçer /12/.

Ayrıca, uzman sistem, seçilen model ile yakından etkileşir. Örneğin, modelin parametrelerini değiştirebilir veya kısmi çözümler hesaplayabilir ya dasınırlamalar getirebilir. Gelişmekte olan EXGT'de, GT problemleri tablo 3.3'te gösterildiği gibi 3 sınıfa bölünmüştür.

GT probleminin boyutu	makina sayısı m	parça sayısı n
Küçük	$m < 10$	$n < 30$
Orta	$10 \leq m < 30$	$30 \leq n < 60$
Büyük	$m \geq 30$	$n \geq 60$

Tablo 3.3. GT problemlerinin sınıfları.

GT modelleri 4 katagori altında sınıflandırılabilir: Tam model, yaklaşık model, yalnızca temel proses planları olan modeller ve, temel ve alternatif proses planları olan modeller. Her bir hücredeki makina sayısı ve her bir parça ailesindeki parça sayısı, her ikisi de sınırlandırılabilir ya da her ikisi de sınırlandırılmayabilir veya biri sınırlandırılabilir, diğeri sınırlandırılmaz. Küçük modeller için bir optimal algoritma kullanılır. Orta büyüklükteki modeller için hem optimal, hem de sezgisel algoritma ve büyük modeller için sezgisel algoritma kullanılır /12/.

Endüstriyel GT Problemi:

Takdim edilen düşünce, GT'nin basitleştirilmiş formülasyonuna dayandırılmıştır. Bir endüstriyel GT problemi şu şekilde formüle edilebilir:

Makina hücrelerini tespit et; her bir makina hücresi için üretim maliyeti toplamı maksimum olan parçaları içeren parça ailesini seç ve aşağıdaki sınırlandırmalara karşı olan bir malzeme seç.

- S1: Her bir makinada sağlanabilen işlem zamanı aşılmaz.
- S2: Elde taşınır her malzemenin dolaştırılma sıklığının üzerindeki üst limit aşılmaz.
- S3: Her bir hücredeki makina sayısı, kendi üst limitini aşmaz ya da diğer bir şık olarak her bir makina hücresinin boyutları (örneğin uzunluk) aşılmaz.
- S4: Bazı makinalar, teknolojik gerektirmeler yüzünden aynı hücre içinde bulunmak zorundadır.

Yukarıdaki formülleme, daha önceki algorithmadan daha geneldir. Sadece makina-parça matrisini içine almakla kalmaz, aynı zamanda üretim kapasitesiyle ilgili sınırlama sayısı, malzeme taşıma sisteminin tip ve kapasitesini, üretim imkanının şekil ve boyutunu, vb. de içine alır. /12/. Şüphesiz, her üretim sistemi farklı sınırlamalar kümesine sahiptir.

EXGT'deki bilgiyi simgelemek için üretim kuralları seçilmiştir. Bu tip simgelendirme bilgisi, düşünülen uygulamayı uygun hale getirmek için tabii görünür. Bir örnek kural:

Kural 23: EĞER S3 sınırlaması MC-k makina hücresi için ihlal ediliyorsa, tesadüfi olarak bu makina hücresinden S3 sınırlamasını ihlal eden makinaları kaldır.

Kural 23, bir makina hücresindeki makina sayısı, üst limitini aşıyorsa uygulanır.

3.2.3. Maliyet Analizi Algoritması (Ing:Cost Analysis Algorithm)

Genişletilmiş GT problemi, $A_{m \times n}$ makina-parça matrisinin her bir kolonuna j parçası için c_j ($j=1, \dots, n$) maliyeti dışında, bir önceki konuda (3.2.2'de) ifade edilen standart GT probleminin aynısıdır. Bu maliyetlerden, üstüste gelen parçaların çıkarılmasında yararlanılır. Bu algoritma da yine King ve Chow tarafından geliştirilmiştir /11/.

c_j maliyetini, aşağıdaki manalardan birisine atfetmek mümkündür:

- i) Yan sözleşme yapma maliyeti,
- ii) Üretim maliyeti,
- iii) Parça akış hızı.

Makina-parça matrisi, karşılıklı alt matrislere ayrıştırılabilir kabulü altında, Küme Tanımlama Algoritması etkin bir şekilde standart GT problemini çözer. Tabii ki pratikte çok sık meydana gelmez. Maliyet analizi algoritması, bu algoritmanın ilaveli bir şeklidir. Her ne kadar genişletilmiş GT problemi için dizayn edilmişse de standart GT problemini çözmek için dahi kullanılabilir /11/. Söz konusu algoritma aşağıdaki adımları içermektedir.

Algoritma:

Adım 0: İterasyon sayısı k 'yı 1 ve her hücredeki makina sayısını da N olarak al.

Adım 1: $A^{(k)}$ matrisinden en çok N adet makina ve maksimum maliyet içeren j sütunun seç. Seçilen sütunu baştan başa bir v_j düşey çizgisi ile çizin.

Adım 2: v_j düşey çizgisi ile kesişen 1 girişleri için uygun her bir i satırı için bir h_i çizgisi çizin. Bu düşey ve yatay çizgilerin kesiştiği noktalardaki parçaları işleyen makineler MC- k makina hücresinde olacaklardır.

Adım 3: $V^{(k)}$, h_i çizgisi ile çizilen bütün kolonların kümesi olsun. $V^{(k)}$ kümesinden maksimum maliyetli (veya zamanlı) bir kolon seçin ve bunu küme tanımlama algoritmasına uygulayın. Eğer bu kolon üst limit N 'yi aşarak MC-k'da makinelerin sayısını arttırmazsa üstünü bir düşey çizgi ile çizin; aksi takdirde bu parçayı $A^{(k)}$ 'dan silinecek parçalar kümesine ilave edin. Ondan sonra gelen masimum maliyetli kolonu seçin. $V^{(k)}$ 'nın bütün elemanlarının üzerinden düşey çizgiler geçene kadar bu işlemi tekrarlayın.

Adım 4: Üzeri iki kez çizilmiş bütün 1 girişleri için bir MC-k makina hücresi ve bir PF-k parça ailesi oluşturun.

Adım 5: 1 ve 4 adımları arasında çizilen bütün yatay ve düşey çizgilerle çizilen (üzerinden geçilen) satır ve sütunları kaldırarak $A^{(k)}$ matrisini, $A^{(k+1)}$ matrisine dönüştürün.

Adım 6: Eğer $A^{(k+1)}=0$ ise dur; değilse $k=k+1$ al ve adım 1'e dön.

Bu algoritma, şekil 3.13'teki matrise uygulanarak şekil 3.14'deki çözüm matrisi vermiştir /11/.

		PARÇALAR										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
MAKİNALAR	1		1	1				1				
	2	1				1						1
	3										1	1
	4	1		1			1					
	5					1			1			
	6	1			1				1	1	1	
	7			1	1		1	1		1		
maliyet		2.5	8.0	7.0	6.0	15.0	5.0	10.0	7.0	2.0	30.0	4.0

Şekil 3.13. Maliyet Analizi Algoritması için verilmiş orijinal makina-parça ve maliyet matrisi.

		PARÇALAR										
		2	3	7	6	11	5	8	10	1	4	9
MAKİNALAR	1	1	1	1								
	7		1	1	1						1	1
	4		1		1					1		
	2					1	1			1		
	5						1	1				
	3					1			1			
	6							1	1	1	1	1

maliyet 8.0 70.0 10.0 5.0 4.0 15.0 7.0 30.0 2.5 6.0 2.0

Şekil 3.14. Maliyet Analizi Algoritmasının adımları uygulanarak elde edilen çözüm matrisi.

BÖLÜM IV

4.1. DERECE SIRALAMASINA DAYALI KÜMELENDİRME METODU

King'in 1980 yılında geliştirdiği gruplandırma tekniği "Derece Sıralamasına Dayalı Kümelendirme Metodu (İng: The Rank Order Cluster Method)" olarak anılmaktadır. King'e göre, GT'nde, bir problemin çözümünde karşılaşılan en önemli sorun, birçok makina grubu arasından, aynı yapım özelliklerini ve işlemlerini gerektiren makina grubunu isimlendirmek ve diğerlerinden ayırmaktır.

Parçaların işlem ihtiyaçları bir matris yardımıyla toplu olarak gösterilebilir. Bu gösterimde kullanılan makina-parça matrisi 0 ve 1'lerden oluşur:

- i) Eğer j parçasının, i makinasında işlenmesi gerekiyorsa, $a_{ij}=1$ 'dir.
- ii) Eğer j parçasının, i makinasında işlenmesi gerekmiyorsa, $a_{ij}=0$ 'dir.

Örneklerde daha iyi bir görüş sağlamak amacıyla 0 olarak alınan bütün a_{ij} 'ler boşlukla belirtilmişlerdir.

4.1.1. King Algoritması (İng: Rank Order Cluster Method): ROC-1

Bu algoritma, makina-parça gruplandırmaların oluşması için basit ve etkili biranalitik tekniktir /7/. Benzerlik katsayılarını hesaplamaksızın, makina-parça matrisinin diyagonal olarak gruplandırılmasıyla makina-parça gruplemasını oluşturabilir.

King Algoritması, normal olarak orjinal makina-parça matrisinden başlar. Ancak izlenen yol iteratif karakterde olduğundan, matrisin herhangi bir yeni düzenlenmiş biçimiyle de başlamak mümkündür. Bu metotta makina-parça 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 uygulanır. Sonuçta hem satırlarda, hem de sütunlarda azalan derece sırası elde edilinceye kadar metot devam ettirilir. En son elde edilen satır-sütun kombinasyonuna ait makina-parça matrisi aranan matristir.

Ancak şu da hemen belirtilmelidir; endüstriyel örnekler çok daha büyük matrisler gerektireceğinden çözüme iteratif olarak bu kadar çabuk ulaşılamayacağı gibi, istisnai 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 /5,13/.

Yukarıdaki temellere dayanarak, bir makina-parça gruplaması problemini çözmek için kullanılan derece sıralamasına dayalı kümelenendirme metodu aşağıdaki şekilde uygulanır /7/.

Adım 1: Makina-parça matrisinin her satırı için sıra ile giriş değerlerinin ikili ağırlıklarını oku. Bunları toplayarak satırların ondalık eşdeğerlerini bul. Satırları, ondalık eşdeğerlerin azalma derecesine göre sırala. Aynı değerli her satır için sıralama, elde bulundurma sırasına göre yapılır.

Adım 2: Eğer Adım 1'de elde edilen derece sıraları ile, esas matrisin satır sıraları aynıysa dur; değilse Adım 3'e git.

Adım 3: Makina-parça matrisinin satırlarını, Adım 1'de elde edilen derece sıralarına göre yeniden düzenle. Her sütun için, sıra ile giriş değerlerinin ikili ağırlıklarını oku. Bunları toplayarak, sütunların ondalık eşdeğerlerini bul. Sütunları, ondalık eşdeğerlerinin azalma sırasına göre derecelendir. Aynı ondalık eşdeğere sahip olan sütunlarda derecelendirme yapılırken sütun sırası değişmez.

Adım 4: Eğer Adım 3'te elde edilen sütunların derece sıraları ile, esas matrisin sütun sıraları aynıysa dur; değilse Adım 5'e git.

Adım 5: Makina-parça matrisinin sütunlarını Adım 3'te elde edilen derece sıralarına göre yeniden düzenle ve Adım 1'e dön.

Şekil 4.1'de verilen makina-parça matrisini kümelen-dirme problemini ele alalım. Bu problem için derece sırala-masıyla kümelendirme algoritmasını uygulayalım.

parça makina	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1		1			1		1
2	1					1		
3		1			1			1
4	1		1			1		
5				1			1	
6		1			1			1
7					1			1
8	1		1			1		
9				1			1	
10		1					1	

Şekil 4.1. Orijinal makina-parça matrisi.

Adım 1: İkili sayıların ondalık eşdeğerleri şekil 4.2' de sağda gösterilen değerlerdir. Örneğin 1. satırda,

ikili değer=10100101

$$\text{ondalık değer} = 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ = 165$$

olacaktır. Bunların derece sıraları ise matrisin sağında verilmiştir.

		ikili ağırlık								ondalık eşdeğer	derece sırası
		2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰		
parça	makina	1	2	3	4	5	6	7	8		
1		1		1			1		1	165	1
2		1					1			132	4
3			1			1			1	73	5
4		1		1			1			164	2
5					1			1		18	8
6			1			1			1	73	6
7						1		1		9	10
8		1		1			1			164	3
9					1			1		18	9
10			1					1		66	7

Şekil 4.2. Makina-parça matrisinin satırlarının ikili sisteme göre değerlendirilmesi.

Adım 2: Burada elde edilen derece sıraları, asıl matrisin derece sıralarından farklıdır. Bu nedenle Adım 3'e geçilir.

Adım 3: Satırların, derece sıralarına göre yeniden düzenlemesiyle şekil 4.3'teki matris elde edilir. Sütunlar için ikili ağırlıkların, ondalık eşdeğerleri matrisin altında gösterilmiştir. Hesaplama yukarıdaki gibi yapılmaktadır. Sütunların derece sıraları ise, ondalık eşdeğerlerin hemen altındadır.

Adım 4: Adım 3'te elde edilen derece sıraları, asıl

matristeki sütun derece sıralarından farklıdır. Bu nedenle Adım 5'e gidilir.

parça makina	1	2	3	4	5	6	7	8	ikili ağırlık
1	1		1			1		1	2^9
4	1		1			1			2^8
8	1		1			1			2^7
2	1					1			2^6
3		1			1			1	2^5
6		1			1			1	2^4
10		1					1		2^3
5				1			1		2^2
9				1			1		2^1
7					1			1	2^0
ondalık eşdeğer	960	56	896	6	49	960	14	560	
derece sırası	1	5	3	8	6	2	7	4	

Şekil 4.3. Satırların düzenlenmesiyle oluşan matris.

Adım 5: Sütunların Adım 3'te elde edilen derece sıralarına göre yeniden düzenlenmesiyle şekil 4.4'teki matris elde edilir. Adım 1'e geri dönlür.

parça makina	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	ondalık eşdeğer	derece sırası
1	1	1	1	1					240	1
4	1	1	1						224	2
8	1	1	1						224	3
2	1	1							192	4
3				1	1	1			28	5
6				1	1	1			28	6
10					1		1		10	8
5							1	1	3	9
9							1	1	3	10
7				1		1			20	7

Şekil 4.4. Sütunların düzenlenmesiyle oluşan matris.

1., 2. ve 3. Adımlar sonucunda şekil 4.5 elde edilir.

parça makina	1	6	3	8	2	5	7	4	ikili ağırlık
1	1	1	1	1					2^9
4	1	1	1						2^8
8	1	1	1						2^7
2	1	1							2^6
3				1	1	1			2^5
6				1	1	1			2^4
7				1		1			2^3
10					1		1		2^2
5							1	1	2^1
9							1	1	2^0
ondalık eşdeğer	960	960	896	568	52	56	7	3	
derece sırası	1	2	3	4	6	5	7	8	

Şekil 4.5. Satırların yeniden düzenlenmesiyle oluşan matris.

Adım 4: Elde edilen derece sıraları asıl matrisin sütun derece sıralarından farklıdır.

Adım 5: Bu adımda, şekil 4.6'da görülen matris elde edilir.

1. ve 2. adımlar sonucunda elde edilen satır derece sıraları, asıl matrisin satır sıraları ile aynıdır. Bu nedenle işlemler durdurulur.

Elde edilen makina-parça matrisinde 3 grup oluştuğu görülmektedir. Bunlar,

1,2,4 ve 8 makinaları ile 1,3 ve 6 parçaları 1. grubu,
3,6 ve 7 makinaları ile 2,5 ve 8 parçaları 2. grubu,
5,9 ve 10 makinaları ile 4 ve 7 parçaları 3. grubu oluşturur.

parça makina	1	6	3	8	5	2	7	4	ondalık eşdeğer	derece sırası
1	1	1	1	1					240	1
4	1	1	1						224	2
8	1	1	1						224	3
2	1	1							192	4
3				1	1	1			28	5
6				1	1	1			28	6
7				1	1				24	7
10						1	1		6	8
5							1	1	3	9
9							1	1	3	10

Şekil 4.6. Sütunların yeniden düzenlenmesiyle oluşan matris.

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi, 8 nolu parçanın dahil olduğu 2. grubun dışında kalan 1 makinasında ve 2 nolu parçanın da yine dahil olduğu 2. grubun dışında kalan 10 makinasında işlenmektedir. Bu nedenle 8 ve 2 nolu parçalar, istisnaî parçaları oluştururlar. Bu parçaları işleyen 1 ve 10 makinaları da darboğaz makinaları meydana getirirler.

Her zaman böyle belirli gruplara ayrılmış sonuçlar görmek mümkün değildir. Ancak, darboğaz makinaların arttırılması ile belirli ve karşılıklı ayrılabilir gruplar oluşturmak mümkündür. Tabii ki bu da bir maliyet unsurudur. Bununla beraber, derece sıralamasıyla kümeleme algoritmasını geliştiren King, bunun makina-parça gruplarını oluşturma problemleriyle ilgili diğer algoritmalarından daha çok avantajı sağladığını vurgular /7/.

4.1.2. Derece Sıralamasına Dayalı Kümelendirme Yöntemi-2:ROC-2

Derece sıralamasına dayalı kümelendirme yönteminin King tarafından geliştirilmiş haliyle birçok sınırlamaları vardır. Bu yöntemle çözüm aranan problemlerin büyüklüğü önemli bir sorun oluşturur. 50 makina ve 2000 parçalı normal bir problem, programın getirdiği temel yapılarla 120 K'lık yer tutar. Bu nedenle büyük problemler için etkili çözümler bulmak olanaksızdır.

GT'de ele alınan makina-parça matrisleri genellikle karmaşık yapıdadır. Bu makinalarla parçaların ilişkilerini gösteren listelerin özenle hazırlanması gerekmektedir. Pooch ve Nieder (1973), Berztiss (1975), Horowitz ve Sahni (1976) daha değişik yapıların bulunabileceğini söylemişlerdir. Derece sıralamasına dayalı kümelendirme yönteminde ortaya çıkan istisnaî parçaları elimine etmek için kullanılan makinaların çoğaltılması, aynı tür makinalar arasında parça transferi gibi işlemler, bu yöntemle tüm yapıda herhangi bir kayıp olmadan hızla yapılabilir ve matristeki bilgi yapısı yeniden düzenlenebilir (1).

ROC-2'de, biri satırlar için diğeri sütunlar için sadece iki tablo hazırlanır. Bütün sıralama işlemi, satırların ve sütunların kaydırılmasıyla sağlanır. Yöntem, bu özelliği ile King'in derece sıralamasına dayalı kümelendirme yönteminden ayrılır.

Şekil 4.7'deki problemin ROC-1 ile çözümü şekil 4.8 ve şekil 4.9'da görülmektedir.

Bu problemin çözümünde ROC-2 yönteminin kullanılması

1-King, J.R. ve Nakornchai, V., "Machine-component group formation in group technology: review and extension", Int. J. Prod. Res., 20, 1982, s:117-133
Der. Nilgün Birtaş, Lisans Tezi, 1987, Y.Ü.

		ikili ağırlık							derece sırası
		2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
parça makina		1	2	3	4	5	6	7	
1			1		1	1	1		4
2		1		1					2
3		1		1				1	1
4			1		1		1		5
5		1						1	3

Şekil 4.7. Derece sırası hesaplanmış makina-parça matrisi.

parça makina	1	2	3	4	5	6	7	ikili ağırlık
3	1		1				1	2^4
2	1		1					2^3
5	1						1	2^2
1		1		1	1	1		2^1
4		1		1		1		2^0
derece sırası	1	4	2	5	7	6	3	

Şekil 4.8. Makinaların derece sıralarına göre düzenlenmesiyle oluşan matris.

ile elde edilen sonuçlar şöyledir:

Matrisin satırlarının düzenlenmesi için yapılan aşamalar tablo 4.1'de gösterilmiştir. Birinci satır, son sütunda bulunan 7 nolu parçanın 3 ve 5 makinalarında işlendiğini gösteriyor. Bu durum, 3 ve 5 makinalarının altı çizilerek gösterilmiş ve bu makinalar bir sonraki satırda liste başına yazılmıştır. 6 nolu sütundaki makina girişleri 1 ve 4 olup, bunlar 2. satırda altı çizilerek gösterilmiştir. Bu girişler listesinin başına taşınarak tablo 4.1'-

parça makina	1	3	7	2	4	6	5	derece sırası
3	1	1	1					1
2	1	1						2
5	1		1					3
1				1	1	1	1	4
4				1	1	1		5
derece sırası	1	2	3	4	5	6	7	

Şekil 4.9. Elde edilen son makina-parça matrisi.

nin 3 nolu satırını oluşturmuştur. Bu işlemler şekil 4.7'de gösterilen matrisin diğer sütunları için de uygulanır ve sonuçta yeni satır sıraları, tablo 4.1'in son satırında gösterildiği gibi 3,2,5,1 ve 4 olarak hesaplanır.

satır listesi

7	1	2	<u>3</u>	4	<u>5</u>
6	3	5	<u>1</u>	2	<u>4</u>
5	<u>1</u>	4	3	5	2
4	<u>1</u>	<u>4</u>	3	5	2
3	1	4	<u>3</u>	5	<u>2</u>
2	3	2	<u>1</u>	<u>4</u>	5
1	1	4	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>5</u>

x 3 2 1 4 5 satır
3 2 5 1 4 sırası

Tablo 4.1. Matrisin satır düzeni için yapılan aşamalar.

Sütunların düzenlemesi, satır sırası 3,2,5,1,4 ve sütun sırası ise 1,2,3,4,5,6,7 olan şekil 4.8'deki matrisle başlar ve aynı işlemler tekrar edilir. Sonuçta, tablo 4.2'de

sütun listesi

5	1	<u>2</u>	3	<u>4</u>	5	<u>6</u>	7	
4	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>6</u>	1	3	<u>5</u>	7	
3	2	4	6	5	<u>1</u>	3	<u>7</u>	
2	<u>1</u>	7	2	4	6	5	<u>3</u>	
1	<u>1</u>	<u>3</u>	<u>7</u>	2	4	6	5	
π	1	3	7	2	4	6	5	sütun sırası

Tablo 4.2. Matrisin sütun düzeni için yapılan aşamalar.

gösterilen aşamalarla yeni sütun düzeni 1,3,7,2,4,6 ve 5 olarak bulunur.

Son satır ve sütun sıraları ile elde edilen matris şekil 4.9' da görüldüğü gibidir.

1 3 7 2 4 6 5

4.2. ENDÜSTRİYEL ÖRNEK

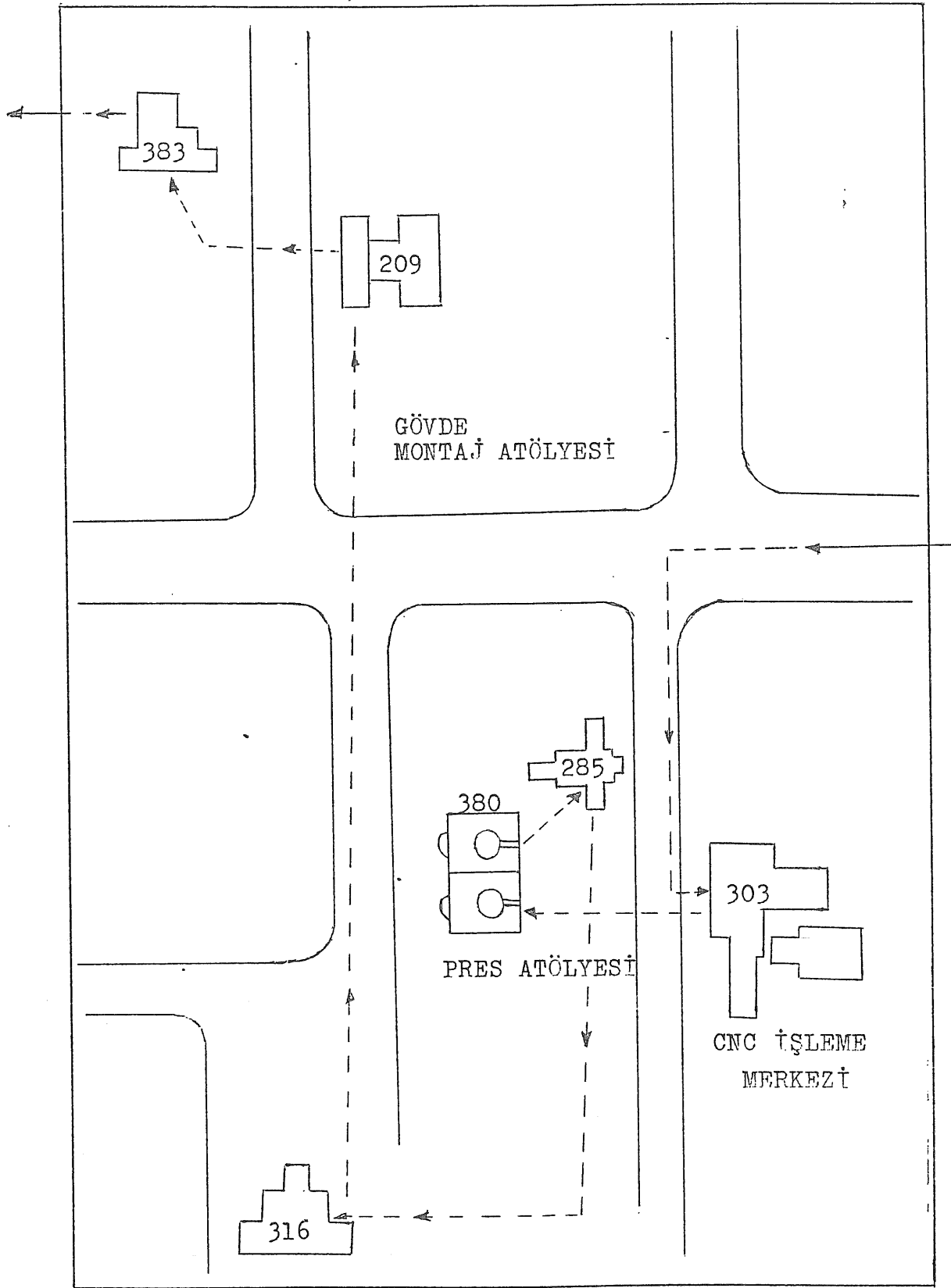
Yöntemin uygulanması için Çelik Montaj Tic. ve San.A.Ş. LOMBARDİNİ Motor Fabrikası'dan 51 adet tezgah ve 73 adet parça ile ilgili veriler sağlanmıştır. Söz konusu makinaların kod numaraları,ve adları liste halinde aşağıda verilmiştir.

Sıra No.	Kod No.	Makinanın Adı
1	271	Punta açma ve işleme tezgahı(GEORGE FISHER)
2	283	Dik freze tezgahı (M.K.E FD-1)
3	295	Kopya torna tezgahı (STANKOIMPORT 1713)
4	353	Krank mili kol yatağı torn.tezg. (LOMBARDİNİ)
5	354	Krank mili kopya torn. tezg. (LOMBARDİNİ TCD6)
6	307	CNC torna tezgahı (DANUMERIC4)
7	261	Önden yüklemeli torn. tezg.(DIEDESHEIM FR40)
8	266	Hidrolik doğrultma tezg. (GALDABINI)
9	275	Çatlak kontrol cihazı (CIGIEMME)
10	221	Matkap tezg. (WEBO BK13)
11	267	Form taşlama tezg. (NEWALL L12 AA)
12	231	Balans tezg. (SCHENCK Z35E)
13	306	Açısal profil taşlama tezg.(SAIMP RP602)
14	219	Önden yüklemeli torna tezg.(FRONTOR 25LK.LP)
15	269	Krank kol yatağı taşlama tezg. (NEWALL)
16	248	Torna tezgahı (TOS 45.8)
17	395	Döner başlıklı dik freze tezg.(PINNACLE)
18	321	Bros tezgahı (MARCELLO,BVI 1000x6000)
19	209	İki kafalı matkap tezg.(WEBO GR23)
20	253	Çok milli delik-klavuz tezg. (RASO MU8)
21	218	Üniversal freze tezg. (BRIDGEPORT)
22	264	Delik taşlama tezg.(SAIMP R15-200)
23	208	Çok milli delik-klavuz tezg.(BURKHART-WEBER)
24	212	İki kafalı matkap tezg. (WEBO GR23)
25	213	İki kafalı matkap tezg. (WEBO GR23)
26	316	Revolver kafalı matkap tezg.(O.M.Z.)
27	317	Revolver kafalı matkap tezg.(O.M.Z.)
28	362	CNC torna tezg. (MAZAK)

Sıra	Kod	Makinenin adı
No.	No.	
29	336	Diş açma tezg.
30	392	Özel freze tezg.'SİL.KAF'.(ÇELİK MONTAJ)
31	396	Radyal matkap tezg. (TAKSAN BR.40)
32	301	CNC işleme merkezi (SAIMP CU3)
33	305	CNC 2. istasyon dik torna tezg.(FENDT 52600)
34	364	Hidrolik pres (ÇELİK MONTAJ)
35	385	Hidrolik pres (iki ünite) (ÇELİK MONTAJ)
36	303	CNC işleme merkezi(SAİMP CU7)
37	383	Dik tek eksenli delik tezg. (LOMBARDİNİ)
38	380	Hidrolik pres (ÇELİK MONTAJ)
39	308	Çok milli delik-klavuz çek. tezg.(FAMUP-DIF-2)
40	285	Dik freze tezg. (STANKOIMPORT)
41	239	Hassas dikey delik işleme tezg.(DIEDESHIM EVO)
42	240	Honlama tezgahı (GEHRING P350-90)
43	229	Dikey freze tezg. (WANDERER Kfv211)
44	226	İki kafalı matkap tezg. (WEBO B13-B6)
45	204	İki kafalı matkap tezg. (WEBO RAPID B13)
46	211	Çok mil. hass.yat. del. işl. tezg.(DIEDES.DII)
47	247	Otomatik rovelver torn. tezg.(MINGANTI MTA2)
48	228	Otomatik rovelver torn. tezg.(MINGANTI MTA2)
49	216	Dört kafalı matkap tezg. (WEBO GR40.B20)
50	255	Delik-klavuz tezgahı (ROSA M1)
51	224	Matkap tezgahı (WEBO BK13)

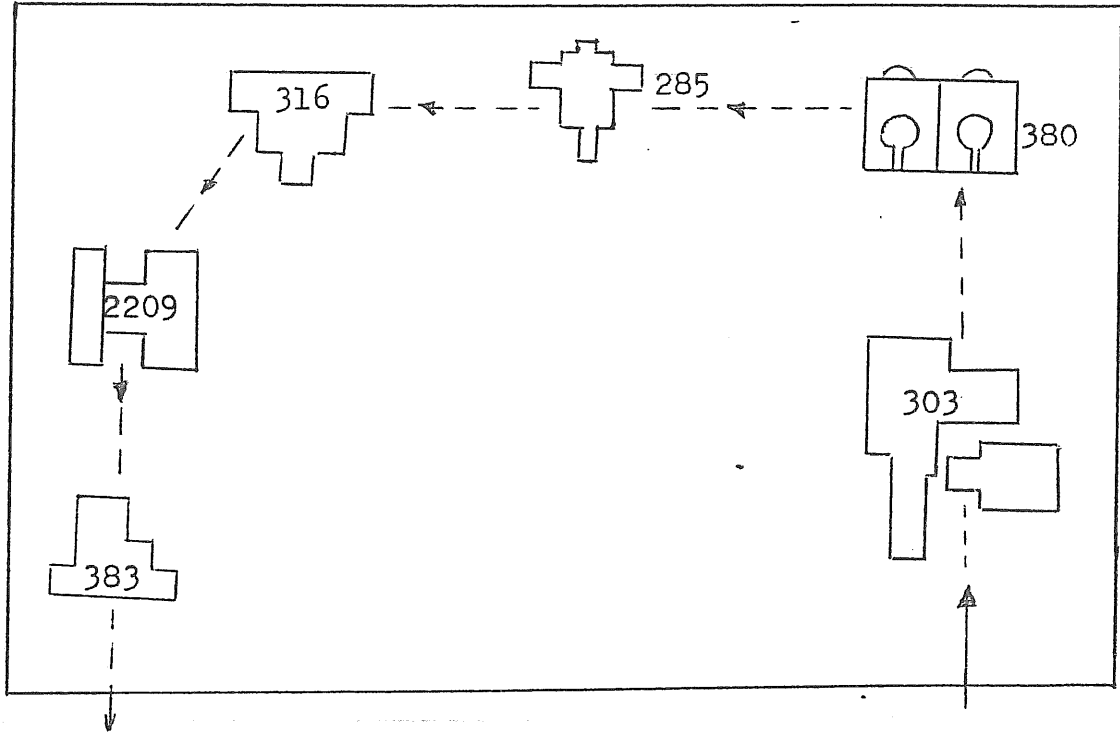
Yukarıdaki tezgahlarda işlem gören parçalar için yapılan bilgisayar programında makineler Mx şeklinde kodlanmışlardır. Burada x, tezgah sırasını göstermektedir.

Bu tezgahlardan altısının eski yerleşim planları şekil 4.10'da çizilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi bir parçanın bu tezgahlarda işlenmesi için bütün atölyeyi dolaşmaktadır. Uygulama sonucu elde edilen hücrelerden bir tanesi



Şekil 4.10. Mevcut yerleşim düzenindeki 6 tezgahın konum-
ları.

söz konusu tezgahları içermektedir. Yani bu tezgahları bir grup olarak biraraya getirirsek söz konusu taşımalarından tasarruf etmiş olacağız. Bu da şu demektir: Atölye içi iş akışı azalır. İşçilikten tasarruf sağlanır. Zamandan da yine tasarruf edilmiş olur. Yorgunluk faktöründe olumlu etkisi görülür. Bunların tümü, maliyeti azaltıcı etkenlerdir. Bu yüzden GT'nin uygulanmasıyla, maliyetleri dolaylı olarak azaltmaktadır. GT'nin kullanılmasıyla oluşturulan makina hücresi şekil 4.11'de görülmektedir.



Şekil 4.11. Oluşturulan makina hücresi ve makinelerin yerleşim konumları.

4.3. BİLGİSAYAR PROGRAMI

King Algoritmasına ilişkin geliştirilen bilgisayar programı aşağıda verilmektedir.

```
10 KEY OFF
20 A$=STRING$(80," ")
30 AR$=STRING$(20," ")
40 C$=STRING$(80,"_")
50 CLS
60 COLOR 10,0,6
70 LOCATE 1,2:PRINT "Bu Program KING ALGORİTMASINI Kullanarak "
80 LOCATE 2,2:PRINT "Makina-Parca Gruplarını Bulur"
90 COLOR 7,0,0
100 LOCATE 1,55:PRINT "Kasim BAYNAL"
110 LOCATE 2,55:PRINT "Y.U. Endustri Muh. Bolumu "
120 COLOR 10,0,6
130 LOCATE 3,1:PRINT C$
140 LOCATE 13,34:PRINT "[K] . . KAYIT "
150 LOCATE 15,34:PRINT "[C] . . CALISMA "
160 LOCATE 22,1:PRINT C$
170 LOCATE 23,18:PRINT "PROGRAMDAN CIKIS ICIN [E] TUSUNA BASINIZ"
180 SEC$=INPUT$(1)
190 IF SEC$="K" OR SEC$="k" THEN RUN "KING3.BAS"
200 IF SEC$="C" OR SEC$="c" THEN RUN "KING2.BAS"
210 IF SEC$="E" OR SEC$="e" THEN CLS:END
220 GOTO 180
```

```
10 A$=STRING$(80," ")
20 FOR I=4 TO 23 :LOCATE I,1:PRINT A$:NEXT I
30 LOCATE 13,22:INPUT "KAYIT ADINI GIRINIZ max (8 kar) ";DOS$
40 IF DOS$="" THEN RUN "KING1.BAS"
50 LOCATE 13,22:PRINT STRING$(50," ")
60 LOCATE 13,42:PRINT "KAYIT OKUNUYOR"
70 OPEN "1",#2,DOS$
80 INPUT #2,M,N
90 DIM A(M,N),OM(M),OP(N)
100 DIM CM$(M),CP(N),MD(M),PD(N)
110 FOR I=1 TO N:FOR J=1 TO M
120 INPUT #2,A(J,I)
130 NEXT J:INPUT #2,CP(I):NEXT I
140 FOR J=1 TO M
150 INPUT #2,CM$(J)
160 NEXT J
170 CLOSE #2
180 LOCATE 13,42:PRINT STRING$(22," ")
190 LOCATE 13,20:PRINT "GIRIS MATRISINI GORMEK ISTERMISINIZ (E/H)
:ARTI$=INPUT $(1)
200 IF ARTI$="E" OR ARTI$="e" THEN GOTO 230
210 IF ARTI$="H" OR ARTI$="h" THEN GOTO 290
```

```
220 GOTO 190
230 GOSUB 1550
240 LOCATE 13,42:PRINT STRING$(22," ")
250 LOCATE 13,20:PRINT "CALISTIRMAK ISTERMISINIZ (E/H):?"
   ARTI$=INPUT$(1)
260 IF ARTI$="E" OR ARTI$="e" THEN GOSUB 290
270 IF ARTI$="H" OR ARTI$="h" THEN RUN"KING1.BAS"
280 GOTO 250
290 LOCATE 13,20:PRINT STRING$(60," ")
300 LOCATE 13,42:PRINT "HESAPLANIYOR  "
310 Z=0:P=0
320 REM *** MAKINALARIN ONDALIK ESDEGERLERININ BULUNMASI ***
330 FOR I=1 TO M
340 OM(I)=0
350 NEXT I
360 FOR I=1 TO M
370 FOR J=1 TO N
380 IF A(I,J)=0 THEN 400
390 OM(I)=OM(I)+2 ^ (M-J)
400 NEXT J : NEXT I
410 REM *** MAKINALARIN DERECE SIRALARININ BULUNMASI ***
420 FOR I=1 TO M
430 T=0
440 FOR J=1 TO M
450 IF OM(I)>OM(J) THEN 470
460 T=T+1
470 NEXT J
480 MD(I)=T
490 NEXT I
500 FOR I=1 TO M
510 FOR J=(I+1) TO M
520 IF MD(I)<>MD(J) THEN 540
530 MD(I)=MD(I)-1
540 NEXT J
550 NEXT I
560 FOR I=1 TO M
570 FOR J=(I+1) TO M
580 IF MD(I)<>MD(J) THEN 600
590 GOTO 500
600 NEXT J
610 NEXT I
620 REM *** MAKINALARIN DERECE SIRALARININ KONTROLU ***
630 FOR I=1 TO M
640 IF MD(I) <> I THEN 670
650 IF I=N THEN P=P+1
660 NEXT I
670 FOR K=1 TO M
680 FOR I=1 TO M
690 IF MD(I)<>K THEN 830
700 IF I=K THEN 840
710 FOR J=1 TO M
720 SAK=A(K,J)
730 A(K,J)=A(I,J)
740 A(I,J)=SAK
750 NEXT J
```

```
760 S$=CM$(I)
770 CM$(I)=CM$(K)
780 CM$(K)=S$
790 SAK=MD(I)
800 MD(I)=MD(K)
810 MD(K)=SAK
820 GOTO B40
830 NEXT I
840 NEXT K
850 Z=Z+1
860 LOCATE 13,20:PRINT Z;" . OPERASYON"
870 IF P=1 THEN GOTO 1490
880 REM *** PARCALARIN ONDALIK ESDEGERLERININ HESAPLANMASI ***
890 FOR J=1 TO N
900 OP(J)=0
910 NEXT J
920 FOR J=1 TO N
930 FOR I=1 TO M
940 IF A(I,J)=0 THEN 960
950 OP(J)=OP(J)+2^(N-I)
960 NEXT I:NEXT J
970 REM *** PARCALARIN DERECE SIRALARININ BULUNMASI ***
980 FOR J=1 TO N
990 T=0
1000 FOR I=1 TO N
1010 IF OP(J)>OP(I) THEN 1030
1020 T=T+1
1030 NEXT I
1040 PD(J)=T
1050 NEXT J
1060 FOR J=1 TO N
1070 FOR I=(J+1) TO N
1080 IF PD(J)<>PD(I) THEN 1100
1090 PD(J)=PD(J)-1
1100 NEXT I
1110 NEXT J
1120 FOR J=1 TO N
1130 FOR I=(J+1) TO N
1140 IF PD(J)<>PD(I) THEN 1160
1150 GOTO 1060
1160 NEXT I:NEXT J
1170 REM *** PARCALARIN DERECE SIRALARININ KONTROLU ***
1180 FOR J=1 TO N
1190 IF PD(J) <> J THEN 1220
1200 IF J=N THEN P=P+1
1210 NEXT J
1220 FOR K=1 TO N
1230 FOR J=1 TO N
1240 IF PD(J)<>K THEN 1380
1250 IF J=K THEN 1390
1260 FOR I=1 TO M
1270 SAK=A(I,K)
1280 A(I,K)=A(I,J)
1290 A(I,J)=SAK
```

```

1300 NEXT I
1310 SAK=CP(J)
1320 CP(J)=CP(K)
1330 CP(K)=SAK
1340 SAK=PD(J)
1350 PD(J)=PD(K)
1360 PD(K)=SAK
1370 GOTO 1390
1380 NEXT J
1390 NEXT K
1400 Z=Z+1
1410 LOCATE 13,20:PRINT Z;" . OPERASYON"
1420 IF P=1 THEN GOTO 1440
1430 GOTO 320
1440 LOCATE 13,20:PRINT STRING$(60," ")
1450 LOCATE 13,20:PRINT "SONUCU PRINTERDEN ALMAK ISTERNISINIZ
(E/H):?":ARTI$=INPUT$(1)
1460 IF ARTI$="E" OR ARTI$="e" THEN CHAIN "PRINTER",,ALL
1470 IF ARTI$="H" OR ARTI$="h" THEN GOSUB 1490
1480 GOTO 1450
1490 LOCATE 13,20:PRINT STRING$(60," ")
1500 LOCATE 13,20:PRINT "SONUC MATRISINI DOSYALAMAK ISTERNISINIZ
(E/H):?":ARTI$=INPUT$(1)
1510 IF ARTI$="E" OR ARTI$="e" THEN GOSUB 1520
1520 IF ARTI$="H" OR ARTI$="h" THEN GOSUB 1540
1530 GOTO 1500
1540 GOSUB 1530:RUN "KING1.BAS"
1550 "
1560 FOR I=4 TO 23
1570 LOCATE I,1:PRINT STRING$(80," ")
1580 NEXT I
1590 LOCATE 4,30:PRINT "MAKINA-PARCA MATRISI"
1600 LOCATE 5,29:PRINT STRING$(22,"=")
1610 RMIN=1:DMIN=1:RMAX=25:DMAX=16
1620 IF N<24 THEN RMAX=M
1630 IF N<16 THEN DMAX=N
1640 R=5
1650 FOR I=RMIN TO RMAX
1660 LOCATE 6,R:PRINT CM$(I)
1670 R=R+3
1680 NEXT I
1690 R=7
1700 FOR I=DMIN TO DMAX
1710 LOCATE R,1:PRINT USING "###";CP(I);
1720 R=R+1
1730 FOR J=RMIN TO RMAX
1740 PRINT USING "###";A(J,I);
1750 NEXT J,I
1760 AN$=INKEY$:IF AN$="" THEN 1760
1770 FOR I=4 TO 23
1780 LOCATE I,1:PRINT STRING$(80," ")
1790 NEXT I
1800 IF AN$="E" OR AN$="e" THEN RETURN
1810 IF AN$="6" THEN RMAX=RMAX+10

```

```
1820 IF AN$="4" THEN RMAX=RMAX-10
1830 IF AN$="8" THEN DMAX=DMAX-10
1840 IF AN$="2" THEN DMAX=DMAX+10
1850 IF DMAX > N THEN DMAX=N
1860 DMIN=DMAX-16
1870 IF DMIN < 1 THEN DMIN=1
1880 IF RMAX > M THEN RMAX=M
1890 RMIN=RMAX-24
1900 IF RMIN < 1 THEN RMIN=1
1910 GOTO 1840
1920 FOR I=4 TO 23
1930 LOCATE I,1:PRINT STRING$(80," ")
1940 NEXT I
1950 LOCATE 12,20:INPUT "KAYIT ADINI GIRINIZ max(8 kar)":DOS$
1960 IF DOS$="" THEN 1950
1970 OPEN "D",#1,DOS$
1980 LOCATE 12,20:PRINT STRING$(60," ")
1990 LOCATE 12,20:PRINT "DOSYALANIYOR BEKLEYINIZ"
2000 PRINT #1,M,N
2010 FOR I=1 TO N
2020 FOR J=1 TO M
2030 PRINT #1,A(J,I)
2040 NEXT J:PRINT #1,CP(I):NEXT I
2050 FOR J=1 TO M
2060 PRINT #1,CM$(J)
2070 NEXT J
2080 RETURN
```

```
230 REM *** MAKINA-PARCA MATRISININ YAZDIRILMASI ***
235 LPRINT:LPRINT
240 LPRINT "MAKINA-PARCA MATRISI"
250 LPRINT
260 LPRINT "=====
270 LPRINT
280 LPRINT TAB(4)
290 FOR J=1 TO 25
300 LPRINT CM$(J);
310 NEXT J
320 LPRINT:LPRINT
330 FOR I=1 TO 36
340 LPRINT USING "##";CP(I);
350 LPRINT " ";
360 FOR J=1 TO 25
370 LPRINT A(J,I);
380 NEXT J:LPRINT:NEXT I
390 LPRINT:LPRINT
435 LPRINT:LPRINT
450 LPRINT
```

```
470 LPRINT
520 LPRINT:LPRINT
530 FOR I=37 TO N
540 LPRINT USING "##";DP(I);
550 LPRINT " ";
560 FOR J=1 TO 25
570 LPRINT A(J,I);
580 NEXT J:LPRINT:NEXT I
590 LPRINT:LPRINT
635 LPRINT:LPRINT
640 LPRINT
650 LPRINT
660 LPRINT
670 LPRINT
680 LPRINT TAB(4)
690 FOR J=26 TO M
700 LPRINT CM$(J);
710 NEXT J
720 LPRINT:LPRINT
730 FOR I=1 TO 36
750 LPRINT " ";
760 FOR J=26 TO M
770 LPRINT A(J,I);
780 NEXT J:LPRINT:NEXT I
835 LPRINT:LPRINT
850 LPRINT
870 LPRINT
880 LPRINT:LPRINT
890 FOR I=37 TO N
900 LPRINT " ";
910 FOR J=26 TO M
920 LPRINT A(J,I);
930 NEXT J:LPRINT:NEXT I
940 RUN "KING1.BAS"
```

Output'tan da görüldüğü gibi optimum gruplandırma şöyle yapılabilir:

1. Hücree

<u>Sıra No</u>	<u>Kod No</u>	<u>Makina Adı</u>
39	308	Çok milli delik-kılavuz çekme tezgahı
38	380	Hidrolik pres
27	317	Revolver matkap tezgahı
41	239	Hassas dikey delik işleme tezgahı
37	383	Dik tek eksenli delik tezgahı
20	253	Çok milli delik-kılavuz tezgahı

2. Hücree

<u>Sıra No</u>	<u>Kod No</u>	<u>Makina Adı</u>
14	219	Önden yüklemeli torna tezgahı
43	229	Dikey freze tezgahı
33	305	CNC 2. istasyon dik torna tezgahı
30	392	Özel freze tezgahı
26	316	Revolver kafalı matkap tezgahı
46	211	Çok milli hassas yatay delik işl. tezg.
44	226	İki kafalı matkap tezgahı
35	385	Hidrolik pres
42	240	Honlama tezgahı

3. Hücree

<u>Sıra No</u>	<u>Kod No</u>	<u>Makina Adı</u>
49	216	Dört kafalı matkap tezgahı
22	264	Delik taşlama tezgahı
11	267	Form taşlama tezgahı
45	204	İki kafalı matkap tezgahı

<u>Sıra No</u>	<u>Kod No</u>	<u>Makina Adı</u>
36	303	CNC işleme merkezi
19	209	İki kafalı matkap tezgahı
51	224	Matkap tezgahı
18	321	Bros tezgahı
06	307	CNC torna tezgahı
31	396	Radyal matkap tezgahı
23	208	Çok milli delik-kılavuz tezgahı
32	301	CNC işleme merkezi
34	364	Hidrolik pres

4. Hücree

48	228	Otomatik revolver tezgahı
16	248	Torna tezgahı
12	231	Balans tezgahı
25	213	İki kafalı matkap tezgahı
21	218	Universal freze tezgahı
50	255	Delik-kılavuz tezgahı
07	261	Onden yüklemeli torna tezgahı
10	221	Matkap tezgahı
29	336	Diş açma tezgahı
01	271	Punta açma ve işleme tezgahı
02	283	Dik freze tezgahı
13	306	Açısal profil taşlama tezgahı
09	275	Çatlak kontrol cihazı
24	212	İki kafalı matkap tezgahı
17	395	Döner başlıklı dik freze tezgahı
47	247	Otomatik revolver torna tezgahı
15	269	Krank kol yatağı taşlama tezgahı
05	354	Krank mili kopya torna tezgahı
03	295	Kopya torna tezgahı
08	266	Hidrolik doğrultma tezgahı
04	353	Krank mili kol yatağı torna tezgahı
40	285	Dik freze tezgahı

Söz konusu algoritma sonucu oluşan hücrelere göre darboğaz makinaları ve bunların hücrelerarası hareket sayısı aşağıda verilmiştir:

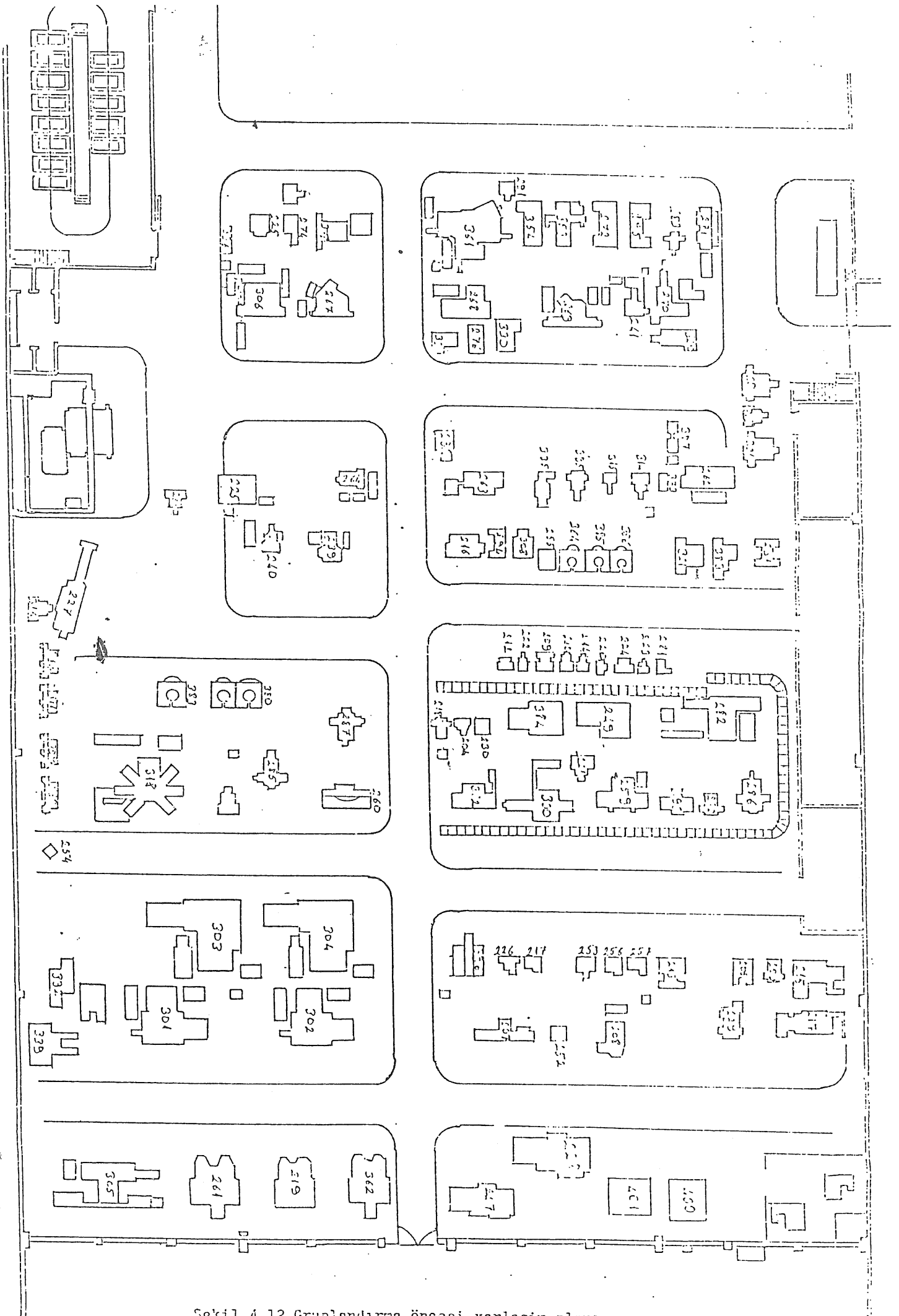
<u>Sıra No</u>	<u>Kod No</u>	<u>Hüc.Har. sayısı</u>	<u>Sıra No</u>	<u>Kod No</u>	<u>Hüc.Har. sayısı</u>
1	221	9	22	261	3
2	231	8	23	208	3
3	226	6	24	395	3
4	219	5	25	392	2
5	385	5	26	216	2
6	301	5	27	267	2
7	307	5	28	204	2
8	209	4	29	303	2
9	224	4	30	364	2
10	305	4	31	271	2
11	396	4	32	306	2
12	208	4	33	247	2
13	248	4	34	253	1
14	213	4	35	228	1
15	218	4	36	255	1
16	221	4	37	283	1
17	229	3	38	275	1
18	316	3	39	212	1
19	211	3	40	269	1
20	240	3	41	354	1
21	264	3			

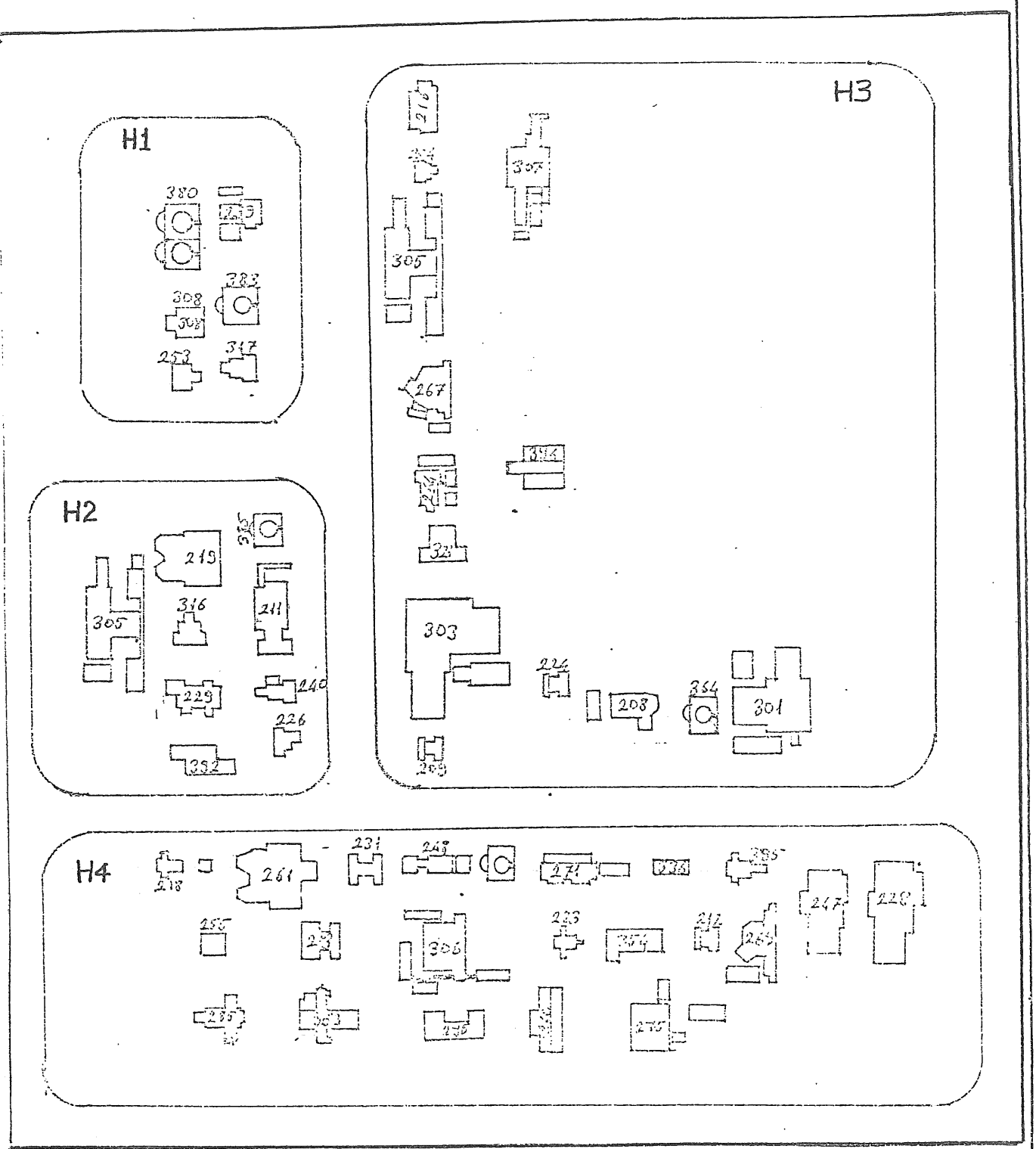
Yukarıdaki makina hücrelerine uygun olarak bulunan parça aileleri de aşağıda görülmektedir:

<u>1.Par.Ailesi</u>	<u>2.Par.Ailesi</u>	<u>3.Par.Ailesi</u>	<u>4.Par.Ailesi</u>
<u>Parça No</u>	<u>Parça No</u>	<u>Parça No</u>	<u>Parça No</u>
10	9	27	24
66	8	20	25
65	18	16	44
41	34	60	26
15	14	53	68
1	19	31	56
2	38	55	17
4	39	51	3
64	50	62	71
67	73	69	52
59	32	28	61
22	47	23	42
11	36	30	29
72	13	35	58
40	48	45	49
21		12	46
33		37	54
43			
70			
57			
5			
6			
63			
7			

Parçalardan çok azı (10,41,1,2,59,7,14,39,38,28,23,30, 35,45,12,29,58,49,46,54) dışındaki bütün parçalar istisnai parçaları oluşturmaktadır ki bunlar 52 adetini teşkil etmektedir. Yani tüm parçaların 2/3'ünden fazladır.

Parça yerlerinin değiştirilmesi ve makina hücre sayısının 3'e indirilmesi ile hem darboğaz makinelerin sayısı azalmakta hem de istisnai parçaların sayısı azalmaktadır.





Şekil 4.13 Yeniden oluşturulan makina hücreleri.

Hücre sayısı 3 için oluşturulan yeni makina hücreleri aşağıda gösterilmiştir:

<u>1. Hücre</u>		<u>2. Hücre</u>		<u>3. Hücre</u>	
<u>Sıra No</u>	<u>Kod No</u>	<u>Sıra No</u>	<u>Kod No</u>	<u>Sıra No</u>	<u>Kod No</u>
39	308	22	264	48	228
38	380	11	267	16	248
27	317	45	204	12	231
41	239	36	303	25	213
37	383	19	209	21	218
20	253	51	224	50	255
14	219	18	321	07	261
43	229	06	307	10	221
33	305	31	396	29	336
30	392	23	208	01	271
26	316	32	301	02	283
46	211	34	364	13	306
44	226			09	275
35	385			24	212
42	240			17	395
49	216			47	257
				15	269
				05	354
				03	295
				08	266
				04	353
				40	285

Yeni hücrelerle ilgili parça sileleri de aşağıda verilmiştir:

Yeni parça aileleri:

<u>1. Par. Ailesi</u>	<u>2. Par. Ailesi</u>	<u>3. Par. Ailesi</u>
<u>Parça No</u>	<u>Parça No</u>	<u>Parça No</u>
10	27	53
66	60	24
45	31	25
41	55	44
15	69	26
1	28	68
2	23	56
4	30	17
64	35	52
67	45	42
59	12	29
22	37	58
11	43	59
72	38	46
40	3	54
21	61	16
33	71	47
70		20
57		51
5		62
6		36
63		48
7		
9		
8		
18		
34		
14		
19		
39		
50		
73		
13		

Yeni gruplandırmaya göre darboğaz makinaları şunlardır:

<u>Sıra No</u>	<u>Kod No</u>	<u>Hüc. Har. Sayısı</u>
1	18	6
2	26	4
3	22	4
4	19	4
5	51	4
6	06	4
7	16	4
8	21	4
9	30	3
10	40	2
11	11	2
12	31	2
13	32	2
14	48	2
15	12	2
16	13	2
17	17	2
18	41	1
19	33	1
20	44	1
21	35	1
22	42	1
23	49	1
24	45	1
25	36	1
26	25	1
27	50	1
28	09	1
29	24	1

Söz konusu yeni gruplandırmaya göre istisnai parçalar da aşağıda verilmiştir.

<u>Istisnai parçalar</u>		
<u>Parça No</u>	<u>Parça No</u>	<u>Parça No</u>
22	27	26
11	38	68
40	43	56
21	60	17
33	3	52
57	31	32
5	55	42
8	69	47
18	37	16
34	24	20
19	25	51
73	44	62
13	48	53
		36

İlk gruplandırmaya göre darboğaz makina sayısı 41 ve bunların hücrelerarası hareket sayısı oldukça yüksek (9,8) iken ikinci durumda, yani 3 makina hücresi için, darboğaz makina sayısı 29'a düşmüş ve bunların hücrelerarası hareket sayısı oldukça azalmıştır (maksimum sayı 6'dır).

Bu iyileştirme istisnai parçalarda da görülmektedir. İlk durumda istisnai parça sayısı 52 iken yeni düzenlemeye göre bu sayı 40'a düşmüştür.

Şayet istisnai parçalar için limit 2 ise, yani darboğaz olan makinaları ele alırken hücrelerarası hareket sayısı 2' den büyük olanları dikkate almak gerekirse, bu yerleştirmede ilk 9 makina için alternatif çözümler düşünülür. Söz konusu alternatif çözümler de şunlardır:

- 1-Yeni makinaların alınması
- 2-İstisnai parçaların dışarıda yapılması (Fason imalat)
- 3-Ortak tesis kullanımı.

Bu alternatiflerden hangisinin yapılmasına karar verilmesi gerektiği, maliyet analizlerinden sonra belirlenir. Maliyet analizleri yapılırken alınacak makina fiyatları, üretilecek parça sayısı ve parçaların fason imalatı halindeki maliyeti tespit edilmelidir. Firmanın üretim stratejisi de göz önüne alınarak en uygun alternatif seçilir.

Hücreler yerleştirilirken üçüncü alternatif, yani ortak tesis kullanımı, dikkate alınmıştır. Burada, istisnai parçaları işleme esnasında minimum taşıma yapılacak şekilde hücreler dizayn edilmiş ve bu taşıma faktörü göz önüne alınarak hücre içindeki makinalar yerleştirilmişlerdir. İstisnai parçaları işleyen makinalar, daha çok hücre sınırına yakın bir şekilde konulmuşlardır. Bu makinaların yerleştirildiği taraflarda hücrelerarası giriş-çıkışların sağlanması halinde, istisnai parçaların işlenmesi esnasında taşımalar, dolayısıyla zamandan büyük nispette tasarruf edilmiş olur. Bu da işçilikten ve dolayısıyla maliyetten de tasarruf sağlanmış olacaktır.

SONUÇLAR

Grup Teknolojisi, birçok problemin temelde birbirine benzer olduğundan hareketle, benzer problemleri bularak toplayan ve böylece elde edilen gruplar için tek bir çözüm arayan bir yaklaşımdır. Üretim sisteminde ise Grup Teknolojisi, imalat, grup yerleşim düzenlenmesi (makina gruplarının ve grup-içi düzenlerin oluşturulması) ile başlamalı, ardından, üretimde akış kontrolü ile devam ettirilerek nihayet tüm üretim-yönetim sistemine genişletilmelidir.

Grup Teknolojisinin dört esası şunlardır:

- 1- Grup yerleştirme,
- 2- Akış kontrol,
- 3- Kısa dönem,
- 4- Planlı yükleme sırası.

Grup Teknolojisinin başarılı olabilmesi bu dört esasın eksiksiz uygulanıp uygulanmadığına bağlıdır. Üretimde GT'nin başarılı bir şekilde uygulanması sonucu sağladığı bazı yararlar şunlardır:

- 1- Makina hazırlık zamanlarının düşürülmesi,
- 2- Proses içi stokların düşürülmesi,
- 3- İmalat zamanlarının kısalması,
- 4- Yüksek kalite,
- 5- Üretim planlama ve kontrolde kolaylık.

Tüm bu yararlar, temelde GT'nin iş akışını basitleştirmesi ile gerçekleşmektedir.

GT'nin grup yaklaşımının esası, küçük bir sistemin etkin ve kontrol edilebilir olma özelliğini büyük bir sisteme yansıtmak şeklindedir. Bu hücreli imalat sistemleri, sistem içinde benzer imalat karakteristiklerine sahip, belirli bir parçalar ailesinin, tamamen imalatı için, işlem, insan ve özellikle makina gruplarının var olduğu veya oluşturulduğu sistemlerdir.

GT'nin en önemli ve esas avantajı, fonksiyonel düzenlemeye nazaran iş akışını basitleştirmesi, bu arada akış tipi imalata, makina zaman verimlerinde büyük dengesizlikler olmadan imkan vermesidir. GT, işlem için hazırlık zamanlarını da bariz bir şekilde düşürür veya ortadan kaldırır. Çünkü, hücre içindeki makinalar, bu hücrede imal edilecek parça ailesi için, bir tip parçadan diğerine çok hızlı geçecek şekilde yeniden donatılmışlardır. Böylece küçük parti üretimi mümkün olabilmektedir.

GT, mamül kalitesinde de bir iyileşmeye sebep olur. Çünkü, küçük parti üretiminin hücre düzeninde bir işgören, bir parçayı direkt olarak diğer işgörenden alabilir. Böylece, eğer parça kusurluysa, işlem, neyin yanlış gittiğini anlamak için durdurulur. Kalite geri beslemesi derhal gerçekleşip yüksek kalite kolaylıkla sağlanır. Bundan başka, postabaşlıları da, gruba giren parçaların tüm işlemleri grup içinde gerçekleştiğinden, parçanın bütünü için kalite sorumluluğunu taşımaktadırlar.

Bununla beraber, GT'nde parça aileleri ve makina gruplarının oluşturulması sırasında birçok problem ve zorluklar ortaya çıkar:

- 1- Toplam parça ve makinaların hücrelere bölünmeleri için uygun bir yöntem biliminin benimsenmemesi.
- 2- Hücre boyutunun, ekonomik ölçütleri de göz önüne alarak tespit zorluğu,
- 3- Sayıca az makina tiplerinin, özellikle kendi miktarından daha fazla hücrelere dağıtılması halinde bazı makinaların çok fazla, bazılarının da çok az yüklenmeleri. Başka bir deyişle, makina zaman verimlerindeki anormal değişimler ve ekstra makina ihtiyaçları,
- 4- Hücrelerdeki makinaların zaman verimleri üzerine mamul karmasının düzensiz değişimlerin etkisi,
- 5- Hücrelerin, mamullerin gelecekteki talep artışlarını

karşılama için esnek tasarımlanmasının şartları,
6- Makina arızalarının, üretimi uzun zamanlar aksatma eğilimi.

GT'nde parça ailelerinin ve makina gruplarının oluşturulmasında, temelde, iki farklı yaklaşım vardır. Bunlardan biri, parça sınıflandırma ve kodlama, diğeri ise üretim akış analizidir. Kodlar, parça ile ilgili birçok özelliği kapsadığından, hangi özelliklerinin parça ailesi için esas oluşturacağı hakkında evrensel bir metot kurmak imkansıza olmakta ve ancak sezgiye dayalı çalışmalarla başarı sağlanabilmektedir. Üretim akış analizi ise, hücrelerin tasarımı için toplam bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, esasta, parçaların üretimi için kullanılan metotlara dayanır; parçanın tasarım ayrıntıları ile ilgilenmez.

Günümüzde, piyasadaki rekabet ortamı, firmaları verimli olmaya zorlamaktadır. Atölye tipi üretimin, yaygın olduğu ülkemizde, üretimde verimliliği arttırmanın en etkin yollarından biri de GT yaklaşımıdır.

Üretilen parçaların tasarımı ya da üretim özelliklerine göre gruplandırılması ve daha sonra bu parça gruplarının işleneceği makinelerin belirlenmesi ile parça-makina gruplarının oluşturulmasına dayanan GT, çok çeşitli mamulün, küçük partiler halinde üretildiği atölyelerde, hücre tipi üretim metoduyla, sorunlara köklü çözümler önermektedir. GT'nin uygulanması ile üretim hattına yeni girecek bir mamulün, üretilmekte olan benzerlerinin sağlamış olduğu bilgiden yararlanmak mümkün olmaktadır. Böylelikle tasarım, planlama ve denetim sorunları en aza indirilebilmektedir. Diğer yandan, daha küçük sistemlerle çalışıyor olması, her alt sistemin belirli ürünlere tahsis edilmesi sonucu, işletmedeki karışıklığın azalmasını sağlamaktadır.

- 11 - Kusiak, A., Chow, W.S., "Efficient Solving of the Group Technology Problem", *Jur. of Man. Systems*, vol.6, No.2, s:117-124
- 12 - Kusiak, A., "An Expert System for Group Technology", *Industrial Engineering*, Oct.1987, Vol.19, No.10, s:124-129
- 13 - Seifoddini, H., Wolfe, P.M., "Application of the Similarity Coefficient Method in Group Technology", *IIE Trans. Ind. Eng. Res. and Dev.*, Sept.1986, Vol.18, No.3, s:271-277
- 14 - Waghodekar, P.H., Sahu, S., "Machine-Component Cell Formation in Group Technology:MACE", *Int.J.Prod.Res.*, 1984, Vol.22, No.6, s:937-948