

43893

.Ü.
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİ ve BİR SANAYİ
İŞLETMESİNDE UYGULAMASI

43893

Tez Danışmanı: Prof.Dr.Hüseyin ÖZGEN

Hazırlayan: Ali DÜLGER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADANA-1995

ÖNSÖZ

Rekabetin giderek yoğunlaştığı küreselleşen pazarlarda firmalar, verimli ve etkin olarak kısa bir sürede daha kaliteli mamul üretmeyi hedeflemektedirler. Bu bakış açısıyla, parti tipi üretim yapan firmalar "hücresele üretim sistem yaklaşımını" uygulayarak mevcut sorunlarına çözümler aramaktadırlar. Firmalar proses içi stoklarını, hazırlık sürelerinin ve malzeme taşıma maliyetlerinin azalması, insan ilişkilerinin gelişmesi gibi faydaları bu yaklaşımla sağlayabilmekte ve müşteri taleplerini, uygulanan esnek üretim politikası sayesinde, istenilen zamanda ve kalitede karşılayabilmektedirler. Hücresele üretim sisteminin temel amacı, çok çeşitli mamüllerin küçük miktarlarının daha ekonomik bir şekilde üretilmesidir.

Bu çalışmada uygulama yapılan işletmenin adı firma yetkililerinin isteği doğrultusunda verilmemiştir. Firma yetkililerinin gösterdiği iyi niyete ve hoşgörüye teşekkürüm sonsuzdur. Öte yandan, her aşamada benden desteğini esirgemeyen, değerli fikirleri ile çalışmamı ışık tutan, danışmanım Sayın Prof.Dr.Hüseyin ÖZGEN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ali DÜLGER

Adana, Haziran, 1995

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa No</u> |
|---|-----------------|
| ÖNSÖZ..... | ii |
| ŞEKİLLER LİSTESİ..... | vi |
| TABLolar LİSTESİ..... | vii |
| BÖLÜM 1: GİRİŞ | 1 |
| 1.1. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ..... | 1 |
| 1.2. ÇALIŞMANIN AMACI..... | 2 |
| 1.3. ÇALIŞMANIN DAYANDIĞI VARSAYIMLAR VE KISITLARI.. | 3 |
| 1.4. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ..... | 3 |
| 1.4. ÇALIŞMANIN PLANI..... | 4 |
| BÖLÜM 2: KONUYLA İLGİLİ ÇALIŞMALAR | 6 |
| 2.1. SINIFLANDIRMA-KODLAMA SİSTEMİ..... | 7 |
| 2.2. PARÇA/MAKİNA GRUP ANALİZİ..... | 8 |
| 2.3. BENZERLİK KATSAYISI..... | 9 |
| 2.4. MATEMATİKSEL VE SEZGİSEL YÖNTEMLER..... | 10 |
| 2.5. DİĞER YÖNTEMLER..... | 11 |
| BÖLÜM 3: HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNİN TANIMI, UYGULANABİLİRLİĞİ, AMAÇLARI VE AVANTAJLARI | 13 |
| 3.1. HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNE GENEL BAKIŞ..... | 13 |
| 3.2. HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNİN TANIMI..... | 14 |
| 3.3. HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ... | 16 |
| 3.4. HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNİN AMAÇLARI..... | 18 |
| 3.5. HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI..... | 19 |
| BÖLÜM 4: HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNİN TASARIMI, UYGULAMA POLİTİKALARI VE BAZI KISITLARI | 21 |
| 4.1. HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNİN TASARIMI..... | 21 |
| 4.1.1. Parça Seçimi..... | 24 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1.1.1. Göz Kararı Yöntemi..... | 27 |
| 4.1.1.2. Sınıflandırma ve Kodlama Yöntemi..... | 27 |
| 4.1.1.3. Üretim Akış Analizi..... | 30 |
| 4.1.2. Makina Seçimi..... | 33 |
| 4.1.3. Hücresel Üretimde Yerleşim Düzenini ve İşçilerin Belirlenmesi..... | 36 |
| 4.1.3.1. Yerleşim Düzeninin Belirlenmesi..... | 36 |
| 4.1.3.2. İşçilerin Özellikleri..... | 42 |
| 4.1.4. Hücrelerin Değerlendirilmesi..... | 43 |
| 4.1.5. Hücrelerin Çizelgelenmesi ve Kontrolü. | 44 |
| 4.2. HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNİN UYGULAMA POLİTİKASI VE SORUNLARI..... | 45 |
| 4.2.1. Hücresel Üretim Sisteminin Uygulama Politikası..... | 45 |
| 4.2.2. Hücresel Üretim Sistemi Uygulamalarında Karşılaşılan Sorunlar..... | 47 |
| 4.3. HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNDEKİ TASARIM KISITLARI..... | 48 |
| 4.3.1. Makina Kapasitesi..... | 49 |
| 4.3.2. Güvenlik ve Teknolojik Özellikler..... | 49 |
| 4.3.2. Hücre Büyüklüğü ve Sayısı..... | 49 |
| 4.3.4. Ekstra Makina ihtiyacı..... | 49 |
| 4.3.5. Malzeme Akışları..... | 50 |
| 4.4. HÜCRE TASARIMINDA BAZI AŞAMALAR ARASINDAKİ TEMEL İLİŞKİLER..... | 50 |
| BÖLÜM 5: ÇOK BOYUTLU SEZGİŞEL BİR KÜMELENDİRME YÖNTEMİ..... | 52 |
| 5.1. ÇOK BOYUTLU SEZGİSEL YÖNTEMİN TEMEL ÖZELLİKLERİ..... | 52 |
| 5.2. GELİŞTİRİLEN SEZGİSEL YÖNTEM | 55 |
| 5.3. GELİŞTİRİLEN SEZGİSEL YÖNTEMİN ALGORİTMASI.... | 59 |
| 5.4. DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ..... | 65 |

| | |
|---|-----------|
| 5.4.1. Global Etkinlik..... | 65 |
| 5.4.2. Grup Etkinliği..... | 66 |
| 5.5. SEZGİSEL YÖNTEME İLİŞKİN ÖRNEK BİR UYGULAMA.. | 68 |
| 5.6. SEZGİSEL YÖNTEMİN DİĞER YÖNTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI..... | 73 |
| BÖLÜM 6: SEZGİSEL KÜMELENDİRME YÖNTEMİNİN BİR İŞLETMEDE UYGULAMASI..... | 76 |
| 6.1. FİRMA HAKKINDA GENEL BİLGİLER | 76 |
| 6.2. FİRMANIN ÜRETİM SİSTEMİYLE İLGİLİ BİLGİLER..... | 77 |
| 6.2.1. Teneke Kutu Üretimi..... | 78 |
| 6.2.2. Twist-off Kapak Üretimi..... | 80 |
| 6.3. FİRMANIN YERLEŞİM DÜZENİ..... | 81 |
| 6.4. VERİLERİN TOPLANMASI VE HÜCRELERİN OLUŞTURULMASI..... | 81 |
| 6.4.1. Verilerin Toplanması..... | 81 |
| 6.4.2. Sezgisel Kümelendirme Yöntemi ile Parça/Makina Hücrelerinin Oluşturulması..... | 86 |
| 6.5. ELDE EDİLEN BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ..... | 86 |
| BÖLÜM 7: SONUÇ..... | 91 |
| KAYNAKÇA..... | 97 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | |
|--|----|
| ŞEKİL 4.1: Hücre Tasarımı Yaklaşımı..... | 23 |
| ŞEKİL 4.2: Parça/Makina Hücrelerinin Oluşturulmasında Kullanılan Yöntemler..... | 26 |
| ŞEKİL 4.3: Parça/Makina İlişki Matrisi..... | 32 |
| ŞEKİL 4.4: Parça/Makina Hücreleri..... | 33 |
| ŞEKİL 4.5: P-Q Grafiği..... | 39 |
| ŞEKİL 4.6: Ürüne Dayalı Yerleşim Düzeni..... | 40 |
| ŞEKİL 4.7: Sürece Dayalı Yerleşim Düzeni..... | 40 |
| ŞEKİL 4.8: Hücresel Akış Hattı..... | 41 |
| ŞEKİL 4.9: Hücre Tipi Düzenleme..... | 41 |
| ŞEKİL 4.10:İşçi Düzeylerinin Kapasiteye Etkileri..... | 42 |
| ŞEKİL 4.11:Hücre Tasarımındaki Bazı Aşamalar Arasındaki İlişkiler..... | 51 |
| ŞEKİL 5.1: Benzerliklerin Çok Boyutlu Ölçeklenmesi..... | 53 |
| ŞEKİL 5.2: Shepard Diyagramı..... | 54 |
| ŞEKİL 5.3: Parça/Makina İlişki Matrisi..... | 56 |
| ŞEKİL 5.4: Makinalar Arasındaki Farklılıklar..... | 58 |
| ŞEKİL 5.5: Sezgisel Yöntemin Akış Diyagramı..... | 62 |
| ŞEKİL 5.6: Parça/Makina İlişki Matrisi..... | 65 |
| ŞEKİL 5.7: Elde Edilen Parça/Makina Hücreleri..... | 67 |
| ŞEKİL 5.8: Parça/Makina İlişki Matrisi..... | 68 |
| ŞEKİL 5.9: Sonuç Çözüm Matrisi..... | 72 |
| ŞEKİL 6.1: Fabrika Yerleşim Düzeni..... | 82 |
| ŞEKİL 6.2: Parça/Makina İlişki Matrisi..... | 85 |
| ŞEKİL 6.3. Sonuç Parça/Makina Matrisi..... | 87 |
| ŞEKİL 6.4: Hücre İçi Yerleşim Düzeni..... | 89 |

TABLolar LİSTESİ

| | |
|---|----|
| TABLO 2.1: Dünyadaki Sınıflandırma+Kodlama Sistemleri..... | 8 |
| TABLO 3.1: Hücreseİ Üretim Sisteminin Özellikleri..... | 15 |
| TABLO 3.2: Temel Üretim Sistemlerinin Özellikleri..... | 17 |
| TABLO 3.3: Hücreseİ Üretim Sisteminin Faydaları..... | 20 |
| TABLO 4.1: Sınıflandırma Sistemindeki Parça Tasarım ve Üretim Özellikleri..... | 28 |
| TABLO 4.2: ÜAA'de Verilerin Bilgisayara Geçirilmesinde Kullanılan Bir Format Örneği..... | 31 |
| TABLO 4.3: A Ailesindeki Parçaların Çevrim Süreleri..... | 35 |
| TABLO 5.1: Parça/Makina Hücreleri..... | 72 |
| TABLO 5.2: $M \leq N$ Durumundaki Karşılaştırmalar..... | 74 |
| TABLO 5.3: $M > N$ Durumundaki Karşılaştırmalar..... | 74 |
| TABLO 5.4: (60x90) Boyutundaki İlişki Matrisinin Karşılaştırılması..... | 75 |
| TABLO 5.5: (80x50) Boyutundaki İlişki Matrisinin Karşılaştırılması..... | 75 |
| TABLO 6.1: Parça Tipleri ve Üretim Miktarları..... | 78 |
| TABLO 6.2: Ele Alınan Parçalar ve Kodları..... | 83 |
| TABLO 6.3: Makina Tipleri ve Kodları..... | 84 |
| TABLO 6.4: Elde Edilen Parça/Makina Hücreleri..... | 88 |

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ

Teknolojik ve bilimsel ilerlemeye paralel olarak günümüzde, bir yandan mamul ömrü kısalırken bir yandan da mamul çeşitliliği hızla artmaktadır. Mamul çeşitliliğinin artışı, genel amaçlı tezgahlarda çok sayıda mamulün küçük sayıdaki miktarlarının partiler halinde üretilmesini olanaklı kılan atölye tipi üretimi ön plana çıkarmaktadır. Bunun doğal sonucu olarak, atölye tipi üretim ve bu tip üretimin yerleşim türü olan prosese göre yerleşimin sorunları ve bu sorunların çözümü önem kazanmaktadır.

Atölye tipi üretimde karşılaşılan sorunların ana nedenleri şunlardır (Nişancı, H.İ., 1984, s.49):

- (1) Sipariş üzerine üretim yapılması ve dolayısıyla parça çeşitliliği ve talepteki belirsizlikler.
- (2) Her parçanın değişik işlem zamanına, işlem sayısına, işlem tipine ve karmaşık üretim akışına sahip olması.

Atölye tipi üretim sistemlerinin sorunlarına çözüm bulmanın bir yolu, bütün halinde ele alınması zor olan bu sorunları, sistemi küçük alt sistemler halinde tanımlayarak birleştirmektir. Küçük alt sistemlerde planlama, denetim ve üretim daha etkin bir şekilde yapılabilir. Bu amaçla hücresele üretim sistemi yaklaşımı ortaya atılmıştır.

Hücresele üretim sistemi, sistemdeki benzer üretim-işlem özelliklerine sahip parçaların biraraya toplanarak parça ailelerinin ve bunların tamamen üretilmesi için makina hücrelerinin oluşturulduğu sistemdir.

1.2. ÇALIŞMANIN AMACI

Hücresele üretim bugün, büyük ve orta büyüklükte parti tipi üretim yapan firmaların verimlilik ve etkinlik sorunlarına oldukça uygun çözümler getirmektedir. Bu yaklaşım, parçaların-makinaların benzer ya da ortak özelliklerine göre kümelendirilmesi şartıyla, sistemdeki çeşitli parçaların az sayıdaki miktarlarının daha ekonomik olarak üretilebileceği gerçeğine dayanmaktadır.

Hücresele üretim sisteminin esası, küçük bir sistemin etkin ve kontrol edilebilir olma özelliğini büyük sisteme yansıtmak şeklindedir. Bu noktadan hareketle ana amacı, mevcut bir sistem içinde benzer üretim işlemlerine sahip parça ailelerini ve makina hücrelerini belirlemek, bu hücrelere uygun bir yerleşim düzenlemesi ile parça ailelerini işleyerek, iş akışını basitleştirmektir. Böylece sağlıklı termin verme (istenilen zamanda talebin karşılanması), maliyetlerin düşürülmesi, toplam hazırlık sürelerinin kısaltılması, proses içi stokların azaltılması, esnek işçi kullanımı gibi performans ölçülerini iyileştirmek mümkün olabilmektedir.

1.3. ÇALIŞMANIN DAYANDIĞI VARSAYIMLAR VE KISITLARI

Çalışmadaki yöntemin temel özelliği olarak, sistemdeki mevcut makinelerin başlangıçta birer adet olduğu kabul edilmiş ve uygulamadan sonra ihtiyaç duyulan ölçüde makina sayısı arttırılmıştır.

İş akışının basit olmasını sağlamak amacıyla, bir makina hücresinde en fazla 15 adet makina olabileceği kabul edilmiştir. Ayrıca makinelerin teknolojik ve üretim özellikleri de önemli bir kısıt olarak düşünülmüştür.

1.4. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Bu çalışmada, hücresele üretim sisteminin en önemli aşaması olan parça/makina hücrelerinin oluşturulabilmesi için bir sezgisel (heuristik) kümelendirme yöntemi geliştirilmiştir. Sezgisel yöntemde kümelendirme ölçütü olarak, parçalar-makinalar arasındaki benzerliklere ve farklılıklara dayanan ilişki katsayısı kullanılmıştır. Makinalar-parçalar arasındaki ilişki katsayısının yüksekliği, önceliği ifade eder. Yöntem genel haliyle tekrarlanan işlemlere sahip olup, parçalara ait üretim rotalarına ihtiyaç duymaktadır.

Bu yöntemle makinalar ve parçalar birlikte kümelendirildiğinden kısa bir sürede çözüme (parça/makina hücrelerine) ulaşılmakta ve sonuç matrisinde literatürdeki diğer yöntemlere göre daha az kümelendirilemeyen eleman yaratılabilmektedir.

1.5. ÇALIŞMANIN PLANI

Bu tez çalışması yedi bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünden sonra, ikinci bölümde, hücresele üretim sisteminin tarih içerisindeki seyri dikkate alınarak konuyla ilgili literatür taraması yapılmıştır. Hücresele üretim sistemine bugüne kadar, kimler tarafından ne tür bir katkı yapıldığı bu bölümde yer almıştır.

Üçüncü bölümde, konu, genel hatlarıyla incelenmeye çalışılmıştır. Bu bölümde, hücresele üretim sistemi kavramsal açıdan tanıtarak, uygulanabilirliği, amaçları ve sağladığı avantajlara yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde, hücresele üretim sisteminin uygun bir şekilde tasarlanabilmesi için bir yaklaşım verilerek, bu yaklaşımdaki aşamalar ve kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Ayrıca hücresele üretim sisteminin uygulama politikası ve karşılaşılan sorunlar, tasarım aşamaları arasındaki temel ilişkiler ve kısıtları bu bölümde ele alınmıştır.

Beşinci bölümde, hücresele üretim sisteminin en önemli aşaması olan parça/makina hücrelerinin oluşturulması için, parça-makineler arasındaki benzerliklere ve farklılıklara göre kümelendiren sezgisel bir yöntem geliştirilmiştir. Bu bölümde sezgisel yöntemin temel özelliklerine, algoritmasına, değerlendirme ölçülerine ve örnek bir uygulamasına yer verilmiştir.

Altıncı bölümde, teoriyle pratiği bütünleştirmek amacıyla, geliştirilen sezgisel kümelendirme yönteminin bir sanayi işletmesine uygulaması yapılarak, elde edilen bulgular açıklanmıştır.

Yedinci bölümde ise, sonuç yer almaktadır. Bu bölümde çalışmanın genel bir değeriendirilmesi yapılarak, hücresele üretim sistemi için çeşitli öneriler getirilmektedir.



BÖLÜM 2

KONUyla İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Literatürde grup teknolojisiyle hücresele üretim sistemi kavramları eş anlamlı gibi kullanılmaktadır. Halbuki hücresele üretim sistemi grup teknolojisinin üretime uygulanmasıdır (Singh N., 1993, s.284). Grup teknolojisi ilk defa Mitrafanov (1966) ve Burbidge (1977) tarafından ortaya konan bir üretim felsefesidir. Hücresele üretim sisteminin temel sorunu parça ailesinin ve makina hücresinin etkin bir şekilde oluşturulmasıdır (Shafer SM., Meredith J.R. 1990, s.661). Bu yüzden literatürdeki çalışmaların büyük çoğunluğu parça/makina hücrelerinin oluşturulmasına yönelik yöntemlerle ilgilidir. Son yıllarda hücresele üretim sistemi pratik ve akademik hayatta hem rekabetin giderek yoğunlaşması ve hem de yeni teknolojilerin yaratılması nedeniyle ilgi odağı haline gelmiştir. Japonlar hücresele üretim sistemini tam zamanında üretime geçebilmek amacıyla kullanmaktadırlar (Wemmerlöv U., Hyer N.L., 1987, s.413). Hücresele üretim sistemi Avrupa'da ve ABD'de yaygın bir şekilde uygulama sahası bulmuştur. Bununla birlikte bazı ülkelerdeki uygulamalarda yüksek enflasyon ve lojistik destek sistemlerindeki yetersizlikler hücresele üretim sisteminden sağlanan yararları azaltmaktadır (Zelonovic D.M., Tesic Z.M., 1988, s.313).

Literatürde parça/makina hücrelerinin oluşturulmasında kullanılan yöntemler şunlardır (Singh N., 1993, s.284):

- (1) Sınıflandırma+kodlama sistemi
- (2) Parça/makina grup analizi
- (3) Benzerlik katsayısı
- (4) Matematiksel programlama
- (5) Sezgisel yaklaşımlar
- (6) Diğer yaklaşımlar

2.1. SINIFLANDIRMA+KODLAMA SİSTEMİ

Bu yaklaşımda parça ailesinin oluşturulmasında parça özellikleri kullanılmaktadır. Sınıflandırma+Kodlama sisteminde parçalara parça özelliklerini (geometrik şekil, boyut vb) ifade eden alfa sayısal semboller verilerek kodlanır ve üretim özelliklerine (parçanın üretimdeki işlem sırası) göre sınıflandırılarak parça aileleri oluşturulur (Singh N., 1993, s.285). Literatürde sınıflandırma+kodlama sistemiyle ilgili hiyerarşik, zincir tipi ve karışık yapıda birçok yaklaşım geliştirilmiştir. Dünyada uygulanmakta olan sınıflandırma+kodlama sistemleri Tablo 2.1'de verilmiştir.

Parça ailesinin oluşturulmasında sınıflandırma+kodlama sisteminden yararlanan algoritmalar şunlardır (Singh, N. 1993, s.285):

- (1) Hiyerarşik kümelendirme algoritması (Kusiak A., 1983, s.561-569):
- (2) Çok amaçlı kümelendirme algoritması (Han C., Ham I.,1986, s.223-230).
- (3) Bulanık kümelendirme algoritması (XuH., Wang H.P., 1989, s.1637-1651).

Hücresele üretim sisteminin tasarımına parça ailesinin oluşturulması kısmi bir çözüm getirmektedir. Bu yüzden parça aileleri tanımlanırken parçaları işleyecek makineler de belirlenmelidir (Singh N., 1993, s.285).

TABLO 2.1.
Dünyadaki Sınıflandırma+Kodlama Sistemleri

| Sistemler | Organizasyon ve Ülke |
|--------------|-------------------------------|
| OPITZ | Aachen Teknik Üniv. Almanya |
| STUTTGART | Stuttgart Üniv. Almanya |
| PITTLER | Pittler Firması Almanya |
| GILDEMEISTER | Gildemeister Firması Almanya |
| ZAFO | Almanya |
| SPIES | Almanya |
| PUSCHMAN | Almanya |
| DDR | DDR Standartları Almanya |
| MITROFANOV | Bağımsız Dev.Top. |
| LITMO | Leningrad Ens. BDT |
| NHTMASH | BDT |
| VPTI | BDT |
| VUOSO | Praque Araş.Ens. Çekoslavakya |
| MALEK | Çekoslavakya |
| IAMA | Yugoslavya |
| PERA | İngiltere |
| SALFORD | İngiltere |
| PGM | İsveç |
| HITACHI | Hitachi Japonya |
| TOYOTA | Toyota Japonya |
| TOSHIBA | Toshiba Japonya |
| BRISCH | İngiltere ve ABD |
| MICLASS | Hollanda ve ABD |
| CODE | ABD |
| SAGT | ABD |
| DTH/DDCLASS | Purdue Üniv. ABD |

Kaynak: Ham I., Hitomi K., 1985, s.12.

2.2. PARÇA/MAKİNA GRUP ANALİZİ

Parça/makina grup analizi üretim akışına dayanır (Burbidge, J.L., 1977, s.34). Bu yaklaşımda parça/makina ilişki matrisi kurularak değişik algoritmalarla hücreler oluşturulmaya çalışılır. Parça/makina ilişki matrisinde; eğer j parçası i makinasında işleniyorsa "1" değerini, işlenmiyorsa "0" değerini alır. Parça/makina grub analiziyle ilgili geliştirilen algoritmalar şunlardır (Offodile, O.F., Mehrez A., 1994, s.207):

- (1) İlişki gücü algoritması (Mc Cormick W.T., 1972, s.993-1009).
- (2) Derece sırası algoritması (King J.R., 1980, s.213-232).
- (3) Direkt kümelendirme algoritması (Chan H.M; Milner D.A., 1982, s.64-76).
- (4) Düzeltilmiş derece sırası algoritması (Chandrasekaran M.P. Rajagopalan, R., 1986, s.1221-1233).

Tüm bu algoritmalar uygulanabilir olmalarına rağmen üretim miktarı, üretim zamanı, rotalama gibi konularla pek fazla ilgilenilmemiştir (Singh, N., 1993, s.285). Parça/makina grub analizinde hücrelerde yer almayan kümelendirilemeyen makina veya parçalarla karşılaşılabilir. Darboğaz yaratan makinalarla (istisnai) ilgili olarak makinaların alımı/yapımı ya da işlevini yerine getirebilecek diğer bir makinanın ortaya konması gibi alternatifler sözkonusudur (King J.R., Nakornchai V., 1982, s.120). Ekstra makina ihtiyacı (Seifoddini H., 1981, s.382-388) ve kümelendirilemeyen makinaların/parçaların tanımlanması (Vannelli A., Kumar K.R. 1986, s.387-400) için bir takım yöntemler geliştirilmiştir. Ayrıca Shafer, kümelendirilemeyen elemanlarla ilgili makina alımı, fason imalat ya da hücre içi parça akış maliyetini düşünen bir matematiksel programlama modeli kurmuştur (Shafer, S.M., 1992, s.1029-1036).

2.3. BENZERLİK KATSAYISI

Literatürde benzerlik katsayısı parça/makina hücrelerinin oluşturulmasında ya tek başına ya da network, matematiksel programlama vb. yöntemlerle birlikte kullanılmaktadır. Bu yöntemde makinalar, takım-edavatlar, tasarım özellikleri vb. arasındaki benzerlikler hesaplanır ve buna bağlı kalınarak diğer yöntemlerle parça/makina hücreleri oluşturulmaktadır. Literatürdeki benzerlik katsayısına dayanan yöntemler şunlardır (Singh, N., 1993, s.286):

- (1) Basit kümeleme analizi (McAuley J., 1972, s.53-57).
- (2) Ortalama ilişki yöntemi (Seifoddini, H., Wolfe P.M., 1986, s.271-277).

- (3) Tam ilişki yöntemi (Mosier G.T., 1989, s.1811-1805).
 (4) Merkezsel ve medyan yöntemi (Mosier C.T., 1989, s.1811, 1805).

Sezgisel yaklaşımlarda kümelendirme ölçütü olarak benzerlik katsayısı kullanılmaktadır (Gupta T., Seifoddini H., 1990, s.1247-1269). Matematiksel programlama modellerinde benzerlik katsayıları amaç fonksiyonunun katsayıları olarak yer almaktadır (Singh N., 1993, s.286). Öte yandan, amaç fonksiyonunda benzerlikleri maksimum yapan ve değişik rotaları ele alan p medyan modelini (Kusiak A., 1987, s.561-569) ve benzerlik indekslerini kullanan tamsayılı programlama modelini (Kasilingam R.G., 1989) geliştirmişlerdir (Offodile O.F., Mehrez A., 1994, s.209).

2.4. MATEMATİKSEL VE SEZGİSEL YÖNTEMLER

Choobineh (1988) ilk aşamada işlem sırası yaklaşımıyla parça ailelerini oluşturmuş ve aileleri üretecek makina hücrelerinin oluşturulmasını maliyet açısından ele alan matematiksel programlama modelini geliştirmiştir (Singh N., 1993, s.286). Rajamani vb. (1990) parça ailesinin ve makina hücrelerinin birlikte oluşturulmasını sağlayan bir tam sayılı programlama modelini ortaya koymuşlardır. Hatta hücrelerin tasarımı için genel bir çerçeve çizmişler ve hücrelerin yeniden tasarımında alternatif işlem sıraları, makina yerleşim düzenlemesi, malzeme akışı, yatırım maliyeti, üretim maliyeti gibi konuları da işlemişlerdir. Askin ve Chiu (1988) stok maliyetleri, hazırlık süreleri ve malzeme akışları gibi faktörleri düşünen bir matematiksel programlama modeli kurmuşlardır (Singh N., 1993, s.287).

Harhalakis (1990) hücreler arasındaki parça akışını minimum yapan bir sezgisel yaklaşım geliştirmiştir. Diğer sezgisel yaklaşımlar şunlardır (Offodile O.F.; Mehrez A., 1994, s.210).

(1) Logendran (1990) hücre içi ve hücrelerarası parça akışının yanında iş istasyonlarından yararlanma oranını düşünmüştür.

(2) Co ve Araar (1988) hücre sayısının ve hücre kompozisyonunun belirlenmesinde üç aşamalı bir algoritma geliştirmiştir.

(3) Okogbaa vb. (1992) makinaların boş zamanlarını minimum yapan dengeleme problemiyle ilgilenmiştir.

(4) Al-Qattani (1990) hücrelerarası parça akışını minimum yapmayı amaçlayan dal-sınır algoritmasını geliştirmiştir.

2.5. DİĞER YÖNTEMLER

Kusiak (1988) hücre oluşturulmasında makina kapasitesinin, malzeme akışının, teknolojik özelliklerinin vb.'nin optimizasyonunu sağlayan bir uzman sistemi geliştirmiştir. Li ve Ding (1988), Xu ve Wong (1989), Chu ve Hayya (1991) hücre oluşturulmasında bulanık kümelendirme yöntemini kullanmışlardır. Karapethi ve Suresh (1992) yapay sinir ağları yaklaşımıyla hücreleri oluşturmaya çalışmışlardır.

Hücresele üretim sisteminin tasarımıyla ilgili olarak literatürü dikkatli bir şekilde incelendiğinde çalışmaların büyük çoğunluğu ya matris esaslı ya da matematiksel programlamayla beraber benzerlik katsayısını ele almaktadır (King J.R., Nakornchai V., 1982, s.129). Wemmerlov ve Hyer (1987) hücresele üretim sisteminin uygulanabilirliği, gerekçeleri, tasarımı ve yürütülmesi konularında karşılaşılan sorunlara değinmişler ve çözümler üretmişlerdir. Shafer ve Meredith (1990), Chu ve Tsai (1990) hücre oluşturulmasında kullanılan yöntemleri karşılaştırmışlardır (Offodile O.F., 1994, s.211).

Hücresele üretim sisteminde hücrelerin planlanması ve çizelgelenmesi en az hücre oluşturulması kadar önemlidir. Bu konularda literatürdeki çalışmalar şunlardır (Singh N., 1993, s.288):

- (1) Singh ve Mohanty (1991); bulanık kümelendirme yöntemiyle işlem planlamasını ele almıştır.
- (2) Damodaran (1992); ekstra makina ihtiyacını gözönünde tutan üretim planlama modelini geliştirmiştir.

(3) Venugopal-Norendran (1992); çok amaçlı genetik algoritmasıyla parça/makina kümelendirmesini geliştirmiştir.

(4) Irani (1992); hücredeki makina yerleşim düzenlemesini ele almıştır.

Bu bağlamda; hücreyel üretim sistemiyle ilgili çalışmalar genellikle en önemli aşama olan parça/makina hücrelerinin oluşturulmasında değişik yaklaşımlar geliştirmeye yöneliktir. Hücrelerin oluşturulmasında; talep ve maliyetlerdeki belirsizlikleri, makina kapasiteleri, rotalama esneklikleri, hücrelerin yerleşim düzenleri gibi konuları ele alan yaklaşımlar daha faydalı olabilecektir.

BÖLÜM 3

HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNİN TANIMI, UYGULANABİLİRLİĞİ, AMAÇLARI VE AVANTAJLARI

Hücresele üretim sistemi, parti tipi üretim yapan firmaların verimlilik-etkinlik sorunlarına, uygun çözümler getirebilmektedir. Bu yaklaşım; çeşitli parçaların benzer özelliklerine göre kümelendirilmesiyle, az sayıdaki miktarlarının çok daha ekonomik üretilebileceği gerçeğine dayanmaktadır.

Bu bölümde ilk önce hücresele üretim sisteminin tanımı yapılarak uygulanabilirliği konusuna değinilmiştir. Daha sonra hücresele üretim sisteminin amaçları ve sağladığı avantajlar/dezavantajlar ele alınmıştır.

3.1. HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNE GENEL BİR BAKIŞ

Son yıllarda yeni bir üretim sistemi olarak ortaya çıkan hücresele üretim sistemi diğer üretim sistemlerine göre hem maliyet ve hem de kaliteli mamül üretimi yönünden daha avantajlıdır (Black, J.T., 1983, s.36). Hücresele üretim sisteminde makina hücreleri birbirinden bağımsız olarak oluşturulmakta ve her makina hücresinde benzer parçalardan oluşan bir parça ailesi üretilmektedir (Arvindh B., Iranı A., 1994, s.1997).

Herhangi bir firma için aşağıdaki soruları düşünelim:

- Parçalar için standart bir terminoloji var mı?
- Parçalar benzer işlemlere veya aynı işlem sırasına göre üretiliyor mu?
- Parçalar iş istasyonları arasında beklemeden üretiliyor mu?
- İşgücü esnek olarak kullanılabilir mi?
- Ürünün kalitesi yüksek mi?
- Her gün ne üretileceği konusunda karar veriliyor mu?

Firmanın bu sorulardan birkaçına verdiği cevap "hayır" ise üretim hücrelerini kullanmadığını söyleyebiliriz (Kinney, H., McGinnis L.F., 1987, s.54). Hücresele üretim sistemi, yüksek üretim zamanı, iş istasyonları

arasındaki yüksek stoklara, düşük kapasite kullanımı vb. konularda firmalara oldukça faydalı sonuçlar verebilir.

İmalat sistemleri genellikle fonksiyonel departmanlar şeklinde organize edilmişlerdir (Örneğin; frezeleme departmanı, presleme departmanı gibi). Bu tür organizasyonlarda parçalar departmanlar arasında birkaç kez hareket edebilir ve işin sorumluluğu ustabaşına/işçiye verilmiştir. Bununla beraber fonksiyonel departmanların hiçbirisi ürünün zamanında tamamlanmasından sorumlu değildir (Kinney H., McGinnis L., 1987, s.54).

Üretim hücreleri, organizasyonlarda "basitleştir, birleştir, çıkart" kavramlarını ele almaktadır (Kinney H., McGinnis L., 1987, s.54). Hücreler tasarlanırken elde bulundurulmuş malzemeler basitleştirilir veya sistemden çıkartılır. Fonksiyonel üretim organizasyonlarından üretim hücrelerine geçişte malzeme akışında ve yerleşim düzeninde değişiklikler söz konusu olabilir.

3.2. HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNİN TANIMI

Grup teknolojisi, benzer ve tekrarlanan faaliyetlerden yararlanan ve geniş uygulamalarıyla üretim organizasyonlarına potansiyel etkileri olan bir üretim sistemidir (Hyer N., Wemmerlöv U., 1984, s.141). Hücresel üretim sistemi ise, grup teknolojisinin üretime uygulanmasıdır (Rajamani D., Singh N., Angç Y.P., 1990, s.1541). Hücresel üretim sistemi, benzer parçaların toplanması (parça aileleri) ve bu parçaları üretebilecek işlevleri farklı makinelerin/üretim işlemlerinin kümelenmesi (makina hücreleri) süreciyle ilgilenmektedir (Wemmerlöv U., Hyer N., 1987, s.413). Hücresel üretim sistemi, orta büyüklükte parti tipi üretim yapan firmaların verimlilik ve etkinlik sorunlarına oldukça uygun çözümler sağlayan bir üretim sistemidir (Black J.T., 1983, s.37). Hücresel üretim sistemi akış tipi, sipariş tipi gibi üretim sistemlerine göre fabrika yerleşim düzeninde ve malzeme akışında önemli değişiklikler gerektirebilir (Kinney, H., McGinnis L., 1987, s.54). Hücresel üretim sisteminin temel özellikleri Tablo 3.1.'de ifade edilmiştir.

Tablo 3.1
Hücrese1 Üretim Sisteminin Özellikleri

1. 1-200 arasındaki parçalar bir parça ailesini oluşturur.
2. 1-15 arasındaki makinalar bir makina hücresini oluşturur ve birarada bir parça ailesini üretir.
3. Parça ailesi tek bir hazırlık süresine sahip olabilir.
4. İş istasyonları arasındaki stoklar düşüktür.
5. Yüksek kalitede mamul üretilir.
6. Çok işlevli işgücü mevcuttur.
7. İş zenginliği sağlanabilir.
8. Esnek ve programlanabilir makinalar mevcuttur (otomasyonda).

Kaynak: Black J.T., 1983, s.40.

Hücrese1 üretim sisteminin temel amacı, mevcut bir sistem içinde benzer üretim/işlem özelliklerine sahip parça ailelerini ve makina hücrelerini belirlemek, bu hücrelere uygun bir yerleşim düzenlemesiyle malzeme akışını basitleştirmektir. Böylece üretim sistemlerindeki hazırlık süreleri, iş istasyonları arasındaki stokları ve akış süreleri gibi performans ölçülerini iyileştirmek mümkün olabilecektir.

Hücrese1 üretim sisteminde parça aileleri, makina hücrelerinde esnek bir şekilde üretilebilir. Hücrelerde bir parçanın üretiminden hızlı bir şekilde diğerinin üretimine geçilebilmekte ve böylece sistemdeki hazırlık süreleri de kısaltılabilmektedir. Hazırlık sürelerinin kısaltılması, parça tipi üretimin küçük miktarlar halinde üretilmesine olanak sağlar. Japonların geliştirdikleri tam zamanında üretim sistemi (JIT) ve toplam kalite yönetiminde (TQM) olduğu gibi hücrese1 üretim sisteminde de temel amaç, parçaların küçük miktarlar halinde daha ekonomik bir şekilde üretilmesine çalışılır (Black J.T., 1983, s.37-38).

Hücrese1 üretim sisteminde parça ailelerinin ve makina hücrelerinin oluşturulması için geliştirilen yöntemlerde aşağıdaki temel yaklaşımlarla ilgilendirilmiştir (Rajamani, D., Singh N., Aneja P., 1980, s.504).

(1) Önce makina hücreleri ve daha sonra makinalara parçalar atanarak parça aileleri oluşturulmaktadır (DeWitte J., 1980, s.1542).

(2) Önce parça aileleri ve daha sonra parçalara makinalar atanarak makina hücreleri oluşturulmaktadır (Choobineh F., 1988, s.1163).

(3) Parça aileleri ve makina hücreleri aynı anda oluşturulmaktadır (Waghadekar P.H., Sahu S., 1984, s.940).

Hücresele düzenlemede, bir işçi gerekli işlemlerin yapılması için parçayı doğrudan diğer işçiye verebilir. Ürün kalitesinin yükseltilmesi amacıyla; üretim aşamalarında bir hata farkedildiğinde nelerin yanlış gittiğinin bulunması için üretim süreçleri durdurulabilir (Black, J.T., 1983, s.38).

Son yıllarda parçaların fabrika içerisinde "durmada akan bir nehir" gibi üretilmesi için oldukça yoğun çalışmalar yapılmakta ve akış tipi, sipariş tipi gibi üretim sistemlerinin hücresele üretim sistemine uyarlama koşulları araştırılmaktadır (Black, J.T.,1983, s.38).

3.3. HÜCRESELE ÜRETİM SİSTEMİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ

Hücresele üretim sisteminin uygulanabilirliğini ortaya koymak için, ilk önce bu üretim sisteminin diğer üretim sistemleriyle karşılaştırılması gerekir. Uygulamada üretim sistemleri karışık bir yapıdadır. Başka bir deyişle, akış tipi, sipariş tipi veya hücre tipi üretim sistemlerinin uygun bir kompozisyonuyla üretim yapılmaktadır (Wemmerlöv, U., Hyer, L., 1987, s.414). Tablo 3.2'de akış tipi, sipariş tipi ve hücre tipi üretim sistemlerinin genel özellikleri verilmiştir.

Tablo 3.2
Temel Üretim Sistemlerinin Özellikleri

| Özellikler | Sipariş Tipi | Akış Tipi | Hücre Tipi |
|---------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Makina Tipi | Esnek, Genel Amaçlı | Özel Amaçlı, Tek Fonksiyonlu | Esnek, Programlanabilir |
| Süreçlerin Tasarımı | Fonksiyonel veya Süreç Tipi | Ürün Akışına Dayalı | Hücresel |
| Hazırlık Süresi | Uzun, Değişken | Uzun | Tek Hazırlık Süresi ve Kısaltılabilir |
| İşçiler | Tek Fonksiyonlu Yüksek Yetenekli | Tek Fonksiyonlu Düşük Yetenekli | Çok Fonksiyonlu, Esnek |
| Stok | Oldukça Fazla | Fazla | Az |
| Üretim Miktarı | Orta/Küçük | Büyük | Orta/Küçük |

Kaynak: Black, J.T., 1983, s.39.

Hücreyel üretim sisteminin hangi durumlarda uygulanabileceğinin yanında, hangi durumlarda da diğer üretim sistemlerine üstünlük sağladığı gösterilmelidir. Bu nedenle, firmalar ayrıntılı bir analiz yapmadan önce hücreyel üretim sisteminden sağlanabilecek faydalar hakkında genel bir fikir sahibi olmalıdırlar. Hücreyel üretim sistemi iyi bir şekilde tasarlanır, ekonomik gerekçeleri ortaya konur ve başarılı bir şekilde yürütülürse uygulanabilirliği kanıtlanır (Wemmerlöv, U., Hyer, L., 1987, s.415). Firmalar için uygulanabilirlik, sadece teknik bir konu değil (ürün tipleri, talep miktarı vb) aynı zamanda organizasyon yapısı ve uygulama politikalarıyla da yakından ilgilidir.

Hücresele üretim sisteminin uygulanabilirliği hakkındaki genel görüş; endüstrideki uygulamalar hakkında ne kadar çok bilgiye sahip olursak hücrelerin tasarımı ve uygulama politikalarının daha iyi anlaşılacağı ve çözümleneceğidir. Bu görüş ışığında firmalar, aşağıdaki sorularla yakından ilgilenmelidirler (WemmerlöV, U., Hyer, L., 1987, s.418):

- Üretim hücreleri sınıflandırılabilir mi?
- Endüstrideki hücresele üretim sistemiyle ilgili kaç tane uygulama vardır ve başarı oranı nedir?
- Firmalar ürün çeşitliliği, teknolojik kısıtlar, organizasyon kültürü vb., konuları nasıl tanımlamıştır? Tutarlı bir görünüş çizilebilir mi?
- Uygulanabilirlik ilkeleri açık ve kesin olarak ifade edilebilir mi?
- Hangi faktörler firmaları hücresele üretim sistemine uyarlanması için motive etmiştir? Hangi alternatif sistemler düşünülebilir?
- Hücresele üretim sistemi hangi koşullarda daha iyi sonuçlar verebilir? Sinerjik etkiler mevcut mudur?

Firmalar bu sorularla ilgili bilgileri topladıktan sonra ayrıntı çalışmalarına başlayabilir ve elde edilen bulguları diğer firmalarla karşılaştırmalıdır. Daha sonra firma içinde gerekli eğitim çalışmalarına başlamalıdır. Hücresele üretim sisteminin uygulanabilirliği sorununa, bir model kurularak ve tecrübelerden yararlanılarak çözüm bulunabileceği ve bu aşamada simülasyon tekniğinin uygun olacağı düşünülmektedir (WemmerlöV, U., Hyer, L., 1987, s.418).

3.4. HÜCRESELE ÜRETİM SİSTEMİNİN AMAÇLARI

Firmalar hücresele üretim sistemini birtakım amaçlara erişmek için geliştirmişlerdir. Hücresele üretim sisteminin amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Ballakur, A., Steudel, H.J., 1987, s.642):

- (1) Hücreler arasındaki malzeme/yarı mamul akışını (hareketliliğini) minimize yapmak,
- (2) Hücre içindeki malzeme akışının minimum düzeyde olmasını sağlamak,

- (3) Parçaların hazırlık sürelerini minimize etmek,
- (4) Parça ailesindeki benzerliği maksimize etmek,
- (5) Toplam üretim maliyetini azaltmak,
- (6) Fason imalatı/yatırım ihtiyacını azaltmak,
- (7) Makinalardan yararlanma oranını yükseltmek,
- (8) Daha kaliteli parça üretimini sağlamak,
- (9) İş istasyonları arasındaki yarı mamul stoklarını azaltmak.

Yöneticiler, mevcut üretim sisteminin genel özelliklerini ve çevresel faktörleri de dikkate alarak hücreli üretim sisteminin amacını açıkça ortaya koyabilmelidirler. Çünkü, sistemin başarısı firma için uygun amaçların seçilmiş olmasına bağlıdır.

3.5. HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Hücreli üretim sistemi, firmalara kaliteli mamul üretiminde ve maliyetlerin azaltılmasında oldukça iyi sonuçlar verebilir. Bununla birlikte, hücreli üretim sistemi bilgisayarla bütünleşik üretime (CIM) ve tam zamanında üretime (JIT) geçmeyi hedefleyen firmalara anahtar bir rol oynayabilir (Black, J.T., 1983, s.44).

Hücreli üretim sistemini uygulayan firmalar; üretim zamanı, iş istasyonları arasındaki stoklar, malzeme akışı, hazırlık süresi, kalitenin iyileştirilmesi gibi alanlarda avantajlar sağlayabilirler. Elde edilebilecek faydalar yüzdesel olarak Tablo 3.3'de verilmiştir. Tablo 3.3'deki performans değerlendirmeleri hücreli üretim sisteminden elde edilebilecek iyileşmeler hakkında genel bir fikir verebilir. Hatta birçok fayda usulüne uygun performans gösterilerek sağlanabilir.

Kalite, işten memnun olma vb. performansları değerlendirmek oldukça güçtür. Bu tür performans değerlendirmelerinde değişmelerin yönünü belirleyecek göstergeler dikkate alınmalıdır. Firmalar; tablo 3.3'deki faydaları:

- iyi bir teçhizatla donatılırsa,
- işgücüne sürekli eğitim verilirse,
- uygun kalite kontrol programları uygularsa,

elde edebilir (Wemmerlöv, U., Hyer L., 1989, s.80). Ayrıca hücresele üretim sisteminin uygulanmasıyla elde edilen faydaların kuvvetli bir şekilde maliyetlerle ilgili olduğu söylenebilir.

Hücresele üretim sisteminin en belirgin dezavantajları ise şunlardır (Singh, N., 1993, s. 284):

- (1) Düşük makina kullanımı,
- (2) Düşük işçi kullanımı,
- (3) Makinalara ve teçhizatlara yapılabilecek ek yatırımlar.

Yukarıda sıralanan dezavantajları, firmaların takım çalışmasıyla ve yönetimin gerekli desteği vermesiyle en aza indirebilir (Wemmerlöv, U., Hyer, L., 1989, s.82).

Tablo 3.3.
Hücresele Üretim Sisteminin Faydaları

| Sağlanabilecek Faydalar | Ortalama (%) | Minimum (%) | Maksimum (%) |
|--|--------------|-------------|--------------|
| -Toplam üretim zamanında azalma | 45.6 | 5.0 | 90.0 |
| -Yarı mamul stoğunda azalma | 41.4 | 8.0 | 80.0 |
| -Malzeme akışında azalma | 39.3 | 10.0 | 83.0 |
| -İşten memnun olma | 34.4 | 15.0 | 50.0 |
| -Hazırlık süresinde azalma | 32.0 | 2.0 | 95.0 |
| -Yer ihtiyacında azalma | 31.0 | 1.0 | 85.0 |
| -Mamul kalitesinde iyileşme | 29.6 | 5.0 | 90.0 |
| -Ürün stoğunda azalma | 29.2 | 10.0 | 75.0 |
| -Direkt işçilik maliyetlerinde azalma | 26.2 | 5.0 | 75.0 |
| -Hücredeki parçalar için yatırımların azalması | 33.1 | 10.0 | 85.0 |

Not: Bu çalışma, ABD'de hücresele üretim sistemini uygulayan bazı firmalarla yapılan bir çalışmanın bulgularıdır.

Kaynak: Wemmerlöv, U., Hyer, L., 1989, s.81.

BÖLÜM 4

HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNİN TASARIMI, UYGULAMA POLİTİKALARI VE BAZI KISITLARI

Bu bölümde ilk önce, hücresele üretim sisteminin tasarımı için gerekli genel görüş ve yöntemlere yer verilecektir. Daha sonra, uygulama politikaları ve karşılaşılan sorunlar hakkındaki bilgiler sunulacaktır. Ayrıca tasarımdaki bazı aşamalar arasındaki temel ilişki ve kısıtlara da değinilecektir.

4.1. HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNİN TASARIMI

Firmalar, bugün içinde bulunulan çevre şartlarında daha düşük maliyette, daha hızlı bir üretim ve kapasite esnekliği konularına dikkat etmelidirler. Bu bakış açısıyla hücresele üretim veya esnek üretim gibi stratejiler geliştirilmiştir. Üretim hücreleri bir parça ailesi üretmek amacıyla gruplandırılmış bir veya daha fazla iş istasyonlarından oluşmaktadır (Black, J.T., 1983, s.38). Bu iş istasyonları elle yapılan yarı otomatik veya otomatik işlemlerin kompozisyonundan oluşabilir.

Üretim hücrelerinin tasarımında amaçlara, varsayımlara ve kısıtlayıcı koşullara bağlı kalınarak parça seçimi, süreç seçimi, süreç planlaması, çizelgeleme vb. konularda gerekli kararlar alınmalıdır. Tasarım boyunca alınacak kararlar sistemin maliyetini ve performansını etkileyecektir (Wemmerlov, U., Hyer, L., 1987, s.419). Yeniliği ve değişimi hedefleyen firmaların başarı ölçütleri ve düzeyleri hakkında genel bir bilgiye sahip olması gereklidir. Böylece firma mevcut performansıyla elde edilecek performans arasında ne tür bir iyileşme bekleyebileceğini ortaya koyabilir. Örneğin; stok seviyelerinin azaltılması, işçilik-üretim maliyetlerinin düşürülmesi gibi uygulamalarda tek tek ya da bütünleşik halde iyileşmelerini hedefleyebilir. Firma müşteriye tatmin etme ve kazanma gibi konularda da rakiplerini iyi tanımak durumundadır.

Hücresele üretim sisteminin tasarımı tamamlandıktan sonra bunun uygulaması basit proje yönetim tekniklerine göre yapılmalıdır. Yönetim, bu süreçte karşılaşılabilecek güçlükleri ve çözüm yolları hakkında duyarlı davranarak kararlılık göstermelidir.

Firma, mevcut ve gelecekteki ürün yapısı hakkında ayrıntılı bilgiye sahip olmalıdır. Pazarlama/satış bölümleriyle işbirliğine gidilerek üretim miktarları ve olabilecek değişimler hakkında gerekli bilgiler toplanmalıdır (Baran, W., 1991, s.47). Hücresele üretim sisteminin tasarımında firmalar aşağıdaki ilkelere dikkat etmelidir (Black, J.T., 1983, s.44):

(1) Parça ailesindeki ürünlerin hücre oluşturmasını gerektirebilecek yeterli bir miktarda üretim yapılmalıdır.

(2) Hücresele üretim sisteminde otomasyona dayanmayan makinaların kullanım oranı yüksek olmayabilir. Buradaki amaç işgücünden faydalanmayı arttırmak ve işçilerin esnek kullanımını sağlamaktır. Otomasyona dayalı hücrelerde, ise makina kullanım oranı önemli olmaktadır.

(3) Hücrelerdeki süreçler teknolojik açıdan gerekli uyumu sağlamalıdır.

(4) Sistemin kapasitesi, ürünlerin talep miktarları ve üretim programları tarafından belirlenecektir. Bu esnada makina kullanım oranı ve işgücü dengeleme sorunlarıyla karşılaşılacaktır.

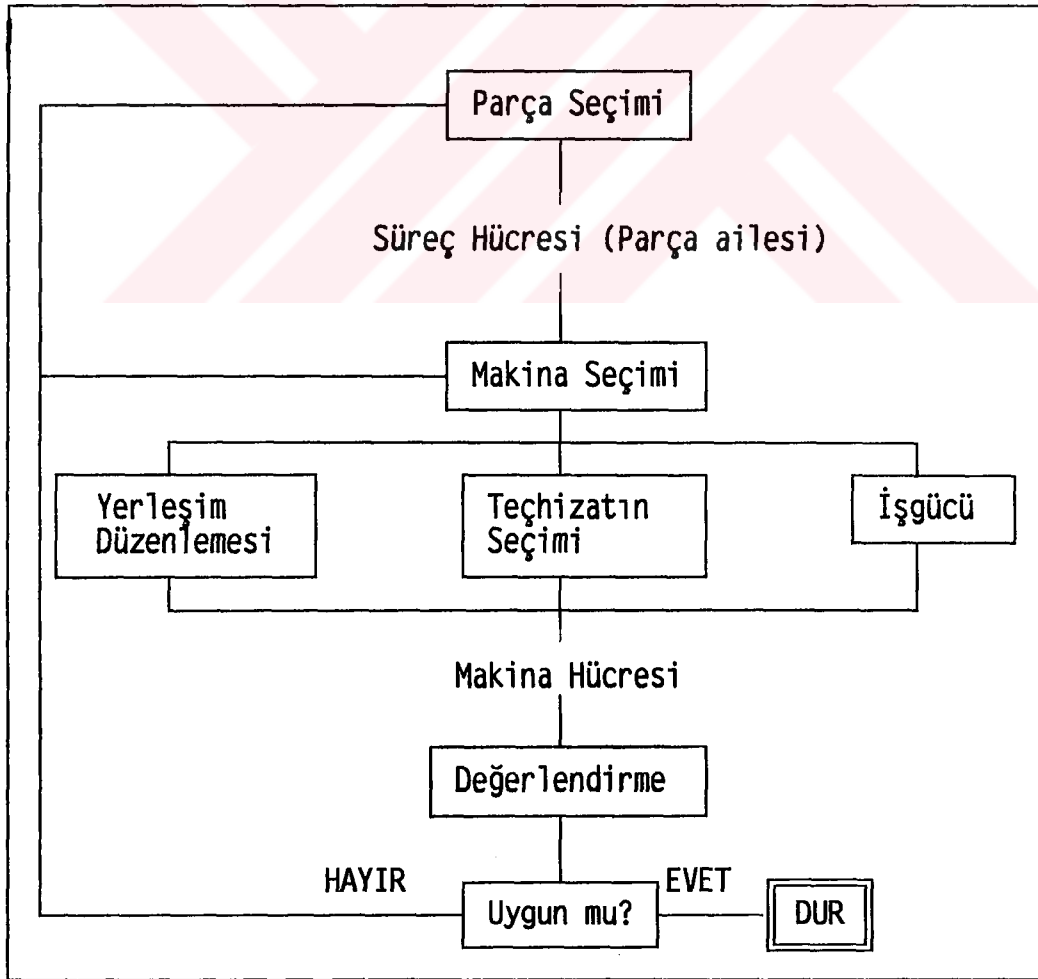
(5) Üretim sisteminin fiziksel olarak yeniden organizasyonu, firmanın mevcut üretim sisteminin de yeniden tasarlanmasını gerektirecektir. Bu aşamada firmalar şu sorunlarla karşı karşıya kalırlar:

i. Hem yeni parçaların ve hem de eski parçaların standardizasyonu açısından ürünün tasarımı etkilenecektir. Fakat tasarımcı ürünleri tümüyle hücre içinde görebilme ve ne üretilmesi gerektiği konusunda üretim sistemini daha iyi anlayabilme yeteneğine sahip olacaktır.

ii. Hücresel üretimde, planlama ve çizelgeleme farklı olacaktır. Farklı ürünlerin çizelgelemesinde parçaların zamanında üretim hattında olmasıyla ilgili güçlüklerle karşılaşılabilir. Bununla beraber çizelgeleme daha basite indirgenmiştir. Çünkü gerekli kontroller, işin yapıldığı hücreye bırakılmıştır.

(6) Ürünün yaşam eğrisinde hangi aşamada olduğu konusunda yeterli bilgiye sahip olunmalıdır.

Şekil 4.1'de hücresel üretim sisteminin tasarımında kullanılan bir yaklaşım gösterilmektedir. Bu yaklaşımda parça seçimi, makina seçimi, yerleşim düzenlemesi gibi tasarım kararları tanımlanmaktadır. Biz bu yaklaşımdaki kararları ayrı ayrı açıklasak da açıktır ki, bu kararlar birbirinden bağımsız olarak düşünülmemelidir.



Kaynak: Kinney, D.H., Mc Ginnis, L.F., 1987, s.29.

Şekil 4.1.

Hücre Tasarımı Yaklaşımı

Şekil 4.1'de gösterilen yaklaşımda, bilinen yöntemlerle parça aileleri ve bunları üretebilecek makina hücreleri oluşturulmaktadır. Makina hücrelerinin oluşumunda temel amaç hücre içindeki makinaların yalnızca tahsis edilen parça ailesi için kullanılmalarıdır (Black, J.T., 1983, s.46). Bundan sonraki aşama optimum yerleşim planının, teçhizatların ve işgücünün belirlenmesidir. Firma daha sonra çizelgeleme, hat dengeleme, parti büyüklüğü, ürün karışımı, standart işlemler gibi boyutlarda gerekli düzenlemelere giderek müşterinin ihtiyacına cevap verebilmelidir (Black, J.T., 1983, s.47). Hücresel üretim sisteminden beklenen faydaların elde edilmesi özelliklerinin iyi anlaşılmasına bağlıdır. Bu bağlamda Şekil 4.1'de ifade edilen yaklaşımın tasarım aşamaları teker teker aşağıda ele alınmaktadır.

4.1.1. Parça Seçimi

Parça seçimi, hücrede üretilecek parçaların belirlenmesi ile ilgilidir. Doğal olarak bir ailedeki parçalar üretim özellikleri yönünden benzerlik gösterirler. Parçaların benzerliğini belirlerken yalnız üretim özelliklerini değil, aynı zamanda takım-edavat, teçhizat vb. boyutları da düşünülmelidir. Parça ailelerinin oluşturulmasında çizelgelemenin basitleşmesi için parti büyüklüğü, sıklığı, üretim zamanı vb. üretim verilerinin gözönüne alınması gerekir (Ham, I., Hitomi, K., Yoshida, T., 1985, s.9).

Bir parça ailesi, gerek geometrik şekil ve boyutlar, gerekse birbirine benzeyen üretim özellikleri açısından benzer parçaların bütünü olarak tanımlanabilir. Aile içerisindeki parçalar farklıdır; fakat aralarındaki benzerlikler onları bir ailenin üyeleri olarak tanımlamak için yeterlidir (Ham, I., Hitomi, K., Yoshida, T., 1985, s.9). Parçalar ailelere, üretim özelliklerindeki benzerliklere göre atanırlar. Burada şu noktalara dikkat edilmelidir:

- Hangi özellikleri düşünmeliyiz?
- Parçalar ne kadar benzer olmalıdır?

Dikkate alınacak özellikler ve gerekli benzerlikler, bir firmadan diğerine ve hatta firma içindeki ailelerde bile farklı olabilir. Kısaca, parça ailelerinin oluşturulmasında kullanılan üretim özelliklerinin seçimi oldukça hassas bir konudur. Parça ailelerinin oluşturulmasında üretim özelliklerinin yanında aşağıdaki faktörler de dikkate alınmalıdır (Ham, I. 1985, s.12):

(1) Hücrelerin kendi kendilerine yeterli olması gerekir; aile içerisindeki, tüm parçalar kendilerine ayrılan makina hücrelerinde üretilmelidir.

(2) İş istasyonlarından yararlanma oranının yüksek olmalıdır. Parça ailelerinin oluşturulmasında olanaklar elverdiği ölçüde makinalardan yararlanma oranının yüksek olması, ekonomik üretim için şarttır.

(3) İnsangücü kullanım oranlarının yüksek olması gerekir. Hücre içindeki makinaların kullanım oranları yüksek değilse herbirinde bir işçinin çalışması anlamsızdır. Bu durumda esnek insangücü kullanımı yoluna gidilmelidir.

(4) Hazırlık süreleri düşürülmelidir. Benzer parçaların aynı hücrede üretilmesi, tezgah hazırlama (set-up) zamanlarını önemli ölçüde azaltır.

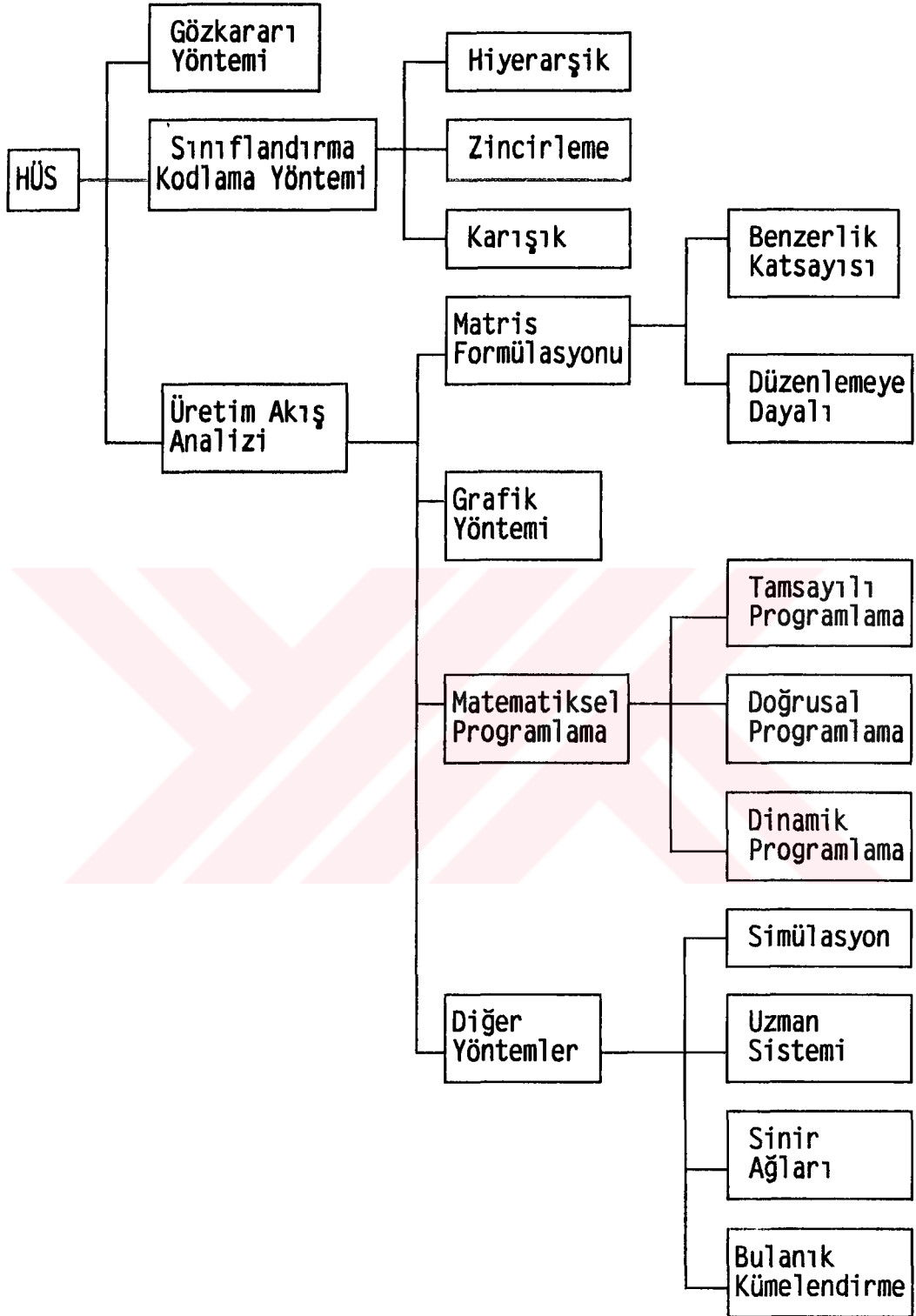
(5) Makinalara eşit yük dağıtılması gerekir. Değişik hücrelere atanan ayrı tip makinalara eşit yük dağıtılmalıdır. Aksi takdirde farklı tezgah kullanım oranları ve dar boğazlar ortaya çıkabilir.

(6) İş denetimi ve iş tatmininin sağlanması zorunludur. Üretim hücreleri kendi kendini denetleyen birimlerdir. İş akışının basitleştirilmesi, parçaların benzer olması her ne kadar işlemleri basitleştirirse de hücrede çalışanların yaptığı işlerden tatmin olması ve kendilerini organizasyondan ayrı hissetmemesi gerekir.

(7) Firma esnekliğinin korunması gerekir. Parça ailelerinin çok fazla parçalardan oluştuğu durumlarda ürün değişiklikleri firmayı zor durumda bırakabilir. Bu nedenle parça aileleri zaman zaman gözden geçirilmelidir.

(8) Firma içi taşımacılık dikkate alınmalıdır. Parça ailelerinin oluşturulmasında hangi tip makinaların kullanıldığı önemlidir. İşlem sıralarının çok çeşitli olduğu hücrelerde, esnek taşımacılık yöntemi benimsenmeli ve forklift, gezerviç, el arabası gibi teçhizatlar kullanılmalıdır. İşlem sıralarının benzer olduğu durumlarda ise, konveyörler gibi sabit taşıma hattı teçhizatı kullanılmalıdır.

Hücresel üretim sisteminin en önemli sorunu parça/makina hücrelerinin etkin bir şekilde oluşturulmasıdır. Bu sorunun çözümü için geliştirilen yöntemler Şekil 4.2'de de görüldüğü gibi, göz kararı yöntemi, sınıflandırma-kodlama sistemi ve üretim akış analizidir.



Kaynak: Offodile, F.O., Mehrez A., Grznor U., 1994, s.197.

Şekil 4.2

Parça/Makina Hücrelerinin Oluşturulmasında Kullanılan Yöntemler

4.1.1.1. Göz Kararı Yöntemi

Göz kararı yöntemi, parçaları, fiziksel şekillerine ya da fotoğraflarına bakarak onları benzerliklerine göre aileler halinde gruplamaktadır. Diğer yöntemlere göre an az gelişmiş ve en ucuz olanıdır. Gözlem yoluyla parça ailelerinin oluşturulması, teknik elemanların bilgilerine ve becerilerine dayanır. Parça şekillerinin, büyüklüklerinin, üretim özelliklerinin parçalara veya teknik resimlerine bakarak kavranması gerekir.

Parça ailelerinin oluşturulmasında aşağıda belirtilen kurallar kullanılabilir:

- Çubuk malzemedен yapılan 20 mm. çaplı parçalar,
- V tezgah grubundan geçen parçalar,
- 2 kg. kadar olan demirdökümler, vb.

Bu kuralların seçimi, genellikle tasarımcının kişisel takdirine kalmış olup, üretimdeki belirli sorunlardan da kaynaklanabilir.

4.1.1.2. Sınıflandırma ve Kodlama Yöntemi

Bu yöntem, parça tasarımlarını veya her parçanın üretime katkılarını gözden geçirerek, parçaları aileler halinde sınıflandırmayı içerir. Sınıflandırma, parçaların özelliklerini ifade eden bir kod numarasını gerektirir. Sınıflandırma ve kodlama yöntemi bugün kullanılmasına rağmen diğer yöntemler arasında en karmaşığı ve zaman alıcı olanıdır. Çeşitli ülkelerde değişik sınıflama kodları geliştirilmiş olmakla birlikte, bunların uygulaması dünya çapında yaygınlaşmamıştır. Bu durumun nedenlerinden birisi, sınıflama kodlarının belirli bir firmadaki üretime göre geliştirilmiş olmasıdır. Dolayısıyla bir firma için geliştirilen sınıflama kodu başka bir firma için uygun olmayabilir.

Uygun bir şekilde geliştirilmiş ve tasarlanmış bir sınıflandırma ve kodlama sistemi firmaya şu avantajları sağlayabilir (Ham, I., Hitomi, K., 1985, s.13):

- (1) Parça/makina hücrelerinin oluşturulmasını kolaylaştırır.
- (2) Parça tasarımlarının, teknik resimlerinin ve süreç planlarının kısa sürede elde edilmesini sağlar.
- (3) Tasarım tekrarlarını önler.
- (4) Güvenilir parça istatistikleri sağlar.
- (5) Tezgah yüklerinin ve takımlarının gereksiniminin tahminini kolaylaştırır.
- (6) Tezgah hazırlamada rasyonalizasyonu sağlar, hazırlık sürelerini ve ürün akış zamanını azaltır.
- (7) Üretim planlama çalışmalarını kolaylaştırır.
- (8) Maliyet tahminlerinin daha sağlıklı yapılmasına olanak sağlar.
- (9) İnsangücü ve makina kullanım oranlarını yükseltir.

Sınıflandırma sistemlerinde kullanılan bazı tasarım ve üretim özellikleri Tablo 4.1'deki gibidir. Bu tablodan da görüldüğü gibi, tasarım ve üretim özelliklerinde bazı çakışmalar bulunmaktadır (Burbidge, J.L., 1975, s.49).

Tablo 4.1.
Sınıflandırma Sistemindeki Parça Tasarım ve Üretim Özellikleri

| Parça Tasarım Özellikleri | Parça Üretim Özellikleri |
|---------------------------|--------------------------|
| Temel dış şekil | Ara işlemler |
| Temel iç şekil | Alt işlemler |
| Uzunluk/çap oranı | Ana boyutlar |
| Malzeme tipi | Uzunluk/çap oranı |
| Parça fonksiyonu | Yüzey işleme |
| Ana boyutlar | Kullanılan tezgah |
| Yüzey işleme | İşlem sıralaması |
| | Üretim zamanı |
| | Kafale büyüklüğü |
| | Yıllık üretim miktarı |

Kaynak: Burbidge, J.L., 1975, s.49.

Parça kodlama sistemleri, parçaların üretim ve tasarım özelliklerinin tanımlanmasında kullanılan sayısal hane dizgisini içerir. Parça sınıflamasında kullanılan kodlama sistemlerinin üç temel yapısı vardır (Offodile, O.F., Mehrez, A., 1994, s.201).

(1) Hiyerarşik Yapı: Bu kodlama yapısında her sembolün yorumu önce gelen sembollerin değerine bağlı olarak yapılır.

(2) Zincirleme Yapı: Bu tip kodlamada, sayısal hane dizgisindeki her sembolün yorumu sabittir ve sadece hane'nin kendi değerine bağlıdır.

(3) Karışık Yapı: Bazı parça sınıflandırma ve kodlama sistemleri zincirleme yapı tipi ile hiyerarşik yapı tipinin karışımından oluşur.

Parçaların sınıflar halinde kodlanmasında, bugün birkaç yöntem uygulanmaktadır (Bu metodlar 2. Bölümde verilmiştir). Sözkonusu yöntemlerden biri kullanılarak parça ailelerinin oluşturulması için sınıflandırmak ve kodlamak imkanı bulunmaktadır. Sınıflandırma-kodlama yöntemi, çok geniş bir araştırma yapılması ve firmadan firmaya değişiklikler göstermesinden, ayrı bir çalışmayı gerektirmektedir. Bundan dolayı, bu tez çalışmasında sadece son yıllarda geliştirilmiş olan Micclass (Hollanda) sistemi kısaca tanıtılacaktır.

Micclass; Metal Enstitüsü Sistemi anlamına gelen ve Hollanda Uygulamalı Bilimsel Araştırma Organizasyonu (TNO) tarafından geliştirilmiştir. Bu sınıflama sistemi, parçaların tasarımında ve üretiminde önemli tasarruflar sağlamaktadır (Ham, I., Hitomi, K., 1985, s.19). Micclass sisteminin dört ana parçası şunlardır:

- (1) Tasarım ve üretim özelliklerine göre parçaların sınıflandırılmasına yarayan kod numarası,
- (2) Tasarım ve üretim bilgilerinin tutulduğu yer tasarımı,
- (3) Teknik çizimlerin, işlem formlarının ve üretim emirlerinin elde edildiği program,

(4) Tasarım standardizasyonu, makina kullanım optimizasyonu ve üretim standardizasyonuna yönelik analiz programları ile tezgah seçimi ve yerleşim düzeni planlanmasında kullanılan programlar.

Miclass sınıflandırma numaraları 12'den 30 haneye kadar çıkabilir. İlk 12 hane herhangi bir parçaya uygulanabilen evrensel bir koddur. Diğer 18 hane ise, firmaların özel verilerini kodlaması için kullanılır.

Miclass sisteminin kullanımı bilgisayarla yapılmaktadır. Bilgisayar programı yardımıyla tasarımcıya parça ile ilgili sorular sorularak, parçaya uygun kod numarası verilmektedir. Bilgisayar programı, sistemi geliştiren TNO (Hollanda) tarafından geliştirilmiştir.

4.1.1.3. Üretim Akış Analizi

Üretim akış analizi (ÜAA), parça ailelerinin ve makina hücrelerinin birlikte oluşturulmasını sağlayan bir yöntemdir. Üretim akış analizinde parçaların işlem sırası ve üretim rotası ile ilgili bilgiler kullanılır. Bu verilerin kullanılması şu ters durumların ortaya çıkmasını önleyebilir (Gallagher CC., Kniht, W., 1986, s.48):

-Temel geometrisi değişik fakat ayrı işlemleri gerektirmeyen parçaların değişik ailelere atanması,

-Temel geometrisi aynı fakat ayrı işlemleri gerektiren parçaların aynı ailelere atanması.

Son yıllarda bu yöntemle ilgili oldukça geniş çalışmalar yapılarak matris formülasyonu, grafik teorisi, matematiksel programlama ve simülasyon, uzman sistemi vb. gibi modeller geliştirilmiştir.

Üretim akış analizi veri toplama, işlem sıralarının düzenlenmesi, ÜAA tablosunun hazırlanması ve analiz olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır.

a- Veri Toplama

Bu aşamada, bir üretim sisteminde analiz edilecek parçaların sayısı belirlenmektedir. Üretim sistemindeki tüm parçaların mı, yoksa parçaları temsil eden bir grup parçanın mı analiz için kullanılacağı sorun yaratmaktadır (Nişancı, H.İ., 1984, s.84). Analize tabi tutulacak parçalar belirlendikten sonra, bunların işlem sıraları ve parça numaralarıyla ilgili bilgiler toplanır. Parçaların parti büyüklükleri, üretim zamanları, yıllık üretim miktarı gibi bilgilerin de bu aşamada derlenmesi gerekir.

b- İşlem Sıralarının Düzenlenmesi

Bu aşamada ise, parçaların benzerliğine göre işlem sıralarının belirlenmesini kapsar. Parça sayısının yüksek olduğu durumlarda aşama-1'de derlenen bilgilerin bilgisayara geçirilmesi gerekir. Bunun için Tablo 4.2'deki gibi bir format kullanılabilir.

Tablo 4.2.
ÜAA'de Verilerin Bilgisayara Geçirilmesinde
Kullanılan Bir Format Örneği

| Parça Numarası | İşlem Sırası (Makina Bazında) | Diğer Bilgiler (Kafile Büyüklüğü Gibi) |
|----------------|----------------------------------|---|
| 1 5 7 8 4 | 01 04 05 10 | |

Kaynak: Gallagher, C.C., Knight, W., 1986, s.55.

c. ÜAA Tablosunun Hazırlanması

Parça ailelerini ve makina hücrelerini oluştururken parça-makina ilişki matrisi kullanılmaktadır (Offodile, F.O., 1994, s.198). Bu matrisi oluşturmak için ya parçaların üretim sırasına ya da makinaların hangi parçaları ürettiğine dair bilgiler gereklidir. İlişki matrisinde J parçası İ makinasında işleniyorsa (üretiliyorsa) "1" değerini, işlemiyorsa "0" değerini alır. İlişki matrisinin bir örneği Şekil 4.3'te gösterilmektedir.

| | | P a r ç a l a r | | | | | | |
|---|---|-----------------|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| M a k i n a l a r | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | 4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Kaynak: King, J.R., Nakornchai, V., 1982, s.120.

Şekil 4.3
Parça-Makina İlişki Matrisi

d- Analiz

Üretim akış analizinin en zor aşamasıdır. Subjektif ölçütler dahilinde benzer işlemler parçalar bir araya getirilerek parça aileleri ve bunları üretecek makina hücreleri oluşturulmaktadır. Bu aşamada kullanılmak üzere benzerlik katsayısına, düzenlemeye ve matematiksel programlamaya dayalı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerle parça aileleri ve makina hücreleri etkin bir şekilde oluşturulmaya çalışılır. Bazı parçaların/makinaların hücrelere atanamaması gibi durumlar ortaya çıkabilir. Bu gibi durumlarda kümelendirilemeyen elemanların hangi hücreye uyduğu analiz edilebilir veya alışılacak işlemlerle üretime devam edilir. Şekil 4.4, Şekil 4.3'te verilmiş olan ilişki matrisinin düzenlenmiş halini göstermektedir (King, J.R., Nakornchai, V., 1982, s.120).

| | | P a r ç a l a r | | | | | | |
|---|---|-----------------|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 3 | 7 | 2 | 4 | 6 | 5 |
| M a k i n a l a r | 3 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| | 2 | 1 | 1 | 0 | | | | |
| | 5 | 1 | 0 | 1 | | | | |
| | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 4 | | | | 1 | 1 | 1 | 0 |

Şekil 4.4
Parça/Makina Hücreleri

Şekil 4.4'ten de görüleceği gibi, (1,3,7) parçaları bir aileyi (2,4,6,5) parçaları ise, diğer bir aileyi ifade etmektedir. Aynı şekilde (3,2,5) makinaları bir makina hücrelerini, (1,4) makinaları da bir hücreyi göstermektedir.

ÜAA yöntemi, üretim ile ilgili verileri kullandığından ve diğer yöntemlere göre çözümü daha az bir zamanda gerçekleştire-bildiğinden, hücreli üretim sistemine (grup teknolojisine) yönelecek firmalara oldukça cazip gelmektedir (Offodile, O.F., Mehrez, A., 1994, s.201).

4.1.2. Makina Seçimi

Parça/makina hücreleri ister sınıflandırma ve kodlama sistemiyle, isterse üretim akış analizi ile belirlenmiş olsun, makina hücrelerinin tasarımındaki sorunlar çözümlenmelidir. Makina seçiminde, hücrede hangi makinaların yer alması gerektiğini ve üretimi aksatmayacak her tip makinadan gerekli sayının bulunmasına çalışılır (Kinney, D.H., McGinnis, L.F.,1987, s.29). Üretim sistemlerindeki mevcut makinaları aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz (Burbidge, V.L., 1991, s.7):

(1) S tipi makinalar; özel makinalar olup, her tipinden bir adet vardır ve diğer makinaların işlevlerini göremezler.

(2) I tipi makinalar; özel makinalar gibidir. Fakat her tipinden adet olarak birden fazla vardır.

(3) C tipi makinalar; her tipinden birkaç tane bulunan ortak kullanılan makinalardır. Bir kaç işlevli olup, diğer makinaların işlevlerinde kullanılabilirler (Torna tezgahı, freze tezgahı gibi).

(4) G tipi makinalar; her tipinden bir kaç tane bulunan genel makinalar olup, değişik parçalar için kullanılabilirler (X-ışın makinaları).

(5) E tipi makinalar; elle yapılan işlerde kullanılan takım-edavatlardır (Mengene gibi).

Uygulamada proses tipi üretim yapılmak istenmektedir. Fakat bu seçim her zaman uygun olmayabilir. Çünkü hücrede sık sık bir veya daha fazla kümelenilemeyen elemanla karşılaşılabilir ve böylece diğer işlemler aksayabilir (Kinney, D.H., McGinnis, L.F., 1987, s.29). Böyle durumlarda eski tip makinalar (Hücrede yer almayan) daha uygun olabilir ve hücre verimliliğinin istenen düzeyde olmasını sağlayabilirler. Hatta bir işlem oldukça pahalıysa hücrenin amacını da saptırabilir.

Bir hücre için gerekli olan makinaların seçiminde kullanışlı bir analitik yöntem yoktur (Kinney, D.H., McGinnis, L.F.,1987, s.30).

Proses mühendisleri süreç ihtiyaçlarını tanımlamalı ve makinaların fonksiyonel özelliklerini bir set halinde hazırlamalıdır. Karar vericiler makinaların fonksiyonel özellikleriyle mevcut teçhizatları karşılaştırarak nihai kararı verirler.

Parça sayısı arttığında hücrelerin tasarımı zorlaşmaktadır (Kinney, D.H., McGinnis, L.F., 1987, s.30). Bu nedenle parça ailesinden yüksek düzeyde üretilebilecek örnek bir parça grubu seçilerek tasarım yapılmalıdır. Hücre tasarımı sonucunda, hücrede yer almayan veya ek bir işleme gerek duyan parçalar ya fazla kapasite yaratılarak ya da makinalardan daha fazla kullanılarak üretilmelidir (Kinney, D.H., McGinnis, L.F., 1987, s.30).

Hücrelerin tasarımında temel veriler elde edildiğinde, örnekleme iyi bir yaklaşımdır. Hücrelerin planlanması, dikkat edilmesi gereken bir diğer konudur. Planlama çalışmaları için parça ailesindeki her parçanın ihtiyaç duyduğu ortalama çevrim süresi (işlem) belirlenmiş olmalıdır. Bu durum Tablo 4.3.'te ifade edilmektedir.

Tablo 4.3
A Ailesindeki Parçaların Çevrim Süreleri

| Parçalar | W | X | Y | Z | Toplam Çevrim Süresi (sn.) |
|---------------------------|-----|----|----|-----|----------------------------|
| A1 | 21 | 40 | 63 | 16 | 140 |
| A2 | 17 | 38 | 59 | 16 | 130 |
| A3 | 24 | 43 | 70 | 16 | 153 |
| A4 | 14 | 39 | 54 | 16 | 123 |
| Ortalama çevrim süresi | 19 | 40 | 62 | 16 | 137 |
| Maximum Üretim Mik.(Saat) | 189 | 90 | 58 | 225 | |

Kaynak: Kinney, D.H., McGinnis, L.F., 1987, s.30.

Tablo 4.3'ten de görüleceği gibi, her parça ailesi için üretim zamanı, hücre kapasitesi ile ilgili bilgiler geniş bir şekilde ele alınmalıdır. Ayrıca ayrıntılı planlama ve uygulama sırasında her parça ayrı ayrı düşünülmelidir (Kinney, D.H., McGinnis, L.F.,1987, s.30). Makinalar hücreye tahsis edildiği zaman, bunların işlem süreleri hücrenin üretim çevrim süresiyle uyumlu olmalıdır.

Hücresel üretimde temel ilke, mümkün olabildiği kadar makinaların bir hücreye ait olmasıdır. İş istasyonları ya da hücre içerisinde malzeme akışını iyileştirmek için bu gereklidir. Başka bir deyişle, amaç, makinaları kullanılacakları hücreye taşımaktır. Ancak uygulamada bunun pek çok zorlukları olduğu da gerçektir.

Geleneksel anlayış, makinaya ihtiyaç duyulduğunda büyük ve hızlı olanı almaktır. Son yıllarda geliştirilen tam zamanında üretim gibi stratejilerde ise, küçük bir kaç makina tek bir büyük makinaya tercih edilmektedir. Önemli olan küçük, yavaş, ucuz olabilecek makinaları gerekli olduğu yere atamaktır (Schonbeger, R.S.,1983, s.38). Makinaların hücrelere atanmasıyla ilgili şu ilkeler önerilmektedir (Hirano, H., 1988, s.58):

- (1) Mümkün olduğu kadar hücrelerde ya da hatlarda büyük makinalardan kaçınılmalıdır.
- (2) Çok işlevli ve yüksek hızlı makinalar genellikle uygun değildir.
- (3) Makinalar pahalı olmamalı ve hücrede ya da hatta yapılan parçalara tahsis edilmelidir.
- (4) Makinalar hücrenin üretim hızını yavaşlatmamalıdır.

Bir makina veya tezgahın haklı gerekçelerle hücreye nakledilmemesi ve yenisinin alınmaması durumunda, uygun bir yerde bu tezgahın/makinanın hücreler tarafından ortak olarak kullanılması sağlanabilir.

4.1.3. Hücresel Üretimde Yerleşim Düzeni ve İşçilerin Belirlenmesi

4.1.3.1. Yerleşim Düzeninin Belirlenmesi

Yerleşim düzeninden firmalar uygun kararlar sonucunda aşağıdaki faydaları elde edebilirler (Ham, I., Hitomi, K., 1985, s.153):

- (1) Malzeme akış maliyetinin ve süresinin azaltılması.
- (2) İş istasyonları arasındaki stokların düşürülmesi.
- (3) İşçilerin çalışma koşullarının iyileştirilmesi.
- (4) Üretimdeki gecikmelerin kısaltılması.
- (5) Makine kullanım oranlarının yükseltilmesi.
- (6) Toplam üretim maliyetinin azaltılması.

Hücre tasarımıında parçaların fiziksel özelliklerine dikkat edilmelidir. Malzemelerin şekli ve büyüklüğü malzeme akışında kullanılacak teçhizat kadar hücrede parçalar arasındaki hazırlık sürelerini de etkiler (Kinney, D.H., McGinnis, L.F., 1987, s.31). Parça beslemeleri ve malzemenin ihtiyaçları; ürün tasarımıında, malzemelerde olabilecek değişimlere karşı esnek olarak dikkatli bir şekilde tanımlanmalı ve tasarlanmalıdır (Kinney, D.H., McGinnis, L.F.,1987, s.31).

Hücre kapasitesi süreçler, işçiler veya eldeki teçhizat tarafından belirlenir. İyi bir şekilde tasarlanmış bir hücrede malzeme akışı kısıtlayıcı bir faktör olmayabilir. En uzun çevrim süresine sahip olan bir makina hücre kapasitesini belirleyebilir. Tablo 4.3'deki örnekte, Y süreci dar boğaz yaratmaktadır. A ailesindeki parçalardan saatte 58 birimden daha fazla ihtiyaç duyulduğunda Y sürecinden ek bir kapasite yaratılması gereklidir.

Hücre tasarımıında yerleşim düzeninin belirlenmesinde şu noktalara dikkat edilmelidir (Baran, J.J., 1991, s.47):

(1) Bir üretim hücresi tüm üretim tesisi içerisinde düşünülüp kendisiyle ilgili çalışan diğer iş istasyonlarıyla bağlantıları gözönünde tutulmalıdır.

(2) Yerleşim düzeninde, kesintisiz ve istikrarlı bir malzeme/parça akışı sağlamak amacıyla, olabildiğince akış hattı düşünülmelidir. Parçaların proses çarkının ters yönünde hareketinden kaçınılmalı, eğer, farklı işlemler için aynı tezgahın kullanımı gerekli ise yıldız yerleşim düzeni seçilmelidir.

(3) Yerleşim düzeni olabildiğince esnek olmalıdır. Bu itibarla küçük ve kolay yer değiştirilebilir, kolay bağlantılı makinalar/tezgahlar yeğlenmelidir.

(4) Malzeme geliş-gidişine imkan sağlanmalıdır (forklift, kamyon vb.).

(5) Süreçler arasında malzeme akışı en aza indirilmelidir. Mümkün olduğu kadar işçiler parçaları elden ele iletebilmelidir.

(6) Atölye içerisinde ergonomik koşullar dikkate alınmalıdır.

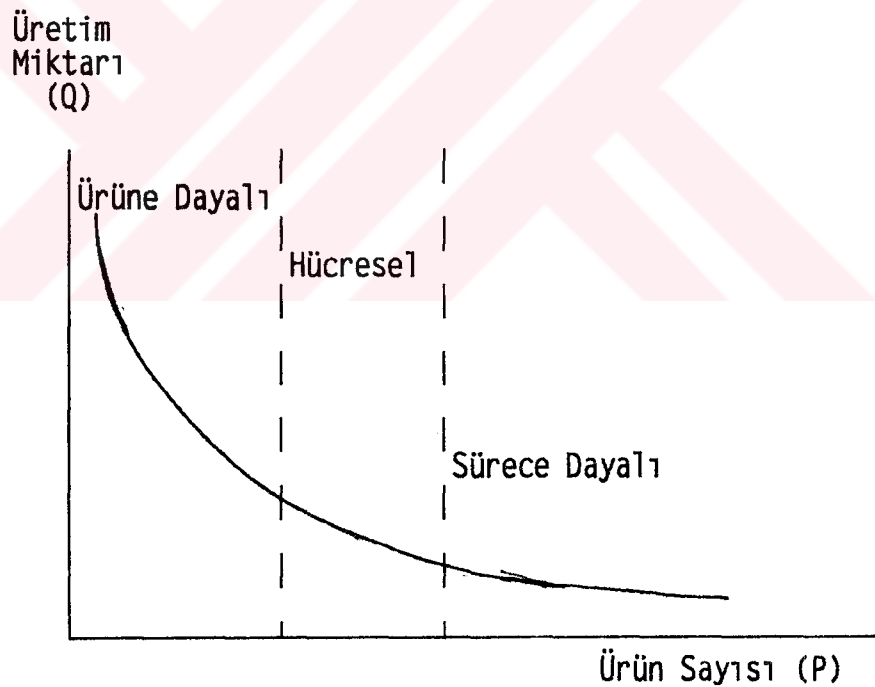
Bu konuda yapılan çalışmalar "U" biçimindeki yerleşim düzeninin uygun olabileceğini göstermiştir. Doğrusal tarzda yerleşimde yukarıdaki özelliklerin çoğunu karşılayabilir olmasına rağmen "U" biçimi yerleşimde olduğu kadar işçi esnekliği vermemektedir. "U" biçimi yerleşimin şu yararları getirileceği savunulmaktadır (Baran, J.J.,1991, s.48):

- (1) İşçiler birbirlerine ve amirlere görünür mesafededirler.
- (2) Parçalar elden ele geçeceğinden parça ihtiyacı ve kalitesi hakkında etkin bir bilgi akışı olacaktır.
- (3) Malzeme akışları hızlıdır.
- (4) İşçi sayısı ve işçilerin hücre içindeki görevleri yeniden düzenlenebilir.
- (5) İşçi yürüyüş zamanı ve mesafesini azaltır.
- (6) Takım halinde çalışma ruhu gelişir.
- (7) İşçi esnekliği sağlanabilir.

Yüksek otomasyona dayalı firmalarda elle çalışma ve nakliyatın olmaması nedeniyle takım çalışması ve malzeme taşıma açısından herhangi bir kazanç olmayabilir (Baran, J.J., 1991, s.49). Hücresel üretimde yerleşim düzeninin belirlenmesinde değer analizi, simülasyon, Craft algoritması gibi teknikler kullanılabilir (Kinney, D.H., McGinnis, L.F., 1987, s.37).

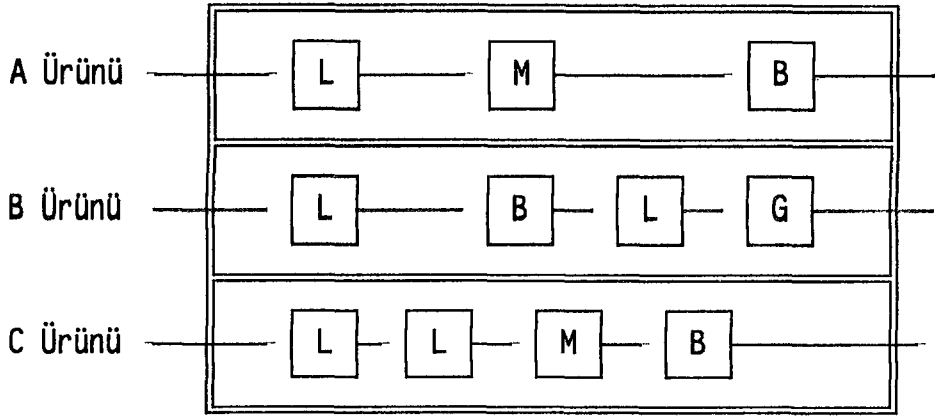
Uygulamada genellikle, (1) Ürüne dayalı yerleşim düzeni (Akış hattı, ürün hattı), (2) sürece (fonksiyonel) dayalı yerleşim düzeni (3) hücresele yerleşim düzeni olmak üzere üç tip yerleşim düzeniyle karşılaşılmaktadır. Firmalar, uygun yerleşim düzeni ürün çeşidi ile (P) üretim miktarı (Q) arasındaki ilişkiye bağlı olarak belirlemektedir. Şekil 4.5'de ürün çeşidi ve üretim miktarı arasındaki ilişkiye bağlı olarak uygun yerleşim düzenleri gösterilmiştir.

Q/P oranı büyük olduğu durumlarda, sürekli bir üretim sözkonusu olup, iş merkezleri üretim için işlem süreçlerine göre yerleştirilmektedir. Ürüne dayalı yerleşim düzeniyle ilgili bir örnek şekil 4.6'da verilmiştir.



Kaynak: Ham, I., Hitomi, K., 1985, s.154.

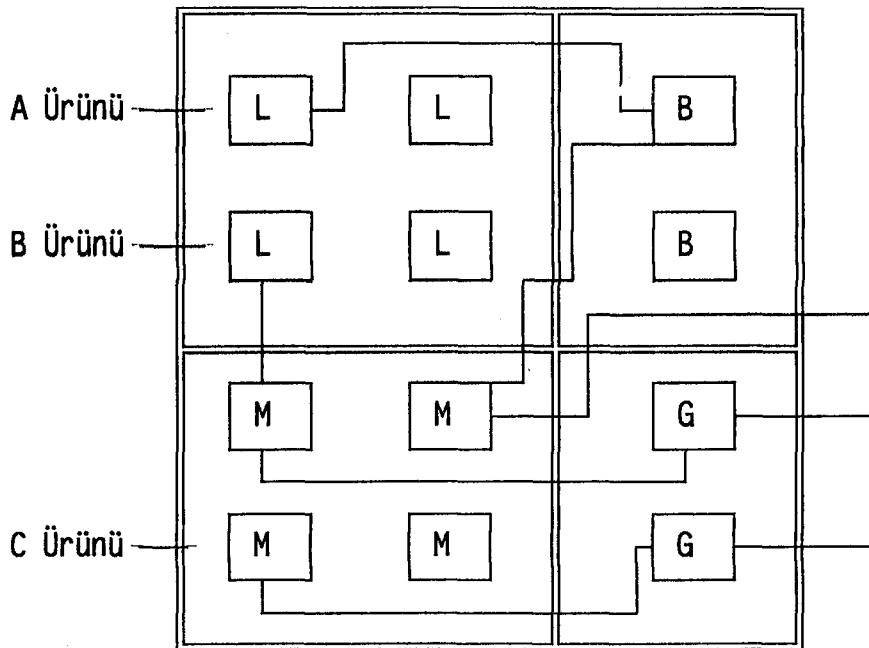
Şekil 4.5
P-Q Grafiği



Şekil 4.6
Ürüne Dayalı Yerleşim Düzeni

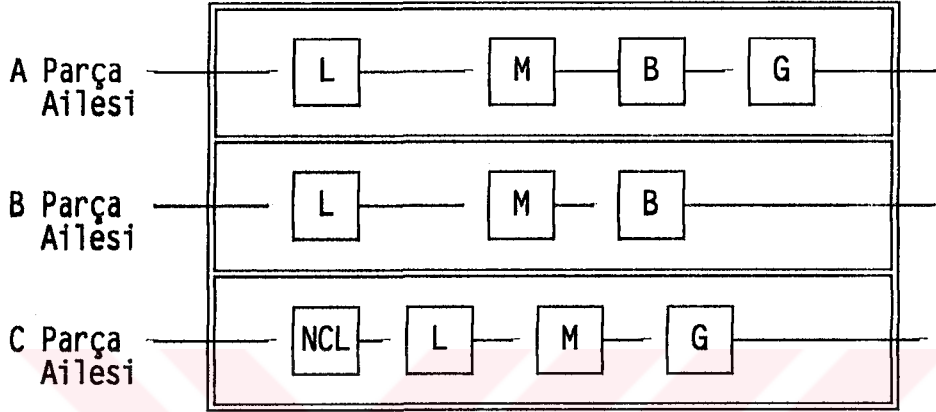
Q/P oranının küçük olduğu durumlarda, küçük miktarlarda veya siparişe göre üretim söz konusu olmakta ve makineler, teçhizatlar fabrikanın uygun bir alanında iş merkezleri olarak yerleştirilmektedir. Şekil 4.7’de sürece dayalı yerleşim düzenine ait bir örnek verilmiştir.

Q/P oranı orta büyüklükte olduğu durumlarda, çok çeşitli ürünler bir parça ailesinde toplanmakta ve makineler teçhizatlar bu tip üretimi gerçekleştirmek amacıyla gruplandırılmaktadır. Hücresel yerleşim düzeni, üretilmesi düşünülen parçaların benzerlik derecesine bağlı olarak hücresel akış hattı ve hücre tipi şeklinde iki ayrı yerleşim düzeninde gruplandırılabilir.



Şekil 4.7
Sürece Dayalı Yerleşim Düzeni

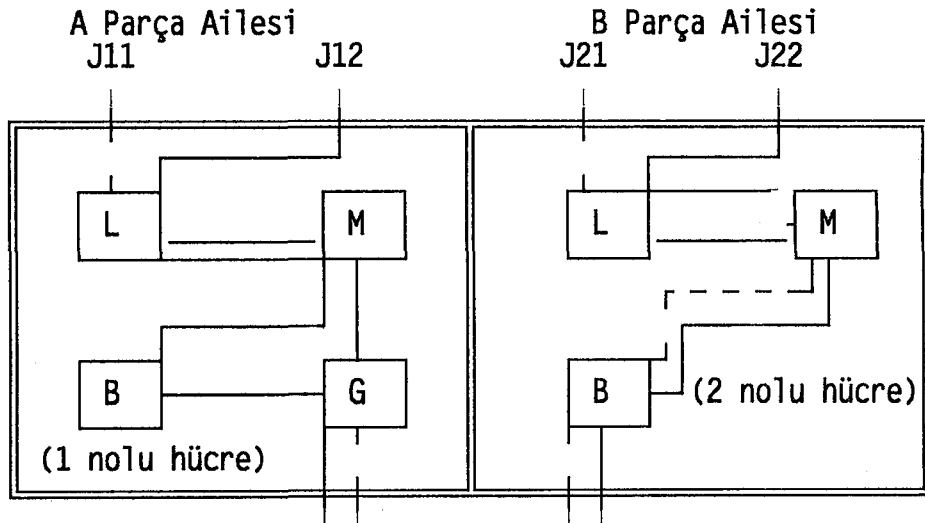
a. **Hücrese1 akış Hattı:** Parça ailelerinin her biri makinalar boyunca hemen hemen aynı işlem sırasına sahip olduğunda bu çeşit bir yerleşim düzeni yapılabilir. Kitle tipi üretim sistemlerinde hücrese1 akış hattı ürüne dayalı düzene göre daha uygun avantajları sağlayabilir. Şekil 4.8'de hücrese1 akış hattına ilişkin bir örnek verilmiştir.



Şekil 4.8

Hücrese1 Akış Hattı

b. **Hücre Tipi:** Bu tip bir düzenlemede, tüm üretim işlemleri bir hücre tarafından gerçekleştirilir. Hücre tipi düzenleme parça çeşitliliğine bağlı olarak esnek sıralamalara olanak tanır. Şekil 4.9'da hücre tipi yerleşim düzeni görülmektedir.

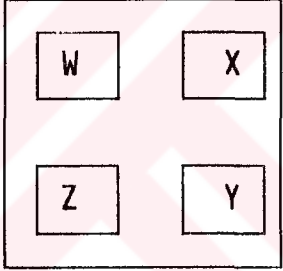
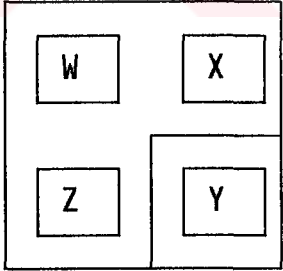
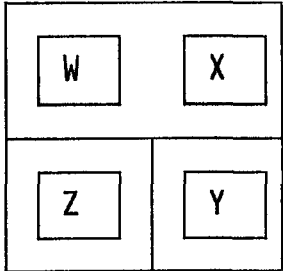


Şekil 4.9

Hücre Tipi Düzenleme

4.1.3.2. İşçilerin Özellikleri

Firmalar, hücrelerdeki tüm süreçlerin teçhizatlarını kullanabilecek çok fonksiyonlu, nitelikli ustalara/işçilere sahip olmalıdırlar (Kinney, D.H., McGinnis, L.F., 1987, s.32). Ustabaşı iki veya daha fazla işi birlikte yürütebilecek yetenekte olmalıdır. Bir hücredeki gerekli işçi sayısı, üretim programına uygun olarak değişmeler gösterebilir. Firma, esnek işçi kullanımıyla bu değişmelere cevap verebilir. Hücrelerin yerleşim düzenleri işçilerin iki veya daha fazla işi birlikte yürütmesini sınırlandırabilir. Bu sınırlandırma çerçevesinde, işçilerin hangi işle ilgileceğini Gantt diyagramıyla bulabiliriz.

| İşçi Düzeyi | İşlem Grupları | Kapasite (Parça/Saat) | Yerleşim Düzeni |
|-------------|----------------|-----------------------|--|
| 1 | (WXYZ) | 26 |  |
| 2 | (WXZ) (Y) | 48 |  |
| 3 | (WX) (Y) (Z) | 58 |  |

Kaynak: Kinney, D.H., McGinnis, L.F., 1987, s.33.

Şekil 4.10

İşçi Düzeylerinin Kapasiteye Etkileri

Tablo 4.3'deki örnekte, tüm işlerin bir işçi tarafından yerine getirildiği düşünülduğünde, hücre kapasitesi 26 parça/saat olur. Şekil 4.10'da çeşitli işçi düzeylerinin hücre kapasitesine olan etkisi gösterilmektedir. İşçilerin değişik işleri yürütebilmesi için "U" biçiminde yerleşim düzeni tercih edilmelidir. Önemli olan nokta mümkün olduğunca işçi yüklemelerinde dengenin sağlanabilmesidir (Kinney, D.H., McGinnis, L.F., 1987, s.32).

4.1.4. Hücrelerin Değerlendirilmesi

Hücre tasarımı, hücrede üretilecek parça ailesi planlanan üretim miktarına göre değerlendirilmelidir. Doğal olarak otomasyona dayalı olan ve olmayan hücrelere göre farklılıklar söz konusudur.

Otomasyona dayalı hücrelerde parçalar makineler arasında durmaksızın aktığından değerlendirme nispeten kolaydır. Örneğin ailedeki her parça için bir Gantt diyagramı geliştirilerek hedeflenen üretim miktarına ulaşılabilir. Ayrıca makinelerin teknolojik özellikleri de dikkate alınmalıdır (Kinney, D.H., McGinnis, L.F., 1987, s.34).

Otomasyona dayanmayan hücrelerin değerlendirilmesi daha güçtür. Değişik parçaların süreçleri aynı anda iş istasyonuna geldiğinden, iş istasyonlarında yığılmalar olabilir. Ayrıca herhangi bir iş istasyonu arızalandığında diğer iş istasyonunun ihtiyacını karşılamayabilir.

Değerlendirmede kuyruk teorisi veya simülasyon tekniği kullanılabilir (Black, J.T., 1983, s.54). Kuyruk teorisi analizlerinde ortalama üretim zamanı, ortalama makina kullanım oranı ve ortalama malzeme akış sisteminden faydalanma oranı hakkında bilgiler elde edilebilir. Fakat bu analizde iş istasyonları arasındaki maksimum stok miktarı veya maksimum malzeme akış zamanları hakkında bir bilgi edinilemez. Simülasyon tekniğinde ise, istenilen herhangi bir performans ölçütü ele alınarak değerlendirilebilir. Fakat modellerin geliştirilmesinde maliyet ve zaman faktörleri önemli kısıtlardır.

Herhangi bir hücrenin değerlendirilmesinde, sadece hedeflenen üretim miktarı değil, aynı zamanda gelecekteki üretim miktarı ve yeni ürün çeşitleri de düşünülmelidir (Kinney, D.H., McGinnis, L.F., 1987. s.34). Gelecekteki belirsizliklerin azaltılması için "esneklik" önemli bir yönetim konusudur (Gerwin, D., 1985, s.42). Yöneticiler; rota esnekliği, üretim miktarı esnekliği, malzeme esnekliği, ürün karışımı esnekliği gibi konularda gerekli kararları duyarlı bir şekilde alabilmelidirler (Wemmerlöv, U., Hyer, N.L., 1987, s.425).

4.1.5. Hücrelerin Çizelgelenmesi ve Kontrolü

Üretim hücreleri, çizelgeleme sistemi gibi görünebilir. Hücre kapasitesi talebe göre belirlenmiş olup, hücre içindeki makineler arasında yarı mamul stokları düşüktür (Kinney, D.H., McGinnis, L.F., 1987, s.37). Öncelikle makina hücreleri arasında bir denge oluşturulmalıdır. Örneğin montaj hattında A ailesindeki parçalar için günde 200 adet üretilmesi isteniyorsa, A hücresi bu miktarı üretebilecek şekilde düzenlenmelidir.

Hücrelerdeki malzeme hareketlerinin kontrolünde "ilk gelen ilk işlenir" görüşü yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir parçanın üretimine başlanıldığında hücrede hiç ara verilmeden üretime devam edilir (Kinney, D.H., McGinnis, L.F., 1987, s.37).

Parça/makina hücreleri bir bütün olarak çizelgelenmelidir. Hücrenin verimliliğinin ve etkinliğinin sağlanabilmesi için çekme sistemi (Kanban sistemi) çizelgeleme uygulanabilir (Wemmerlöv, U., Hyer, N.L., 1989, s.205).

En etkili çizelgeleme yaklaşımı, çizelgelemeyi basitleştirecek olan hücresel üretim ile sistemdeki mevcut iş akışını basitleştirmek ve bununla beraber periyodik parti kontrolünü uygulamaktır (Burbridge, J.L., 1992, s.1213). Bu şartlar altında, etkin bir çizelgeleme için izlenecek yol, hücre postabaşını bu görev için eğitmektir (Burbridge, J.L., 1992, s.1212).

Gerek kanban sistemi, gerekse periyodik parti kontrolü, merkezi sistemle üretim sistemi arasındaki etkileşimi hemen hemen ortadan kaldırmakta ve üretim kontrolünü basitleştirerek etkinliğini arttırmaktadır. Ayrıca bu sistemde işgücü verimliliğinin merkezi sistem yardımıyla takibine de gerek kalmamaktadır (Burbridge, J.L., 1993, s.1001).

4.2. HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNİN UYGULAMA POLİTİKASI VE SORUNLARI

4.2.1. Hücresel Üretim Sisteminin Uygulama Politikası

Firma yönetimleri, değişim programlarında belirleyici bir nitelik taşımaktadır. Hücresel üretim sistemi türü bir değişimde de yönetim bu kararı stratejik olarak almalı, başarılı bir tasarım, planlama ve uygulama için tüm yetkisini kullanmalıdır (Wemmerlöv, U., Hyer, N.L., 1987, s.419). Firmalar teknoloji, sistem gibi uzun dönemli kararları verirken konuyu stratejik boyutta ele almalı, bunu sayısal bir kar-zarar hesaplamasına indirgeyerek uzun vadedeki potansiyel kazançları gözden kaçırmamalıdır. Kısaca, yönetimin oynayacağı rol tam anlamıyla bir önderlik niteliğinde olmalıdır (Wemmerlöv, U., Hyer, N.L., 1987, s.420).

Hücresel üretime geçiş sürecinde mevcut üretim faaliyetlerinde aksamalar olabilir ve firma taleplerin karşılanması için hazırlıklı olmalıdır. Örnek olarak yeterli miktarda stok oluşturulabilir. Yönetim bu değişimin getireceği özellikle makinaların/teçhizatların yer değiştirmesinden dolayı maliyet yükünü bilmelidir (Wemmerlöv, U., Hyer, N.L., 1987, s.427).

Hücresel üretim sistemi uygulamalarında işçilere gerekli eğitimlerin verilerek bilgilendirilmesi ve katılımlarının sağlanması gerekir. Hücresel üretim sisteminde işçiler çok işlevlidir. Bu nedenle tüm işçiler hücredeki tüm işlemleri yapabilecek şekilde eğitilmelidir. Böylece, eleman sayısı yönünden hücreye esneklik kazandırılabilir (Wemmerlöv, U., Hyer, N.L., 1989, s.80).

İş zenginliğini sağlamak ve tek düzelik sıkıntısını önlemek için rotasyon bazında çalışılmalıdır. Bu anlayış işçinin performans değerlendirmesinin bireysel işe dayandırıldığı geleneksel anlayıştan farklıdır. Ücret ve ödüllendirme politikaları grup temelinde dayandırılmalı, işçiler hücrenin çıktısına, kalitesine göre değerlendirilmelidir (Kinney, D.H., McGinnis, L.F., 1987, s.56).

Önemli bir nokta da takım çalışması ruhunun geliştirilmesidir (Black, J.T., 1983, s.44). Takım, örneğin, işin kalitesini, istenen üretim çıktısını ölçmeli ve tartışmalı, karşılaşılan sorunları açıklıkla dile getirmeli, çözümler önererek önlem almalıdır (Wemmerlöv, U., Hyer, N.L., 1987, s.427). Yönetimin hata ve aksamaların çalışma yaşamında doğal olduğu ve bunların ortaya çıkarılmasının iyileşmeler için gerekli basamaklar olacağı yönündeki anlayışı, bu mekanizmanın sağlıklı işlemesi için gereklidir. Üretim yapan firmalar yalınlaştıkça ve odaklaştıkça birtakım görevleri işçilere devredebilir (Knight, D.O., Wall, M.L., 1989, s.30).

Etkin bir çalışma ortamı yaratmak için şu iki nokta önemlidir (Knight, D.O., Wall, M.L., 1989, s.31):

- (1) Takıma, gerekli değerlendirmeler için belli bir zaman tanınmalıdır.
- (2) Takımın başarıya ulaşabilmesi için düzenli bir eğitim verilmelidir.

Takımın tüm elemanlarınca kabul görecektir kişilikte, toplantı yönetme ve rapor yazma gibi becerilere sahip bir önderi olmalıdır. Takım üyeleri kaliteyi ve performanslarını ölçmenin yanında toplantı yapma, gündemi belirleme, sorumluluklarını tayin etme, kendilerini ifade etme ve başkalarını dinleme ve anlama, rapor yazma gibi konularda eğitilmelidir. Ayrıca yönetim ile işgücü arasındaki engelleri kırmak için sendikalar da çalışmalara katılmalıdır.

Genel uygulama hücresel üretimin bir pilot hücre ile başlatıldığını göstermektedir (Wemmerlöv, U., Hyer, N.L., 1989, s.80). Pilot uygulama yüksek

miktarlarda üretilen parçalarla başlatılmalıdır. Bunun nedeni, bu ürünlerin daha yüksek ara stokları olması nedeniyle yararların kolayca alınabilmesindedir. Hücresele üretim uygulamalarında şunlara dikkat edilmelidir (Wemmerlov, U., Hyer, N.L., 1989, s.81):

- (1) Uygun özelliklere sahip insanlar seçilmeli,
- (2) Başarı şansı yüksek bir projeye başlanmalı,
- (3) Yavaş ilerlemeli,
- (4) Gereklili zaman iyi tahmin edilmeli,
- (5) Personele sürekli bilgi verilmeli.

Öte yandan, hücresele üretim sistemini uygulamalarının başarısı, yönetimin desteğine ve işgücünün katılımına/eğitimine bağlı olup, bu hususun özenle dikkate alınması gereği her zaman hatırlanmalıdır.

4.2.2. Hücresele Üretim Sistemi Uygulamasında Karşılaşılan Sorunlar

Hücresele üretim sistemi tasarımı ve uygulaması çok önemli çabaları gerektirir. İlk önce yönetim bu süreçte karşılaşılabilecek güçlükleri iyi bilmeli ve bunları aşmak için kararlılık göstermelidir. Hücresele üretim sistemine dönüşümde karşılaşılan sorunlar aşağıdaki şekilde ifade edilebilir. (Black, J.T., 1983, s.46):

- (1) Sistem değişimleri çok zor olup, yüksek maliyet içerebilir.
- (2) Firmalar ürün yenileme için yatırıma gitmekte, fakat süreç yenileme için isteksiz davranmaktadırlar.
- (3) Belirsizlikler, istikrarsızlıklar altında karar vermede, değişimden ve bilinmeyenden korku nedeniyle, "hiçbirşey yapmama" seçeneği ağır basmaktadır.

(4) Bazı firmalar karar verirken yanlış ölçütler kullanmaktadır. Değişim kararı sadece maliyetleri ve üretimi değil, aynı zamanda firmanın rekabet gücünü de ele almalıdır.

(5) Kısa vadeli finansal görüşler uzun vadeli programlarla ihtilafa düşebilir.

(6) Sendikacıların iş kaybı korkusu ve çok-işlevli işçi kavramına direnci caydırıcı bir etki yapmaktadır.

(7) Firmalarda genel olarak mavi-yakalı kesimin karar verme sürecinde yer almaması zayıf dikey iletişime yol açmaktadır.

Hücresele üretim ile ilgili genel eleştirilerden birisi de düşük makina kullanım oranıdır (Singh, N., 1993, s.284). Burada amacın tüm sistemin etkili kullanımı olduğu unutulmamalıdır. Uygulamada özellikle pahalı makinelerin yer değişimi yönetim için kabulü güç bir karar olmaktadır. Eğer hücreye tahsis edilen bir makina veya tezgahın hücre dışı diğer parçaların üretiminde yüksek oranlı kullanımı sözkonusu ise, bu durumda çelişkiler doğabilir.

İdeal tasarım, farklı parçaların karışık tarzda üretimi olmakla birlikte, parça değişiminin gerektirdiği hazırlık süreleri ve ayarları önemli bir kısıt olmaktadır. Bu durumda iş için sıraya giren parçalardan halihazırda tezgaha işlenen parçayla aynı ayarı gerektirenler yüklemde öncelik sırasını almaktadır (Lee, L.C., 1989, s.11).

Çizelgeleme tek tek süreçler yerine hücre için yapıldığında, tüm makinalarda işlem görmeyen parçaların standart maliyetlerinin hesaplanmasında zorlukla karşılaşılabilir (Black, J.T., 1983, s.40).

4.3. HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMİNDEKİ TASARIM KISITLARI

Tasarımdaki kısıtlar, tasarımcının vereceği önem derecesine bağlı olarak değişebilir. Makina kapasite kısıtı, güvenlik/ teknolojik özellikler, hücre

büyüklüğü gibi kısıtlara göre daha önemlidir. Çünkü diğer tasarım kısıtlarını ele almadan önce makina saatleri cinsinden ihtiyaç duyulan kapasitenin dengelenmesi gerekir. Tasarım aşamasındaki kısıtlar makina kapasiteleri, Güvenlik ve teknolojik özellikler, Hücre büyüklüğü, hücre sayısı, ekstra makina ihtiyacı, malzeme akışlarıdır (Heragu, S.S., Gupta, Y.P., 1994, s.126).

4.3.1. Makina Kapasitesi

Hücresele üretim sisteminin tasarımında açıktır ki; tüm parçaların işlemlerini yapabilecek yeterli kapasitenin oluşturulması gerekir (Heragu, S.S., Gupta, Y.P., 1994, s.126). Bu yüzden her makina tipinden ihtiyaç duyulan sayısının belirlenerek makinalar arasında bir denge oluşturulmalıdır.

4.3.2. Güvenlik ve Teknolojik Özellikler

Hücresele üretim sistemi tasarlanırken güvenlik ve teknolojik özellikler gözardı edilmemelidir (Heragu, S.S., 1994, s.126). Bazen güvenlik açısından malzeme akışının fazla olduğu iki makina ayrı hücrelere yerleştirilebilir (Boyahane ve kaynakhane gibi). Ortak bir kaynağa duyulan ihtiyaç gibi teknolojik kısıtlar, tasarımcının iki makinayı aynı hücreye yerleştirilmesini zorlayabilir ve bu hatta hücrelerarası malzeme akışını arttırabilir.

4.3.3. Hücre Büyüklüğü ve Sayısı

Hücrelerdeki makina ve işçi sayısı hücrenin büyüklüğünü ve sayısını etkilemektedir. Çünkü işçinin kontrol edebileceği makina sayısı kısıtlı olduğundan hücredeki üretim miktarı dikkatli bir şekilde ayarlanmalıdır (Black, J.T., 1983, s.38).

4.3.4. Ekstra Makina İhtiyacı

Parça/makina hücrelerinin oluşturulmasında kullanılan yöntemlerde parça ve makina sayısı arttığında bir takım zorluklarla karşılaşmaktadır. Bunlardan birisi de; herhangi bir hücrede yer almayan ve darboğaz yaratan

makinalardır (kümelenemeyen makina). Bu durumda firma aşağıdaki alternatifleri değerlendirmelidir (Black, J.T., 1983, s.38):

- (1) Makinanın maliyeti yüksekse fiziksel bir düzenlemeyle hücreler tarafından beraber kullanılmasını sağlayabilir.
- (2) Fason imalat yaptırabilir.
- (3) Metot mühendisleri ürün için yeni bir yöntem geliştirebilir.

4.3.5. Malzeme Akışları

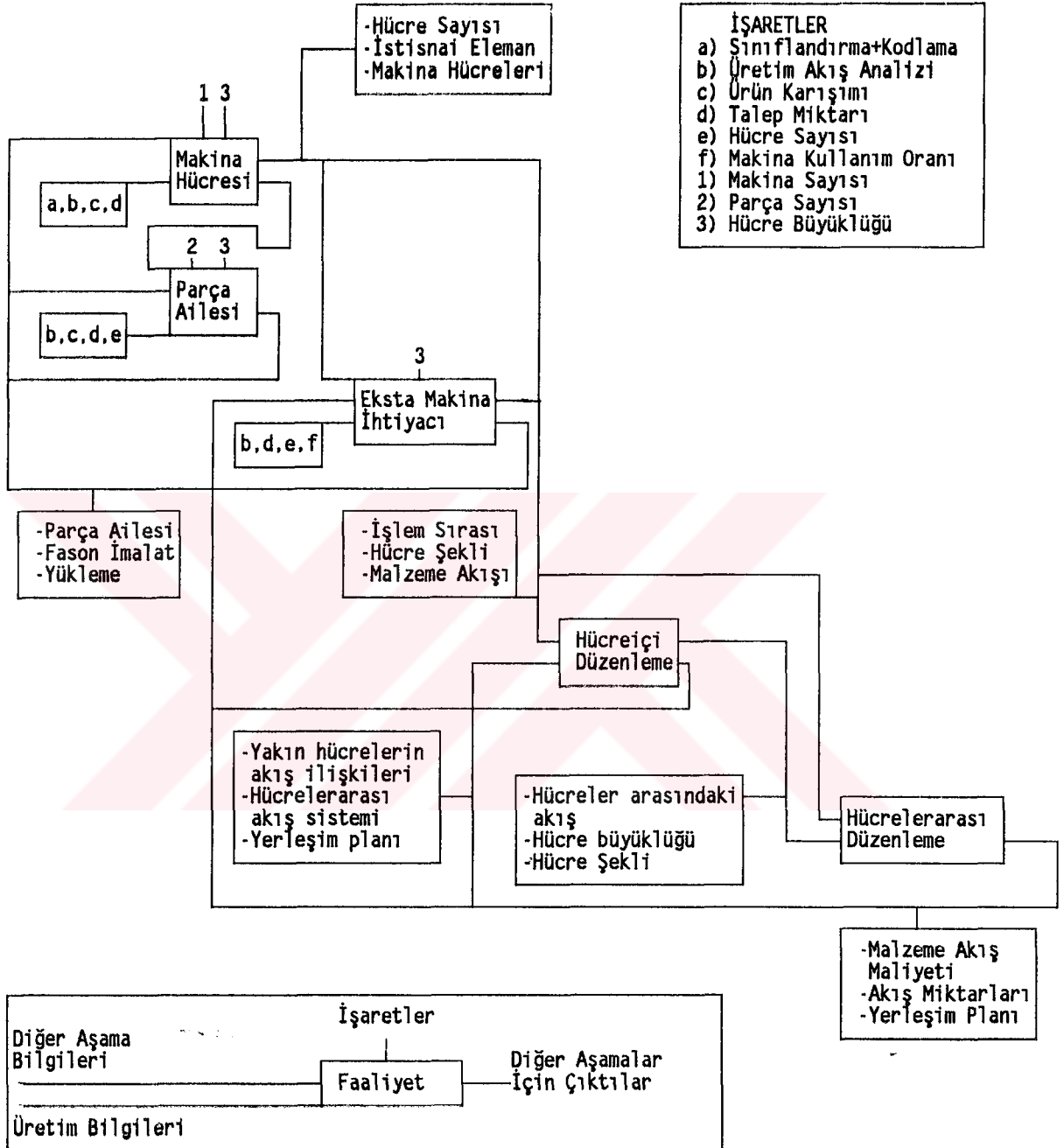
Bazen malzeme akışının neden olduğu maliyet artışları ekstra makina ihtiyaçları, güvenlik ve teknolojik özellikler gibi kısıtlara göre daha önemli olabilir (Heragu, S.S., Gupta, Y.J., 1994, s.127). Oluşturulan akış matrisiyle $[f_{kl}]$ (k ve l makinaları arasındaki malzeme akışı) makina hücrelerindeki üyelerin birbirleriyle olan ilişkileri belirlenir. Makina hücreleri oluşturulurken bu matris yardımıyla hücre içi ve hücrelerarası malzeme/parça akışları minimum yapılmaya çalışılır (Heragu, S.S., Gupta, Y.J., 1994, s.128).

4.4. HÜCRE TASARIMINDA BAZI AŞAMALAR ARASINDAKİ TEMEL İLİŞKİLER

Sistemdeki makina hücreleri kendi parça ailesini üreterek hücreler arasındaki ilişkiler en aza indirilebilir. Parça/makina hücreleri tasarlanırken, aşağıdaki aşamalar arasındaki ilişkiler gözönüne alınmalıdır (Arvinth, B., Irani, S.A., 1994, s.198):

- (1) Parça/makina hücrelerinin oluşturulması,
- (2) Ekstra makina ihtiyacı,
- (3) Hücre içi yerleşim düzeni,
- (4) Hücrelerarası yerleşim düzeni.

Bu aşamalar arasındaki ilişkiler gözönüne alınarak tasarım yapılmalıdır. Şekil 4.11'da yukarıdaki aşamalar arasındaki temel ilişkiler verilmiştir.



Kaynak: Arvindh, B., Irani, S.A., 1994, s.1199.

Şekil 4.11
Hücre Tasarımındaki Bazı Aşamalar Arasındaki İlişkiler

BÖLÜM 5

ÇOK BOYUTLU SEZGİSEL BİR KÜMELENDİRME YÖNTEMİ

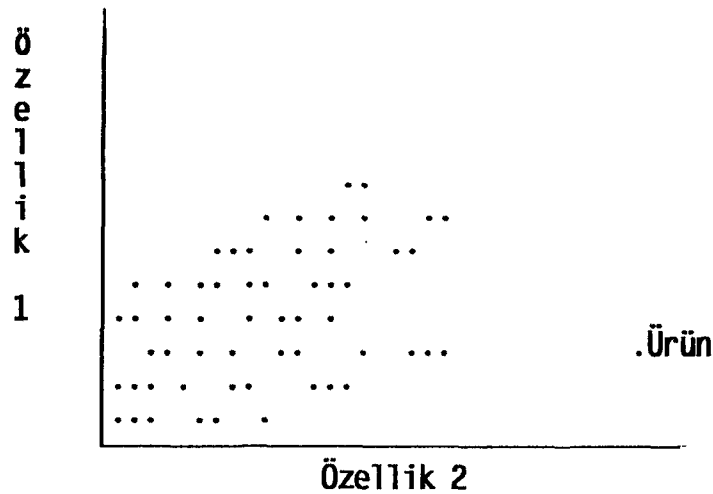
Hücresele üretim sistemi, parti tipi üretim sistemlerinde verimliliğin yükselmesini sağlayabilir. Hücresele üretim sisteminde benzer makineler/parçalar kümelendirilerek parça/makina hücreleri oluşturulur. Bu nedenle hücresele üretim sisteminin tasarımında en önemli adım, parça/makina hücrelerinin etkin bir şekilde oluşturulmasıdır.

Bu bölümde parça/makina hücrelerinin oluşturulmasında çok boyutlu ölçeklemeyi kullanan sezgisel bir kümelendirme yöntemi geliştirilmiştir. Çok boyutlu ölçekleme çoğu zaman pazarlama sorunlarının çözümünde kullanılmıştır. Geliştirilen sezgisel yöntem, kümelendirmede parça/makina ilişki matrisindeki elemanlar arasında ilişki katsayısını (eşleşme/etkililik katsayısı) temel olarak ele almıştır.

5.1. ÇOK BOYUTLU SEZGİSEL YÖNTEMİN TEMEL ÖZELLİKLERİ

Çok boyutlu ölçekleme Shepard (1962) ve Kruskal (1964) tarafından geliştirilmiş olup, uygulamada Green ve Carmone (1970) tarafından ilk defa pazarlama konusunda kullanılmıştır (Mukhopadhyay, S.K., Sarkar, P., 1994, s.458).

Çok boyutlu ölçekleme, benzerliklerinden yararlanarak alternatifler arasında grafiksel bir çözümle ilgilidir. Koordinat ekseninde her eksen bir özelliği ifade etmek üzere özellikler amaçlar arasında tüm benzerliklere göre kümelendirilir. Şekil 5.1'de ürünlerin özelliklerinin kümelendirilmesi gösterilmiştir.



Şekil 5.1
Benzerliklerin Çok Boyutlu Ölçeklenmesi

Herhangi iki ürün arasındaki farklılık kümelendirme çalışmalarında büyük etkiye sahiptir. Çok boyutlu ölçeklemede benzer olmama matrisi alternatifler arasındaki farklılıklardan yararlanılarak oluşturulur.

δ_{ij} , i-j nesneleri arasındaki benzer olmama derecesi ve kümelendirme ölçütü olsun. t boyut uzayında nesnelere ait n noktaları için farklılıkların kümelendirilmesi en iyi şekilde δ 'ların yeniden kümelendirilmesiyle sağlanır. Koordinat ekseninde i noktasına ait değerleri $X_i=(X_{ij}, \dots, X_{it})$ ve x_i 'nin x_j 'den farklılığı da d_{ij} olsun. x_i 'lerin en iyi kümelendirilmeleri aşağıdaki formülü verilen ilişki fonksiyonunun (S) minimum yapılmasıyla sağlanabilir (Mukhopadhyay, S.K., Sarkar, P., 1994, s.459).

$$S = \left[\frac{\sum_{i < j} (d_{ij} - \hat{d}_{ij})^2}{\sum_{i < j} (d_{ij} - \bar{d})^2} \right]^{1/2}$$

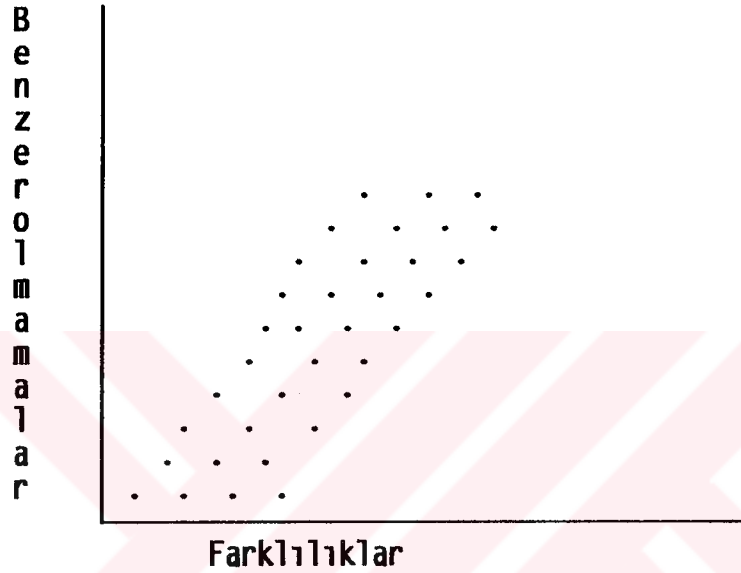
Yukarıdaki formülden kullanılan

\bar{d} = tüm değerlerin ortalaması

d_{ij} = δ 'lara bağlı olarak seçilmiş sayısal değerler

anlamına gelmektedir.

xj'ler seçildiğinde, dij'ler hesaplanır ve bu prosedür S'yi minimum yapan değere ulaşıncaya kadar devam edilir. Daha sonra benzer olmama ve farklılık koordinat ekseninde işaretlenir. Bunun için Şekil 5.2'de gösterilmiş olan Shepard diyagramı kullanılır (Mukhopadhyay, S.K., Sarsar, P., 1994, s.460).



Şekil 5.2
Shepard Diyagramı

Geliştirilen çok boyutlu sezgisel yöntemin temel özellikleri şunlardır (Mukhopadhyay, S.K., Sarkar, P., 1994, s.458):

(1) Bu yöntemde, parçalar ve makinalar birlikte (aynı anda) kümelendirilmiştir. Halbuki diğer sezgisel yöntemlerin bir çoğunda önce makinalar daha sonra parçalar kümelendirilmektedir (veya tersi).

(2) Parçalar ve makinalar sıralı bir şekilde kümelendirildiğinden işlem sayısı azalmaktadır.

(3) Parça/makina hücreleri birlikte oluşturuldukça çözüme ulaşmak oldukça kolay ve hızlı olmaktadır.

(4) Parça/makina hücrelerinde yer almayan eleman sayısı minimum yapılmaya çalışılır.

5.2. GELİŞTİRİLEN SEZGİSEL YÖNTEM

Bu yöntemde makinaların ve parçaların benzer olmaması kadar benzerliği de düşünülmemektedir. Benzerlikler ve benzer olmamalar parça/ilişki matrisinden hesaplanmaktadır.

Benzer olmama iki makina ya da parça arasındaki göreceli farklılık olarak tanımlanmaktadır. Böylece iki makina arasındaki "yüksek" benzer olmama; bir makina tarafından üretilen parça sayısının iki makina tarafından birlikte üretilebilecek parça sayısından fazla olması demektir. Aynı şekilde, iki makina arasındaki "yüksek" benzerlik; iki makinanın birlikte üretebileceği parça sayısının sadece bir makinanın üretebileceği parçalardan fazla olması demektir. Bundan sonra iki makina arasındaki benzerliği eşleşme katsayısı (M_{ij}) ve benzer olmamayı eşleşmeme katsayısı (N_{ij}) olarak ifade edilecektir (Mukhopadhyay, S.K., Sarkar, P., 1994, s.460).

Parça/makina hücrelerinin oluşturulmasında bir parça/makina ilişki matrisi $X(P,M)$ kullanılmaktadır. Bu ilişki matrisinde parçalar sütunlarda, makinalar satırlarda yer almaktadır. $X(P,M)$ ilişki matrisinde M makinası P parçasının üretiminde kullanılıyorsa "1" ile kullanılmıyorsa "0" ile gösterilir. Şekil 5.3'te örnek bir parça/makina ilişki matrisi verilmiştir. Bu ilişki matrisinde 1 ve 2 nolu makinalar arasındaki eşleşme katsayısının 2 (4 ve 6 nolu parçalar) ve eşleşmeme katsayısının ise 3 (1,3 ve 5 nolu parçalar) olduğu görülmektedir.

Parça/makina ilişki matrisi ilk kurulduğunda makina hücreleri ve parça aileleri belli değildir. Çözüm matrisinin bulunabilmesi için makinaların derecelendirilmeleri ve kümelendirilmeleri gerekir. Geliştirilen sezgisel yöntemde makinalar ilişki katsayısına göre derecelendirilir. Makina seçiminde, daha yüksek ilişki katsayısı daha yüksek öncelik anlamına gelmektedir.

İlişki katsayısı (S_{ij}); i ve j makinaları arasındaki (i makinası önceden seçilmiştir ve j makinası ise diğerlerinden herhangi birisidir) hem eşleşme katsayısına (M_{ij}) hem de farklılık katsayısına (d_{ij}) bağlıdır.

i ve j makinaları arasındaki (i makinası önceden seçilmiştir) farklılık katsayısını (d_{ij}) aşağıdaki formülle hesaplanabilir (Mukhopadhyay, S.K., Sarkar, P., 1994, s.461):

$$d_{ij} = [M_{ij}^2 + N_{ij}^2]^{1/2}$$

Yukarıdaki formülde kullanılan,

M_{ij} = önceden kümelendirilmiş i makinasıyla kümelendirilmemiş j makinası arasındaki eşleşme veya benzerlik sayısı.

N_{ij} = Önceden kümelendirilmiş i makinasıyla kümelendirilmemiş j makinası arasındaki eşleşmeme veya benzer olma sayısı.

anlamına gelmektedir.

| | P a r ç a l a r | | | | | | |
|---|-----------------|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| M | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| a | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| k | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| i | 4 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| n | | | | | | | |
| a | | | | | | | |
| l | | | | | | | |
| a | | | | | | | |
| r | | | | | | | |

Kaynak: Mukhopadhyay, S.K., Sarkar, P., 1994, s.461.

Şekil 5.3.
Parça/Makina İlişki Matrisi

d_{ij} 'ler hesaplandıktan sonra Şekil 5.4'teki gibi bir grafik çizilebilir. Bu grafikten;

$$S_{ij} \propto M_{ij}$$

$$S_{ij} \propto 1/d_{ij}$$

olduğu görülmekte ve hatta şunlarda elde edilebilir (Mukhopadhyay, S.K., Sarkar, P., 1994, s.461):

$$S_{ij} \propto M_{ij}/d_{ij}$$

veya

$$S_{ij} \propto M_{ij}/[M_{ij}^2+N_{ij}^2]^{1/2}$$

S_{ij} 'lerin hesaplanmasına ilişkin olarak Şekil 5.3'te verilmiş olan ilişki matrisini ele alalım. Burada 1 nolu makina için;

$$M_{12} = 2$$

$$N_{12} = 4$$

$$d_{12} = (2^2+4^2)^{1/2} = 4.47$$

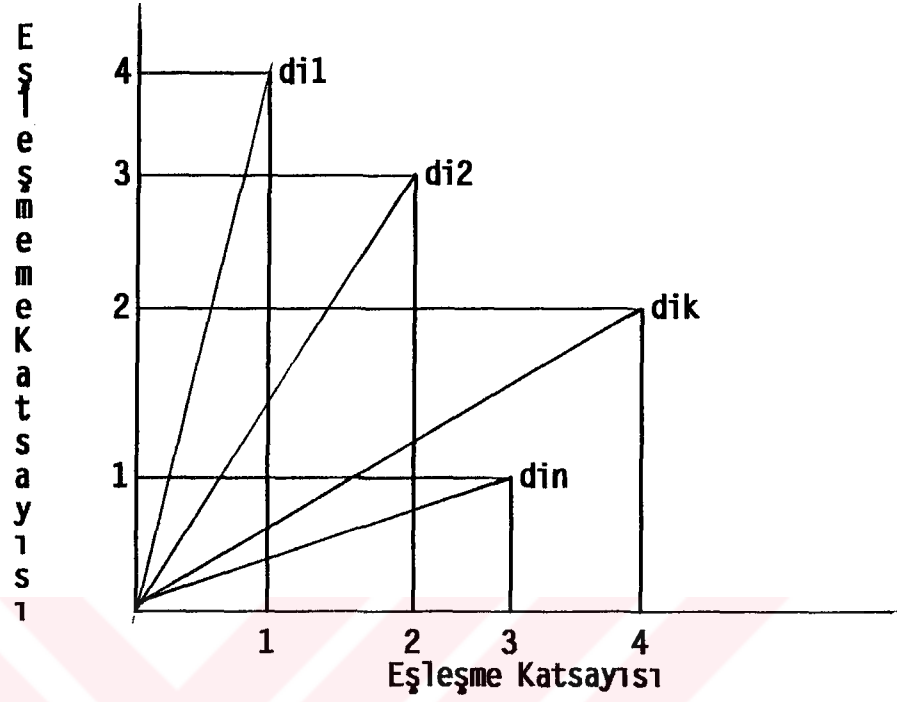
$$S_{12} = M_{12}/d_{12} = 2/4.47 = 0.447$$

olmaktadır. Aynı şekilde;

$$S_{13} = 4/4.47 = 0.894$$

$$S_{14} = 3/\sqrt{18} = 0.707$$

olmaktadır.



Kaynak: Mukhopadhyay, S.K., Sarkar, P., 1994
s.462.

Şekil 5.4.
Makinalar Arasındaki Farklılıklar

Derecelendirme ilişki katsayısı (S_{ij}) baz alınarak yapılmaktadır. İlişki katsayısının (S_{ij}) değeri ne kadar yüksekse makina daha önce kümelendirilecektir (Derecelendirme ilişki matrisindeki benzer olmamaya bağlı kalınarak hesaplanmaktadır). Daha önce 1 nolu makinaya göre hesaplanmış olan ilişki katsayıları arasında en büyük değer 3 nolu makinaya aittir. Böylece ilk önce 3 nolu makina ve bu makinada işlem gören parçalar (kümelendirilmeyen) seçilerek kümelendirilecektir. Bir sonraki adım ise 3 nolu makinayla kümelendirilmemiş makinalar arasındaki ilişki katsayılarının hesaplanması ve önceliğin belirlenmesidir. Bu işlemler tüm makinalar/parçalar kümelendirilinceye kadar devam eder.

5.3. GELİŞTİRİLEN SEZGİSEL YÖNTEMİN ALGORİTMASI

Sezgisel yöntemin algoritmasında kullanılan notasyonlar ve anlamları aşağıdaki gibidir:

- P** = $X(P,M)$ ilişki matrisindeki parça sayısı
M = $X(P,M)$ ilişki matrisindeki makina sayısı
 $X(P,M)$ = Parça/makina ilişki matrisi
MD = Kümelenmiş makinalar
PD = Kümelenmiş parçalar
MND = Kümelenilmemiş makinalar
PND = Kümelenilmemiş parçalar
PMA = Önceki adımda kümelendirilen makina
PPA(PMA) = PMA için kümelendirilecek parçalar
N(J) = J makinasında üretilen parça sayısı

MT(I,J) = Kümelenmiş I makinasıyla kümelendirilmemiş J makinası arasındaki benzerliklerin sayısı (iki makinada üretilebilecek ortak parçaların sayısı)

NT(I,J) = Kümelenmiş I makinasıyla kümelendirilmemiş J makinası arasındaki benzer olmamaların sayısı

D(I,J) = Kümelenmiş I makinasıyla kümelendirilmemiş J makinası arasındaki farklılık katsayısı

S(I,J) = Kümelenmiş I makinasıyla kümelendirilmemiş J makinası arasındaki ilişki katsayısı

NP(P) = Parçaların üretilmesi için gerekli makina sayısı
 = $\forall p \in PPA (PMA)$ ve $\forall j \in MND$.

Sezgisel yöntemin algoritması aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır (Mukhopadhyay, S.K., Sarkar, P., 1994, s.463):

Adım-1: $X(P,M)$ ilişki matrisinin kurulması, başlangıçta kümelendirilmiş makina ve parça sayısı sıfırdır ($MD = 0, PD = 0$).

Adım-2: Kümelendirilmemiş makinalarda işlem gören parça sayısı hesaplanır. Başka bir deyişle $\forall j \in M$ veya MND için $N(j)$ 'ler hesaplanır.

Adım-3: En az işleme sahip makinanın seçilmesi (Minimum $N(J)$). $N(J)$ 'lerin değerleri arasında bir eşitlik sözkonusu ise en küçük J sayısı seçilir.

Adım-4: J nolu makina kümelendirilir ve adım-7'ye geçilir.

Adım-5: Kümelendirilen I nolu makinayla kümelendirilmiş makinalar arasındaki benzerlik sayısı, benzer olmama sayısı ve bunlara bağlı ilişki katsayısı hesaplanır. Başka bir deyişle,

$I = PMA$ ve $\forall j \in MND$ için $M(I,J)$, $N(I,J)$ ve $S(I,J)$ hesaplanır.

Adım-6: En yüksek ilişki katsayı değeri seçilir ($Max.S(I,J)$). Makinalar arasında herhangi bir ilişki sözkonusu değilse, Adım-2'ye dönülür (Maksimum $S(I,J)=0$ ise).

Eğer ilişki katsayı değerleri arasında bir eşitlik varsa, makinalar arasında en büyük benzerlik değeri seçilmelidir ($Max.M(I,J)$).

Eğer en büyük benzerlik değerleri arasında bir eşitlik varsa, en büyük benzerlik değerlerindeki J 'ler arasından en küçük sayı seçilir. J nolu makina kümelendirilir.

Adım-7: J makinası bir önceki adımda kümelendirilmiş makina olarak yerleştirilir ($PMA = J$).

Parça/makina ilişki matrisinden yararlanarak bir önceki adımda kümelendirilen makinada işlem görecektir kümelendirilmemiş parçalar set haline getirilir ($PPA(PMA)$).

Eğer bir önceki adımda kümelendirilen makinada işlem görecekt parça sayısı 1'e eşit veya küçük olduğunda adım-10'a gidilir, diğer durumlarda bir sonraki adıma geçilir.

Adım-8: Bir önceki adımda kümelendirilen parçaların üretilmesi için gerekli makina sayısı hesaplanır (kümelendirilmemiş makinalar arasında).

$$NP(P) = \sum_{j \in MND} X(P, J) \quad (X(P, J) = 1)$$

Adım-9: En az makinaya ihtiyaç duyan parça ilk önce kümelendirilir. Eğer ihtiyaç duyulan makina sayısında bir eşitlik sözkonusu ise P değerleri içerisindeki en küçük sayı seçilir ve böylece parçalar düzenli bir şekilde kümelendirilir.

Adım-10: Bir önceki adımda kümelendirilen parçaları set haline getirilir ve kümelendirilmiş makina(lar)/parça(lar), kümelendirilmemiş makina(lar)/parça(lar) belirlenir.

$$PD = PD + PPA \text{ (PMA)}$$

$$PND = PND - PPA \text{ (PMA)}$$

$$MD = MD + PMA$$

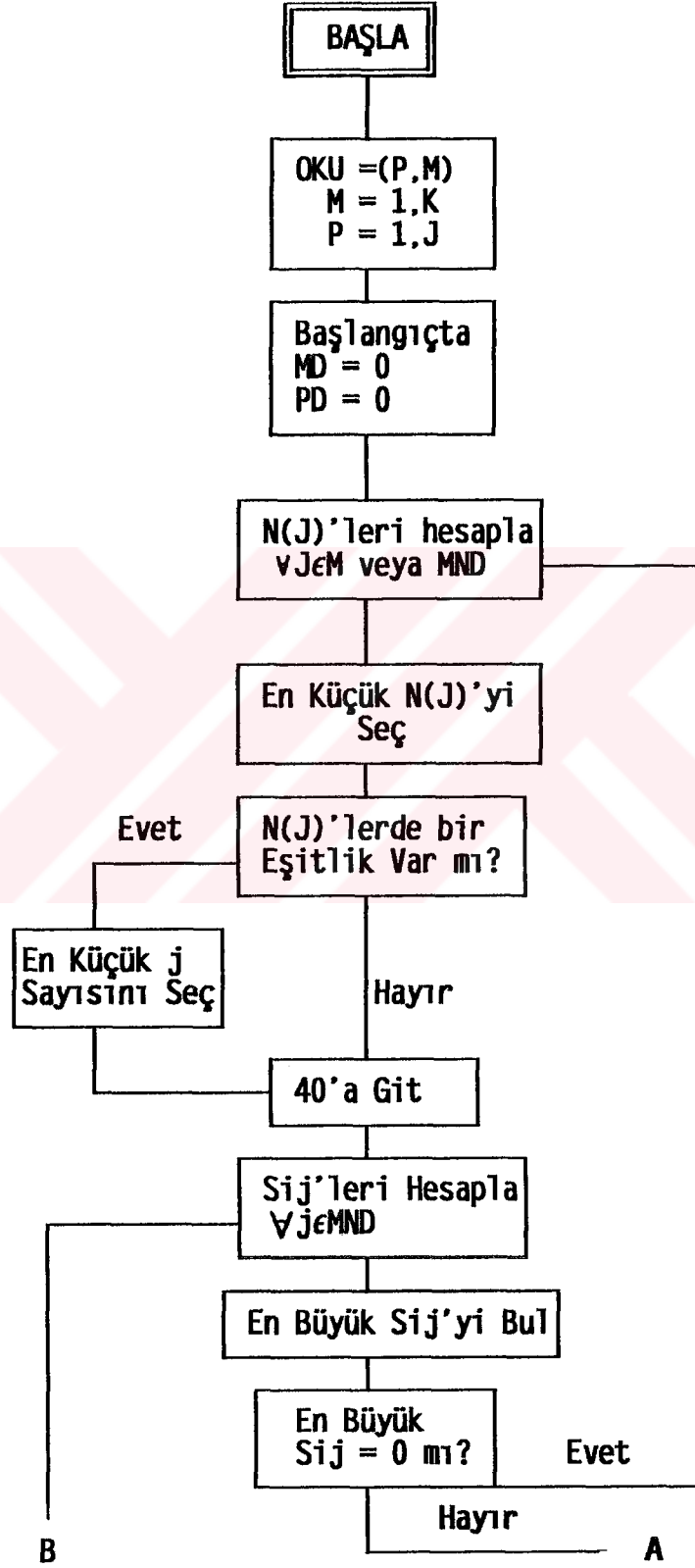
$$MND = MND - PMA$$

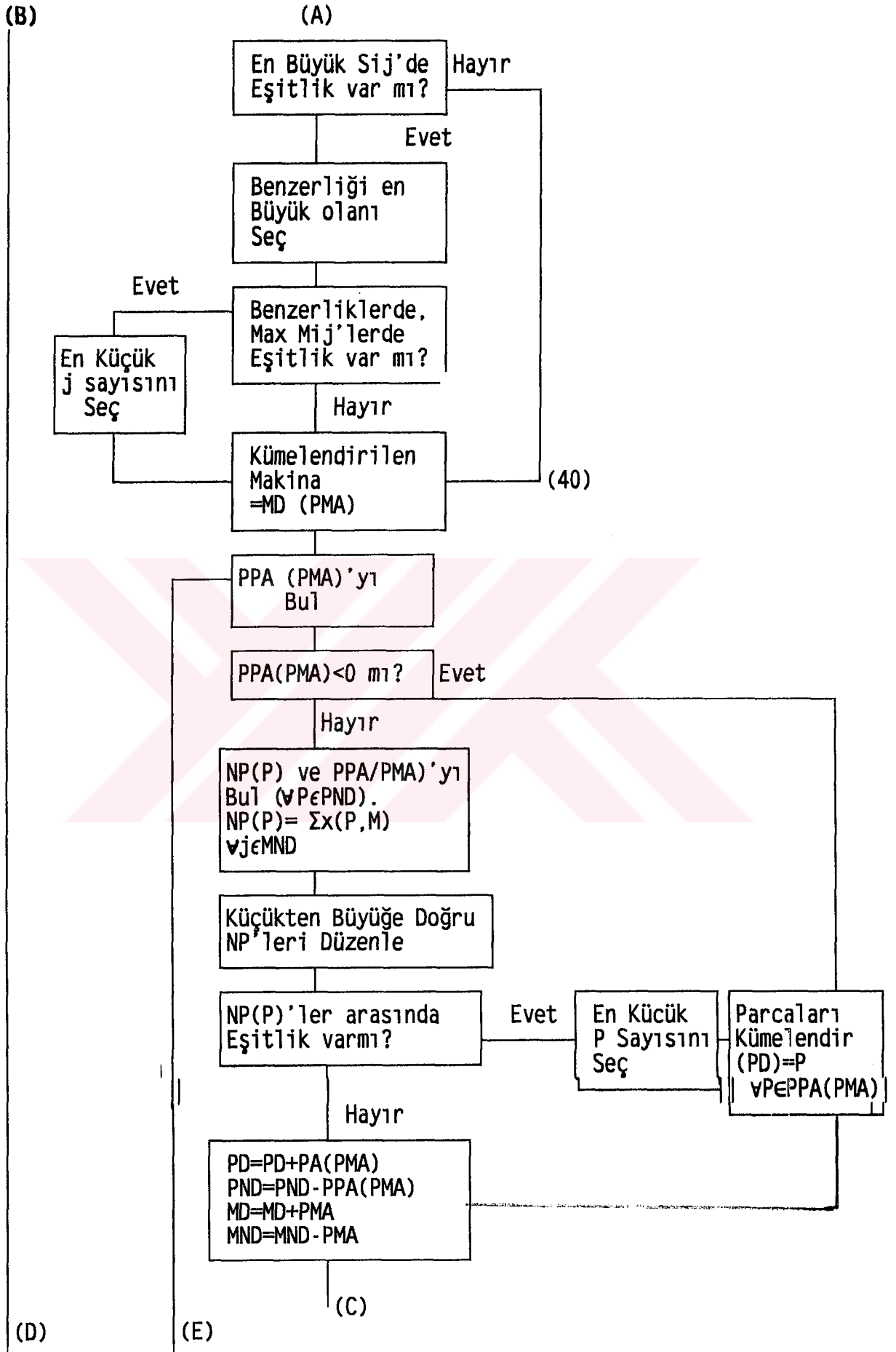
Adım-11: Kümelendirilmemiş makina sayısı 1'den büyükse adım-5'ten itibaren her bir adım tekrarlanır. Kümelendirilmemiş makina sayısı 1'e eşitse adım-7'den itibaren her bir adım tekrarlanır. Kümelendirilmemiş makina kalmamış ise diğer adıma geçilir.

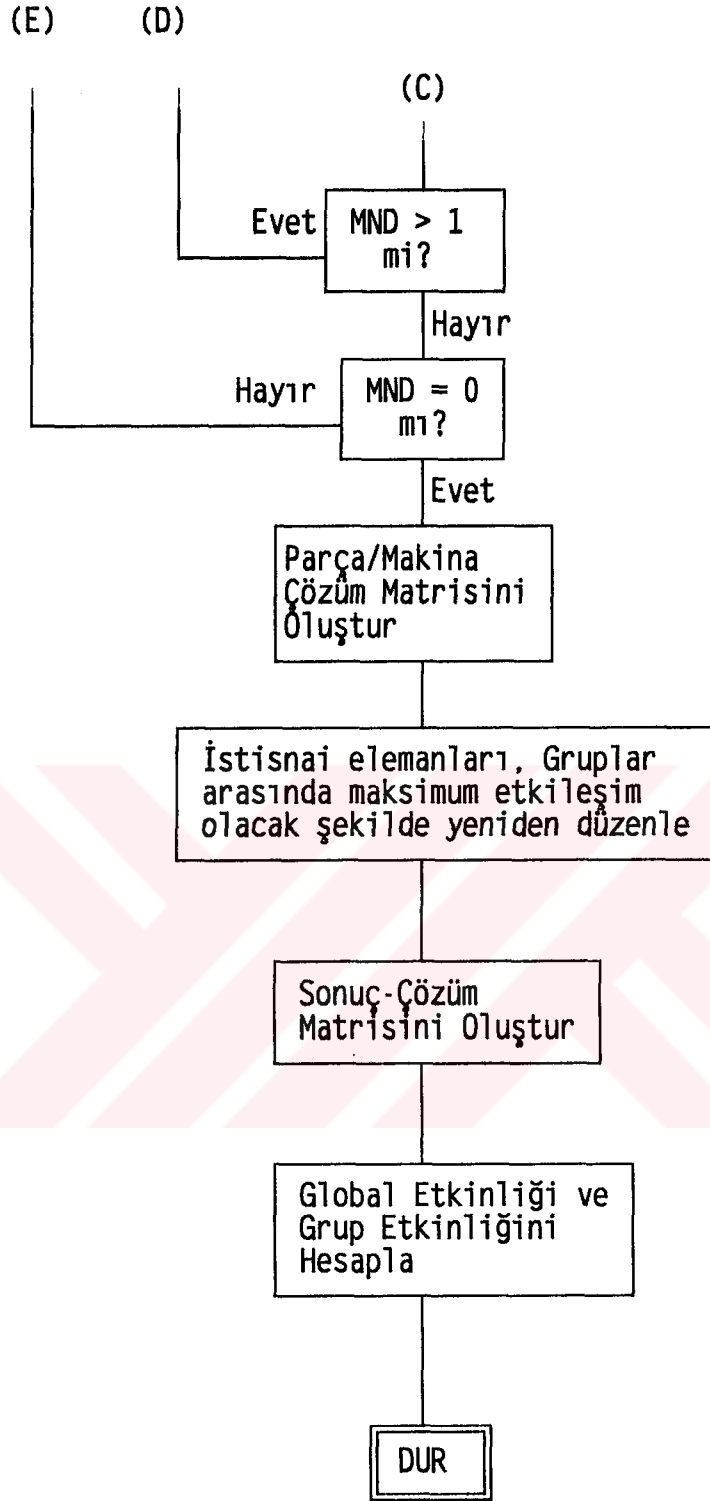
Adım-12: Çözüm matrisi düzenlenir ve istisnai elemanlar hücreler arasında minimum ilişki oluşturacak şekilde yeniden kümelendirilmeye çalışılır.

Adım-13: Sonuç çözüm matrisi düzenlenerek grup etkinliği ve global etkinlik hesaplanır.

Öte yandan, sezgisel yöntemin algoritmasına ait akış diyagramı Şekil 5.5'te gösterilmiştir.







Kaynak: Mukhopadhyay, S.K., Sarkar, P., 1994, s.466-467.

Şekil 5.5
Sezgisel Yöntemin Akış Diyagramı

5.4. DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ

Bu yöntemde aşağıda açıklanan iki değerlendirme ölçütü kullanılmıştır. Örnek bir çalışma olarak Harhalakis ve Nagi (1990) adlı araştırmacıların makalelerindeki parça/makina ilişki matrisi ele alınmıştır. Bu matris Şekil 5.6'da ifade edilmektedir.. Geliştirilen sezgisel yöntemle parça/makina hücreleri oluşturularak değerlendirme ölçütleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu ölçütler global etkinlik ve grup etkinliği olup, aşağıda kısaca açıklanmıştır. Öte yandan, hesaplanan bu iki ölçüt Şekil 5.7'de gösterilmektedir.

| | | P a r ç a l a r | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
| M a k i n a l a r | 1 | 1 | | | | | | | | 1 | | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | |
| | 2 | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | |
| | 3 | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 4 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | | | | 1 |
| | 6 | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | |
| | 7 | | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | |
| | 8 | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | | |
| | 9 | 1 | | | | | | | | 1 | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | |
| | 10 | | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | 1 |
| | 11 | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | 1 | |
| | 12 | 1 | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | 1 |
| | 13 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | |
| | 14 | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | |
| | 15 | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | 1 | | | 1 | | | | |
| | 16 | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | |
| | 17 | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | 1 | | | | |
| | 18 | 1 | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | 1 |
| | 19 | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | 1 | | |
| | 20 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | |

Kaynak: Harhalakis, G., Nagi, R., 1990, s.190.

Şekil 5.6
Parça/Makina ilişki Matrisi

5.4.1. Global Etkinlik

Oluşturulan hücrelerde, hücreler içindeki toplam işlem sayısının sistemdeki toplam işlem sayısına oranıdır (Harhalakis, G., Nagi, R., 1990, s.187).

$$\text{Global Etkinlik} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{i=1}^n r_i}$$

n = sistemdeki parça sayısı
 S_i = i parçasının hücredeki toplam işlem sayısı
 r_i = i parçasının sistemdeki toplam işlem sayısı

Bu oran parçaların hücrelerdeki işlem sayıları için genel bir ölçüdür. Global etkinlik ne kadar yüksekse kümelendirme daha iyi yapılmış demektir (Harhalakis, G., Nagi, R., 1990, s.187).

5.4.2. Grup Etkinliği

Parçaların üretilebileceği maksimum hücre sayısı ile kümelendirme sonucu üretildiği hücre sayısı arasındaki farkın üretilebileceği maksimum hücre sayısına oranıdır.

q_i = i parçasının üretiminde kullanılan farklı makina sayısı
 w = oluşturulan toplam hücre sayısı

olmak üzere parçaların üretilebileceği maksimum hücre sayısı aşağıdaki gibi hesaplanır (Harhalakis, G., Nagi, R., 1990, s.190).

$$E_w = \sum_{i=1}^n \text{Min} \{(q_i - 1), (w - 1)\} \quad (1)$$

P_i parçası için

1 P_i parçası C_k hücresinde üretiliyorsa ($k=1, \dots, w$)

$$X_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{1 } P_i \text{ parçası } C_k \text{ hücresinde üretiliyorsa} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

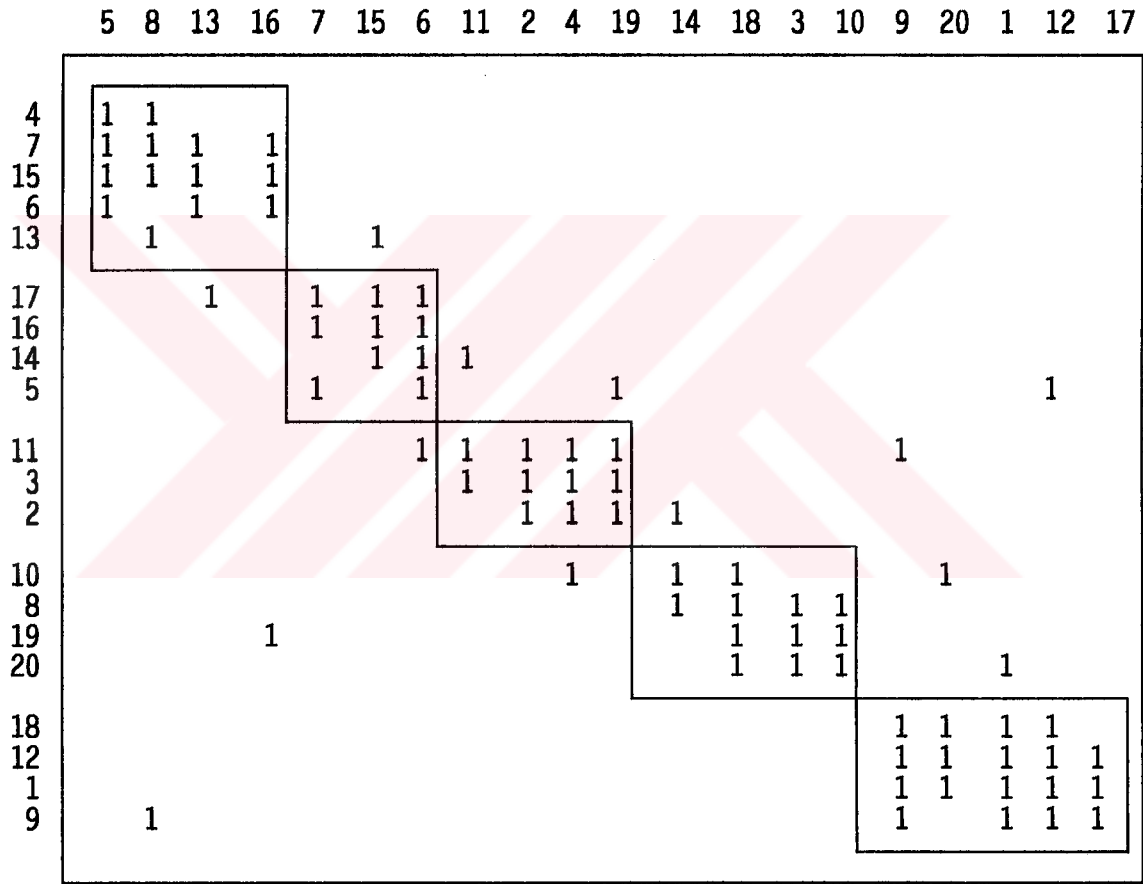
olmak üzere tüm parçaların kümelendirme sonucu üretildiği hücre sayısı aşağıdaki formülle hesaplanabilir (Harhalakis, G., Nagi, R., 1990, s.190):

$$A_w : \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^w X_{ik} - 1 \quad (2)$$

(1) ve (2)'den yararlanarak,

$$\text{Grup Etkinliğ} = \frac{E_w - A_w}{E_w}$$

elde edilir. Grup etkinliğinin hesaplanabilmesi için oluşturulan hücre sayısının en az iki olması gerekir. Grup etkinliği ne kadar yüksekse kümelendirme o kadar iyi demektir.



Global Etkinlik = % 82.278
Grup Etkinliği = % 76.271

Şekil 5.7
Elde Edilen Parça/Makina Hücreleri

5.5. SEZGİSEL YÖNTEME İLİŞKİN ÖRNEK BİR UYGULAMA

Geliştirilen sezgisel yöntemi daha iyi anlayabilmek amacıyla 7x11 boyutunda parça/makina ilişki matrisi ele alınarak tüm adımlar birer birer açıklanmıştır. Ele alınan parça/makina ilişki matrisi Şekil 5.8'de verilmiştir (örnek matrisi için bakınız, Boctor, F.F., 1991, s.350). Oluşturulan parça/makina hücrelerinin global etkinliği ve grup etkinliği Şekil 5.9'da gösterilmiştir. Öte yandan, Tablo 5.1'de de oluşturulan parça aileleri ve makina hücreleriyle kümelendirilemeyen elemanlar (darboğaz yaratan parça/makina) verilmiştir.

| | | P a r ç a l a r | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| M a k i n a l a r | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 6 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |

Kaynak: Boctor, F.F., 1991, s.350.

Şekil 5.8
Parça/Makina İlişki Matrisi

Adım-1 : $MD = 0$, $PD = 0$
 $M = \{1,2,3,4,5,6,7\}$
 $P = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11\}$

Adım-2 :

| | | | | | | | |
|------|---|---|---|---|---|---|---|
| J | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| N(J) | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 |

Adım-3 : Minimum $N(J) = N(5) = 2$

Adım-4 : Kümelendirilen makina = 5
Adım-7'ye geçilir.

Adım-7 : PMA = 5
PPA (PMA) = PPA (5) = {3,7}

Adım-8 : NP (3) = 3
NP (7) = 2

Adım-9 : Minimum NP (P) = NP (7) = 2

Adım-10: Kümelendirilen parçalar (PD) = {7,3}
PD = {7,3}
PND = {1,2,4,5,6,8,9,10,11}
MD = {5}
MND = {1,2,3,4,6,7}

Adım-11: MND = 6 > 1 olduğundan adım-5'e dönülür.

Adım-5 : PMA = 5
M51 = 2 N51 = 2 S51 = 0,707
M52 = 0 N52 = 5 S52 = 0
M53 = 0 N53 = 5 S53 = 0
M54 = 0 N54 = 5 S54 = 0
M56 = 1 N56 = 3 S56 = 0,316
M57 = 0 N57 = 5 S57 = 0

Adım-6 : Maksimum S(I,J) = S(5,1) = 0,707
Kümelendirilen makina = 1

Adım-7 : PMA = 1
PPA (PMA) = PPA(1) = {1,11}

Adım-8 : NP (1) = 2
NP (11) = 2

Adım-9 : Minimum NP(P) = NP (1,11) = 2

Adım-10: Kümelendirilen parçalar (PD) = {1,11}
PD = {7,3,1,11}
PND = {2,4,5,6,8,9,10}
MD = {5,1}
MND = {2,3,4,6,7}

Adım-11: MND = 5 > 1 olduğundan adım-5'e dönülür.

Adım-5 : PMA = 1
M12 = 1 N12 = 5 S12 = 0,196
M13 = 0 N13 = 7 S13 = 0
M14 = 0 N14 = 7 S14 = 0
M16 = 2 N16 = 3 S16 = 0,555
M17 = 0 N17 = 7 S17 = 0

Adım-6 : Maksimum $S(I,J) = S(1,6) = 0,555$
Kümelendirilen makina = 6

Adım-7 : PMA = 6
PPA (PMA) = PPA (6) = {4}

Adım-10: Kümelendirilen parça (PD)={4}
PD = {7,3,1,11,4}
PND = {2,5,6,8,9,10}
MD = {5,1,6}
MND = {2,3,4,7}

Adım-11: MND = 4 > 1

Adım-5 : PMA = 6
M62 = 0 N62 = 6 S62 = 0
M63 = 0 N63 = 6 S63 = 0
M64 = 1 N64 = 4 S64 = 0,243
M67 = 0 N67 = 7 S67 = 0

Adım-6 : Maksimum $S(I,J) = S(6,4) = 0,243$
Kümelendirilen makina = 4

Adım-7 : PMA = 4
PPA (PMA) = PPA (4) = {5,10}

Adım-8 : NP(5) = 2
NP(10) = 2

Adım-9 : Minimum NP (P) = NP (5,10) = 2

Adım-10: Kümelendiren parçalar (PD) = {5,10}
PD = {7,3,1,11,4,5,10}
PND = {2,6,8,9}
MD = {5,1,6,4}
MND = {2,3,7}

Adım-11: MND = 3 > 1

Adım-5 : PMA = 4
M42 = 0 N42 = 6 S42 = 0
M43 = 0 N43 = 6 S43 = 0
M47 = 2 N47 = 2 S47 = 0,707

Adım-6 : Maksimum $S(I,J) = S(4,7) = 0,707$
Kümelendirilen makina = 7

Adım-7 : PMA = 7
PPA (PMA) = PPA (7) = {8}

Adım-10: Kümelenendirilen parça (PD) = {8}
 PD = {7,3,1,11,4,5,10,8}
 PND = {2,6,9}
 MD = {5,1,6,4,7}
 MND = {2,3}

Adım-11: MND = 2 > 1

Adım-5 : PMA = 7
 M72 = 0 N72 = 5 S72 = 0
 M73 = 0 N73 = 6 S72 = 0

Adım-6 : Maksimum S(I,J) = 0 olduğundan adım-2'ye dönülür.

Adım-2 : J 2 3
 N(J) 3 3

Adım-3 : Minimum N(J) = N(2) = N(3) = 3 olduğundan minimum J sayısı seçilir, N(J) = N(2) = 3.

Adım-4 : Kümelenendirilen makina = 2
 Adım-7'ye gidilir.

Adım-7 : PMA = 2
 PPA (PMA) = PPA(2) = {2,6}

Adım-8 : NP(2) = 2
 NP(6) = 2

Adım-9 : Minimum NP(P) = NP(2,6) = 2

Adım-10: Kümelenendirilen parçalar (PD) = {2,6}
 PD = {7,3,1,11,4,5,10,8,2,6}
 PND = {9}
 MD = {5,1,6,4,7,2}
 MND = {3}

Adım-11: MND = 1 olduğundan adım-7'ye dönülür.

Adım-7 : PMA = 3
 PPA (PMA) = PPA (3) = {9}

Adım-10: Kümelenendirilen parça (PD) = {9}
 PD = {7,3,1,11,4,5,10,8,2,6,9}
 PND = {0}
 MD = {5,1,6,4,7,2,3}
 MND = {0}

Adım-11: MND = 0

Adım-12: Çözüm matrisi düzenlenir.

Adım-13: Sonuç çözüm matrisi kümelendirilemeyen elemanlar düşünülerek oluşturulur ve global etkinlik, grup etkinliği hesaplanır (Şekil 5.9'a bakınız).

| | | P a r ç a l a r | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------------|---|---|----|---|---|----|---|---|---|---|
| | | 7 | 3 | 1 | 11 | 4 | 5 | 10 | 8 | 2 | 6 | 9 |
| m a k i n a l a r | 5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 6 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

Global Etkinlik = %90.476, Grup Etkinliği = %80.

Şekil 5.9
Sonuç Çözüm Matrisi

Tablo 5.1.
Parça/Makina Hücreleri

| Hücre No | Parça Ailesi | Makina Hücresi |
|----------|--------------|----------------|
| 1 | 7,3,1,11,4 | M05, M01, M06 |
| 2 | 5,10,8 | M04, M07 |
| 3 | 2, 6,9 | M02, M03 |

Şekil 5.9'da elde edilmiş sonuca göre, ele alınan sistem üç parça/makina hücresine ayrılabilir. Hücreler Tablo 5.1'de gösterilmiştir.

Şekil 5.9'daki hücreleme (kümelendirme) sonucu iki adet kümelendirilemeyen eleman ortaya çıkmıştır. Bunlardan ilki, 1 nolu parçanın 1. ve 3. makina hücrelerini, diğeri ise 4 nolu parçanın 1. ve 2. makina hücrelerini dolaşması ile oluşmaktadır (Bakınız Şekil 5.9). Bu dolaşmalar, iş

akışını karmaşık yaptığından hücresele üretim sisteminin etkinliğini azaltmaktadır. Bu iki kümelendirilemeyen elemandan tamamen kurtulmanın yolları şunlardır (Durmüşoğlu, B., 1991, s.13).

- (1) M04 ve M02 makinalarından 1. hücrede birer adet ekstra olarak bulundurmak veya satın almak.
- (2) 1 ve 4 nolu arçaları firma dışında veya firmanın başka bir kuruluşunda fason olarak yaptırmak
- (3) M04 makinasını 1. ve 2. hücreler arasında, M02 makinasını ise, 1. ve 3. hücreler arasında ortak olarak kullanmak.
- (4) Metot mühendisliği çalışmaları sonucu, 1 ve 4 nolu parçaların tamamıyla 1. hücrede üretilmelerini sağlamak.

Bu alternatiflerden birinin veya farklı parçalara (örneğin 1 veya 4 nolu parçalara) uygulamak üzere birkaçının seçimi veya kümelendirilemeyen elemanlara katlanması, ekonomik bir analiz ve firma stratejisinin bir sonucu olarak belirlenir.

5.6. SEZGİSEL YÖNTEMİN DİĞER YÖNTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Geliştirilen sezgisel yöntem, derece sırası algoritması ve kapalı komşu algoritmasıyla karşılaştırılmıştır. Bunun için Tablo 5.2'de $M \leq N$, Tablo 5.3'te $M > N$ boyutundaki parça/makina ilişki matrislerinde parça ailesinin ve makina hücrelerinin oluşturulması için ne kadar toplama, çıkarma, bölme, çarpma işlemleri ve araştırma yapılması gerektiğini gösteren formüller verilmiştir. Hatta Tablo 5.4 ve 5.5'te (60×90) - (80×50) boyutundaki ilişki matrisleri için hesaplamalar yapılmıştır. Tablolardaki sonuçlar göstermiştir ki; geliştirilen sezgisel yöntemle daha kısa sürede etkin bir şekilde hücreler oluşturulabilmektedir (Mukhopadhyay, S.K., Sarkar, P., 1994, s.470).

Tablo 5.2.
M≤N Durumundaki Karşılaştırmalar

| İşlemler | Geliştirilen Sezgisel Yöntem | Derece Sıra Algoritması | Kapalı Komşu Algoritması |
|--------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Toplama | $M(M-1) \times (N+1) / 4$ | $M \times M \times N$ | $M(M-1) + (M \times M \times N) / 4$ |
| Çıkarma | 0 | 0 | 0 |
| Çarpma | $M \times (M-1)$ | $M \times M \times N$ | 0 |
| Bölme | $M(M-1) / 2$ | 0 | 0 |
| Araştırmalar | $\frac{M(M-1)(N+1)}{4}$ | $M \times M \times N + M(M+N) / 2$ | $M \times M \times N$ |

Kaynak: Mukhopadhyay, S.K., Sarkar, P., 1994, s.470.

Tablo 5.3
M>N Durumundaki Karşılaştırmalar

| İşlemler | Geliştirilen Sezgisel Yöntem | Derece Sıra Algoritması | Kapalı Komşu Algoritması |
|--------------|---------------------------------------|---|---|
| Toplama | $N(N-1) \cdot (M+1) / 4$ | $M \times N \times N$ | $M \cdot (M-1) + (M \times M \times N) / 4$ |
| Çıkarma | 0 | 0 | 0 |
| Çarpma | $N \cdot (N-1)$ | $M \times N \times N$ | 0 |
| Bölme | $N \cdot (N-1) / 2$ | 0 | 0 |
| Araştırmalar | $\frac{N \cdot (N-1) \cdot (M+1)}{4}$ | $(M \times N \times N) + N \cdot (M+N) / 2$ | $M \times M \times N$ |

Kaynak: Mukhopadhyay, S.K., Sarkar, P., 1994, s.470.

Tablo 5.4
(60x90) Boyutundaki İlişki Matrisinin Karşılaştırılması

| İşlemler | Geliştirilen Sezgisel Yöntem | Derece Sıra Algoritması | Kapalı Komşu Algoritması |
|--------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Toplama | 80535 | 324000 | 84540 |
| Çıkarma | 0 | 0 | 0 |
| Çarpma | 3540 | 324.000 | 0 |
| Bölme | 1170 | 0 | 0 |
| Araştırmalar | 80535 | 328500 | 324000 |

Tablo 5.5
(80x50) Boyutundaki İlişki Matrisinin Karşılaştırılması

| İşlemler | Geliştirilen Sezgisel Yöntem | Derece Sıra Algoritması | Kapalı Komşu Algoritması |
|--------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Toplama | 49613 | 200000 | 86320 |
| Çıkarma | 0 | 0 | 0 |
| Çarpma | 2450 | 200000 | 0 |
| Bölme | 1225 | 0 | 0 |
| Araştırmalar | 49613 | 203250 | 320000 |

Geliştirilen sezgisel yöntemde, makinalar arasındaki farklılık (dij) ve ilişki katsayısı hesaplamalarına dikkat edilmelidir. Ayrıca geliştirilen sezgisel yöntemle aşağıdaki sonuçlar elde edilebilmektedir:

(1) Algoritmanın basitliğinden ve hızlı bir şekilde çözüme ulaşmasından dolayı veri sayısı fazla olduğunda da elle çözüme gidilebilmektedir.

(2) Blok diyagonal matrisin daha etkin bir şekilde oluşturulması sağlanabilmektedir.

(3) Diğer yöntemlere göre kümelendirilemeyen eleman sayısı ve ekstra makina ihtiyacı azaltılabilmekte ve hatta tasarımcının görüşlerine pek fazla ihtiyaç duymamaktadır.

BÖLÜM 6

SEZGİSEL KÜMELENDİRME YÖNTEMİNİN BİR İŞLETMEDE UYGULAMASI

Bu bölümde sezgisel kümelendirme yöntemiyle bir firma için parça/makina hücreleri oluşturularak hücre içi yerleşim düzenlemesi yapılmıştır. Firmanın faaliyette bulunduğu ambalaj sanayi ele alınmış olup, gıda sanayindeki faaliyetleri hakkında bilgi verilmemiştir.

6.1. FİRMA HAKKINDA GENEL BİLGİLER

İncelenen firma, 1970 yılından bugüne kadar gerek gıda sanayinde ve gerekse gıda sanayinin önemli bir bölümünü oluşturan ambalaj sanayinde faaliyet göstermektedir. Bu alanlardaki 25 yıllık deneyimine güvenen firma, teknolojiyiyle, tecrübeli ekibi ve servis teşkilatı ile ürünlerini piyasaya sunabilmektedir. Firma, gıda sanayinde; sıvı yağ, tahin-helva ve reçel çeşitlerini üretmektedir. Gıda sanayinin en önemli bölümlerinden birisi de ürünlerinin sağlıklı biçimde ambalajlanıp tüketiciye ulaşması olup, firma büyük bir titizlik içerisinde bu alanda da (teneke kutu, twist-off kapak, meşrubat kapak vb) faaliyet göstermektedir.

Ambalaj sanayinde faaliyet gösteren firma, oldukça esnek bir üretim politikası izleyebilmeli ve müşterilerin acil taleplerine göre iş sıralamasında ani değişiklikler yapabilmelidir. Talep değişikliklerine kısa sürede uyum sağlamayı hedefleyen firmanın ana sorunu, sağlıklı termin verme ve maliyetlerin belirlenmesinden kaynaklanmaktadır. Öyle ki, gelen acil bir siparişle makinalara bağlı parçalar sökülmekte, makina yeni parçalar için yeniden ayarlanmakta ve bu parçanın üretimine başlanmaktadır. Üretilmekte olan parça ile acil siparişle üretime alınan parça arasında şekil ve proses benzerliği şartı aranmadığından maliyetlerde ani yükselmeler ve bazı parçaların terminlerine sadık kalmama durumları ortaya çıkmaktadır.

Üretilen çeşitli ürünlerde büyük benzerliklerin (ortak özelliklerin) bulunması, sorunların çözümünde benzer üretim özelliklerine sahip, parça ailesi ve makina hücrelerini belirleyen ve bu hücrelere uygun bir yerleşim düzenlemesi ile parça ailelerini işleyen "hücresele üretim sistemini" uygulamaya yöneltmiştir. Bu noktadan hareketle parçalar-makinalar arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları dikkate alan sezgisel kümelendirme yöntemiyle parça ailelerinin ve makina hücrelerinin etkin bir şekilde oluşturulmasına çalışılmıştır. Öte yandan, oluşturulan parça ailelerinin ait oldukları makina hücrelerinde üretilmesini hedefleyen uygun bir yerleşim düzenlemesi de yapılmıştır.

6.2. FİRMANIN ÜRETİM SİSTEMİYLE İLGİLİ BİLGİLER

Firmanın ambalaj sanayinde ürettiği parçalar üç ana başlık altında toplanabilir:

- (1) Teneke kutu üretimi,
- (2) Twist-off kapağı üretimi
- (3) Meşrubat kapağı (kapsül) üretimi

Sistemdeki parçaların üretiminde benzer işlemlerin olmasına rağmen, gerek boyut, gerekse şekil açısından farklılıklar bulunmakta ve ayrı makinalar kullanılmaktadır. Firmanın ürettiği parça tipleri ve 7 aylık üretim miktarları Tablo 6.1'de verilmiştir. Parçaların üretim işlemleri ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

Tablo 6.1
Parça Tipleri ve Üretim Miktarları

| Parça Adı | Üretim Mik.(Adet/7 ay) |
|--|------------------------|
| 18 kg.lık goldlaklı teneke kutu | 56.965 |
| 18 kg.lık köşeli yağ teneke kutusu | 441.408 |
| 10 kg.lık goldlaklı teneke kutu | 6.495 |
| 10 kg.lık köşeli yağ teneke kutusu | 330.171 |
| 2 kg.lık yuvarlak margarin teneke kutusu | 78.780 |
| 5 kg.lık yuvarlak margarin teneke kutusu | 163.791 |
| 2 kg.lık köşeli yağ teneke kutusu | 2.302.924 |
| 5 kg.lık köşeli yağ teneke kutusu | 695.045 |
| 3 kg.lık köşeli yağ teneke kutusu | 84.078 |
| 5 kg.lık köşeli peynir kutusu | 54.170 |
| 63'lük twist-off kapağı* | 2.120 |
| 82'lik twist-off kapağı* | 14.391 |
| 2 kg.lık helva kutusu | 1.250 |
| 5 kg.lık helva kutusu | 89.208 |
| 3 kg.lık helva kutusu | 85.180 |
| 1 kg.lık helva kutusu | 6.320 |
| Meşrubat Kapağı** | 29.652 |

* Birim olarak koli alınmıştır (7200 adet/koli)

** Birim olarak koli alınmıştır (500 adet/koli)

6.2.1. Teneke Kutu Üretimi

Teneke kutunun üretimi; gövdenin ve alt-üst kapakların üretimi şeklinde ele alınabilir. Yani gövdeler ve alt-üst kapaklar ayrı ayrı özelliklere sahiptir. Gövdenin ve kapakların üretiminde kullanılan saç levhalar, Ereğli Demir Çelik'ten alınmakta ve bir teneke kutu üretim hattında 1 ustabaşı, 22 işçi çalışmaktadır. Diğer hammaddelerin (boya, lak gibi) büyük çoğunluğu dışardan ithal edilmektedir. Teneke kutular paletler halinde ambalajlanıp, tırlarla tüketicinin kullanımına verilmektedir (2 kg.lık teneke kutu: 504 adet/palet, 5 kg.lık teneke kutu: 210 adet/palet, 10 kg.lık teneke kutu: 150 adet/palet, 18 kg.lık teneke kutu: 80 adet/palet).

Teneke kutunun gövdesinin üretim rotası aşağıdaki gibidir:

-Matbaa+baskı işlemi

-Saç levhanın eninin ve boyunun makas+giyotinli kesilmesi.

- Kesilen levhaların silindir hale getirilmesi.
- Silindir levhaların kaynak makinasıyla birleştirilmesi.
- Yuvarlak levhanın alt ve üst kısmında kapakların yerleştirilmesi için kenar açılması.
- Teneke kutunun alt kapağının preslenmesi.
- Teneke kutunun üst kapağının preslenmesi.

Yukarıdaki üretim rotaları yuvarlak tipteki teneke kutu içindir. Köşeli teneke kutu üretiminde ise kaynak işleminden sonra bu sürece sadece levhanın köşeli hale gelmesini sağlayan şişirme makinası eklenir. Fakat yuvarlak, köşeli teneke kutu üretiminde geometrik özelliklerden dolayı aynı işlevi görebilecek farklı makinalar kullanılmaktadır.

Teneke kutunun üst-alt kısımlarının kapatılması için; alt kapak, üst kapak, üst kapağın orta kapağı olmak üzere üç tip kapak üretilmektedir. Bu kapak çeşitlerine ait üretim rotaları şöyledir:

a- Alt Kapakların Üretim Rotası

- Saç levhanın eninin ve boyunun makas+giyotinle kesilmesi.
- Alt kapağı oluşturan pres makinası.
- Macunlama+fırında kurutma.

b- Üst Kapakların Üretim Rotası

- Saç levhanın eninin ve boyunun makas+giyotinle kesilmesi.
- Üst kapağı oluşturan pres makinası (delme işlemi)
- Köprüleme.
- Puntalama.
- Kulp yapma-takma.

c- Üst Kapakların Orta Kapak Üretiminin Rotası

- Saç levhanın eninin ve boyunun makas+giyotinle kesilmesi.
- Orta kapağı oluşturan pres makinası.

Teneke kutunun şekline göre alt kapaklar iki tipte, üst kapaklar üç tip, orta kapaklar tek tip olarak üretilmekte olup, boyut açısından farklılıklar bulunmaktadır.

Helva kutusu olarak kullanılan teneke kutular hem boyut, şekil hem de üretim rotası açısından diğer teneke kutulara göre farklılıklar gösterir (örneğin üst kapama presi gibi). Bu teneke kutulara ait üretim rotası şöyledir:

- Matbaa+baskı işlemi.
- Saç levhanın eninin ve boyunun makas+giyotinle kesilmesi.
- Kesilen levhanın silindir hale getirilmesi.
- Silindir levhanın kaynak makinasıyla birleştirilmesi.
- Yuvarlak levhaya kenar açılması.
- Teneke kutunun alt kapak presi
- Teneke kutunun üst kapas presi
- Alt kapak için macunlama+fırın
- Teneke kutunun alt kapağının preslenmesi.

6.2.2. Twist-off Kapak Üretimi

Firma reçel kapağı olarak kullanılan twist-off kapaklardan 63'lük ve 82'lik olmak üzere iki tipte üretmektedir. Teneke kutu üretime göre gerek üretim rotası gerekse boyut-şekil açısından farklılıklar gösterdiğinden ayrı bir üretim hattında üretilmekte ve toplam 1 ustabaşı, 12 işçi çalışmaktadır. Twist-off kapakların üretim rotası şöyledir:

- Matbaa+baskı
- Saç levhanın makas+giyotinle kesilmesi.
- Twist-off kapak presi.

- Kapağa diş açma
- Macunlama+frında kurutma
- Sayaç

Yapılan gözlemler sonucu, meşrubat kapağı (kapsül) üretim hattında (matbaa+baskı işlemleri hariç) tek tip parça üretildiğinden uygulamaya dahil edilmeyip, bu parça için ayrı bir üretim hücresi oluşturduk. Ayrıca meşrubat kapağının üretiminde kullanılan makinaların teknolojik özellikleri de bu kararı desteklemektedir. Bu nedenle, meşrubat kapak üretimiyle ilgili bilgiler verilmemiştir.

Sistemdeki matbaa+baskı işlemleri her parça için değışken bir özelliğe sahiptir ve siparişe göre büyük değışiklikler içermektedir. Ayrıca bu işlemler için kullanılan makinaların çok pahalı olması ve üretim hattının geniş olması ayrı bir hücreseİ akış hattını zorunlu kılmıştır. Böylece teneke kutu ve twist-off kapak üretimlerindeki matbaa+baskı işlemleri ayrı bir bölümde işlenmektedir.

Teneke kutu ve twist-off kapak üretimlerindeki hazırlık süreleri (bir parçanın üretiminden diğerrinin üretimine geçiş süresi) yaklaşık 45-55 dakika arasındadır.

6.3. FİRMANIN YERLEŞİM DÜZENİ

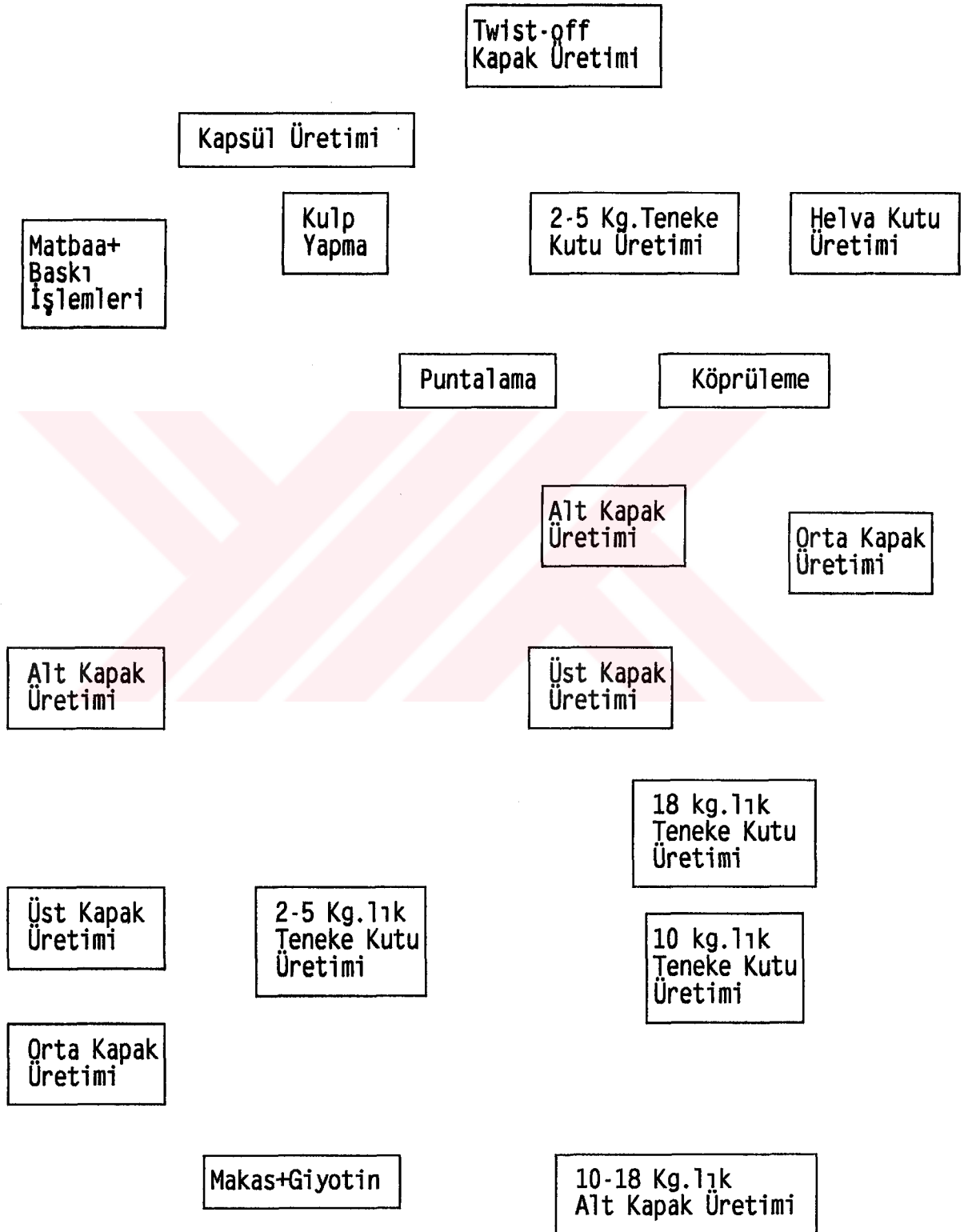
Firmanın yerleşim düzeni karışık yapıdadır (ürüne, hücreye dayalı). Mevcut makinaların bir kısmı birbiriyle ilişkileri fazla dikkate alınmadan gelişigüzel yerleştirilmiş olduğundan sistemdeki malzeme-parça akışları oldukça fazladır. Firmanın yerleşim düzeni Şekil 6.1'de verilmiştir.

6.4. VERİLERİN TOPLANMASI VE HÜCRELERİN OLUŞTURULMASI

6.4.1. Verilerin Toplanması

Uygulamada gerekli olacak veriler gözlem yoluyla elde edilmiştir. Yapılan gözlemlerin analiz edilmesiyle Tablo 6.2'de kodları ve isimleri

verilen parçalar ele alınmış olup, bu parçaların üretiminde kullanılan makineler ise Tablo 6.3'te verilmiştir. Parça/makina hücrelerinin oluşturulması için ele alınan parçalara ait üretim rotaları toplanarak Şekil 6.2'de verilen parça/makina ilişki matrisi elde edilmiştir.



Şekil 6.1.
Fabrika Yerleşim Düzeni

Tablo 6.2
Ele Alınan Parçalar ve Kodları

| Kodu | Parça Adı |
|------|--|
| 01 | 18 kg.lık goldlaklı teneke |
| 02 | 2 kg.lık yuvarlak margarin tenekesi |
| 03 | 63'lük twist-off kapak |
| 04 | 2 kg.lık helva kutusu |
| 05 | 18 kg.lık köşeli yağ tenekesi |
| 06 | 5 kg.lık yuvarlak margarin tenekesi |
| 07 | 3 kg.lık köşeli yağ tenekesi |
| 08 | 82'lik twist-off kapak |
| 09 | 5 kg.lık helva kutusu |
| 10 | 10 kg.lık köşeli goldlaklı teneke |
| 11 | 5 kg.lık köşeli peynir tenekesi |
| 12 | 3 kg.lık helva kutusu |
| 13 | 10 kg.lık köşeli yağ tenekesi |
| 14 | 2 kg.lık köşeli yağ tenekesi |
| 15 | 1 kg.lık helva kutusu |
| 16 | 5 kg.lık köşeli yağ tenekesi |
| 17 | 2-5 kg.lık köşeli alt kapak |
| 18 | 2-5 kg.lık yuvarlak alt kapak |
| 19 | 2-5 kg.lık köşeli margarin üst kapak |
| 20 | 2-5 kg.lık köşeli yağ üst kapak |
| 21 | 2-5 kg.lık yuvarlak margarin üst kapak |
| 22 | 10-18 kg.lık köşeli alt kapak |
| 23 | 10-18 kg.lık köşeli margarin üst kapak |
| 24 | 10-18 kg.lık köşeli yağ üst kapak |

Tablo 6.3
Makina Tipleri ve Kodları

| Kodu | Makina Adı |
|------|---|
| 01 | Helva kutusu için makas+giyotin |
| 02 | 2-5-10-18 kg.lık kutular için makas+giyotin |
| 03 | Twist-off kapaklar için makas+giyotin |
| 04 | 2-5-10-18 kg.lık kutular için silindirleme |
| 05 | Helva kutusu için silindirleme |
| 06 | 2-5 kg.lık kutular için kaynak |
| 07 | 10-18 kg.lık kutular için kaynak |
| 08 | 10-18 kg.lık kutular için şişirme |
| 09 | 2-5 kg.lık kutular için şişirme |
| 10 | Twist-off kapak presi |
| 11 | Helva kutusu için kaynak |
| 12 | 2-5 kg.lık köşeli kutular için kenar açma |
| 13 | 2-5 kg.lık yuvarlak kutular için kenar açma |
| 14 | 10-18 kg.lık kutular için kenar açma |
| 15 | Helva kutusu için kenar açma |
| 16 | Twist-off kapak için dış (kenar) açma |
| 17 | Helva kutusu için alt kapak presi |
| 18 | 2-5 kg.lık köşeli kutular için alt kapak presi |
| 19 | 2-5 kg.lık yuvarlak kutular için alt kapak presi |
| 20 | 10-18 kg.lık kutular için alt kapak presi |
| 21 | Helva kutusu için macunlama+fırın |
| 22 | 2-5 kg.lık kutular için macunlama+fırın |
| 23 | 10-18 kg.lık kutular için macunlama+fırın |
| 24 | Twist-off kapak için macunlama+fırın |
| 25 | Helva kutusu için üst kapak presi |
| 26 | Twist-off kapak sayacı |
| 27 | 2-5 kg.lık üst kapak presi (peynir,margarin) |
| 28 | 10-18 kg.lık üst kapak presi (peynir,margarin) |
| 29 | 2-5-10-18 kg.lık üst kapak presi (sıvı) |
| 30 | 2-5 kg.lık orta kapak presi (peynir,margarin) |
| 31 | 10-18 kg.lık orta kapak presi(Peynir,margarin) |
| 32 | 2-5-10-18 kg.lık orta kapak presi (sıvı) |
| 33 | Üst kapak için köprüleme |
| 34 | Kulp yapma |
| 35 | Üst kapağa kulpu puntalama |
| 36 | Helva kutusu için alt kapama presi |
| 37 | 2-5 kg.lık köşeli kutular için alt kapama presi |
| 38 | 2-5 kg.lık yuvarlak kutular için alt kapama presi |
| 39 | 10-18 kg.lık alt kapama presi |
| 40 | 2-5 kg.lık köşeli kutular için üst kapama presi |
| 41 | 2-5 kg.lık yuvarlak kutular için üst kapama presi |
| 42 | 10-18 kg.lık üst kapama presi |
| 43 | Alt ve üst kapaklar için makas+giyotin |

| | | P a r ç a l a r | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 22 | 22 | 23 | 24 | |
| M a k i n a l a r | 1 | | | | 1 | | | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| | 2 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | 1 | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | |
| | 6 | | 1 | | | | 1 | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| | 7 | 1 | | | | 1 | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 8 | 1 | | | | 1 | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 9 | | | | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11 | | | | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | 12 | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| | 13 | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 14 | 1 | | | | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 16 | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 17 | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 18 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 21 | | | | 1 | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | |
| | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 24 | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | 1 | | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 26 | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | |
| | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | 1 |
| | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | |
| | 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | 1 |
| | 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | 1 |
| | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | 1 |
| | 36 | | | | 1 | | | | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | |
| | 37 | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | |
| | 38 | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| | 39 | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| | 41 | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| | 42 | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| | 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Şekil 6.2
Parça/Makina İlişki Matrisi

6.4.2. Sezgisel Kümelenendirme Yöntemi İle Parça/Makina Hücrelerinin Oluşturulması

Şekil 6.2'deki parça/makina ilişki matrisindeki makinalara (parçalara) ait farklılıklara ve benzerliklere göre ilişki katsayıları hesaplanıp geliştirilen sezgisel kümelenendirme yöntemiyle parça aileleri ve makina hücreleri oluşturulmuştur. Sezgisel kümelenendirme yöntemi ile fazla kümelenendirilemeyen eleman yaratmadan, (43x24) boyutundaki matrisin çözümü elle rahat bir şekilde yapılmıştır. Şekil 6.3'te sonuç parça/makina matrisi görülmektedir. Ayrıca gerektiğinde sezgisel kümelenendirme yönteminin algoritması için bilgisayar programı yapılarak da çözüme ulaşılabilir.

6.5. ELDE EDİLEN BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sezgisel kümelenendirme yöntemi ile elde edilen sonuç makina/parça matrisine göre incelenen sistem Tablo 6.4'te görüldüğü gibi beş adet parça/makina hücresine ayrılmıştır. Herhangi bir hücredeki parça ailesinin iyi bir şekilde üretilebilmesi, o hücredeki (darboğaz yaratan makinalar hariç olabilir) makinaların bir arada kümelenendirilmeleriyle (gruplandırılmasıyla) sağlanabilir (Örneğin, 2 nolu hücredeki 3 ve 8 nolu parçaların üretimi için 3, 10,16,24 ve 26 nolu makinaların birarada kümelenendirilmesi gibi). Oluşturulan kümelenendirme sonucu sistemde 8 adet kümelenendirilemeyen (darboğaz yaratan) eleman ortaya çıkmıştır. Bunlar 1, 5,10, 13 nolu parçaların 3. ve 4. hücreleri dolaşması ile oluşmaktadır. Kümelenendirilemeyen elemanlardan kurtulmanın yolları şunlardır:

(1) Darboğaz yaratan 2 ve 4 nolu makinalardan birer adet 4. hücrede bulundurmak veya satın almak.

(2) Darboğaz yaratan 2 ve 4 nolu makinaların 3. ve 4. hücreler tarafından ortak bir şekilde kullanılmasını sağlamak.

Yöneticiler, gerekli analizleri yaparak kümelenendirilemeyen elemanlarla ilgili olarak yukarıdaki alternatiflerden birini seçmelidir.

| | | P a r ç a l a r | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|---|---|----|----|---|--|
| | | 17 | 18 | 22 | 19 | 20 | 21 | 23 | 24 | 3 | 8 | 2 | 6 | 7 | 11 | 14 | 16 | 15 | 10 | 13 | 4 | 9 | 12 | 15 | | |
| M a k i n a l a r | 18 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 22 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 19 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 43 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | 33 | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | 34 | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | 35 | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | 27 | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 29 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| | 30 | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 32 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| | 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Şekil 6.3

Sonuç Parça/Makina Matrisi (5 Hücreli)

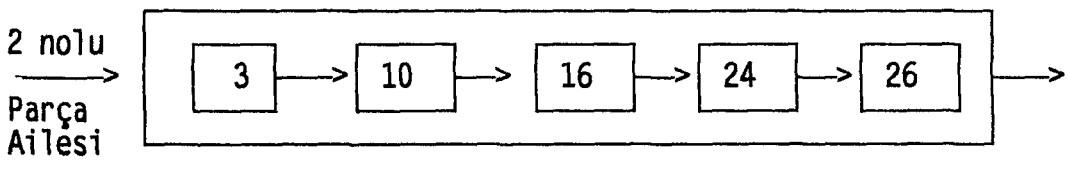
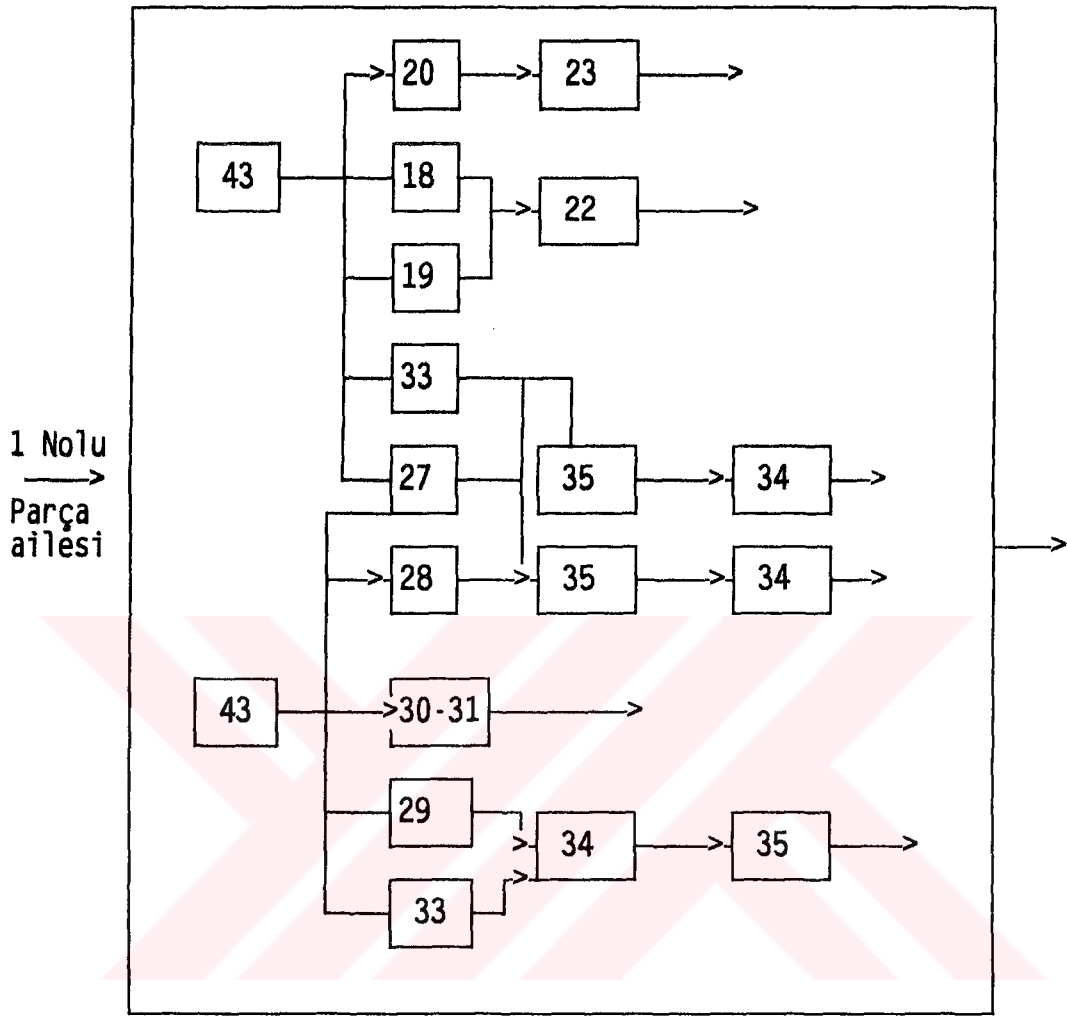
Elde edilmiş olan parça/makina hücrelerinin, global etkinliği %94,63, grup etkinliği ise %95, 556'dır. Global etkinliği ve grup etkinliği oranlarının yüksek olması, incelenen sistem için iyi bir kümelendirme yapılmış olduğunu göstermektedir.

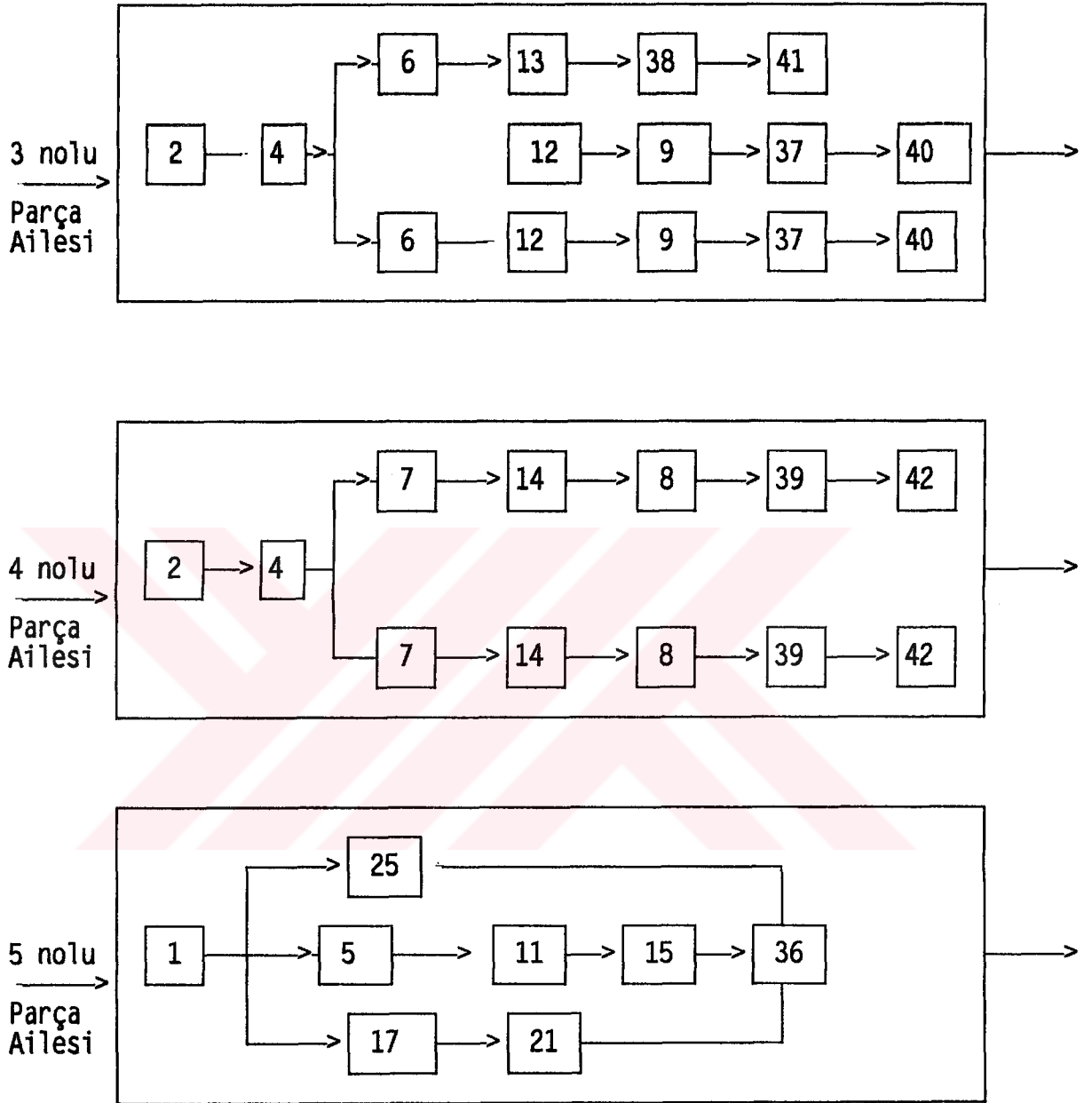
Tablo 6.4
Elde Edilen Parça/Makina Hücreleri

| Hücre No | Parça Ailesi | Makina Hücresi |
|----------|-------------------------|--|
| 1 | 17,18,22,19,20,21,23,24 | 18,22,19,43,33,34,35,27,29,30,32,28,31,20,23 |
| 2 | 3,8 | 3,10,16,24,26 |
| 3 | 2,6,7,11,14,16 | 13,18,41,6,9,12,37,40,2,4 |
| 4 | 1,5,10,13 | 7,8,14,39,42 |
| 5 | 4,9,12,15 | 1,5,11,15,17,21,25,36 |

Sistemdeki parça ailelerinin herbiri makinalar boyunca hemen hemen benzer üretim rotasına sahip olduğundan hücre içi yerleşim düzeni, "hücreyel akış hattı" şeklinde tasarlanabilir. Ayrıca sistemdeki malzeme-parça akışının azaltılabilmesi için, 1,3 ve 4 nolu hücrelerin birbirleriyle olan ilişkileri dikkate alınarak hücrelerarası yerleşim düzeni tasarlanmalıdır. Şekil 6.4'te sistem için örnek bir hücre içi yerleşim düzeni verilmiştir.

Firma yöneticileri, hücreyel üretim sistemi gibi yeniliklerin/değişimlerin başarılı uygulamalarında, insan faktörünün belirleyici olduğunu unutmamalıdır. Bu nedenle, sistemdeki herkesin hücreyel üretim sisteminin amaçları, faydaları vb. konularda sürekli olarak eğitilmeli ve katılımları sağlanmalıdır.





Şekil 6.4
Hücre İçi Yerleşim Düzeni

BÖLÜM 7

SONUÇ

Hücresele üretim sistemi, son yıllarda en çok dikkat çeken sistemlerden birisi olmuştur. Bu sistemle, parti tipi üretim yapan imalat sistemlerinde, verimlilik-etkinlik sorunları çözümlenebilmekte ve esnek bir üretim politikası sağlanabilmektedir. Bununla beraber, hücresele üretim sisteminin uygulanması aşamasında birtakım güçlüklerle de karşılaşılmaktadır. Bunların başlıcaları şunlardır:

- (1) Parça/makina hücrelerinin oluşturulması için uygun bir yöntemin seçilememesi.
- (2) Ekstra makina ihtiyacı.
- (3) Hücrelerin esnek olarak tasarlanması.
- (4) Hücre içi ve hücreler arası parça akışı
- (5) Hücre kapasitesi ve sayısı

Hücresele üretim sistemi uygulamasının ilk adımı parça ailelerinin ve makina hücrelerinin belirlenmesidir. Fakat kümelendirme algoritmalarının, kümelendirme ölçütlerinin ve performans ölçülerinin çokluğu uygun bir kümelendirme yöntemini seçmeyi ve ulaşılan sonucu değerlendirmeyi güçleştirmektedir. Bu yüzden öncelikle üretim sisteminin özellikleri açık bir şekilde ortaya konmalıdır. Örneğin bu çalışmada, incelenen sistemdeki parçaların gerek geometrik şekil-boyut, gerekse üretim rotası açısından benzerlik göstermesi, parçalar-makinalar arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları dikkate alan sezgisel bir kümelendirme yönteminin geliştirilmesinde etkili olmuştur.

Sezgisel kümelendirme yöntemi parçalar-makinalar arasındaki benzerliklere-farklılıklara göre parça/makina hücrelerini birlikte oluşturan

ilk sezgisel yöntemdir. Diğer sezgisel yöntemlerde önce makina hücreleri, daha sonra parça aileleri oluşturulur (veya bunun tersi). Bu yöntemin uygulamalarında pek çok yöntemin tersine kısa bir sürede, daha etkin sonuçlara (parça/makina hücrelerine) ulaşılmıştır. Ayrıca diğer yöntemlere göre sistemde daha az kümelenemeyen eleman-darboğaz yaratan makina yaratılmaktadır. Yöntem bu haliyle, hücrelere gereğinden fazla kümelenemeyen eleman yaratan yanlış makina atanması riskini ortadan kaldırmaktadır.

Uygulamada, makinalar-parçalar arasındaki benzer-benzer olmama sayıları ve bunlara bağlı olarak ilişki katsayılarının bulunmasında zorluklarla karşılaşmıştır. Çünkü, sezgisel yöntemde, ilişki katsayılarının hesaplanmasında bölme işlemleri sözkonusu olduğundan kümelenilecek makinanın seçiminde hataya düşülebilir. Bu nedenle, parça/makina sayısının fazla olduğu sistemlerde, akış diyagramı verilen sezgisel yöntem için, bilgisayar programı yapılarak çözüme ulaşılabılır.

Üretim hücreleri, parti tipi üretim yapan imalat sistemlerine malzeme akışının, toplam üretim zamanının, proses içi stokların, hazırlık sürelerinin ve işçilik maliyetlerinin azaltılması, çizelgelemenin basitleştirilmesi, parça kalitesinin yükseltilmesi gibi faydalar sağlar.

Daha önce belirtildiği gibi, parça/makina hücrelerinin belirlenmesi hücresele üretim sistemi uygulamasının ilk adımıdır. Bundan sonra yapılacak çalışmalar şunlar olmalıdır: Kapasitenin belirlenmesi, hücre içi ve hücrelerarası yerleşim düzenlemesi, malzeme akış sisteminin belirlenmesi, işçilerin seçimi, işlem ve üretim planlarının yapılması.

Uygulamada, darboğaz yaratan (kümelenemeyen) makinaların ya yatırıma gidilerek yenisinin alınması ya da hücreler tarafından ortaklaşa kullanılması gerekir. Yöneticiler, bu konuda gerekli analizleri yaparak nihai

kararı almalıdırlar. Eğer ekstra makina ihtiyacı yüksek bir yatırımı gerektiriyorsa fason imalata ya da parçanın üretim rotasında değişikliklere gidilerek de bu sorun çözümlenebilir.

Hücredeki en uzun çevrim süresine sahip parçaya göre hücre kapasitesi ve işçi sayısı belirlenerek esnek bir şekilde üretim yapılmalıdır. Düşük makina-işçi kullanımı sözkonusu ise, amacın tüm sistemin etkili bir şekilde kullanılması olduğu unutulmamalıdır. Takım çalışmasıyla ve yönetimin kararlılık içinde gerekli desteği vermesiyle bu sorunlar en alt seviyeye indirilebilir.

Sistemdeki malzeme-parça akışının azaltılabilmesi için hücresel akış hattı ya da hücre tipi yerleşim düzeni tercih edilmelidir. Hücrelerarası yerleşim düzeninde, hücrelerin birbiriyle olan bağlantı-ilişkileri gözönünde tutulmalıdır. Makinaların güvenlik-teknolojik özellikleri yerleşim düzenini belirlemede önemli bir faktör olabilir. Hücre içi düzenlemede genellikle "doğrusal" veya "U" tipi yerleşim düzeni tercih edilerek işçi esnekliği ve iş zenginliği sağlanılmalıdır. Eğer hücre içinde parçalar tarafından ortak kullanılan makina sayısı fazla ise, yıldız tipi yerleşim düzeni yeğlenmelidir. Yerleşim düzeninin de, parça/makina gidiş-gelişleri, büyüklükleri, kimyasal özellikleri vb. dikkate alınarak malzeme akış sistemi de belirlenmelidir.

Yönetim, hücresel üretim sistemi uygulamasında, işlevsel, örgütsel ve stratejik boyutlardaki kararları alırken sistemi etkileyebilecek faktörleri düşünmelidir. Genel uygulama, basit proje tekniklerine göre yapılabilir ve başarı şansı yüksek projelerle başlatılarak, örneğin talebi yüksek bir parça seçilerek, hücresel üretim sisteminden sağlanabilecek faydalar kolayca alınabilir. Böylece sistemin işlevi de öğrenilmektedir.

Hücresele üretim sisteminin başarılı bir şekilde uygulanması, yönetim ve işgücünün desteğine bağlıdır. Bu nedenle sistemdeki herkesin eğitilmesi, katılımlarının sağlanması ve kendilerini gerçekleştirmelerine olanaklar tanınması gerekir. Sistemde bağlılığı, sahiplenmenin ve başarının yüksek olması bu koşulların yerine getirilmesine bağlıdır.

Parça/makina hücrelerinin oluşturulmasında, hücrelerin tasarımı ve performansını etkileyen ve araştırılması gereken konular şunlardır:

(1) Parça toleransları ve makinaların teknolojik özellikleri tasarım ve üretim aşamaları arasında bir bağ oluşturur. Bunların uyumsuzluğu yüksek üretim maliyetlerine, ıskarta malzemenin artmasına neden olabilir. Parça toleransları ve teknolojik özellikler arasındaki ilişkileri dikkate alan bir yöntem geliştirilebilir.

(2) Çok çeşitli parçaların az sayıdaki miktarlarının üretiminin sözkonusu olduğu sistemlerde, makinalar arasındaki hazırlık süreleri birbirine bağımlı olabilir. Hazırlık sürelerinin bu bağımlılığı, uygulamada, hücre oluşturulmasını güçleştirebilmektedir. Hazırlık sürelerinin bağımlılığını ele alan sezgisel bir yöntem geliştirilerek bu sorun çözümlenebilmelidir.

(3) Parçaların talepleri, çeşitli maliyetleri, üretim kapasiteleri hakkında bilgiler çoğu zaman belirsizlik gösterir. Hücre tasarımında bulanık kümelendirme yöntemini kullanan birkaç çalışma vardır. Bu konularda bulanık kümelendirme yönteminin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

(4) Çeşitli parçaların düşük taleplerinin olduğu sistemlerde, yatırımların ve malzeme akış sisteminin üzerinde titizlikle durulmalıdır. Yatırımlar, hücre oluşturulması sorununu daha karmaşık hale getirmektedir. Yatırımları ve malzeme akış sistemini ele alan sezgisel yöntemler ve yapay

sinir ağları gibi yeni yöntemler geliştirilebilir.

(5) Makinaların-tezgahların güvenilirlikleri hücre oluşturulması işlemlerinde düşünülmesi gereken bir diğer önemli faktördür. Gerçekten, makinaların esnekliği açısından güvenilirlik dikkatle incelenmesi gereken ilginç bir konudur.

(6) Üretim sistemlerinde birim maliyetlerin azaltılması, üretim oranının yükseltilmesi gibi birbiriyle uyumsuz olabilecek bütünleşik amaçlar seçilebilir. Yöneticileri memnun edebilecek, bütünleşik amaçları ele alan amaç programlama, genetik algoritması gibi yöntemler geliştirilmelidir.

(7) Teknolojik ilerlemeler sayesinde makinalar, daha esnektirler ve daha iyi üretim yeteneğine sahip olabilirler. Hücre tasarımı aşamalarında esneklik, kalite ve maliyetler arasındaki ilişkiler düşünölmüş olmalıdır.

(8) Hücredeki makinaların fiziksel yerleşim düzeni, hücre performansını uzun dönemde etkiler. Hücrelerin tasarımındaki çalışmaların büyük çoğunluğu, hücrelerin kısmen ayrılabilmeğini düşünmektedir. Hücre oluşturulmasında yerleşim düzeni geniş bir şekilde ele alınmalıdır.

(9) Hücre oluşturulmasındaki diğer konular malzeme-parça akışı, makina arızalanmaları ve hücre tasarımı aşamalarındaki çizelgeleme ve planlama faaliyetlerini bütünleştirmekle ilgilidir. Ayrıca hücre tasarımlarının değerlendirilmesi için bir yöntem ihtiyacı duyulmaktadır.

(10) Hücre oluşturulmasında kullanılan yöntemlerin karşılaştırılabilmesi için de çalışmalar yapılmalıdır.

Hücre oluşturulmasında, üretim sistemlerinin bu özelliklerini ele alan; simülasyon, analitik ve sezgisel yöntemler geliştirilerek, hücrese1 üretim sisteminin daha etkili bir şekilde tasarlanması sağlanabilir.



KAYNAKÇA

- Al Qattani, I., (1990); "Designing Flexible Manufacturing Cells Using a Branch and Bound Method", Int. J.Of Prod.Res.,v:28., s.325-336.
- Arvinhd, B., Irani, S.A., (1994); "Cell Formation: The need for an Integrated Solution of the Subproblems", Int. J.of Prod.Res., v:32, N.5., s.1197-1218.
- Askin, R.G., Chiui, K.S., (1988); "A Graph Partitioning Procedure for Machine Assignment and Cell Formation in Group Technology", Int.J.of Prod.Res., v:28, s.1555-1572.
- Ballakur, A., Steudel, H.J., (1987); "A Within-Cell Utilization Based Heuristic For Designing Cellular Manufacturing Systems, Int. J.of Prod.Res, v:25, N.5, s.639-665.
- Baran, J.J., (1991); "Tips on Tackling GT Based Cells", Manufacturing Engineering, March.,s.79-82.
- Black, J.T., (1983); "Cellular Manufacturing Systems Reduce Setup Time, Make Small Lot Production Economical", Industrial Engineering, November.,s.36-48
- Boctor, F.F., (1991); "A Linear Formation of the Machine-Part Cell Formation of the Machine-Part Cell Formation Problem", Int. J.of Prod.Res., s.29, N.2, s.343-355.
- Burbridge, J.L.,(1975); Introduction to Group Technology, John Wiley, NewYork.

- Burbridge, J.L.,(1991); "Production Flow Analysis for Planning Group Technology", Journal of Operations Management. V.10(1), s.5-27.
- Burbridge, J.L.,(1992); "Change to Group Technology: Process Organization is Absolute", Int.J.of Prod.Res., v:30, N.5, s.1209-1219.
- Burbridge, J.L.,(1993); "A Reply to A Note on a Change to Group Technology", Int.J.of Prod.Res., v:31, N.4, s.1001-1020.
- Chandrasekaran, M.P., Rajagopalan, R., (1986); "MODROC: An Extension of Rank Order Clustering for Group Technology", Int.J.of Prod.Res., v:24, s.1221-1233.
- Choobineh, F., (1988); "A Framework for the Design of Cellular Manufacturing Systems", Int.J.of Prod.Res., v:26, s.1161-1172.
- Chu, C.H., Hayya, J.C., (1991); "A Fuzzy Clustering Approach to Manufacturing Cell Formation", Int.J.op Prod.Res., v:29, b.1475-1487.
- Chu, C.H., Tsai, M., (1990); "A Comparison of Three Array-Based Clustering Techniques for Manufacturing Cell Formation", Int. J.of Prod.Res., v:28, s.1417-1433.
- Co, H.C., Araar, A., (1988); "Configuring Cellular Manufacturing Systems", Int.J. of Prod.Res, v:26, s.1511-1522.
- Damodaran, J., Lashkari, R.S., (1992); "A Production Planning Model for Cellular Manufacturing Systems With Refixturing Considerations", Int.J.of Prod.Res., v:30, s.1603-1615.

- De Witte, J., (1980); "The Use of Similarity Coefficients in Production Flow Analysis", Int., J.of Prod.Res., v:20, s.503-514.
- Durmuşoğlu, B., (1991); "Grup Teknolojisi İçin Bir Kümelenendirme Yöntemi ve Bir Şaft Fabrikasında Uyumlanması", Endüstri Mühendisliği, Cilt:3, Sayı: 15, Eylül, s.11-26.
- Gallagher, C.C., Knight, W.A., (1986); Group Technology Production Techniques in Manufacture, John Wiley and Sons, London.
- Gupta, T., Seifoddin, H., (1990); "Production Data Based Similarity Coefficient for Machine Component Grouping Decisions in the Design of A Cellular Manufacturing System", Int.J.of, Prod.Res, v:28, s.1247-1269.
- Ham, I., Hitomi, K., (1985); Group Technology, Kluwer-Nijhoff, Publishing Boston.
- Ham, C., Ham, I., (1986); "A Multi Objective Cluster Analysis For Part Family Formations", Journal of Manufacturing Systems, v:5, s.223-230.
- Harhalakis, G., Nagi, R., (1990); "An Efficient Heuristic in Manufacturing Cell Formation For Group Technology Applications", Int.J.of Prod.Res, v:28, 185-198.
- Heragu, S.S. Gupta, Y.P., (1994); "A Heuristic For Designing Cellular Manufacturing Facilities", Int.J.of Prod.Res, v:32 (1), s.125-140.

- Hyer, N.L., Wemmerlöv, J., (1984); "Group Technology and Productivity". Harvard Business Review, V: 62(4).. s.140-149.
- Irani, S.A., Cohen, P.H., (1992); "Design of Cellular Manufacturing Systems", Journal of Engineering for Industry, v:114, s.352-361.
- Karapathi, S., Suresh, N.C., (1992); "Mathematical Programming Approach to Cell Formation in Group Technology: A Neural Network Approach", Int.J.of Prod.Res., v:30., s.1353-1367.
- King, J.R., Nakornchai, V., (1982); "Machine-Component Group Formation in Group Technology: Review and Extension", Int.J.,of Prod.Res, v:20., s.117-133.
- King, J.R., (1980); "Machine-Component Grouping in Production Flow Analysis: An Approach Using Rank Order Clustering Algorithm". Int.J.of Prod. Res., v:18, s.213-232.
- Kinney, H., MC Ginnis, L.F., (1987); "Design and Control of Manufacturing Cells", Industrial Engineering, October, s.28-38.
- Kinney, H., Mc Ginnis, L.F., (1987); "Manufacturing Cells Solve Material Handling Problems", Industrial Engineering, August, s.54-60.
- Knight, D.O., Wall M.L., (1989); "Using Group Technology For Improving Communication and Coordination Among Teams of Workers in Manufacturing Cells", Industrial Engineering, January, s.28-34.

- Kusiak, A., (1987); "The Generalized Group Technology Concept", Int. J.of Prod.Res, v: 25, s.561-569.
- Kusiak, A., (1988); "EXGT-S: A Knowledge Based System For Group Technology", Int, J.of Prod.Res, v: 26, s.887-904.
- Lee, L.C., (1984); "Improving Productivity With Group Technology", Int.J.of Prod.Res, v: 4, s.3-12.
- Logendran, R., (1990); "A Workload Based Model For Minimizing Total Intercell and Intracell Moves in Cellular Manufacturing", Int.J.of Prod.Res., v: 28, s.913-925.
- Mosier, C.T., (1989); "An Experiment Investigating The Application of Clustering Procedures and Similarity Coefficient To The GT Machine Cell Formation Problem", Int.J.of Prod.Res, v:27, s.1811-1835.
- Mukhopadhyay, S.K., Sarkar, P., Panda R.P., (1994); "Machine -Component Grouping In Cellular Manufacturing by Multidimensional Scaling", Int, J.of Prod.Res., v:32, s.457-477.
- Nişancı, H.İ., (1980); Üretim Planlaması ve Kontrolü, Segem, Ankara.
- Offodile, O.F., Mehrez, A., (1994); "Cellular Manufacturing: A Taxonomic Review Framework", Journal of Manufacturing Systems, 13/3., s.196-220.
- Okogbaa, O.G., Chen, M.T., Changchit, C., (1992); "Manufacturing System Cell Formation and Evaluation Using A New Intercell Flow Reduction Heuristic", Int.J.of Prod.Res, v: 30, s.1101-1118.

- Rajamani, D., Singh, N., (1990); "Integrated Design of Cellular Manufacturing Systems In The Presence of Alternate Process Plans", Int.J.of Prod.Res, v:28, s.1541-1554.
- Schongeber, R.J., (1983); "Plant Layout Becomes Product Oriented With Cellular Just-in-Time Manufacturing System", Industrial Engineering, November, s.45-53.
- Shafer, S.M., Meredith, J.R., (1990); "A Comprasion of Selected Manufacturing Cell Formation Techniques", Int.J.of Prod.Res, v:28, s.661-673.
- Shafer, S.M., Kern, G.M., (1992); "A Mathematical Programming Approach For Dealing With Exceptional Elements In Cellular Manufacturing", Int.J.of Prod.Res, v:30, s.1029-1036.
- Singh, N., Mohanty, B.K. (1991); "Fuzzy Multi-Objective Routing Problem With Applications To Process Planning In Manufacturing Systems", Int.J.of Prod.Res. v:29, s.1161-1170.
- Singh, N., (1993); "Design of Cellular Manufacturing Systems: An Invited Review", European Journal of Operational Research, 69, s.284-291.
- Venugopal, V., Narendran, T.T., (1992); "A Genetic Algoritim Approach To The Machine-Component Grouping Problem With Multiple Objectives", Computer and Industrial Engineering, 22, s.469-480.
- Waghodekar, P.H., Sahu, S., (1984); "Machine-Component Cell Formation in Group Technology: MACE", Int.J.of Prod.Res, v:22, s.937-948.

Wemmerlöv, U., Hyer, N.L., (1987); "Research Issues In Cellular Manufacturing", Int.J.of Prod.Res, v:25, s.413-431.

Wemmerlöv, U., Hyer, N.L., (1989); "Cellular Manufacturing Practices", Manufacturing Engineering, March, s.79-82.

Xu, H., Wang, H.P., (1989); "Part Family Formation For GT. Applications Based on Fuzzy Mathematics", Int.J.Of Prod.Res, v:27, s.1637-1651.

Zelevonic, D.M., Tesic, Z.M., (1988); "Period Batch Control And Group Technology", Int, J.of Prod.Res, v:26, s.313-342.



ÖZGEÇMİŞ

ALI DÜLGER

Mithat Paşa Mah.197 Sok. No.19
01940 Ceyhan/ ADANA
Tel# (0322) 6130347

İş: ME.Ü. İ.İ.B.F.
İşletme Böl.
Çiftlikköy/MERSİN

ŞAHSİ BİLGİLER

Doğum Tarihi : 05.04.1968

Boy : 1.79 m.

Medeni Hali : Bekar

Kilo : 72 kg .

Sağlık Durumu : Hiçbir problemi yok .

ÖĞRENİM DURUMU

1992-1995 Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı

1986-1990 Gazi Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

1982-1985 Ceyhan Lisesi

İŞ TECRÜBESİ

1994 - ME.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Üretim Yönetimi Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi

LİSANS BİLGİSİ

İyi düzeyde İngilizce

YÜKSEK LİSANS TEZ KONUSU

" Hücresel Üretim Sistemi ve Bir Sanayi İşletmesine Uygulaması "
Adana , 1995 .

ÖZET

Grup teknolojisinin uygulaması olan Hücresel Üretim Sistemi parti tipi üretim yapan firmaların verimliliğini arttırabilir. Hücresel üretimde benzer parça-makinalar parça/makina hücrelerini oluşturmak amacıyla kümelendirilir. Bu yaklaşımın tasarımındaki ilk ve en önemli adım parça ailelerinin ve makina hücrelerinin etkin bir şekilde oluşturulmasıdır. Bundan sonra iş akışını basitleştirmek amacıyla makina hücrelerine uygun bir yerleşim düzeni yapılmalıdır. Hücresel üretim sisteminin tasarım prosesi stratejik, örgütsel ve işlevsel kapsamda karşılıklı etkileri düşündüğünden oldukça karmaşıktır.

Bu amaçla, hücresel üretim sisteminde parça/makina hücrelerinin oluşturulması için sezgisel bir kümelendirme yöntemi geliştirilmiş ve bir sanayi işletmesinde uygulaması yapılmıştır.

ABSTRACT

In the application of group technology cellular manufacturing has been accepted as a means for improving productivity in batch production systems in cellular manufacturing, similar machines are grouped to form the cells and similar components are grouped to form component families. Therefore the initial step in designing a cellular manufacturing system is the identification of part families and formation of machine cells to produce them.

A heuristic is proposed for grouping of machines and components in cellular manufacturing. The method adopts the principle strength coefficient using multidimensional scaling.