

57701

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ESNEK İMALAT SİSTEMLERİNDE
TAKIM YÖNETİMİ**

YÜSEK LİSANS TEZİ

End.Müh. Aslan ÇOBAN

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ENDÜSTRİ

HAZİRAN 1996

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ESNEK İMALAT SİSTEMLERİNDE TAKIM YÖNETİMİ

YÜSEK LİSANS TEZİ

End.Müh. Aslan ÇOBAN

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ENDÜSTRİ

Bu tez .. /.. / 1996 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu
ile kabul edilmiştir.

Jüri başkanı

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

İÇİNDEKİLER

SİMGELER VE KISALTMALAR	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ	VII
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. LİTERATÜR TARAMASI	3
2.1. Giriş	3
2.2. Otomatize Üretim Sistemleri Kavramı	3
2.2.1. Esnek İmalat Hücreleri (FMC)	3
2.2.2. Esnek İmalat Sistemleri (FMS)	5
2.2.3. Esnek Transfer Hattı	8
2.2.4. Esnek Montaj Hatları	9
2.3. Otomatize Üretim Sistemlerinin Modellenmesi	10
2.3.1. Algoritmik Modelleme	11
2.3.2. Analitik Modelleme	13
2.3.3. Simülasyon Modelleme	13
2.3.4. Bilgi Tabanlı Modelleme	15
2.4. FMS'de Takım Yönetim Kavramı	16
BÖLÜM 3. ESNEK İMALAT SİSTEMLERİNİN TASARIMI	17
3.1. Giriş	17
3.2. FMS'lerin Tasarımı	17
3.2.1. Makineler	17
3.2.2. Malzeme İletim Sistemleri	23
3.2.3. Tardımcı Ekipmanlar	25
3.2.4. Bilgisayar Kontrol Sistemi	29
3.3. Esnek İmalat Sisteminin İşletimi	31
3.3.1. Parça Akışı	31
3.3.1.1. En kısa işlem zamanlı strateji (SPT)	31
3.3.1.2. En uzun işlem zamanlı strateji (LPT)	32
3.3.1.3. En erken teslim (EDD)	32
3.3.1.4. Slack	32
3.3.1.5. Tardy	33
3.3.2. Takım Akışı	33
3.3.2.1. Takım merkezli stratejiler	33
3.3.2.1.1. Statik çizelgeleme yaklaşımı	34
3.3.2.1.2. Dinamik çizelgeleme yaklaşımı	34
3.3.2.2. İş parçası merkezli stratejiler	36
3.3.2.2.1. Kitting strategy	37
3.3.2.2.2. Differential kitting strategy	37

3.3.2.2.3. Single tools strategy	38
3.3.2.2.4. Resident kitting strategy	39
3.4. Sonuç	39
BÖLÜM 4. CLUSTER ANALİZİ VE TAKIM YÖNETİMİNE	
UYGULANMASI	40
4.1. Giriş	40
4.2. Hücre Formasyon Problemi	40
4.3. CF Probleminin Çözümünde Kullanılan Algoritmalar	41
4.3.1. ROC Algoritması	41
4.3.2. Benzerlik Katsayısı Algoritması	46
4.3.3. Düzenlenmiş Benzerlik Katsayısı Algoritması	47
4.3.4. Düzenlenmiş ROC Algoritması	47
4.3.5. Hiyeraşik Olmayan İdeal Cluster Algoritması	48
4.3.6. SC-Seed Algoritması	48
4.3.7. Bağ Enerjisi Algoritması	49
4.4. Sonuç	49
BÖLÜM 5. TAKIM YÖNETİMİ	50
5.1. Giriş	50
5.2. FMS'lerde Takım Yönetimi	50
5.2.1. Takım Akış Planlaması	51
5.2.1.1. Makina düzeyinde takım planlaması	51
5.2.1.2. Hücre bazında takım planlaması	54
5.2.1.3. Fabrika bazında takım planlaması	55
5.2.2. Takım İhtiyaç Planlaması	57
5.2.3. Cluster Algoritması İle TİP Hesaplanması	58
5.2.3.1. Cluster oluşumu için kural seti.....	58
5.2.3.1.1. Full clustering	60
5.2.3.1.2. Differential cluster	61
5.2.4. Takımların Sisteme Yeniden Kazandırılması	61
5.2.5. Takım Taşıma	62
5.3. Sonuç	64
BÖLÜM 6. SONUÇ	65
BOLÜM 7. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	66
7.1. Giriş	66
7.2. Performans Kriterleri	66
7.3. Takım İhtiyaç Planlaması	66
7.3.1. Full Clustering Strateji	67
7.3.2. Differential Clustering Strateji	68
7.4. Kullanılmış Takım Sayısı	68
7.5. İş Listesi Yapım Süresi	69
7.6. Makina Kullanım Oranı	71
KAYNAKLAR	75
EKLER	78
ÖZGEÇMİŞ	126

SİMGELER VE KISALTMALAR

S_{ij} : Benzerlik katsayısı

n_{ij} : Parça sayısı

m_{ij} : Makina sayısı

K_l : k_l hücresindeki makinalar kümesi

n_{uv} : u ve v için makina sayısı

m_{uv} : u veya v için makina sayısı

k : Hücre sayısı

M : Sütun sayısı

N : Satır sayısı

i : Alt operasyon sayısı

j : Takım tipi sayısı

FMS : Flexible Manufacturing Systems

FMC : Flexible Manufacturing Cells

CNC : Computer Numerical Control

DNC : Direct Numerical Control

MTS : Malzeme Taşıma Sistemi

MİS : Malzeme İletim Sistemi

KÖM : Koordinat Ölçme Makinası

TRP : Takım İhtiyaç Planlaması

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Prototip takımların üretimi için Citroen FMS	5
Şekil 1.2. Citroen FMS’de iş akışı	6
Şekil 1.3. Yamazaki’nin Forcester fabrikası	7
Şekil 1.4. Esnek transfer hattı	8
Şekil 2.1. CINCINNATI MİLACRON CNC tezgahı	18
Şekil 2.2. Traub- TNS 65 + FHS1 CNC tezgahı	19
Şekil 2.3. Yatay bir CNC tezgah detayı.....	20
Şekil 3.1. Başlangıç parça - makina matrisi	41
Şekil 3.2. Sonuç parça - makina matrisi	42
Şekil 3.3. Başlangıç parça - takım matrisi	44
Şekil 3.4. Birinci cluster sonucu parça - takım matrisi	45
Şekil 3.5. Sonuç parça - takım matrisi	45
Şekil 4.1. Hücre düzeyinde parça ve takım akışı	52
Şekil 4.2. Fabrika düzeyinde parça ve takım akışı.....	53
Şekil 4.3. Mazak tool hive modeli takım depolama.....	53
Şekil 4.4. Mazak tool hive modeli	54
Şekil 4.5. Citroen fabrikasında kullanılan ikincil takım deposu	55
Şekil 4.6. Yamazaki fabrikasına ait merkezi takım deposu	56
Şekil 4.7. TİP’in girdileri	57
Şekil 4.8. Basit bir takım taşıma sisteminin elmanları	63

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Takım ihtiyaçları	61
Tablo 2.1. TRP	68
Tablo 2.2. Kullanılmış takım sayısı	69
Tablo 2.3. İş listeleri yapım süreleri	70
Tablo 2.4. Makina kullanım oranı	71
Grafik 1.1. 4 MC Cell Clustering TRP (b.s=10)	72
Grafik 1.2. 4 MC Cell Clustering TRP (b.s=20)	72
Grafik 1.3. 6 MC Cell Clustering TRP (b.s=10)	73
Grafik 1.4. 6 MC Cell Clustering TRP (b.s=20)	73
Grafik 1.5. 8 MC Cell Clustering TRP (b.s=10)	74
Grafik 1.6. 8 MC Cell Clustering TRP (b.s=20)	74

OZET

Anahtar Kelime : Esnek İmalat Sistemi

Bu çalışmada, Esnek İmalat Sistemlerinin performansını etkileyen en önemli faktörlerin başında gelen takım akışı problemini çözmek amacıyla, parça akışında yaygın olarak kullanılan gruplama (cluster) yaklaşımı ile, takım atama sistemi tasarlanmıştır. Bu yaklaşımla iki temel takım atama stratejisi olan Full Clustering ve Differential Clustering denenmiş, 4, 6 ve 8 makinalı imalat hücrelerinde 10 ve 20 iş yığını büyüklükleri ile gerçek endüstriyel veriler kullanılarak, çeşitli denemeler yapılarak sistem performansı ölçülmüştür.

Yazılım, Lotus 123'de gerçekleştirilmiştir.

SUMMARY

Keyword : FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS

In this study, one of the major performance criteria, tool management systems which affects the system performance greatly has been designed. The clustering algorithm which is used widely for grouping parts is also used for clustering tools and parts. The two tool assignment strategies which are full clustering and differential clustering strategies have been applied for issuing tools. The experimental applications have been carried out in 4, 6 and 8 machine cells, with 10 and 20 component batch size, for measuring cell performance.

The software environment is Lotus 123.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

İmalat endüstrisi, son çeyrek yüzyılda köklü değişiklikler gerçekleştirmiştir. Elektronik ve bilgisayar mühendisliğindeki son gelişmeler imalat endüstrisine de yansımış ve tam otomatize sistemlere geçiş hızlanmıştır. Otomatize sistemlere geçişte önemli bir adım da Esnek İmalat Sistemi'nin (FMS) geliştirilmesi olmuştur. FMS birbirinden bağımsız tam otomatize CNC tezgahlarından oluşan hücrelerden oluşturulmuş ve her bir hücre bilgisayar destekli malzeme iletim sistemi ile ilişkilendirilmiştir. Sistem ana bir bilgisayar ile kontrol altına alınmış robotlar ve özel taşıma araçları ile donatılmıştır. FMS'de yüksek üretim hızında, yüksek verimde yüksek kalite de ve büyük hacimde ürün alma imkanı sağlanmıştır.

Esnek imalat sistemlerinde, birçok parametrenin yer aldığı, çok fazla mamul ve yarı mamul akışının olduğu ve ileri düzeyde büyük miktarda veri akışının olduğu gözlenir. Etkin bir FMS, bu karmaşık sistemin etkileşimleri gözönünde bulundurularak sistemin takım yönetiminin tasarımına ve operasyon planlamasına bağlıdır. İyi bir takım yönetim sistemi bir FMS'in verimliliğini büyük oranda artırır. Bu yüzden FMS içindeki takım yönetim problemlerine etkili çözümler getirmek, makine-hücre-fabrika düzeyindeki takım depolarını ve sistemde kullanılan takımları iyi belirlenmiş ve bir Takım Yönetim Sistemi (TYS) ile mümkündür. Takım yönetiminin esas amacı, doğru takımların zamanında doğru yerde olmasını garanti etmektir. İyi seçilmiş bir YYS takımların hazırlık ve değişim sürelerini en aza indirerek makineden yüksek oranda faydalanmayı hedefler. Takım sayısının en aza indirilmesi, takım maliyetinin, dolayısı ile sistemin maliyetinin aşağılara inmesini temin eder.

Bu tez çalışmasında amaç, farklı takım yönetim stratejilerini bir yazılım ile test ederek etkin ve güvenilir olan yöntemleri ön plana çıkarmayı hedeflemiştir. Farklı sayıdaki makinelerden oluşan hücrelerde, farklı iş çizelgeleme yöntemleri bu stratejiler üzerinde test edilmiştir.

Bölüm 2’de Esnek İmalat Sistemleri’nin tasarım ve işletimine ait genel bilgiler ve temel özellikler verilmiş, bir literatur taraması yapılarak konu ile ilgili çalışmalar anlatılmış ve son yenilikler gösterilmeye çalışılmıştır.

Bölüm 3’de bir FMS’in tasarımında yer alan ve sistemi teşkil eden elemanlar, yardımcı ekipmanlar tanıtılmış, parça çizelgeleme, takım akış stratejileri ve çeşitleri anlatılmıştır.

Bölüm 4’te Cluster Analizinde kullanılan çeşitli algoritmalar karşılaştırmalı olarak anlatılarak, bu çalışmada kullanılan algoritma bir örnekle izah edilmiştir.

FMS’de kullanılan ve sistemin verimliliğinin artmasında etkili rol oynayan takım yönetim sistemi, takım yönetiminin önemi ve amacı Bölüm 5’de anlatılmıştır. Takım akış planlaması ve makine-hücre-fabrika düzeyindeki takım depoları ve bunların birbirleri ile olan ilişkileri verilmiştir.

Sonuçlar Bölüm 6’da, tez ile ilgili yorum ve değerlendirmeler ise Bölüm 7’de verilmiştir.

Yazılım programının çıktıları Ekler bölümündedir.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Giriş

Bu bölümde otomatize imalat sistemleri kavramı ve sistemi oluşturan temel elemanlar tanıtılmış, bu sistemleri üreten firmaların son örnekleri ve bu konuda üniversite ve araştırma kurumlarında yapılan bilimsel çalışmalar, bu çalışmayla ilgili kısımları ön plana çıkarılarak tanıtılmıştır.

2.2. Otomatize Üretim Sistemleri Kavramı

2.2.1. Esnek imalat hücreleri (FMC)

Bir Esnek İmalat Hücresi (FMC), bir veya birkaç CNC (Computer Numerical Control) tezgahını, parça stoklarını, malzeme iletim sistemlerini, takım ve palet değiştiricilerini ana bir bilgisayar vasıtasıyla, kontrol altında bulduran bir sistemdir, Wang (1989 a). Başlangıç yatırım maliyetinin fazlalığı, sistemin çok karmaşık olması, kontrolünün ve yönetiminin zor olması, üreticileri, daha ucuz, daha esnek fakat bir o kadar da kullanımı kolay olan yeni alternatif üretim yapmaya zorlamıştır, Wang (1989 b).

FMC iş parçalarını taşımada endüstriyel robot kullanır. Hücre donanımı, kabul edilmeyen iş parçaları ve girdi-çıkıtı (sisteme dahil olan ve sistemden çıkan iş parçaları) için zeki taşıyıcıların (üzerine malzeme konulabilen raylı veya zincirli iletim araçları) eklenmesi ile konfigirasyonunu tamamlar, Tang (1990).

Hücre bilgisayarının, tezgahı girdi-çıkıtı modülü şeklinde görmeye başlaması istenen durumdur. Her tezgahın ayrıntılı özellikleri hücre bilgisayarına verilmez. Böylece hücre bilgisayarı sadece modülü görür. Bu anlayış sayesinde hücreye yeni makineler kolayca adapte edilebilir. Bir sonraki aşamada, hücreler FMC oluşturmak üzere birleştiğinde sistem bilgisayarı hücreleri modüller halinde görecektir ve her hücrede detaylı operasyonlarla uğraşmayacaktır, Groover (1984).

Spur ve arkadaşları, Spur et al (1986), silindirik ve prizmatik parçaların her ikisi için otomasyon üretimindeki hücre kavramını tanımlayarak, ekonomik ve teknolojik bir atılımı gerçekleştirdiler.

Birçok durumda, imalat hücrelerinin tam otomatize olması gerekmez, ancak maksimum fayda elde edebilmek için bilgisayar entegrasyonu zorunludur. De Souza, (1988). Düşük maliyetli mini-bilgisayarlar ve ileri düzeyde otomasyon yazılımları, bugünün güçlü hücre kontrol sistemini düşük risk altında meydana getirmektedirler. Hücre yaklaşımı, sınırlı otomasyon ile, maksimum esnekliği kaybetmeden üretkenliğin artmasına imkan tanır. Başlangıç ve daha sonraki yatırımlar minimize edilir ve ihtiyaç oldukça daha fazla hücre de oluşturulabilir, Özbayrak (1993).

Perkins otomatize üretim hücresi, Esnek İmalat Hücresine tipik bir örnektir. 4 adet CNC torna tezgahı içerir, makineler arasında iş parçası yükleme-boşaltma işlemini gantry tipi robot sağlar. Hücrelerde, dizel motor imalatı için ağırlık iş parçaları imal edilir. Kontrol ünitesi değişik bilgileri veri yolu ile merkezi işlemciye gönderir. Ayrıca mekanik iletim sistemi, ters iş parçaları öncelikle bir sonraki tornalama işlemi için yükler. Bu hücrelerin uygulanması ile insan sayısı 55' den 16' ya indirilmiştir.

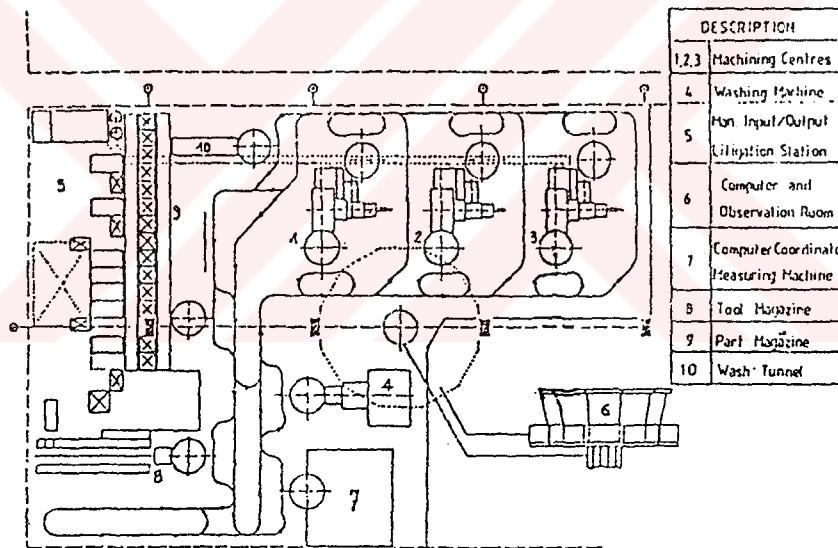
2.2.2. Esnek imalat sistemleri (FMS)

Esnek İmalat Sistemleri, en az bir vardiya için kesintisiz üretim yapabilen insansız sistemlerdir. Makine kullanım oranını ve verimini önemli ölçüde artırır. Esnek İmalat Sistemleri çok değişik otomatize destek malzemeleri kullanır. Değişik parça programları tanımlanabilir ve takımları otomatik olarak makinelere gönderebilir. İş parçası otomatik olarak yüklenip boşaltılabilir ve transfer edilebilir. Talaşları otomatik sistemden uzaklaştırma, otomatik parça yıkama ve muayene kolaylığı sağlar. Johns, (1986).

Esnek İmalat Sistemlerinin ilk gelişimi 1968 yılında Williamson tarafından Molins Tobacco Machining Company 'de başlamıştır, Dunn (1987). Sistem 24, bu konuda devrim niteliğinde yeni bir kavramdı. Makinalar bir konveyör aracılığıyla bağlanmış, paletler parçaları tutmakta ve yükleme ve boşaltma işi manuel olarak yapılmaktaydı. Bilgisayarlar bu sistemde çok önemli bir yere sahipti, iş çizelgelemek ve parça

programlarını manyetik bir teyp üzerinde üretmek üzere bir mainframe kullanarak üretimin otomatik olarak yapılmasına olanak sağlıyordu. O zamandan bu yana özellikle bilgisayar ve üretim teknolojisinde birçok ilerlemeler katedilmiştir. Bunun yanı sıra esnek imalatın temel prensibi net olarak ortaya çıkmıştır.

Şekil 1.1'de FMS'e örnek olması açısından prototip otomobil parçaları üreten Citroen'in FMS genel yerleşimi verilmiştir, Anon (1985). Bu sistemde yapılan iş yapısına bağlı olarak, küçük yığınlar halinde üretim ve yüksek çeşitlilikte otomasyon uygun görülmüştür. Sistem, üç temel otomatik merkezi içermektedir; yükleme boşaltma istasyonu, kompütrize edilmiş bir yardımcı ölçme makinası ve bir parça yıkama makinası. Bu makinalar tek bir takım taşıma sistemiyle birbirine bağlanmıştır ve bu sistem aynı zamanda parçaları da taşımaktadır.

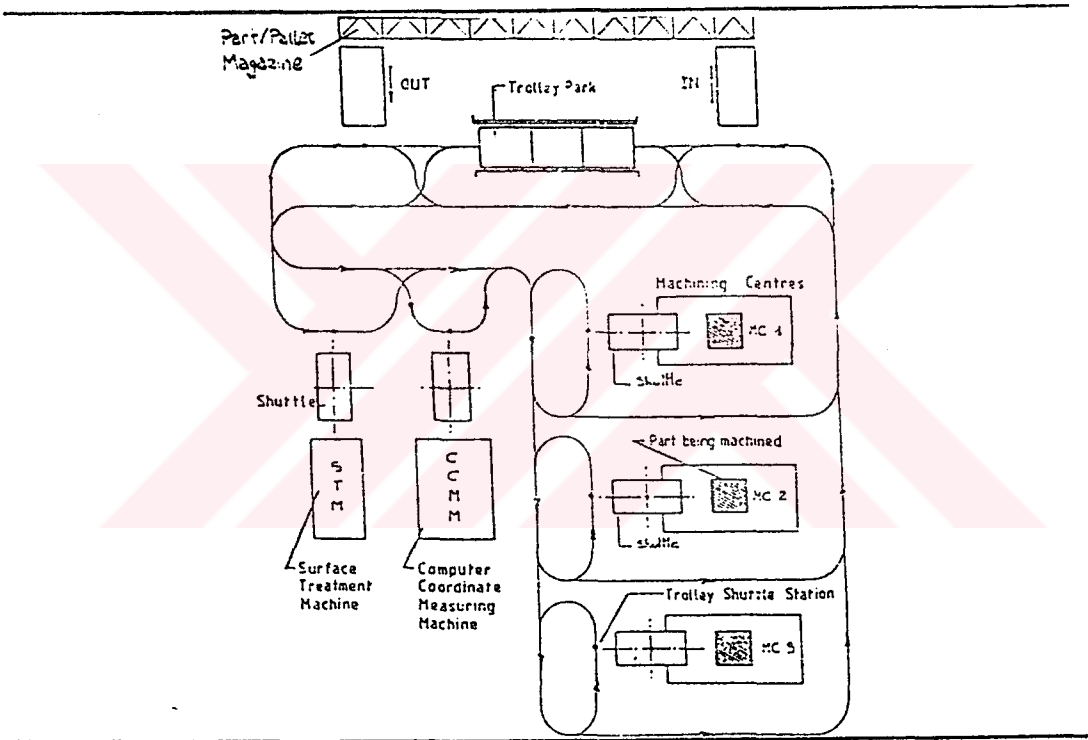


Şekil 1.1 Prototip Parçaların Üretimi İçin Citroen FMS

Şekil 1.2'de gösterildiği gibi iş akışı; parça, palet deposu ve makina arasındaki hareketi içerir. Sistem, üretim verisini oluşturmak üzere bir CAD/CAM sisteminin bağlı bulunduğu tek bir bilgisayarla kontrol edilir. Manuel operasyonlar, parçaları, takımları, programları hazırlamayı ve bunların bakımını içerir.

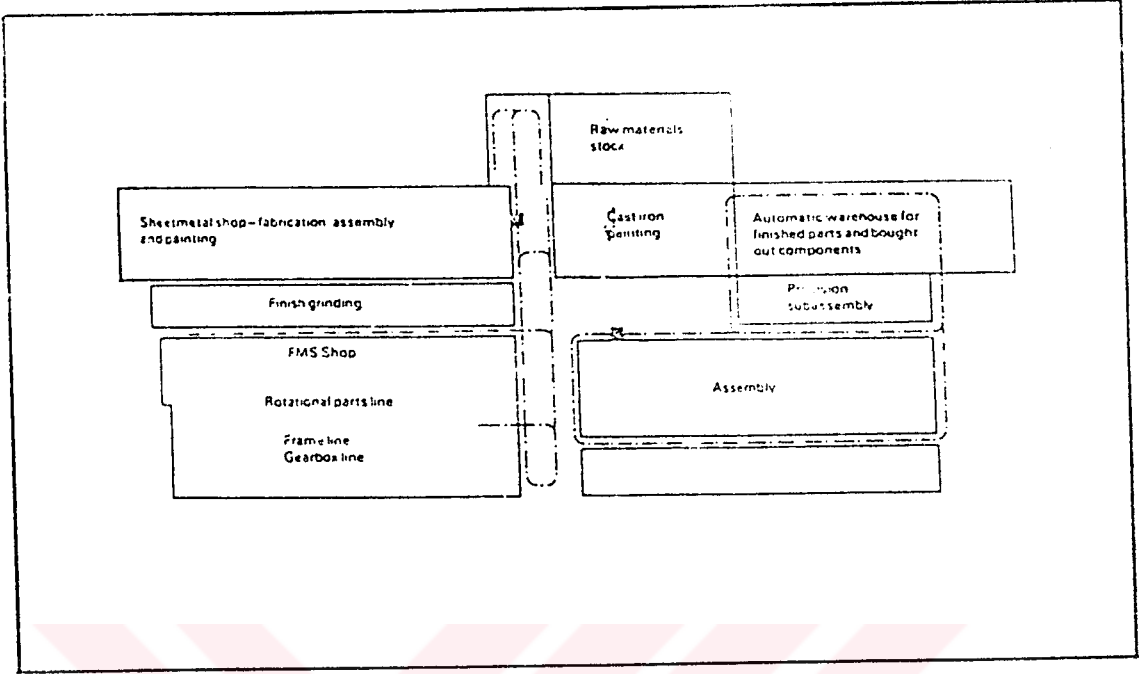
Bunun devamı olarak British Aerospace'nin DNC'ler (Direct Numerical Control) hakkındaki tecrübeleri sonucu ortaya çıkan ve otomatik işlemleri az olan küçük

parçaların üretiminde kullanmak için Automax FMS geliştirilmiştir Sugden at al. (1988). Sistem, 2 adet otomatik işlem alanı, 6 adet Automax yatay otomatik işlem merkezi ve 10 adet Mitsui-Seuki otomatik işlem merkezlerinden oluşmaktadır Buna ek olarak 2 adet yardımcı ölçme makinası, bir otomatik iş hazırlama sahası ve dikey bir paternoster depolama sistemi vardır. Bu ekipman, birbirine ve makına kısmına 4 adet Otomatik Yönlendirmeli Araç (AGV) içeren, hem parçaları hem de takımları hareket ettiren, bir taşıma sistemiyle bağlıdır. Tüm sistem 3 adet bilgisayarla kontrol edilmektedir.



Şekil 1.2. Citroen FMS'de İş Akışı

En önemli FMS örneklerinden biri Yamazaki Worcester fabrikasıdır. Şekil 1.3'de bu fabrikanın bir parçasını oluşturan FMS, 3 ayrı hatta bölünmüştür; büyük prizmatik işleme, küçük prizmatik işleme ve rotasyonel parçaları işleme bölümleri. En ilerlemiş olanı küçük prizmatik parçalar hattıdır, bu hat, paletler üzerine saptanan parçaları makinalara taşıyan bir ray yönlendirmeli kart kullanır. Paletler makinaya kartdan otomatik olarak taşınırlar. Bu işlemin %30'u otomatik olarak robot yükleme sistemiyle yapılmaktadır.



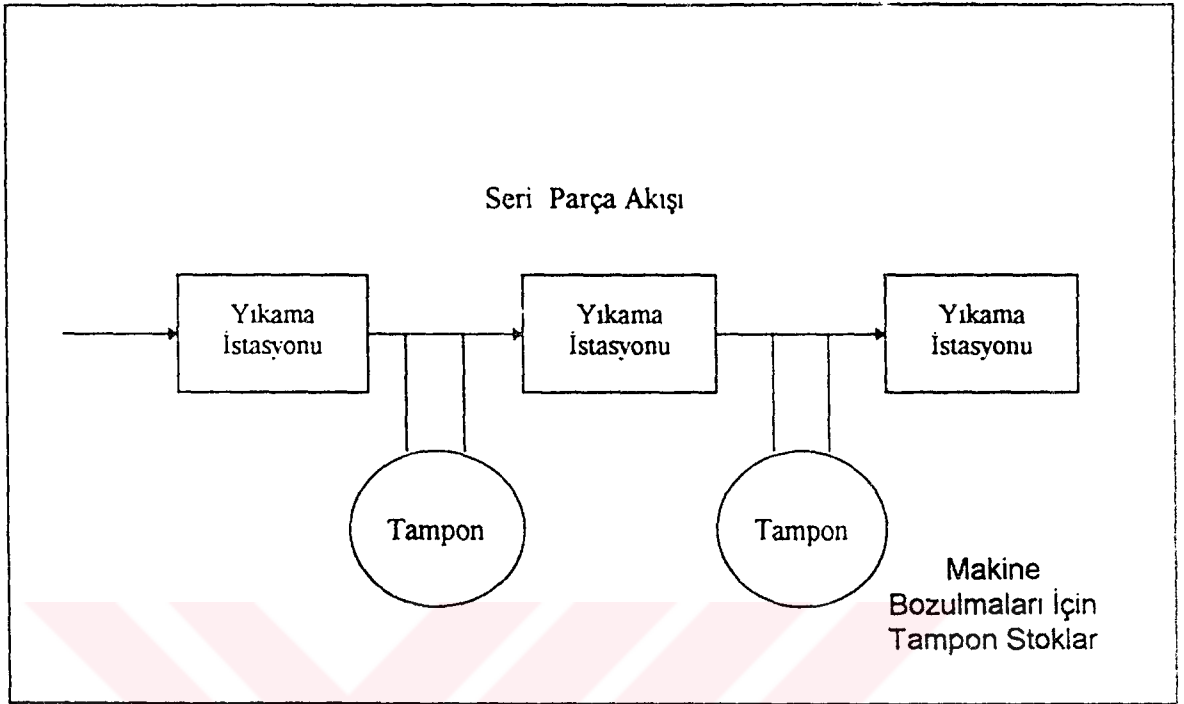
Şekil 1.3. Yamazaki'nin Forceter Fabrikası

İş parçalarını imalat sistemine gönderme kabiliyeti, değişik CNC'lerde değişik parça programlarını çok hızlı bir şekilde çağırabilme ve iş parçalarının otomatik olarak seçme, taşıma ve yükleyebilme yolu ile mümkündür. Kuyruk, yarı mamul ve yüksek stok seviyelerinin büyük bir bölümü elimine edilir. FMS'in en önemli faydalarından biri de parçaları rastgele gönderebilmesidir. "Esnek İmalat" terimi, çok değişik türde iş parçasını üretebilme esnekliğinden ziyade, iş parçalarını gerektiği kadar ve gerektiği zamanda üretebilme esnekliği manasına da gelir, Barad (1992), Johns (1986).

2.2.3. Esnek transfer hattı

Esnek imalat hattının iki tipi vardır ;

- Herbiri iş yapan, konveyör sistemine veya palet sistemine bağlanmış bir dizi robottan oluşur.
- CNC makineler parça işleme yöntemine göre dizayn edilir. İş istasyonları arasında parça stokları, otomatize akış hattı ve bir bilgisayar kontrol sistemi vardır. (Şekil 1.4)



Şekil 1.4. Esnek Transfer Hattı

Üretim çeşitliliği sınırlıdır. Parçalar şekil ve üretim işlemi benzerliğine göre temel sınıflara ayrılır. Bu sebepten dolayı FMS'den ve FMC'den daha fazla parti büyüklüklerine uygun bir üretim tarzıdır.

Parçalar sabit bir hat boyunca hareket ederler. Bununla birlikte kontrolörü yeniden programlayarak veya fiksturleri yeniden dizayn değiştirerek hattın konfigürasyonu yeniden düzenlenebilir.

2.2.4 . Esnek montaj hatları

Otomatik montaj için mamul dizayn ederken aşağıdaki kurallara uyulması lazımdır Boothroyd, Poli ve Murch (1982).

1. Mamuldeki parça sayısını minimize etmek,
2. Mamulün, üzerine montajın bina edilebileceği uygun bir tabana sahip olmasına dikkat etmek,

3. Mamülün yatay düzlemde sabit bir pozisyona yerleştirilebilmesi için, mamul tabanının uygun özelliklere sahip olmasına dikkat etmek,
4. Mümkünse, mamülü, katmanlar halinde monte edilebilecek şekilde dizayn etmek,
5. Montajı parçaların istenilen yere yerleştirilebilmelerine yardımcı olacak şekilde pah ve kavislerle teyit etmek,
6. Vidalama ve lehimleme gibi pahalı ve zaman alıcı tutturma oprasyonlarından sakınmak,
7. Mamülleri, montaj sırasında havaya kaldırılmasına veya döndürülmesine genel kalmayacak şekilde dizayn etmek.

2.3. Otomatize Üretim Sistemlerinin Modellenmesi

Otomatik üretim sistemleri, tasarım ya da operasyon safhasında birçok değişik faaliyetlerin bulunduğu ve her safhada dikkatli karar verilmesi gereken çok karmaşık sistemlerdir, Özbayrak (1993).

Donanım üzerinde doğrudan deneme yapmak bazen mümkün olmamakta ve karşılanması oldukça pahalı olmaktadır. Birçok değişik kararların verilmesi gerektiğinden sistemi modellemek için birçok değişik yol kullanılmaktadır. Modellemedeki anahtar olay, sistemin davranışına benzer bir davranış sergileyebilen bir model ortaya çıkarmaktır. Model oluşturmada esas yapılması gereken, mümkün olabilecek değişik sonuçları takip etmek olduğu kadar modelin davranışını da izlemektir. Model, gerçeğinin basitleştirilmiş bir hali olmalıdır. Bunun birçok sebebi vardır. Birincisi; karmaşık bir modeli oluşturmak daha uzun zaman alacaktır. İkinci olarak ise daha karışık bir modeli anlamak daha zordur. Ancak basit bir modelin dezavantajı da, performansının gerçekte olanları yansıtmayarak yetersiz kalması, esas dizayn ve işlemleri gösterememesidir.

Modelleme esnasında, sistem için orijinal kavram tanımlandığı zaman modellemenin başlaması ve tüm plan, dizayn, kurma ve operasyon üzerinden devam etmesi istenir. Modelciler, kullandıkları modellerin esnek olmasından ve modellemeyle ilgili ihtiyaçlar değiştiğçe modelin mi kaldığından yoksa kolaylıkla değişebilir mi

olduğundan emin olmak isterler ve buna göre strateji oluştururlar. Yukarıda bahsedilen amaçların yanısıra, model, kullanmak ve kendini geliştirmek için ihtiyaç duyduğu kaynakların etkin kullanımını sağlamak zorundadır. Sonuç olarak bir modelden beklenen, modelci mevcut olmadan çalışmalı, yani modelin kullanımı kolay olmalı, sonuçları açık ve iyi organize edilmiş bir şekilde vermelidir. Modeller birçok özelliklerine göre değişik yollardan oluşturulabilir, Özbayrak (1993).

2.3.1. Algoritmik modelleme

Algoritmik yaklaşımlar, imalat sistemleri modellemesinde geçerli ve kabul edilir, ayrıntılı ve etkili bir modeldir, Stecke at al (1986).

Bu algoritmalar olaylar zincirini çizelgelemek ve model için bir temel oluşturmak üzere kullanılırlar. Algoritmik yaklaşımın faydası; imalat sistemlerini pratik bir şekilde dizayn, kontrol etme ve çalıştırmak için oldukça güçlü bir araç olmasıdır, Zhang (1989).

Stecke ve Kim, Stecke at al (1986), parça tipi, makine gruplama, üretim hızı, yükleme ve tahsis etme gibi FMS' de kullanılmak üzere birtakım sezgisel modeller üzerinde çalıştılar.

Mukhopadhyay ve arkadaşları (1992), EİS'de çizelgeleme problemlerine sezgisel çözümler teklif ettiler. Hutchison (1990), Kusiak ve Jaekyoung (1992), Sycara ve arkadaşları (1991) gibi bir takım araştırmacılar FMS'deki, çizelgeleme problemi için, makine, tampon stokları, parça ve takım transferi ile ilgilenen çeşitli çözüm alternatifleri üzerinde çalıştılar. Parça çizelgeleme, takımların dağıtımı, palet çizelgeleme, ve makine çizelgeleme gibi ortak problemler çözülmesi gereken noktalardır.

DeSouza (1988), Zhang (1989), otomatize imalat sistemlerinde prizmatik ve silindirik parçalar için takım akış modellemesinde algoritmik yaklaşım kullandılar. Şekil 2.8'de görüldüğü gibi bir imalat sisteminde toplam takım akışı takım tedarikinin bir hiyerarşisi olarak gösterilmiştir. Bir makine için, hücre ve fabrika seviyeleri, birincil takım deposu, ikincil takım deposu, merkezi takım deposu üzerinde odaklaşmışlardır

2.3.2. Analitik modelleme

Analitik modeller sistem davranışının çabuk bir şekilde görülmesini sağlamak amacı ile modelleme safhasının başında yapılır. Analitik modeller olayları detaylı ifade edemez ancak, sadece sistem hakkında hızlı bir değerlendirme yapılmasını sağlarlar. Model basit bir şekilde oluşturulduğundan gerçekçilikten uzaktır, Buzacott (1983).

Analitik modeller, sabit kapasite analizi, kuyruk ağı, matematiksel programlama, sezgisel algoritmalar, yarı Markov çevrimi ve Petri Nets gibi çeşitli teknikleride içeren yöntemleri kullanırlar, Wang (1989).

Matematiksel programlama, çabuk programlanabilmesi, hesaplamının daha kolay olması ve sonuca daha kısa sürede ulaşabilmesi nedeni ile genellikle otomatize imalat sistemlerinin modellenmesinde sıkça kullanılır. Doğrusal Programlama, Doğrusal olmayan Programlama ve Dinamik Programlama gibi tekniklerden oluşur. Stecke, (1983).

Açık ve kapalı kuyruk şebekeleri FMS'i modellemede kullanılmıştır. Bu modeller parçaların makinelerle olan ilişkilerini ve FMS'in dinamikliğini gözönüne alırlar, Solberg (1976), Solberg (1978), Solberg (1982), Suri (1983).

Kapalı kuyruk şebekelerinde modeller yardımı ile parçaların kaynaklara dağılımı incelenebilir. FMS planlama aşamasında makine gruplama ve kesici takım yüklemeye kullanılabilir, Solberg (1976).

CAN-Q (Computer Analysis of Queuing of Networks)'den sistem performansının değerlendirilmesinde, üretim hızı, makine kullanım oranları, kuyruk uzunlukları, akış zamanı ve çıktı analizi hakkında geniş ve doğru bilgi alınabilir.

Ayrıca, Kuyruk Ağı Modelleri (KAM)'nin tipik bir özelliği, simülasyon modellerinden daha az veri girdisine (input data) ihtiyaç duymalarıdır. Örneğin, Suri ve Hildebrant (1984), MVAQ isimli kuyruk ağı bilgisayar paketinin, 10 makineli ve 5 tip parça üreten bir FMS'i tarif edebilmek için, girdi olarak sadece 20-40 adet veri parçasına ihtiyaç duyacağını; ancak buna benzer sistemler için simülasyon modelleri kurmak istendiğinde, bu modellerden çoğunun, 200-400 kadar veri parçasına girdi

olarak ihtiyaç duyacağını kaydetmişlerdir. Veriye olan ihtiyacın böyle az olması, KAM'ın kurulmasının ve gerektiğinde değiştirilmesinin, benzeri simülasyon modellerine oranla, daha az zaman gerektireceği manasına gelir. Bunlara ek olarak, KAM, simülasyon modellerinden çok daha hızlı turnaround zamanları vermekte olup, bu, daha çok sayıda alternatif dizaynın gözden geçirilmesini teşvik etmektedir.

SCAN (Statik Capacity Analysis) Newman tarafından geliştirilmiştir, aşağıdaki sistemleri modellemek için kullanılır, Newman (1990).

İstasyon gereksinimleri,
Transfer ihtiyaçları ,
Yarı mamul,
İş ihtiyaçları,
Takım ihtiyaçları.

Diğer bir analitik modelleme türü Petri Nets'tir. Ayrık ve eş zamanlı işlem yapan sistemlerin dinamik davranışlarını modeller, Alla et al (1985).

2.3.3. Simulasyon modelleme

Evans ve Haddock (1992), son zamanlarda, imalat sistemleri, simulasyon modellemenin en geniş uygulama sahasını oluşturmaktadır, Haddock ve O'Keefe (1988). Dahası, FMS'ndeki dinamik sistem iş parçası etkileşimlerinin karmaşıklığından dolayı, simülasyon, FMS dizaynında en yaygın olarak kullanılan, bilgisayar-temelli performans ölçme aracı olmuştur, Suri (1985). FMS geleneksel imalat sistemlerinden daha karmaşık olduğundan, simülasyon-modeli-tabanlı analizler, bu tip sistemlerin dizaynında, daha çekici ve daha geçerli bir alternatifi temsil etmektedirler. Matematiksel ve analitik teknikler, başlangıç dizaynlarının geliştirilmesinde avantajlı olmalarına ve spesifik bazı problemlerin (çizelgeleme ve tezgah yükleme problemleri gibi) çözümünde uygunluk göstermelerine rağmen, simülasyon modelleri, daha fazla ayrıntıyı hesaba katabilmekte ve sistemin, zaman- içinde-dinamik davranışını yansıtabilmektedirler. Böylece, daha realistik bir simülasyon modeli, başlangıç dizaynlarını ve matematiksel ve analitik tekniklerde ortaya çıkan spesifik problemlerin çözümünü entegre ve test etmek için uygun bir ortam sağlar. Makine bozulmaları gibi olaylar ve sistemin durumunun gözlenmesi, her

FMS için önemli hadiselerdir, ve bunları modele dahil etme kabiliyeti genellikle çok önemlidir. Ayrıca, matematiksel ve analitik teknikler, sistemin sabit-durum (steady-state) durumunda olduğunu kabul eder ki bu, FMS dizaynında sınırlayıcı bir varsayımdır.

Matematiksel modeller bir dizi matematiksel denklemlerle karakterize edilirler. Bu denklemler ise, sistem performansı ölçülerini, sonuçta yine bu ölçüleri etkileyen değişkenlerle ilişkilendirirler, Schmidt (1986). Matematiksel modeller, sistem davranışını bütüncül bir tarzda ifade etmeye çalışır. Simülasyon şöyle tanımlanabilir: Bir sistemin matematiksel-mantıksal bir modeli ve bu modelin bir dijital bilgisayar üzerindeki deneysel manipülasyonudur, Biles (1987). Model geliştirme, sistemin bir temsilini oluşturma ve modelin, sistemin davranışını taklit etmesine imkan veren bir bilgisayar programını hazırlama faaliyetlerini içine alır. Sistem üzerinde yapılan deneylerle, sistemin girdi değişkenlerinin seviyelerindeki değişimlere nasıl tepki gösterdiği ve de, performans ölçüsünün bu değişimlerden nasıl etkilendiği belirlenir. Simülasyon, sistemin geçici davranışını tespit etmede kullanılabilir, mevcut tek araçtır. Ayrıca, sistemde ciddi bir tıkanma olduğunda, simülasyon modelleri kurmak, matematiksel modeller kurmaktan daha uygundur, Suri ve Diehl (1987).

Bunlarla birlikte, simülasyon modelleri, sistemin bütününe daha gerçekçi temsillerini sağlamalarına rağmen, simülasyon bir optimizasyon süreci değildir ve bir FMS'i dizayn ederken, kontrol edilebilir değişkenlerin sayısı genellikle fazladır. Bu sebeple, simülasyon modellerinin analiz prosedürü hantaldır ve analizci, optimal ya da optima-yakın alternatifleri test etmeden bırakabilir. Dahası, matematiksel modeller gibi, simülasyon da uzmanlık gerektirir ve Manuplan gibi kaba-taslak modelleme araçlarını, özellikle dizaynın erken safhalarında teşvik eder. Bu yüzden, simülasyon, matematiksel modelleme ve kaba-taslak modelleme araçlarının sıralı bir entegrasyonu, hem analitik modelleme araçlarının, hem de simülasyon modellerinin zayıf yönlerinin üstesinden gelebilir.

Simülasyonun bir başka dezavantajı da, istatistiksel analizler ve bunlar için gerekli olan uzmanlıktır. İşin yükü yine kullanıcının omuzlarında kalmakla birlikte, yapay zeka metodları analizlerde yardımcı olabilir, Haddock (1987), Haddock ve O'Keefe (1988).

Yapay Zeka metodları, optimizasyon problemini çözmek için de uygulanabilir. Örneğin, bir arama prosedürü, karar değişkenlerinin optimal değerlerini sıralı bir tarzda bulmak için, simülasyon modeliyle birleştirilebilir, Bengu ve Haddock (1986, 1987), Manz et al (1989).

Özet olarak, simülasyon, dizayn süreç devrini önemli miktarda kısaltabilir ve FMS dizaynını daha iyi bir hale getirebilir. Simülasyon modelleme ile ilgili daha önceki sınırlılıklar simülasyon sistemlerindeki yeni gelişmelerle aşılmıştır. Yeni geliştirilen sistemlerde yapay zekanın işe dahil edilmesi, yeni ufuklar açmış ve FMS dizaynında kullanılan simülasyon modelleme araçlarının kullanılabilirliğini ve erişilebilirliğini arttırmıştır. Bu gelişmeler, simülasyon modellerinin kurulma sürecini kısaltmak ve kolaylaştırmak maksadıyla, yapay zeka metodlarının uygulanmasına yönelik olarak devam edegelen yoğun araştırma faaliyetlerini temsil etmektedir. En çok ilgi çeken problemler arasında, simülasyon çıktısının istatistiki analizi, simülasyon denemesinin istatistiki dizaynı ve optimizasyon tekniklerinin işe dahil edilmesi sayılabilir. Bu araçların geliştirilme ve kullanılması ile ilgili bir değerlendirme için O'Keefe ve Haddock (1991)'a bakılabilir.

2.3.4. Bilgi tabanlı modelleme

Yapay Zeka, insan zekasıyla ilgili olan davranışları bilgisayar kullanarak taklit eden bir bilgisayar ilmidir. Yapay Zekanın kullanıldığı safhaların hepsindeki ortak birkaç önemli özelliği vardır. Bunlar;

Sembolik muhakeme yapabilmek için bilgisayar kullanımı,

Algoritmik çözümlere cevap vermeyen problemler üzerinde yoğunlaşma, kesin olmayan, kayıp ya da zayıf şekilde ifade edilmiş olan bilgiyi kullanarak problem çözme,

Sayısal metodlara güvenmektense bir durumun önemli kalitatif özelliklerini yakalama.

Kesin ya da optimal olmayan ama yeterli olan cevaplar,

Problemleri çözümde büyük miktarda ihtisas alanına yönelik bilgi kullanma,

Daha karışık problem çözme stratejilerini etkilemek için seviye üstü bilgi kullanımı

Bilgi-Tabanlı modelleme tekniklerinin imalat sistemlerini modellemede ve analizinde kullanımı, oldukça yaygın bir metod olmuştur, Özbayrak (1993).

Bilgi Tabanlı modelleme teknolojisinin, imalat sistemleri modellemesi ve analizini geliştirmek için uygulaması araştırmacılar arasında sıkça kullanılan bir model olmuştur Shaw ve Whinsten (1986), FMS'deki planlama ve çizelgeleme problemlerinin çözümü için yapay zeka teknikleri teklif etmişlerdir. Onlar FMS'teki çizelgeleme ve planlama konularını tespit için bir bilgi tabanlı sistem kullanmışlar ve dört safhalı bir doğrusal olmayan planlama şeması geliştirmişlerdir.

2.4. FMS' de Takım Yönetim Kavramı

Kesici takım dizaynının geliştirilmesi aynı zamanda CNC iş istasyonlarının verimliliğinin artması ve mükemmelleşmesi de demektir, Zhang (1989) İş istasyonlarındaki, yeni takım yönetim dizayn teknolojileri modüler takım dizaynı, block tooling systems, esnek tooling sistem ve takım kaset sistemi gibidir. Ayrıca takım değiştirme teknolojisindeki gelişme, takım depolama ve iletim sisteminde büyük ölçüde kolaylık sağlar.

Hammer otomatize imalatın ön şartlarını ve takım yönetiminin önemini şu şekilde vurgular;

Otomatik takım değiştirme mekanizması ve uygun takım magazini,

İş parçası değişimlerinde otomatik takım değiştirme ve ömrü bitmiş takımları yenileri ile değiştirme,

İş parçası temizleme ve talaşları sistemden uzaklaştırma entegrasyonu,

İş parçalarının, takımların ve makine işlemini hata kodları ile ekranda direkt görüntülenmesi.

İmalatın başarılı olmasının esası, takımların ve iş parçalarının doğru miktarda, doğru zamanda, doğru yerde bulunması ile mümkündür. Takım yönetiminde üç ana yaklaşım vardır; manuel takım sistemleri, otomatize takım sistemleri ve melez (karışık) takım sistemleri, Özbayrak (1993).

Bir el kontrollü takım yönetim sistemi, takımları iş istasyonlarına taşıyarak, takım deposuna yani magazine elle yerleştiren bir operatörden oluşur. İnsan müdahalesini en aza indirmek ve sistemin verimliliğini artırmak için, takım taşıyıcı ve iş istasyonu magazin kapasitesi 120 takım içermelidir.

Otomatize imalat sistemlerinin bir parçası olan, takım yönetim sistemleri, iş istasyonları arasındaki takım akışını kolaylaştırmak için dizayn edilir. Bu sistemlerde insan müdahalesi yoktur. Tam otomatize takım yönetim sistemine Yamazaki'nin Worcester fabrikası mükemmel bir örnektir. Bütün iş istasyonları 80 takım kapasiteli magazine ve ilaveten her bir FMS hattı 480 takımlık İkincil Takım Deposu (STS)'na sahiptir. Takımlar, Overhead Monorails tipi iki tane takım taşıma sistemi kullanarak magazinden ve ikincil takım deposundan taşınırlar, Kurimoto et al (1988).

Otomatize sistemler, takım yönetim sistemini işleten ve yöneten modüllerden oluşur. Bunlar takım veri yönetimi, adaptiv hız kontrolü, bozuk takım kontrolü, takım stoklayıcı, takım taşıyıcı robot, takımı önceden sisteme kurucu, takım okuyucu-yazıcı ve insan hatalarını elimine eden bir kontrol sisteminden oluşur, Özbayrak (1993).

Melez sistemler, farklı üretim dizaynlarında rahatlıkla kurularak işletilebilir. Sistem, tamamen otomatize işletim için planlanmıştır. Fakat, doğru donanım konfigürasyonu veya kontrol eksikliği yüzünden, özellikle takım yükleme-boşaltma ve takım taşıma gibi hallerde insan müdahalesi tavsiye edilir, Özbayrak (1993).

BÖLÜM 3. ESNEK İMALAT SİSTEMLERİNİN TASARIMI

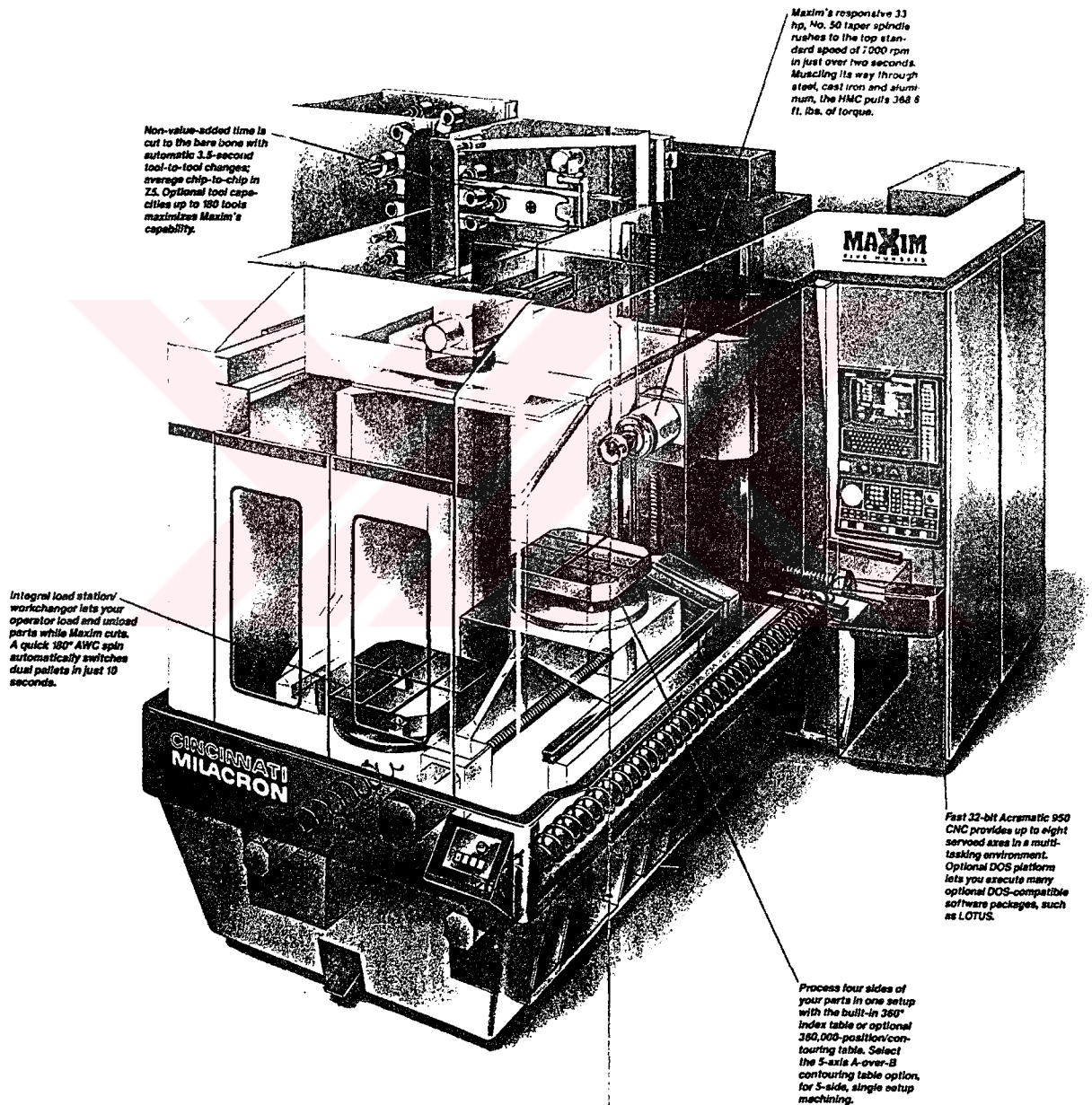
3.1. Giriş

Bu bölümde, bir esnek imalat sistemi tasarımı sırasında, kullanılan tasarım elemanları, yardımcı elemanlar ayrı ayrı ele alınarak tanıtılmış tasarımın önemi vurgulanmaya çalışılmıştır. Sistem tasarımı için gerekli olan yöntem ve teknikler anlatılmış, parça çizelgeleme ve parça akış stratejilerinin önemi vurgulanmıştır.

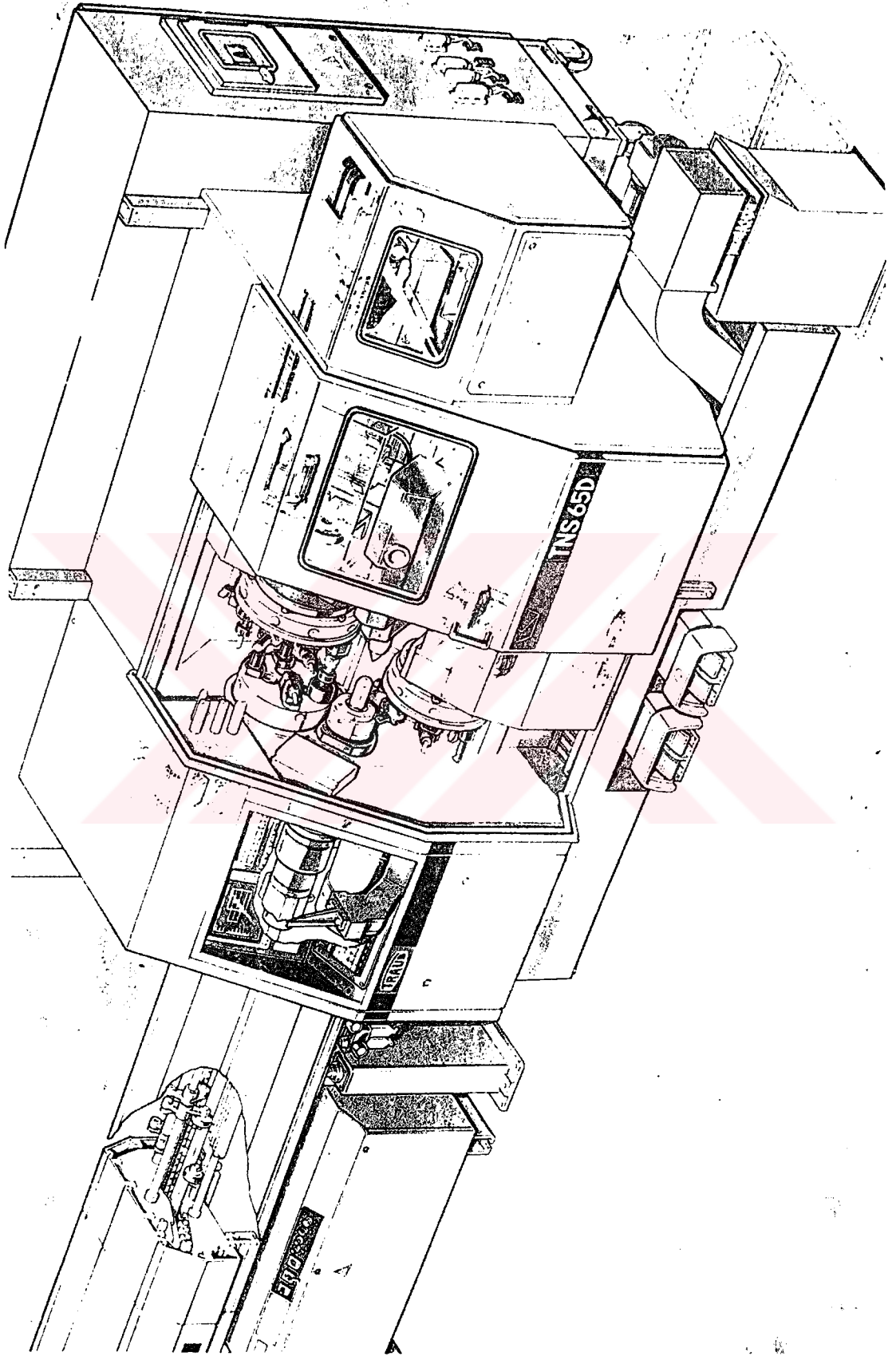
3.2. FMS'lerin Tasarımı

3.2.1. Makineler

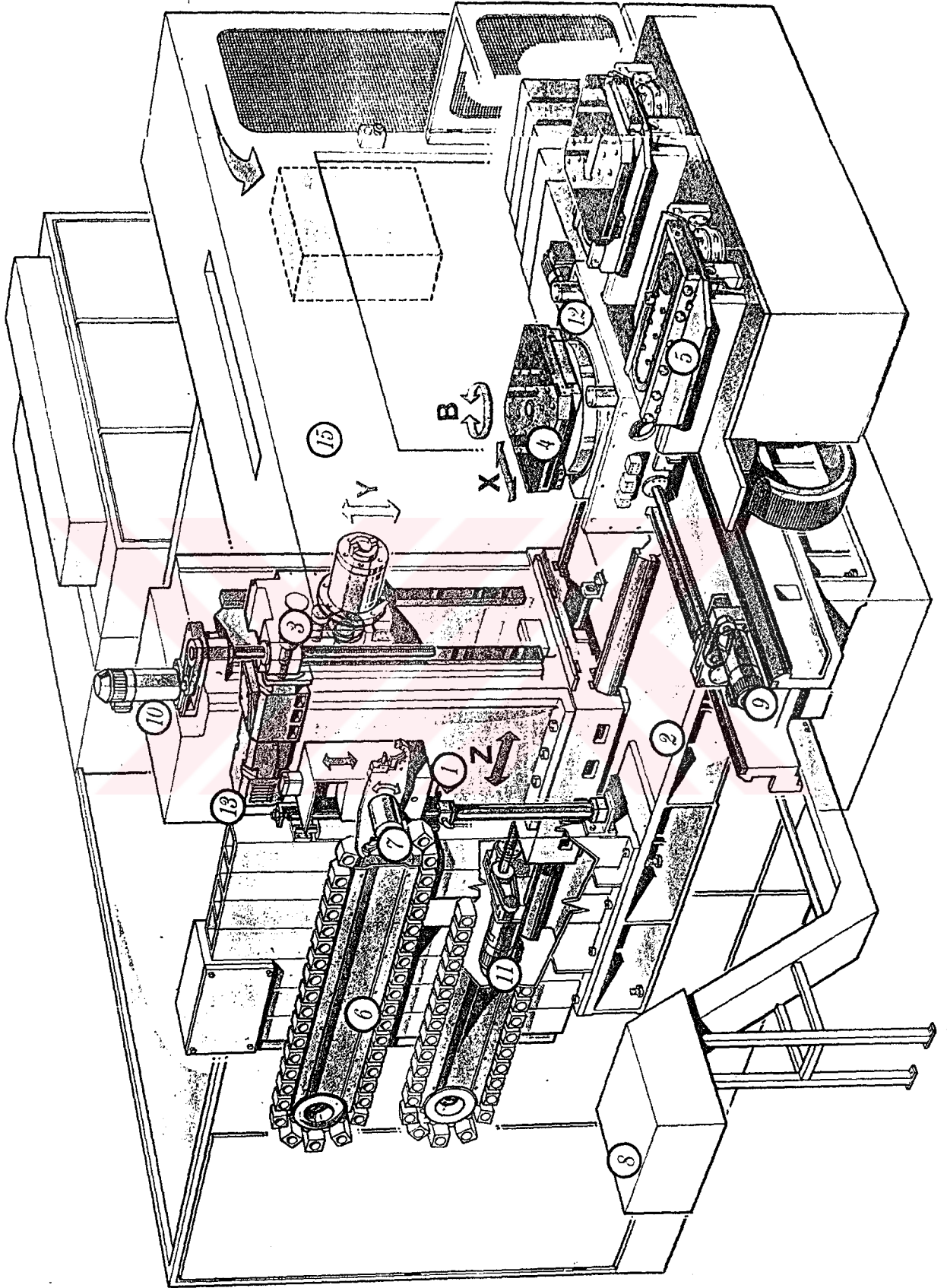
Makineler FMS'lerin en önemli ve vazgeçilemeyecek kısmıdır. FMS'de kullanılan makineler, tamamen otomatize olan, parça değişiminden takım değişimine kadar birçok işi kendisi yapabilen, bir operatör tarafından programlanarak, istenilen kalitede parçayı istenilen zamanda imal edebilen bilgisayar destekli CNC tezgahlarıdır. Şekil 2.1, Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'de örnek CNC tezgahları gösterilmiştir. Bilgisayarlı Nümerik Kontrol (CNC) sistemi, temel nümerik kontrol fonksiyonlarının bazılarını veya hepsini, bilgisayarın okunabilir-yazılabilir belleğinde depo edilen programlara göre, gerçekleştirilen bilgisayar ile donatılmış nümerik kontrol sistemidir, Taşman (1984).



Şekil 2.1. CINCINNATI MILACRON CNC Tezgahı



Şekil 2.2. Traub- TNS 65 + FHS1 CNC Tezgahı



Şekil 2.3. Yatay Bir CNC Tezgah Detayı

CNC sisteminde, bütün fonksiyonlar, tezgah hareketleri ve kontrol sisteminin işlevleri bilgisayarlarla kontrol edilir. Bunların sağlanması için bütün CNC sistemlerinin yazılımlarında şu üç program yer alır:

1. Kısım programı
2. Servis programı
3. Kontrol programı

Kısım programı, iş parçasının belirli bir kısmının işlenmesine olanak sağlayan bir programdır. Bu program işlenecek kısmın geometrisini, gereken besleme hızını vb. bilgileri içerir.

Servis programı, kısım programının düzeltilme, değiştirilme ve kontrol edilmesi gibi amaçlarla kullanılır.

Kontrol programı, takım tezgahının hareketini sağlayan programdır. İşletim programları ise yukarıda tanımlanan kısım ve servis programlarıdır, Dalgıç (1984)

CNC tezgahlarında çalışma için gerekli bilgiler, dış program, program taşıyıcılarından veya bellekteki alt programlardan alınabilir. Giriş donelerini oluşturan bilgiler, NC sisteminde olduğu gibi elle veya otomatik olarak programlanabilir. Elle programlamada ISO veya EIA kodlama sistemi, otomatik programlamada özel veya APT, EXAPT, MINIAPT vb. programlama dilleri kullanılır. CNC tezgahlarında programlamada, fazla detay gerektiren işlemler (enterpolasyon, takım uzunluk ve yarıçap hesapları gibi) yapılmaz, bu işlemler bilgisayarın hafızasında bulunan alt programlar vasıtasıyla yapılır. Programlama esnasında bu alt programların kodunu belirtmek yeterlidir.

CNC tezgahlarında çalışma programı kontrol sistemini oluşturan üniteleri kontrol eden ve bunların uyumlu bir şekilde çalışmalarını sağlayan yani kontrol ünitesinin fonksiyonlarını tayin eden bir programdır, tezgaha verilen bu program vasıtasıyla kolayca değiştirilebilir. Bu bakımdan CNC sistemleri büyük esneklik gösterirler. CNC tezgahlarının bir başka özelliği hatırlama özelliğidir. Elektrik güç kaynağı kesildikten sonra, kazağın konumu ve tezgahın çalışma devreleri ile ilgili dataları

hatırlayabilmektedir. Bu da elektrik güç kaynağı açıldıktan sonra tezgahın çok çabuk olarak çalışmasını sağlar, Akkurt (1986).

Genel olarak CNC sistemleri aşağıda gösterilen özelliklere sahiptir:

1. Tezgaha program, delikli bant, kaset veya direkt olarak bir klavyenin yardımıyla verilebilir. Program tezgaha bir defa verilir. Tezgah bu programı saklar ve istenildiğinde geri verir.
2. Mikrokomputer sistemine, belirli işlemler için bir takım alt programlar yerleştirilebilir.
3. Programlama işlemi, playback denilen yöntemle ilk parçayı elle işleyerek veya parça şeklini kontrol ünitesine aktararak, bilgisayar tarafından gerçekleştirilir. Parça şeklini kontrol ünitesine aktarmak için, parçanın şekli veya parçanın resmi, üzerinde bir mouse gezdirilir veya bir pointer ile kontrol sisteminin ekranına parça resmi çizilir.
4. CNC tezgahları belleklerinde birçok program saklayabilir. Zamandan tasarruf sağlamak amacı ile, tezgahta bir parça işlenirken, başka bir parça programı yüklenebilir.
5. Bilgisayar, programın tümünü ve alt programarı, büyük bir doğrulukla gerçekleşmesini sağlayacak şekilde programlanabilir. Alt programar; ana milin hızını, ve dönme yönünü, soğutma ve parça tutturma sistemini, band okuyucusunu, kızakların konumunu, tezgah kontrol tablosu ve gösterge tertibatını, parça besleme sistemini, giriş-çıkış ünitelerini kontrol eden program paketidir. Program öyle yapılır ki, yukardaki faktörlerden birisi yerine gelmediği takdirde sistem otomatikman durur.
6. Bilgisayarın belleği, uygun ilavelerle, çok sayıda düzeltme programları saklayabilecek şekilde genişletilebilir. Önceden yazılmış bir programa sonradan ilavelerde bulunulup değişiklik yapılabilir.
7. Uygun bir mikro-program sistemi ve özel test bandı ile arızalar ve bunların nedenleri tespit edilebilir ; bu da tezgahın bakım ve tamir zamanını büyük ölçüde azaltır.

8. Mikro bilgisayarların hatırlatma özelliğine bağlı olarak, herhangi bir nedenden dolayı ara verdiği durumda parçayı kaldığı yerden işlemeye başlar.

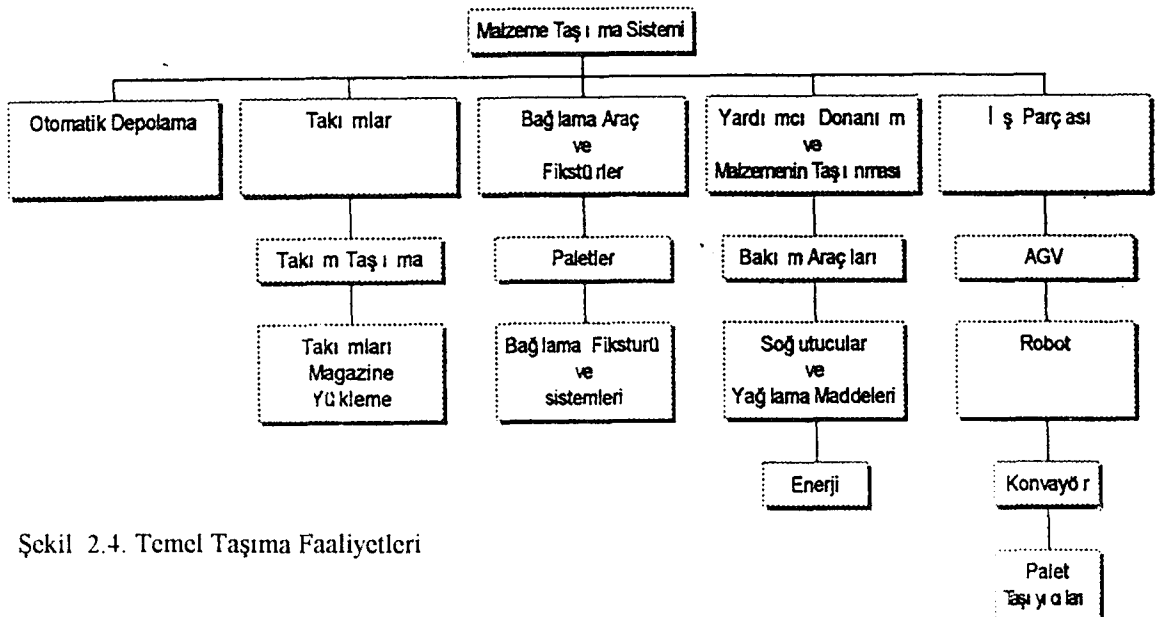
9. Takım boyutunu ayarlayabilme ; hem takımın ebatlarını, hemde parçanın ebatlarını sensör yardımı ile kontrol eden bir sistem mevcuttur. Herhangi bir aşınma olduğu zaman ölçülere göre tezgahı yeniden ayarlayabilir

10. Optimize edilmiş işlem şartları, otomatik olarak parça malzemesinin cinsine göre, kesme ve ilerleme hızını ayarlayan Adaptif Kontrol sistemi mevcuttur.

3.2.2. Malzeme iletim sistemleri

FMS kullanmanın esas amaçlarından birisi, işlenmek üzere bekleyen iş miktarını azaltmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için kullanılan bilgisayar kontrollu taşıma sistemleri, malzemenin iş istasyonuna tam işleneceği sırada gelmesini ve iş istasyonunda parçanın işlenmesi biter bitmez alınıp istasyonun boşaltılmasını temin etmektedir.

Malzeme taşıma faaliyetleri, ham malzemenin sisteme girişinden, bitirilip depoya kaldırılmasına değin sürer. Etkin bir malzeme taşıma sistemi (MTS), iş istasyonlarının etkinliğini artırır, sisteme girecek malzeme miktarını çoğaltır. Bir FMS için, MTS dizayn edilirken göz önüne alınması gereken temel taşıma faaliyetleri Şekil 2.4'de görülmektedir.



Şekil 2.4. Temel Taşıma Faaliyetleri

Malzeme iletim sisteminde şu araçlar kullanılır;

Mobil Robot

Gountry Robot

Fork Lift

Otomatik Güdümlü Araçlar

Konvoyr

Zincir

Overhead

İyi bir MTS'nin özelliklerini Őu Şekilde sıralayabiliriz ;

PaletlenmiŐ iŐ parçalarının, iŐ istasyonları arasında hareketlerinin gerçekteŐtirilmesi ,

İŐ parçasının geçici olarak stoklanması veya depolanması,

İŐ parçasının yüklenmesi ve boşaltılması için pratik yolların kullanılması , hangi tezgaha yükleme-boŐaltmanın yapılacağının bilinmesi,

Malzemenin yapısına göre düzenlenmiş olması (katı, sıvı, gaz),

İŐ parçasının hareketinin programlanması,

MTS'nin bilgisayar kontrolüne uygun olarak dizayn edilmesi,

Takım tezgahlarına giriŐinin kolay olması,

TaŐınacak malzemenin miktarına göre taşıyıcı ayarı.

Hangi ürünün hangi iŐ istasyonuna gideceği ve ne kadar miktarda olacağının izelge halinde belirtilmesi.

MTS'nin Prensipleri ise;

Mümkün olduğu kadar tek bir taşıma sistemi ile bütün herşeyi taşımak,

Kısmi yüklemelerden kaçınmak, maksimum yüklemeyi gerçekleştirmek,

Sistem içerisinde iki iş aynı anda biterse AGV en yakındaki işi yüklenir,

Mümkün olduğunca düz bir hat şeklinde dizayn edilmeye çalışılır,

Büyük parçaları taşıma esnasında aşırı yukarı kaldırmamalı,

Taşıyıcıları mümkün olduğunca dolu gezdirmek, iki yönlü taşıma yapmaya gayret göstermek,

Sistemi mümkün olduğunca otomatize etmek,

Bilgi ve veri entegrasyonu sağlamak, sistemde ne olup bittiğini MTS'nin bilmesi için sistemin birimlerini entegrasyon etmek

Parça akış rotalarını takip etmek

3.2.3. Yardımcı ekipmanlar

FMS'lerin temel elemanları kadar önemlidir. FMS'in çalışması, sistemdeki en ufak birimler dahil sistemin tamamlanması ile mümkün olur. Örneğin bir fikstur olmadan paletlere sabitleme gerçekleştiremeyeceği gibi iş parçasının işlenmesi de mümkün olmayacaktır. İyi bir ölçme ve muayene istasyonu olmadan üretilecek parçanın üretim öncesi ve sonrası kontrolü mümkün değildir.

FMS'lerin yardımcı ekipmanların şu şekilde sıralayabiliriz;

- a) Yıkama istasyonu
- b) Yükleme-Boşaltma istasyonu
- c) Palet istasyonu
- d) Fikstur istasyonu
- e) Koordinat ölçme istasyonu
- f) Tampon depolama mekanizması
- g) Muayene istasyonu

A. Yıkama İstasyonları : Parçaların yıkayıp temizlenmesi işi, yapılan diğer işler yanında bazen önemsizdir. Ancak, parçaların, gerektiği şekilde kontrol edilebilmesi, depolanabilmesi ve monte edilebilmesi için, temizlenmesi şarttır. Fikstür ve paletler de, parçaların düzgün bir şekilde yerleştirilebilmesi için mutlaka temizlenmelidir.

Bu temizleme işi için, değişik tip, stil ve konfigürasyonlarda, yıkama istasyonları kullanılmakla birlikte; bunları ana hatlarıyla iki grupta toplamak mümkündür

1. Parti-tipi Yıkayıcılar.
2. Hat-üstü Konveyörlü Yıkayıcılar.

Hangi tip yıkayıcının kullanılacağına belirlenebilmesi için, aşağıdaki özelliklere dikkat edilmelidir :

- a) Parça tipi, büyüklüğü, ağırlığı, malzemesi ve konfigürasyonu
- b) İstenen yapma hızı
- c) Temizlenmesi gereken malzeme (talaş, yağ vb.)
- d) Bir sonraki operasyon çeşidi (muayene, depolama, montaj vb.)
- e) Parça yükleme,boşaltma,taşıma ve teslim işlemleri.

B. Yükleme/Boşaltma İstasyonları (Y/B İstasyonları) : Bir FMS'in önemli yardımcı ekipmanlarından biri de, parçaların, paletler halinde yüklenip boşaltıldığı istasyonlardır. Bir Y/B istasyonu, gerektiği gibi çalışabilmesi için şunlara ihtiyaç duyar;

Paletlerin, malzeme iletim sistemine, düzgün bir pozisyonda ulaşabilmeleri için gerekli olan destek birimi,

Parçaların kolayca yüklenip boşaltılabilmeleri için, paletlerin sahip olması gereken manevra kabiliyeti,

Parçaların ve paletlerin üzerinde kalmış olan, malzeme artıklarının ve talaşların temizlenebilmesi için lazım olan yıkama üniteleri,

Operatörün, FMS kontrol bilgisayarı ile haberleşebilmesi için gerekli olan bir bilgisayar terminali.

Karmaşık bir malzeme taşıma sistemine ihtiyaç duyulmaması için, sisteme yeni girecek parçalarla, bitmiş parçaların depolandıkları yerler, Y/B istasyonuna yakın olmalıdır. Bu taşıma sistemi, fikstürlerle kolayca sabitleştirilebilmeleri için, parçaların pozisyonunu ayarlamalıdır.

Bir Y/B istasyonunda işlem devam ederken, istasyondaki bilgisayar terminali, malzeme iletim sistemi (MİS) ne, bir sinyalle durumu bildirir. Yükleme veya boşaltma işlemi bittikten sonra, başka bir sinyalle, MİS'ne, Y/B istasyonunun hazır olduğu bildirilir.

C. Palet ve Fikstürler : Palet ve fikstürler de, bir FMS'in düzgün işleyebilmesi için önemli ekipmanlardır. Parçaların, otomatik MİS ile sistem içinde hareket ettirilebilmeleri için, fikstürler ile paletlere tutturulmuş olmaları lazımdır. Parçaların, tezgahlarda işlem görürken, yerlerinden oynamamaları ve kaymamaları, mamül kalitesi açısından büyük önem taşır. Ayrıca, paletlerin, Malzeme İletim Sistemi tarafından kolayca taşınabilmeleri, robotlar tarafından rahat bir şekilde yüklenip boşaltılabilmeleri için paletlerin çok iyi dizayn edilmiş olması gereklidir. Parça geometrilerine göre, değişik boy,kapasite ve ebatta paletler kullanılmakta olup; bunların, uygun fikstürlerle birlikte kullanılmaları gerekmektedir.

Fikstür dizaynında, parçanın konumu, yerleştirilmesi ve tutturulması önemli birer husus olmakla birlikte, aşağıdaki özellikler de önemlidir :

Tekrarlanabilirlik

Dayanıklılık

Modülerlik

Düşük Profil

Parça Yüzeyi Uyumluluğu

Parça Yükleme/Boşaltma Kolaylığı

Talaş Temizleme.

D. Koordinat Ölçme Makinası (KÖM): Bir koordinat ölçme makinası, bir contact probe ve bu probe'u, işparçasının yüzeylerine ve değişik özelliklerine uygun bir şekilde, üç boyutlu uzayda hareket ettirip doğru yere yerleştiren bir mekanizmadan ibarettir. Probe, sadece işparçasına göre yerleştirilmekle kalmaz; aynı zamanda,

'probe'un bulunduğu konum kesin ve net bir şekilde kaydedilerek, parça geometrisi ile ilgili, boyut verileri gibi veriler elde edilir.

Bir KÖM yapılırken, 'probe', parçaya göre hareket edebilecek şekilde tasarlanır. İşparçası, genelde ana gövdeye bağlı olan bir iş masası üzerine yerleştirilir. 'Probe'un hareket etmesini sağlayacak şekilde tasarlanmış, birkaç değişik fiziki konfigürasyon mevcuttur. Bunlardan bazıları;

Dirsek-tipi,

Köprü-tipi ,

Sütun-tipi ,

Gantry-tipi konfigürasyonlar.

Bir KÖM'nin dizaynındaki en önemli unsurlardan biri, 'probe' tur. En yaygın olarak kullanılan çeşidi de, touch-trigger tipi probe'lardır. Probe'un pozisyonunun işparçasına göre ayarlanması, ya elle ya da bilgisayar kontrolü altında gerçekleştirilir. Bir KÖM'nin işletilme ve kontrol edilmesine yönelik metodlar, şu şekilde sıralanabilir:

Elle kontrol,

Bilgisayar-destekli elle kontrol,

Bilgisayar destekli motorize kontrol,

Direkt bilgisayar kontrolü.

KÖM teknolojisi, bilgisayarın daha çaplı ve karmaşık bir şekilde kullanılmasını gerektirecek şekilde gelişmektedir. Mesela, muayene sonuçlarının bilgisayar ekranında grafiksel olarak gösterilmesi, imalat prosesiyle bağlantı kurarak 'on-line' veri analizi yapılması, karmaşık şekle sahip olan parça yüzeylerinin üç boyutlu kontur analizinin yapılması gibi .

Bir başka 'trend' de, KÖM'nin programlanmasını ve kullanılmasını kolaylaştıracak, daha 'user-friendly' özelliklere yer verme şeklindedir. Herşey yolunda giderse, gelecekte KÖM'ni, CAD/CAM veritabanında mevcut olan, parça modelini baz alarak CAD/CAM ile nümerik kontrollü (NC) parça programlamaya benzer bir şekilde programlamak mümkün olacaktır. Son olarak, beklenen bir başka gelişme de, KÖM'nin otomatik olarak yüklenip boşaltılmasıdır, Luggen (1991).

E. Tampon Deposu : Minimum bir yarı mamül stoğu hedeflense bile, üretimin kontrolündeki bazı sınırlar ve bir kısım teknolojik sebeplerden ötürü (mesela, parçanın bir sonraki işleminden önce soğumasını beklemek gerekebilir) tamponlama önlenemez.

Palet üzerindeki parça bir Tampon deposunda beklerken, bu Tampon aynı zamanda, bir proses-içi palet rafı olarak hizmet verebilmekte, ve böylece, yatırım maliyetlerinden tasarruf etmeye yardımcı olabilmektedir. Ayrıca, Tampon depoları, imalatı yönlendirirken esneklik kazanmak, ve üretim hattında meydana gelebilecek (makine bozulması, takım kırılması gibi) arızalara karşı hazırlıklı olmak için gereklidir, Ranky (1990).

F. Muayene İstasyonu : Parçalar, hazır hale geldikten sonra, muayene istasyonuna uğrarlar. Burada, mamüllerin, istenen spesifikasyonlara uyup uymadığı kontrol edilir. Bir tür kalite kontrol merkezi olarak faaliyet gösteren bu istasyonlar, gerektiğinde parçaları, yeniden işlenmek üzere sisteme geri gönderebilir; veya, hazır mamül olarak Y/B istasyonuna gitmelerine izin verirler. Muayene istasyonları, parça çizelgelemesi işleminde, önemle dikkate alınmalıdır.

3.2.4. Bilgisayar Kontrol Sistemi

Bilgisayarlı kontrol sisteminin ana amacı, imalat programını istenilen süre, miktar ve kalitede gerçekleştirmektir. Bilgisayar tarafından yerine getirilen fonksiyonlar sekiz kategoriye ayrılabilir, Young (1981).

ontrol bileşenlerinin fonksiyonları şunlardır;

- a. Makine Kontrolü: Bu genellikle CNC ile yapılmaktadır. CNC'nin avantajı bilgisayar kontrol sisteminin diğer elemanlarıyla da kullanılabilir olmasıdır.
- b. Direkt Nümerik Kontrol: Tüm FMS'ler DNC ile çalışır. Parça çeşitliliğinin kısıtlı olduğu bazı özel sistemlerde CNC sistemi kontrol için yeterli bir metod olabilir. DNC'nin amacı, genel DNC fonksiyonlarını yerine getirmek, programları sistemdeki makinelere dağıtmak vb.'dir
- c. Üretim Kontrolü: Bu fonksiyonda işlevi yerine getirmek için bilgisayara girilen verilerden faydalanılır. Mesela; çeşitli parçalar için istenilen günlük üretim oranı, elde

edilebilir hammadde miktarı, mevcut palet sayısı. Bilgisayar bu fonksiyonu bir paleti yükleme-boşaltma alanına göndererek ve operatöre arzu edilen hammaddeyi yükleme için gerekli talimatı vererek sağlar. Bir data giriş ünitesi operatörler ve bilgisayar arasındaki iletişimi sağlamak amacı ile yükleme- boşaltma alanına yerleştirilmiştir.

d. Trafik Kontrolü: Bu ifade, parçaları iş istasyonları arasında taşıyan ana iş parçası taşıma sistemini düzenleme amacı ile kullanılır. Bu iş taşıma sistemini bölgelere ayırarak yapılabilir. Bir bölge bilgisayar tarafından kontrol edilen ana taşıma sisteminin bir bölümüdür. Sadece bir adet araba veya paletin bir bölgede olmasını sağlayarak, her iş parçasının hareketi kontrol edilir.

e. AGV Kontrolü: Bu her tezgah için malzeme taşıma sistemi ile ilgilidir. Her araç sistemi ana malzeme taşıma sistemi ile koordinasyonlu olmalı ve hizmet ettiği tezgahla senkronize olmalıdır.

f. İş nakil sistemini izleme: Bilgisayar sistemdeki her çeşit iş parçasının durumu ile, her araç ve/veya paletin taşıma sistemindeki durumunu göstermelidir.

g. Takım Kontrolü: Bilgisayar sisteminin bir diğer görevi, kesici takımları kontrol etmek ve bunların durumlarını göstermektir. Takım kontrolünde iki durum söz konusudur; FMS'deki her takımın işleminden sorumlu olmak ve takım ömrünü izlemek.

g1. Sistem her istasyondaki takımların robotlarını izler. Herhangibir iş parçasının prosesinde ihtiyaç duyulan bir takımın o anda iş istasyonunda bulunmadığı durumda, bilgisayar kontrol sistemi parçayı istasyona sevk etmeyecektir. Bunun yerine bilgisayar, parçanın sıralanabileceği alternatif bir tezgah bulunacak veya parçayı taşıma sisteminde geçici olarak stoklayacaktır. Parçanın geçici olarak stoklanması halinde, operatör bilgisayardan hangi iş istasyonunda hangi takımlara ihtiyaç olduğunu saptayacaktır.

g2. FMS'deki her kesici takımın tahmin edilen ömür değerleri bilgisayarda mevcuttur. Ayrıca her takımın kullanım zamanları hesaplanabilir. Kümülatif kullanım

zamanı ömür değerine ulaştığı zaman, operatör takımın değiştirilmesi için uyarılacaktır.

h. Sistem performansının izlenmesi ve rapor edilmesi: Sistem bilgisayarı, üretimin performans hakkında bilmek istedikleri doğrultusunda programlanabilir, Groover (1984)

3.3. Esnek İmalat Sisteminin İşletimi

3.3.1. Parça akışı

Parçalar Esnek İmalat Sistemlerinin en önemli kısımlarından birisini oluşturmaktadır. Bir parça bitinceye kadar, bir dizi işlemlerden geçerler. Parça akışının daha rahat sağlanması, zamandan ve maliyetten tasarrufun daha çok yapılabilmesi için parça akış sırasının düzenlenmesi gerekir .Bu düzenlemeler yapılırken, operasyon benzerliği, prizmatik benzerlik, parti büyüklükleri, teslim zamanları, tamamlanma zamanları gibi bazı kriterler dikkate alınır.

Parça çizelgeleme de gelişmiş olarak şu aşağıdaki sıralama stratejileri yaygın olarak kullanılır;

SPT, LPT, EDD, SLACK, TARDY

3.3.1.1. En kısa işlem zamanlı strateji (SPT)

İşlem görecekle bütün parçaların, işlem zamanlarının (hazırlanma ve toplam çalışma zamanı) en kısa süreli olanı bulunarak sıraya dizilmesidir. Bu kuralın bazı kayde değer avantajları vardır. Diğer birçok kuralla karşılaştırıldığında SPT en kısa ortalama akış zamanı ve en kısa ortalama kuyruk uzunluğuna ulaştırıran kural olup, bu da en düşük yarı mamul stoğu demektir.

En Kısa İşlem Zamanlı Stratejilerde, uzun işlem zamanlı işparçası söz konusu olduğu zaman ortaya çıkan bu problemi önlemek için “truncated” adı verilen birtakım planlar geliştirilmiştir. Örneğin, elimizde bulunan işlerden, herhangibiri belirlenmiş kuyrukta bekleme zamanından daha fazla bir sürede kuyrukta bekledi ise öncelik bu iş parçasına verilir. Diğerleri operasyon zamanına göre küçükten büyüğe sıralanır.

3.3.1.2. En uzun işlem zamanlı strateji (LPT)

En Kısa İşlem Zamanlı Stratejinin tam tersi bir stratejidir. İşlem görecekle bütün parçaların, işlem zamanlarının en uzun süreli olanı bulunarak büyükten küçüğe doğru sıraya dizilmesidir. İşler bu sırada makinelere gönderilir. Yerine göre avantajları ve dezavantajları vardır. İşlem gören parçaların ilk çıkış zamanı biraz geç olsa da parçanın toplam çıkış zamanı en kısa işlem zamanlı stratejininkine yakındır.

3.3.1.3. En erken teslim (EDD)

EDD (Earliest Due Date) metodu ise en erken teslim zamanına sahip, işin önce atanmasını sağlar. Ortalama gecikmeyi ve geciken işlerin sayısını oldukça azaltır. Diğer öncelik kurallarına göre gecikmelerde büyük bir azalma meydana getirir.

EDD kuralı, en büyük iş geçliğini, veya işin pozitif gecikmesini en aza indirmeye çalışır. Ama maalesef daha çok işi pozitif gecikme (tardy) yapma eğiliminde olup ortalama pozitif geçliği artırır. n tane işi bir makineye çizelgelerken maksimum iş geçliği, en büyük işpozitif gecikmesi, işleri teslim tarihleri aşağıdaki gibi olacak şekilde sıralayarak en aza indirir.

$$d_1 \leq d_2 \leq d_3 \leq \dots \leq d_n$$

3.3.1.4. Slack

En yaygın olan öncelik kurallarından biri S/OPN'dir. Slack, teslim zamanına kadar olan işlem zamanını çıkarılarak bulunur. Eğer işler bütün özellikleri eşitse, az slack zamanına sahip olan daha acil demektir, ancak eğer iki iş aynı slack zamanına sahip ise yapılacak daha çok işlemin kalan iş daha acildir. Çünkü daha çok bekleyecek kuyrukta duracak ve strateji doğru hareket edecektir. S/OPN şöyle hesaplanır.

$$S/OPN = \frac{(\text{Teslim Zamanı} - \text{İşlem Zamanına kadar geçen zaman}) - \text{Kalan Opr. Zamanı}}{\text{Kalan Operasyon Sayısı}}$$

3.3.1.5. Tardy

Bir işin teslim edilmesi gerektiği günde teslim edilmez ise, geciktiği hergün veya her saat için tardy yani gecikme cezası alır. Bir iş parçası gününde ve gününden önce teslim edilir ise işlerin tardy'si sıfır (0), her geç kalınan gün veya saat kadar da pozitif değer, yani tardy alır.

Tardy çizelgelemede amaç tardy'li olan işlerin sayısını enaza indirmeyi amaçlar. Tardy prosedürü aşağıdaki sıradadır;

1. Gelen iş parçaları öncelikle EDD çizelgeleme kuralına göre sıralanır.
2. Tamamlanma zamanlarından, teslim zamanları çıkartılır ($C_i - d_i$). Çıkan sonuçlar bize Tardy'leri verir.
3. (T_i) Tardy sırasında işler tekrar en küçükten büyüğe sıralanır.
4. Yeni oluşan sıraya göre, tekrar tamamlanma zamanlarından, teslim zamanları çıkartıldığında Tardy'lerin minimize edildiği gözlenir.

3.3.2. Takım akışı

3.3.2.1. Takım merkezli stratejiler (Tool oriented strategy)

Takım merkezli stratejiler, parça işleme ve rotalama esnekliği ihtiyacına cevap vermeye ve birçok değişik tipte parçanın üretildiği durumda kullanılmaya yöneliktirler. Bu stratejiler bazı durumlar için çok kullanılışlıdır. Mesala, dinamik çizelgenin pratiğe geçirildiği veya imalat çizelgesinin makine bozulmaları, malzeme eksikliği gibi sebeplerden dolayı tekrar düzenlenmesinin gerektiği durumlar gibi, benzer şekilde bunlar idare edilecek değişik tipte takımların, fiktürlerin ve programların olduğu çok operatörlü hazırlıklar ve özel çizelgeleme durumlarında (kritik bir parçada söz konusu olduğu gibi) uygulanabilir. Takım merkezli stratejilerin çoğu, talebe dayalı olmasına rağmen, Takım Gruplama Stratejisi, gibi bazıları vardır ki bunların takım parçalarını üretmek için başlangıç parça talebi veya iş listesi kullanılabilir.

Takım yönlendirmeli stratejiler iki ana gruba ayrılabilir

A. Statik

B. Dinamik

Full Clustering

Differential Cluster

Resident Cluster

3.3.2.1.1. Statik çizelgeleme yaklaşımı

Statik çizelgeleme problemleri çizelgenmesi gereken sabit iş kümelerinden meydana gelir. Tipik varsayımlar şunlardır; bütün iş kümeleri aynı anda atelyeye varır ve o anda bütün iş merkezleri (makineler) elverişlidir. Statik çizelgeleme araştırmalarının çoğu, yapım zamanı denilen kriterleri kullanılarak yürütölmektedir. Bu bir akış zamanı ölçütüdür. Fakat teslim tarihi veya iş merkezi kullanımı ölçütü değildir.

Statik çizelgeleme araştırmaları deterministik işlem (bilinen ve değişmeyen) ve stokastik işlem (rastgele varyosyanlardan oluşarı) zamanlarını kullanarak yürütölür. Genelde, optimizasyon metodları küçük çaplı problemler için uygulanabilir. Hesaplama zorluk problemi büyüklüğü ile orantılı bir şekilde üssel olarak artmaya eğilimlidir.

Büyük ölçekli problemler, genellikle öncelik yada sıralama kuralları olarak adlandırılan sezgisel metodlarla çözölür. Bunlar bir iş istasyonu için uygun iş seçiminde kullanılan mantıksal kurallardır. Öncelik kurallarını kullanırken çizelgeleme kararları, hepsi bir anda verilmekten ziyade ardışık olarak verilir.

3.3.2.1.2. Dinamik çizelgeleme yaklaşımı

Dinamik çizelgeleme problemleri zamanla yeni işlerin kuyruğa eklenerek çizelgelendiği problemlerdir. Bu işler için gerekli işlem zamanları ya deterministik ya da stokastik olabilir fakat, birçok araştırma stokastik işlem zamanlarıyla yürütölür. Analitik yaklaşımlar, kuyruk modellerine dayandırılarak yapılmıştır. Kuyruk modellerinde uygulanan ölçütler, ortalama akış zamanını, sistemdeki toplam iş sayısı veya ortalama ara stok ve iş merkezi bir yaklaşımın kullanım oranıdır.

Dinamik çizelgelemedeki bir yaklaşım ; iş merkezinde farklı çizelgeleme kurallarının (öncelik kurallarının) kullanılmasıdır. Bunun nedeni; bazı kuyruk modeli

çalışmalarının temeli tekli makine sistemlerine dayanmaktadır. Sonraki çalışmalar ise çok makine sistemlerine dayanmıştır. Fakat sistem büyüdükçe simülasyon en sık kullanılan araştırma metodu haline gelmiştir. Büyük ölçekli çizelgeleme problemlerinin simülasyon çalışmaları öncelik kurallarının bir performans ölçütü altında karşılaştırılması üzerine odaklanmıştır.

Dinamik çizelgeleme yaklaşımı kendi içinde 3 gruba ayrılır:

A. Full Clustering :

Bu metotta önce parça / takım matrisi cluster edilir (gruplanır). Yani hangi parçaların hangi takımlarla işleneceği belirlenir. Bu tez çalışmasında kullandığımız matris, 76 takım ve 70 iş parçasından oluşmaktadır. İş kütlesi büyüklüğü 10 alındığında iş (parça) sayısı 156'ya, 20 alındığında ise iş sayısı 94'e çıkmaktadır. ROC algoritması kullanılarak bu parçaların hangi takımlarla işleneceği belirlenmiştir. Parçaların işleneceği makina hücreleri ise 4, 6 ve 8 makinadan oluşan makina hücreleridir (machine cell). Bu metodun nasıl uygulandığı, 4 makinalı hücre örnek seçilerek aşağıda anlatılmıştır.

Önce işler, bir yada birden fazla parçadan oluşan iş grupları haline getirilirler. Daha sonra bu iş grupları, boş bulunan tezgahlara atanırlar. Bu parçaları işleyecek olan takım kitleri de tezgahlara atanır. Full clustering metodunun en önemli özelliği, bir iş grubunu işlemek için makina üzerine atanan takım kitinin, işin bitiminden sonra magazinden çıkarılması, yani ikinci grup iş için kullanılmamasıdır. Yeni bir iş grubu geldiğinde, bunu işlemek için yeni bir takım kiti atanır. Bu işlemler, bütün parçalar işleninceye kadar devam eder.

Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir konu da; makinaların dengeli yüklenmesidir. Örneğin; işlem süreleri 107, 226, 450 ve 310 dakika olan dört iş grubu, sırasıyla boş bulunan 4 makinaya atanmış olsun. Daha sonra gelecek olan ilk iş grubu, en önce boşalacak olan makinaya, yani 1. makinaya atanmalıdır. Bu sayede hem

makinaların boş beklemesi durumu ortadan kalkacak, hem kuyruk oluşması engellenecek, hem de makinalarda yük dengesi sağlanmış olacaktır.

B. Differential Cluster

Differential cluster metodunda işlerin ve takımların çizelgelenmesi full clustering metodu ile aynıdır. Bu metodun en önemli özelliği, bir iş grubunun işlenmesi için atanan takım kiti içerisinde bir sonraki takım kiti ile benzer takımlar varsa ve ömürleri bitmemişse bu takımlar tezgah üzerinde kalır ve kalan ömürleri bitinceye kadar kullanılırlar. Böylece önemli ölçüde takım tasarrufu sağlanmış olur.

C. Resident Cluster

Resident cluster metodunda ise, bir iş grubunun işlenmesi için tezgah üzerine atanan takımlar, işin bitiminde tezgahtan alınmaz ve tezgah üzerinde kalır. Başka bir iş grubu geldiğinde sadece o parçayı işleyecek farklı takımlar ve mevcut takımlar içerisinde ömrü bitmiş olanların yerine yeni takımlar atanır. Bu metod, takım ihtiyaçlarını büyük ölçüde magazindeki mevcut takımlar içerisinde karşıladığı için oldukça ekonomiktir.

3.3.2.2. İş parçası eksenli stratejiler (Work-Piece Oriented Strategy)

İş eksenli stratejiler, talebe dayalı olup makineler gerçek siparişlerle ilgili takımlarla desteklenmiştir. Hem temel yani magazinde, hemde bütün imalat sisteminin genelinde, takım duplikasyonunu azaltmak için bir takım rasyonilazasyon algoritması uygulanır. Böyle bir yaklaşımı kullanırken takımların yer değiştirilmesi için daha iyi bir planlamaya ihtiyaç vardır. Ancak sistemin direkt iç tarafından yönlendirilmediği veya iş ve takım takım akış önceliği için bir rekabetin söz konusu olduğu durumlarda takım akışı işi için pahalı ve kaba çözümler gerekebilir.

İş parçası yönlendirmeli stratejileri dört gruba ayırabiliriz.

1. Kitting Strartegy
2. Differential Kitting Strategy
3. Single Tools Strategy

4. Resident Strategy

3.3.2.2.1. Kitting strategy

En esnek, en pahalı ve kontrolü en kolay stratejidir. Takım ömrünün kontrolü mümkün değilse ve üretilen parçalar çok pahalı ise, örneğin bir uzay sanayisinde, bir uçak sanayisinde kullanılıyorsa tercih edilir. İş riske atılmaz, takım ömrüne bakılmaksızın ikinci kez kullanılmaz. Bir takım kiti bir istasyonda bir parça tipini işlemek için gerekli takımların bir kümesidir. Takım kiti, belli kısımlarda birçok değişik parçanın işlendiği atölyelerde uygulanır. Bir takım kiti böylece belli bir parça, parça-kümesi ya da yığın paleti üzerinde belirlenen görevler için bir makinarya atanır. Bu görevin tamamlanması için tool kit ya kaynağına döner ya da makina üzerinde kalır. Genellikle kiti tekrar hücre takım deposuna geri göndermek daha yaygındır. Burada kit saklanır, sökölür ya da diğer kitleri teşkil eden takımları oluşturur ya da depolanır. Bu stratejinin sınırlaması, bir kiti teşkil eden takım sayısının birincil takım deposunun takım deposuyla sınırlı olmasıdır. Bu tür stratejilerin uygulandığı alanlar genellikle takım magazininin sınırlı bir büyüklükte olduğu, yerinin değiştirilebildiği ve transfer edilebildiği makinalara uygulanırlar. Bu strateji, uygulama alanlarını genellikle düşük hacim/yüksek çeşitlilikteki üretimlerde bulmaktadır, Özbayrak (1993).

3.3.2.2.2. Differential kitting strategy

Bu tür takım kitleri geleneksel takım kit atamasının değiştirilmiş bir şeklidir, yani peşpeşe gelen yığınlar, parçalar ve paletler arasındaki takım paylaşımı ele alınır. Bu konu, uygulama alanını daha çok orta hacim/orta çeşitlilikteki üretimlerde bulur. Genellikle bu stratejide, önce kitteki minimum sayıdaki takım yüklenir ve bunu takiben ortak takımlardan yüksek benzerlikteki ya da en az farklı olan diğer kitler gelir. Bu, makinada durma zamanını takım yükleme ve boşaltmaya bağlı olarak minimize eder. Böylece takımlar arasında takım paylaşımı takım envanterini azaltma yönünde olur. Takımların tutulması ve hareketi aynı kurallarını takip eder, tek bir farkla, o da kontrol ve karar kriteri daha karışıktır.

3.3.2.2.3. Single tools strategy

Japon Yamazaki tarafından geliştirilmiştir. Sistemde ne kadar tezgah varsa hepsinin birincil takım deposuna, bütün takımlar doldurulur ve takım ekonomik ömrünün hepsini kullanır. Tek dezavantajı ihtiyaç olmayan takımların da sisteme gönderilerek zaman kaybına sebep vermesidir, De Souza (1990).

Single tools kavramı birçok parça yığını arasında benzer takımların paylaşılması konusunda daha ileridir ve grup teknoloji prensiplerine dayanır. Seçilen parçalar, yığınlar ya da paletler karışımı, belirlenmiş bir zaman periyodu içinde iş istasyonlarına götürülür ve bu parça karışımı rasyonelleştirilmiş bir takım sabitleyicisi ile transfer edilir. Bu stratejinin uygulama alanları genelde yüksek üretim hacmi/orta çeşitlilikte üretimlerdir ve yüksek kapasiteli birincil takım deposu olan makinalara ya da insansız iş istasyonlarına uygundur. Hücreden ya da ikincil takım deposundan yüklenen ve transfer edilen takımların sayısı takım iletim sisteminin, makinanın ya da birincil takım deposunun kapasitesine ve kabiliyetine bağlıdır. Takımların yüklenmesi makinanın işlem listesine göre olur ve parça tipiyle parça kümesi atanması ile sınırlı değildir. Takım değiştirme büyük bir yerel takım envanteri maliyetinde minimize edilir. Bu durum manuel takım akışının kullanıldığı sistemlerde olduğu kadar iş-parçası yönlendirmeli takım yönetim stratejileri kullanan sistemlerde de görülür, Özbayrak (1993).

Transfer edilen takım sayısı hücrenin yönetimini büyük ölçüde etkileyebilir. Sadece bir takımı transfer etme kapasitesindeki büyük sistemler, belli bir kapasite planına göre, birincil takım deposundaki sabitlenmiş takımları birleştirmek için ileriye yönelik bir strateji gerektirmektedir. Bu tasarımı çalıştırmak için 2 alt-işlemciye sahip stratejiler uygundur :

Tam çalıştırmak, makina üzerindeki ya da birincil takım deposundaki mevcut takımlara yenileri eklemek ve mümkün olduğu kadar uzun süre burada tutmaktır.

Boş çalıştırmak, ise yeni takımların makina üzerinde ya da birincil takım deposundakilere eklenmesinin, istendiğinde yapılmasını ve hemen hücreye ya da ikincil takım deposuna geri gönderilmesini gerektirir. Bu tip bir sistemde bir sonraki

gereken takımdan haberdar olmak, takım taleplerinin çakışmaması açısından önemlidir, Kurimoto (1989).

3.3.2.2.4. Resident kitting strateji

İşleri ve takım kitlerini (grupları) uygun yerlere tahsis, etmek için harici bir çizelgeleme sistemi kullanılır. Ancak differential kitting strategy aksine magazinde yeterli yer bulunduğu müddetçe takımları magazinden çıkarmaz, magazin orda bulunmayan takımları yüklemek suretiyle, kapasitesine kadar kademe kademe doldurur. Bu strateji, sadece devam eden operasyon için gerekli olan ancak kullanamayacak kadar eskimiş olan takımları değiştirir. Strateji magazine daha önceden atanmış takımları orada tuttuğundan dolayı ihtiyacı magazinde mevcut bulunan takımlardan biri ile karşılama ihtimali yüksektir.

3.4. Sonuç

Bu bölümde FMS'lerin tasarımı anlatılmış ve tasarımı oluşturan elemanların önemi ön plana çıkarılmıştır. FMS'nin işletimi ve işletim esnasında kullanılan parça çizelgelemesi ve takım akış stratejilerinin incelikleri anlatılarak önemli kısımları özet olarak okuyucuya verilmiştir.

BÖLÜM 4. CLUSTER ANALİZİ VE TAKIM YÖNETİMİNE UYGULANMASI

4.1. Giriş

Genelde Grup Teknolojisi'nin 1940'larda Sovyetler Birliği'nde tasarlandığı kabul edilmiştir. O zamandan beri, imalat etkinliğini artırmak için pek çok ülkede geliştirilmiş ve halen kullanılmaktadır. GT, parçaları ailelere, makinaları gruplara ayırır. Öyle ki; bir parça ailesi bir makina grubunda üretilir. Parça ailelerinin ve makina gruplarının belirlenmesi problemi ise Hücre Formasyonu (CF) olarak adlandırılır, Vemmerlöv ve Hyer (1886).

Daha düşük yıllık üretim hacmine sahip pek çok farklı parçanın küçük partiler şeklinde üretildiği kütle üretim sistemleri için GT çok uygundur. Bir üretim sisteminde herhangi bir parçanın (üretim) hacmi, o parçaya ait özel bir hat gerektirecek kadar büyük değildir. Diğer taraftan benzer parçalara ait bir ailenin toplam hacmi bir makina hücresini etkin olarak kullanacak kadar yüksektir.

Bu bölümün amacı, CF problemini çözmek için geliştirilen 9 yaygın algoritmayı karşılaştırmak ve değerlendirmektir. Ayrıca ele aldığımız problem için parça - takım gruplama algoritmasını kullanmadan önce okuyucuya genel bir değerlendirme fırsatı vermektir.

4.2. Hücre Formasyon (CF) Problemi

CF problemini çözmek için pek çok prosedür geliştirilmiş ve bu prosedürleri sınıflandırmak için pek çok taksonomiler sunulmuştur, Burbidge (1975). Wemmer Löv ve Hyer'in taxonomisi bu prosedürleri 4 yaklaşıma ayırır ki; bunlardan birisi parça aileleri ile makine gruplarını eş zamanlı olarak belirler. Bu, elle veya bir algoritma kullanılarak yapılabilir. CF problemi, çözülmesi zor bir problemdir. Parça ailelerini ve

makine gruplarını eş zamanlı olarak belirlemek için, yaygın olan algoritmalar bu bölümde anlatılmıştır.

4.3. CF Probleminin Çözümünde Kullanılan Algoritmalar

4.3.1. ROC algoritması

Parça-Makina matrisindeki her bir satır ve sütun girişlerinin ikili simgelerle ifade edilebileceği ve satır ve sütunların azalan simge değerleri şeklinde düzenlenebileceği ilk kez King tarafından ortaya atılmıştır, King (1980). Daha sonra King ve Nakornchai (1982), girişlerin ikili simgeyle ifade edilmesini, 47'den daha az makina/parça ile sınırlandırmışlardır. Zira pek çok bilgisayarda en büyük tamsayı gösterimi $2^{48}-1$ idi. Bu sınırlandırmayı aşmak için, satır veya sütun düzenlemesini gerçekleştirmek için eleman-eleman karşılaştırma kullanılabilir. Örneğin Şekil 3.1'deki başlangıç parça / makina matrisinin 1. sütunu (10100101) ve 2. sütunu (10000101), her bir basamağı sırasıyla ele alınarak karşılaştırılabilir. ROC Algoritması ile önce satırlar, sonra sütunlar sıralanır. Bu işlemler bütün parça ve makinalar, parça aileleri ve makina hücreleri oluşuncaya kadar devam eder. Şekil 3.2'de parça ve makinaların gruplandığı sonuç tablosu verilmiştir.

	Parçalar	1	2	3	4	5	6	7	8
Makinalar									
1		1		1			1		1
2		1					1		
3			1			1			1
4		1		1			1		
5					1			1	
6			1			1			1
7						1			1
8		1		1			1		
9					1			1	
10			1					1	

Şekil 3.1. Başlangıç Parça / Makina Matrisi

	Parçalar	1	6	3	8	5	2	7	4	
Makinalar										
1		1	1	1						
4		1	1	1						
8		1	1	1						
2		1	1							
3					1	1	1			
6					1	1	1			
7					1	1				
10									1	
5									1	1
9									1	1

Şekil 3.2. Sonuç Parça / Makina Matrisi

ROC Algoritmasının kullanımı ve anlaşılması diğerlerinden daha kolaydır ve hesapsal gereksinimleri daha azdır. Ayrıca, daha karmaşık (etkin) algoritmalar teşkil etmek için düzenlenebilir / değiştirilebilir. ROC Algoritmasının satır ve sütunları, daha başka düzenleme yapmanın imkansız olduğu aşamaya kadar ard arda düzenlenerek uygulanabilir.

4 makina ve 5 parçadan oluşan makina / parça matrisi için ROC algoritmasını uygulayalım.

	Parçalar	1	2	3	4	5
Makinalar						
1			1		1	1
2			1		1	
3				1		1
4				1		1

1. Adım : Makina / parça matrisinin her bir satırı için ikili ağırlık belirlenir ve ondalık denkliği hesaplanır.

		2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	ikili ağırlık
	Parçalar	1	2	3	4	5	
Makinalar							ondalık denklik
	1		1		1	1	11
	2		1		1		20
	3			1		1	10
	4		1		1		20

2. Adım : İki taraflı ondalık ağırlık azalan değerinde ikili matris çeşitlenir.

		1	2	3	4	5
Makinalar						
	2		1		1	
	4		1		1	
	1			1		1
	3			1		1

3. Adım : 1. ve 2. adımlar her sütun için tekrarlanarak aşağıdaki sonuç matrisi elde edilir.

		1	3	2	4	5
Makinalar						
	2		1	1		
	4		1	1		
	1				1	1
	3				1	1

Sonuç matrisinde de görüldüğü gibi ROC algoritması ile hangi parçaların hangi makinalarda işlem göreceği tesbit edilmiştir.

Takımlar	Parçalar					
	P1	P29	P33	P50	P12	P16 ...
37-T2080	1.5	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4
1-T1001	1.5					
69-T5690	1.4	5.5			0.9	0.8
9-T1068	0.7	1.3	1.6	1.7	0.7	0.7
6-T1052	0.8					
14-T1090			1.6			

Şekil 3.4. Birinci Cluster Sonucu Parça / Takım Matrisi

Örnek matrisimiz 8 defa cluster edilerek ve her cluster sonunda, cluster edilen parçalar ana matristen çıkarılmak suretiyle Şekil 3.5.'deki sonuç matrisi elde edilmiştir.

Takımlar	Parçalar								
	P10	P24	P28	P8	P18	P34	P9	P70 ...	
63-T5251	6.2								
21-T1140	2	2.9	1.9						
48-T3220	2								
49-T3260	2								
68-T5626				1.1	2.8	2.1	1.1		
75-T7012	1.3								
44-T3120				8.5				1.8	
26-T1217	0.9								
28-T1257	0.9								
66-T5500					1.6				

Şekil 3.5. Sonuç Parça / Takım Matrisi

4.3.2. Benzerlik katsayısı (SC) algoritması

CF Problemini çözmek için SC algoritmasını kullanmayı ilk kez deneyen Mc Auley (1972)'dir. Bir benzerlik matrisi, benzerlik katsayısı olarak adlandırılan S_{ij} ' leri içerir. ($i=1,2, \dots M$; $j=1,2, \dots M$); ki bunlar aynı parçanın üzerinde işlem gördüğü makina çiftlerinin derecesini gösterir. Bir makina çifti, aynı parça üzerinde işlem gerçekleştirdiğinde, yüksek bir benzerlik katsayısına sahiptir.

$$S_{ij} = n_{ij} / m_{ij} \quad (1)$$

Burada n_{ij} hem i , hem de j makinalarında işlen gören parçaların sayısıdır. Bu katsayılar hesaplandıktan sonra en yüksek benzerlik katsayısına sahip olan makina çiftleri aynı hücrede gruplanır. Bu hücreyle diğer makinalar arasındaki benzerlik katsayıları orijinal benzerlik katsayılarından hesaplanır. eğer $K1$, $k1$ hücresindeki makinalar kümesi ise;

$$S_{i,k1} = \max_{j \in K1} (S_{ij}) \quad (2)$$

Bu 'tek bağlantılı kümeleme' formülü olarak adlandırılır. Bu katsayılar hesaplandıktan sonra, en yüksek benzerlik katsayısına sahip makina (veya bir makina bir hücre, veya iki hücre) çifti beraber gruplanır. Bu proses, gerekli sayıda makina hücresi oluşturulana kadar devam eder.

SC Algoritmasının eksikliği ve modifikasyonları benzerlik katsayısının tanımından görünüyor. Eşitlik (1) ve (2). SC Algoritmasının bir eksikliği de şöyledir: Makina hücrelerini teşkil ederken parçaların hücrelere nasıl atanacağından bahsetmemektedir. Parçalar hücrelere üç şekilde atanabilir:

1. Bireysel yargılarla,
2. ROC Algoritmasını kullanarak,
3. Parçalar için SC algoritmasının versiyonuyla, u ve v parçaları arasındaki benzerlik katsayısı;

$$s = n_{uv}/m_{uv}, u = 1,2, \dots, N; v = 1,2, \dots, N \quad \text{olmak üzere.} \quad (3)$$

Burada n_{uv} , hem u , hem de v parçası için kullanılan makina sayısı, m_{uv} ise u veya v için kullanılan makina sayısıdır.

4.3.3. Düzenlenmiş benzerlik katsayısı (MSC) algoritması

Zincirleme problemi olarak adlandırılan SC algoritması ile ilgili bir problem, eşitlik (2)'den kaynaklanmaktadır. K1 ve K2 makina hücrelerinden oluşan k1 ve k2 hücreleri arasındaki benzerlik katsayısı;

$$S_{k1,k2} = \max_{i \in K1, j \in K2} (S_i) \quad (4)$$

Sonuç olarak SC algoritması iki hücreyi birleştirecektir. Zira $i \in K1$ ve $j \in K2$ makinalarının benzerlik katsayısı çok yüksektir.

SC algoritması gibi MSC algoritması da makinaları gruplarken parçaları gruplamaz. Bu durumda iki prosedür geliştirilir; MSC/ROC ve MSC/MSC . Birinci prosedür makinaları gruplamak için MSC algoritmasını, parçaları gruplamak için ROC algoritmasını kullanır. İkinci prosedür makinaları gruplandırmak için MSC algoritmasını, parçaları gruplandırmak için MSC'nin bir adaptasyonunu kullanır.

4.3.4. Düzenlenmiş ROC algoritması (MROC)

Chandrasekharan ve Rajagopalan (1986 a) tarafından geliştirilen MROC algoritması, basitliği koruyarak ROC algoritmasının problemlerini çözmeye çalışır. ROC Algoritmasının 'sol üst köşede birisi yer alırken matrisin diğer kısmının düzenlenmemiş olduğu' bir nihai parça / makina matrisi üretme eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir, (1986a). MROC Algoritması, en büyük alt matrisi sol üst köşeden alır ve alt matristeki parça ve makinaları bir hücreye gruplandırır. Matristeki sütunlar daha sonra parça / makina matrisinden çıkarılır ve ROC algoritması tekrar icra edilir. Nihai matris, sol üst köşede yine makina ve parçaların sonraki gruplamasının oluşturulduğu bir alt matris içerir. Bu proses, son parça / makina grubu oluşturulana kadar tekrarlanır.

4.3.5. Hiyeraşik olmayan ideal cluster algoritması (ISNC)

Bu algoritma, parça ve makinaları hücrede gruplamak için grafik teorisini ve hiyeraşik olmayan cluster yaklaşımını kullanır. Herhangi bir CF problemi için max hücre sayısı, k , şu şekilde gösterilir;

$$k \leq 1 + [(M+N-1) - ((M+N-1)^2 - 4(MN-e))]/2 \quad (5)$$

ISNC algoritması 3 aşamadan oluşur. Birinci aşamada birbirine yakın vektörler gruplanarak k makina grubu ve k parça grubu kurulur. 2. aşamada kümeleme etkinliği yüksek olacak şekilde makina ve parça grupları hücreler oluşturmak için uyumlu hale getirilir. Son aşamada ise mükemmel grupları oluşturmak için hücreler düzenlenir. Başlangıç gruplamayı geliştirmek amacıyla makina ve parçalar en yakın gruba tekrar atanır. Ortaya çıkan gruplama nihai çözümdür.

ISNC algoritması çok karmaşıktır ve aşırı hesaplamalar gerektirir.

4.3.6. Kaynakları seçmek için benzerlik katsayılarının kullanımı (SC-Seed)

Bu algoritma ISNC algoritmasını geliştirmek ve basitleştirmek için kullanılır. SC-seed algoritması üç aşamadan meydana gelmektedir.

Birinci aşamada parça gruplarını teşkil etmek için SC algoritması kullanılır. Birden fazla parça içeren her bir grup için bir seed veya sentroid hesaplanır. Daha sonra parçalar en yakın seed civarında kümelenir.

İkinci aşamada her makina için seed'ler belirlenir ve makinaları bu seed'ler etrafında kümeleyerek makina grupları teşkil edilir.

Üçüncü aşamada ise, ISNC algoritmasında olduğu gibi nihai grupları oluşturmak için hücreler düzenlenir.

SC-Seed algoritması, ISNC algoritmasından daha hızlı ve kullanışlıdır. Asıl önemli özelliği ise, başlangıç seed'lerinin tesadüfi değil, SC algoritmasıyla belirlenmiş olmasıdır.

4.3.7. Bağ enerjisi (Bond Energy) algoritması (BEA)

BEA algoritması, birbirine yakın ve sayısal olarak daha geniş matrisler çıkarmak amacıyla, matrisin satır ve sütunlarını yeniden düzenler. Bir matrisin toplam bağ enerjisi A, şu şekilde hesaplanır;

$$BE(A) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N a_{ij} (a_{i,j-1} + a_{i,j+1} + a_{i-1,j} + a_{i+1,j})$$

Burada, M, sütun sayısı, N, satır sayısıdır.

4.4. Sonuç

Bu bölümde cluster analizinde kullanılan çeşitli algoritmalar karşılaştırılarak açıklanmıştır. CF problemini çözmede, çözüm kalitesini ölçmek için bir ölçüler hiyerarşisi tanımlanmıştır. Büyük ve küçük ölçekli problemlerin çözümü için hangi algoritmaların daha kullanışlı olduğu tesbit edilmiştir.

BÖLÜM 5. TAKIM YÖNETİMİ

5.1. Giriş

Bu bölümde FMS parametrelerinden en önemlisi olan takımların yönetiminden ve sisteme sağladığı avantajlar verilmiş, makine-hücre-fabrika düzeyindeki takım depolarının aralarındaki ilişkiler okuyucuya tanıtılmıştır.

5.2. FMS'lerde Takım Yönetimi

Takım yönetimi bir sistemden diğerine değişiklik gösterir. Fakat, tasarım parametreleri arasındaki etkileşimi ,onların kombinasyonlarını belirlemek ve takım yönetim sisteminin performansını analiz etmek için kullanılan kriterler tüm sistemler için üç seviyede sınıflandırılabilir. Bunlar; donanımdan faydalanma, zaman ve maliyettir. Takım yönetim sisteminin tasarımında önemli olan iki temel donanım elemanı iş istasyonları ve taşıyıcılardır. Donanımdan ne derece faydalandığı hücre performansının bir göstergesidir. Tezgahtan faydalanmayı etkileyen sebepler ise takım yüklenmesi, boşaltılması ve hazırlık süreleri olarak sıralayabiliriz. İyi tasarlanmış bir takım yönetim sistemi makinadan yüksek derecede faydalanmayı sağlamakla beraber gereksiz makina duruşlarını, uzun ve sık takım değişimini ve hazırlık sürelerini azaltmalıdır. Ayrıca, gerekli takımların zamanında temin edilmesi için taşıyıcı sistem de takım yönetim sistemi tarafından desteklenmelidir. Bunun için, taşıyıcı sistemin kapasitesinin ve teslim hızının iyi ayarlanmış olması gerekmektedir. Bu da başarılı bir takım yönetim sistemi tasarımının başka bir göstergesidir. Takım yönetimi, üretim devir zamanını etkileyen önemli faktörlerden biridir. Takım akışı ve üretim devir zamanı arasındaki yakın ilişki ve etkileşimden dolayı Takım Yönetim Sistemi performansının analizinde önemli bir faktör olarak yapım süresi kullanılır.

Donanımdan faydalanma ve zaman faktörlerinden sonra bahsedilmesi gereken bir başka konu maliyet faktörüdür. Maliyet sadece takım yönetim sistemleri için değil tüm üretim sistemleri için sözkonusudur. Bir esnek imalat sisteminde takım yönetiminin en

önemli sonuçlarından biri de maliyeti düşürmesidir. Başka bir deyişle maliyeti düşürmeyen bir sistemin tasarlanmasına gerek yoktur. Bu da tutulan takım miktarını minimuma indirmek ve mevcut takım ömrünü etkili bir biçimde kullanmakla olur, hatta aynı takımı birçok kez kullanmak ve düşük bir maliyetle yenilemek mümkündür.

Esnek imalat sistemlerinin tasarım çalışmaları çoğunlukla izole edilmiş tasarım problemleri üzerinde odaklanır ve genellikle tasarım parametreleri arasındaki etkileşimler gözardı edilir. Tasarım parametreleri arasındaki etkileşimler tasarım üzerinde, bireysel tasarım parametrelerinin yaptığı kadar çok etki yaparlar. Bu etkiler olumlu ya da olumsuz olabilir, fakat etkileşimler birçok konfigürasyonda dikkatli incelemeye ihtiyaç duyarlar. Mümkün parametre tasarım etkileşimlerini ve eğilimlerini araştırmak için de belli bir sayıda TMS konfigürasyonu oluşturulur. Son yıllarda mekanik işlem gerektiren tüm alanlarda etkin bir takım yönetiminin önemi anlaşılmıştır.

5.2.1. Takım Akış Planlaması

Her bir makine seviyesindeki, hücre seviyesindeki ve fabrika seviyesindeki takım yönetim sistemleri, takım depoları arasında hiyerarşik bir şekilde cereyan eder. Nakil sistemlerinden oluşan bir takım akış şebekesi ile birbirine bağlıdır. (Şekil 4.1 - 4.2). Takım akış şebekesi hiyerarşik olarak üç seviyede tanımlanmıştır; Merkezi Takım Deposu, İkincil Takım Deposu ve Birincil Takım Deposu, Özbayrak (1993).

Takım akışı FMS'temi içerisinde üç ana kısımda incelenir;

Makina düzeyinde takım planlaması,

Hücre düzeyinde takım planlaması ,

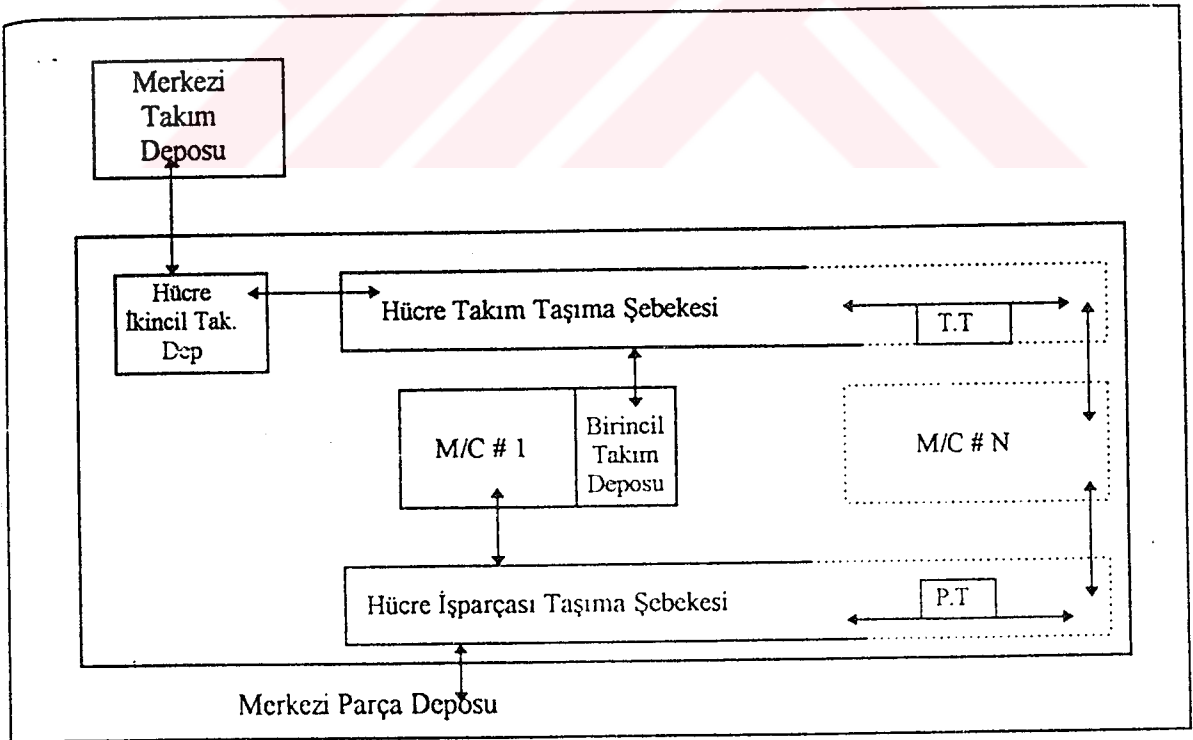
Fabrika düzeyinde takım planlaması.

5.2.1.1. Makine düzeyinde takım planlaması

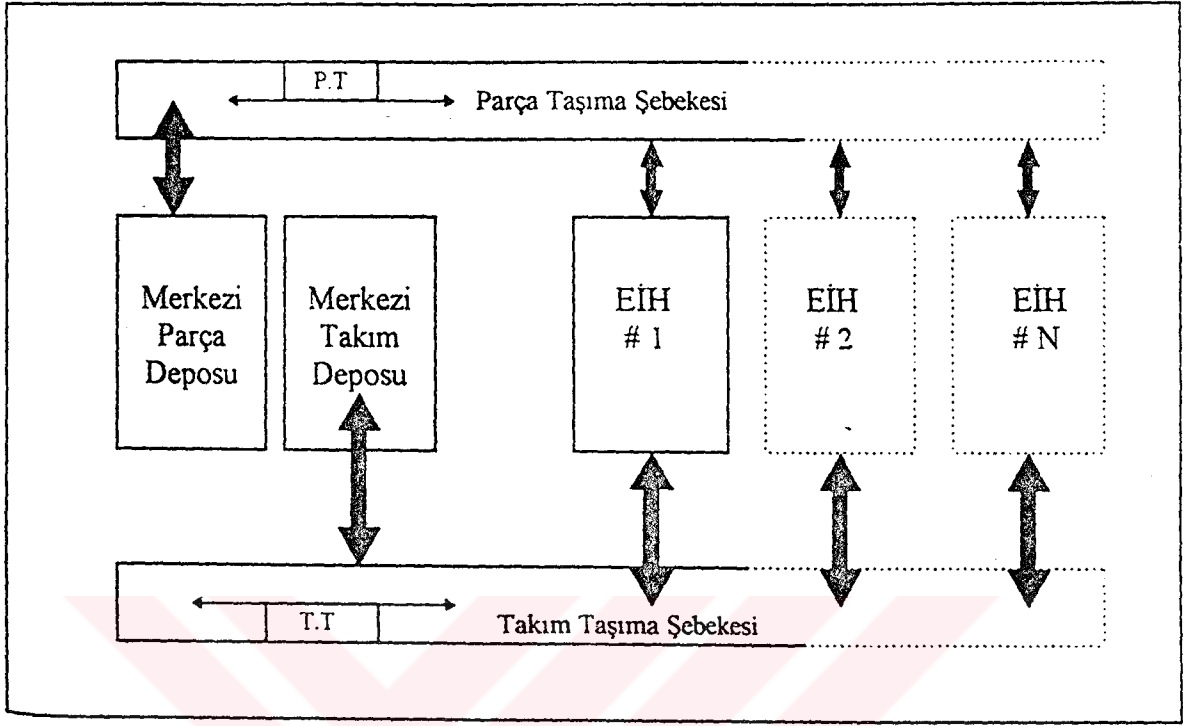
CNC tezgahlarının genellikle indekslenebilen bir tür yerel, ya da birincil takım depoları vardır. Tezgah bazında olan bu depolar birincil takım deposu olarak adlandırıldıkları gibi, magazin adı ile de anılırlar. Bu depo, takımı, kullanılmak üzere depolar

Magazinlerin en çok kullanılan iki tipi; takım yuvalı ve zincir tipidir. Bir takım kullanıma çağrıldığında magazin, takımı mekanik tutma aleti için uygun yere getirmek üzere en kısa yol ile indeksleyecektir. Takım artık istenmediğinde, bir sonraki çağrılacak takıma magazin indekslemesini beklemek üzere magazindeki ayrılmış yerine gönderilir. Ekonomik ömrü bitmiş takımlar hücre bazındaki ikincil takım deposuna gönderilir. Üretim biçimine göre tezgahdaki, kapasitesi değiştirilebilir. Genel olarak takım kapasitesi 20 ile 220 arasında değişebilir.

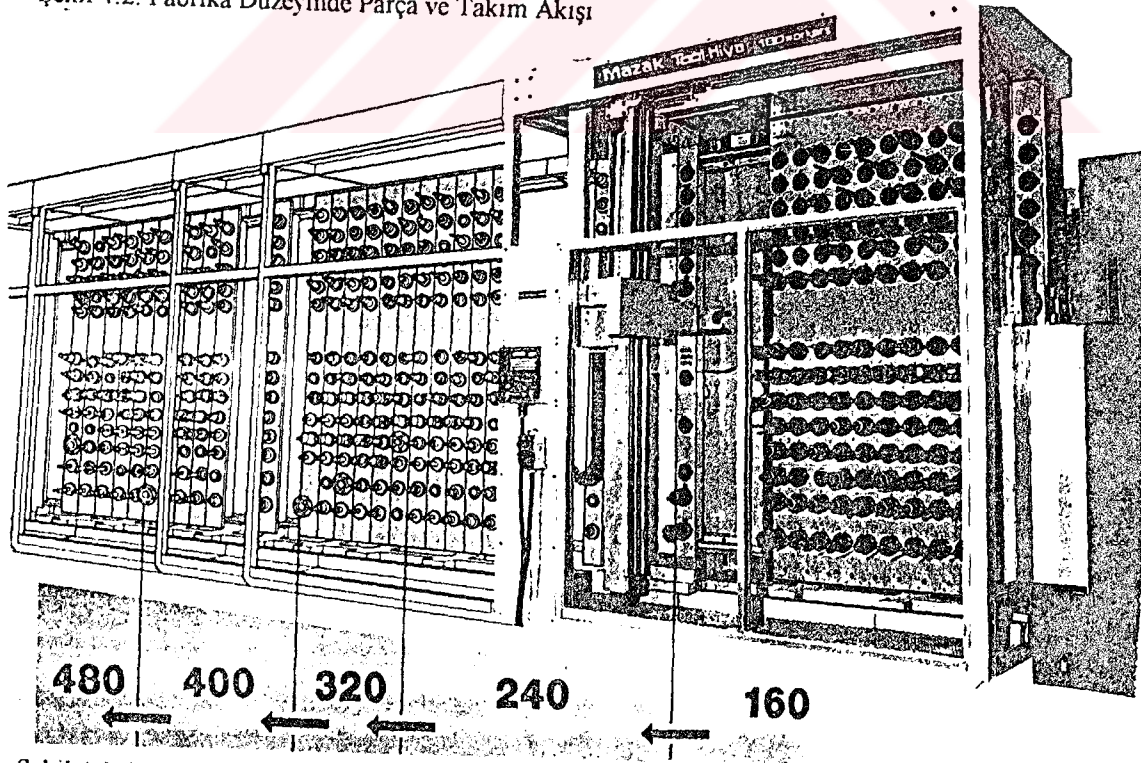
Klasik CNC tezgahlarında pratik depolama kapasitesi 20 ile 220 arasında değişirken, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 'de görüldüğü gibi MAZAK'ın geliştirmiş olduğu "Mazak Tool Hive" modelinde takım kapasitesi 160 ile 480 takıma kadar artırılabilir. Bu sistemde diğer tezgahlardan farklı olarak zincir tipi depolama yerine, arı kovanına benzeyen bir depolama sistemi kullanılarak en az yer işgali ile en fazla takım depolama amaçlanmıştır. Takımlar tezgaha özel tasarlanmış bir robot tarafından yerleştirilip çıkartılır. (MAZAK Kataloğu).



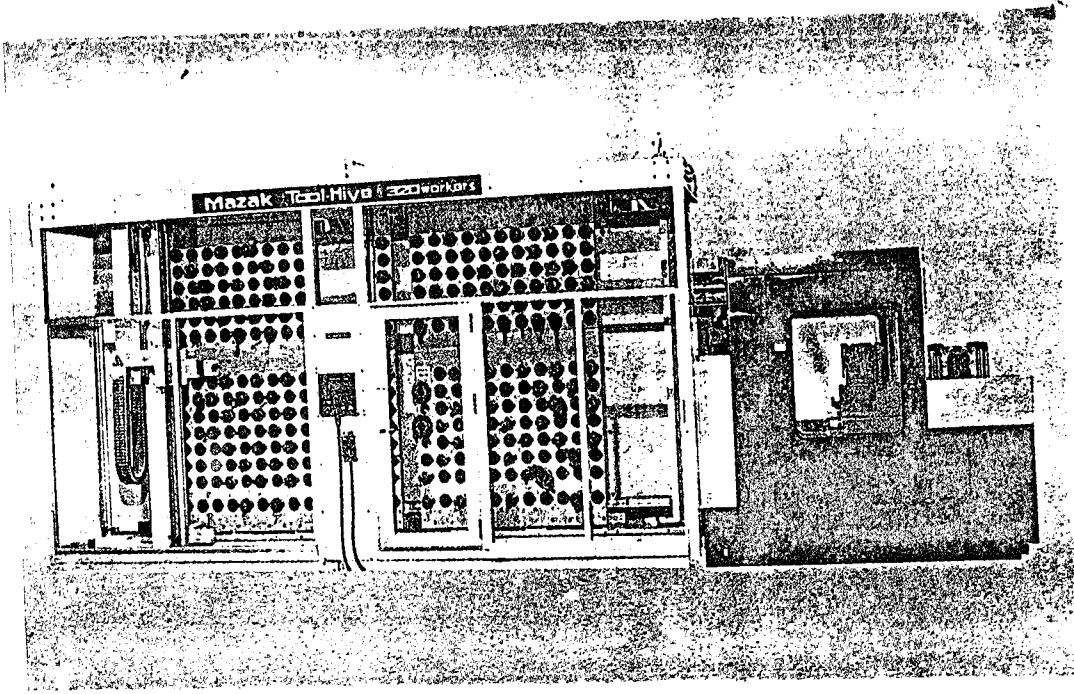
Şekil 4.1. Hücre Düzeyinde Parça ve Takım Akışı



Şekil 4.2. Fabrika Düzeyinde Parça ve Takım Akışı



Şekil 4.3. Mazak Tool Hive Modeli Takım Depolama



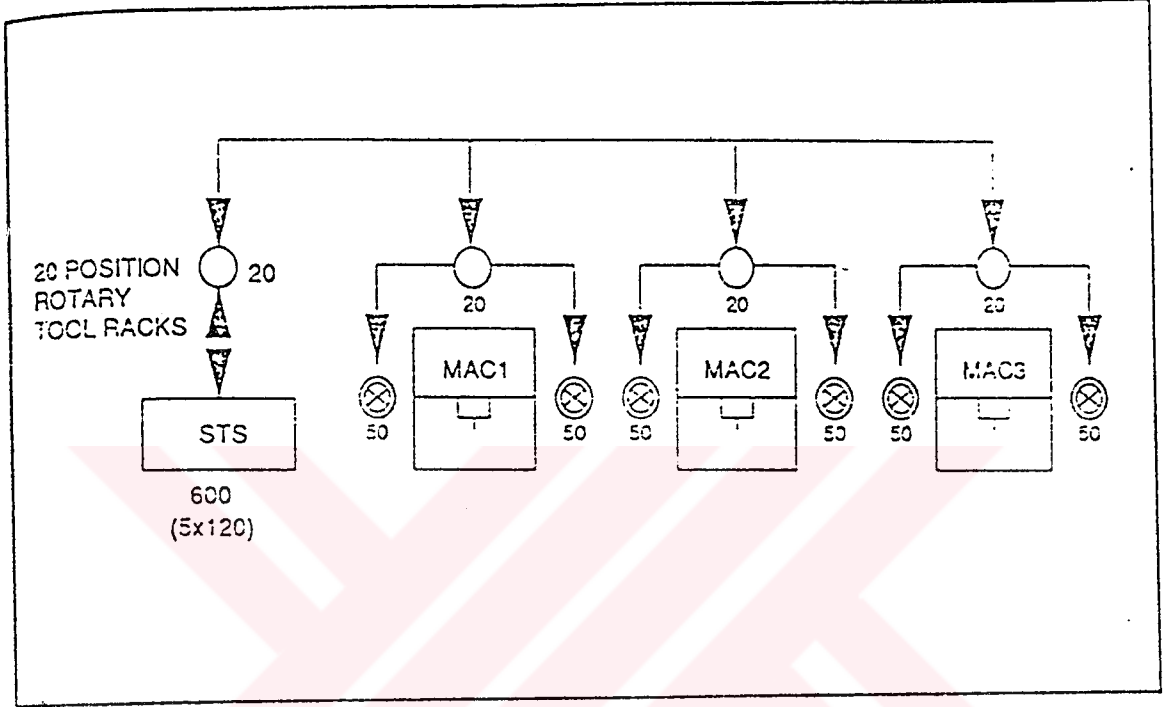
Şekil 4.4. Mazak Tool Hive Modeli

5.2.1.2. Hücre bazında takım planlaması

Bu sistem türüyle hücre içindeki tüm makinalar için takımlar, hücrenin ikincil takım deposu tarafından sağlanır. Bu depo, manuel olarak çalıştırılabilir ya da takım ömrünü, takım dallanmalarını ve diğer ilgili takım bilgilerini gösteren, tamamıyla otomatik bir takım deposu olarak hazırlanabilir. İşlenecek parçanın hücre içerisinde takım teminini sağlar. Parça için gerekli olan takım, eğer birincil takım deposundan sağlanamıyorsa o zaman devreye ikincil takım deposu girer. Kendisinde bulunmayan takımları merkezi takım deposundan getirtir. Ekonomik ömrü bitmiş takımları Merkezi takım deposuna gönderir. Takım kapasitesi sisteme göre değişiklik gösterse de, 460-800 civarında takımı bünyesinde bulundurabilir.

Şekil 4.5'de görüldüğü gibi, Citroen' de kullanılan esnek imalat hücrelerinde ikincil takım deposu mevcuttur. Her makina, herbiri 50 takım kapasiteli ve takımları, magazinlerle iş mili arasında transfer eden otomatik bir takım değiştiricisi olan 2 adet zincir magazinle donanmıştır. Takım ömrünü gösteren 600 takım kapasiteli bir otomatik takım odasıyla yedeklenmiştir. İşlem merkezi tarafından bu takım odasından bir takım istendiğinde bir AGV tarafından yürütülen bir yerleştirme mekanizması, takımları buldukları bölümden yatay bir takım yuvasına transfer eder. Bu,

çevresinde 20 takım tutar. Takım yuvası dolduğunda AGV bunu takımları istemiş olan proses merkezinin arkasındaki bir istasyona taşır. Bunu, zarar görmüş, kırılmış, ya da makina tarafından daha fazla istenmeyen takımları içeren yuva ile değiştirir. Diğer bir yerleştirme aleti daha sonra yeni takımları makinanın zincir magazinine transfer eder, De Souza (1988) .

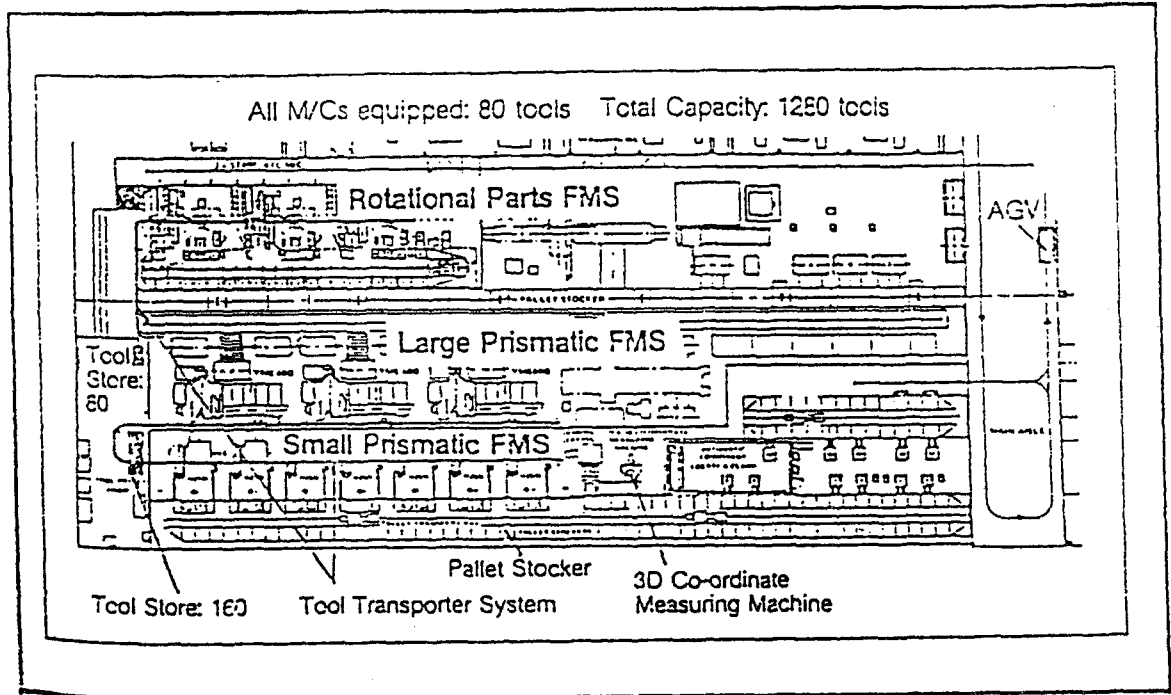


Şekil 4.5. Citroen Fabri kasında Kullanılan İkincil takım Deposu

5.2.1.3. Fabrika bazında takım planlaması

Bu tür bir sistem oluşturulduğunda takımlar tüm fabrikaya merkezi takım deposu tarafından sağlanır. Fabrika bazında takımların durumu ile ilgilenir. Kesme yeteneğini yitirmiş takımları yeniden bileme, kesici takımın yönünün değiştirilmesi ve montajlanması, işe göre takım boyunun ayarlanması ile ilgilenir. Sistemin ihtiyacına göre takımları ikincil takım deposuna gönderir. Sisteme göre takım kapasitesi değişiklik gösterir. 4000 adet takıma kadar bünyesinde bulundurabilir.

Şekil 4.6'da Yamazaki fabrikasındaki merkezi takım deposu görülmektedir. İşlemlerin olduğu sahada 3 adet FMS hattı vardır. Her makina 80 'lik bir takım magazinine sahiptir. Buna ek olarak biri hem küçük hem de büyük prizmatik işlem hatlarına hizmet eden 160 takımlık kapasitesiyle ve diğeri de işlemsel tornalar için 80 takım kapasiteli iki adet takım depolayıcı vardır, Kurimoto (1989).



Şekil 4.6. Yamazaki Fabrikasına Ait Merkezi Takım Deposu

Merkezi Takım Deposu (MTD), öncelikle takımları hücre üretim çizelgesine, zamanında hazırlamak için yapılan faaliyetlerle ilgilidir. Normalde, tek tek makinelerle direkt etkileşime girmez. Ama bir hücre İkincil Takım Deposu vasıtası ile bu olayı gerçekleştirirler. Merkezi Takım Deposunda meydana gelen belli başlı olaylar şunlardır;

Değişik makineler, işler veya partiler için takım ihtiyaçlarını sağlaması,

MTD takımların ve fiyestürlerin, çizelgelenmiş üretimi desteklemek için hazırlanmasına yardımcı olur. Mesela, önhazırlık, takım montaj hazırlanması ve makine hücrelerine transfer edilmek üzere takımları kitler halinde gruplanması.

Hücrelerden geri dönen takım montajlarının uzaklaştırılma işini yürütülmesi,

Yeniden bileme gerektiren takım montajlarını çözmek ve tekrar kullanılabilen takım montajlarını uygun yerlerde depolaması,

Ani takım kırılmalarından dolayı ortaya çıkan beklenmedik takım ihtiyaçlarına cevap vermesi,

İlerde referans olarak kullanmak için rapor tutmak ve envanter kontrolü için ilgili takım karakteristiklerini ve takım kullanım verilerini tutması,

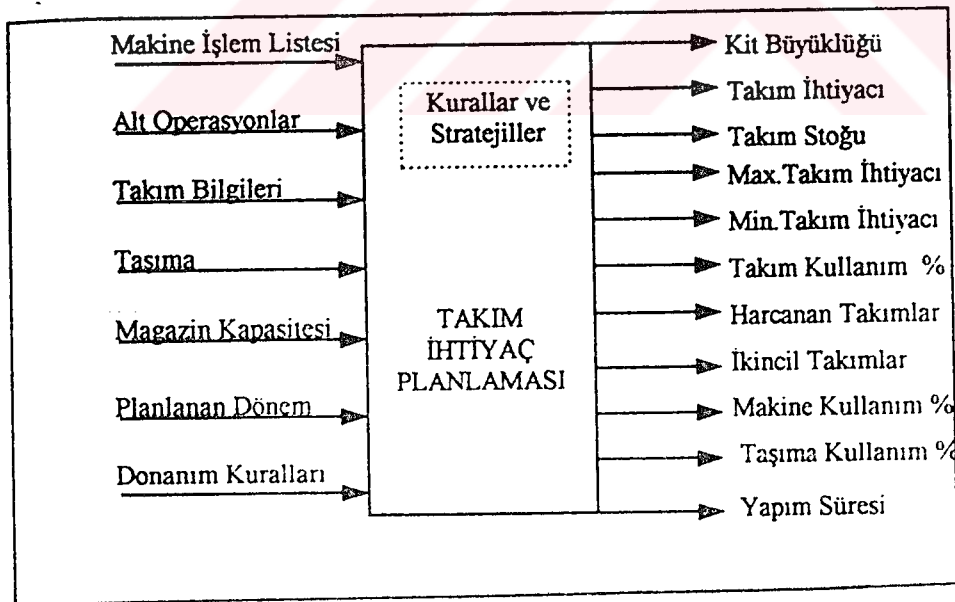
Takım stoklarını önceden belirlenmiş kriterlere göre düzgün bir şekilde ve zamanında yenilemesi.

5.2.2. Takım ihtiyaç planlaması (TİP)

Takım Yönetim Sisteminin (TYS) işletim kolaylığı için, dizayn edilen modüllerden birisidir. Şekil 4.7’de TİP’ akışının sağlanması için sisteme giren modül parçaları ile, modelin sonucunda meydana gelen çıktılar görülmektedir.

TYS işletiminin daha rahat yapılabilmesi için gerekli olan TİP, kesici takımların tedarikinde, hazırlanmasında ve önlem alınmasında üç ana yaklaşımdan faydalanır. Bunlar işparçası tabanlı, takım tabanlı ve karışık çizelgeleme yaklaşımlarıdır

İş parçası, parti büyüklüğü, alt operasyon zamanları, kullanılan takım tipleri, kullanılabilen takım ömürleri ve kullanılan makineler veri-tabanı tarafından bilinir.



Şekil 4.7. TİP'in Girdi ve Çıktıları

TİP modülü, strateji prosedürüne göre işlem gören her bir iş parçasına göre takım gruplamasını (kit) hesaplar. Bu takım grubunu hesaplarken her bir takım tipi için ayrı

ayrı hesaplanır. Bu hesaplama en kaba hatları ile minimum ve maksimum takım gereksinimleri, takım envanteri, kullanılabilen takım ömrü, kesici takıma ait yapma zamanı, makine ve taşıyıcı kullanımılığından oluşur.

Takım İhtiyaç Planlaması her tip takım çeşidine göre, her stratejide farklılıklar arz eder. Fakat genelde, temel takım ihtiyacının hesaplanmasında şu aşağıdaki formül uygulanır;

$$\text{Takım İhtiyacı} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\text{operasyon zamanı} * \text{parti büyüklüğü}) / \text{Kullanılabilir takım ömrü}$$

$i = 1, 2, \dots, m$ alt operasyonların sayısı

$j = 1, 2, \dots, n$ takım tiplerinin sayısı

$n=m$

Takım İhtiyaç Planlamasının daha etkili ve daha güvenilir sonuç ve çözüm vermesi için mutlaka takım akış stratejileri dahilinde yapılmalıdır, Özbayrak (1993).

5.2.3. Cluster Algoritması İle TİP Hesaplanması

5.2.3.1. Cluster oluşumu için kural seti

Daha dinamik cluster analizi yapmak için, daha güçlü kurallar seti geliştirilmiştir. Bunlar;

1. Bir cluster setinde yer alan bir takım, yeterli takım ömrüne sahipse, aynı makinada değişik işlerde kullanılabilir.
2. Eğer işlerin gerektirdiği takım listeleri arasında %50 ortaklık varsa, takım listeleri bir cluster setinde yer alırlar.
3. Eğer işin iş kütlesi (batch size) büyükse ve magazin kapasitesi ya da makina darboğaz problemi oluşuyorsa, bu kütle, aynı takım tiplerinde kesin olarak kullanılan daha küçük transfer kütlelerine ayrılabilir.
4. Bir cluster seti, tek tip parçaları işleyecek şekilde oluşturulabilir.

5. Eğer bir cluster setinde işlerin işlem süreleri, planlanan üretim periyodundan daha kısa ise, cluster seti, farklı makinalara gönderilebilen daha küçük cluster setlerine ayrılabilir.

6. İlk cluster işleminden sonra oluşan cluster setleri uygun makinalara dağıtılabilir.

Daha sonra gruplanan işler parça / takım matrisinden çıkarılır, böylece sonraki cluster işlemi için daha küçük matris oluşturulur. Bu işlem, bütün cluster setleri oluşana kadar tekrar edilir ve gruplanan işler makinalara dağıtılır.

7. Bir cluster setinde bir çok ortak iş olabilir. İşlerin sırası, bahsedilen kuralların birine göre oluşturulabilir, (SPT, LPT, EDD, FIFO, gibi).

8. Eğer bir cluster setindeki takım miktarı, uygun olan makinanın magazin kapasitesinden fazla ise, cluster seti; ya işlerin iş kütlesini düşürerek, ya da setteki ortak işlerden birini kaldırarak daha küçük setlere ayrılabilir.

9. Eğer aynı makina için çizelgelenen cluster setleri arasında ortaklık varsa, uygun takım ömürleri test edilir. Ortak olan ve yeterince ömrü olan takımlar makinada tutulur, geri kalanı ise setten çıkarılır. Bu teknik, ayrı bir strateji formudur ve dinamik cluster analizinde kitting strateji olarak adlandırılır (DCDK).

10. Eğer net cluster setleri oluşmuşsa, bunlar farklı takımlar kullanan bazı işler ile bloklanır, bu işler, bir cluster seti oluşuncaya kadar yalnız başına çizelgelenebilirler.

11. Eğer iş listesi yapısından dolayı net bir cluster seti oluşmamışsa, belirlenmiş iş kütlesinden daha büyük olan bazı işler, daha küçük iş kütlesine sahip bir çok işler ayrıştırılabilirler.

12. Cluster seti ve ortak işler, en az kullanılan boş makinalara gönderilirler.

13. İşlerin bütün alt operasyonları aynı makinada işlenir.

Sonuçları ekler bölümünde verilen örnek problemde takım ihtiyaç planlaması için iki strateji kullanılmıştır.

Full Clustering

Differential Cluster

5.2.3.1.1. Full clustering

Bu strateji, kontrolü en kolay olan ve en esnek stratejidir. Örnek problemimizde 156 iş parçası, 70 değişik kesici takım, 4, 6 ve 8 makinadan oluşan hücrelerde işlenmiştir. Takım ihtiyacının belirlenmesinde ilk olarak bu strateji kullanılmıştır.

70 takım ve 156 iş parçasından oluşan parça / takım matrisi ROC algoritması kullanılarak cluster edilmiştir. Böylece hangi iş parçası grubunun hangi takımlarla işleneceği belirlenmiştir. İş parçası grupları, önce boş bulunan 4, 6 ve 8 makinadan oluşan hücelere atanmıştır. İş gruplarının atanmasındaki temel kural, ilk boşalan makineye kuyruktaki iş grubunun atanması şeklindedir. Bu işlem kuyruktaki tüm işler atanıncaya kadar devam eder.

Bu stratejide bir takım kiti belirli bir parçayı ya da parça grubunu işlemek için iş istasyonuna (makineye) atanır. Parça ya da parça grubu işlendikten sonra, kullanılan takım kiti ya makine üzerinde kalır, ya da hücre takım deposuna geri gönderilir. Takımlar ömrüne bakılmaksızın ikinci kez kullanılmazlar. Geri gönderilen takım kiti saklanır, sökölür ya da diğer kitleri teşkil eden takımları oluşturur veya depolanır.

Bu strateji, genellikle takım magazininin sınırlı olduğu, yerinin değiştirilebildiği ve transfer edilebildiği nakinalarda kullanılır. Takım kiti ikinci kez kullanılmadığı için de bu strateji differential clustering stratejisine göre daha pahalıdır.

Örnek problemimizde de bu stratejinin kullanıldığı durumda takım ihtiyaçları yüksek çıkmıştır. Full Clustering ve Differential Cluster stratejileri kullanılarak hesaplanan takım ihtiyaçları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Takım İhtiyaçları

	Takım İhtiyaçları	
	Full Clustering	Differential Cluster
4 Makinalı MC	603	505
6 Makinalı MC	608	515
8 Makinalı MC	607	515

5.2.3.1.2. Differential cluster

Bu stratejide parça / takım matrisinin cluster edilmesi ve işlerin makinalara atanması Full Clustering de olduğu gibidir. Ancak takım kitleleri açısından durum farklıdır. Bir iş parçası grubunun işlenmesi için atanan takım kitindeki ömrü bitmemiş iki grup arasındaki ortak takımlar magazinde tutularak, başka bir iş parçası kiti için ihtiyaç duyulduğunda kullanılabilir. Bu ise takım tasarrufu sağlayarak takım ihtiyacını ve de maliyeti düşürmektedir. Örnek problemimizde de bu uygulamayla takım ihtiyacında önemli bir düşüş olmuştur. (bkz. Tablo 1).

5.2.4. Takımların sisteme yeniden kazandırılması

Özellikle iş parçası yönlendirmeli stratejilerin uygulandığı büyük makina gruplarından oluşan hücrelerde, imalatın düzgün olarak akışını sağlayabilmek için ve takımların zamanında tezgahlarda bulunmasını garanti edebilmek için büyük takım stoklarıyla çalışmak gerekmektedir. Bu sistem içinde yüzen eleman sayısının aşırı olarak artmasına ve takım maliyetinin ise yükselmesine neden olmaktadır. Bu problemi çözenin bir yolu, yarı kullanılmış olan ve hücre ikincil takım deposuna geri döndürülen hala kullanılabilir nitelikteki takımların yeniden sirkülasyonunu sağlamakla mümkün olabilir. Aynı zamanda ömrü bitmiş ama yeniden bilenebilir takımlar da merkezi takım deposunda bilenerak yeniden sistem içinde sirküle edilebilir. Bu hem

takım ömürlerinin çok daha etkili kullanımını, hemde sistem içinde akmakta olan takımların gerçekçi bir sayıya indirgenmesini, yani takım stok seviyesindeki aşırılıkların önüne geçecektir.

5.2.5. Takım taşıma (Transportation)

Takım taşınması, bir tezgahlar sistemi içerisinde değişik kesici takımların taşınması olayıdır. Bir Esnek İmalat Sistemin'de, özellikle hücrelerle Merkezi Takım Deposu arasında takım transferleri işi, her takım yönetimi sisteminin temel bir özelliğidir, Souza (1990). Mali sebeplerden veya insansız operasyon gerektiği durumlarda insanlar taşıma yapmazlar. Takım transferinin her zaman değil, bazen gerekli olabileceği düşünülmüştür, Newman (1992). Otomatik takım transfer sisteminin ana hedefi direkt işçilik maliyetlerini düşürmek, insan kullanılması gereken üretilere doğru geçişte tepki verme gücünü artırmak, esnekliği korumak ve takımları fabrika içerisinde hareket ettirmektir.

Esnek İmalat Hücreleri etrafındaki, takım transferi imalatçıdan imalatçıya değişmektedir. İş parçasının ve takımların transferinde en çok kullanılan transfer metodu ve araçları (Otomatik Güdümlü Araçlar) OGA'dır. Son zamanlarda çıkan diğer cihazlar, Over-Head tipi vinçler ve onlara monte edilmiş robot kolları ile (Raylı Güdümlü Araçlar) RGA'dır.

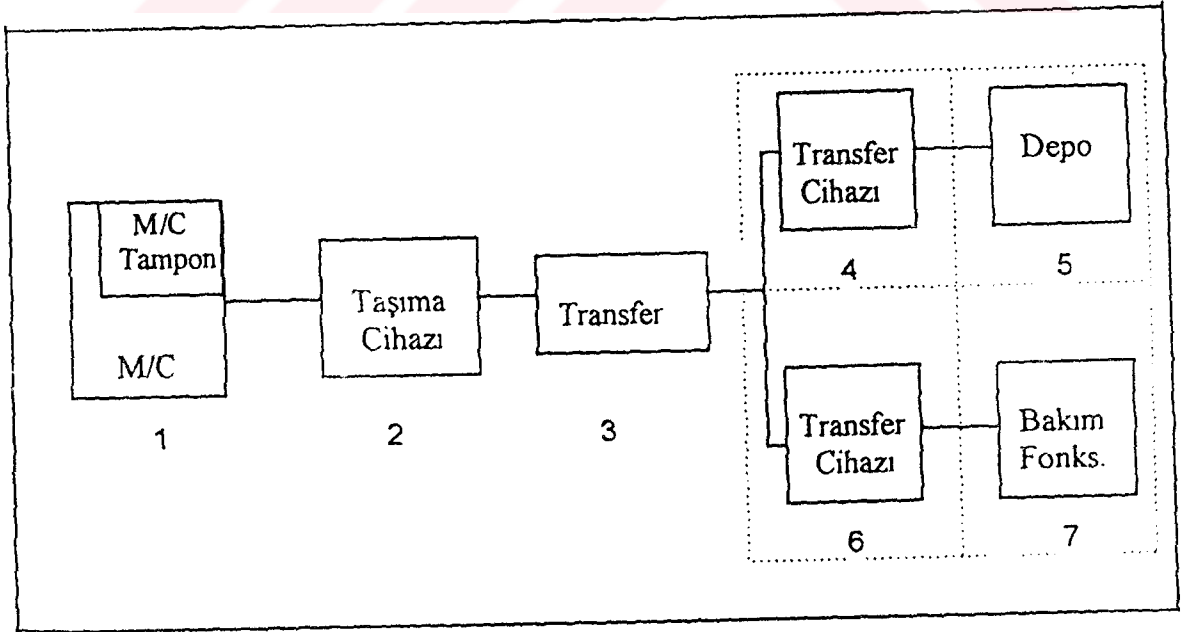
Her metodun avantajları ve dezavantajları vardır. Ancak hepsinin ortak bir problemi bulunmaktadır. Karmaşıklık ve/veya pahalılık. Karmaşık sistemler her bir birim arasında transferleri sağlamak için bazı ek taşıma ve yönlendirme cihazlarına ihtiyaç duyan sistemler olarak tanımlanır. Mesela Birincil Takım Deposu ve transfer, takım transferi ve takım depolama ve/veya bakım-ayar istasyonları gibi. Haliyle bunlar bazı cihazlara ihtiyaç duyacaklardır.

Şekil 4.8'de bir takım transfer sistemini ana hatları ile göstermektedir. En az beş fonksiyonel cihaz gösterilmiştir. Bu sayı en fazla yedi olabilir. (Bakım-ayar istasyonu transfer cihazı ile bütünlük arzemektedir). Bunlar istenen otomasyon derecesine bağlıdır.

Sistem içerisinde kullanılan cihaz ve fonksiyonlar şöyle tanımlayabiliriz:

1. Cihaz: Birincil Takım Deposu,
2. Cihaz: Makinenin takım tamponu ile transfer mekanizması arasında takımların geçişini sağlayan mekanizma,
3. Cihaz: Transfer fonksiyonu,
4. Cihaz: Transfer fonksiyonu ile depo (İkincil Takım Deposu veya yedek takım deposu) arasındaki takım alışverişini sağlayan fonksiyon,
5. Cihaz: Depo fonksiyonu,
6. Cihaz: Bakım ile transfer iletim sistemi arasındaki geçişler,
7. Cihaz: Bakım fonksiyonu.

Not : 6 ve 7 nolu maddeler sistemde olmasa da olabileceği gibi, bulunduğu zaman manuel de olabilir.



Şekil 4.8. Basit Bir Takım Taşıma Sisteminin Elemanları

5.3. Sonuç

Ele alınan ve bir FMS’de sistemi daha verimli kılacak olan takımların yönetimine ait çeşitli stratejiler ve takım yönetiminin sistem içindeki önemi verilmiş, ayrıca takımların bir esnek imalat sisteminde izlemiş olduğu hiyerarşik takım akış sırası anlatılmıştır.



BÖLÜM 6. SONUÇ

Esnek İmalat Sistemlerinin yönetimi ve etkin kullanımı, sistemi oluşturan parametrelerin etkili ve birbirleri ile uyumlu entegrasyonları sayesinde olur. Esnek imalat sistemlerini en etkili kılan parametrelerden birisi takım yönetimidir. Yapılan çalışmalardan da görüleceği gibi hedeflenen sonuçlara ulaşılmış ve takım yönetiminin bir esnek imalat sistemi içerisinde ne denli önemli olduğu vurgulanmıştır. Takım yönetimini etkili kılan iyi seçilmiş parça akış çizelgelemesi ve buna uygun bir takım akış stratejisidir.

Takımların verimli kullanılması, baştan sona bir esnek imalat sistemini etkiler. Yazılım programının test edilmesi ile de görülmüştür ki, farklı takım stratejilerinde farklı sonuçlar alınmış ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Kullanılan iki stratejiden differential clustering strateji, takım tasarrufu açısından full clustering stratejiye göre daha iyi sonuç vermiştir. Her bir takım maliyetinin çok yüksek düzeyde olduğu göz önüne alınırsa ve bu maliyetin de direkt olarak sisteme yansıdığı düşünülürse, sistem maliyetinin aşağılara çekildiği görülür.

BÖLÜM 7. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

7.1. Giriş

Bu bölümde, bu tez çalışmasında kullanılan örnek probleme ait performans kriterleri verilmiş ve bu performans kriterleri baz alınarak bulunan sonuçlar tartışılmıştır.

7.2. Performans Kriterleri

Bu çalışmada, ele alınan sistemlerin performanslarını ölçmek için kullanılan temel kriterler şunlardır:

1. Takım İhtiyaç Planlaması (TRP)
2. Harcanmış Takım Sayısı
3. Üretim Süresi
4. Makina Kullanım Oranı

7.3. Takım İhtiyaç Planlaması (TRP)

Takım ihtiyaç planlama, takım yönetimi tasarımının başarısını gösteren en önemli performans kriterlerinin başında gelmektedir. Sistem içerisinde gerekli olan takım sayısı, atölyede aktif olarak kullanılan, takım deposunda tutulan takımlar ve takım değişim sıklığı hesaplamaları takım ihtiyaç planlama ile yapılmaktadır.

Takım ihtiyaç planlamanın temel girdileri, çizelgelenmiş iş listeleri, operasyon süreleri, kullanılan takımlar, takım ömürleri, yığın büyüklüğü, izin verilen takım kullanım oranı ve adapte edilen takım atama stratejileridir. Bu çalışmada iş listeleri, farklı bir iş çizelgeleme programı yerine, clustering algoritmasının gereği olarak, hem işler, hem de karşılık gelen takımlar birlikte gruplanmak suretiyle bir bakıma takım ihtiyaç planlama hesaplamaları yapılırken işler de çizelgelenmiş ve hücre kullanımı ve sağlanan zaman uzunluğu dikkate alınarak dengeli bir hücre yüklemesi yapılmıştır

Sistemin çıktıları ise, takım ihtiyaç planlaması, harcanmış takımların oranı, makina kullanım oranı, yapım süresi, takım stok oranı ve takım akış oranıdır. Sistem yöneticisi elde edilen sonuçlara bakarak, sistemin performansını ölçebileceği gibi, müdahale etmesi gerekli zamanı ve yeri de belirleyecektir.

Bu çalışmada takım ihtiyaç planlaması, üç değişik hücre (4,6,8 makina) ve iki değişik iş yığın büyüklüğü (10 ve 20) gözönüne alınarak aynı iş listeleri (70 parça çeşidi) için hesaplanmış ve değişik donanım ve yükleme şartlarında sistemin davranışı incelenmiştir.

7.3.1. Full clustering strateji

Bu strateji gruplanmış işleri ve karşılık gelen takımları dengeli bir şekilde makinalara dağıttıktan sonra, operasyon sürelerini ve iş yığını dikkate alarak takım ihtiyaç planlaması yapar. Takım ihtiyacı belirlenmesindeki formülasyon;

$$\text{Takım İhtiyacı} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n [(\text{gruplanmış operasyon süresi}) * \text{yığın büyüklüğü}] / \text{takım}$$

ömrü

$i = 1 \dots n$, operasyon sayısı

$j = 1 \dots m$, kullanılan takım listesi

Strateji, yeni bir iş ve takım grubu geldiğinde, bir önceki takım grubunun geri kalan takım ömürlerine ve ortak takımlara bakmaksızın boşaltılmasını öngörür. Bu nedenle bu stratejide takım ihtiyacı ve takım stoku daha fazladır. Ancak stratejinin uygulanması ve kontrolü oldukça kolaydır.

Bu strateji takımların birbirinin yerine kullanılmadığı için makina sayısına duyarlı değildir. Ancak iş yığını büyüklüğüne karşı oldukça duyarlıdır. Yığındaki iş sayısı arttıkça aynı takımı kullanan iş sayısı arttığı için, takım ömrü kullanımı daha etkilidir. Dolayısıyla takım ihtiyacı büyük iş yığınlarında düşmektedir. Bu strateji kullanıldığında meydana gelen takım ihtiyacı Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Takım İhtiyaçları

TRP			
MC	Batch Size	Full Clustering	Differential Cluster
4	10	603	505
6	10	608	515
8	10	607	515
4	20	498	422
6	20	494	425
8	20	494	426

7.3.2. Differential clustering strateji

Bu strateji, full clustering stratejinin geliştirilmiş şeklidir ve ardışık gelen iş grubu / takım grubu arasındaki ortak takımlar arasında hala kullanılabilir takımları makina üzerinde tutarak, takım ömrünün daha etkili olarak kullanılmasını sağlar. Uzun dönemli imalat periyotlarında bu strateji full clustering stratejiye göre oldukça ekonomiktir ve çok sayıda takımın tasarruf edilmesini sağlar, (bkz. Tablo 2.1).

Full clustering'de olduğu gibi, differential clustering de iş yığını büyüklüğüne karşı oldukça duyarlıdır ve aynı takım ömrünü kullanan iş sayısı arttığı için takım ömrü kullanımı daha etkilidir. Bu nedenle büyük iş yığınlarında takım ihtiyacı düşmektedir.

Takım ihtiyaç planlamasında kullanılan bu iki stratejinin grafiksel olarak karşılaştırılması

bu bölümün sonunda verilmiştir.

7.4. Kullanılmış Takım Sayısı

Takım atama stratejilerinde temel amaç, kullanılabilir takım ömürlerinin tamamını kullanmak, dolayısıyla takım depoları arasında takım değişim sıklığını enaza indirmektir. Bu amaçla tümüyle kullanılmış takım sayısı, stratejinin hedefine ne kadar ulaştığının bir göstergesidir. Bu çalışmada denenen 6 senaryoda, harcanmış takım sayısını etkileyen temel faktör iş yığını büyüklüğü olmuştur

Tablo 2.2'den de görüldüğü gibi , iş yığını büyüklüğü 10'dan 20'ye çıkarıldığı zaman, aynı takımı kullanan iş grubu büyüklüğü arttığı için takım ömrü daha etkili kullanılmış ve tümüyle kullanılmış olan takım sayısında belirgin bir artış görülmüştür. Kullanılmış takım sayıları grafiksel olarak bu bölümün sonunda verilmiştir.

Tablo 2.2. Kullanılmış Takım Sayısı

Kullanılmış Takım Sayısı			
MC	Batch Size	Full Clustering	Differential Cluster
4	10	67	60
6	10	65	62
8	10	66	64
4	20	84	78
6	20	83	78
8	20	83	76

7.5. İş Listesi Yapım Süresi

Clustering stratejisini uygulamanın en büyük güçlüklerinden bir tanesi, iş gruplarının farklılığı sebebiyle makina yükleri arasında denge kurulmasının zorluğudur. Bir yandan takım akışını dengelemeye çalışırken, öte yandan en önemli hücre performans kriterlerinden olan işin yapım süresini gereksiz yere uzatmak gibi bir problemle karşılaşılabilir. Bu nedenle oluşan cluster setlerinin makinalara çok dengeli olarak dağıtılması gerekmektedir. 4, 6 ve 8 makinalı hücrelere yapılan atamalarda bu denge gözönüne alınmıştır. Bu nedenle az makinadan çok makinaya doğru artışta tabii olarak makina yapım süresi düşmüştür. Gerçekte ise denge gözetildiği taktirde yapım süresi ile takım ihtiyacı arasında doğrudan bir ilişki tesbit edilememiştir. Yapım süreleri Tablo 2.3'de verilmiştir.

Tablo 2.3. İş Listesi Yapım Süreleri

Yapım Süreleri			
MC	Batch Size	Full Clustering	Differential Cluster
4	10	4109	4109
6	10	2760.4	2760.4
8	10	2098	2098
4	20	4088.4	4088.4
6	20	2712	2712
8	20	2165	2165

7.6. Makina Kullanım Oranı

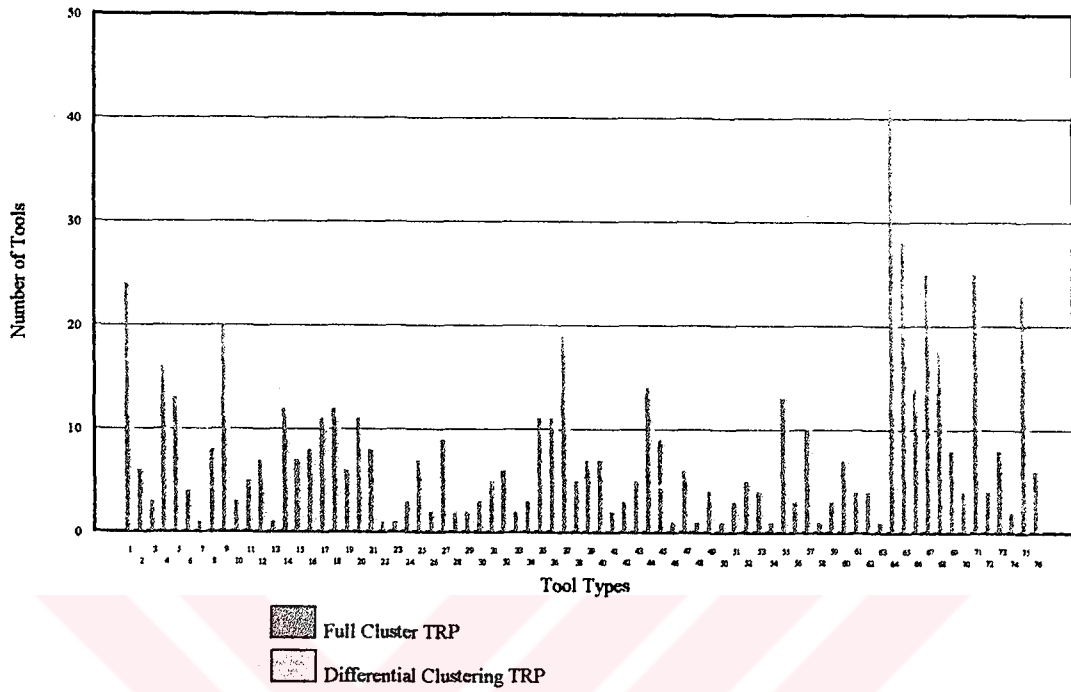
Yapım süresinde olduğu gibi dengeli iş yüklemeye dikkat edildiği takdirde, önemli bir performans kriteri olan makina kullanım oranı ihmal edilmemiş olacaktır. Tablo 2.4'den de görüldüğü gibi bu denge, iş atamalarındaki dengeli yükleme nedeniyle korunmuştur. Yapım süresinde olduğu gibi, makina kullanımı ile sistemin takım ihtiyacı arasında doğrudan negatif bir ilişki yoktur.

Tablo 2.4. Makina Kullanım Oranı

Makina Kullanım Oranı			
MC	Batch Size	Full Clustering	Differential Cluster
4	10	92.22	92.22
6	10	91.40	91.40
8	10	90.04	90.04
4	20	93.39	93.39
6	20	93.09	93.09
8	20	87.51	87.51

4 MC Cell Clustering TRP

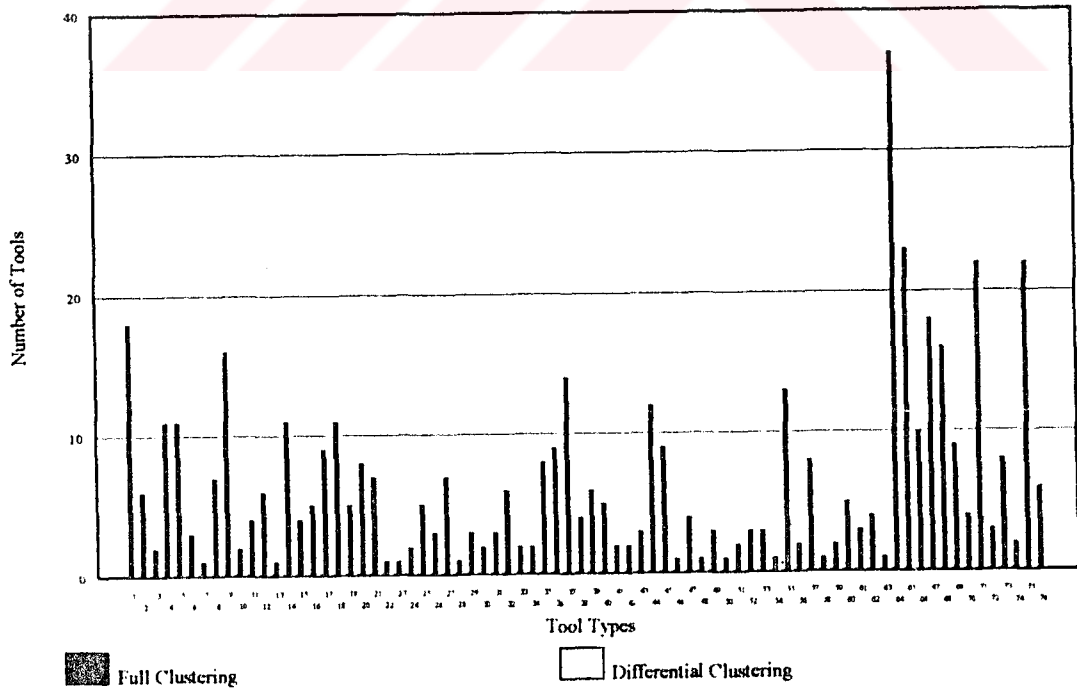
Batch Size = 10



Grafik 1.1. 4 Makinalı hücrede takım ihtiyacı

4 MC Cell Clustering TRP

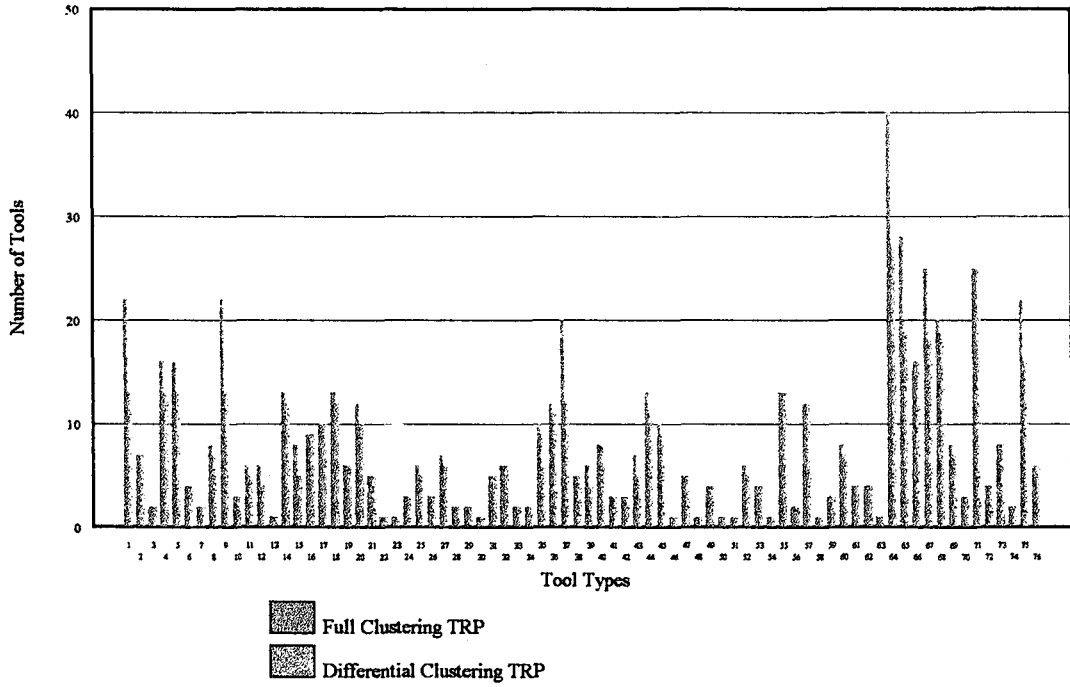
Batch Size = 20



Grafik 1.2. 4 Makinalı hücrede takım ihtiyacı

6 MC Cell Clustering TRP

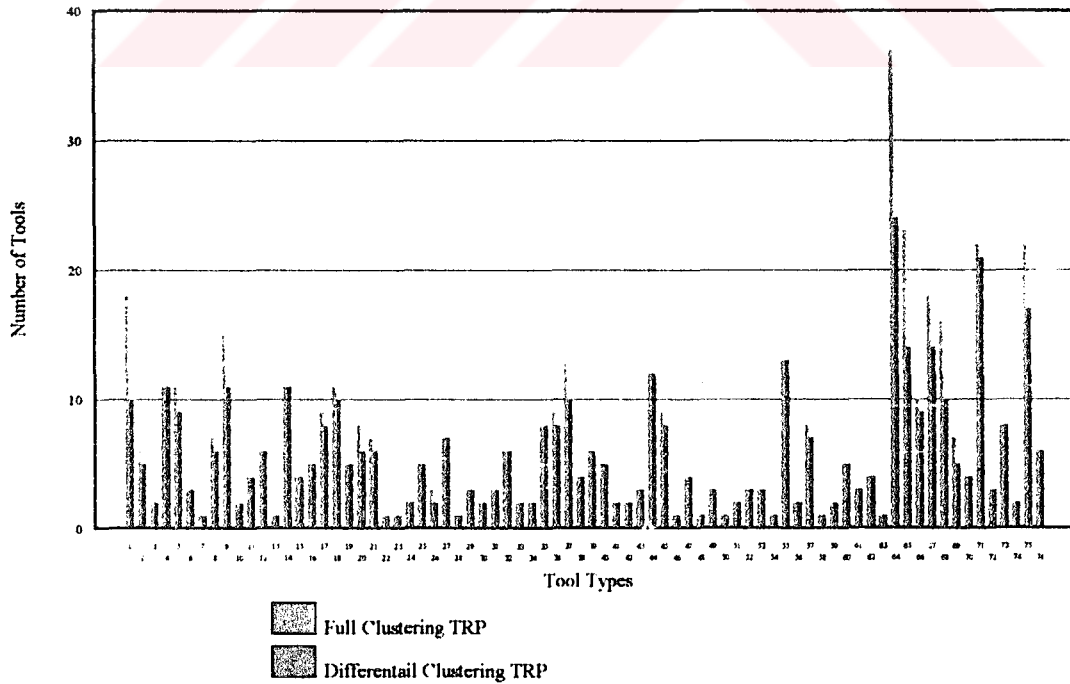
Batch Size = 10



Grafik 1.3. 6 Makinalı hücrede takım ihtiyacı

6 MC Cell Clustering TRP

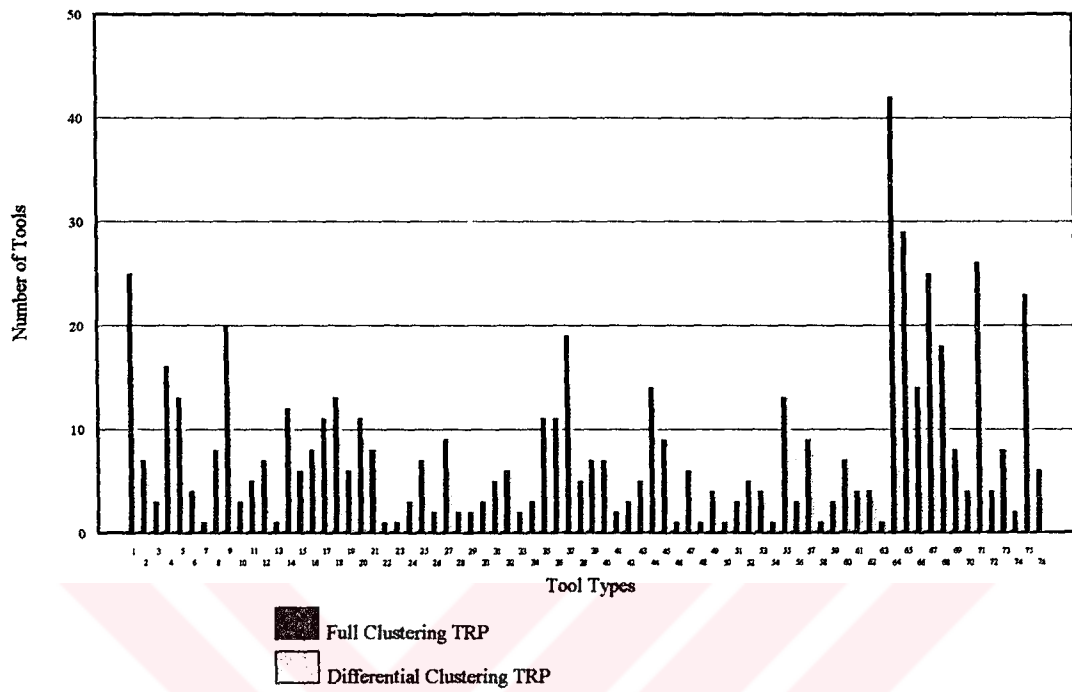
Batch Size = 20



Grafik 1.4. 6 Makinalı hücrede takım ihtiyacı

8 MC Cell Clustering TRP

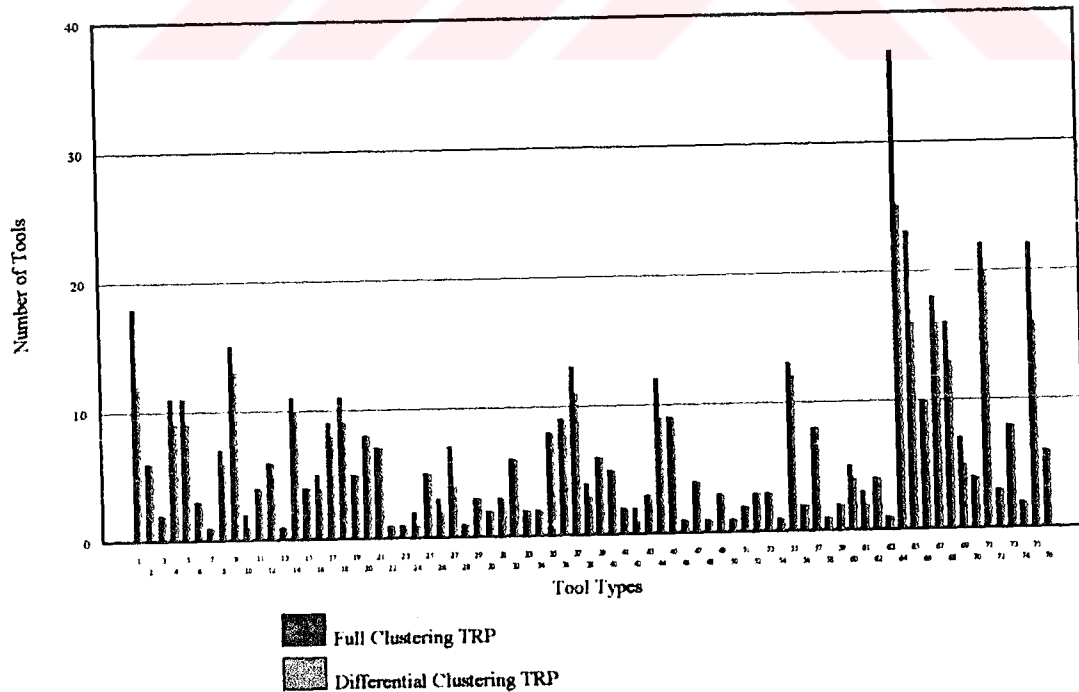
Batch Size = 10



Grafik 1.5. 8 Makinalı hücrede takım ihtiyacı

8 MC Cell Clustering TRP

Batch Size = 20



Grafik 1.6. 8 Makinalı hücrede takım ihtiyacı

KAYNAKLAR

- [1] ALLA, H. , LADET, P. , MARTINEZ, J. , and SİLVA, M. , “ Modelling and Validation of Complex Systems by Colored Petri Nets: Application to a Flexible Manufacturing System, Advances in Petri Nets”, Lecture Notes in Computer Science 188, Springer Verlag, Berlin, 1995.
- [2] AKKURT, M. , “Nümerik Kontrollü Tezgahlar ve Sistemler” , Asil Teknik, Yayın No:1, İstanbul, 1986.
- [3] BARAD, M. , “Impact of Some Flexibility Factors in FMS - A Performance Elevation Approach”, Int.J. of Prod. Research, Vol.30, No: 11, pp.2587-2602, 1992.
- [4] BENGU, G. , HADDOCK, J. , “A Generative Simulation - Optimization System”, Computers and Industrial Engineering, 4, 301-313, 1986.
- [5] BENGU, G. , HADDOCK, J. , “Implementation of General Search Procedures in A Simulation Optimization System”, DSES Technical Report No: 37-87-112, Rensselaer Polytechnic Institute, 1987.
- [6] BİLES, W.E. , “Introduction of Simulation”, Proceedings of The 1987 Winter Simulation Conference, 1987.
- [7] BOOTHROYD, G. , POLİ, C. and MURCH, L.E. , “Automatic Assembly”, Marcel Dekker, New York, 1982.
- [8] BURBIDGE, J.L. , “The Introduction of Group Technology”, London, 1975.
- [9] BUZACOTT, J.A. , “Modelling Automated Manufacturing System”, Fall Industrial Eng. Conference Proceedings, pp. 341-348, 1983.
- [10] CHANDRASEKHARAN, M.P. , and RAJAGOPALAN, R. , “Modroc: An Extension of Rank Order Clustering for Group Technology”, International Journal of Production Research, vol.24, no.5, 1986a.
- [11] DALGIÇ, A. , “Takım Tezgahlarının Bilgisayarla Nümerik Kontrolü”, Mühendislik ve Makina Dergisi, Kasım-Aralık, c.25, s.279, 1984.
- [12] DE SOUZA, B.R.B. , “The Management of Tool Flow in Highly Automated Manufacturing Systems”, PhD Thesis, LUT, 1988.
- [13] DE SOUZA, B.R.B. , “The Mazak Management System Worcester - An Observation”, 28th. Feb. , 1990.
- [14] DE SOUZA, B.R.B. , and BELL, R. , “A Cluster Based Strategy For The Management of Cutting Tools in Flexible Manufacturing Installations”, Journal of Operation Management, Feb. , 1990.
- [15] EVANS, and HADDOCK, “Modelling Tools For FMS”, Production Planning and Control, 3, 158-167, 1992.

- [16] GROOVER, M.P. , ZIMMERS, E.J.R. , "CAD/CAM: Computer Aided Design and Manufacturing", Prentice-Hill, In New Jersey, 1984.
- [17] HADDOCK, J. , "An Expert System Framework Based on A Simulation Generator", Simulation, 48, 45-53, 1987.
- [18] HADDOCK, J. , O'KEEFE, R. , "Using Artificial Intelligence to Facilitate Manufacturing systems Simulation", Technical Report no.37, 88-155, New York, 1988.
- [19] HUTCHISON, J. et al. , "Scheduling Approaches For Random Job Shop FMS", Int. J. of Production Research, vol.29, no.5, pp.1053-1067.
- [20] HYER, N.L. , and WEMMERLÖV, U. , "Group Technology and Productivity", Harvard Business Review, 140-149, July-August, 1984.
- [21] JOHNS, B.L. , "Introduction to Computer Numerical Control", Pitman, London, 1986.
- [22] KING, J.R. , and NAKORNCHAI, V. , "Machine Part Group Formation in Group Technology-Review and Extension", 1982.
- [23] KUSIAK, A. , and TAEKYOUNG, A. , "Intelligent Scheduling of Automated Machining Systems", Computer Integrated Manufacturing Systems, vol.5, no.1, pp.3-14, 1992.
- [24] KURIMOTO, A. , SO, K. , and HILL, D. , "Fully Integrated Tool Management System", September, 1988.
- [25] KURIMOTO, A. , "Tool Management System For Advanced Manufacturing", Yamazaki Machinery Ltd. , 1989.
- [26] LUGGEN, W. W. , "Flexible Manufacturing Cell and Systems", Prentice - Hall, Princeton, N. J. , 1991.
- [27] MANZ, E. , HADDOCK, J. , MITTENTHAL, J. , "Optimization of A FMS Simulation Model Using Simulated - Annealing", Winter Simulation Conference, Washington, 1989.
- [28] MAZAK, Mazak Tool Hive Catalogue.
- [29] MC AULEY, J. , "Machine Grouping For Efficient Production", The Production Engineer, vol.51, no.2, 1972.
- [30] MUKHOPADHIYAY, S.K. , et al. , "Heuristic to The Scheduling Problems in FMS", Int. J. of Production Research, 1991.
- [31] NEWMAN, S.T. , "An Integrated Approach to The Design and Evaluation of Flexible Machining Cell", PhD Thesis, LUT, 1990.
- [32] ÖZBAYRAK, M. , "Design of Tool Management System For FMS", PhD Thesis, LUT, 1993.

- [33] RANKY, P.G. , "FMC and Systems in CIM", CIM Ware Ltd. , Surrey, England, 1990.
- [34] SCHMIDT, J. , "Introduction To Systems Analysis, Modelling, and Simulation", Proceedings of 1986 Winter Simulation Conference, 1986.
- [35] SHAW, M.J.P. , and WHINSTON, A.B. , "Application Artificial Intelligence To Planning and Scheduling in FMS: A Review of Modelling Approaches For Design, Justification and Operation", 1986.
- [36] SOLBERG, J.J. , "Optimal Design and Control of Computerized Manufacturing Systems", Proc. AIEE Systems Engineering Conference, 1976.
- [37] SOLBERG, J.J. , "Quantitive Design Tools For Computerized Manufacturing Systems", Proc. 6th. North American Metalworking Research Committee, Florida, 1978.
- [38] SOLBERG, J.J. , "Mathematical Design Tools For Integrated Production Systems", Proc. 23rd. MTDR Conference, 1982.
- [39] STECKE, K.E. , KIM, I. , "A Flexible Approach to Implementing The Short-Term FMS Planning Function", Michigan, 1986.
- [40] SURI, R. , "Optimization of FMS Using New Techniques in Dicrete Event Systems", TIMS / ORSA Conference, 1983.
- [41] SURI, R. , "An Overview of Evaluative Models For FMS", Annals of Operations Research, 3, 13-21, 1985.
- [42] SURI, R. , DIEHL, G. , "Rough - Cut Modelling: An Alternative to Simulation", CIM Review, 3, 35-33, 1987.
- [43] SPUR, G. , SELIGER, G. , and VIEHWEGER, B. , "Cell Concept For Flexible Automated Manufacturing", J. of Manufacturing Systems, vol.5, no.3, pp.171-179, 1986.
- [44] SYCARA, K.P. , et al. , "Research Allocation in Distributed Factory Scheduling", IEEE Expert, pp.29-40, Feb. , 1991.
- [45] WANG, W. , "A Knowledge Based Modelling System For The Design and Evaluation of Flexible Manufacturing Facilities", PhD Thesis, LUT, 1989.
- [46] YOUNG, R.E. , "Software Control Strategies For Use in Implementing FMS", Industrial Eng. , November, 1981.
- [47] ZHANG, P. , "The Management of Tool Flows in FMS For Cylindrical Parts", PhD Thesis, LUT, 1989.

EK A Cluster Analysis 4-MC Cell

Batch Size 10 Strategy Full Kitting, Dif. Kitting
 Make Time 4109 Average MC Util.(%0.922262

Tool Type	Kitt.Str.	Diff.Kitt	Oper.Time	Kitt.Sis.	Dif.Kit.	Sis.T.
TRP	TRP					
T1001	24	11	447.4	0	0	
T1025	6	6	58.8	0	0	
T1033	3	3	32.4	0	0	
T1042	16	13	284.6	0	0	
T1050	13	12	303.8	0	0	
T1052	4	4	19.6	0	0	
T1057	1	1	18.4	0	0	
T1066	8	8	386.4	0	0	
T1068	20	11	318	0	0	
T1077	3	3	30	0	0	
T1082	5	5	93.6	0	0	
T1085	7	5	107.2	0	0	
T1088	1	1	24	0	0	
T1090	12	9	439.6	0	0	
T1097	7	7	71.8	0	0	
T1102	8	8	114.6	0	0	
T1110	11	10	199.5	0	0	
T1117	12	11	300.4	2	1	
T1120	6	6	96	4	4	
T1137	11	8	219.2	0	0	
T1140	8	8	241.2	1	1	
T1157	1	1	10.4	0	0	
T1182	1	1	9	0	0	
T1190	3	3	24	0	0	
T1197	7	6	70.8	0	0	
T1217	2	2	37.2	0	0	
T1247	9	9	129.4	0	0	
T1257	2	2	8	0	0	
T1297	2	2	38.6	0	0	
T1310	3	3	16.8	0	0	
T1340	5	5	25.6	0	0	
T1390	6	6	75.6	1	1	
T1490	2	2	31.8	1	1	
T2040	3	3	18.4	0	0	
T2050	11	9	182.4	0	0	
T2060	11	10	190.8	2	2	
T2080	19	10	264	0	0	
T2081	5	5	119.6	0	0	
T2100	7	6	139	0	0	
T2120	7	7	119	1	1	
T2160	2	2	19.6	0	0	
T3080	3	3	66	0	0	
T3100	5	5	168.4	0	0	
T3120	14	13	751.4	4	3	
T3140	9	9	506.8	0	0	
T3160	1	1	32	0	0	
T3200	6	5	125.2	0	0	

EK A Cluster Analysis 4-MC Cell

T3220	1	1	8	0	0
T3260	4	3	70.5	0	0
T3300	1	1	15	0	0
T4032	3	3	28	0	0
T4035	5	5	25.6	0	0
T4040	4	4	52	0	0
T4050	1	1	12	0	0
T5050	13	13	288	9	9
T5080	3	3	140.8	0	0
T5100	10	10	412.4	3	3
T5120	1	1	13	0	0
T5140	3	3	89.2	0	0
T5180	7	7	109.2	0	0
T5182	4	4	143.1	0	0
T5200	4	4	121.3	0	0
T5251	1	1	24.8	0	0
T5320	41	27	1097.1	6	2
T5321	28	19	573	0	0
T5500	14	12	312.8	4	3
T5625	25	19	1020.6	5	5
T5626	18	14	427	0	0
T5630	8	8	189.8	1	1
T6125	4	3	262.4	0	0
T6160	25	24	1300	19	19
T6180	4	4	239.2	0	0
T6200	8	7	1294.4	0	0
T7001	2	2	20.8	0	0
T7012	23	16	822	0	0
T7016	6	6	240	4	4
Total	603	505	16338.3	67	60

Batch Size 10 Number of Machines 1

Tool Type Kitt.TRP Dif.Kit.TOp.Time Kit.Sis.TDif.Kit.S

T1001	6	4	97.2	0	0
T1025	1	1	7.2	0	0
T1033	2	2	18.4	0	0
T1042	1	1	7.6	0	0
T1050	2	2	53.4	0	0
T1052	2	2	11.2	0	0
T1057	0	0	0	0	0
T1066	1	1	72	0	0
T1068	6	2	82.8	0	0
T1077	1	1	6	0	0
T1082	1	1	9.6	0	0
T1085	0	0	0	0	0
T1088	0	0	0	0	0
T1090	3	2	148.8	0	0
T1097	2	2	18.8	0	0
T1102	1	1	5.2	0	0
T1110	2	2	43.2	0	0
T1117	3	3	77.6	1	1
T1120	3	3	48	2	2
T1137	3	2	51	0	0
T1140	2	2	126	1	1
T1157	1	1	10.4	0	0
T1182	0	0	0	0	0
T1190	1	1	4.8	0	0
T1197	3	2	48.4	0	0
T1217	0	0	0	0	0
T1247	4	4	72.4	0	0
T1257	0	0	0	0	0
T1297	1	1	7.8	0	0
T1310	1	1	5.6	0	0
T1340	0	0	0	0	0
T1390	3	3	43	0	0
T1490	2	2	31.8	1	1
T2040	2	2	10.4	0	0
T2050	1	1	11	0	0
T2060	2	2	62	1	1
T2080	6	2	67.8	0	0
T2081	2	2	57.2	0	0
T2100	0	0	0	0	0
T2120	1	1	6.8	0	0
T2160	0	0	0	0	0
T3080	1	1	13.2	0	0
T3100	1	1	26.4	0	0
T3120	3	3	169.8	1	1
T3140	2	2	142	0	0
T3160	1	1	32	0	0
T3200	3	2	76.8	0	0
T3220	0	0	0	0	0
T3260	1	1	29.6	0	0
T3300	1	1	15	0	0

T4032	1	1	5.6	0	0
T4035	0	0	0	0	0
T4040	3	3	36.4	0	0
T4050	1	1	12	0	0
T5050	0	0	0	0	0
T5080	1	1	30.4	0	0
T5100	3	3	69	0	0
T5120	0	0	0	0	0
T5140	1	1	7.2	0	0
T5180	1	1	7.2	0	0
T5182	1	1	12.6	0	0
T5200	1	1	8	0	0
T5251	0	0	0	0	0
T5320	7	7	189.2	0	0
T5321	6	5	132	0	0
T5500	5	4	101.2	1	1
T5625	5	4	115.8	0	0
T5626	4	3	110	0	0
T5630	2	2	60.6	1	1
T6125	1	1	77.6	0	0
T6160	8	7	381.2	5	5
T6180	1	1	26.4	0	0
T6200	3	3	470.6	0	0
T7001	1	1	12.8	0	0
T7012	7	5	295	0	0
T7016	3	3	120	2	2
Total	151	130	4109	16	16

Batch Size 10 Number of Machines 2

Tool Type	Kitt.	Str	Dif.	Kit.	SOp.	Time	Kitt.	Sis	Dif.	Kit.	S
	TRP										
T1001	8			1		178.8	0			0	
T1025	3			3		32	0			0	
T1033	1			1		14	0			0	
T1042	3			2		67.2	0			0	
T1050	4			4		81	0			0	
T1052	0			0		0	0			0	
T1057	0			0		0	0			0	
T1066	2			2		81.6	0			0	
T1068	5			4		87.4	0			0	
T1077	0			0		0	0			0	
T1082	1			1		18	0			0	
T1085	1			1		4.2	0			0	
T1088	0			0		0	0			0	
T1090	3			2		91.2	0			0	
T1097	3			3		29	0			0	
T1102	3			3		61.8	0			0	
T1110	2			2		37.5	0			0	
T1117	6			5		147.4	1			0	
T1120	0			0		0	0			0	
T1137	5			4		64.2	0			0	
T1140	1			1		5.2	0			0	
T1157	0			0		0	0			0	
T1182	0			0		0	0			0	
T1190	0			0		0	0			0	
T1197	1			1		5.2	0			0	
T1217	0			0		0	0			0	
T1247	1			1		6	0			0	
T1257	1			1		4.4	0			0	
T1297	0			0		0	0			0	
T1310	1			1		4.2	0			0	
T1340	3			3		14.4	0			0	
T1390	0			0		0	0			0	
T1490	0			0		0	0			0	
T2040	1			1		8	0			0	
T2050	1			1		6	0			0	
T2060	3			3		13.6	0			0	
T2080	5			4		86.8	0			0	
T2081	1			1		14.4	0			0	
T2100	1			1		6	0			0	
T2120	3			3		68	1			1	
T2160	1			1		3.6	0			0	
T3080	0			0		0	0			0	
T3100	3			3		76	0			0	
T3120	7			6		400.8	2			1	
T3140	4			4		141	0			0	
T3160	0			0		0	0			0	
T3200	1			1		12.4	0			0	
T3220	0			0		0	0			0	
T3260	2			1		32.9	0			0	
T3300	0			0		0	0			0	

T4032	1	1	8.4	0	0
T4035	3	3	14.4	0	0
T4040	0	0	0	0	0
T4050	0	0	0	0	0
T5050	1	1	3.2	0	0
T5080	2	2	110.4	0	0
T5100	1	1	18	0	0
T5120	1	1	13	0	0
T5140	1	1	18	0	0
T5180	2	2	25.6	0	0
T5182	1	1	80.1	0	0
T5200	3	3	113.3	0	0
T5251	0	0	0	0	0
T5320	11	6	205.4	1	0
T5321	9	5	128.4	0	0
T5500	1	1	7	0	0
T5625	3	2	66.6	0	0
T5626	2	2	71	0	0
T5630	1	1	16	0	0
T6125	2	1	40.8	0	0
T6160	17	17	918.8	14	14
T6180	1	1	66	0	0
T6200	1	1	123	0	0
T7001	1	1	8	0	0
T7012	5	4	95.6	0	0
T7016	0	0	0	0	0
Total	161	134	4055.2	19	16

Batch Size 10 Number of Machines 3

Tool Type	Kitt.	Str.	Dif.	Kit.	SOp.	Time	Kit.	Sis.	T	Dif.	Kit.	S
	TRP		TRP									
T1001	5		3			70.2		0			0	
T1025	2		2			19.6		0			0	
T1033	0		0			0		0			0	
T1042	5		4			90.8		0			0	
T1050	3		2			24.2		0			0	
T1052	1		1			4.8		0			0	
T1057	0		0			0		0			0	
T1066	3		3			154.4		0			0	
T1068	1		1			34		0			0	
T1077	0		0			0		0			0	
T1082	2		2			42		0			0	
T1085	5		3			91		0			0	
T1088	1		1			24		0			0	
T1090	3		2			67.6		0			0	
T1097	1		1			2		0			0	
T1102	2		2			15.6		0			0	
T1110	4		3			85.2		0			0	
T1117	1		1			52.8		0			0	
T1120	3		3			48		2			2	
T1137	3		2			104		0			0	
T1140	3		3			83.2		0			0	
T1157	0		0			0		0			0	
T1182	1		1			9		0			0	
T1190	0		0			0		0			0	
T1197	1		1			7.8		0			0	
T1217	1		1			3.6		0			0	
T1247	3		3			35		0			0	
T1257	1		1			3.6		0			0	
T1297	0		0			0		0			0	
T1310	1		1			7		0			0	
T1340	1		1			8		0			0	
T1390	3		3			32.6		1			1	
T1490	0		0			0		0			0	
T2040	0		0			0		0			0	
T2050	5		4			98.2		0			0	
T2060	2		1			24.8		0			0	
T2080	1		1			30		0			0	
T2081	0		0			0		0			0	
T2100	5		4			115		0			0	
T2120	1		1			3.4		0			0	
T2160	0		0			0		0			0	
T3080	0		0			0		0			0	
T3100	0		0			0		0			0	
T3120	2		2			121.6		1			1	
T3140	3		3			223.8		0			0	
T3160	0		0			0		0			0	
T3200	1		1			24.6		0			0	
T3220	1		1			8		0			0	
T3260	1		1			8		0			0	
T3300	0		0			0		0			0	

T4032	1	1	14	0	0
T4035	1	1	8	0	0
T4040	1	1	15.6	0	0
T4050	0	0	0	0	0
T5050	12	12	284.8	9	9
T5080	0	0	0	0	0
T5100	1	1	5.8	0	0
T5120	0	0	0	0	0
T5140	1	1	64	0	0
T5180	2	2	47.6	0	0
T5182	0	0	0	0	0
T5200	0	0	0	0	0
T5251	1	1	24.8	0	0
T5320	12	5	323.8	1	0
T5321	7	5	165	0	0
T5500	1	1	6	0	0
T5625	4	4	95.6	0	0
T5626	3	3	62.2	0	0
T5630	1	1	3.2	0	0
T6125	1	1	144	0	0
T6160	0	0	0	0	0
T6180	1	1	131.2	0	0
T6200	2	2	472.2	0	0
T7001	0	0	0	0	0
T7012	7	4	313.8	0	0
T7016	3	3	120	2	2
Total	144	120	4079	16	15

Batch Siz 10 Number of Machines 4

Tool Type Kitt.Str.Dif.Kit.S Op.Time Kit.Sis.TDif.Kit.S

	TRP	TRP			
T1001	5	3	101.2	0	0
T1025	0	0	0	0	0
T1033	0	0	0	0	0
T1042	7	6	119	0	0
T1050	4	4	145.2	0	0
T1052	1	1	3.6	0	0
T1057	1	1	18.4	0	0
T1066	2	2	78.4	0	0
T1068	8	4	113.8	0	0
T1077	2	2	24	0	0
T1082	1	1	24	0	0
T1085	1	1	12	0	0
T1088	0	0	0	0	0
T1090	3	3	132	0	0
T1097	1	1	22	0	0
T1102	2	2	32	0	0
T1110	3	3	33.6	0	0
T1117	2	2	22.6	0	0
T1120	0	0	0	0	0
T1137	0	0	0	0	0
T1140	2	2	26.8	0	0
T1157	0	0	0	0	0
T1182	0	0	0	0	0
T1190	2	2	19.2	0	0
T1197	2	2	9.4	0	0
T1217	1	1	33.6	0	0
T1247	1	1	16	0	0
T1257	0	0	0	0	0
T1297	1	1	30.8	0	0
T1310	0	0	0	0	0
T1340	1	1	3.2	0	0
T1390	0	0	0	0	0
T1490	0	0	0	0	0
T2040	0	0	0	0	0
T2050	4	3	67.2	0	0
T2060	4	4	90.4	1	1
T2080	7	3	79.4	0	0
T2081	2	2	48	0	0
T2100	1	1	18	0	0
T2120	2	2	40.8	0	0
T2160	1	1	16	0	0
T3080	2	2	52.8	0	0
T3100	1	1	66	0	0
T3120	2	2	59.2	0	0
T3140	0	0	0	0	0
T3160	0	0	0	0	0
T3200	1	1	11.4	0	0
T3220	0	0	0	0	0
T3260	0	0	0	0	0
T3300	0	0	0	0	0

T4032	0	0	0	0	0
T4035	1	1	3.2	0	0
T4040	0	0	0	0	0
T4050	0	0	0	0	0
T5050	0	0	0	0	0
T5080	0	0	0	0	0
T5100	5	5	319.6	3	3
T5120	0	0	0	0	0
T5140	0	0	0	0	0
T5180	2	2	28.8	0	0
T5182	2	2	50.4	0	0
T5200	0	0	0	0	0
T5251	0	0	0	0	0
T5320	11	9	378.7	4	2
T5321	6	4	147.6	0	0
T5500	7	6	198.6	3	2
T5625	13	9	742.6	5	5
T5626	9	6	183.8	0	0
T5630	4	4	110	0	0
T6125	0	0	0	0	0
T6160	0	0	0	0	0
T6180	1	1	15.6	0	0
T6200	2	1	228.6	0	0
T7001	0	0	0	0	0
T7012	4	3	117.6	0	0
T7016	0	0	0	0	0
Total	147	121	4095.1	16	13

EK B Cluster Analysis 6 MC Cell

Batch Siz 10 Strategy Kitt. Str. , Diff. Kitt. St
 Make Time 2760.4 Average MC Util.(%0.914016

Tool TypeKitt.Str.Dif.Kit.TOper.TimeKitt.Sis.Dif.Kit.Sis.T.

	TRP				
T1001	22	13	383.8	0	0
T1025	7	7	58.8	0	0
T1033	2	2	19.6	0	0
T1042	16	13	268.6	0	0
T1050	16	13	367.4	0	0
T1052	4	4	19.6	0	0
T1057	2	2	24.8	0	0
T1066	8	7	386.4	0	0
T1068	22	13	390	0	0
T1077	3	3	30	0	0
T1082	6	5	104.8	0	0
T1085	6	4	77.2	0	0
T1088	1	1	24	0	0
T1090	13	12	446.8	0	0
T1097	8	5	75	0	0
T1102	9	9	114.2	0	0
T1110	10	10	184.5	0	0
T1117	13	12	256	1	1
T1120	6	6	96	4	4
T1137	12	10	249.2	0	0
T1140	5	5	76.2	0	0
T1157	1	1	10.4	0	0
T1182	1	1	12.8	0	0
T1190	3	3	24	0	0
T1197	6	5	64.4	0	0
T1217	3	3	67.6	0	0
T1247	7	6	66.4	0	0
T1257	2	2	8	0	0
T1297	2	2	38.6	0	0
T1310	1	1	4.2	0	0
T1340	5	5	25.6	0	0
T1390	6	6	75.6	1	1
T1490	2	2	31.8	1	1
T2040	2	2	11.2	0	0
T2050	10	9	168.4	0	0
T2060	12	11	199.8	2	2
T2080	20	12	295	0	0
T2081	5	5	119.6	0	0
T2100	6	4	98	0	0
T2120	8	8	132	1	1
T2160	3	3	36.4	0	0
T3080	3	3	66	0	0
T3100	7	5	207.6	0	0
T3120	13	11	600.4	2	2
T3140	10	9	520.8	0	0
T3160	1	1	32	0	0
T3200	5	5	108.4	0	0

EK B Cluster Analysis 6 MC Cell

T3220	1	1	8	0	0
T3260	4	4	70.5	0	0
T3300	1	1	15	0	0
T4032	1	1	8.4	0	0
T4035	6	5	75.2	0	0
T4040	4	4	52	0	0
T4050	1	1	12	0	0
T5050	13	13	288	9	9
T5080	2	2	110.4	0	0
T5100	12	12	566.2	4	4
T5120	1	1	13	0	0
T5140	3	3	89.2	0	0
T5180	8	7	301.2	0	0
T5182	4	4	143.1	0	0
T5200	4	4	121.3	0	0
T5251	1	1	24.8	0	0
T5320	40	27	1025.1	6	3
T5321	28	19	597.8	0	0
T5500	16	16	375.8	4	4
T5625	25	18	1020.6	5	5
T5626	20	19	504.6	1	1
T5630	8	7	189.8	1	1
T6125	3	3	184.8	0	0
T6160	25	25	1250.4	19	19
T6180	4	4	239.2	0	0
T6200	8	8	1294.4	0	0
T7001	2	2	20.8	0	0
T7012	22	16	818.8	0	0
T7016	6	6	240	4	4
Total	608	515	16338.3	65	62

Batch Siz 10 Number of Machines 1

Tool Type	Kit.Str.	Dif.Kit.S	Op.Time	Kitt.Sis.	Dif.Kit.S
	TRP	TRP			
T1001	4	3	98	0	0
T1025	1	1	5.6	0	0
T1033	1	1	14	0	0
T1042	3	2	41	0	0
T1050	3	2	62.2	0	0
T1052	1	1	3.2	0	0
T1057	0	0	0	0	0
T1066	0	0	0	0	0
T1068	4	2	69.8	0	0
T1077	0	0	0	0	0
T1082	1	1	24	0	0
T1085	2	1	12	0	0
T1088	0	0	0	0	0
T1090	1	1	35	0	0
T1097	2	1	32	0	0
T1102	1	1	7	0	0
T1110	1	1	6	0	0
T1117	4	3	126.8	1	1
T1120	0	0	0	0	0
T1137	2	2	39	0	0
T1140	1	1	27.2	0	0
T1157	0	0	0	0	0
T1182	0	0	0	0	0
T1190	0	0	0	0	0
T1197	0	0	0	0	0
T1217	2	2	37.2	0	0
T1247	1	1	7.6	0	0
T1257	1	1	3.6	0	0
T1297	1	1	30.8	0	0
T1310	0	0	0	0	0
T1340	1	1	8	0	0
T1390	0	0	0	0	0
T1490	0	0	0	0	0
T2040	1	1	8	0	0
T2050	2	1	30.8	0	0
T2060	4	3	82.2	1	1
T2080	4	2	77.6	0	0
T2081	2	2	68	0	0
T2100	2	1	16.4	0	0
T2120	1	1	13	0	0
T2160	0	0	0	0	0
T3080	0	0	0	0	0
T3100	2	2	90	0	0
T3120	5	4	287.6	2	2
T3140	1	1	14	0	0
T3160	0	0	0	0	0
T3200	0	0	0	0	0
T3220	1	1	8	0	0
T3260	1	1	8	0	0
T3300	0	0	0	0	0

T4032	0	0	0	0	0
T4035	1	1	8	0	0
T4040	0	0	0	0	0
T4050	0	0	0	0	0
T5050	0	0	0	0	0
T5080	1	1	92	0	0
T5100	2	2	68	0	0
T5120	0	0	0	0	0
T5140	1	1	18	0	0
T5180	0	0	0	0	0
T5182	0	0	0	0	0
T5200	0	0	0	0	0
T5251	1	1	24.8	0	0
T5320	6	4	127.8	0	0
T5321	4	3	132	0	0
T5500	5	5	191	3	3
T5625	2	2	42	0	0
T5626	1	1	18	0	0
T5630	4	4	117	1	1
T6125	0	0	0	0	0
T6160	2	2	78	1	1
T6180	2	2	197.2	0	0
T6200	1	1	154.8	0	0
T7001	0	0	0	0	0
T7012	3	3	85.6	0	0
T7016	0	0	0	0	0
Total	100	83	2747.8	9	9

Batch Siz 10 Number of Machines 2

Tool TypeKit.Str. Dif.Kit.S Op.TimeKitt.Sis.Dif.Kit.Sis.T.

	TRP	TRP			
T1001	4	2	101	0	0
T1025	1	1	14	0	0
T1033	1	1	5.6	0	0
T1042	3	2	82.6	0	0
T1050	3	2	76.8	0	0
T1052	1	1	4.8	0	0
T1057	0	0	0	0	0
T1066	1	1	72	0	0
T1068	4	2	89.8	0	0
T1077	0	0	0	0	0
T1082	1	1	9.6	0	0
T1085	1	1	4.2	0	0
T1088	0	0	0	0	0
T1090	2	2	52	0	0
T1097	2	1	13.6	0	0
T1102	2	2	44.2	0	0
T1110	2	2	49.5	0	0
T1117	0	0	0	0	0
T1120	3	3	48	2	2
T1137	3	2	45	0	0
T1140	0	0	0	0	0
T1157	0	0	0	0	0
T1182	0	0	0	0	0
T1190	0	0	0	0	0
T1197	2	2	40.8	0	0
T1217	0	0	0	0	0
T1247	2	1	14.4	0	0
T1257	0	0	0	0	0
T1297	0	0	0	0	0
T1310	0	0	0	0	0
T1340	1	1	4.8	0	0
T1390	3	3	33.6	1	1
T1490	0	0	0	0	0
T2040	1	1	3.2	0	0
T2050	2	2	36.6	0	0
T2060	1	1	4.2	0	0
T2080	4	2	76.6	0	0
T2081	1	1	7.2	0	0
T2100	1	1	6	0	0
T2120	3	3	57.8	1	1
T2160	0	0	0	0	0
T3080	0	0	0	0	0
T3100	2	1	36	0	0
T3120	0	0	0	0	0
T3140	3	2	135.6	0	0
T3160	0	0	0	0	0
T3200	2	2	65.6	0	0
T3220	0	0	0	0	0
T3260	1	1	18.5	0	0
T3300	0	0	0	0	0

T4032	0	0	0	0	0
T4035	1	1	4.8	0	0
T4040	2	2	28.6	0	0
T4050	0	0	0	0	0
T5050	1	1	16	0	0
T5080	0	0	0	0	0
T5100	1	1	18	0	0
T5120	1	1	13	0	0
T5140	1	1	7.2	0	0
T5180	1	1	9.6	0	0
T5182	0	0	0	0	0
T5200	1	1	12.2	0	0
T5251	0	0	0	0	0
T5320	6	4	166.9	1	0
T5321	4	3	88.6	0	0
T5500	4	4	84.8	1	1
T5625	2	2	49.6	0	0
T5626	2	2	27.2	0	0
T5630	0	0	0	0	0
T6125	1	1	144	0	0
T6160	0	0	0	0	0
T6180	1	1	26.4	0	0
T6200	2	2	394.2	0	0
T7001	1	1	8	0	0
T7012	5	2	284	0	0
T7016	3	3	120	2	2
Total	103	84	2756.7	8	7

Batch Siz 10 Number of Machines 3

Tool TypeKit.Str. Dif.Kit.S Op.TimeKitt.Sis.Dif.Kit.Sis.T.

	TRP	TRP			
T1001	4	3	53	0	0
T1025	0	0	0	0	0
T1033	0	0	0	0	0
T1042	2	2	33.6	0	0
T1050	3	3	48.8	0	0
T1052	0	0	0	0	0
T1057	2	2	24.8	0	0
T1066	2	2	98.4	0	0
T1068	5	3	152.6	0	0
T1077	1	1	6	0	0
T1082	3	2	59.2	0	0
T1085	1	1	37	0	0
T1088	1	1	24	0	0
T1090	2	2	69	0	0
T1097	2	1	19.4	0	0
T1102	1	1	5.6	0	0
T1110	2	2	68	0	0
T1117	1	1	5.6	0	0
T1120	0	0	0	0	0
T1137	3	3	79.4	0	0
T1140	0	0	0	0	0
T1157	0	0	0	0	0
T1182	1	1	12.8	0	0
T1190	1	1	4.8	0	0
T1197	0	0	0	0	0
T1217	1	1	30.4	0	0
T1247	1	1	4.8	0	0
T1257	0	0	0	0	0
T1297	1	1	7.8	0	0
T1310	0	0	0	0	0
T1340	1	1	8	0	0
T1390	1	1	14	0	0
T1490	2	2	31.8	1	1
T2040	0	0	0	0	0
T2050	2	2	33.6	0	0
T2060	2	2	22.4	0	0
T2080	3	2	44	0	0
T2081	1	1	14.4	0	0
T2100	1	1	44	0	0
T2120	0	0	0	0	0
T2160	1	1	16.8	0	0
T3080	1	1	13.2	0	0
T3100	2	1	65.6	0	0
T3120	0	0	0	0	0
T3140	1	1	99	0	0
T3160	0	0	0	0	0
T3200	0	0	0	0	0
T3220	0	0	0	0	0
T3260	0	0	0	0	0
T3300	1	1	15	0	0

T4032	0	0	0	0	0
T4035	2	1	57.6	0	0
T4040	0	0	0	0	0
T4050	1	1	12	0	0
T5050	0	0	0	0	0
T5080	0	0	0	0	0
T5100	7	7	445.6	4	4
T5120	0	0	0	0	0
T5140	1	1	64	0	0
T5180	1	1	7.2	0	0
T5182	2	2	92.7	0	0
T5200	1	1	89.1	0	0
T5251	0	0	0	0	0
T5320	4	4	145.9	1	1
T5321	2	1	71	0	0
T5500	3	3	68.4	0	0
T5625	3	2	106.4	0	0
T5626	5	5	162.6	1	1
T5630	0	0	0	0	0
T6125	0	0	0	0	0
T6160	0	0	0	0	0
T6180	0	0	0	0	0
T6200	0	0	0	0	0
T7001	0	0	0	0	0
T7012	4	3	93.2	0	0
T7016	0	0	0	0	0
Total	95	84	2682.5	7	7

Batch Siz 10 Number of Machines 4

Tool Type	Kit.Str.	Dif.Kit.S	Op.Time	Kitt.Sis.	Dif.Kit.Sis.	T.
	TRP	TRP				
T1001	1	1	14	0	0	0
T1025	1	1	11	0	0	0
T1033	0	0	0	0	0	0
T1042	3	3	48.4	0	0	0
T1050	2	2	56.8	0	0	0
T1052	1	1	3.6	0	0	0
T1057	0	0	0	0	0	0
T1066	2	2	82.4	0	0	0
T1068	4	2	31.2	0	0	0
T1077	1	1	4	0	0	0
T1082	1	1	12	0	0	0
T1085	2	1	24	0	0	0
T1088	0	0	0	0	0	0
T1090	3	3	93.6	0	0	0
T1097	0	0	0	0	0	0
T1102	1	1	6	0	0	0
T1110	1	1	7.2	0	0	0
T1117	2	2	34.4	0	0	0
T1120	0	0	0	0	0	0
T1137	1	1	36	0	0	0
T1140	2	2	23.8	0	0	0
T1157	1	1	10.4	0	0	0
T1182	0	0	0	0	0	0
T1190	1	1	3.2	0	0	0
T1197	0	0	0	0	0	0
T1217	0	0	0	0	0	0
T1247	1	1	9.6	0	0	0
T1257	0	0	0	0	0	0
T1297	0	0	0	0	0	0
T1310	0	0	0	0	0	0
T1340	1	1	3.2	0	0	0
T1390	1	1	12	0	0	0
T1490	0	0	0	0	0	0
T2040	0	0	0	0	0	0
T2050	2	2	50.4	0	0	0
T2060	1	1	13.6	0	0	0
T2080	4	2	42.4	0	0	0
T2081	1	1	30	0	0	0
T2100	2	1	31.6	0	0	0
T2120	1	1	6.8	0	0	0
T2160	0	0	0	0	0	0
T3080	1	1	8.8	0	0	0
T3100	0	0	0	0	0	0
T3120	2	2	90	0	0	0
T3140	1	1	99	0	0	0
T3160	1	1	32	0	0	0
T3200	0	0	0	0	0	0
T3220	0	0	0	0	0	0
T3260	1	1	29.6	0	0	0
T3300	0	0	0	0	0	0

T4032	0	0	0	0	0
T4035	1	1	3.2	0	0
T4040	1	1	10.4	0	0
T4050	0	0	0	0	0
T5050	3	3	76.8	2	2
T5080	0	0	0	0	0
T5100	1	1	28.8	0	0
T5120	0	0	0	0	0
T5140	0	0	0	0	0
T5180	3	3	210.4	0	0
T5182	1	1	8.4	0	0
T5200	1	1	8	0	0
T5251	0	0	0	0	0
T5320	8	5	150.6	0	0
T5321	7	6	171	0	0
T5500	1	1	6.4	0	0
T5625	6	3	129.6	0	0
T5626	7	6	177.8	0	0
T5630	1	1	17	0	0
T6125	0	0	0	0	0
T6160	6	6	317	5	5
T6180	1	1	15.6	0	0
T6200	2	2	371.6	0	0
T7001	1	1	12.8	0	0
T7012	3	3	84	0	0
T7016	0	0	0	0	0
Total	104	90	2760.4	7	7

Batch Siz 10 Number of Machines 5

Tool TypeKit.Str. Dif.Kit.S Op.TimeKitt.Sis.Dif.Kit.Sis.T.

	TRP	TRP			
T1001	3	2	31.2	0	0
T1025	1	1	7.2	0	0
T1033	0	0	0	0	0
T1042	2	2	17.6	0	0
T1050	2	2	73	0	0
T1052	0	0	0	0	0
T1057	0	0	0	0	0
T1066	3	2	133.6	0	0
T1068	4	3	34	0	0
T1077	0	0	0	0	0
T1082	0	0	0	0	0
T1085	0	0	0	0	0
T1088	0	0	0	0	0
T1090	3	2	105.2	0	0
T1097	1	1	8	0	0
T1102	1	1	7.8	0	0
T1110	1	1	7.2	0	0
T1117	1	1	17.6	0	0
T1120	0	0	0	0	0
T1137	3	2	49.8	0	0
T1140	2	2	25.2	0	0
T1157	0	0	0	0	0
T1182	0	0	0	0	0
T1190	0	0	0	0	0
T1197	3	2	18.2	0	0
T1217	0	0	0	0	0
T1247	1	1	16	0	0
T1257	1	1	4.4	0	0
T1297	0	0	0	0	0
T1310	1	1	4.2	0	0
T1340	1	1	1.6	0	0
T1390	0	0	0	0	0
T1490	0	0	0	0	0
T2040	0	0	0	0	0
T2050	0	0	0	0	0
T2060	3	3	75	1	1
T2080	4	3	40.6	0	0
T2081	0	0	0	0	0
T2100	0	0	0	0	0
T2120	0	0	0	0	0
T2160	2	2	19.6	0	0
T3080	0	0	0	0	0
T3100	1	1	16	0	0
T3120	1	1	44.8	0	0
T3140	3	3	130.2	0	0
T3160	0	0	0	0	0
T3200	2	2	31.4	0	0
T3220	0	0	0	0	0
T3260	1	1	14.4	0	0
T3300	0	0	0	0	0

T4032	1	1	8.4	0	0
T4035	1	1	1.6	0	0
T4040	0	0	0	0	0
T4050	0	0	0	0	0
T5050	8	8	192	7	7
T5080	1	1	18.4	0	0
T5100	0	0	0	0	0
T5120	0	0	0	0	0
T5140	0	0	0	0	0
T5180	2	1	50	0	0
T5182	0	0	0	0	0
T5200	1	1	12	0	0
T5251	0	0	0	0	0
T5320	11	7	358.7	4	2
T5321	6	3	95.8	0	0
T5500	1	1	14	0	0
T5625	9	8	614	5	5
T5626	2	2	49.2	0	0
T5630	2	1	22.8	0	0
T6125	1	1	12	0	0
T6160	5	5	253.6	4	4
T6180	0	0	0	0	0
T6200	0	0	0	0	0
T7001	0	0	0	0	0
T7012	4	2	76	0	0
T7016	0	0	0	0	0
Total	106	87	2712.3	21	19

Batch Siz 10 Number of Machines 6

Tool TypeKit.Str. Dif.Kit.S Op.TimeKitt.Sis.Dif.Kit.Sis.T.

	TRP	TRP			
T1001	6	2	86.6	0	0
T1025	3	3	21	0	0
T1033	0	0	0	0	0
T1042	3	2	45.4	0	0
T1050	3	2	49.8	0	0
T1052	1	1	8	0	0
T1057	0	0	0	0	0
T1066	0	0	0	0	0
T1068	1	1	12.6	0	0
T1077	1	1	20	0	0
T1082	0	0	0	0	0
T1085	0	0	0	0	0
T1088	0	0	0	0	0
T1090	2	2	92	0	0
T1097	1	1	2	0	0
T1102	3	3	43.6	0	0
T1110	3	3	46.6	0	0
T1117	5	5	71.6	0	0
T1120	3	3	48	2	2
T1137	0	0	0	0	0
T1140	0	0	0	0	0
T1157	0	0	0	0	0
T1182	0	0	0	0	0
T1190	1	1	16	0	0
T1197	1	1	5.4	0	0
T1217	0	0	0	0	0
T1247	1	1	14	0	0
T1257	0	0	0	0	0
T1297	0	0	0	0	0
T1310	0	0	0	0	0
T1340	0	0	0	0	0
T1390	1	1	16	0	0
T1490	0	0	0	0	0
T2040	0	0	0	0	0
T2050	2	2	17	0	0
T2060	1	1	2.4	0	0
T2080	1	1	13.8	0	0
T2081	0	0	0	0	0
T2100	0	0	0	0	0
T2120	3	3	54.4	0	0
T2160	0	0	0	0	0
T3080	1	1	44	0	0
T3100	0	0	0	0	0
T3120	5	4	178	0	0
T3140	1	1	43	0	0
T3160	0	0	0	0	0
T3200	1	1	11.4	0	0
T3220	0	0	0	0	0
T3260	0	0	0	0	0
T3300	0	0	0	0	0

T4032	0	0	0	0	0
T4035	0	0	0	0	0
T4040	1	1	13	0	0
T4050	0	0	0	0	0
T5050	1	1	3.2	0	0
T5080	0	0	0	0	0
T5100	1	1	5.8	0	0
T5120	0	0	0	0	0
T5140	0	0	0	0	0
T5180	1	1	24	0	0
T5182	1	1	42	0	0
T5200	0	0	0	0	0
T5251	0	0	0	0	0
T5320	5	3	75.2	0	0
T5321	5	3	39.4	0	0
T5500	2	2	11.2	0	0
T5625	3	1	79	0	0
T5626	3	3	69.8	0	0
T5630	1	1	33	0	0
T6125	1	1	28.8	0	0
T6160	12	12	601.8	9	9
T6180	0	0	0	0	0
T6200	3	3	373.8	0	0
T7001	0	0	0	0	0
T7012	3	3	196	0	0
T7016	3	3	120	2	2
Total	100	87	2678.6	13	13

EK C Cluster Analysis 8-MC Cell

Batch Siz 10 Strategy Full Kitt.Str.,Diff.Kitt.St
 Make Time 2098.8 Average MC Util.(%0.900997

Tool TypeKitt.Str.Dif.Kit.SOper.TimeKitt.Sis.Dif.Kit.Sis.T.

T1001	25	16	447.4	0	0
T1025	7	6	58.8	0	0
T1033	3	3	32.4	0	0
T1042	16	10	284.6	0	0
T1050	13	10	303.8	0	0
T1052	4	4	19.6	0	0
T1057	1	1	18.4	0	0
T1066	8	8	386.4	0	0
T1068	20	14	318	0	0
T1077	3	3	30	0	0
T1082	5	3	93.6	0	0
T1085	7	7	107.2	0	0
T1088	1	1	24	0	0
T1090	12	11	439.6	0	0
T1097	6	6	69.8	0	0
T1102	8	7	114.6	0	0
T1110	11	7	199.5	0	0
T1117	13	12	300.4	2	2
T1120	6	6	96	4	4
T1137	11	9	219.2	0	0
T1140	8	8	241.2	1	1
T1157	1	1	10.4	0	0
T1182	1	1	9	0	0
T1190	3	3	24	0	0
T1197	7	7	70.8	0	0
T1217	2	2	37.2	0	0
T1247	9	6	129.4	0	0
T1257	2	2	8	0	0
T1297	2	2	38.6	0	0
T1310	3	3	16.8	0	0
T1340	5	4	25.6	0	0
T1390	6	6	75.6	1	1
T1490	2	2	31.8	1	1
T2040	3	3	18.4	0	0
T2050	11	10	182.4	0	0
T2060	11	11	190.8	2	2
T2080	19	14	264	0	0
T2081	5	5	119.6	0	0
T2100	7	7	139	0	0
T2120	7	7	119	1	1
T2160	2	2	19.6	0	0
T3080	3	3	66	0	0
T3100	5	5	168.4	0	0
T3120	14	13	751.4	3	3
T3140	9	9	506.8	0	0
T3160	1	1	32	0	0
T3200	6	6	125.2	0	0

EK C Cluster Analysis 8-MC Cell

T3220	1	1	8	0	0
T3260	4	3	70.5	0	0
T3300	1	1	15	0	0
T4032	3	3	28	0	0
T4035	5	4	25.6	0	0
T4040	4	4	52	0	0
T4050	1	1	12	0	0
T5050	13	13	288	9	9
T5080	3	3	140.8	0	0
T5100	9	8	406.6	3	3
T5120	1	1	13	0	0
T5140	3	3	89.2	0	0
T5180	7	7	109.2	0	0
T5182	4	4	143.1	0	0
T5200	4	3	121.3	0	0
T5251	1	1	24.8	0	0
T5320	42	28	1095.9	6	4
T5321	29	18	571.8	0	0
T5500	14	12	312.8	4	4
T5625	25	20	1020.6	5	5
T5626	18	17	427	0	0
T5630	8	7	189.8	1	1
T6125	4	4	262.4	0	0
T6160	26	25	1300	19	19
T6180	4	4	239.2	0	0
T6200	8	8	1294.4	0	0
T7001	2	1	20.8	0	0
T7012	23	18	822	0	0
T7016	6	6	240	4	4
Total	607	515	16328.1	66	64

Batch Siz 10 Number of Machines 1

Tool TypeKit.Str. Dif.Kit.S Op.Time Kit.Sis.TDif.Kit.Sis.T.
TRP TRP

T1001	3	3	19.6	0	0
T1025	0	0	0	0	0
T1033	0	0	0	0	0
T1042	1	1	31	0	0
T1050	2	2	69.4	0	0
T1052	2	2	11.2	0	0
T1057	0	0	0	0	0
T1066	1	1	52	0	0
T1068	3	2	33.2	0	0
T1077	0	0	0	0	0
T1082	0	0	0	0	0
T1085	2	2	34.2	0	0
T1088	0	0	0	0	0
T1090	1	1	14	0	0
T1097	1	1	4.8	0	0
T1102	1	1	13	0	0
T1110	4	1	42.9	0	0
T1117	0	0	0	0	0
T1120	0	0	0	0	0
T1137	1	1	5.4	0	0
T1140	1	1	39	0	0
T1157	1	1	10.4	0	0
T1182	1	1	9	0	0
T1190	0	0	0	0	0
T1197	1	1	4	0	0
T1217	0	0	0	0	0
T1247	4	2	48.6	0	0
T1257	0	0	0	0	0
T1297	0	0	0	0	0
T1310	1	1	7	0	0
T1340	1	1	4.8	0	0
T1390	2	2	28	0	0
T1490	0	0	0	0	0
T2040	0	0	0	0	0
T2050	2	2	25	0	0
T2060	3	3	72.2	1	1
T2080	3	2	45.2	0	0
T2081	0	0	0	0	0
T2100	2	2	47	0	0
T2120	0	0	0	0	0
T2160	0	0	0	0	0
T3080	0	0	0	0	0
T3100	1	1	9.6	0	0
T3120	0	0	0	0	0
T3140	2	2	53.8	0	0
T3160	1	1	32	0	0
T3200	0	0	0	0	0
T3220	0	0	0	0	0
T3260	2	1	48.1	0	0
T3300	0	0	0	0	0

T4032	1	1	14	0	0
T4035	1	1	4.8	0	0
T4040	2	2	23.4	0	0
T4050	0	0	0	0	0
T5050	8	8	192	7	7
T5080	0	0	0	0	0
T5100	2	1	46.8	0	0
T5120	1	1	13	0	0
T5140	0	0	0	0	0
T5180	2	2	43.6	0	0
T5182	0	0	0	0	0
T5200	2	1	20.2	0	0
T5251	0	0	0	0	0
T5320	6	4	171.5	1	1
T5321	3	2	64.2	0	0
T5500	0	0	0	0	0
T5625	4	3	94	0	0
T5626	2	2	25.2	0	0
T5630	3	3	67.4	1	1
T6125	0	0	0	0	0
T6160	0	0	0	0	0
T6180	0	0	0	0	0
T6200	2	2	290.6	0	0
T7001	2	1	20.8	0	0
T7012	4	2	43.8	0	0
T7016	0	0	0	0	0
Total	95	78	1949.7	10	10

Batch Siz 10 Number of Machines 2

Tool TypeKit.Str. Dif.Kit.S Op.Time Kit.Sis.TDif.Kit.Sis.T.

	TRP	TRP			
T1001	3	2	65.2	0	0
T1025	0	0	0	0	0
T1033	1	1	5.6	0	0
T1042	2	1	17.2	0	0
T1050	3	2	64.6	0	0
T1052	0	0	0	0	0
T1057	1	1	18.4	0	0
T1066	2	2	98.4	0	0
T1068	4	3	90.4	0	0
T1077	0	0	0	0	0
T1082	1	1	9.6	0	0
T1085	0	0	0	0	0
T1088	0	0	0	0	0
T1090	2	2	52	0	0
T1097	2	2	18.8	0	0
T1102	1	1	5.2	0	0
T1110	2	1	26.4	0	0
T1117	3	3	70.2	1	1
T1120	0	0	0	0	0
T1137	2	2	39.6	0	0
T1140	0	0	0	0	0
T1157	0	0	0	0	0
T1182	0	0	0	0	0
T1190	0	0	0	0	0
T1197	0	0	0	0	0
T1217	1	1	33.6	0	0
T1247	0	0	0	0	0
T1257	0	0	0	0	0
T1297	1	1	30.8	0	0
T1310	0	0	0	0	0
T1340	0	0	0	0	0
T1390	0	0	0	0	0
T1490	0	0	0	0	0
T2040	1	1	3.2	0	0
T2050	1	1	9.6	0	0
T2060	3	3	68.4	1	1
T2080	3	3	58.2	0	0
T2081	2	2	57.2	0	0
T2100	0	0	0	0	0
T2120	1	1	6.8	0	0
T2160	0	0	0	0	0
T3080	0	0	0	0	0
T3100	1	1	26.4	0	0
T3120	3	3	150.2	1	1
T3140	1	1	99	0	0
T3160	0	0	0	0	0
T3200	0	0	0	0	0
T3220	0	0	0	0	0
T3260	0	0	0	0	0
T3300	0	0	0	0	0

T4032	0	0	0	0	0
T4035	0	0	0	0	0
T4040	0	0	0	0	0
T4050	0	0	0	0	0
T5050	0	0	0	0	0
T5080	0	0	0	0	0
T5100	3	3	134.6	1	1
T5120	0	0	0	0	0
T5140	1	1	7.2	0	0
T5180	0	0	0	0	0
T5182	0	0	0	0	0
T5200	0	0	0	0	0
T5251	0	0	0	0	0
T5320	5	4	133.2	0	0
T5321	5	3	142.4	0	0
T5500	3	3	73	1	1
T5625	2	2	68.8	0	0
T5626	3	3	64.8	0	0
T5630	1	1	53.2	0	0
T6125	0	0	0	0	0
T6160	2	2	78	1	1
T6180	1	1	26.4	0	0
T6200	1	1	73.8	0	0
T7001	0	0	0	0	0
T7012	2	2	118.4	0	0
T7016	0	0	0	0	0
Total	76	68	2098.8	6	6

Batch Siz 10 Number of Machines 3

Tool TypeKit.Str. Dif.Kit.S Op.Time Kit.Sis.TDif.Kit.Sis.T.

	TRP	TRP			
T1001	3	2	104.6	0	0
T1025	1	1	5.6	0	0
T1033	1	1	12.8	0	0
T1042	4	3	113	0	0
T1050	2	2	70.2	0	0
T1052	0	0	0	0	0
T1057	0	0	0	0	0
T1066	0	0	0	0	0
T1068	1	1	34	0	0
T1077	0	0	0	0	0
T1082	0	0	0	0	0
T1085	1	1	8	0	0
T1088	1	1	24	0	0
T1090	0	0	0	0	0
T1097	0	0	0	0	0
T1102	1	1	39	0	0
T1110	0	0	0	0	0
T1117	1	1	52.8	0	0
T1120	0	0	0	0	0
T1137	1	1	32	0	0
T1140	2	2	126	1	1
T1157	0	0	0	0	0
T1182	0	0	0	0	0
T1190	0	0	0	0	0
T1197	1	1	6.4	0	0
T1217	0	0	0	0	0
T1247	1	1	44	0	0
T1257	0	0	0	0	0
T1297	0	0	0	0	0
T1310	1	1	5.6	0	0
T1340	0	0	0	0	0
T1390	1	1	14	0	0
T1490	0	0	0	0	0
T2040	1	1	7.2	0	0
T2050	3	2	72.8	0	0
T2060	1	1	11.2	0	0
T2080	1	1	30	0	0
T2081	0	0	0	0	0
T2100	1	1	12	0	0
T2120	2	2	51	1	1
T2160	0	0	0	0	0
T3080	0	0	0	0	0
T3100	0	0	0	0	0
T3120	2	2	121.6	1	1
T3140	0	0	0	0	0
T3160	0	0	0	0	0
T3200	1	1	16.8	0	0
T3220	0	0	0	0	0
T3260	0	0	0	0	0
T3300	0	0	0	0	0

T4032	1	1	5.6	0	0
T4035	0	0	0	0	0
T4040	0	0	0	0	0
T4050	0	0	0	0	0
T5050	0	0	0	0	0
T5080	1	1	30.4	0	0
T5100	1	1	11.2	0	0
T5120	0	0	0	0	0
T5140	1	1	64	0	0
T5180	0	0	0	0	0
T5182	0	0	0	0	0
T5200	0	0	0	0	0
T5251	0	0	0	0	0
T5320	6	2	149.8	1	0
T5321	3	2	52.2	0	0
T5500	0	0	0	0	0
T5625	0	0	0	0	0
T5626	2	2	48	0	0
T5630	0	0	0	0	0
T6125	1	1	77.6	0	0
T6160	1	1	49.6	0	0
T6180	1	1	131.2	0	0
T6200	2	2	412.8	0	0
T7001	0	0	0	0	0
T7012	2	2	31.2	0	0
T7016	0	0	0	0	0
Total	57	49	2078.2	4	3

Batch Siz 10 Number of Machines 4

Tool Type Kit.Str. Dif.Kit.S Op.Time Kit.Sis.TDif.Kit.Sis.T.
 TRP TRP

T1001	5	2	100.2	0	0
T1025	1	1	11	0	0
T1033	0	0	0	0	0
T1042	4	2	75	0	0
T1050	3	2	82.8	0	0
T1052	1	1	3.6	0	0
T1057	0	0	0	0	0
T1066	1	1	10.4	0	0
T1068	3	2	48.8	0	0
T1077	0	0	0	0	0
T1082	2	1	30	0	0
T1085	1	1	12	0	0
T1088	0	0	0	0	0
T1090	1	1	5.6	0	0
T1097	1	1	16.2	0	0
T1102	3	2	39.8	0	0
T1110	0	0	0	0	0
T1117	2	2	34.4	0	0
T1120	0	0	0	0	0
T1137	0	0	0	0	0
T1140	1	1	5.2	0	0
T1157	0	0	0	0	0
T1182	0	0	0	0	0
T1190	0	0	0	0	0
T1197	1	1	5.2	0	0
T1217	0	0	0	0	0
T1247	0	0	0	0	0
T1257	1	1	4.4	0	0
T1297	0	0	0	0	0
T1310	1	1	4.2	0	0
T1340	0	0	0	0	0
T1390	0	0	0	0	0
T1490	0	0	0	0	0
T2040	0	0	0	0	0
T2050	1	1	24	0	0
T2060	2	2	29.6	0	0
T2080	3	2	39.2	0	0
T2081	1	1	14.4	0	0
T2100	1	1	13.6	0	0
T2120	2	2	40.8	0	0
T2160	1	1	3.6	0	0
T3080	0	0	0	0	0
T3100	1	1	50.4	0	0
T3120	2	2	90	0	0
T3140	0	0	0	0	0
T3160	0	0	0	0	0
T3200	1	1	12.4	0	0
T3220	0	0	0	0	0
T3260	1	1	14.4	0	0
T3360	0	0	0	0	0

T4032	1	1	8.4	0	0
T4035	0	0	0	0	0
T4040	0	0	0	0	0
T4050	0	0	0	0	0
T5050	3	3	76.8	2	2
T5080	0	0	0	0	0
T5100	3	3	214	2	2
T5120	0	0	0	0	0
T5140	0	0	0	0	0
T5180	1	1	13.6	0	0
T5182	1	1	80.1	0	0
T5200	1	1	89.1	0	0
T5251	0	0	0	0	0
T5320	5	4	117.7	0	0
T5321	4	3	42.8	0	0
T5500	2	2	22.4	0	0
T5625	4	3	108.4	0	0
T5626	3	3	89.4	0	0
T5630	2	2	33	0	0
T6125	1	1	12	0	0
T6160	6	6	317	5	5
T6180	0	0	0	0	0
T6200	0	0	0	0	0
T7001	0	0	0	0	0
T7012	1	1	4.8	0	0
T7016	0	0	0	0	0
Total	86	73	2050.7	9	9

Batch Siz 10 Number of Machines 5

Tool Type	Kit.Str. TRP	Dif.Kit.S TRP	Op.Time	Kit.Sis.T	Dif.Kit.Sis.T
T1001	2	2	22.4	0	0
T1025	0	0	0	0	0
T1033	0	0	0	0	0
T1042	2	1	23	0	0
T1050	0	0	0	0	0
T1052	0	0	0	0	0
T1057	0	0	0	0	0
T1066	1	1	72	0	0
T1068	3	2	26.6	0	0
T1077	0	0	0	0	0
T1082	0	0	0	0	0
T1085	2	2	16	0	0
T1088	0	0	0	0	0
T1090	2	2	95	0	0
T1097	0	0	0	0	0
T1102	1	1	15	0	0
T1110	2	2	30	0	0
T1117	1	1	17	0	0
T1120	0	0	0	0	0
T1137	1	1	36	0	0
T1140	2	2	47.2	0	0
T1157	0	0	0	0	0
T1182	0	0	0	0	0
T1190	0	0	0	0	0
T1197	2	2	14.4	0	0
T1217	1	1	3.6	0	0
T1247	2	2	23.6	0	0
T1257	1	1	3.6	0	0
T1297	0	0	0	0	0
T1310	0	0	0	0	0
T1340	0	0	0	0	0
T1390	0	0	0	0	0
T1490	0	0	0	0	0
T2040	0	0	0	0	0
T2050	1	1	8.4	0	0
T2060	0	0	0	0	0
T2080	3	2	26.8	0	0
T2081	1	1	30	0	0
T2100	2	2	22.4	0	0
T2120	1	1	17	0	0
T2160	1	1	16	0	0
T3080	0	0	0	0	0
T3100	0	0	0	0	0
T3120	1	1	42	0	0
T3140	1	1	99	0	0
T3160	0	0	0	0	0
T3200	2	2	30.4	0	0
T3220	1	1	8	0	0
T3260	1	1	8	0	0
T3300	0	0	0	0	0

T4032	0	0	0	0	0
T4035	0	0	0	0	0
T4040	0	0	0	0	0
T4050	0	0	0	0	0
T5050	0	0	0	0	0
T5080	0	0	0	0	0
T5100	0	0	0	0	0
T5120	0	0	0	0	0
T5140	0	0	0	0	0
T5180	0	0	0	0	0
T5182	0	0	0	0	0
T5200	0	0	0	0	0
T5251	1	1	24.8	0	0
T5320	7	5	247.7	3	2
T5321	3	1	55.2	0	0
T5500	2	1	21	0	0
T5625	9	8	608.6	5	5
T5626	2	2	65	0	0
T5630	2	1	36.2	0	0
T6125	0	0	0	0	0
T6160	0	0	0	0	0
T6180	0	0	0	0	0
T6200	1	1	123	0	0
T7001	0	0	0	0	0
T7012	2	2	59.2	0	0
T7016	0	0	0	0	0
Total	69	59	1994.1	8	7

Batch Siz 10 Number of Machines 6

Tool TypeKit.Str. Dif.Kit.S Op.Time Kit.Sis.TDif.Kit.Sis.T.

	TRP	TRP			
T1001	3	1	70	0	0
T1025	0	0	0	0	0
T1033	0	0	0	0	0
T1042	0	0	0	0	0
T1050	0	0	0	0	0
T1052	1	1	4.8	0	0
T1057	0	0	0	0	0
T1066	0	0	0	0	0
T1068	1	1	12.6	0	0
T1077	2	2	26	0	0
T1082	2	1	54	0	0
T1085	1	1	37	0	0
T1088	0	0	0	0	0
T1090	2	2	141.8	0	0
T1097	1	1	22	0	0
T1102	0	0	0	0	0
T1110	1	1	56	0	0
T1117	2	2	64	1	1
T1120	0	0	0	0	0
T1137	1	1	11.4	0	0
T1140	0	0	0	0	0
T1157	0	0	0	0	0
T1182	0	0	0	0	0
T1190	2	2	20.8	0	0
T1197	1	1	7.8	0	0
T1217	0	0	0	0	0
T1247	2	1	13.2	0	0
T1257	0	0	0	0	0
T1297	1	1	7.8	0	0
T1310	0	0	0	0	0
T1340	1	1	8	0	0
T1390	2	2	18.6	1	1
T1490	2	2	31.8	1	1
T2040	0	0	0	0	0
T2050	1	1	6.6	0	0
T2060	0	0	0	0	0
T2080	1	1	6	0	0
T2081	1	1	18	0	0
T2100	1	1	44	0	0
T2120	0	0	0	0	0
T2160	0	0	0	0	0
T3080	2	2	57.2	0	0
T3100	1	1	66	0	0
T3120	2	2	192	1	1
T3140	1	1	25.8	0	0
T3160	0	0	0	0	0
T3200	1	1	24.6	0	0
T3220	0	0	0	0	0
T3260	0	0	0	0	0
T3300	1	1	15	0	0

T4032	0	0	0	0	0
T4035	1	1	8	0	0
T4040	1	1	15.6	0	0
T4050	1	1	12	0	0
T5050	0	0	0	0	0
T5080	0	0	0	0	0
T5100	0	0	0	0	0
T5120	0	0	0	0	0
T5140	0	0	0	0	0
T5180	2	2	31.2	0	0
T5182	2	2	54.6	0	0
T5200	0	0	0	0	0
T5251	0	0	0	0	0
T5320	3	3	121	1	1
T5321	2	2	107	0	0
T5500	6	5	186.4	3	3
T5625	3	2	95.2	0	0
T5626	3	3	85.2	0	0
T5630	0	0	0	0	0
T6125	0	0	0	0	0
T6160	0	0	0	0	0
T6180	0	0	0	0	0
T6200	1	1	214.2	0	0
T7001	0	0	0	0	0
T7012	4	3	60.8	0	0
T7016	0	0	0	0	0
Total	69	62	2054	8	8

Batch Siz 10 Number of Machines 7

Tool TypeKit.Str. Dif.Kit.S Op.Time Kit.Sis.TDif.Kit.Sis.T.

	TRP	TRP			
T1001	4	2	36.2	0	0
T1025	3	2	21	0	0
T1033	1	1	14	0	0
T1042	2	1	7.4	0	0
T1050	3	2	16.8	0	0
T1052	0	0	0	0	0
T1057	0	0	0	0	0
T1066	1	1	72	0	0
T1068	2	1	29	0	0
T1077	0	0	0	0	0
T1082	0	0	0	0	0
T1085	0	0	0	0	0
T1088	0	0	0	0	0
T1090	1	1	35	0	0
T1097	1	1	8	0	0
T1102	1	1	2.6	0	0
T1110	1	1	8.2	0	0
T1117	3	2	44.4	0	0
T1120	3	3	48	2	2
T1137	3	1	54	0	0
T1140	0	0	0	0	0
T1157	0	0	0	0	0
T1182	0	0	0	0	0
T1190	0	0	0	0	0
T1197	0	0	0	0	0
T1217	0	0	0	0	0
T1247	0	0	0	0	0
T1257	0	0	0	0	0
T1297	0	0	0	0	0
T1310	0	0	0	0	0
T1340	1	1	8	0	0
T1390	0	0	0	0	0
T1490	0	0	0	0	0
T2040	1	1	8	0	0
T2050	1	1	6	0	0
T2060	2	2	9.4	0	0
T2080	2	1	29	0	0
T2081	0	0	0	0	0
T2100	0	0	0	0	0
T2120	1	1	3.4	0	0
T2160	0	0	0	0	0
T3080	0	0	0	0	0
T3100	1	1	16	0	0
T3120	3	2	110.8	0	0
T3140	2	2	117	0	0
T3160	0	0	0	0	0
T3200	0	0	0	0	0
T3220	0	0	0	0	0
T3260	0	0	0	0	0
T3300	0	0	0	0	0

T4032	0	0	0	0	0
T4035	1	1	8	0	0
T4040	0	0	0	0	0
T4050	0	0	0	0	0
T5050	1	1	3.2	0	0
T5080	1	1	92	0	0
T5100	0	0	0	0	0
T5120	0	0	0	0	0
T5140	1	1	18	0	0
T5180	1	1	16	0	0
T5182	0	0	0	0	0
T5200	1	1	12	0	0
T5251	0	0	0	0	0
T5320	6	2	79	0	0
T5321	6	2	64.2	0	0
T5500	0	0	0	0	0
T5625	0	0	0	0	0
T5626	0	0	0	0	0
T5630	0	0	0	0	0
T6125	1	1	28.8	0	0
T6160	12	11	601.8	9	9
T6180	1	1	66	0	0
T6200	0	0	0	0	0
T7001	0	0	0	0	0
T7012	3	3	223	0	0
T7016	3	3	120	2	2
Total	81	61	2036.2	13	13

Batch Siz 10 Number of Machines 8

Tool Type Kit.Str. Dif.Kit.S Op.Time Kit.Sis.T Dif.Kit.Sis.T.

	TRP	TRP			
T1001	2	2	29.2	0	0
T1025	2	2	21.2	0	0
T1033	0	0	0	0	0
T1042	1	1	18	0	0
T1050	0	0	0	0	0
T1052	0	0	0	0	0
T1057	0	0	0	0	0
T1066	2	2	81.6	0	0
T1068	3	2	43.4	0	0
T1077	1	1	4	0	0
T1082	0	0	0	0	0
T1085	0	0	0	0	0
T1088	0	0	0	0	0
T1090	3	2	96.2	0	0
T1097	0	0	0	0	0
T1102	0	0	0	0	0
T1110	1	1	36	0	0
T1117	1	1	17.6	0	0
T1120	3	3	48	2	2
T1137	2	2	40.8	0	0
T1140	2	2	23.8	0	0
T1157	0	0	0	0	0
T1182	0	0	0	0	0
T1190	1	1	3.2	0	0
T1197	1	1	33	0	0
T1217	0	0	0	0	0
T1247	0	0	0	0	0
T1257	0	0	0	0	0
T1297	0	0	0	0	0
T1310	0	0	0	0	0
T1340	2	1	4.8	0	0
T1390	1	1	15	0	0
T1490	0	0	0	0	0
T2040	0	0	0	0	0
T2050	1	1	30	0	0
T2060	0	0	0	0	0
T2080	3	2	29.6	0	0
T2081	0	0	0	0	0
T2100	0	0	0	0	0
T2120	0	0	0	0	0
T2160	0	0	0	0	0
T3080	1	1	8.8	0	0
T3100	0	0	0	0	0
T3120	1	1	44.8	0	0
T3140	2	2	112.2	0	0
T3160	0	0	0	0	0
T3200	1	1	41	0	0
T3220	0	0	0	0	0
T3260	0	0	0	0	0
T3300	0	0	0	0	0

T4032	0	0	0	0	0
T4035	2	1	4.8	0	0
T4040	1	1	13	0	0
T4050	0	0	0	0	0
T5050	1	1	16	0	0
T5080	1	1	18.4	0	0
T5100	0	0	0	0	0
T5120	0	0	0	0	0
T5140	0	0	0	0	0
T5180	1	1	4.8	0	0
T5182	1	1	8.4	0	0
T5200	0	0	0	0	0
T5251	0	0	0	0	0
T5320	4	4	76	0	0
T5321	3	3	43.8	0	0
T5500	1	1	10	0	0
T5625	3	2	45.6	0	0
T5626	3	2	49.4	0	0
T5630	0	0	0	0	0
T6125	1	1	144	0	0
T6160	5	5	253.6	4	4
T6180	1	1	15.6	0	0
T6200	1	1	180	0	0
T7001	0	0	0	0	0
T7012	5	3	280.8	0	0
T7016	3	3	120	2	2
Total	74	65	2066.4	8	8

EK D Cluster Analysis 4-MC Cell

Batch Siz 20 Strategy Kitting Str., Diff.Kitt.Str
 Make Time 4088.6 Average MC Util.(%0.933932

Tool TypeKitt.Str.Dif.Kit.T Oper.TimKitt.Sis.Dif.Kit.Sis.T.

T1001	18	12	430.8	0	0
T1025	6	5	54.4	0	0
T1033	2	2	32.4	0	0
T1042	11	11	272.6	0	0
T1050	11	9	289.8	1	1
T1052	3	3	19.6	0	0
T1057	1	1	18.4	0	0
T1066	7	7	386.4	0	0
T1068	16	12	329.8	0	0
T1077	2	2	30	0	0
T1082	4	4	93.6	0	0
T1085	6	6	107.2	0	0
T1088	1	1	24	0	0
T1090	11	10	439.6	1	1
T1097	4	3	71.8	0	0
T1102	5	4	114.6	0	0
T1110	9	7	199.5	0	0
T1117	11	11	291.6	1	1
T1120	5	5	96	4	4
T1137	8	7	219.2	0	0
T1140	7	7	241.2	1	1
T1157	1	1	10.4	0	0
T1182	1	1	9	0	0
T1190	2	2	24	0	0
T1197	5	5	70.8	0	0
T1217	3	3	37.2	0	0
T1247	7	7	129.4	0	0
T1257	1	1	8	0	0
T1297	3	3	38.6	0	0
T1310	2	2	16.8	0	0
T1340	3	3	25.6	0	0
T1390	6	6	75.6	2	2
T1490	2	2	31.8	1	1
T2040	2	2	18.4	0	0
T2050	8	7	170.4	1	1
T2060	9	8	182.8	2	2
T2080	14	11	289.6	0	0
T2081	4	4	119.6	1	1
T2100	6	6	139	0	0
T2120	5	5	119	1	1
T2160	2	2	19.6	0	0
T3080	2	2	66	0	0
T3100	3	3	168.4	0	0
T3120	12	12	729	2	2
T3140	9	9	506.8	3	3
T3160	1	1	32	0	0
T3200	4	4	125.2	1	1

EK D Cluster Analysis 4-MC Cell

T3220	1	1	8	0	0
T3260	3	3	70.5	0	0
T3300	1	1	15	0	0
T4032	2	2	28	0	0
T4035	3	3	25.6	0	0
T4040	3	3	52	0	0
T4050	1	1	12	0	0
T5050	13	13	288	9	9
T5080	2	2	140.8	0	0
T5100	8	7	305.4	2	2
T5120	1	1	13	0	0
T5140	2	2	89.2	0	0
T5180	5	4	109.2	0	0
T5182	3	3	143.1	0	0
T5200	4	3	121.3	0	0
T5251	1	1	24.8	0	0
T5320	37	20	1094.3	8	4
T5321	23	12	569.8	1	1
T5500	10	8	312.8	5	5
T5625	18	15	998.6	5	5
T5626	16	13	427	3	2
T5630	9	7	277.8	2	2
T6125	4	4	262.4	0	0
T6160	22	22	1173.2	18	18
T6180	3	2	239.2	0	0
T6200	8	6	1294.4	3	2
T7001	2	2	20.8	0	0
T7012	22	14	832.2	1	1
T7016	6	6	240	5	5
Total	498	422	16338.3	84	78

EK E Cluster Analysis 6-MC Cell

Batch Siz 20 Strategy Kitt. Str. , Diff. Kitt. Str.
 Make Time 2712 Average MC Util.(%0.930402)

Tool Ty₁ Kitt.Str.Dif.Kit.TOper.TimeKitt.Sis.Dif.Kit.Sis.T.

T1001	18	10	430.8	0	0
T1025	6	5	54.4	0	0
T1033	2	2	32.4	0	0
T1042	11	11	272.6	0	0
T1050	11	9	289.8	1	1
T1052	3	3	19.6	0	0
T1057	1	1	18.4	0	0
T1066	7	6	386.4	0	0
T1068	15	11	309	0	0
T1077	2	2	30	0	0
T1082	4	4	93.6	0	0
T1085	6	6	107.2	0	0
T1088	1	1	24	0	0
T1090	11	11	439.6	1	1
T1097	4	4	71.8	0	0
T1102	5	5	114.6	0	0
T1110	9	8	199.5	0	0
T1117	11	10	291.6	1	1
T1120	5	5	96	4	4
T1137	8	6	219.2	0	0
T1140	7	6	241.2	1	1
T1157	1	1	10.4	0	0
T1182	1	1	9	0	0
T1190	2	2	24	0	0
T1197	5	5	70.8	0	0
T1217	3	2	37.2	0	0
T1247	7	7	129.4	0	0
T1257	1	1	8	0	0
T1297	3	3	38.6	0	0
T1310	2	2	16.8	0	0
T1340	3	3	25.6	0	0
T1390	6	6	75.6	2	2
T1490	2	2	31.8	1	1
T2040	2	2	18.4	0	0
T2050	8	8	170.4	1	1
T2060	9	8	182.8	2	2
T2080	13	10	264	0	0
T2081	4	4	119.6	1	1
T2100	6	6	139	0	0
T2120	5	5	119	1	1
T2160	2	2	19.6	0	0
T3080	2	2	66	0	0
T3100	3	3	168.4	0	0
T3120	12	12	729	2	2
T3140	9	8	506.8	3	3
T3160	1	1	32	0	0
T3200	4	4	125.2	1	1

EK E Cluster Analysis 6-MC Cell

T3220	1	1	8	0	0
T3260	3	3	70.5	0	0
T3300	1	1	15	0	0
T4032	2	2	28	0	0
T4035	3	3	25.6	0	0
T4040	3	3	52	0	0
T4050	1	1	12	0	0
T5050	13	13	288	9	9
T5080	2	2	140.8	0	0
T5100	8	7	305.4	2	2
T5120	1	1	13	0	0
T5140	2	2	89.2	0	0
T5180	5	5	109.2	0	0
T5182	3	3	143.1	0	0
T5200	4	4	121.3	0	0
T5251	1	1	24.8	0	0
T5320	37	24	1094.3	8	6
T5321	23	14	569.8	1	1
T5500	10	9	312.8	5	5
T5625	18	14	998.6	5	4
T5626	16	10	427	3	2
T5630	7	5	189.8	1	1
T6125	4	4	262.4	0	0
T6160	22	21	1173.2	18	17
T6180	3	3	239.2	0	0
T6200	8	8	1294.4	3	3
T7001	2	2	20.8	0	0
T7012	22	17	832.2	1	1
T7016	6	6	240	5	5
Total	494	425	16338.3	83	78

EK F Cluster Analysis 8-MC Cell

Batch Siz 20 Strategy Full Kitt.Str., Dif.Kit.Str
 Wake Time 2165.3 Average MC Util.(%0.875138

Tool TypeKitt.Str.Dif.Kit.SOper.TimeKitt.Sis.Dif.Kit.Sis.T.

T1001	18	12	430.8	0	0
T1025	6	6	54.4	0	0
T1033	2	2	32.4	0	0
T1042	11	9	272.6	0	0
T1050	11	9	289.8	1	1
T1052	3	3	19.6	0	0
T1057	1	1	18.4	0	0
T1066	7	6	386.4	0	0
T1068	15	13	309	0	0
T1077	2	1	30	0	0
T1082	4	4	93.6	0	0
T1085	6	6	107.2	0	0
T1088	1	1	24	0	0
T1090	11	10	439.6	1	1
T1097	4	4	71.8	0	0
T1102	5	4	114.6	0	0
T1110	9	8	199.5	0	0
T1117	11	9	291.6	1	1
T1120	5	5	96	4	4
T1137	8	8	219.2	0	0
T1140	7	7	241.2	1	1
T1157	1	1	10.4	0	0
T1182	1	1	9	0	0
T1190	2	1	24	0	0
T1197	5	5	70.8	0	0
T1217	3	2	37.2	0	0
T1247	7	4	129.4	0	0
T1257	1	1	8	0	0
T1297	3	3	38.6	0	0
T1310	2	2	16.8	0	0
T1340	3	3	25.6	0	0
T1390	6	6	75.6	2	2
T1490	2	2	31.8	1	1
T2040	2	2	18.4	0	0
T2050	8	8	170.4	1	1
T2060	9	9	182.8	2	2
T2080	13	11	264	0	0
T2081	4	3	119.6	1	1
T2100	6	6	139	0	0
T2120	5	5	119	1	1
T2160	2	2	19.6	0	0
T3080	2	1	66	0	0
T3100	3	3	168.4	0	0
T3120	12	9	729	2	1
T3140	9	9	506.8	3	3
T3160	1	1	32	0	0
T3200	4	4	125.2	1	1

EK F Cluster Analysis 8-MC Cell

T3220	1	1	8	0	0
T3260	3	3	70.5	0	0
T3300	1	1	15	0	0
T4032	2	2	28	0	0
T4035	3	3	25.6	0	0
T4040	3	3	52	0	0
T4050	1	1	12	0	0
T5050	13	12	288	9	8
T5080	2	2	140.8	0	0
T5100	8	8	305.4	2	2
T5120	1	1	13	0	0
T5140	2	2	89.2	0	0
T5180	5	4	109.2	0	0
T5182	3	2	143.1	0	0
T5200	4	4	121.3	0	0
T5251	1	1	24.8	0	0
T5320	37	25	1094.3	8	6
T5321	23	16	569.8	1	1
T5500	10	10	312.8	5	5
T5625	18	16	998.6	5	5
T5626	16	13	427	3	2
T5630	7	5	189.8	1	1
T6125	4	4	262.4	0	0
T6160	22	20	1173.2	18	16
T6180	3	3	239.2	0	0
T6200	8	8	1294.4	3	3
T7001	2	2	20.8	0	0
T7012	22	16	832.2	1	1
T7016	6	6	240	5	5
Total	494	426	15979.5	83	76

ÖZGEÇMİŞ

Aslan ÇOBAN 1971 yılında Malatya'nın Hekimhan ilçesine bağlı Dumlu köyünde doğdu. 1988 yılında Hekimhan İmam Hatip Lisesinden mezun oldu. Aynı yıl İ.T.Ü. Sakarya Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümüne girdi. Bu fakülteden 1992 yılında iyi derece ile mezun oldu. Bir süre özel bir işletmede yönetici olarak çalıştı. 1994 yılında Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümünde araştırma görevlisi oldu. Halen bu görevini sürdürmektedir.

