

46389

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HAZIRLIK SÜRELERİNİN ANALİZİ
VE AZALTILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Müh. Rifat Gürcan ÖZDEMİR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Haziran 1995

Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Haziran 1995

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Bülent DURMUŞOĞLU

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Murat DİNÇMEN

Yrd.Doç.Dr. Cengiz GÜNGÖR

HAZİRAN 1995

ÖNSÖZ

Günümüzde üretim teknolojilerinin ulaştığı son nokta, en kısa zamanda, en ekonomik ve yüksek kaliteli ürün üretebilen sistemlerdir. Bu üretim sistemlerinin ayrıca, yüksek verimle çalışabilen, çok çeşitli ürüne anında yönelebilen ve gelişen teknolojiye paralel olarak hareket edebilen sistemler olması gerekmektedir. Bütün bu koşulları sağlayabilecek bir üretim sistemi için öncelikli şart, en önemli girdi kaynaklarından biri olan zamanın en iyi şekilde kullanılmasıdır. Bunun için işçilik kaybına sebep olan israf sürelerin ortadan tamamıyla kaldırılması gerekmektedir. Bu bağlamda, ürüne hiç bir değer katmayan ve üretimin akışını oldukça kötü etkileyen hazırlık sürelerinin azaltılması ve hatta tamamen ortadan kaldırılması zorunluluk halini almıştır.

Bu çalışmada öncelikle hazırlık işleri ve süreleri genel olarak incelenmiş ve tanımlanmıştır. Hazırlık sürelerinin analizi ve azaltılması için bir metod önerilmiş. Bu metoda göre hazırlık sürelerinin etkin olarak azaltılması konusunda bir cam kalıp üretim sisteminde detaylı bir çalışma yapılmıştır.

Çalışmam süresince beni yönlendiren hocam Sayın Doç. Dr. BÜLENT DURMUŞOĞLU 'na ve yardımlarını esirgemeyen Camış Makina ve Kalıp Sanayi A.Ş. yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

Rıfat Gürcan ÖZDEMİR

İstanbul, Haziran 1995

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
NOTASYON LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	x
RESİM LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii
BÖLÜM 1. HAZIRLIK SÜRELERİNİN ANALİZİNE GİRİŞ.....	1
1.1. GİRİŞ.....	1
1.2. Hazırlık Sürelerinin Azaltılma Çabalarının Gerekçesi.....	1
1.3. Hazırlık İşleri.....	4
1.4. Hazırlık Süresi.....	4
1.5. Hazırlık Süresine Bağlı Hazırlık Maliyeti.....	5
1.5.1. Hazırlık Maliyetinin Üretim Maliyetine Etkisi.....	5
1.6. Hazırlık Sürelerinin Azaltılması veya Ortadan Kaldırılması.....	7
1.6.1. Hızlı Kalıp Takım Değişirme (HKTD) Programının Uyarlanması.....	8
1.7. Makina Başındaki Hazırlık Sürelerini Düşürmek İçin Ana Adımlar.....	9
1.7.1. Mevcut Yöntemi Belirleme.....	9
1.7.2. İçsel Elemanları Dışsal Elemanlardan Ayırma.....	10
1.7.3. İçsel Hazırlığı Dışsal Hazırlığa Dönüştürme.....	11
1.7.4. İçsel Hazırlıkları Azaltma veya Ortadan Kaldırma.....	11
1.8. Tek Dakikalı Kalıp Değişirme, TDKD.....	12
1.8.1. TDKD 'nin Doğuşu.....	12
1.8.2. TDKD 'nin Adımları.....	14
1.8.3. Bir Dokunmalı ve Dokunmasız Kalıp Değişirme.....	15
1.9. Hazırlık Süresinin Azaltılmasında İzlenen Geleneksel Stratejiler.....	15
1.9.1. Operatörlerin ve Ayarcıların Yetenek ve Bilgilerinin Artırılması Amacıyla Eğitilmeleri	15
1.9.2. Hazırlık İşlerinde Uzman İnsanların Çalıştırılması.....	16
1.9.3. Büyük Partilerle Üretim Yapılması.....	16

1.9.4. Ekonomik Parti Büyüklüğü Vasıtasıyla Hazırlık Maliyetleri İle	
Envanter Maliyetlerinin Dengelenmesi.....	18
1.10. Tam Zamanında Üretime Hazırlık Sürelerinin Etkisi.....	20
1.11. Tezde Yapılan Çalışma.....	22
 BÖLÜM 2. HAZIRLIK SÜRELERİNİ AZALTMADA KULLANILAN YÖNTEMLER...	25
2.1. Hazırlıkları Azaltma Adımları.....	25
2.2. Hazırlık Analizi.....	26
2.3. Hazırlık İşlerinin Yapılandırılması.....	27
2.4. Hazırlık Verilerinin Toplanması.....	29
2.5. Veri Değerlendirme ve Aksaklıkların Bulunması.....	30
2.6. Önerilerin Geliştirilmesi ve Gerçeklenmesi.....	31
2.7. İş Çizelgelemesi İçin Kullanılan Yöntem.....	31
2.7.1. Gezgin Satıcı Problemi.....	32
2.7.1.1. Matematiksel Gösterim.....	33
2.7.1.2. Gezgin Satıcı Problemine Dal-Sınır Algoritması Yaklaşımı.....	36
2.7.1.2.1. Eastman Algoritması.....	37
2.8. Takım Değişirme Sayılarının Azaltılması ve Takım Planlaması İçin	
Kullanılan Yaklaşımlar.....	41
2.9. Kümelendirme İçin Kullanılan Yaklaşımlar.....	47
2.9.1. Derece Sıralama Algoritması.....	47
2.9.2. Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı.....	51
 BÖLÜM 3. UYGULAMA.....	54
3.1. Sistemin Tanımı.....	54
3.1.1. Kalıp Üretim Sisteminin Tanıtılması.....	54
3.1.2. Seçilen İnceleme Tezgahının Tanıtılması.....	55
3.1.2.1. CNC Combi Torna Tezgahında Yapılan Hazırlıklara Ait Genel	
Bilgiler.....	55
3.1.2.1.1. Kullanılan Düzenler.....	56
3.1.2.1.2. Hazırlık Nesneleri.....	57
3.2. Uygulamanın Amacı.....	57
3.3. Hazırlık Analizi.....	58
3.4. Hazırlık İşlerinin Yapılandırılması.....	59
3.4.1. Kodlama.....	61
3.5. Hazırlık İşleri İle İlgili Verileri Kayıt Etme.....	61
3.6. Verilerin Değerlendirilmesi.....	63
3.7. Önerilerin Geliştirilmesi ve Gerçeklenmesi.....	64

3.6. Verilerin Değerlendirilmesi.....	63
3.7. Önerilerin Geliştirilmesi ve Gerçeklenmesi.....	64
3.7.1. Takım Sınıflandırma ve Standardizasyon.....	69
3.7.2. Takım Değiştirme Sayılarına Göre İş Çizelgeleme.....	70
3.7.3. Takım Kümelendirme.....	77
3.7.4. Takım Planlaması.....	84
3.7.4.1. Takım Kümeleri İçin İş Çizelgeleme ve Takım Planlaması.....	85
3.8. Değerlendirme.....	89
 BÖLÜM 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	91
4.1. Sonuçlar.....	91
4.2. Öneriler.....	92
KAYNAKLAR.....	93
EKLER.....	95
ÖZGEÇMİŞ.....	110

Notasyon Listesi

TDKD	:	Tek Dakikalı Kalıp Değiştirme
HKTD	:	Hızlı Kalıp Takım Değiştirme
BDKD	:	Bir Dokunmalı Kalıp Değiştirme
DKD	:	Dokunmasız Kalıp Değiştirme
TZÜS	:	Tam Zamanında Üretim Sistemi
TZÜ	:	Tam Zamanında Üretim
GT	:	Grup Teknolojisi
GSP	:	Gezgin Satıcı Problemi
DSA	:	Derece Sıralama Algoritması
YSA	:	Yapay Sinir Ağları
EKÜS	:	En Küçük Alt Sınır
ETM	:	En Küçük Toplam Mesafe
EPB	:	Ekonomik Parti Büyüklüğü

Şekil Listesi

Şekil 1.1:	Daha kısa hazırlık sürelerinin üretim hedeflerini birbirine yakınlaştırması	2
Şekil 1.2:	Büyük partili (A) ve Küçük partili (B) üretim esnasında oluşan temin süreleri.	3
Şekil 1.3:	TC 'nin Q 'ya göre değişimi.	6
Şekil 1.4:	TC/Q 'ya karşı Q 'nun gerçek grafiği.	6
Şekil 1.5:	Hazırlık süresinin dolayısıyla hazırlık maliyetinin büyük ölçüde azaltıldığı durumda TC/Q 'ya karşı Q 'nun logaritmik eksenindeki grafiği.	7
Şekil 1.6:	800 tonluk pres için işlem analizi (Shingo 1987).	10
Şekil 1.7:	Standart kalıp yüksekliği.	12
Şekil 1.8:	Dengeleme grafiği.	19
Şekil 1.9:	TZÜS geçiş için etki alanları.	21
Şekil 1.10:	Kısa hazırlık sürelerinin TZÜ için önemi.	22
Şekil 2.1:	Sistemik olarak hazırlık süresini azaltmak için adımlar.	25
Şekil 2.2:	Makina başındaki hazırlık prosesini etkileyen faktörler.	26
Şekil 2.3:	Hazırlığın yapısı.	28
Şekil 2.4:	Veri toplama adımları.	30
Şekil 2.5:	Değerlendirme matrisi	31
Şekil 2.6:	Beş şehirli bir GSP örneği.	34
Şekil 2.7:	Şehirler arası mesafe matrisi.	39
Şekil 2.8:	Gezgin Satıcı Problemi için çözüm ağacı.	41
Şekil 2.9:	Dört takım kapasiteli magazini olan bir NC tezgahı.	42
Şekil 2.10:	İş - Takım Matrisi.	44

Şekil 2.11:	Optimal sonuç matrisi.	
Şekil 2.12:	Takım değiştirme sayıları.	46
Şekil 2.13:	İş - takım ilişki matrisi.	48
Şekil 2.14:	Birinci satır iterasyonunun sonuç matrisi.	49
Şekil 2.15:	Birinci sütun iterasyonunun sonuç matrisi.	50
Şekil 2.16 :	İkinci satır iterasyonunun sonuç matrisi.	50
Şekil 2.17:	İkinci sütun iterasyonunun sonuç matrisi.	51
Şekil 3.1:	Hazırlık işlerinin yapısı.	60
Şekil 3.2:	Değerlendirme matrisi	63
Şekil 3.3:	Hazırlık nesnelerinin toplam sürelerinin dağılımı.	64
Şekil 3.4:	Kılçık diyagramı - 1.	65
Şekil 3.5:	Kılçık diyagramı - 2.	66
Şekil 3.6:	Kılçık diyagramı - 3.	67
Şekil 3.7:	Kılçık diyagramı - 4.	67
Şekil 3.8:	Kılçık diyagramı - 5.	68
Şekil 3.9:	Kılçık diyagramı - 6.	68
Şekil 3.10:	İş takım ilişki matrisi.	72
Şekil 3.11:	İlk çözüm matrisi.	73
Şekil 3.12:	Takım kullanım oranları.	74
Şekil 3.13:	T10 ve T11 takımları çıkarıldıktan sonra elde edilen çözüm matrisi	76
Şekil 3.14:	İş grupları arası takım değiştirme sayıları.	77
Şekil 3.15:	Oluşturulan Kümeler.	79
Şekil 3.16:	Düzeltilmiş takım kümeleri.	81
Şekil 3.17:	Kümelerin son şekli.	83

Şekil 3.18:	1. Küme için takım değıştirme sayıları	86
Şekil 3.19:	2. Küme için takım değıştirme sayıları.	86
Şekil 3.20:	3. Küme için takım değıştirme sayıları.	86



Tablo Listesi

Tablo 1.1. :	Hazırlık süresi ve parti büyüklüğü arasındaki ilişki - 1	16
Tablo 1.2. :	Hazırlık süresi ve parti büyüklüğü arasındaki ilişki - 2	17
Tablo 1.3. :	Uzun ve kısa hazırlık sürelerinin artan parti miktarlarına etkisi.	17
Tablo 1.4. :	Kısa hazırlık süresi ve parti büyüklüğü arasındaki ilişki.	20
Tablo 2.1. :	Hazırlık adımlarına karşılık gelen hazırlık elemanları.	28
Tablo 2.2. :	Takım Hazırlık Planlaması.	47
Tablo 3.1. :	Hazırlık nesnelerinin listesi	57
Tablo 3.2. :	Hazırlık nesneleri ve faaliyetlerinin listesi	58
Tablo 3.3. :	Hazırlık işlerinin kodlanması.	61
Tablo 3.4. :	Takımların sınıflandırılması ve kodlanması.	69
Tablo 3.5. :	Takım listesi	71
Tablo 3.6. :	Çizelgeleme için oluşturulan birbirini kapsayan iş grupları.	75
Tablo 3.7. :	Oluşturulan kümeler.	78
Tablo 3.8. :	Dublikasyon sonrası oluşan takım kümeleri	80
Tablo 3.9. :	İstisnai elemana sebep olan takımlar.	80
Tablo 3.10.:	Kümelerin en son şekli.	82
Tablo 3.11.:	Üst taret için takım planlaması	84
Tablo 3.12.:	Alt taret için takım planlaması	85
Tablo 3.13.:	1. Küme için takım planlaması.	87
Tablo 3.14.:	2. Küme için takım planlaması.	88
Tablo 3.15.:	3. Küme için takım planlaması.	88

Resim Listesi

Resim A.1 :	CNC Combi Tezgahının önden görünüşü.	105
Resim A.2 :	CNC Combi Tezgahında kullanılan takımlar.	105
Resim A.3 :	Dış çap işleme takımları (T1)	106
Resim A.4 :	Dış kanal açma takımları (T2)	106
Resim A.5 :	Dış çap invert yuvası açma takımları (T3)	106
Resim A.6 :	İç çap sıkma uçlu delik açma takımları (Y1)	107
Resim A.7 :	İç çap kaynak uçlu delik açma takımları (Y2)	107
Resim A.8 :	Komple iç boşaltma takımları (Y3)	108
Resim A.9 :	İç kanal açma takımları (Y4)	108
Resim A.10:	İç çap müldebak, müldefon yuvası açma takımları (Y5)	109
Resim A.11:	Alın keski takımları (Y6)	109

ÖZET

Kesikli parti tipi üretim yapan sistemlerde "tam zamanında" ideale ulaşmak için aşılması gereken engellerden biri ve en önemlisi hazırlık sürelerinin azaltılarak küçük parti üretiminin yapılabilmesidir. Hazırlık sürelerinin azaltılması birinci derecede, hazırlık işlerinin doğru ve tam olarak tanımlanmasına bağlıdır. Bundan sonra yapılacak sistematik bir çalışma ile hazırlık sürelerinin azaltılması gerçekleştirilebilir.

Hazırlık süreleri genellikle direk maliyete etki ederler, böylece hazırlık sürelerinde sağlanacak azalma doğrudan hazırlık maliyetlerini ve toplam üretim maliyetlerini iyi yönde etkiler.

Hazırlık süreleri firmalar tarafından istenmeyen israf sürelerdir. Bunun nedeni ürüne hiçbir ek değer katmayan ama yapılmak zorunda olunan işlerdir. Bu yüzden bazı firmalar hazırlık işlerini işçilik kayıpları olarak görmektedirler. Bunun yanında hazırlık süreleri azaltma çalışmaları hiçbir risk içermemektedirler. Yani üst yönetime ilgiden başka hiçbir yük yüklemeyen iyileştirme çalışmalarıdır.

Bu çalışmada hazırlık sürelerinin azaltılması için her koşulda izlenebilecek bir yol önerilmiştir. Ayrıca, hazırlık sürelerinin azaltılmasında karşılaşılan en büyük sorun, izlenecek sistemli bir yolun olmamasıdır. Dolayısıyla, bu konuda odaklanılmıştır. Bunun yanı sıra, üretim ortamlarımızda geleneksel tezgahlar yerlerini Bilgisayar Nümerik Kontrollü (CNC) tezgahlara bırakmaktadır. CNC tezgahların çoğunlukta olduğu üretim ortamlarında, hazırlık sürelerinin azaltılması, tezgahlarda kullanılan takımların, efektif olarak planlanmasına kuvvetlice bağlı kalmaktadır. Bundan dolayı yapılan uygulamada kullanılan takım planlaması yaklaşımları da ayrıca her koşulda hazırlık sürelerini azaltma çalışmaları için kullanılabilir.

Hazırlık sürelerini azaltma için geliştirilen sistematik yaklaşımın bir cam kalıp üretim sisteminde uygulaması yapılmıştır.

SUMMARY

SETUP TIME ANALYSIS AND REDUCTION

The issue of setup time reduction is important for firms seeking to incorporate procedures and concepts such as flexible manufacturing systems (FMS) and just-in-time (JIT) manufacturing to improve manufacturing productivity. Setup time reduction is a fundamental tenet of just-in-time (JIT) manufacturing and flexible manufacturing systems (FMS). With the great success of Japan's manufacturing there has been a sudden interest in theoretical models for the reduction of setup time (cost). This has the potential for producing many benefits such as reduced inventory costs, improved quality, and increased equipment utilisation. In fact, Japan's ability to control setup time and slash lead time were key elements in its successful implementation of JIT.

There are also many benefits of setup time reduction. These benefits include small-lot production capabilities which yield savings in storage, handling, and inventory carrying costs; reduced lead times; increased quality; increased flexibility; and increased capacity.

Setup time is defined as the time it takes to go from the production of the last good piece of a prior run to the first good piece of a new production run. Setup, therefore, not only includes changing fixtures, dies, and / or tooling, but also tear down, cleanup, inspection, trial runs, and any material handling, administrative work, idle time, etc., that occurs between the production of good parts.

Assuming that the cost per setup is equal to the setup time multiplied by a standard labour hourly cost. Thus, there is a positive correlation between setup time and cost per setup. Using setup time reduction interchangeably with setup cost reduction, or simply using blanket term, setup reduction, instead of distinguishing between setup cost reduction and setup time reduction. Recently, many authors indicated that significant reductions in setup time can be realised by applying common sense and experience to setup processes, with little or no capital investment.

Often this setup depends on which jobs follow and this is referred to as sequence dependent setup time. However, one of the most popular approaches to job shop problems is to apply a simple priority rule to the queue at each machine. These simple priority rules however are usually fixed and, as such, do not respond to changes in the manufacturing system. Intuitively it would seem that the amount of setup time should be a factor to be taken into account when sequencing jobs in a practical manufacturing environment. The sequence dependent setup time had a significant impact on the shop performance. Ordinary sequencing rules could not provide as good shop performance as setup-oriented rules that accounted for sequence dependency.

The concept of eliminating waste by reducing setup time is rooted in the SMED (Single Minute Exchange of Die) methodology developed by Shingo (1987). Figure 1 depicts the SMED methodology and typical responses to SMED in terms of programs and efforts in the machining environment.

- Step 1** Separate internal setup actions from external setup actions
 Internal Setup → Setup While Machine Is Stopped
 External Setup → Setup While Machine Is Operational
- Step 2** Convert internal setup actions to external setup actions
 Internal Setup Actions Must Not Be Interrupted To Perform External Setup
- Step 3** Eliminate adjustment
 Adjustment Consumes As Much As 50% of The Total Setup Time
 (Setup time is the time from the completion of last good part A to the acceptance of the first good part B)
- Step 4** Single minute setup
- Responses to SMED methodology
- (i) Identify and Separate Internal and External Setup Actions
 - A. Videotaping of setups
 - B. Classify / analyse data
 - (ii) Convert Internal Setup To External Setup
 - A. Fixture setup, tool setup, gauge acquisition external
 - B. Implementation of machine resident common tool packets
 - (iii) Eliminate Adjustment
 - Keyed location of fixtures, angle plates and other work-holding devices to establish pre-defined location on worktable(e.g. quick change tooling)
 - Note : The two problems associated with adjustment
 - Part / Fixture location not equal to programmed location
 - Machine dimensions not equal to programmed dimensions
 - (iv) Make Setup One-Touch

Figure 1. Single Minute Exchange of Die (SMED) methodology.

Steps 1 and 2 of SMED can be accomplished in machining as shown, and by other methods, while Step 3 promotes the concept of eliminating internal setup time by eliminating adjustment. Adjustment is eliminated in machining by a combination of pre-defining the fixture location relative to machine tool work table using sine keys (or other quick setup fastening and locating devices), and quick setup fixturing to pre-define part positioning in a fixture. In this way Step 4 of SMED may be accomplished.

Tool setup actions generally take the most time in total setup time. Because, manufacturing with NC machine, tool length adjustment process takes more time

than other adjustments. In table 1, tool length adjustment process with NC machine is shown.

1. Make a trial cut.
2. Check (inspect) the resulting machined dimension.
3. Mentally compute an offset given by equation (1).
equation 1:
$$\text{Offset} = \text{programmed dimension} - \text{actual dimension}.$$
4. Enter a tool length adjustment offset into the controller.
5. Repeat steps' 1-4 until machined and programmed dimensions are equivalent (using as many parts as necessary).

Table 1. Tool length adjustment process with NC machine.

To adapt the consequence of setup time for the manufacturing process and the enterprise success, it is necessary to consider systematically the setup process in the production. In this thesis shown a method, which enables to analyse the setup process and derive suggestions for setup time reduction upon the basis of ascertained weaknesses.

This method must consider all influences on the setup process. They can be divided into setup components (production facilities) and production organisation, as well as personnel.

Organisation	→	a. production control b. tool organisation c. planning of setup d. technical document e. maintenance
Personnel	→	a. qualification b. motivation
Production Facilities	→	a. machine b. machine control c. tools d. fixture e. clamping devices f. measuring tools g. auxiliary devices h. periphery i. material

These are areas of influences on the machine near setup process. To analyse a machine near setup process it is advisable to structure the procedure step by step.

The first step is to determine the investigation field. This means, the work centres should be selected, on which setup process recording should be occurred.

The data recording on the selected machines forms the second step. The evaluation and valuation of the recorded data are the third step. Output of this step is the listing of the main weaknesses and disturbances in setup process on the machine.

The fourth step is to derive the suggestions to eliminate weaknesses and reduce machine down time caused by these weaknesses of setup process.

The realising of the selected suggestions forms the final of analysis.

The setup process was in the setup analysis divided into so-called setup elements and setup steps independently. The setup elements are formed out of the combination of process neutral setup objects and setup activities. One setup step association with one setup element, is dependent on external or internal feasibility of separate setup elements.

An Example :

Setup Steps :

1. preparation
2. clamping down
3. clamping up
4. test run
5. ending work

Setup Elements		
Setup Objects		Setup Activities
A. Document		1. Read
B. Fixture		2. Loosen
C. Tool		3. Install
D. Workpiece		4. Inspection
E. Measuring Tool		5. Clean

The activities of preparation and ending work describe the setup operations on machine, which could be done parallel to machine running time (external). The setup steps of clamping down and clamping up contain the necessary activities of disassembling, rebuilding, installing or adjusting for tools, fixture or workpiece. After finishing these activities it is theoretical possible to begin the production of next lot. Putting into practice this turns out to be impossible, because normally it needs one or more test runs, in order to obtain the required quality of workpieces.

For the performing of the data recording on the selected work centres, the aid and proceeding have to be determined, so as to register the setup process data with required accuracy and to obtain the data in clear valuable form. The observer records what activity has been carried out by the personnel on the machine. This activity has to be converted into suitable code with the predefined list of setup object and setup activity. E.g. the observed activity "installing tool" results in the setup element code C-33 according to predefined list.

The results of evaluation of setup elements form the fundament to derive the suggestions, which lead to reduce machine down time caused by weaknesses associated with setup objects. So, it is necessary to find out the cause of weaknesses located with the help of data evaluation. In suggestions deriving, it is important to distinguish between the effect and cause. The results of setup data evaluation describe the effect. However, the cause, which has to be removed. Finally, derived suggestions realising, the weaknesses may be removed to reduce setup time.

In the case study of thesis, the weaknesses of setup process associated with "tool" setup object. To remove these weaknesses, derived suggestions are "1-make classification and standardisation of tools, 2-job scheduling to minimise the number of tooling changeovers must be made, 3-tool clustering must be made and 4- tool planning must be made."

To make job scheduling, TSP (travelling salesman problem) approach was used. To make tool clustering, two clustering approaches were used. One is ROC algorithm and other one is a neural network approach. In tool planning, KTNS (keep tool needed soonest) rule was used.

Travelling Salesman Problem :

In the TSP, a salesman must visit each city in his territory and then return home. In our case, the worker must perform each job and then return to the starting condition. Several mathematical formulations exist for the TSP. One approach is to let x_{ij} be 1 if city j is visited immediately after i and 0 otherwise. A formal statement is then

$$\begin{aligned} &\text{minimise } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{ij} x_{ij} \\ &\text{subject to} \\ &\quad \sum_{j=1}^N x_{ij} = 1 \quad \text{for all } i \\ &\quad \sum_{i=1}^N x_{ij} = 1 \quad \text{for all } j \\ &\quad \text{no subtours} \\ &\quad x_{ij} = 0 \text{ or } 1 \end{aligned}$$

Use of Eastman 's algorithm with Branch and Bound Technique, the scheduling problem was solved.

Tool Planning :

In the case study, for tool planning we have two assumptions. First, assuming that tools are not needed elsewhere, there is no advantage in ever having less than M tools on the machine. Second, assume an ordering for jobs on machine is given.

In KTNS we only remove as many tools as necessary to make way for the next job. The tools removed are those that will not be needed again until the longest time (most jobs) in the future.

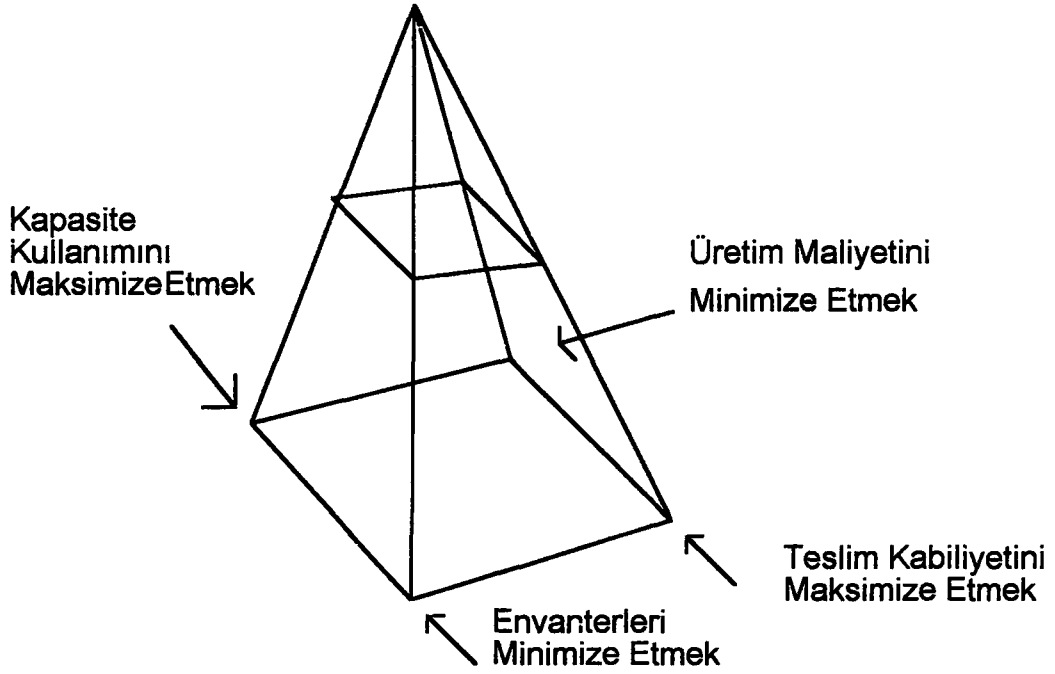
BÖLÜM 1 . HAZIRLIK SÜRELERİNİN ANALİZİNE GİRİŞ

1.1. GİRİŞ

Son yıllarda artan rekabet, talep değişkenliği gibi sorunlarla firmaların başedebilmesi için ileri imalat tekniklerine yöneldikleri görülmektedir. Esnek Üretim Sistemleri, Tam Zamanında Üretim Sistemi gibi üretim tekniklerinde parti büyüklüklerinin azaltılması, kalitenin geliştirilmesi istenir. Bunun için üretimdeki temin süresinin mümkün olduğunca az olması gerekir. Üretimdeki temin süresinin azaltılması için öncelikle israf olarak nitelendirilen hazırlık süresinin azaltılması veya mümkünse ortadan kaldırılması gerekmektedir. Firma ileri imalat tekniklerine yönelmemiş olsa bile hazırlık süresinin azaltılması üretim sistemindeki akışın düzeni açısından önemlidir. Özellikle üretim darboğazı görülen yerlerde hazırlık süresinin azaltılması üretim hattının kapasitesini olumlu yönde etkiler. Eğer hazırlık maliyetleri hazırlık süreleriyle doğru orantılı ise bu durumda hazırlık süresinin azaltılması bize maliyetlerdeki düşüş nedeniyle kazanç sağlar. Bu israf sürenin büyük bölümü hazırlık işlerinde sağlanan kolaylıklarla azaltılabilir. Bunun yanında makina başındaki hazırlık süresinin çoğu iş sırasına bağlıdır. Buna göre etkin bir sıralamayla sıra bağımlı hazırlık süreleri azaltılabilir.

1.2. Hazırlık Süresinin Azaltılma Çabalarının Gerekçesi

Şekil 1.1 'de üretim hedefleri görülmektedir. Piramidin temelinde, kapasite kullanımı, envanter miktarı, üretim maliyeti ve teslim kabiliyetine ait hedefler bulunmaktadır. Burada teslim kabiliyeti; temin süresi, üretim hacmi ve kaliteyi içerir. Temin süresinin azalması, üretim hacminin ve kalitenin artışıyla kabiliyet artar. [1]



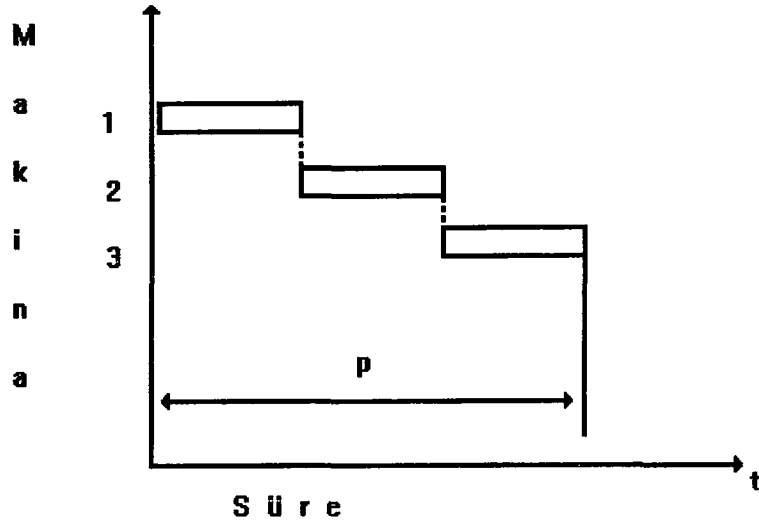
Şekil 1.1. : Daha kısa hazırlık sürelerinin üretim hedeflerini birbirine yakınlaştırması

Piramidin temelinde bulunan, 1- Kapasite kullanımını maksimize etmek, 2- Envanterleri minimize etmek, 3- Üretim maliyetini minimize etmek, 4- Teslim kabiliyetini maksimize etmek, hedefleri birbiriyle çelişmektedir.

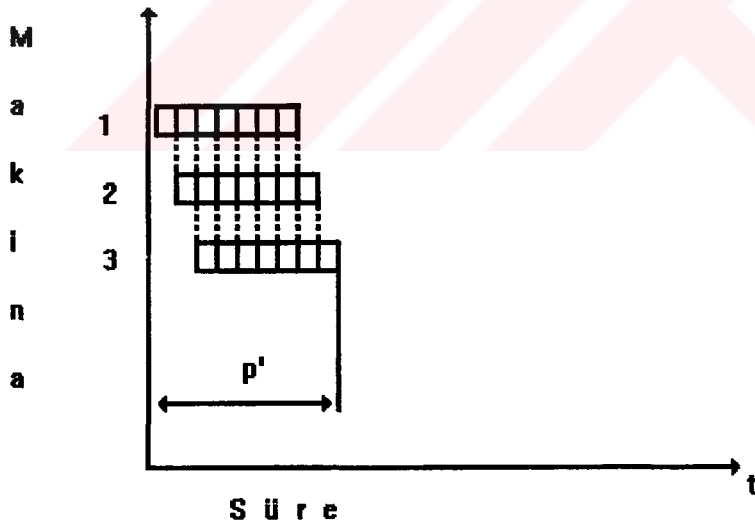
Örneğin, kapasite kullanımını artırmak için, proses içinde daha fazla stok tutmak gerekir. Bu stokları artırma ise üretim maliyetlerine olumsuz etki yapar ve envanteri minimize etme hedefiyle çelişir. Hazırlık sürelerinin azaltılması ile piramidin tepesine kayma başlar. Böylece dört hedefi birbirine yakın bir şekilde karşılamak kolaylaşır.

O halde önemli olan hazırlık sürelerinin azaltılmasıdır. Bunun yanında kısa hazırlık süreleri, küçük parti üretimini mümkün kılar. Küçük parti üretimi ise, proses içindeki çevrim stoklarını düşürür ve şekil 1.2. 'de gösterildiği gibi ürünlerin temin sürelerini kısaltır.

(A)



(B)



Şekil 1.2. : Büyük partili (A) ve Küçük partili (B) üretim esnasında oluşan temin süreleri.

Küçük partili üretimin diğer bir avantajı da birden fazla çeşitte ürünün aynı periyotta üretilmelerini sağlamasıdır. Bu durumda birçok ürünün aynı zamanlarda bir makina

önüne gelme olasılığı artmaktadır. Bu durumda ürünlerin çizelgelenmesindeki ana amaç, toplam hazırlık sürelerinin düşürülmesi olmalıdır. Böylece hazırlık sürelerini düşürmenin avantajları yakalanmış olur.

1.3. Hazırlık İşleri

Hazırlık işleri, makina bir önceki partinin son iyi parçasını işleyip durduğu andan bir sonraki partinin ilk iyi parçasının elde edilip üretime başlandığı ana kadar yapılan işlerdir. Hazırlık işleri, içsel hazırlık elemanları ve dışsal hazırlık elemanlarından oluşur.[2]

İçsel elemanlar : Makina durduğu zaman yapılan hazırlık işleridir.

Dışsal elemanlar : Makina çalışırken yapılan hazırlıklardır.

Makinayı üretime hazırlamak için sırasıyla yapılması gereken işler:

1. Ekipmanı veya tezgahı kurmak
2. Bazı parçaları işlemek
3. Parçaların muayenesi
4. Makina ayarı
5. Diğer örnekleri işlemek
6. Ölçmek
7. Ayarlamak

Kabul edilebilir bir parça yapana kadar bu işlere devam edilir.

1.4. Hazırlık Süresi

Hazırlık süresi önceki partinin son iyi parçasının tamamlanmasından bir sonraki partinin ilk iyi parçasının kabul edilmesine kadar geçen zaman olarak tanımlandırılır. Hazırlık süresi çoğu zaman işlem süresinin %30 'u kadar zaman harcamaktadır. Bu da hazırlık süresinin toplam üretimde geçen süredeki önemini gösterir.[2]

Firmalar, hazırlık sürelerini aşağıdaki şu nedenlerden dolayı ürüne hiç değer katmayan, israf süreler olarak görürler:

1. Hazırlık süreleri boyunca makina verimli olmadığından makina kaynaklarında israf olur.
2. İş parçaları bu sürede boş durumda olup işlenmediğinden zaman kaynağı israfı olur.

3. Büyük değerlerdeki hazırlık süresinden kaçınmak için büyük parti hacimleriyle üretim yapmak sonucunda stok alan israfı olur.

Burada bahsedilen hazırlık süreleri üretimin temin süresini doğrudan etkileyen içsel hazırlık süreleridir.

1.5. Hazırlık Süresine Bağlı Hazırlık Maliyeti

Toplam üretim maliyeti içinde hazırlık maliyeti ana sabit bir maliyettir. Hazırlık maliyeti, hazırlığı yapmak için gerekli süre ile birim süre maliyetinin çarpılması ile hesaplanır.[2]

ST : Hazırlık süresi
SW : Birim süre maliyeti
SC : Hazırlık maliyeti

$SC = ST \times SW$, şeklinde hesaplanır.

Birim süre maliyeti, işgücü maliyeti ile hazırlık sırasında üretimi durdurma maliyetini içine alan kayıp üretim süresi maliyetinin toplamı olarak ifade edilir. Ayrıca, hazırlık maliyetinin sabit maliyet olarak anılmasının sebebi yukardaki formülden de anlaşılacağı gibi üretim miktarındaki değişikliklerle bir ilişkisi olmamasıdır.

1.5.1. Hazırlık Maliyetinin Üretim Maliyetine Etkisi

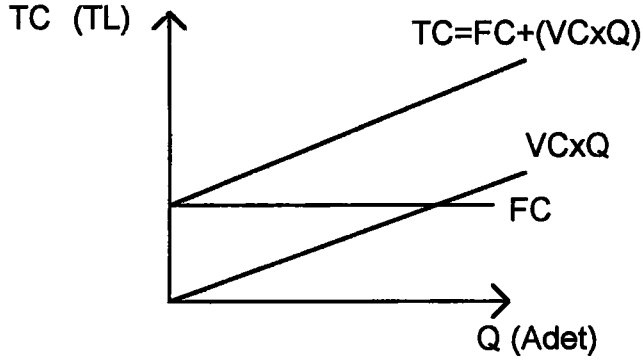
Toplam üretim maliyetinin formülü şu şekilde yazılabilir:

$$TC = FC + (VC \times Q)$$

TC : Parçayı üretmek için toplam maliyet.
FC : Sabit maliyet.
VC : Her birimin değişken maliyeti.
Q : Üretilen miktar.

- Sabit maliyetler, üretilen miktardaki değişikliklere hassas olmayan maliyetleri içerir. Hazırlık maliyeti de daha önce belirtildiği gibi sabit bir maliyettir.

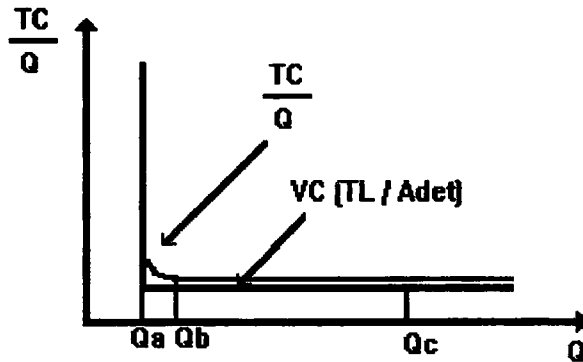
- Değişken maliyet, bir birim için direkt işgücü ve bir birim için malzeme maliyetlerinden ibaret bir birim maliyettir.



Şekil 1.3.: TC 'nin Q 'ya göre değişimi.

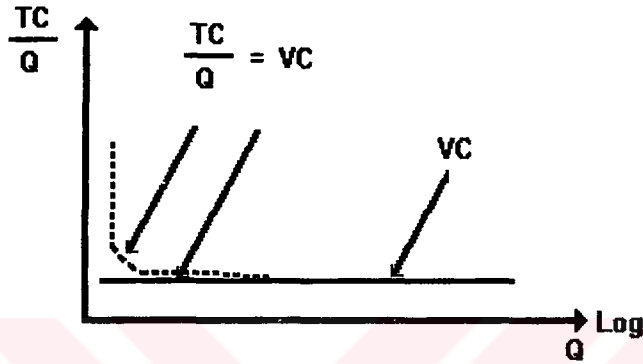
Şekilde görüldüğü gibi hazırlık maliyetlerinin de içinde bulunduğu sabit maliyetler (FC), üretim miktarının (Q) artması veya azalmasıyla değişiklik göstermemekte bu durumda hazırlık maliyetlerinin kötü etkisinden kurtulmak için üretim miktarında değişiklik yapmak rasyonel yaklaşım değildir. Bu durumda hazırlık maliyetlerini azaltmanın yolu bu maliyeti birinci derecede ortaya çıkaran hazırlık süresinin azaltılmasıdır.

Aşağıdaki şekil 1.x 'te TC/Q 'ya karşı Q 'nun gerçek grafiği gösterilmiştir.



Şekil 1.4. : TC/Q 'ya karşı Q 'nun gerçek grafiği.

- Bir birimin toplam maliyeti, bir birim sürenin değişken maliyetine doğru hızlıca iner, keskin bir şekilde döner ve burada miktar boyunca hemen hemen VC ve Q 'ya paralel olarak gider.
- Eğer hazırlık süresi (ve maliyeti) önemli oranla düşürülürse veya ortadan kaldırılırsa, aşağıdaki grafik elde edilir, (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. : Hazırlık süresinin dolayısıyla hazırlık maliyetinin büyük ölçüde azaltıldığı durumda TC/Q 'ya karşı Q 'nın logaritmik eksenindeki grafiği.

- Burada toplam maliyet fonksiyonu, değişken maliyet fonksiyonuna çok hızlı bir şekilde eşit olur. Grafikteki kesikli hat, çok düşürülen, fakat ortadan kaldırılamamış hazırlık maliyetini gösterir.

1.6. Hazırlık Sürelerinin Azaltılması veya Ortadan Kaldırılması

Hazırlık süresini azaltmak veya ortadan kaldırmak için aşağıdaki organizasyon adımları izlenebilir:[2]

- 1 . TZÜS felsefesine ve hazırlık düşürülmesine inanan tam gün mesai yapan bir proje liderinin seçilmesi,
- 2 . Düşürme işini yapacak bir proje ekibinin seçilmesi,
Ekip aşağıdaki işgörenlerden oluşabilir:
 - bir hazırlama işi yapan işgören
 - bir endüstri mühendisi
 - bir tasarım mühendisi

- bir takım-tertibat imalatçısı
 - bir danışman (hazırlık düşürmede deneyimli olan)
 - bir postabaşı
 - proje alanından bir yönetici
 - bir lider"
- 3 . Üst yönetim, idareciler, postabaşılar ve sendika dahil diğer tüm çalışanlarla bir seri toplantılar yapmak,
- Bu toplantılarda, HTKD programının daha hızlı, fakat daha sık hazırlıklarla sonuçlanacağı ve işgörenlerin daha fazla çabadan sorumlu olacağı vurgulanmalıdır.
 - Bu toplantılarda, ne, niçin, kim tarafından, nasıl yapılacağı açıklanmalıdır.
 - Sendika önerileri ve gerekleri gözönüne alınmalıdır.
 - Ekip toplantılarına sendika başkanları davet edilmelidir.
 - Bu programda saklanacak hiçbirşey yoktur.
 - Yegane motivasyon, hazırlık sürelerini düşürme ile imalat koşumlarını kısaltmak, envanter ve maliyetleri düşürmek ve verimliliği geliştirebilmektir.
- 4 . Pilot projeler için fabrika özel alanlarının seçimi yapılır.
- Bir hücre veya hat, fabrika özel alanı olarak belirlenebilir. Böylece hazırlık azaltma çalışmasının yeri adreslenmiş olacaktır. Harley-Davidson firması, hazırlık sürelerini düşürmek için, özel olarak hücreler oluşturmuş ve burada mevcut uzun hazırlık sürelerini ortadan kaldırmıştır.
- 5 . Ekip HKTD 'de ve hazırlık işlerinde eğitildikten sonra, işgörenlerin ve mevcut hazırlık işi yapan işgörenlerin özel eğitiminin başlatılması.
- 6 . Firma çapında hazırlık atağının başlatılması.
- HKTD ekibinin pilot proje dışında, firmanın tüm makinalarında aynı çalışmayı yapması beklenmez. Firmanın bekleyecek süresi yoktur. Özel eğitim yardımıyla, firma çapında hazırlık süresi düşürme atağı başlatılmalıdır.

Yukarıda genel organizasyon için adımlar açıklanmıştır. Bunun yanında seçilen pilot makina başındaki hazırlık sürelerini düşürmek için de belli bir yol izlenmelidir.

1.6.1. Hızlı Kalıp Takım Değiştirme (HKTD) Programının Uyarlanması

HKTD, devrimsel bir kavramdır. Üretimde çalışanların çoğunun, değişikliklere karşı doğal dirençleri vardır. Onlar mevcut sistemin düzeltilemez olduğuna inanırlar. Bu

yüzden hazırlık sürelerinin HKTD gibi kavramlarla çokça düşürülemez olduğu zannedilir. Önce çalışanların bu konuda eğitilmesi gerekir.

Küçük parti üretimi, hazırlık sürelerinin azaltılması veya ortadan kaldırılması ile mümkündür. Bunun için ;

- Tüm işgörenler hazırlık süresini düşürme yöntemibilimine bağlanmalı ve bu konuda eğitilmelidir.

- İş, hızlı kalıp ve takım-tertibat değiştirmeyi (HKTD) uygulamak olan bir ekip kurulmalıdır.

Bu çalışmaların sonucunda HTKD uygulanmaya geçilir. Uygulama aşamasında sabırlı olmak gerekir büyük değişimler kısa sürede elde edilemiyebilir. Yöntembilimin gerektirdikleri aynen yapılmaya devam edilmelidir. Sonuçta hazırlık sürelerinde büyük azalmalar olacaktır. Böylece, verimliliğin artması sağlanır ve küçük parti üretimine geçişin sağlanması kolaylaşır. Küçük parti üretimi, sisteme esneklik kazandırır, ayrıca kalitenin de geliştirilmesi bu şekilde kolaylaşır.

1.7. Makina Başındaki Hazırlık Sürelerini Düşürmek için Ana Adımlar

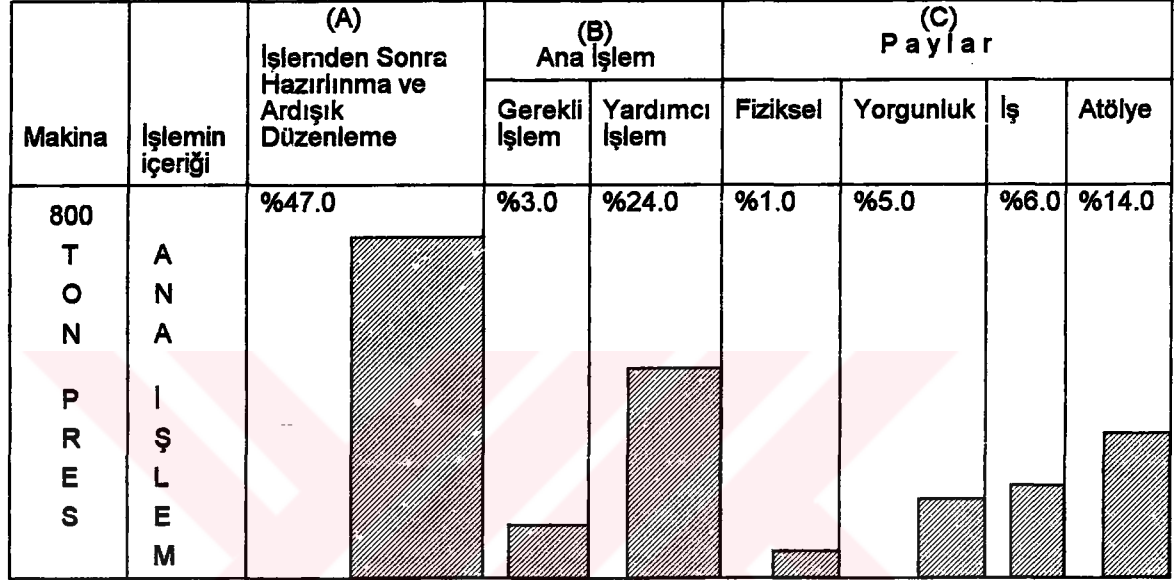
1. Mevcut yöntemi belirlemek,
2. İçsel elemanları, dışsal elemanlardan ayırmak,
3. İçsel elemanları dışsal elemanlara dönüştürmek,
4. İçsel elemanları azaltmak veya ortadan kaldırmak,
5. Metot analizlerini uygulamak,
6. Ayarları ortadan kaldırmak,
7. Hazırlığın kendisini kaldırmak.

1.7.1. Mevcut Yöntemi Belirleme

- Haraket ve zaman etüdları yardımıyla işlem analizleri yapılır. Böylece hazırlığın ne şekilde yapılacağına mevcut durumu belirlenir.
- Alışılmış amaç, iş yöntemlerini geliştirmektir ve tüm gereksiz hareketleri ortadan kaldırmaktır. Sonrada kalan gerekli hareketleri en iyi sırada düzenlemektir.
- İşlem kısa elemanlarına ve en uzun süreyi tüketen faaliyetlerine bölünür.
- Mevcut hazırlıklar genellikle uzun olurlar. Bunları sonradan gözden geçirmek ve analiz etmek için iki veya üç hazırlık videoya kaydedilir.

- İncelenen hazırlığın yapıldığı makinadaki işgören, hazırlık süresini düşürmek için seçilen ekip içindeyse, işlem analizi yapılmadan önce videoyu gözden geçirmesi gerekir. Bu mevcut hazırlıktaki en fazla israfın bulunmasında yardımcı olur.

Aşağıdaki şekil 1.1 'de Shingo tarafından Hiroshimada Toyo Kogyo Ltd. 'de üç pres kalıplama makinası üzerinde yapılan işlem analizi gösterilir.[2]



Şekil 1.6. : 800 tonluk pres için işlem analizi (Shingo 1987).

1.7.2. İçsel Elemanları Dışsal Elemanlardan Ayırma

Makina başında yapılan videoya kaydedilmiş işlemlerin analizi tamamlanır. Burada dışsal hazırlık elemanları ve içsel hazırlık elemanları tanımlanır. Daha sonra bu iki eleman grubuna giren hazırlık işleri tamamıyla birbirinden ayrılmalıdır. Yani öncelikle içsel ve dışsal hazırlık işleri birbirine karışmış durumda olmamalıdır. Bunun için işgören, makina bir defasında durduğunda dışsal hazırlığın herhangi bir parçasını yapmak için makinayı terketmemelidir. Makinaya takmak için takım, kalıp ve malzemeleri almak için makina durduğu zaman gitmemelidir. Bunu makina bir önceki işi yapıyorken yapmalıdır. Makinaya takılmak üzere kalıp, takım ve malzemeler bir sonraki hazırlık için hazır olmalıdır. İçsel hazırlıkta yani makina durduğunda, sadece makinadan boşaltma ve makinaya yükleme işlemleri olmalıdır.

1.7.3. İçsel Hazırlığı Dışsal Hazırlığa Dönüştürme

Hazırlık süresini azaltmada en önemli kavramlardan biri içsel hazırlık işlerini dışsal hazırlık işlerine dönüştürmektir. İçselden dışsala dönüştürülebilen elemanların başında şunlar gelir:

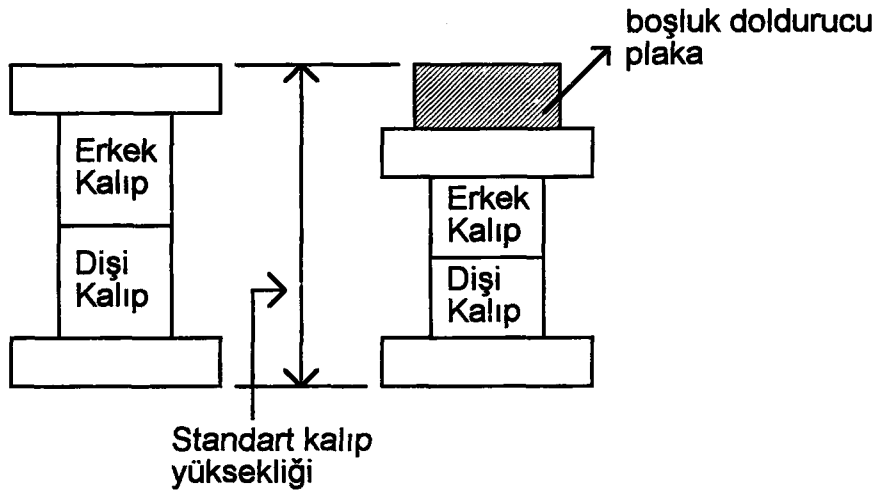
1. Arama süresi : Doğru kalıbı bulmak için veya doğru takımları, arabaları, tertibatları, somunları, cıvataları v.b. bulmak için aramayla geçen süredir.
2. Bekleme süresi : Vinçleri, arabaları, baskı pabuçlarını veya talimatları beklemek için geçen süredir.
3. Kurma süresi : Kalıpları, takım-tertibat v.b. kurmakla geçen süredir.

Bunun dışında genel olarak içsel hazırlıkları dışsal hazırlıklara çevirmek için şu söylenebilir: Eğer bir faaliyet, makina çalışırken emniyetli olarak yapılabiliyorsa, o zaman o faaliyet dışsal hazırlığa dönüştürülebilir.

Kalıpları, takımları ve malzemeleri hazırlamak için gerekli dışsal operasyonlar standartlaştırılmalıdır. Böyle standart hale getirilen işlemler liste haline getirilmelidir. Bu listeler işgörenlerin görmesi için ilan edilmelidir. İşgörenlerin boş sürelerinde hazırlıklar için pratik yapması ve yöntem geliştirmesi sağlanmalıdır.

1.7.4. İçsel Hazırlıkları Azaltma veya Ortadan Kaldırma

Hazırlık süresi çevrimindeki içsel elemanların ortadan kaldırılması veya azaltılması, hazırlık süresini direk olarak etkiler. Zaten makina kapasitesini etkileyen içsel elemanlardır. Bu durumda öncelikle içsel elemanların ortadan kaldırılmasına çalışılması gerekmektedir. Eğer tüm kalıpların boyutları (ve biçimleri) takım tasarım aşamasında standart hale getirilirse, hazırlık süreleri çokça kısalır. Fakat bu pahalı ve uzun süreli bir çözümdür. Buna karşılık aşağıdaki şekil 1.7. 'deki gibi kalıp yüksekliklerini eşit hale getirmek için astar veya boşluk doldurma yaklaşımları daha ekonomiktir.



Şekil 1.7. : Standart kalıp yüksekliği.

1.8. Tek Dakikalı Kalıp Değişirme, TDKD

Son yıllarda firmaların enbüyük sorunları; çeşitli ürünlere yönelebilen (esnek) üretim sistemi ve dolayısıyla küçük partilerle üretim yapabilen üretim sistemine geçişin sağlanabilmesidir. Esnek ve küçük partili üretime geçişin neden problem olduğu biraz eşelendiğinde ise esas problemin; gerekli hazırlık operasyonlarını azaltmak olduğu görülmüştür. Küçük partili üretim ile çeşitli ürün üretmek için çok sık hazırlık gerekmektedir. Eğer gereken hazırlık sıklığı azaltılamıyorsa, hazırlık sürelerinin kendisini azaltmak gerekmektedir. Verimliliğin ciddi boyutlarda artırılabilmesi için hazırlık süresinin de üç saatten üç dakika gibi bir süreye azaltılması gerekmektedir. İşte bütün bu yukarıda bahsedilenler, Shingo tarafından farkedilmiş ve uzun bir süreç sonunda Tek Dakikalı Hazırlık kavramına ulaşılmıştır. TDKD, Tek Dakikalı Kalıp Değişirme 'nin kısaltılmış şeklidir. Bu kavramın açıklaması ; hazırlık operasyonlarını on dakikanın altında tamamlamak için kullanılan tekniklerdir. Hazırlıklar her zaman tek haneli dakikalarda (9 dakika 59 saniye) tamamlanmayabilir. Bu yalnızca sistemin hedefidir.[3]

1.8.1. TDKD 'nin Doğuşu

TDKD felsefesinin doğuşunun ilk adımları aslında 1950 yıllarında olmuştur. Toyo Kogyo 'nun Mazda fabrikasında Shingo 'nun verimlilik geliştirme çalışmaları sırasında karşılaştığı bir problemin çözümü esnasında bu felsefenin ilk adımları ortaya çıkmıştır. O yıllarda gelişen olaylar şu şekilde özetlenebilir :[3]

Toyo, Shingo 'dan fabrikadaki 800 ton, 700 ton ve 350 tonluk preslerdeki darboğazı ortadan kaldırmasını ister. Shingo bunun üzerine 800 tonluk preste kalıp değiştirme işinin analizine başlamıştır. Eski kalıp çıkarılmış, yeni kalıbı aramaya başlanmış fakat gerekli kalıp hemen bulunamamıştır. Uzun bir süre sonra bulunan kalıp bu makina için uzun olduğundan kesilip düzeltilmiş ve hazır hale getirilmiştir. Fakat bu hem çok zor hem de çok uzun bir iş olmuştur. Shingo saatler süren bu hazırlık işini gördüğü zaman hazırlık işlerinin iki farklı kısmı olduğunu farketmiştir. Bu iki farklı kısmı şu şekilde tanımlamıştır:

İçsel Hazırlık : Kalıpların bağlanması ve sökülmesi gibi yalnız makina durduğunda yapılabilen işler.

Dışsal Hazırlık : Eski kalıpların depoya götürülmesi veya yeni kalıpların makinaya getirilmesi gibi makina üretimdeyken de yapılabilecek işler.

İşte bu ayrımın yapılması, TDKD 'nin ilk adımıdır.

Shingo, daha sonra buna benzer bir hazırlık problemiyle 1957 'nin yazında Hiroşima 'daki Mitsubishi ağır sanayiinde karşılaşmıştır. Buradaki problem dizel motor yatağı planyalayıcısının kapasitesinin altında çalışmasıdır. Bunun üzerine hemen hazırlıkların birbirinden ayrılmasına ve yeni bir planya tezgahının alınmasına karar verilmiştir. Sonuçta problem çözülmüştür. Bu olay belki TDKD 'nin gelişmesinde çok önemli olmamıştır. Ancak, daha önce yapılanları desteklemesi açısından TDKD 'nin gelişimi içinde yerini almıştır. Bu son çalışmanın üzerinden yıllar geçmiş bu süre içinde Shingo bu yeni bulgularının uygulama alanını geliştirmeye çalışmıştır.

Bu şekilde 1969 yılına kadar gelinmiştir. Shingo, 1969 yılında Toyoto Motor işletmelerinin ana fabrikasını ziyaret eder. Burada, bölüm yöneticisi olan Sagiura, kendisine 1000 tonluk preslerinin her hazırlık işi için 4 saate gerek olduğunu halbuki aynı tip pres için Almanya 'da 2 saatlik kalıp değiştirme süresinin yeterli olduğunu belirtmiştir. Bunun üzerine Shingo daha önce yaptığı çalışmalara benzer şekilde ilk iş olarak içsel hazırlıklarla dışsal hazırlıkların tamamen birbirinden ayrılmasını sağlamıştır. Bu şekilde altı ay sonunda hazırlık süresi 4 saatten 90 dakikaya indirilmiştir. Bu sonuç yeterli bulunmuş ve çalışmalar durdurulmuştur. Shingo daha sonra aynı atölyeyi ziyaret ettiğinde Sagiura, kendisine üst yönetim tarafından hazırlıkların daha da indirilmesi hatta üç dakikaya kadar azaltılması istendiğini söyler. Shingo önce hayretler içinde kalır, fakat daha sonra aklına içsel hazırlıkları dışsal hazırlıklara dönüştürmek gelir. Böylece hazırlık sırasında

makinanın üretken olduğu süre daha fazla olacaktır. Zaten azaltılması istenen hazırlık süresi içsel hazırlık süresidir. Shingo, bunun gibi kafasındaki bir çok düşünce ile beraber konferans odasına gider ve tahtaya hazırlık sürelerini azaltmak için teknikleri listeler. Bu teknikler kullanılarak üç aylık gayretli bir çalışma sonunda üç dakikalık hedefe ulaşılmıştır. Shingo, listelediği tekniklerin bütününün oluşturduğu bu kavrama TDKD, "Tek Dakikalı Kalıp Değişirme" adını vermiştir. Bir süre sonra TDKD, Toyota fabrikalarında uygulanmıştır. Devamında Toyota Üretim Sisteminin prensip elemanlarından biri olmuştur. Şimdilerde Japonya 'nın dışına yayılmış ve kullanım alanları bulmuştur.

1.8.2. TDKD 'nin Adımları

Hazırlık süresini dakika cinsinden tek haneli (en fazla 9 dakika 59 saniye) olacak şekilde tutmanın teknikleri Shingo tarafından şu şekilde adım adım yazılmıştır :[4]

- Adım 1. Dışsal hazırlık işlerinden içsel hazırlık işlerini ayırmak.
İçsel Hazırlık : Makina boşken yapılan hazırlık.
Dışsai Hazırlık : Makina üretimdeyken yapılan hazırlık
- Adım 2. İçsel hazırlıkları dışsal hazırlıklara dönüştürmek.
- Adım 3. Ayarlamayı elimine etmek.
Ayarlama toplam hazırlık süresinin %50 'si kadardır.
Hazırlık süresi, son iyi A parçasının tamamlanmasından ilk iyi B parçasının kabul edilmesine kadar geçen süredir.
- Adım 4. Tek Dakikalı Hazırlık uygulamasını başlatmak.
- (i) İçsel ve dışsal hazırlıklar belirlenir ve ayrılır.
 - a. Hazırlıkların videoyla kaydedilmesi
 - b. Verilerin sınıflandırılması / analizi
 - (ii) İçsel hazırlık işleri dışsal hazırlık işlerine dönüştürülür.
 - a. Tertibat ve takım hazırlıklarından ölçme, makina başına getirme gibi dışsal olabilenler belirlenir.
 - b. Çok kullanılan takım setlerinin makinada yerleşik olması gerçekleştirilir.
 - (iii) Ayarlamalar elimine edilir.
 - a. Tertibatların, açılış levhalarının ve diğer düzenlerin iş masasında önceden belirlenen yerlerine yerleştirilmesi
 - b. Takımın kesme pozisyon hatasının minimize edilmesi
- Not: Ayarlamayla ilgili iki problem vardır.

- Parça / takım-tertibat konumları programla aynı olmayabilir
 - Makina boyutları programda belirtilen boyutlardan farklı olabilir.
- (iv) Bir dokunmalı hazırlığa geçilir.

1.8.3. Bir Dokunmalı ve Dokunmasız Kalıp Değişirme

Eğer hazırlık süresi bir dakikanın altına indirilirse, TDKD, "bir dokunmalı kalıp değişirme" (BDKD) adını almaktadır.[2]

DKD, dokunmasız kalıp değişirme kavramı ise, takım-tertibat ve kalıpların değiştirilmesinde otomatik değiştiricileri öngörmektedir.[2]

1.9. Hazırlık Sürelerinin Azaltılmasında İzlenen Geleneksel Stratejiler

Hazırlık süresi üretken olmayan zamandır. Uzun hazırlık sürelerinin, makina kullanımı üzerindeki kötü etkisini azaltmak için çeşitli stratejiler izlenmektedir. Bunlardan en popüler olanları şunlardır:[3]

- Operatörlerin ve ayarcıların, yetenek ve bilgilerinin artırılması amacıyla, eğitilmeleri.
- Hazırlık işlerinde uzman insanların çalıştırılması.
- Büyük partilerle üretim yapılması.
- Ekonomik parti büyüklüğü vasıtasıyla hazırlık maliyetleri ile envanter maliyetlerinin dengelenmesi.

1.9.1. Operatörlerin ve ayarcıların, yetenek ve bilgilerinin artırılması amacıyla, eğitilmeleri.

Bu stratejiye göre imalat işlemlerinde kısa hazırlık süreleri şu iki şeyi gerektirir:

1. Bilgi, (makina çalışma fonksiyonu, yapısı ve düzenler hakkında),
2. Beceri, (makina yardımcı elemanlarını monte etme, sökme, ve ayrıca deneme çalışmaları sonrası merkezleme, muayene etme ve ayarlama konularında).

Sonuç olarak basit makinada bile kısa hazırlık süreleri yüksek hünarlı işçiler gerektirir. Makina daha karmaşıkta o zaman hazırlık mühendisinin (hazırlık işğöreni de denebilir) özel bilgisi gerekir. Hazırlık mühendisi hazırlıklarla meşgulken, makina operatörü bu mühendisin asistanı gibi, ya makinayı üretime başlatır ya da bekler. Bu stratejinin önerdiği tüm bu işler hiç verimli değildir.

Genelde hatalı bir şekilde, bir çok işletme hazırlıkla ilgili tüm problemlerin beceriden kaynaklandığına inanır. Bu yüzden bir çok işletmenin hazırlık politikaları işgörenlerin beceri seviyelerinin yükseltilmesine yöneliktir. Çok az sayıda firma düşük beceri seviyesi gerektiren hazırlıklar üzerine strateji uygular.

1.9.2. Hazırlık işlerinde uzman insanların çalıştırılması.

Yine birçok işletmeye göre hazırlık işleri genellikle çok karmaşıktır. Bu yüzden makina başındaki hazırlık işlerini kolayca yapabilmek için makinayı çok iyi tanıyan yani bu makinada uzun süre çalışmış işgörenler gerekmektedir. Böylece tecrübeli, uzman işgörenler hazırlıkları yapmakla görevlendirilirler. Bu strateji oldukça pahalı ve zor çözümler önermektedir.

1.9.3. Büyük partilerle üretim yapılması.

Hazırlık işlemleri genellikle çok zaman gerektirirler ve imalat işletmeleri çok büyük verimsizliklere maruz kalırlar. Bu problemin telafi edilmesi için üretilen parti miktarı artırılmak suretiyle çok çeşitli çözümler arandı. Eğer büyük siparişler alınırsa, büyük partili üretim yapmak kısmi problemler oluşturmaz. Böylece büyük partili üretim yapılmasıyla, hazırlık süresi toplam işleme süresine bölündüğünde hazırlık süresinin etkisi çok az olur. Çeşitli ürünlere yönelebilen, küçük partili üretimde hazırlık süresinin etkisi çok daha büyüktür. Talep tekrarlı sipariş halinde geliyorsa, küçük hacimli siparişler birleştirilerek büyük partiler halinde üretilebilir. Eğer küçük partiler birleştirilerek büyük partiler haline getirilirse hazırlık süresinin toplam işleme süresine oranı büyük ölçüde azalır. Bu durum tablo 1.1 'de gösterilmiştir.

Tablo 1.1. : Hazırlık süresi ve parti büyüklüğü arasındaki ilişki - 1

Hazırlık Süresi	Parti Büyüklüğü	Temel Operasyon Süresi	Operasyon Süresi	Oran %	Oran %
4 saat	100	1 dak.	$1\text{dk.} + (4 \times 60 \div 100) = 3.4 \text{ dk.}$	100	
4 saat	1000	1 dak.	$1\text{dk.} + (4 \times 60 \div 1000) = 1.24 \text{ dk.}$	36	100
4 saat	10000	1 dak.	$1\text{dk.} + (4 \times 60 \div 10000) = 1.024 \text{ dk.}$	30	83

Yukardaki tablo 1.1. 'de görüldüğü gibi, parti büyüklüğünün 100 'den 1000 'e çıkarılması imalat süresinde %64 'lük (%100-%36) bir kısaltmaya neden olmuştur. Parti büyüklüğü 10 kat daha artırılarak 10,000 'e çıkarılırsa imalat süresindeki azalma yalnızca %17 (%100-%83) olmaktadır. Küçük partili üretimden büyük partili üretime geçildiğinde imalat süresinde büyük düşüş sağlanmaktadır. Fakat belli bir noktadan sonra parti büyüklüğünü artırarak sağlanan imalat süresindeki kazanç oranı düşer.

Benzer şekilde uzun hazırlık süreleri için parti büyüklüğünü artırarak sağlanan süre tasarrufu, kısa hazırlık süreleri için sağlanandan daha fazladır. Bu durum tablo 1.2. 'de gösterilmiştir.

Tablo 1.2. : Hazırlık süresi ve parti büyüklüğü arasındaki ilişki - 2

Hazırlık Süresi	Parti Büyüklüğü	Temel Operasyon Süresi	Operasyon Süresi	Oran %	Oran %
8 saat	100	1 dak.	$1\text{dk.} + (8 \times 60 \div 100) = 5.8 \text{ dk.}$	100	
8 saat	1000	1 dak.	$1\text{dk.} + (8 \times 60 \div 1000) = 1.48 \text{ dk.}$	26	100
8 saat	10000	1 dak.	$1\text{dk.} + (8 \times 60 \div 10000) = 1.048 \text{ dk.}$	18	71

Yukardaki tablolardan da kolaylıkla görüldüğü gibi, hazırlık süresinin 4 saat veya 8 saat olmasına göre kullanılan adam-saat üzerindeki azalmanın oranı da artar veya azalır. Daha uzun hazırlık süresinin artan parti miktarlarına etkisi daha fazladır. Yani parti büyüklüğünün 10 kat artırılması ile 10 hazırlık işlemi birleştirilerek 1 'e indirilmesi sonucu sağlanan süre tasarrufu uzun hazırlık süreleri için daha fazladır. Bu sonuç üretim kapasitesinde çok büyük artış sağlar. Bu durum tablo 1.3. 'te gösterilmiştir.

Tablo 1.3. : Uzun ve kısa hazırlık sürelerinin artan parti miktarlarına etkisi.

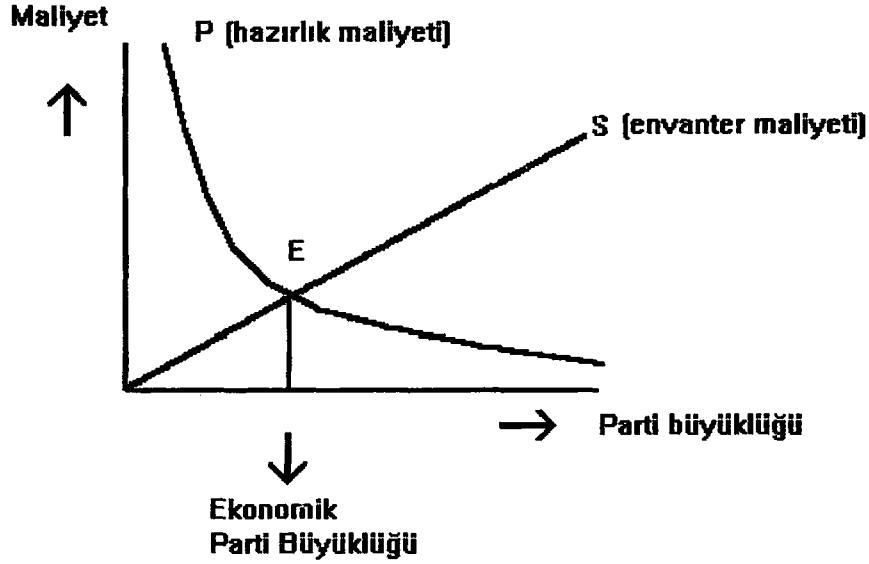
Hazırlık Süresi	Hazırlık Süresi Tasarrufu	Günlük Çalışma	Tasarruf Edilen Gün Sayısı
4 saat	$4 \times 9 = 36 \text{ saat}$	8 saat	4,5 gün
8 saat	$8 \times 9 = 72 \text{ saat}$	8 saat	9 gün

Fabrika yöneticileri gereken adam-saatlerindeki azalma ve verimlilik artışı gibi kazançları daima arzu ederler. Bu da büyük partili üretimin desteklenmesinin başlıca sebebidir. Geleneksel hazırlık prosedürleri söz konusu olduğunda hazırlık işlemlerinin istenmeyen etkilerini azaltmak için büyük partili üretim yapmak görünüşte en geçerli yoldur. Buna karşılık, küçük partilerin birleştirilerek büyük partili üretim yapılması bir yerde talebin henüz gerçekleşmeden karşılanması anlamına gelmektedir. Eğer talep karakteristiği sürekli ise yani aynı sipariş çok uzun olmayan zaman aralıklarıyla tekrarlı olarak geliyorsa, böyle bir strateji çok kötü sonuçlar doğurmamakla beraber stoklu çalışmayı gerektirir. Eğer talep tekrarlı olarak gelmiyorsa, biriken stoklar aynı hızda erimezler ve sonuçta çok büyük miktarlarda stok birikimi olur. Böyle bir durumda, firma stokları çok fazla elinde tutamaz, yani biriken stoklar ya bozulur ve atılır ya da firma bütün kayıpları göze alarak zararına stokları elinden çıkarmak zorunda kalır. Bütün bunlar büyük partili üretimin dezavantajlarıdır. Bütün firmalar, stokların bu kötü etkisinden kurtulmak gerektiği konusunda hemfikirdir.

1.9.4. Ekonomik parti büyüklüğü vasıtasıyla hazırlık maliyetleri ile envanter maliyetlerinin dengelenmesi.

Büyük partili üretim, büyük miktarlarda gelen siparişi karşılamak için elverişlidir, fakat küçük miktarlarda tekrarlanarak gelen siparişleri karşılamak için elverişli değildir. Çünkü, tekrarlı küçük miktarlardaki siparişler biraraya getirilerek büyük parti haline getirilirler. Bu da talebin önceden üretilmesi demektir ki bunun sonucunda çok fazla envantere sebep olunur.

Büyük partili üretim uzun hazırlık süreleriyle çalışıldığında düşük hazırlık maliyeti sağlar, bununla beraber büyük envanterlerle çalışılmak zorunluluğundan yüksek envanter maliyetine sebep olur. Bu durum, ortaya bu iki maliyetin dengelenmesi sorununu çıkarır. Bu iki maliyetin dengelenmesi ise yalnızca Ekonomik Parti Büyüklüğü stratejisi ile sağlanır. Hazırlık maliyeti ve envanter maliyeti arasındaki dengelemeyi gösteren grafik şekil 1.5. 'de gösterilmiştir.



Şekil 1.8. : Dengeleme grafiği.

Şekil 1.5. 'deki P eğrisi toplam maliyetlerdeki hazırlık maliyetinin etkisini göstermektedir. S doğrusu ise envanter maliyetinin etkisini göstermektedir. Bu iki çizginin kesiştiği nokta (E) ise hazırlık ve envanter maliyetlerinin dengelendiği noktadır. Ayrıca bu noktaya karşılık gelen parti büyüklüğü Ekonomik Parti Büyüklüğü olarak bilinir.

EPB stratejisi stokla çalışmak zorunda kalındığında uygulanabilecek en rasyonel stratejidir. Fakat stok çoğu zaman ne kadar gerekli de görölse, ürüne ek değer katmaz ve çok büyük alan kaplar yani firmalar için tamamıyla bir israftır. Bu durumda EPB gibi stratejilerle rasyonalizasyonu denense bile, israfın rasyonalizasyonu onun ortadan kaldırılmasına tercih edilemez.

Şüphesizki EPB yaklaşımı, teorik olarak tamamen doğrudur, fakat çok önemli bir noktayı gözden kaçırmaktadır. Bu, yaklaşımla ilgili hiç bir açıklamada bahsedilmeyen bir kabuldür. Aslında bu kabul doğrudan dile getirilmese de yukarıda bahsedilen bütün stratejilerde geçerlidir. Gözden kaçırılan bu önemli nokta, "hazırlık işlerinin basitleştirilemeyeceği ve hazırlık sürelerinde büyük azalmalar olamayacağı", kabulüdür. Bu, geleneksel hazırlık işleriyle ilgili yaklaşımlar için doğru olabilir. Halbuki Shingo tarafından ortaya konan, TDKD yaklaşımının

uygulanmasıyla 4 saatlik hazırlık süresi 3 dakikaya kadar indirilmiştir. Bu durumda parti büyüklüğü artırılmaksızın hazırlık işleminin ana işleme olan oranı çokça azalmaktadır. Böylece büyük partilerle üretim yaparak hazırlık süresinin etkilerini azaltmaya çalışmanın bir değeri kalmayacaktır. Bu durum tablo 1.4. 'te gösterilmiştir.

Tablo 1.4. : Kısa hazırlık süresi ve parti büyüklüğü arasındaki ilişki.

Hazırlık Süresi	Parti Büyüklüğü	Temel Operasyon Süresi	Operasyon Süresi	Oran %	Oran %
3 dak.	100	1 dak.	$1dk. + (3 dk. \div 100) = 1.03 dk.$	100	
3 dak.	1000	1 dak.	$1dk. + (3 dk. \div 1000) = 1.003 dk.$	97	

Burada parti büyüklüğü 10 kat arttırıldığında adam-saat üzerindeki azalma %3 olmuştur. Dahası 10 parti birleştirilerek 1 hazırlıkla yapıldığında sağlanan tasarruf ise :

$$3 \times (10 - 1) = 27 \text{ dakika 'dır.}$$

Bir günlük mesainin 8 saat olduğu düşünülürse sağlanan azalma bir günün %6 'sı kadar olmaktadır.

Böylece hazırlık sürelerinin 10 dakika altında kaldığında büyük partili üretim yaparak yüksek envanter maliyetlerine katlanmak zorunda kalmayız. Ek olarak küçük partili üretim yapmanın, çok çeşitli ürün üretebilme (esneklik) ve tam zamanında teslim edebilme (TZÜS) gibi avantajlarından da yararlanabiliriz.

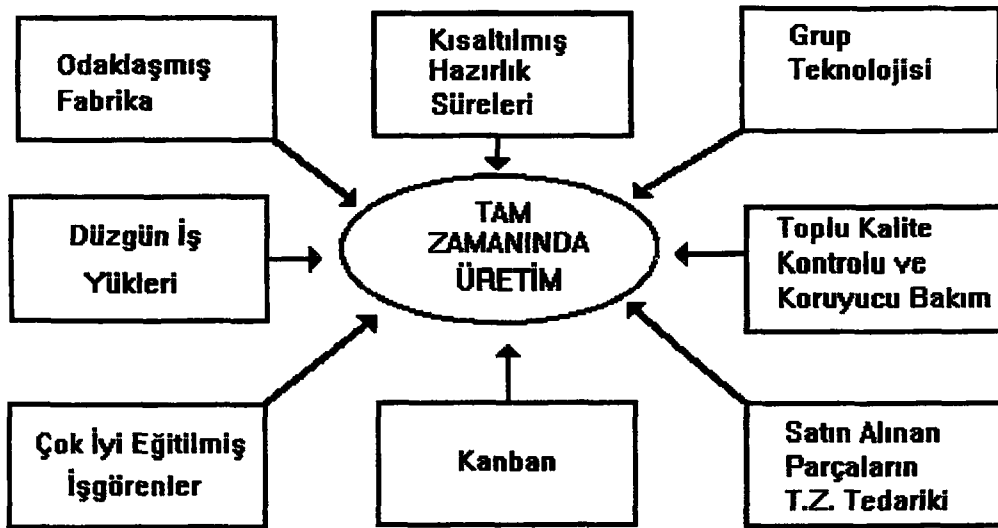
1.10. Tam Zamanında Üretime Hazırlık Sürelerinin Etkisi

TZÜ, gerekli birimlerin, gerekli miktarda ve gerektiği zamanda üretilmesidir. Bu yaklaşım ürünleri yüksek kalitede, mümkün olan en düşük maliyetle zamanında teslimlerle ve esnek bir şekilde imal etmeyi amaçlamaktadır.[5]

Tam zamanında üretim yaklaşımı belirtilen amaçlara ulaşmak için aşağıdaki temel ilişkilere dayanan bir yönetim felsefesini benimser :

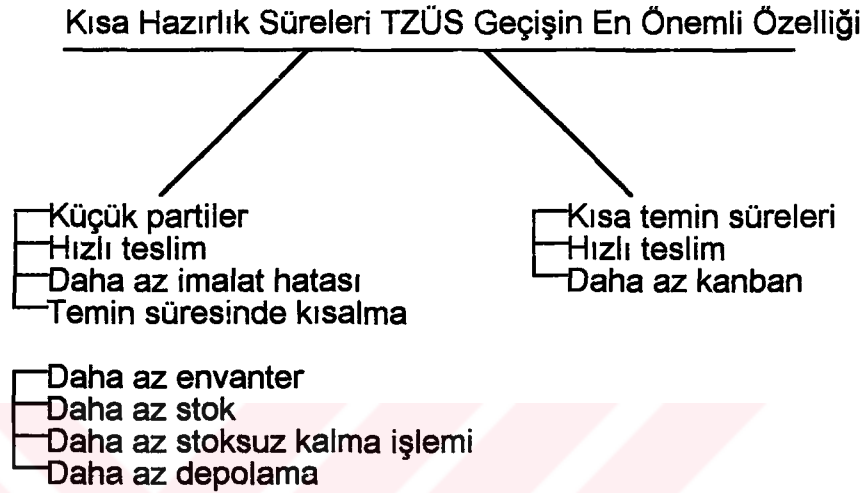
- 1- Ürün veya hizmete değer eklemeyen her işlem israftır. Sadece maliyetleri artırır, bu nedenle ortadan kaldırılmalıdır.
- 2- Bu yaklaşımla Envanter de bir israftır ve maliyeti artırır. Üretimdeki sorunları gizler.
- 3- Tam zamanında hiç bitmeyen bir yoldur. Bu yol üzerindeki kilometre taşları, sürekli gelişmeyi simgeleyen basamaklardır.
- 4- Müşteri kalite kavramı ve mamulü değerlendirme ölçütleri mamul tasarımına ve imalat sistemine yön vermelidir.
- 5- İmalat sistemi, teslim isteklerine, tasarım değişikliklerine ve miktar değişikliklerine kolayca cevap verecek esneklikte olmalıdır. Buna ise, hücresel üretimle ulaşılabilir.
- 6- Çalışanlar, satıcı firmalar ve müşteriler arasında saygı açıklık ve güven ile desteklenen bir organizasyon esastır.
- 7- Ekip çalışması gereklidir. Bu yolla çalışanlara sorumluluk ve yetki verilmektedir.
- 8- Çalışanlar sadece bir el değil beyindir.

Yukarıda belirtilen TZÜS felsefesinin yaklaşımlarının gerçekleşmesi için TZÜ doğrudan etkileyen bazı anahtar noktaların çözümü gereklidir. TZÜS geçişteki etki alanları şekil 1.6 'da gösterilmiştir.



Şekil 1.9. : TZÜS geçiş için etki alanları.

Yıkarıdaki şekil 1.x. 'te görüldüğü gibi kısa hazırlık süreleri TZÜ sistemine geçiş için önemli bir etki alanıdır. Kısaltılmış hazırlık sürelerinin neden TZÜ için önemli olduğunu aşağıda şekil 1.7. 'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.10. : Kısa hazırlık sürelerinin TZÜ için önemi.

1.11. Tezde Yapılan Çalışma

Bu tezde hazırlık sürelerinin sistematik olarak azaltılması konusunda bir çalışma yapılmıştır. Genellikle hazırlık sürelerinin azaltılmasının zorluğu hazırlık işlerinin tanımlanamamasından kaynaklanmaktadır. Birçok fabrikada atölye için çizelgeleme yapan planlama bölümü hazırlık sürelerini bilmemekte veya bu süreleri üretim süresinin bir ayrılmaz parçası olarak görmektedir, bu şekilde yapılan iş çizelgelemede rasyonellikten uzak olmaktadır. Ayrıca iş analizleri ve standart zamanları çıkarılırken hazırlık işleri, üretimde yapılan işlerden ayrılmamaktadır. Bunun sonucunda hazırlık işlerine harcanan süre israf olarak görülmemektedir. Halbuki, hazırlık süresi ürüne değer katmadığı için üretken olmayan süredir. Bu durumda firmalar verimlilik artırma çalışmalarını bu önemli noktayı gözönüne almadan yaptıklarından elde edebileceklerinden çok daha az bir artışla yetinmek zorunda kalmaktadırlar. Bazı fabrikalar ise hazırlık işlerini yanlış veya eksik tanımlamaktadırlar. Bu da, fabrika yönetiminin hazırlık sürelerini azaltma çalışmalarına aksayarak başlamasına sebep olmaktadır.

Hazırlık sürelerini en etkin bir şekilde azaltabilmek için sistematik bir yol izlenmelidir.[6] Bahsedilen sistematik yaklaşımı biraz detaylandıralım. Öncelikle, hazırlık süresinin düşürülmesinin üretim sisteminin kapasitesine doğrudan yarar sağlayacak üretim noktası belirlenmelidir. Seçilen iş merkezi veya tezgahdaki üretim akışını doğrudan etkileyen makina başındaki hazırlık işlerinin tümünün belirlenmesi gerekir. Hazırlık işlerinden bazıları diğerlerine kıyasla daha uzun süre gerektirir. Bunlar içinde en uzun süre harcayan hazırlık işinin belirlenmesi hazırlık süresinin azaltılması için nerden başlayacağımız konusunda bize yol gösterir. Bunun yanında belirlenen hazırlık işlerinin yapılması için kullanılan nesnelerin (hazırlık nesneleri) bilinmesi hazırlık işlerinin daha detaylı olarak tanımlanabilmesini ve hazırlık prosedüründe olabilecek aksaklıkların kolaylıkla adreslenebilmesini sağlar. Hazırlık süresinin azaltılmasında başarılı olunabilmesi için hazırlık prosedüründe oluşan aksaklıkların doğru ve etkin bir şekilde saptanması gerekmektedir. Bunun için hazırlık nesneleri arasında toplam hazırlık süresine en fazla etkisi olan hazırlık nesnesinin belirlenmesi ve bu hazırlık nesnesi ile ilgili olan aksaklıkların saptanması gerekir. Belirlenen bütün aksaklıklar içinde toplam hazırlık süresine en fazla etkisi olan hazırlık nesnesine ait aksaklıkların giderilmesine öncelik verilmelidir. Öncelikli olarak giderilmesi hedeflenen aksaklıkların, asıl kaynaklarının bulunması gerekmektedir. Bulunan sebeplerin ortadan kaldırılması hazırlık sürelerinde azalmayı sağlayabiliriz. Bu çalışmada, yapılan uygulamada "takım" hazırlık nesnesi diğer hazırlık nesneleri içinde toplam hazırlık süresine en fazla etkisi olan hazırlık nesnesi olarak bulunmuştur. Belirlenen "takım" hazırlık nesnesi üzerinde odaklanılarak yapılan aksaklıkların belirleme çalışması ile belirlenen her aksaklık için neden-sonuç ilişkisiyle asıl sebeplerine inilmiştir. Bu sebeplerin ortadan kaldırılması için gerekli yöntem ve yaklaşımlar seçilmiştir. Seçilen yöntemler şu şekildedir:

Toplam takım değiştirme sayısını en aza indirmek için yapılan iş çizelgelemede GSP yaklaşımı esas alınmıştır. Uygulamada en iyi sonucu verdiği ve programlanabilir olduğu için Eastman 'nin GSP Dal-Sınır Algoritması seçilmiştir.[7] Seçilen algoritmanın "Clipper" ile bilgisayar programı yazılmıştır. "Clipper" veri tabanı programlama dilinin seçilmesinin sebebi, kullanılan verilerin dosyalanmasında sağladığı kolaylığın yanında seçilen algoritma için matematiksel olarak yeterli olmasıdır.

Takım kümelendirme için iki ayrı yaklaşımdan yararlanılmıştır. İlk olarak aynı takımları kullanan birbirini kapsayan iş gruplarının oluşturulması için Derece Sıralama Algoritması kullanılmıştır.[8] Bu algoritma, elde edilen çözüm bize çok net kümeler göstermemesine rağmen hem kullanım kolaylığından dolayı hem de amacımız için yeterli olduğundan dolayı seçilmiştir. Bu algoritmanın çözümü Excel 4.0 'da yapılmıştır. Daha etkin ve kullanışlı takım kümeleri elde etmek için YSA yaklaşımı esas alınarak yapılmış bir bilgisayar programı kullanılmıştır.[9] Bu yöntem bize DSA 'ndan daha iyi sonuç vermektedir. Bu yöntem bize küme sayısını önceden belirleme olanağı sağladığı ve optimale en yakın sonucu verdiği için seçilmiştir.

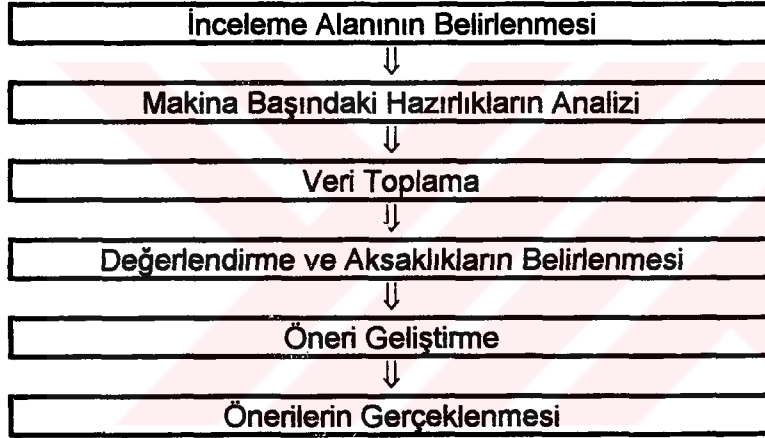
Takım planlaması için, "En Sonra Gereken En Önce Çıkar" yaklaşımından yararlanılmıştır.[10] Bu şekilde magazinin yüklenmesinin ve boşaltılmasının nasıl yapılacağı belirlenmiştir. Bu şekilde toplam hazırlık süresinin azaltılması amaçlanmıştır.

Bütün bunlar bu çalışmada gözönüne alınarak hazırlık süreleri azaltma çalışması için sistematik yaklaşım izlenmiş ve bir Cam Kalıp Üretim sisteminde uygulaması yapılmıştır.

BÖLÜM 2 . HAZIRLIK SÜRELERİNİ AZALTMADA KULLANILAN YÖNTEMLER

2.1. Hazırlıkları Azaltma Adımları

Tam Zamanında Üretim idealine ulaşmak ve üretimdeki esnekliği sağlamak için küçük partili üretim yapılmalı bunun içinde hazırlık sürelerinin sistematik olarak azaltılması gerekir. Hazırlık sürelerini sistematik olarak azaltmak için izlediğimiz adımları şekil 2.1. de özetledik.[6]



Şekil 2.1. : Sistematik olarak hazırlık süresini azaltmak için adımlar

Şekil 2.1. deki adımları şu şekilde açıklayabiliriz:

1. Adım : Hazırlıklarla ilgili kayıtların yapılacağı iş merkezi seçilir. Bu iş merkezi bir makina da olabilir.
2. Adım : Seçilen makina başında oluşan hazırlık işleri belirlenir.
3. Adım : Seçilen makina başında gözlemlenen hazırlık işleri kayıt edilir.
4. Adım : Kaydedilen hazırlık işleri değerlendirilir. Bu adım sonunda hazırlıkla ilgili aksaklıkların listesi ortaya çıkarılır.
5. Adım : Bu aksaklıkları ortadan kaldırmak ve dolayısıyla hazırlıklardan delayı makinanın boş bekleme süresini azaltmak için öneriler geliştirilir.
6. Adım : Bir önceki adımda geliştirilen öneriler gerçekleştirilerek hazırlık süreleri düşürülür.

Bu adımlara göre hazırlık azaltma çalışması yapılmıştır. Bundan sonraki bölümlerde bu adımların detaylı açıklaması ve bir örnek olay üzerinde uygulaması yapılmıştır.

2.2. Hazırlıkların Analizi

Hazırlık sürelerinin azalması direk maliyeti de etkiler. Hazırlık sürelerinin azaltılması amacıyla öncelikle hazırlık işleri ortaya çıkarılmalı ve bunun içinde hazırlık analizi gereklidir. Hazırlık analizi için öncelikle hazırlık prosesini doğrudan etkileyen bütün faktörler ortaya çıkarılır. Makina başındaki hazırlıkları etkileyen faktörler üç ana gruba ayrılırlar. Bu etki alanları şunlardır:[6]

1. Organizasyon,
2. Personel,
3. Hazırlık Bileşenleri (Üretim Yardımcıları).

Makina başındaki hazırlıkları etkileyen etki alanları, kapsamındaki faktörlerle beraber şekil 2.2. de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. : Makina başındaki hazırlık prosesini etkileyen faktörler.

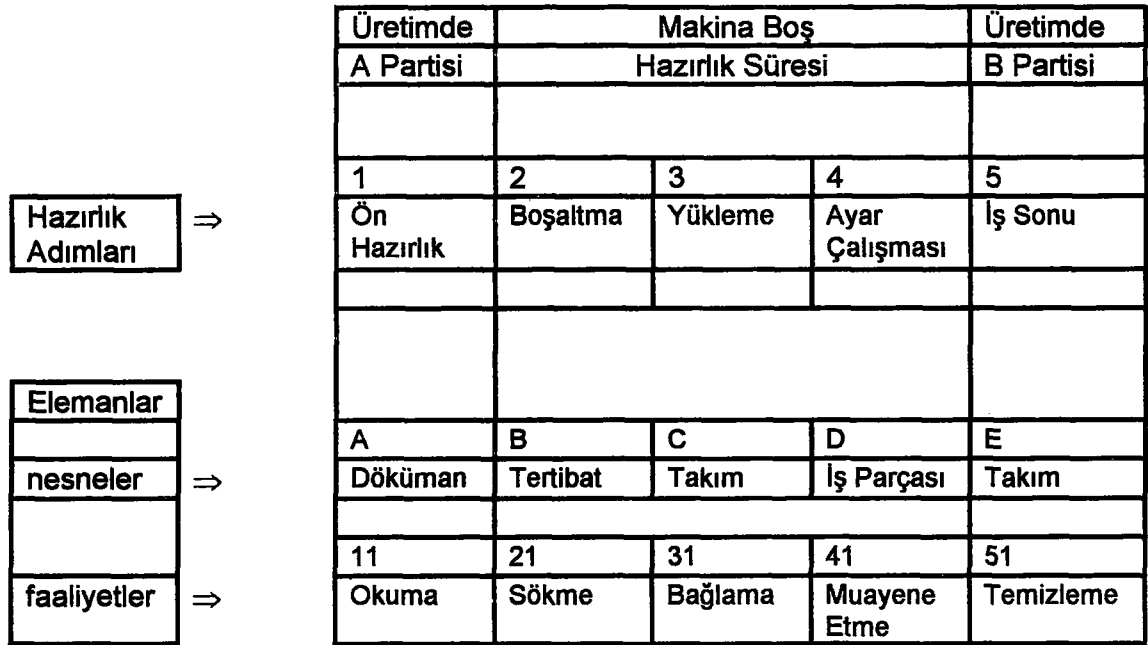
Bu etki alanları altında hazırlık işleri analiz edilir. Sonuçta hazırlık elemanlarının listesi çıkarılır ve süreleri hesaplanır. Bu hazırlık elemanlarının herbiri bir hazırlık nesnesi ve bir hazırlık faaliyetinin kombinasyonudur. Hazırlık nesnesi hazırlık işinin yapılması için kullanılan düzenlerdir (takım, tertibat, ölçü aleti v.b.). Hazırlık faaliyeti yapılan hazırlık işinin fiilidir (ölçme, bağlama, kurma v.b.). Makina başında bulunan bütün hazırlık nesnelerinin ve hazırlık faaliyetlerinin listesi çıkarılır.

2.3. Hazırlık İşlerinin Yapılandırılması

Hazırlık analizleri sonucu hazırlık işlemi hazırlık elemanları ve hazırlık adımları olarak iki ayrı şekilde ele alınırlar. Bir önceki bölümde belirtildiği gibi hazırlık elemanları, hazırlık nesneleri ve hazırlık faaliyetlerinin kombinasyonlarıdır. Bu durumda hazırlık elemanları hazırlık nesnelere ve hazırlık faaliyetlerine parçalanmış olarak ifade edilirler. Her hazırlık faaliyeti bir hazırlık adımına karşılık getirilir. Hazırlık faaliyetlerinin hazırlık prosesinin hangi aşamasında yapıldığına bakılarak karşılık geldiği hazırlık adımı bulunur. Hazırlık prosesinin beş ayrı adımda yapıldığı düşünülür. Bu hazırlık adımları genelde bütün iş merkezleri için şu şekilde oluşturulurlar:

- | | | |
|---------|---|----------------|
| 1. adım | ⇒ | Ön Hazırlık |
| 2. adım | ⇒ | Boşaltma |
| 3. adım | ⇒ | Yükleme |
| 4. adım | ⇒ | Ayar Çalışması |
| 5. adım | ⇒ | İş Sonu |

Bu adımlardan 1. adım "ön hazırlık" makinada iş üretilirken bir sonraki iş için yapılması gereken hazırlık işlerini kapsar. 2. adım "boşaltma" , 3. adım "yükleme" ve 4. adım "ayar çalışması" makina boş durumdayken bir sonraki işe geçerken yapılması gereken hazırlık işlerini kapsar. Son olarak 5. adım "iş sonu" iş üretimdeyken bir önceki işten kalan yapılması gereken hazırlık işlerini kapsar. Bu durumda 1. adım ile 5. adım dışsal hazırlık elemanlarını , fakat 2. adım , 3. adım ve 4. adım içsel hazırlık elemanlarını kapsarlar. Bu oluşuma göre hazırlık yapısı şekil 2.3 'te şematik olarak gösterilmiştir.[6]



Şekil 2.3. : Hazırlığın yapısı.

Yukardaki şekilde görüldüğü gibi hazırlık adımları , hazırlık nesneleri ve hazırlık faaliyetleri kodlanmıştır. Kodlama alfanümerik olarak yapılmıştır. Kodlamada yalnızca hazırlık faaliyetleri karşılık geldikleri hazırlık adımlarına göre açılarak kodlanmıştır. Kodlama hakkındaki daha geniş bilgi tezin 3. bölümünde verilmiştir. Şekilde, A partisi ile B partisi arasında yapılan hazırlık işleri yapılandırılmıştır. Buna göre "ön hazırlık" ve "iş sonu" adımlarına karşılık gelen "döküman okuma" ve "takım temizleme" elemanları partiler üretilirken yapılabilmektedir. Bu yüzden, bu işler dışsal hazırlık elemanlarıdır. Hazırlık adımları karşılık geldikleri hazırlık elemanları ile beraber listelenir(Tablo 2.1).

Tablo 2.1. : Hazırlık adımlarına karşılık gelen hazırlık elemanları.

Hazırlık Adımları	Hazırlık Elemanları
1. Ön Hazırlık ⇒	dökümanı okuma
2. Boşaltma ⇒	tertibatı sökme
3. Yükleme ⇒	takımı bağlama
4. Ayar Çalışması ⇒	iş parçasını muayene etme
5. İş Sonu ⇒	takım temizleme

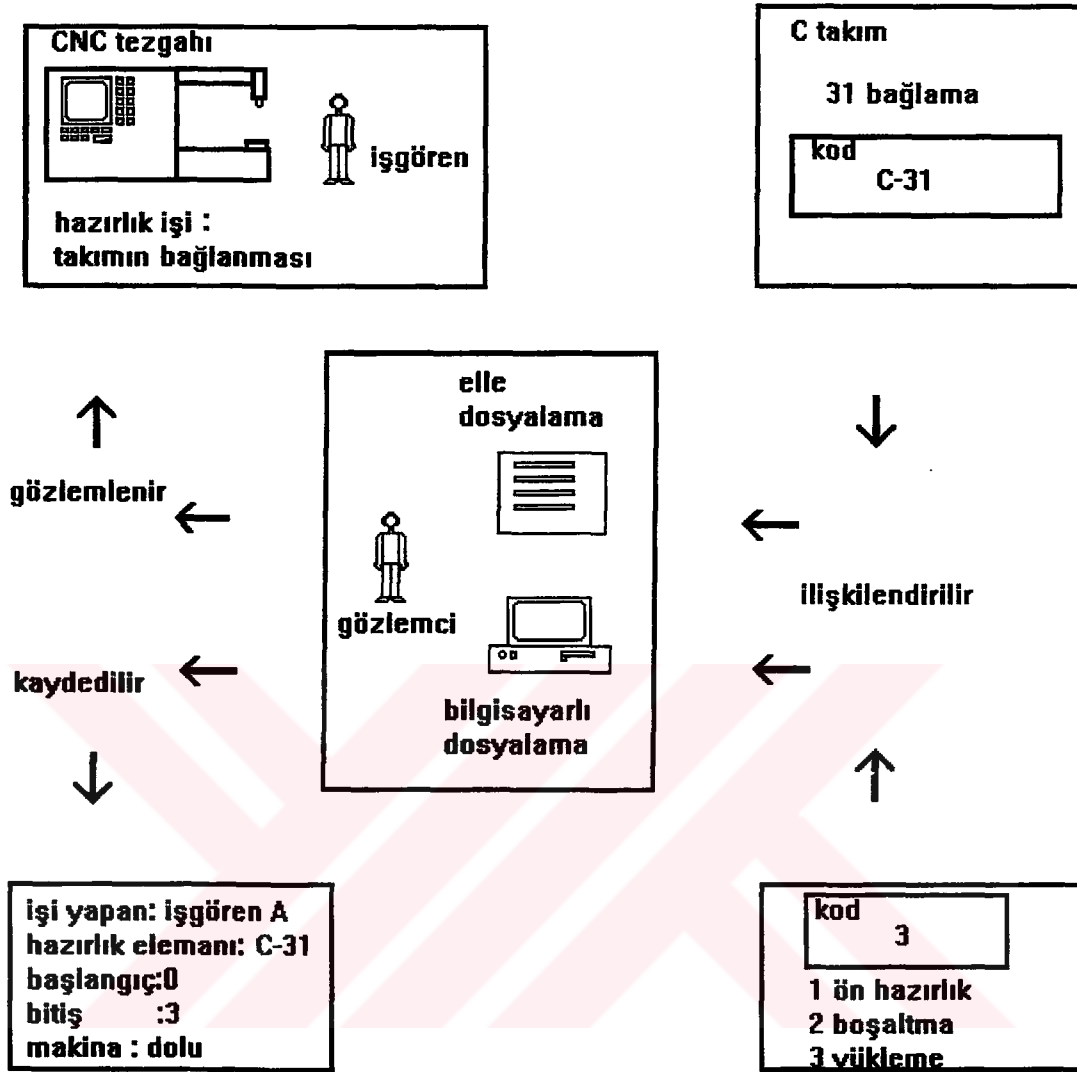
Bunun dışında "boşaltma" ve "yükleme" adımlarına karşılık gelen "tertibatı sökme", "takımı bağlama", "takımı ve / veya tertibatı ayarlama", "takımı ölçme" v.b. hazırlık elemanları içsel elemanlardır. Bu hazırlık işleri bittikten sonra teorik olarak B partisi üretime hazırdır. Pratikte ise iş parçası için istenen kalitenin yakalanması için bir ayar çalışmasından geçirilmesi gerekir. Hazırlık prosesinin hazırlık adımı ve bu adımlara karşılık gelen hazırlık elemanı olarak yapılandırılması. Bununla beraber, hazırlık elemanlarının da hazırlık nesnelere ve hazırlık faaliyetlerine ayrıştırılmaları , hazırlık prosesinin daha detaylı incelenmesini sağlar. Böylece değerlendirme aşamasında hazırlık elemanlarında aksaklık olup olmadığı kolayca tespit edilir. Bulunan aksaklıklar hazırlık nesnelerinin karşılığı olmalıdır. Bir aksaklık varsa bu hazırlık nesnelerinden biri veya birkaçı ile ilişkilidir.

2.4. Hazırlık Verilerinin Toplanması

Veri toplama sırasında kaydeden kişi verilerin doğruluğuna ve bu verilerin değerlendirilebilir olmasına özen göstermelidir. Gözlemcinin makina başındaki işgören tarafından yapılan hangi işleri kayıta göz önüne alacağı bir önceki bölümde çıkarılacak hazırlık elemanları listesiyle bilinmelidir. Burada gözlemlenen hazırlık işleri daha önce çıkmış olan şekil 2.3 teki listeye göre uygun kod numaralarıyla beraber hazırlık nesnesi ve hazırlık faaliyetine dönüştürülür. Mesala gözlemlenen hazırlık işi "takımın bağlanması" ise bu eleman kodu C olan "takım" hazırlık nesnesine ve kodu 31 olan "bağlama" hazırlık faaliyetine dönüştürülür. Daha sonra belirlenen bu hazırlık faaliyetleri karşılık geldikleri hazırlık adımıyla ilişkilendirilir. Hazırlıklar ile ilgili veriler dosyalanırken şunlar kaydedilir:[25]

- işi yapan işgören (eğer makina başında farklı vardiyalar için farklı işgörenler çalışıyorsa),
- hazırlık nesneleri , hazırlık faaliyetleri, hazırlık adımları,
- hazırlık elemanlarının süresi,
- makinanın gözlem sırasında üretken olup olmadığı,

Hazırlıklar ile ilgili veri toplama adımları şekil 2.4. 'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.4. : Veri toplama adımları.

2.5. Veri Değerlendirme ve Aksaklıkların Bulunması

Makinanın boş geçen sürelerini azaltmak için bazı önerilerin türetilmesi gerekebilir. Kaydedilen veriler değerlendirilirken hazırlık prosedüründe aksaklık olup olmadığına bakılır. Bunun için daha önce oluşturulan hazırlık yapısından yararlanılır. Eğer hazırlık elemanı dışsal olduğu halde makina boşken yapılıyorsa prosedürde hata vardır. Bunun için hazırlık işlerinin hazırlık yapısında olduğu gibi yapılması sağlanmalıdır. Hazırlık sürelerine göre yapılan değerlendirmede en fazla süre isteyen hazırlık nesnesi ile oluşan hazırlık elemanlarında aksaklıklar araştırılır. Şekil 2.5. te hazırlık değerlendirme matrisi gösterilmiştir.[6]

	faaliyetler					
nesneler	1	2	3	4	5	toplam
1	1	2	1	4		8
2	2	3	4	3	3	14
3	1		4		3	8
4	2	3		1		6
5	3		1	1	1	6

Şekil 2.5. Değerlendirme matrisi

Matris içindeki değerler hazırlık elemanlarının süresini gösterir. Sütunlarda hazırlık faaliyetleri , satırlarda hazırlık nesneleri bulunmaktadır. Toplam sütununda bulunan değerler hazırlık nesnelerinin toplam hazırlık sürelerini göstermektedir. Değerlendirmede bu süreler içindeki en büyük değere karşılık gelen hazırlık nesnesi seçilir. Bu hazırlık nesnesiyle eşleşen hazırlık faaliyetleri içinde süresi en büyük olan belirlenir. Seçilen hazırlık nesnesi ve hazırlık faaliyeti kombinasyonunun oluşturduğu hazırlık elemanı başta olarak seçilen hazırlık nesnesi ile oluşturulan hazırlık elemanlarında aksaklıklar araştırılır. Bulunan aksaklıkların listesi çıkarılır.

2.6. Önerilerin Geliştirilmesi ve Gerçeklenmesi

Öneri geliştirmede dikkat edilmesi gereken bir nokta vardır. Bu da , aksaklıkların sebep değil sonuç olduğudur. Önerilerin geliştirilmesinin esas amacı etkilerin değil bunları doğuran sebeplerin ortadan kaldırılmasıdır. Bunun için öncelikle bulunan aksaklıkların sebeplerine inilir. Burada, her aksaklık için kılçık diyagramı çizilerek herbirinin gerçek sebepleri bulunur. Daha sonra belirlenen sebepleri ortadan kaldırmak için öneriler geliştirilir. Daha sonra geliştirilen öneriler uygun yöntemler ve / veya yaklaşımlar kullanılarak gerçekleştirilmeye çalışılır. Bundan sonraki bölümlerde bu tezdeki uygulama için kullanılan yöntem ve yaklaşımlar açıklanmıştır.

2.7. İş Çizelgelemesi İçin Kullanılan Yöntem

Hazırlık sürelerini azaltmak için iş çizelgeleme tipik bir Gezgin Satıcı Problemidir. Bazı işler birbiryle hemen hemen aynı hazırlıkları kullanıyor olabilirler. Özellikle

aynı takımlarla üretilebilen işler için, birinden diğerine geçerken düşük hazırlık süreleri yeterli olmaktadır. Bunundan dolayı toplam hazırlık sürelerinin azaltılması için iş çizelgelemede birbiriyle hemen hemen aynı hazırlıkları kullanan işler arka arkaya sıralanmalıdır. Bu tip bir çizelgeleme için bir GSP algoritması kullanılmalıdır.

2.7.1. Gezgin Satıcı Problemi

Gezgin Satıcı Problemi , (GSP) , uygulama zenginliği nedeniyle yöneylem araştırmasının en çok ilgi çeken problemlerinden birisidir. Bu problem iki farklı bilim adamı tarafından hemen hemen aynı zamanlarda ortaya konmuştur. Birisi Karl Menger 5 Şubat 1930 'da Viyana 'da bir matematik kolokyumunda , diğeri Hassler Whitney ise 1934 yılında Princeton Üniversitesinde bir seminerde problemi tanımlamışlardır.[11]

GSP 'nin en yaygın tanımı şu şekildedir: Bir satıcı bulunduğu şehirden çıkarak diğer bütün ($n - 1$) şehri , herbirine ancak bir defa uğramak koşuluyla , dolaşır ve tekrar başladığı yere döner. Buna bir tam tur denir. Problemin esası , bu turda dolaşılan mesafeyi en küçükmek için şehirlerin hangi sırada dolaşılması gerektiğinin bulunmasıdır.[12]

Yukarıda çok özel bir duruma ilişkin bir problem gibi tanımlanmasına rağmen GSP 'nin matematiksel gösterimi çok değişik içerikli problemler için geçerli olmaktadır. GSP , genel görünüşüyle bir şebeke oluşturur. Bu şebekede şehirlerin her biri bir noktayı gösterir ve bu noktalar birbirlerine bir hatla bağlıdır. Bu hatlar birbirlerinden bağımsız ve satıcının bir tam turunu oluşturan gezilerdir.[7]

GSP 'nin kullanılmasının en yaygın olduğu alanlardan biride ; bir makinada n işin sıralanmasıdır. Hazırlık maliyetlerinin sıra bağımlı olduğu durumlarda , toplam hazırlık maliyetini veya süresini en küçükmek için iş sırasının bulunması bir GSP olarak ele alınabilir. Burada her bir iş gezgin satıcı probleminin tanımındaki şehirlere karşılık gelir. Hazırlık maliyeti ise şehirler arasındaki hatlardır.[13]

2.7.1.1. Matematiksel Gösterim

Bu tip problemler genelde (0-1) tamsayılı programlama olarak modellenir. Karar değişkeni olarak X_{ij} tanımlanır. Bu değişken yalnız 0 veya 1 değeri alır.[14]

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & i \text{ şehrinden } j \text{ şehrine gezi varsa ,} \\ 0 & \text{diğer halde.} \end{cases}$$

c_{ij} seçilen problemin gerektirdiği duruma göre maliyet , mesafe veya süreyi gösterir. Yani ya i şehrinden j şehrine ulaşım için harcanan maliyet veya süredir. Problemdaki (n) ise, şehir (iş) sayısını gösterir.

Bu durumda toplam tur süresini veya maliyetini en küçükleme için elde edilen amaç denklemi :

$$\text{En Küçük } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad \text{dir.} \quad (2.1)$$

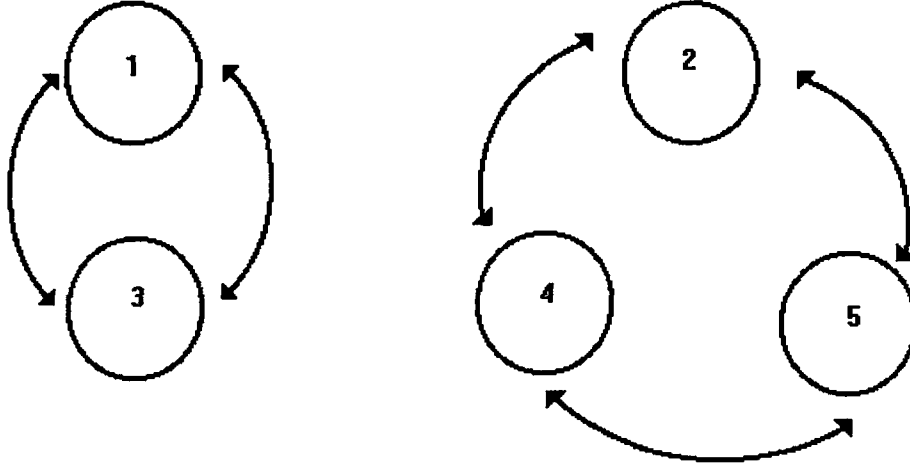
Modelin kısıtlarını oluşturmaya geçtiğimizde , problemin önemli bir yanı daha ortaya çıkar. Bu da gezgin satıcının her şehri yalnız bir defa ziyaret etmesi gerektiğidir. Her şehre bir kez girilmeli ve yalnız bir kez çıkılmalı bunu şu şekilde ifade edebiliriz:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1, j = 1, 2, \dots, n \text{ için , Her şehire yalnız bir kez giriş yapılır.} \quad (2.2)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1, i = 1, 2, \dots, n \text{ için , Her şehirden yalnız bir kez çıkış yapılır.} \quad (2.3)$$

Problemin modellemesinde 2.1, 2.2 ve 2.3 denklemleri yeterli görülürse , problem bu haliyle bir atama modelidir. Fakat Gezgin Satıcı Problemi için bu kadarı yeterli değildir. Problemin esaslarından biri olan bir tam tur elde etme koşulu modelin bu haliyle gerçekleşmeyebilir. Formülasyonun yukarıdaki hali alt turlara izin vererek bunu engeller.

Buna örnek olarak Şekil 2.6 'daki 5 şehirli bir problem gösterilebilir. Görüldüğü gibi bütün şehirler iki altturla tamamlanmıştır. Bir alttur 1 'de başlayıp 1 'de bitmiş, diğeri ise 2 ,4 ve 5 şehirlerini dolaşmıştır.



Şekil 2.6. : Beş şehirli bir GSP örneği.

Böyle bir çözüm 2.2 ve 2.3 kısıtları için anlamlıdır. Yalnız bu durumda bir tam tur tamamlanmış olmaz . Bunun için altturlara engel olacak bir üçüncü kısıt kümesi modele eklenmelidir. Böylece iki şehirli altturları engellemek için şu kesinlikle belirlenmeli ; i den j ye gidiliyorsa, j den i ye gidilmez.

Örnek olarak 1 ve 3 arasındaki alttura engel olmak için şu kısıt formüle edilir.

$$X_{13} + X_{31} \leq 1$$

Benzer şekilde üç şehirli altturların oluşumunu engellemek için her üç şehirli kombinasyon için iki kısıt yazılmalı . Örnek olarak 2 , 4, ve 5 arasındaki bütün üçlü atturları aşağıdaki iki kısıtla engellemek mümkündür.

$$X_{24} + X_{45} + X_{52} \leq 2$$

$$X_{25} + X_{54} + X_{42} \leq 2$$

Fakat n şehirli bir GSP için bütün i ve j leri kapsayan bir kısıt formülü yazılmalı. Bunun için yukardaki değişkenlere ek olarak (u) değişkenleri tanımlanmalıdır. GSP 'de oluşabilecek bütün altturları önleyen fakat optimal turu bulurken

karşılaşılabilecek hiçbir tam tura engel olmayan 3. grup kısıt için aşağıdaki denklem formülasyona eklenir:[15]

$$u_i - u_j + nX_{ij} \leq n - 1, \quad i = 2, 3, \dots, n, \quad (2.4)$$

$$j = 2, 3, \dots, n, \quad \text{için kullanılır. } i \neq j$$

(2.4) denkleminle oluşturulan kısıt kümesinin , GSP için gerekli ve yeterli olduğunu ispat etmemiz gerekir. Bunun için aşağıdaki iki şıkkın sağlanması yeterlidir.

a) IV denkleminle bütün altturlar engellenmektedir.

b) Bu kısıt kümesiyle hiç bir tam tur oluşumu engellenmez.

İlk olarak (a) şıkkının sağlanıp sağlanmadığını test edelim. Öncelikle 2.2 ,2.3 ve 2.4 denklemleriyle şehir 2 , 3, ... , n arasında oluşabilecek bütün altturların engellendiği kabul edilir. Sonra bunu ispat ederiz. Bunun için bu şehirlerden (k) tanesinin oluşturduğu bir altturu göz önüne alalım. Buradaki k tane karar değişkeni olan X_{ij} nin de değeri tur içinde 1 dir. Diğer bir deyişle , bütün i ve j ler için $X_{ij}=1$ dir.

Bununla ilgili olarak 2.4 kısıt kümesine k kısıt eklenmelidir. Oluşturulan bu durumun 2.4 kısıt kümesi tarafından sağlanması şu şekilde olur:

2.4 kısıt kümesine eklenen k kısıtın taraf tarafa toplanmasıyla oluşturulan bileşke kısıtın sağlanması sonucu olur. Kısıt IV 'e k kısıt eklenmesiyle son toplam kısıt kümesi oluşur. Toplam kısıt kümesinde her (-u) için (u) 'lar görünür. Böylece bileşke kısıtta hiç (u) görünmez. Bunun yanında , (u) 'lar için geçerli olan bu durum X_{ij} ler için geçerli değildir ve bütün X_{ij} ler olduğu gibi bileşke kısıta yansır. Bunun sonucunda eşitsizliğin sağ tarafının toplamı olan (n -1)k , eşitsizliğin sol tarafının toplamı olan nk 'dan daha küçüktür. Bu eşitsizliğin sağlanmadığını gösterir. Yukarıda yazdıklarımızı bir örnekle açıklayalım. Bunun için şehir 2 'den şehir 3 'e şehir 3 'den şehir 4 'e ve tekrar şehir 2 'ye dönen bir altturu ele alalım. Bu durum $X_{23} + X_{34} + X_{42} = 1$ olarak da gösterilebilir. Bu örnekte k=3 olur. Oluşturulan son toplam kısıt aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} u_2 - u_3 + nX_{23} &\leq n - 1 \\ u_3 - u_4 + nX_{34} &\leq n - 1 \\ u_4 - u_2 + nX_{42} &\leq n - 1 \end{aligned} \quad (2.5)$$

Bu eşitsizlikler toplanarak bileşke (kompozit) kısıt oluşturulur.

$$(u_2 - u_3 + u_3 - u_4 + u_4 - u_2) + n(X_{23} + X_{34} + X_{42}) \leq 3(n-1) \quad (2.6)$$

$$n(X_{23} + X_{34} + X_{42}) \leq 3(n-1)$$

(2.6) denklemi $X_{23} = X_{34} = X_{42} = 1$ olasılığını ortadan kaldırmaktadır. Buda bize 2.4 kısıt denkleminin herhangi bir alttur oluşumunu engellediğini gösterir.

İkinci olarak (b) şıkkının sağlanıp sağlanmadığını test edelim. Burada da 2.2 ,2.3 ve 2.4 kısıtları hiç bir tam tur oluşumunu engellemezler. Bunu göstermek için , 2.4 'ü sağlayan bir tam tura ait değerler olduğunu kanıtlamalıyız. GSP 'nin tanımından hareketle şehir 2 , 3 , ... , n 'i yalnız bir defa ziyaret eden bir turu gözden geçirelim. Burada bir değişken daha tanımlamamız gerekiyor.

t_i : Tur içinde ziyaret edilen şehir i 'nin pozisyonudur. Şehir 1 için $t_1 = 1$ atanır.

Yukarıdaki yazılanları göstermek için bir örnek yapalım.

Şehir 1 'den şehir 3 'e şehir 3 'den şehir 5 'e ve bu şekilde devam eden bir tur göz önüne alınsın. Bu turdaki t_i değerleri $t_1 = 1$, $t_3 = 2$, $t_5 = 3$, ... şeklindedir. Sonuçta $i = 2, 3, \dots, n$ için $u_i = t_i$ olduğu görülür. Bir tam turda bütün i ve j ler için $X_{ij} = 1$ ve $t_j = t_i + 1$ olduğu bilinir. Bu tam tur 2.4 deki kısıtı sağlar.

$$t_i - (t_i + 1) + nX_{ij} \leq n - 1 \quad (2.7)$$

(2.7) denkleminde yukarıdaki örneği uygularsak;

$$t_1 - (t_1 + 1) + n1 \leq n - 1$$

$$t_3 - (t_3 + 1) + n1 \leq n - 1$$

$$t_5 - (t_5 + 1) + n1 \leq n - 1$$

$$3(n - 1) \leq 3(n - 1)$$

Bu durumun sağlandığını gösterir. Böylece 2.4 kısıt kümesinin tur oluşumuna engel olmadığı görülür.

Buraya kadar yazmış olduğumuz GSP 'nin matematiksel formülasyonundaki 2.1 ,2.2 ,2.3 ve 2.4 denklemleri $(n^2 + n + 2)$ adet kısıt , $(n^2 + n - 1)$ adet de tam sayı değişken içerir.

2.7.1.2. Gezgin Satıcı Problemine Dal - Sınır Algoritması Yaklaşımı

Çok büyük olmayan Gezgin Satıcı Problemlerinin $(n \leq 50)$ kesin çözümü için dal - sınır algoritması kullanıldığı geçmiş yıllarda görülmüştür. Biz burada bir

GSP 'nin dal-sınır temelli algoritmalarından Eastman algoritmasıyla çözümünü inceleyeceğiz.

2.7.1.2.1. Eastman Algoritması

Eastman algoritması GSP 'yi altturlara izin veren basit bir atama problemi gibi çözer ve daha sonra sonuca doğru bu altturları elimine ederek optimal bir tam tur elde eder. Eastman algoritması içinde bahsedilen atama problemi için Macar algoritması kullanılır.[7]

Algoritmanın Adımları :

Adım 1

EKÜS , gezgin satıcı probleminin optimal çözümü için en küçük üst sınır demektir.

Bu adımda EKÜS = 10^{10} gibi büyük bir sayı atanır.

Adım 2

İlgili atama problemini çöz. Burada mesafeler , $D(I,J)$, etki matrisinin elemanıdır. Bulunan çözüm , gezgin satıcı probleminin optimal çözümü için bir alt sınırdır. Eğer bulunan çözümde en az bir alttur varsa adım 3 'e gidilir. Diğer halde atama sonucunda bulunan optimal çözüm aynı zamanda gezgin satıcı probleminin de optimal çözümüdür. Algoritma hesaplaması durur.

Adım 3

Bir alttur seçilir , k seçilen bu altturdaki hat sayısıdır. Eastman algoritması en az yay sayısı olan altturu seçer. Yay , gezgin satıcı probleminde şehirleri birbirine bağlayan hatdır. Dal - Sınır algoritmasının bu noktasında diğer altturlar gözardı edilir.

Adım 4

Problem seçilen altturun yay sayısı kadar altprobleme dallanır. Yukarıda belirtildiği gibi seçilen altturun yay sayısı k olarak alındı. Böylece Dal - Sınır algoritması bu noktada k altprobleme dallanır. Seçilen altturun $I_1 \rightarrow I_2 \rightarrow \dots I_k \rightarrow I_1$ şeklinde

olduğu kabul edilirse , altproblemler şu şekilde olur: Altproblem 1 için $D(I_1, I_2) = \infty$ atanır , altproblem k için $D(I_k, I_1) = \infty$ atanır.

Adım 5

Dal - Sınır algoritmasının bu aşamasında k atama problemi çözülür. Her çözüm sonucu bulunan toplam mesafe aynı altproblem için bir alt sınır oluşturur.

Adım 6

Eğer adım 5 'te elde edilen mümkün çözüm birden fazla ise ve bu mümkün çözümlerin en küçük toplam mesafeli , ETM ,olanının değeri EKÜS 'ten daha küçük ise , EKÜS = ETM olarak atanır. Bu mümkün çözüm korunur. EKÜS bu mümkün çözümün toplam değeri olan ETM 'den daha küçükse EKÜS değişmeden kalır.

Adım 7

Eğer EKÜS diğer bütün gözden geçirilmemiş altproblemlerdeki alt sınırlardan daha küçük ise , bulunan çözüm GSP 'nin de optimal çözümüdür. Algoritma hesaplaması durur. Diğer halde adım 8 'e gidilir. Gözden geçirilmemiş altproblemlerden kast edilen daha başka altproblemlere bölünmemiş altproblemlerdir.

Adım 8

Bütün gözden geçirilmemiş mümkün olmayan (altturu olan) altproblemler içinde alt sınırını EKÜS 'ten küçük olanlardan biri daha sonraki dallanma için seçilir. Seçilen altproblem bu noktadaki dallanma yapılabilecek altproblemler içinde en küçük alt sınırını olandır. Bundan sonra adım 3 'e geri dönlür.

Eastman Algoritmasının daha iyi anlaşılması için bir örnekte uygulayalım.

Örnek

Beş şehirli bir GSP 'nin şehirler arası mesafeler matrisi aşağıdaki şekil 2.7. 'de gösterilmiştir.

∞	1	7	4	3
2	∞	6	3	4
1	6	∞	2	1
1	5	4	∞	6
7	5	4	5	∞

Şekil 2.7 : Şehirler arası mesafe matrisi.

Çözüm

Adım 1

Problemi , Macar algoritması kullanarak bir atama problemi gibi çözelim

∞	1	7	4	3		∞	0	6	3	2		∞	0	6	2	2
2	∞	6	3	4		0	∞	4	1	2		0	∞	4	0	2
1	6	∞	2	1	$\approx$	0	5	∞	1	0	$\approx$	0	5	∞	0	0
1	5	4	∞	6		0	4	3	∞	5		0	4	3	∞	5
7	5	4	5	∞		3	1	0	1	∞		3	1	0	0	∞

$\approx$ işareti : Optimal çözüme oldukça yakın eşitliktir.

Optimal atama:

$1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 1$

$3 \rightarrow 5 \rightarrow 3$

Bulunan çözümde toplam mesafe 10 'dur. Bu atama sonunda iki alttur vardır.

Adım 2

Adım 1 'deki atama probleminin çözümde bir tam tur tamamlanamadı. Bulunan çözümdeki toplam mesafe , 10 , gezgin satıcının bütün mümkün çözümlerinde bir alt sınırdır.

Adım 3

En küçük yay sayısına sahip olan alttur $3 \rightarrow 5 \rightarrow 3$ altturu olduğu görülüyor. Bu altturun yay sayısı 2 , bunun yanında $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 1$ altturlarında yay sayısı 3 'tür. Bu durumda $k = 2$ olarak alınır.

Adım 4

İki altprobleme dallanılır. Birincisi , $D(3,5) = \infty$; İkincisi , $D(5,3) = \infty$, şeklindedir.

Adım 5

Etki matrisinde $D(3,5) = \infty$ olarak yerleştirilir ve atama problemi çözülür.

∞	1	7	4	3		∞	0	6	3	2		∞	0	6	2	0
2	∞	6	3	4		0	∞	4	1	2		0	∞	4	0	0
1	6	∞	2	∞	$\approx$	0	5	∞	1	∞	$\approx$	0	5	∞	0	∞
1	5	4	∞	6		0	4	3	∞	5		0	4	3	∞	3
7	5	4	5	∞		3	1	0	1	∞		3	1	0	0	∞

Optimal atama:

$1 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$

Bulunan çözümdeki toplam mesafe 12 'dir. Sonuç gezgin satıcı için bir mümkün çözümdür. Bu çözüm şekil 2.8 'deki düğüm 2 'de gösterilmektedir. Bu düğümde daha ileri dallanma olmaz çünkü çözüm istenen mümkün çözümdür.

$D(5,3) = \infty$ etki matrisine yerleştirilir ve atama problemi çözülür.

∞	1	7	4	3		∞	0	7	4	3		∞	0	4	4	3
2	∞	6	3	4		0	∞	4	1	2		0	∞	1	1	2
1	6	∞	2	1	$\approx$	0	5	∞	1	0	$\approx$	0	5	∞	1	0
1	5	4	∞	6		0	4	3	∞	5		0	4	0	∞	5
7	5	∞	5	∞		2	0	∞	0	∞		2	0	∞	0	∞

Optimal atama:

$1 \rightarrow 2 \rightarrow 1$

$3 \rightarrow 5 \rightarrow 4 \rightarrow 3$

Bulunan çözümün iki altturu vardır , bu yüzden GSP için mümkün olmayan çözümdür. Toplam mesafe 13 'tür.

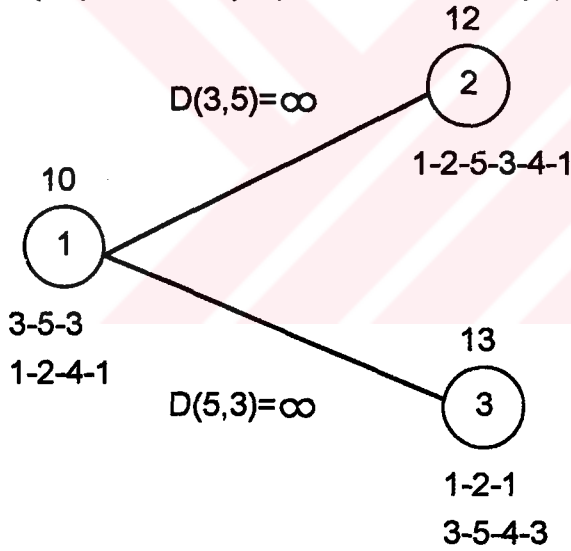
Adım 6

Adım 5 'te elde edilen çözümlerden yalnız biri mümkün çözümdür. Bu şu anda gezgin satıcı probleminin optimal çözümü için en küçük üst sınırdır , (EKÜS = 12).

Adım 7

Mademki altproblem $D(3,5) = \infty$ çözümü mümkün çözümdür , toplam değeri 12 'dir. Bu değer altproblem için bulunan diğer altsınır olan 13 den daha küçüktür. O halde bulunan bu çözüm aynı zamanda GSP 'nin de optimal çözümüdür. Bu örnek için optimal çözüm bulunmuştur ve adım 8 'e geçmeye gerek yoktur. Algoritma durur. Şekil 2.8 'de bu çözüme ulaşma işlemi gösterilmektedir.

Şunu not olarak verelim; düğüm 1 deki diğer alttur olan $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 1$ den türetililecek altproblemleri gözden geçirmeye gerek yoktur. Bu bizi optimal çözüme götürebilir ama daha fazla adımda olur. Her düğümde yalnızca bir alttur için dallanma yapılmalıdır. Eğer düğüm 3 'teki mümkün olmayan çözümün değeri 12 den küçük olsaydı. Bu düğümden Eastman algoritmasının özelliği dolayısıyla $D(1,2) = \infty$ ve $D(2,1) = \infty$ dallanmaları yapılacaktı.



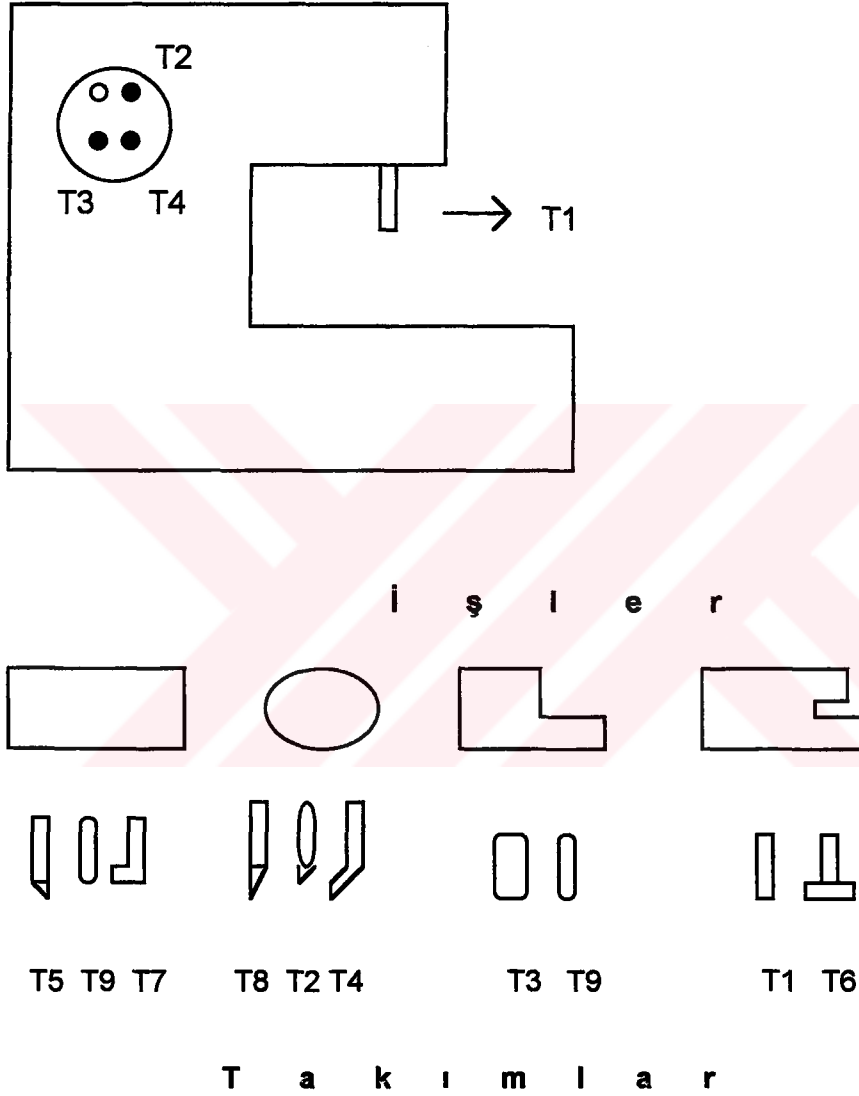
Şekil 2.8. : Gezgin Satıcı Problemi için çözüm ağacı.

2.8. Takım Değiştirme Sayılarının Azaltılması ve Takım Planlaması İçin Kullanılan Yaklaşımlar

Şimdi biraz daha karışık maliyet yapılı bir sıralama problemi inceleyeceğiz. Örnek olarak M takım kapasiteli magazini bulunan bir NC tezgahını düşünelim. Bu tezgahta N iş işleniyor. Bu işlerden j işine gereken takım kümesi A_j dir. Bir çok işe

toplam olarak M den fazla takım gerekir. Bundan dolayı takım değiştirilmesi sözkonusudur. Bunun yanında hiç bir işe M den fazla takım gerekmiyeceği kabul edilir. Bu durum şekil 2.9 'da gösterilmiştir.[10]

NC Tezgahı



Şekil 2.9 : Dört takım kapasiteli magazini olan bir NC tezgahı.

Tamamlanan bir iş için kullanılan takımların bazıları bir sonraki iş içinde gerekebilir. O anda tezgahda bulunmayan ve tezgaha yüklenecek iş için gereken takımlar da eklenirler. Kesinlikle gerekmeyen takımlar magazinden çıkarılırlar. Bizim amacımız makinadaki takım değişime sayısını minimize yapmak için iş grupları sırasına göre

takım değiştirmelerini sıralamaktır. Bir takım değiştirme işi , bir takımın magazinden çıkarılması ve bir diğerinin magazine eklenmesi şeklinde olur. Bu problemde bütün hazırlıkları düşürmek yerine , magazinde gerekmeyen takım yuvaları mümkün olduğu kadar işgal edilmemeye çalışılır. Makinaya yüklenecek işi bilmek demek gereken takımları da bilmek demektir. Takımlar makinadaki iş için gerekmesi bile magazinde M den daha az takım bulundurmanın bir avantajı yoktur. Bundan dolayı zorunlu kalınmadıkça magazin boşaltılmaz. Yukarıda bahsettiğimiz takımları magazine yerleştirme sırasını bulurken "En Sonra Gereken En önce çıkar" kuralı kullanılmıştır. Bu yaklaşımla takım değiştirme sayısını en aza indirmek için takım planlaması yapılır. Bu yaklaşımda ayrıca bir sonraki iş için yalnız gereken kadar takım magazinden çıkarılır. Magazinden ıkarılacak takımların bir daha çok uzun süre gerekmemesi şartı aranır. Bunu sağlamak için magazine takım yüklerken iş sırasındaki ilk iş için gereken takımlar magazine yerleştirilir , daha sonra sırdaki ikinci iş için gereken takımlar da magazinde kalan boş yuvalara yerleştirilir ve bu yerleştirme işlemi magazinde boş yuva kalmayıncaya kadar devam eder. İş sırasına göre işler üretilir ve m yeni takım gerekince magazinden m en sonra kullanılacak takım çıkarılır ki bu yeni m takıma yer açılsın. Bu durumda grldğu gibi ilk ve esas problem iş izelgelemedir. Fakat burada bahsettiğimiz iş çizelgelemesinde işlerin hangi takımlara gerek duydukları önemlidir. nce problemi göründüğünden daha basit bir şekle sokabiliriz. Diyelim ki r işi yalnızca s işine gereken takımların bir altkümesini kullanıyor olsun. Bu durumda sıralamada r işi hemen s işinden sonra gelmelidir ki takım değiştirme sayısı artmasın ve optimal olsun. Ar 'nin As 'nin altkümesi olduğu bütün hallerde r işi s işinden hemen sonra gelir. Bu tür kapsama ilişkilerinin her oluşunda problemin boyutu bir iş küçülür. Bu yüzden biz başlangıçta hangi işe hangi takımların gerektiğini liste haline getiririz. Sonra ilişkileri daha net görebilmek için iş - takım ilişki matrisi oluşturulur. Bu matrisin oluşturulması şöyle olur: Takımlar satır başlarına ve işler de sütün başlarına yazılır. Eğer i takımı j işine gerekiyorsa i satırı ve j stnunun keşiştiği yere 1 konur ve bütün ilişkiler matriste gösterilene kadar devam edilir.

Bu işleri kullandıkları takımlara göre kümelendirme problemi GT 'deki grup bulmaya benzerlik gösterir. Yukarıda bahsedilen iş - takım matrisi oluşturulduktan sonra satır ve sütün sıralaması ikili kümelendirme sistemine göre yapılır. Böylece benzer takımları kullanan işleri bir araya getirerek bir iş-takım kümeleri elde edilir. İş grupları makina başında bir önceki bölümde bahsedilen Eastman 'nin GSP Dal - Sınır Algoritması yaklaşımına göre sıralanırlar. Yalnız buradaki GSP de şehirler

arası mesafe olarak bir işten diğer işe geçerken gereken takım değiştirme sayısı kullanılır. Şimdi böyle bir problem için çözüm işlemini adım adım yazalım:

Adım 1

Problem boyutunu küçültmek için işler gruplanarak bir araya getirilir.

Adım 2

İşler çizelgelenir.

Adım 3

Bu son adımdır , burada "En Sonra Gereken En Önce Çıkar" kuralı uygulanarak takım hazırlık planı oluşturulur.

"En Sonra Gereken En Önce Çıkar" bize bulunan iş sırası izlenerek en öncelikli gereken takımların magazine sırayla yerleştirilmesini ve magazinden çıkan takımın en sonra gereken takım olmasını sağlar. Bunun için takım hazırlıkları sıralanırken kapsama ilişkileri göz önüne alınmalıdır. Ayrıca bütün takımları magazinde yüklü olan bir işi erteleme anlamı yoktur. Bunu önlemek için takımlar magazinden çıkarılmadan önce, iş sırasında kalan işlere bakılır ve gerekirse sıralamada bu gibi işler öne alınır.

Bu yöntemi daha anlaşılır olması için bir örnek üzerinde gösterilmiştir.

Örnek :

İş - takım matrisi Şekil 2.10 'da gösterildiği gibidir. Makina üzerinde en fazla 4 takım taşıyabilmektedir ($M = 4$). Başlangıçta makinanın boş olduğu varsayılır.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a				1			1		
b		1						1	1
c			1			1			
d		1			1	1			1
e		1	1		1	1			
f	1			1					
g	1			1			1	1	1
h			1			1			

Şekil 2.10 : İş - Takım Matrisi.

Çözüm:**Adım 1**

Bu adımda indirgeme yapılır. İşlerin ve takımların kümelendirilmesi için "derece sıralama algoritması" kullanılmıştır. Bu örnek için çözüm aşamaları daha ilerde "derece sıralaması algoritmasının tanıtıldığı bölümde detaylı olarak yer almıştır.

Adım 2

Derece sıralama algoritmasının sonuç matrisi şekil 2.11 'de gösterilmiştir. Bu matrise göre birbirini kapsayan iş kümeleri oluşturulur.

	4	1	7	9	8	2	6	5	3
g	1	1	1	1	1				
f	1	1							
a	1		1						
b				1	1	1			
d				1		1	1	1	
e						1	1	1	1
c							1		1
h							1		1

Şekil 2.11 : Optimal sonuç matrisi.

Bu iş ve takım kümeleri şöyledir: 4 , 1 ve 7 işleri g , f , a takımlarını kullanıyorlar. 9 , 8 işleri birleştirilir ve g , b , d takımlarını kullanırlar. Bunun gibi 6 , 5 , 3 işleride bir araya getirilir ve d, e, c, h takımlarını kullanırlar. Bu son kümeye alternatif olarak 5 işi 2 işinden sonraya da yerleştirilebilir.

Bu şekilde kümeler oluşturulduktan sonra Eastman 'nin GSP de Dal - Sınır algoritması yaklaşımı ile iş grupları çizelgelenir. Burada ; Tablo 3 teki gibi 4 şehirli bir GSP oluşturulur. S / E başlangıç ve bitiş pozisyonunu belirtir. Son iş grubu bitirildikten sonra tekrar takımları çıkarıp başlangıç pozisyonuna dönmemiz gerekmez. Bu yüzden S / E pozisyonuna dönüşlerle ilgilenmiyoruz. Aşağıda bu açıklamalar ışığında hazırlanmış İş grupları arasındaki hazırlık maliyetlerini gösteren matris şekil 2.12 'de gösterilmiştir.

	S / E	417	98	2	653
S / E	—	3	3	3	4
417	—	—	2	3	4
98	—	2	—	1	3
2	—	3	1	—	2
653	—	3	2	1	—

Şekil 2.12 : Takım değiştirme sayıları.

S / E den herhangi iş grubuna gidiş maliyeti o iş grubunun kullandığı takım sayısıdır. Bir iş grubundan diğer iş grubuna gidiş maliyeti ise iş grubundan diğerine geçerken eklenmesi gereken takım sayısıdır. Mesala C417,98 için 417 nin kullandığı takımlar g , f , a ve 98 nin kullandığı takımlar g , b , d dir. Buna göre 417 iş grubundan 98 iş grubuna geçerken eklenmesi gereken takımlar b ve d dir. Böylece C417,98 = 2 dir. Bu şekilde diğer maliyetlerde bulunduktan sonra yukardaki matris oluşturulmuş olur. Daha sonra yukarıda bahsedilen GSP algoritması ile işler çizelgelenmiştir.

Bulunan sonuç aşağıdaki gibidir :

$$Sp = \{S / E , 417 , 98 , 2 , 653\}$$

Bulunan sıranın toplam maliyeti:

$$C = CS/E,417 + C417,98 + C98,2 + C2,653 + C653,S/E = 8 \text{ 'dir.}$$

Sonuçta 8 takım değiştirilmesi gerektiği ortaya çıktı.

Adım 3

Bu adımda "En Sonra Gereken En Önce Çıkar" kuralına göre takım hazırlık planlaması yapılır. Buna göre ilk olarak magazine kapasitesi (M) kadar takım yüklenir ve bu yapılırken iş sırası göz önüne alınır. Bizim örneğimizde 4 , 1 , 7 işleri için g , f , a takımları magazine yüklenir ve boş kalan bir yere de ikinci iş grubunun kullandığı takımlardan biri yüklenir , buda b takımıdır. Sonra 9 , 8 iş grubunda 9 işini yapmak için magazindeki takımlardan ayrı olarak birde d takımı gerekir. Bu takımı magazine yüklemek için magazindeki takımlardan birini çıkarmak gerekmektedir. İşte burada da "En Sonra Gereken En Önce Çıkar" kuralına göre çıkarılacak takım bir daha en uzun süre gerekmeyen takım olmalıdır. Buna göre çıkarılacak takım f , a takımları arasından keyfi olarak seçilir. Biz f takımını çıkaralım. Şimdi bu durumda 9 , 8 işleri yapılabilir. Bir sonraki 2 işi ayrıca e takımını gerektirir ve aynı şekilde bu takım g takımını yerine yerleştirilir. Daha sonraki

iş grubunu üretmek için a , b takımları magazinden çıkarılır ve yerlerine c , h takımları yerleştirilir. Bu yazdıklarımızı aşağıda tablo 2.2 'de gösterilmiştir.

Tablo 2.2 : Takım Hazırlık Planlaması.

Eklenen Takımlar	Çıkarılan Takımlar	Magazindeki Takımlar	Üretilen İşler
g , f , a , b	—	g , f , a , b	4 , 1 , 7
d	f	g , a , b , d	9 , 8
e	g	a , b , d , e	2
c , h	a , b	d , e , c , h	6 , 5 , 3

Takımlardan herbiri yalnız bir kez yüklendiği için toplam yükleme 8 olmuştur. Bu değer bu problem için alt sınırdır. Elde ettiğimiz çözüm değerinin , hiçbir takımın tekrar yüklenmesi gerekmediği için , açıkça optimal olduğu görülür.

2.9. Kümelendirme İçin Kullanılan Yaklaşımlar

Nesnelerin özelliklerine bağlı olarak onları türdeş kümelerde gruplandıran kümelendirme analizi , son yüzyıllarda önemli gelişmeler göstermiştir. Söz konusu tekniğin biyoloji, sosyal bilimler ve psikoloji gibi alanlarda yoğun bir şekilde kullanılmasına rağmen imalat alanındaki uygulaması son yıllara dek oldukça yetersiz sayıydı. Fakat son yıllarda Grup Teknolojisi üretim sistemi uygulamaları için hücrelerin oluşturulmasında kümelendirme algoritmalarının kullanılması oldukça yaygınlaşmıştır. Burada bir çok kümelendirme yaklaşımından yalnızca ikisi ele alınmıştır. Kullanılan kümelendirme yöntemleri , "Derece Sıralama Algoritması" ve "Yapay Sinir Ağları" yaklaşımlarıdır.

2.9.1. Derece Sıralama Algoritması

Matris esaslı bir kümelendirme yaklaşımı olan "derece sıralama algoritması" , "makina - parça" gruplarının veya "iş - takım" kümelerinin oluşturulması için , basit ve etkin bir analitik tekniktir. Bu algoritma, iş - takım matrisinde diyagonal olarak yerleştirilmiş grupların türetilmesi yardımıyla kümelendirmeyi yapar.

Algoritmanın adımları:

Adım 1 : İş - Takım ilişki matrisi satırlara takımlar ve sütunlara işler şeklinde oluşturulur. İşlişki matrisinin her satırı için iş - takım arasında ilişki olan her haneye "1" girilerek ilişki matrisi elde edilir. Her satır için "1" ler ikili sayı sistemine göre okunur. Her satırın ikili sisteme göre karşılığı bulunur. Bu ikili sayı değerlerinin azalan derece sıraları belirlenir. Bu derece sıralarına göre satırlar gerekiyorsa yer değiştirilir ve adım 2' ye geçilir. Mevcut Sıra değişmiyorsa algoritma durur.

Adım 2 : Derece sıraları aynı şekilde her sütun için belirlenir. Bu derece sırasına göre sütunlar gerekiyorsa bu sıraya göre düzenlenir ve adım 3' e geçilir. Mevcut sıra değişmiyorsa algoritma durur.

Adım 3 : Adım 1 ve adım 2 optimal çözüm elde edilene kadar sürdürülür.

Bu algoritmanın daha iyi anlaşılması için bir örnek üzerinde açıklanmıştır.

Örnek :

İş - takım ilişki matrisi şekil 2.13 'de gösterildiği gibidir.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Satır Değeri	Derece Sırası
a				1			1			36	8
b		1						1	1	131	5
c			1			1				72	6
d		1			1	1			1	153	4
e		1	1		1	1				216	3
f	1			1						288	2
g	1			1			1	1	1	295	1
h			1			1				72	7

Şekil 2.13 : İş - takım ilişki matrisi.

1. İterasyon

Adım 1

Bu matrise göre satır değerleri ikilli sayı sisteminde hesaplanır ve bu değerlere göre derece sıraları bulunur. Şekil 2.13. 'de gösterilmiştir. Bu derece sıralarına göre satırlar düzenlenir. Satırların düzenlenmiş hali şekil 2.14 'te gösterilmiştir. Adım 2 'ye geçilir.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Satır Değeri	Derece Sırası
g	1			1			1	1	1	295	1
f	1			1						288	2
e		1	1		1	1				216	3
d		1			1	1			1	153	4
b		1						1	1	131	5
c			1			1				72	6
h			1			1				72	7
a				1			1			36	8
Sütun Değeri	192	56	38	192	48	54	129	136	152		
Derece Sırası	2	6	9	1	8	7	5	4	3		

Şekil 2.14 : Birinci satır iterasyonunun sonuç matrisi.

Adım 2

Şekil 2.14 'e göre sütun değerleri hesaplanır. Bu sütun değerlerine göre sütunlar için derece sıraları bulunur. Şekil 2.14 'de gösterilmiştir. Bulunan derece sıralarına göre sütunlar düzenlenir. Sütunların düzenlenmiş şekli Şekil 2.15 'te gösterilmiştir. Tekrar adım 1 'e dönülür.

2. İterasyon

1. Adım

Şekil 2.15. 'e göre satır değerleri ve derece sıraları bulunur. Satırlar düzenlenir ve adım 2 'ye geçilir.

	4	1	9	8	7	2	6	5	3	Satır Değeri	Derece Sırası
g	1	1	1	1	1					496	1
f	1	1								384	2
e						1	1	1	1	15	6
d			1			1	1	1		78	5
b			1	1		1				104	4
c							1		1	5	7
h							1		1	5	8
a	1				1					272	3
Sütun Değeri	193	192	152	136	129	56	54	48	38		
Derece Sırası	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

Şekil 2.15 : Birinci sütun iterasyonunun sonuç matrisi.

Düzenlenmiş satırlar şekil 2.16 'da gösterilmiştir.

	4	1	9	8	7	2	6	5	3	Satır Değeri	Derece Sırası
g	1	1	1	1	1					496	1
f	1	1								384	2
a	1				1					272	3
b			1	1		1				104	4
d			1			1	1	1		78	5
e						1	1	1	1	15	6
c							1		1	5	7
h							1		1	5	8
Sütun Değeri	224	192	152	144	160	28	15	12	7		
Derece Sırası	1	2	4	5	3	6	7	8	9		

Şekil 2.16 : İkinci satır iterasyonunun sonuç matrisi.

Adım 2

Şekil 2.16 'ya göre sütun değerleri ve derece sıraları bulunur. Sütunlar düzenlenir ve adım 1 'e tekrar dönülür. Düzenlenmiş sütunlar şekil 2.17 'de gösterilmiştir.

	4	1	7	9	8	2	6	5	3	Satır Değeri	Derece Sırası
g	1	1	1	1	1					496	1
f	1	1								384	2
a	1		1							320	3
b				1	1	1				56	4
d				1		1	1	1		46	5
e						1	1	1	1	15	6
c							1		1	5	7
h							1		1	5	8
Sütun Değeri	224	192	160	152	144	28	15	12	7		
Derece Sırası	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

Şekil 2.17 : İkinci sütun iterasyonunun sonuç matrisi.

3. İterasyon

Adım 1

Şekil 2.17 'ye göre satır değerleri hesaplanır ve derece sıraları bulunur. Derece sıralarında değişiklik olmadığı için optimal sonuç matris elde edilmiş demektir. Algoritma durur.

İki tam satır ve sütun iterasyonu sonunda optimal sonuç elde edilmiştir. Tablo 2.17 'deki optimal sonuç matrisine göre 4,1,7 işi ile g, f, a takımları küme 1 'i oluşturur. 9, 8, 2 işleri ile b, d takımları küme 2 'yi oluşturur. 6, 5, 3 işleri ile e, c, h takımları da küme 3 'ü oluşturmaktadır. Bu duruma göre küme 2 için 3 tane ve küme 3 için 2 tane istisnai eleman vardır.

Derece sıralama algoritması kullanım kolaylığına karşın her zaman optimal sonuç vermeyi garanti etmemektedir. Diyagonal dışındaki "1" 'lerin fazla olduğu büyük matrisler için çoğunlukla kümeleri oluşturmak için yetersiz kalmaktadır.

2.9.2. Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı

Yapay Sinir Ağları, bilgi işleme sistemleridir. Genel olarak, YSA, girdi kabul edip çıktı üreten kara kutu aygıtları olarak düşünülebilirler. YSA 'nın gerçekleştirdikleri bazı işlemler sınıflandırma, desen eşleme, desen tamamlama, gürültü giderme, optimizasyon ve kontroldür. YSA, işlem elemanlarından ve ağırlıklandırılmış

bağlantılardan oluşmaktadır. YSA 'nın avantajlı olduğu üç ana durum söz konusudur :[9]

1. Çok fazla miktarda veriden, az sayıda karar çıkartılacağı durumlar (ses ve görüntü işleme),
2. Doğrusal olmayan eşleşmelerin otomatik olarak elde edilmesi gereken durumlar (ücret değerlendirilmesi ve robot kontrolü),
3. Bir kombinatoriyel optimizasyon problemi için çok hızlı bir şekilde optimum sonuca yakın bir çözüme ihtiyaç duyulan durumlar (havayolu tarifesi yapmak ve telekomünikasyon mesajı göndermek).

YSA, genel anlamda üç esas elemandan oluşur :

1. Topoloji (YSA 'nın katmanlarının düzenlenmesi ve bağlantı şekli),
2. Öğrenme (Bilginin ağda depolanma şekli),
3. Hatırlama (Depolanan bilginin ağdan geri alınış şekli).

YSA bazlı desen tanıma yaklaşımları Grup Teknolojisinde kullanılmaya başlanmıştır. GT 'de kümelendirme yaklaşımı olarak kullanılan YSA 'nın genel yapılandırılması şu şekildedir :

İki katmanlı ağın birinci katmanı, başlangıç ilişki matrisinin sütunlarını temsil eden sinir hücrelerinden oluşmaktadır. İleri besleme bağlantıları eşleşme puanlarını hesaplamada kullanılan vektörleri, geri besleme bağlantıları da sınıfları temsil eden örnek vektörleri meydana getirirler. Başlangıç ilişki matrisi, ağa satır vektörleri şeklinde beslenmektedir. Girdi vektörleri ardışık olarak sisteme sunulduğunda, ağ bunları benzerliklere dayanarak değişik sınıflara ayırır: Girdi vektörü, "1" 'ler "0" ve "0" 'lar "1" yapılarak ağa beslenir. Her sınıf için eşleşme puanları hesaplanır. En iyi eşleşen örnek, yani en yüksek eşleşme puanını veren sınıf (çıktı katmanı sinir hücresi) seçilir. En iyi eşleşen örneğin benzerliği test edilir. Eğer benzerlik, önceden belirlenmiş bir eşik değerini aşıyorsa, girdi vektörü bu sınıf altında gruplanır. Aksi takdirde, en iyi eşleşen bir sonraki örnek seçilir ve benzerliği test edilir. Eğer girdi vektörü mevcut sınıfların hiçbirinin altında gruplanamıyorsa, yeni bir sınıf oluşturulur. Bu süreç tüm girdiler için tekrar edilir. Bu şekilde, YSA sınıflandırması sona ermektedir, başka bir deyişle YSA bazlı yaklaşımlar sadece satır ailelerini oluşturmaktadır. Daha sonra, sütunlar ailelerin gruplarındaki kullanım miktarlarını enbüyükleyecek şekilde gruplanmaktadır.

CG ağı ve dolayısıyla KSC93 ile elde edilen çözümler kullanılan benzerlik katsayısı sebebiyle başlangıçta seçilen benzerlik eşik değerine çok duyarlıdır. Ayrıca orta ve

yüksek eşik değerlerinde, hücreler arası trafiği yoğun çok küçük satır aileleri ve neticede çok küçük hücreler oluşmaktadır. Bu da gruplama etkinliğini düşürmekte ve sütun gruplarının oluşturulmasını zorlaştırmakta, hatta imkansızlaştırmaktadır.

Kümlendirme için Basic ortamında kodlanmış bir YSA yaklaşımı kullanılmıştır.



BÖLÜM 3 . UYGULAMA

3.1. Sistemin Tanımı

3.1.1. Kalıp Üretim Sisteminin Tanıtılması

1970 yılında, endüstriyel cam kalıp ve züccaciye ana girdilerinden biri olan kalıpların Şişecam topluluğu içerisinde üretilmesi amacıyla kurulan kalıp fabrikası, bu ana görevin yanında 1973 yılında makina, 1979 yılında yedek parça üretimine başlayarak topluluğun büyük bir boşluğunu doldurmuştur. İlk kuruluş yeri olan Topkapı Şişe ve Cam Sanayii A.Ş. arazisindeki atölyenin yetersiz kalması üzerine 1983 yılında halen faaliyetini sürdürdüğü tesislere taşınmış ve 1989 yılında Şişe Cam Holding 'in yeni bir şirketi "Camiş Makina ve Kalıp Sanayii A.Ş." olarak topluluktaki yerini almıştır.

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. 'ne bağlı 11 kuruluş cam ve cam bazlı mamuller üretmektedirler. Bu kuruluşların üçünde düz cam, ikisinde oto camı, birinde cam elyafı, geriye kalan altısında ise ısıya dayanıklı türleri de içermek üzere cam eşya, sinai kaplar, laboratuvar malzemeleri üretilmektedir. Bu fabrikaların ihtiyaçları olan yedek parça ve kalıpların imalatı bu işletmede gerçekleştirilmektedir.

Sistemde her ne kadar yedek parça ve makina üretimi yapılıyor ise de sistemin en önemli fonksiyonu cam kalıp üretimidir. Kalıp üretim sisteminin en önemli ürünleri IS, H28, OTOPRES ve BORCAM kalıplarıdır. Kalıp üretiminde oldukça esnek bir üretim politikası vardır. Müşterilerin acil taleplerine göre iş sıralamasına ani müdahaleler olmaktadır. Çok amaçlı CNC tezgahlar kullanılmaktadır. Siparişler atölyeye genellikle küçük partiler halinde gelmektedir. Küçük partilerle gelen değişik taleplere çok kısa sürede uyum sağlamayı hedefleyen fabrikada gündemdeki en önemli sorun sağlıklı termin vermektir. Öyleki atölyeye gelen acil bir siparişle tezgaha bağlı parçalar sökülmekte, tezgah yeni parçalar için yeniden ayarlanmakta ve bu parçanın üretimine başlanmaktadır. Üretilmekte olan parça ile acil siparişle üretime alınan parça arasında şekil ve proses benzerliği şartı da

olmadığından hazırlık sürelerinde ani yükselme ve bazı parçaların terminlerine sadık kalmama durumları ortaya çıkmaktadır.

Kalıp üretiminde son zamanlarda Taiwan ve Endonezya pazarı da gündeme gelmiştir. Günümüz rekabet ortamında, şirket yurtdışı pazarına müşteri kaçırmamak için acil olarak daha etkin bir üretim düzeni yaratmak durumundadır. Bu durumda fabrikanın rekabet ortamında tutunabilmesi için çeşitli ürünlere cevap verebilecek esnek bir üretim sisteminin olması gerekir. Bunun için küçük partili üretimi yapabilmelidir. Bu şartlar altında fabrikanın çeşitli ürünlerin taleplerinin tam zamanında karşılanması mümkün olmamaktadır. Budurumda ya küçük partili üretimden vazgeçilecek ve pazarda müşteri kaybedilecek ya da küçük partili üretimin yapılmasını engelleyen yüksek hazırlık süreleri düşürülecektir. Pek tabii ki, yüksek hazırlık sürelerinin azaltılmasını hedeflemek daha gerçekçi bir yaklaşımdır. Bunun için bu konuda odaklanarak üretim sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Öncelikle üretim darboğazı olduğu bilinen bir pilot çalışma alanı seçilmiştir.

3.1.2. Seçilen İnceleme Tezgahının Tanıtılması

Pilot inceleme alanı olarak seçilen CNC tezgahı yalnızca yatay işleme yapabilen bir torna tezgahıdır. Bu CNC torna tezgahında bir tambur ve bir yıldız revolver bulunmaktadır. Tambur revolver için üst taret ve yıldız revolver için de alt taret terimleri kullanılmaktadır. Üst ve alt taretlerde altışar takım yuvası bulunmaktadır. Üst taret takımları parçanın dış yüzey işlemlerini, alt taret takımları da iç yüzey işlemlerini yapmaktadır. Tezgahın önden görünüşü Ek A 'daki Resim A.1 'de gösterilmiştir. Bu tezgahta üretilen işler anacak iki taret toplamı olan 12 takımla üretilebilen işlerdir. Seçilen tezgahta en çok üretimi yapılan iş parçaları IS Ebişör, IS Finişör, H28 Finişör, H28 Sabit Finişör ve Gövde işleridir. Bu işlere ait 29 kayıt incelemeye alınmıştır.

3.1.2.1. CNC Combi Torna Tezgahında Yapılan Hazırlıklara Ait Genel Bilgiler

Bu tezgahta genellikle silindirik kalıplar üretilmektedir. Bundan dolayı eğer parçanın torna ayaklarına bağlanan çapı bir önceki işe göre değişmiyorsa torna ayaklarının hazırlık işleri yapılmamaktadır. Çaplar aynı olsa bile kalıpların iç şekillerinde ve proseslerinde farklılık olabilmektedir, bu da kullanılan takımların değişmesi demektir. Genellikle, silindirik cam kalıplarının üretimi için üç adet üst

taret takımı ve beş adet alt taret takımı kullanılmaktadır. Bir üretim periyodu boyunca eğer çok istisnai bir iş üretilmesi gerekmez ise üst taret takımlarından bazıları hiç değiştirilmemektedir. Aynı durum alt taret takımları için söz konusu değildir.

Takım değiştirmek gerektiğinde önce takımların bulunduğu ayrı ayrı raflardan takımlar bulunmalı ve gerekiyorsa bilenmeli veya takım ucu değiştirilmelidir. Bundan sonra takımlar taretelere bağlanmalı, bunun için takımlara uygun bağlama elemanları alınmalıdır. En son olarak takımlar iş için ayarlanmalıdır.

Eğer torna ayaklarının değiştirilmesi gerekiyorsa, bağlanacak çapa en uygun torna ayakları bulunmalıdır. Bu torna ayakları iş parçası işleme sırasında sapma yapmasın diye işin çapına tam uygun olacak şekilde hassas olarak tomalanmalıdır.

İş parçası ayar çalışması için bağlanmalı ve programa göre ayar işlemesi yapılmalıdır. Her aşamada parça muayene edilip uygun olduğu anlaşılmalıdır. İşleme sırasında eğer istenen ölçülerin elde edilmesi için pasoların veya işleme hızlarının değişmesi gerekiyorsa bunlar değiştirilmelidir.

Bu en son hazırlık işlerinden sonra istenen ölçülerde ve hassasiyette ürün elde edilirse hazırlık işlemleri bitmiş demektir. Bundan sonra üretime başlanabilir. Bu hazırlık işlerinin yapılmasında kullanılan düzenlerin listesi aşağıda verilmiştir.

3.1.2.1.1. Kullanılan Düzenler

1. Torna Ayakları
2. Ölçü Aletleri
3. Bağlama Elemanları
4. İş parçaları
5. Takımlar
6. Yardımcı Elemanlar

Bu listedeki düzenlerden "torna ayakları" silindirik yüzeyleri kavrayabilecek şekilde olurlar ve çaplarına göre ayrılırlar. "Ölçü aletleri", iş parçasını, takımları, tertibatları, bağlama elemanlarını, ölçmek için kullanılırlar. Bu tezgahta kullanılan ölçü aletleri boyut ölçmek için kullanılan. yüzey hassasiyetini ölçmek için kullanılan ve parçanın sapma yapıp yapmadığını ölçmek için kullanılan ölçü aletleridir. Bağlama elemanları ise takımları tarete bağlamak için kullanılan bağlama düzenlerini ve

iş parçasını bütün olarak tutmak için kullanılan bağlama düzenlerini kapsar. İş parçaları üretilecek olan yarı mamul parçalardır. Boyut, şekil ve gerektirdikleri işlemlerine göre ayrılırlar. Takımlar, dış çap takımları ve iç çap takımları olarak ayrılırlar. Dış çap takımları üst tarette ve iç çap takımları da alt tarette bağlanırlar. Dış çap takımları parçanın dış yüzey işlemlerini yaparlar ve "dış kanal açma", "invert yuvası açma", "dış yüzey kaba ve hassas işleme" ve "parçanın boyunu kesme" işlemleri için kullanılırlar. İç çap takımları parçanın iç yüzey işlemlerini yaparlar ve "delik açma", "iç kanal açma", "muldefon ve muldebağ yuvası açma", "kalıbın iç şeklini verme" ve "alın kesme" işlemleri için kullanılırlar. Takımların görüntüleri Ek A 'daki Resim A.2 'de gösterilmiştir. Yardımcı elemanlar, torna ayaklarının ayna üzerinde tomalanırken sıkıştırılabilmesi için kullanılan düzenlerdir. Ayrıca bu kısma her türlü bağlama, temizleme ve taşıma işini yapmak için kullanılan yardımcı düzenlerini dahil edebiliriz.

3.1.2.1.2. Hazırlık Nesneleri

Bu bölümde hazırlık işlerinde doğrudan kullanılan düzenler ayrılacaklardır. Hazırlık nesnelerinin birbirinden ayrılmasında kullanıldıkları hazırlık aşamalarına dikkat edilmiştir. Buna göre hazırlık nesnelerinin listesi aşağıdaki tablo 3.1 'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. : Hazırlık nesnelerinin listesi

<u>Hazırlık Nesnesi</u>	<u>Kapsadıkları Düzenler</u>
Tartibat	Torna Ayakları, Yardımcı Elemanlar
Takım	Üst ve Alt Taret Takımları
Bağlama Elemanı	Tüm Bağlama Elemanları
Ölçü Aleti	Tüm Ölçü Aletleri
Program	NC Programı
Resim	İş Parçasının Teknik Resimi
Magazin	Üst ve Alt Taretler

3.2. Uygulamanın Amacı

Tam zamanında üretim idealine ulaşmak için hazırlık sürelerini mümkün olduğunca düşürmenin gerekliliği kaçınılmazdır. Bizde seçtiğimiz bir pilot noktada hazırlık sürelerini azaltmayı amaçladık. Bunun için öncelikle üretim sisteminde darboğaz olan makinalardan birini çalışma alanı olarak seçtik. Seçtiğimiz beş tür iş parçasının her türlü işlemini yapabilen bir CNC torna tezgahıydı. Bu CNC yatay işleme tezgahında üretilen beş ayrı iş partisine ait 29 iş etüde alındı.

Bu etüdlerin ve makina başında çalışan işgörenlerle yapılan görüşmelerin sonucunda makina başında yapılan bütün hazırlık elemanlarının listesi çıkarıldı. Daha sonra yapılan analizle hazırlık elemanları , hazırlık nesnelere ve hazırlık faaliyetlerine bölündü. Bu şekilde hazırlık işlerinin yapılandırılması için kolaylık sağlanması amaçlandı. Hazırlık işlerinin yapılandırılması ile de hazırlık elemanlarının hangilerinin içsel hangilerinin dışsal olduğunun daha kolay belirlenbilmesi amaçlandı. Böylece kayıt sırasında toplanan verilerin değerlendirilmesinde prosedürde olabilecek aksaklıkların kolaylıkla ortaya çıkarılması amaçlandı. Bunun dışında veriler değerlendirilirken en fazla süre isteyen hazırlık nesnesinin bulunması ve bu nesne ile oluşan hazırlık elemanları üzerinde yoğunlaşarak hazırlık prosedüründeki aksaklıkların ortaya çıkarılması sağlandı. Böylece bu aksaklıklar ortadan kaldırılarak hazırlık sürelerinin azaltılması amaçlandı.

3.3. Hazırlık Analizi

İnceleme alanı olarak seçilen CNC Torna makinasında yapılan hazırlıklar ile ilgili gözlemler ve işgörenle yapılan görüşmelerle hazırlık elemanlarının listesini çıkardık. Bu hazırlık elemanları 8 hazırlık nesnesi ve 12 hazırlık faaliyeti olarak parçalandı. Bu şekilde hazırlık elemanlarını oluşturan 8 hazırlık nesnesi ve 12 hazırlık faaliyeti aşağıdaki tablo 3.2 'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. : Hazırlık nesneleri ve faaliyetlerinin listesi

Hazırlık Nesnesi		Hazırlık Faaliyeti	
1	Takım	1	Bağlama
2	Tertibat	2	Sökme
3	Program	3	Okuma
4	Bağlama Elemanı	4	Getirme
5	Resim	5	Götürme
6	İş Parçası	6	Temizleme
7	Ölçü Aleti	7	Kuma
8	Magazin	8	Ayarlama
		9	Yükleme
		10	Ölçme
		11	Muayene Etme
		12	İşleme

Yukarıdaki her hazırlık nesnesi ve hazırlık faaliyetinin kombinasyonundan bir hazırlık elemanı oluşur. Örnek olarak 1 nolu nesne ile 1 nolu faaliyet "Takımın Bağlanması" hazırlık elemanını oluştururlar.

Bunun gibi eşleşebilecek bütün nesneler ve faaliyetler bir hazırlık elemanının karşılığıdır. Hazırlık elemanlarının bu şekilde hazırlık nesneleri ve faaliyetlerine bölünmeleri hazırlık yapılandırmasında bize kolaylık sağlamaktadır.

3.4. Hazırlık İşlerinin Yapılandırılması

Hazırlık prosedürü beş ayrı adıma bölünmüştür. Bu adımlar "ön hazırlık" , "yükleme", "boşaltma", "ayar çalışması" ve "iş sonu" olarak adlandırılmıştır. Bu beş hazırlık adımı makinanın hangi konumundayken yapıldığına göre ayrılmışlardır. Hazırlık işlerini yapılandırmanın esası buna dayanmaktadır. Buna göre hazırlık adımları şu şekilde ayrılmışlardır: "ön hazırlık" ve "iş sonu" adımları dışsal , "yükleme", "boşaltma" ve "ayar çalışması" adımları ise içseldir. Daha sonra bu hazırlık adımlarına karşılık gelen hazırlık faaliyetleri belirlenir. Bu hazırlık faaliyetleri ile eşleşebilen hazırlık nesneleri de belirlendikten sonra artık hangi hazırlık elemanlarının dışsal hangilerinin içsel olduğu ortaya çıkarılmış olur. Hazırlık işlerinin yapılandırılması şekil 3.1. 'de özetlenmiştir. Her hazırlık adımı karşılık gelen hazırlık faaliyetleri birbirinden ayrılmıştır. Ayrıca her hazırlık adımının içsel veya dışsal olduğu şekilden rahatlıkla görülmektedir. Böylece hangi hazırlık faaliyetlerinin ve dolayısıyla hangi hazırlık elemanlarının da içsel veya dışsal olduğu rahatlıkla belirlenebilmektedir. Örnek olarak "ölçme" hazırlık faaliyeti "ön hazırlık" adımı karşılık gelmektedir ve bu hazırlık adımı dışsaldır yani makina üretimde iken yapılabilmektedir. Böylece "ölçme" hazırlık faaliyetiyle eşleşen hazırlık nesnesinin oluşturacağı her hazırlık elemanı, "takımın ölçülmesi" vb., dışsal elemandır.

ölçme	okuma	getirme	sökme	kaydetme	kurma	bağlama	ayarlama	işleme	muayene etme	götürme	temizleme
takım	program	takım	takım	program	takım	takım	takım	iş parçası	iş parçası	takım	takım
tertibat	resim	tertibat	tertibat		tertibat	tertibat	tertibat			tertibat	tertibat
bağlama elemanı	ölçü aleti	program	bağlama elemanı		bağlama elemanı	bağlama elemanı	iş parçası			bağlama elemanı	bağlama elemanı
iş parçası		bağlama elemanı	iş parçası		iş parçası	iş parçası	magazin			program	iş parçası
		resim								ölçü aleti	ölçü aleti
		iş parçası								resim	
		ölçü aleti								iş parçası	
ÖN HAZIRLIK			BOŞALTIMA	YÜKLEME		AYAR ÇALIŞMASI			İŞ SONU		
A PARTİSİNİN ÜRETİMİ			HAZIRLIK İŞLERİNİN YAPILMASI (MAKİNA BOŞ)								
			B PARTİSİNİN ÜRETİMİ								

Şekil 3.1. : Hazırlık işlerinin yapısı.

3.4.1. Kodlama

Bu bölümde yapılandırma için alfanümerik kodlama yapılmıştır. Hazırlık adımlarına, yapılış sıralarına göre 1'den 5'e kadar kod numarası verilmiştir. Hazırlık faaliyetlerine verilen kod numaraları karşılık geldikleri hazırlık adımının numarası ve kendi numarası olarak verilmiştir, "bağlama" hazırlık faaliyetinin kod numarası 31 dir. Burada 3 "bağlama" hazırlık faaliyetinin karşılık geldiği "yükleme" hazırlık adımının kod numarasıdır ve 1 de "yükleme" adımına karşılık gelen hazırlık faaliyetleri içindeki kendi numarasıdır. Bu şekilde bütün hazırlık faaliyetleri kodlanmıştır. Hazırlık nesneleride (A...H) arası harflerle kodlanmıştır, fakat bu kodlama da özel bir sırayı temsil etmeksizin bağımsızca yapılmıştır. Bütün kodlamalar Tablo 3.3. 'te gösterilmiştir.

Tablo 3.3. : Hazırlık işlerinin kodlanması.

Hazırlık Adımları	Kod	Hazırlık Faaliyetleri	Kod	Hazırlık Nesneleri	Kod
Ön Hazırlık	1	Ölçme	11	Takım	A
Boşaltma	2	Okuma	12	Tertibat	B
Yükleme	3	Getirme	13	Program	C
Ayar Çalışması	4	Sökme	21	Bağlama Elemanı	D
İş Sonu	5	Bağlama	31	Resim	E
		Kaydetme	32	İş Parçası	F
		Kurma	33	Ölçü Aleti	G
		Ayarlama	41	Magazin	H
		İşleme	42		
		Muayene Etme	43		
		Götürme	51		
		Temizleme	52		

Böylece A-31 kod numarası "yükleme" adımıyla yapılan "takımın bağlanması" hazırlık elemanını göstermektedir. Bu kodlama bize hazırlık işleri ile ilgili verileri kaydetmede ve verileri değerlendirmede kolaylık sağlamaktadır.

3.5. Hazırlık İşleri İle İlgili Verileri Kayıt Etme

Veri toplama sırasında gözlemci makina başındaki işgörenin yaptığı hazırlık işlerini , sürelerini , kimin yaptığını , makinanın boşmu dolumu olduğunu not eder. Kayıt sırasında hazırlık işleri hazırlık faaliyetlerine ve nesnelere ayrılırlar. Daha sonra diğer verilerle birlikte her hazırlık faaliyeti karşılık geldiği hazırlık adımıyla beraber

bilgisayar ortamına veya dosyaya kaydedilirler. Toplanan verilerin dosyaya kaydedilmesiyle ilgili birkaç örnek verelim.

Gözelemlenen hazırlık işi : takımın bağlanması , 15 dk. , makina boş , operatör.

Kayıt

İşi Yapan	: İşgören A
Hazırlık Adımı	: 3
Hazırlık Faaliyeti	: 31
Hazırlık Nesnesi	: A
Hazırlık Süresi	: 15 dk.
Makina (boş/dolu)	: boş
İçsel / Dışsal	: içsel

Gözelemlenen hazırlık işi : tertibatın kurulması , 10 dk. , makina boş , operatör.

Kayıt

İşi Yapan	: İşgören A
Hazırlık Adımı	: 3
Hazırlık Faaliyeti	: 33
Hazırlık Nesnesi	: B
Hazırlık Süresi	: 10 dk.
Makina (boş/dolu)	: boş
İçsel / Dışsal	: içsel

Gözelemlenen hazırlık işi : tertibatın getirilmesi , 20 dk. , makina boş , operatör.

Kayıt

İşi Yapan	: İşgören A
Hazırlık Adımı	: 1
Hazırlık Faaliyeti	: 13
Hazırlık Nesnesi	: B
Hazırlık Süresi	: 20 dk.
Makina (boş/dolu)	: boş
İçsel / Dışsal	: dışsal

Kayıt sırasında makinanın boşmu dolumu olduğunun kaydedilmesi verilerin analizi aşamasında önemlidir. Böylece hazırlık prosedüründe varsa aksaklıklar kolayca adreslenebilir. Mesala , "tertibatın getirilmesi" hazırlık işi yapılırken makina boş durumdaymış , halbuki bu dışsal bir hazırlık elemanıdır , makina üretimde iken

yapılabilmektedir. Bu bir hazırlık prosedürü hatasının sonucudur, hazırlık işi yapılması gereken yerde yapılmamaktadır. Bu aksaklığın sebebi bulunur ve ortadan kaldırmak için önlem alınır.

3.6. Verilerin Değerlendirilmesi

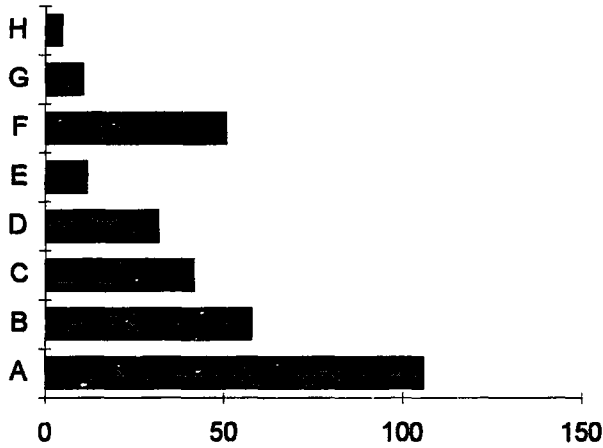
Hazırlık elemanlarının süreleri , hazırlık nesneleri ve hazırlık faaliyetleri değerlendirme matrisini oluştururlar. Bu matriste sütunlarda hazırlık faaliyetleri , satırlarda hazırlık nesneleri ve herbirinin kesiştiği noktada oluşabilecek hazırlık elemanının süresi vardır. Bu matristen bütün hazırlıklar içinde en fazla süre alan hazırlık nesnesi belirlenir. Bu hazırlık nesnesi ile eşleşen hazırlık faaliyetlerinden en fazla süre alan hazırlık faaliyeti de belirlenir. Bu hazırlık nesnesi ve hazırlık faaliyetinin oluşturduğu hazırlık elemanında bir aksaklık olup olmadığı araştırılır. Eğer bir aksama bulunursa bunun sebebinin ortadan kaldırılması için öneriler geliştirilir.

Değerlendirme matrisi şekil 3.2. 'de gösterilmiştir.

		F A A L İ Y E T L E R												Toplam
N E S N E L E R		11	12	13	21	22	23	31	41	42	43	51	52	
	A	6		33	15		10	12	24			2	4	106
	B	5		20	4		10	2	5			1	11	58
	C		5	30		6						1		42
	D	4	6	5	6			6				3	2	32
	E		5	5								2		12
	F	6		5	2	2	4	2	6	16	2	2	4	51
	G		3	5								2	1	11
R	H								3				2	5
	Toplam	21	19	103	27	8	24	22	38	16	2	13	24	

Şekil 3.2. : Değerlendirme matrisi (Matris içindeki değerler dakika cinsindendir.)

Bizim örneğimizde A kodlu "takım" hazırlık nesnesi diğer hazırlık nesneleri arasında en fazla süreyi alan hazırlık nesnesidir. Bu durum şekil 3.3. 'deki grafikte rahatlıkla görülmektedir.



Şekil 3.3. : Hazırlık nesnelerinin toplam sürelerinin dağılımı.

Biz araştırmalarımızda bu nesne ile ilgili hazırlık işleri üzerinde odaklanacağız. Belirlenen "takım" hazırlık nesnesi ile eşleşen faaliyetler içinde en fazla süre isteyen "getirme" hazırlık faaliyetidir.

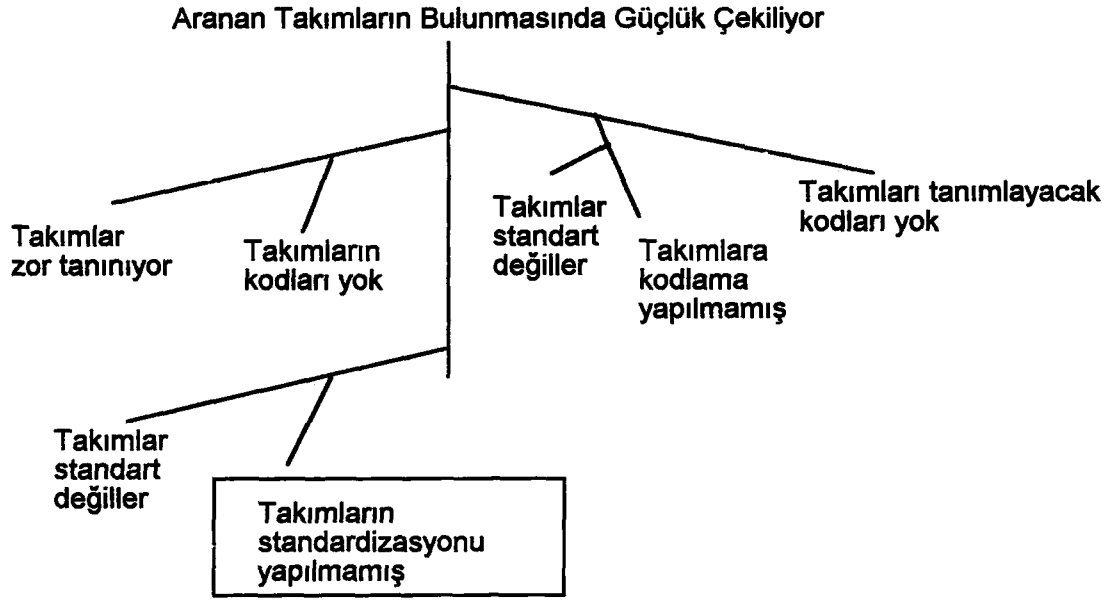
Bu durumda öncelikle "takımın getirilmesi" hazırlık elemanı olmak üzere bütün takım ile ilgili hazırlık elemanlarını gözden geçirip aksaklık olup olmadığına baktık.

Belirlenen aksaklıklar şöyle özetlenebilir:

1. Aranılan takımların bulunmasında güçlük çekiliyor,
2. Getirilen takımlar bazen iş parçası için uygun bulunmayıp geri götürülüyor,
3. Bazı işler için aynı takım kullanılabilecek iken çoğunlukla farklı takım kullanılıyor,
4. Bir işten diğerine geçerken genellikle çok takım değiştiriliyor.
5. Genellikle takımların bazıları ancak program ve resim geldikten sonra belirlenebiliyor,
6. Çoğu zaman magazin gerek olmadığı halde boşaltılıyor.

3.7. Önerilerin Geliştirilmesi ve Gerçeklenmesi

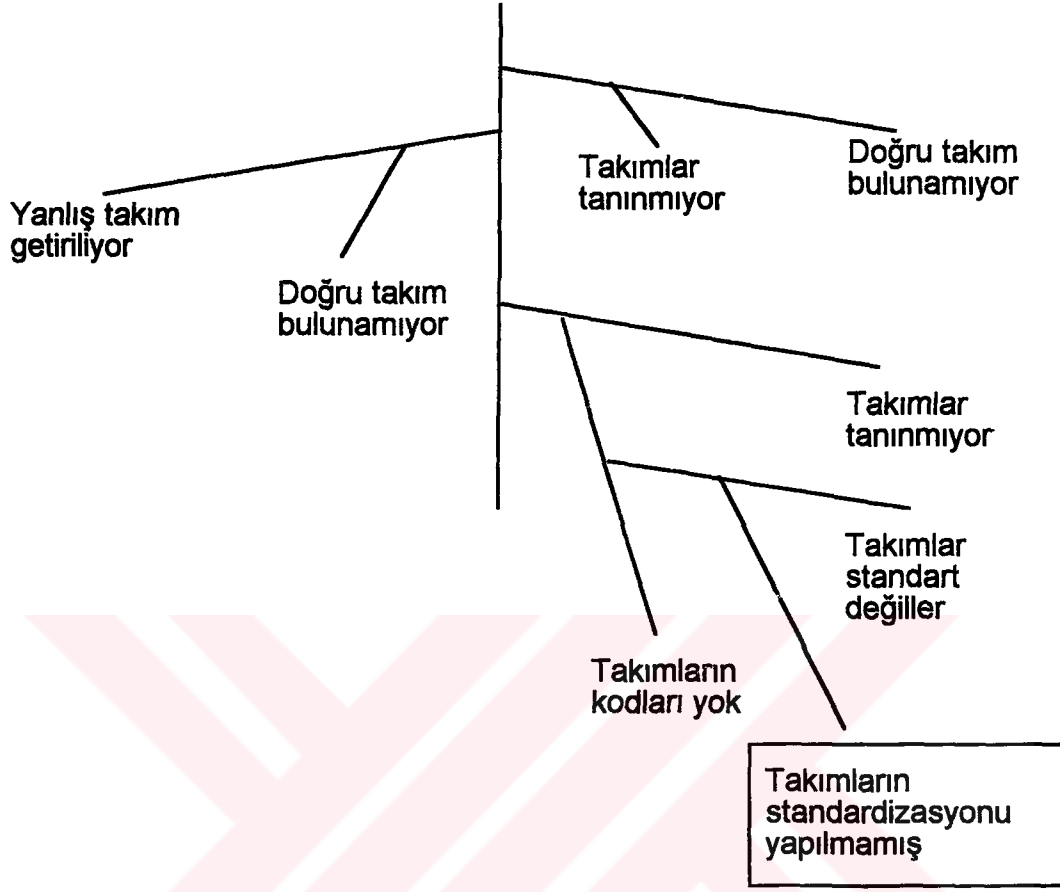
Bu aşamada dikkat edilmesi gereken husus , bu aksaklıkların sebep değil sebeplerin etkileri olduğudur. Bizim ortadan kaldırmak için öneri geliştireceğimiz sebeplerdir. Belirlediğimiz bu aksaklıkların sebeplerini ortaya çıkarmak amacıyla her bir aksaklık için kılçık diyagramı çizildi. Aşağıda şekil 3.4 'te "aranılan takımların bulunmasında güçlük çekiliyor" aksaklığı için çizilen kılçık diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 3.4. : Kılçık diyagramı - 1.

Kılçık diyagramı sonucunda bu aksaklığın esas sebebi "takımların standardizasyonunun yapılmamış" olmasıdır. "Getirilen takımlar bazen iş parçasına uygun bulunmayıp geri götürülüyor" , aksaklığı için çizilen kılçık diyagramı şekil 3.5. 'de gösterilmiştir.

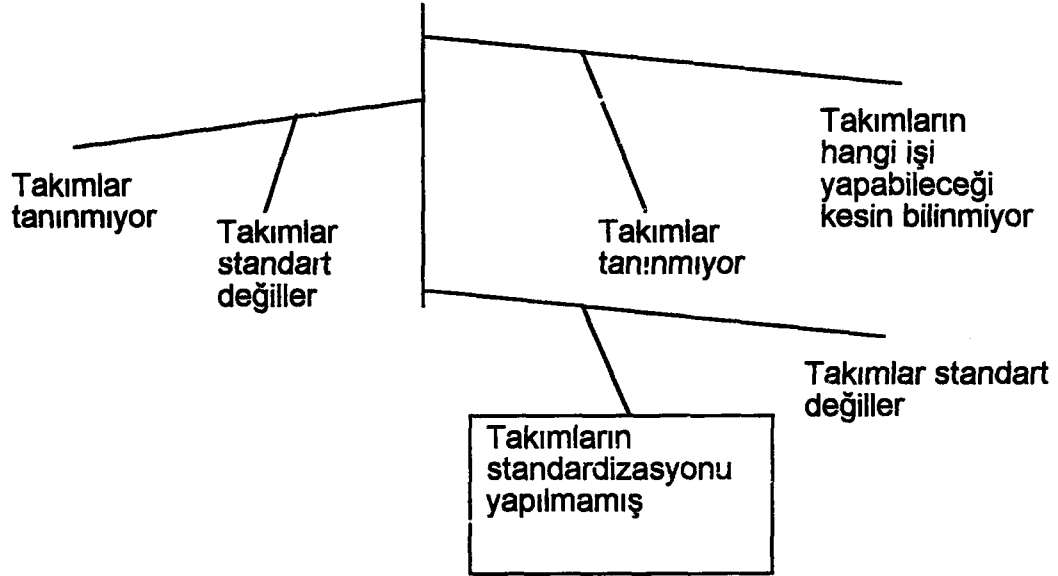
Getirilen Takımlar Bazen İş Parçasına Uygun Bulunmayıp Geri Götürülüyor



Şekil 3.5. : Kılçık diyagramı - 2.

Kılçık diyagramı sonucunda bu aksaklığın da esas sebebi "takımların standardizasyonunun yapılmamış" olmasıdır. "Bazı işler için aynı takımlar kullanılabilecek iken farklı takımlar kullanılıyor", aksaklığı için çizilen kılçık diyagramı şekil 3.6. 'da gösterilmiştir.

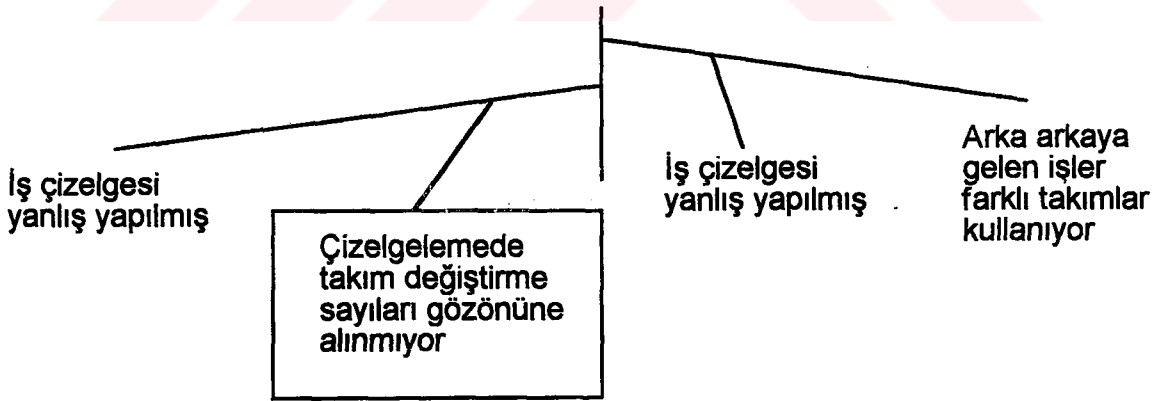
Bazı İşler İçin Aynı Takımlar Kullanılabilecek İken Farklı Takımlar Kullanılıyor



Şekil 3.6. : Kılçık diyagramı - 3.

Kılçık diyagramı sonucunda bu aksaklığın da esas sebebi "takımların standardizasyonunun yapılmamış" olmasıdır. "Bir işten diğerine geçerken genellikle çok takım değiştiriliyor", aksaklığı için çizilen kılçık diyagramı şekil 3.7. 'de gösterilmiştir.

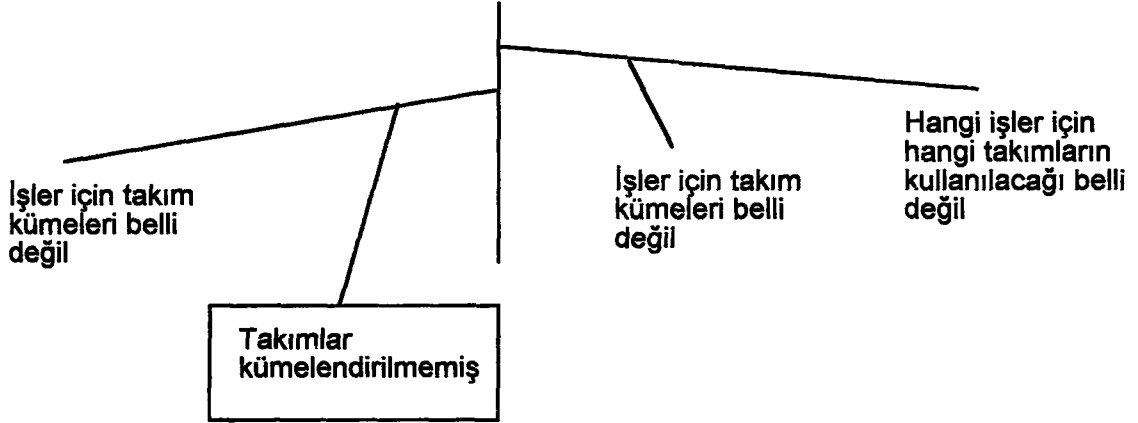
Bir İşten Diğerine Geçerken Genellikle Çok Takım Değiştiriliyor



Şekil 3.7. : Kılçık diyagramı - 4.

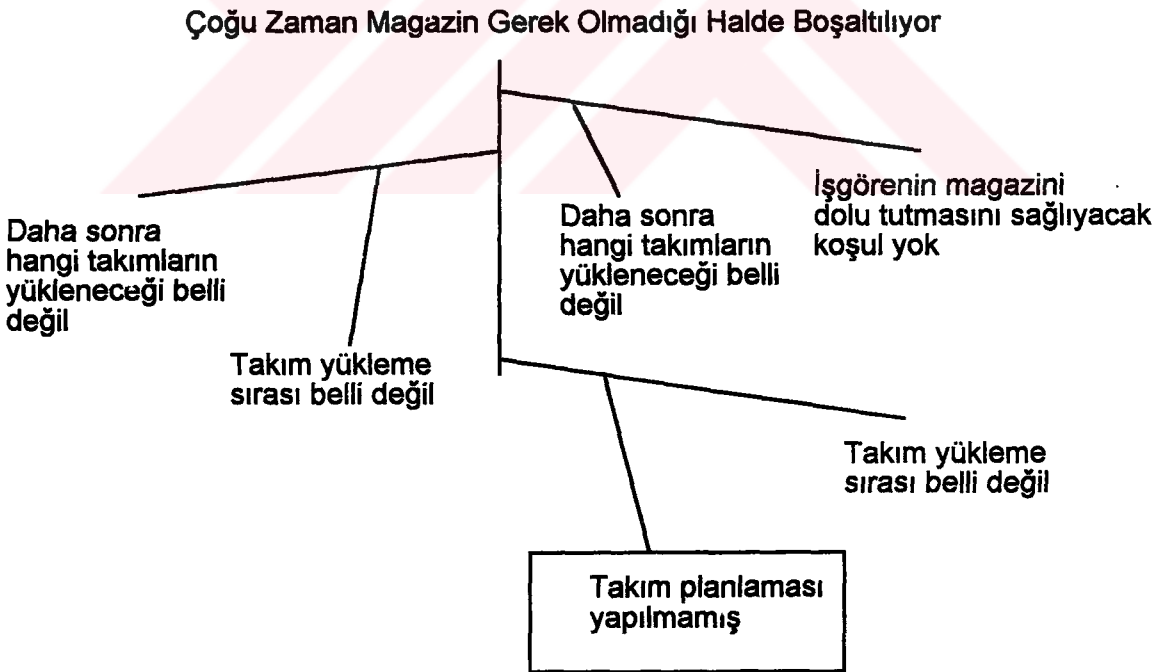
Kılçık diyagramı sonucunda bu aksaklığın esas sebebi "çizelgelemede takım sayılarının gözönüne alınmıyor" olmasıdır. "Genellikle takımların bazıları ancak program ve resim geldikten sonra belirlenebiliyor", aksaklığı için çizilen kılçık diyagramı şekil 3.8. 'de gösterilmiştir.

Genellikle Takımların Bazıları Ancak Program ve Resim Geldikten Sonra Belirlenebiliyor



Şekil 3.8. : Kılçık diyagramı - 5.

Kılçık diyagramı sonucunda bu aksaklığın esas sebebi "takımların kümelendirilmemiş" olmasıdır. "Çoğu zaman magazin gerek olmadığı halde boşaltılıyor", aksaklığı için çizilen kılçık diyagramı şekil 3.9. 'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. : Kılçık diyagramı - 6.

Kılçık diyagramı sonucunda bu aksaklığın esas sebebi "Takım planlaması yapılmamış" olmasıdır.

Bir çok takım için standart yok , takımların kolayca bulunamaması , gelen takımın geri götürülmesi ve benzer işler için farklı takımların kullanılmasının sebebi budur. İşlerin çizelgelenmesinde aralarındaki takım değiştirme sayılarına dikkat edilmiyor, bunun sonucunda bir işten diğerine geçilirken çokça takım değiştiriliyor. İşler için takım kümeleri belirli değil, buda hangi iş için hangi takımın kullanılacağını önceden bilinmesini önüyor. Takımlar magazine yüklenirken uyulan bir takım planı yok, böylece magazin gereksiz yere boş kalıyor ve olması gerekenden daha fazla takım değiştiriliyor. Bu ortaya çıkarılan sebepleri ortadan kaldırmak için şu öneriler geliştirildi:

- 1 . Takımların standardizasyonu sağlanmalı,
- 2 . İşler birbirleri arasındaki takım değiştirme sayılarına göre sıralanmalı,
- 3 . Takımlar ve işler kümelendirilmeli,
- 4 . Takım planlaması yapılmalı.

Bu önerilerin gerçekleşmesiyle aksaklıkların sebeplerinin ortadan kalkması beklenir.

3.7.1. Takım Sınıflandırma ve Standardizasyon

Benzer iş parçalarının aynı takımlarla yapılabilmesi için takım standardizasyonu sağlanmalıdır. Bunun için öncelikle problem çıkaran takımlar belirlendi. Bizim inceleme alanımız olan CNC Combi Torna tezgahında üst ve alt olmak üzere iki ayrı taret vardır.

Üst ve alt taret takımlarını yaptıkları işlemlere göre sınıflandırdık. Takım sınıflandırma ve kodlama tablo 3.4 'te gösterilmiştir.

Tablo 3.4 : Takımların sınıflandırılması ve kodlanması.

<u>Kod</u>	<u>Açıklama</u>
T	Üst Taret Takımları (Tambur Revolver)
T1	Sıkma Uçlu Dış Çap Takımları
T2	Dış Kanal Takımları
T3	Invert Takımları
Y	Alt Taret Takımları (Yıldız Revolver)
Y1	Sıkma Uçlu Delik Takımları
Y2	Kaynak Uçlu Delik Takımları
Y3	Komple İç Boşaltma Takımları
Y4	İç Kanal Takımları
Y5	Müldefon-Müldebak Takımları
Y6	Alın Keski Takımı

Üst tarete bağlanan takımların hemen hemen hiç birinde bu tür problemlere rastlanmamakta , aynı şekilde alt taret takımlarından sıkma uçlu delik takımları , kople iç boşaltma takımları ve alın keski takımında da bu tür problemlerle karşılaşmamaktadır. Bunun dışında geriye kalan kaynak uçlu delik takımları ve iç kanal takımlarında bazı problemlere rastlanmaktadır. Özellikle kaynak uçlu delik takımlarında standardın sağlanması oldukça gereklidir. İç kanal takımlarında da bazı istisnai iş parçaları için problemler bulunmaktadır. Biz IS Ebişör , IS Finişör , H28 Finişör , H28 Sabit Finişör ve Gövde tipindeki iş parçalarına ait 29 iş kaydettik. Bu işler için kullanılan takımların listesini çıkardık ve ençok Y2 ve Y4 takım sınıflarında çeşitlilik olduğunu gördük. Ek A 'daki Resim A.3 ila A.11 'de üst ve alt taret takımlarının görüntüleri sunulmuştur. Bu çeşitliliği azaltmak için benzer iş parçalarına ait işler için aynı takımların kullanılmasının gerektiğini önerdik. Ayrıca bu bize takımların kümelenendirilmesin de kolaylık sağlayacaktır.

3.7.2. Takım Değişirme Sayılarına Göre İş Çizelgeleme

İşler arasındaki takım değişirme sayılarını hesaplamadan önce hangi iş için hangi takımın kullanıldığını belirledik ve bunları bir liste haline getirdik (Tablo 3.5).

Aşağıdaki listede takımları kod numaraları ile gösterdik. Bir takımın kod numarasında ilk iki hane takımın hangi takım sınıfında olduğunu son hanedeki numara ise takımın bulunduğu sınıftaki yerini göstermektedir. Mesala , T10 , Sıkma Uçlu Dış Çap Takımını gösterir. Bunun gibi T11 de farklı bir Sıkma Uçlu Dış Çap Takımını gösterir. Ayrıca ,Y24 , Kaynak Uçlu Delik Takımını , Y24a , ise aynı Kaynak Uçlu Takımın hassas işleme için olanını gösterir. Bu aynı takımın iki ayrı magazin yuvasına bağlandığı durumlarda bu şekilde gösterilir. Bizim bu yaptığımız kodlama kesinlikle takımları tam anlamıyla tanımlamamaktadır. Bu yalnızca hangi işler için aynı takımların kullanıldığını rahatlıkla görebilmek için geliştirdiğimiz bir kodlamadır.

Tablo 3.5. : Takım listesi

İş NO :	TAKIMLAR	İş NO :	TAKIMLAR
1	T10,T12,Y21,Y24	16	T11,Y16,Y21,Y50
2	T10,T20,Y24,Y24a,Y30	17	T10,Y13,Y30
3	T11,T20,T20a,T30,Y16,Y21,Y50	18	T20,T20a,T31,Y21,Y22,Y24,Y24a
4	T11,Y22,Y24,Y24a,Y60	19	T10,T11,T30,Y10,Y16,Y25,Y31,Y51
5	T11,Y16,Y20,Y60	20	T10,T11,T21,T30,Y10,Y13,Y26,Y26a,Y31
6	T10,T12,Y10,Y25,Y51	21	T10,T11,Y10,Y13,Y31
7	T11,T30,Y16,Y20,Y25,Y25a,Y51	22	T10,T11,T21,T30,Y10,Y13,Y26,Y26a,Y31
8	T10,T11,T21,T30,Y10,Y13	23	T10,T11,Y10,Y13,Y31
9	T10,T11,Y13	24	T10,T11,T20,T20a,T30,Y10,Y13,Y24,Y24a,Y30
10	T10,T11,T20,T20a,T31,Y10,Y26,Y26a,Y40,Y40a,Y41	25	T11,T30,Y20,Y20a,Y25,Y25a,Y51
11	T10,T11,Y10,Y23,	26	T11,Y20,Y25,Y25a,Y51
12	T10,T11,T12,T20,T22,Y11,Y13,Y14,Y44	27	T11,Y20,Y25,Y25a,Y51
13	T10,T11,T22,Y12,Y13,Y15,Y43	28	T10,T20,Y20
14	T10,T11,T21,T30,Y10,Y13,Y31	29	T10,T20,Y20
15	T10,T11,Y10,Y13,Y16,Y31,Y42,Y42a		

İşlerin kullandıkları takımların listesine göre iş-takım ilişki matrisi oluşturulmuştur. Bu matris şekil 3.10. 'da gösterilmiştir. Daha sonra derece sıralama algoritması ile işler ve takımlar kümelendirilmeye çalışılmıştır. Böylece oluşturulan ilk çözüm matrisi şekil 3.11. 'de gösterilmiştir.

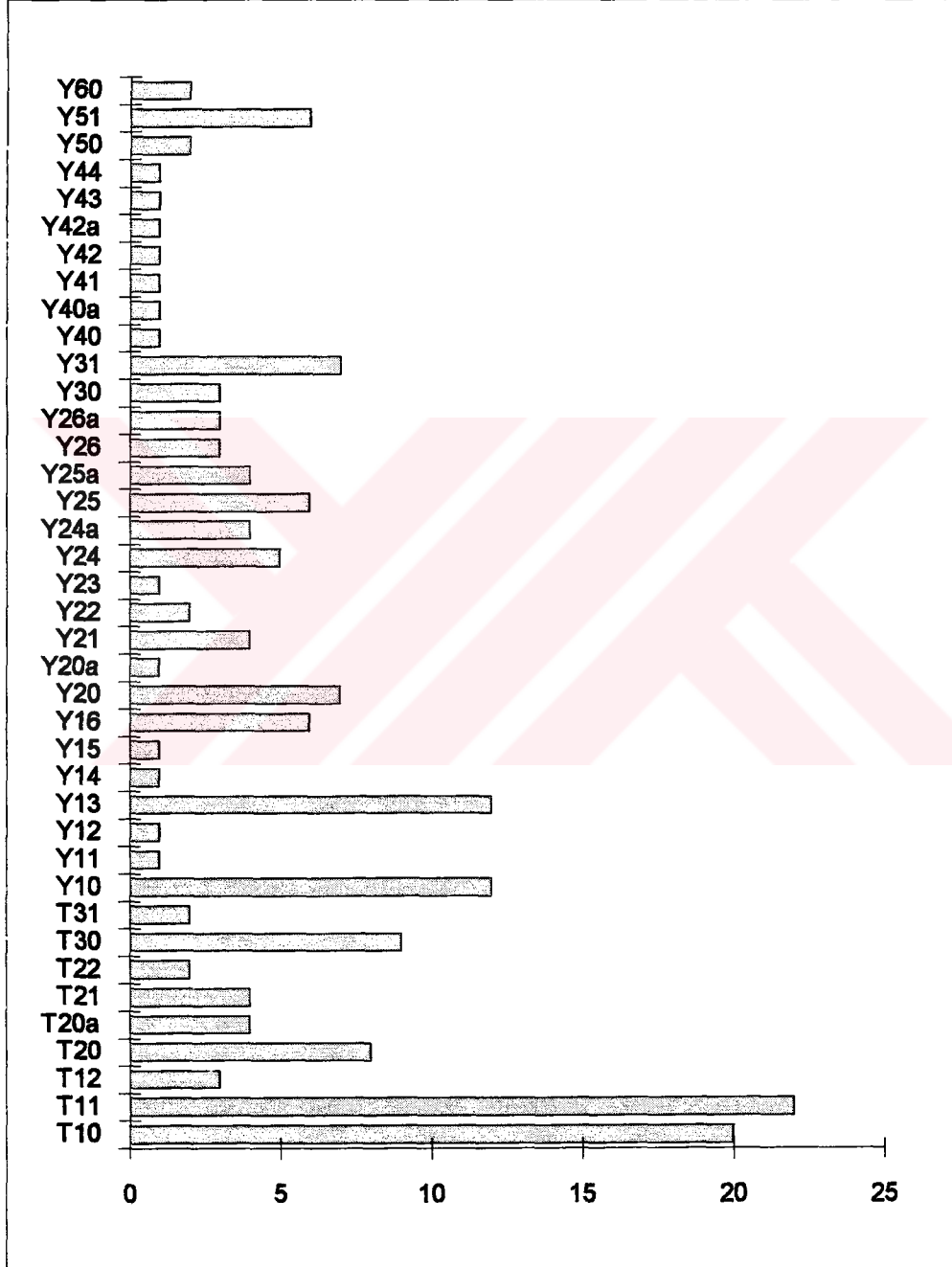
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
T10	1	1				1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T11			1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T12	1					1					1																		
T20		1	1						1		1	1						1							1			1	1
T20a			1						1									1							1				
T21								1				1							1		1		1						
T22											1	1																	
T30			1				1	1				1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T31						1			1									1											
Y10						1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Y11										1																			
Y12											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Y13								1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Y14											1																		
Y15												1																	
Y16			1		1	1																							
Y20					1	1																							
Y20a																													
Y21	1		1																										
Y22				1							1																		
Y23										1																			
Y24	1	1		1																									
Y24a		1		1																									
Y25						1	1																						
Y25a							1																						
Y26									1																				
Y26a								1																					
Y30		1																											
Y31																													
Y40									1																				
Y40a								1																					
Y41									1																				
Y42																													
Y42a																													
Y43													1																
Y44																													
Y50			1																										
Y51						1	1																						
Y60				1	1																								

Şekil 3.10: İş takım ilişkisi matrisi.

	1	24	2	18	4	12	6	10	28	29	17	20	22	14	8	15	21	23	13	9	19	11	3	16	7	25	5	28	27
A24	1	1	1	1	1																								
T10	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
A21	1			1																			1	1					
T12	1				1	1																							
A24a		1	1	1	1																			1					
T20		1	1	1		1	1	1	1	1	1																		
A30		1	1								1																		
T20a		1		1			1																1						
T11		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A13		1			1						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A10		1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T30		1									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A22				1	1																								
T31				1				1																					
A60				1																									
T22						1												1											
A11						1																							
A14						1																							
A44						1																							
A25							1																						
A51						1																							
A26							1					1	1													1	1	1	1
A26a							1					1	1													1	1	1	1
A40								1																					
A40a								1																					
A41								1																					
A20									1	1																1	1	1	1
T21											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A31											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A16												1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A42															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A42a																1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A12																			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A15																			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A43																			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A23																													
A50																													
A25a																													
A20a																													

Şekil 3.11: İlk çözüm matrisi.

Bu noktada T10 ve T11 takımları hemen hemen bütün işlerde kullanıldıkları için kümelendirmede zorluk çıkarmaktadırlar. Takımların kullanım oranları şekil 3.12 'deki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 3.12. : Takım kullanım oranları.

Bunun için bu iki takım elde edilen ilk çözüm matrisinden bütün "1" 'lerin yerine "0" atanarak çıkarılmıştır. Ortaya çıkan matris için derece sıralama algoritması uygulanmış ve elde edilen çözüm matrisi şekil 3.13. 'de gösterilmiştir. Burada da aslında çok net takım kümeleri görülmektedir , fakat ilk çözüm matrisinden daha rahat birbirini kapsayan işler görülmektedir. Bu çözüm matrisine göre kapsayan işler gruplanmıştır. Mesala, İş24 , iş2 ve iş17'i kapsamaktadır. Bu üç iş bir grup oluşturmaktadır. Bu iş gruplarının sıralaması tipik bir gezgin satıcı problemi yaklaşımına uymaktadır. Buradaki her iş grubu bir şehiri , iş grupları arasındaki takım değişime sayıları da şehirler arası mesafeyi göstermektedir. Problem bu şekilde tanımlandıktan sonra GSP de Eastman 'nin Dal - Sınır algoritması yaklaşımı ile çizelgeleme yapılmıştır.

Oluşturulan bütün iş grupları tablo 3.6. 'da gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Çizelgeleme için oluşturulan birbirini kapsayan iş grupları.

Grup No	İşler	Üst Taret Takımları	Alt Taret Takımları	Takım Sayısı
1	1	T12	Y24,Y21	3
2	18	T20, T20a,T22,T31	Y24,Y21,Y24a	7
3	24,2,17	T20,T20a,T30	Y24,Y24a,Y13,Y10,Y30	8
4	4		Y24,Y24a,Y22,Y60	4
5	3,16	T20,T20a,T30	Y21,Y16,Y50	6
6	12	T12,T20,T22	Y13,Y11,Y14,Y44	7
7	6	T12	Y10,Y25,Y51	4
8	10	T20,T20a,T31	Y10,Y26,Y26a,Y40,Y40a, Y41	9
9	28,29	T20	Y20	2
10	20,22,14,8	T30,T21	Y13,Y10,Y26,Y26a,Y31	7
11	19	T30	Y10,Y16,Y25,Y51,Y31	6
12	7	T30	Y16,Y25,Y51,Y20,Y25a	6
13	25,26,27	T30	Y25,Y51,Y20,Y25a,Y20a	6
14	15,21,23		Y13,Y10,Y16,Y31,Y42, Y42a	6
15	13,9	T22	Y13,Y12,Y15,Y43	5
16	11		Y10,Y23	2
17	5		Y60,Y16,Y20	3

	1	18	24	2	4	3	16	12	6	10	28	29	17	20	22	14	8	18	7	25	15	21	23	13	9	11	5	26	27
Y24	1	1	1	1	1																								
Y21	1	1				1	1																						
T12	1						1	1																					
Y24a		1	1	1	1																								
T20		1	1	1	1			1		1	1																		
T20a		1	1			1			1																				
Y22		1				1																							
T31		1							1																				
Y30			1	1									1																
T30			1			1								1	1	1	1	1	1	1									
Y13			1				1						1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1				
Y10			1						1	1				1	1	1	1	1	1		1	1	1	1		1			
Y60					1													1	1	1							1		
Y16						1	1											1	1		1						1		
Y50						1	1																						
T22							1																						
Y11							1																						
Y14							1																						
Y44							1																						
Y25								1										1	1	1	1						1	1	
Y51								1										1	1	1	1						1	1	
Y26									1						1	1													
Y26a								1							1	1													
Y40								1																					
Y40a								1																					
Y41								1																					
Y20									1									1	1								1	1	1
T21															1	1	1	1											
Y31															1	1	1	1											
Y25a															1	1	1		1	1									
Y20a																			1	1							1	1	
Y42																				1									
Y42a																					1								
Y12																													
Y15																													
Y43																													
Y23																													
T10																												1	
T11																													

Şekil 3.13: T10 ve T11 takımları çıkarıldıktan sonra elde edilen çözüm matrisi.

Ortaya çıkarılan bu iş gruplarının aralarındaki takım değiştirme sayıları hesaplanmıştır. Takım değiştirme sayıları şekil 3.14. 'teki matriste gösterilmiştir.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	—	5	7	3	5	6	3	9	2	7	6	6	6	6	5	2	3
2	1	—	4	1	3	6	4	6	1	7	6	6	6	6	5	2	3
3	2	3	—	2	3	5	3	6	1	4	4	5	5	4	4	1	3
4	2	4	6	—	6	7	4	9	2	7	6	6	6	6	5	2	2
5	2	4	5	4	—	6	4	7	1	6	4	4	5	5	5	2	2
6	2	6	6	4	5	—	3	8	1	6	6	6	6	5	3	2	3
7	2	7	7	4	6	6	—	8	2	6	3	4	4	5	5	1	3
8	3	4	5	4	4	6	3	—	1	4	5	6	6	5	5	1	3
9	3	6	7	4	5	6	4	8	—	7	6	5	5	6	5	2	2
10	3	7	5	4	5	6	3	6	2	—	3	5	5	3	4	1	3
11	3	7	6	4	4	7	1	8	2	4	—	2	3	3	5	1	2
12	3	7	7	4	4	7	2	9	1	6	2	—	1	5	5	2	1
13	3	7	7	4	5	7	2	9	1	6	3	1	—	6	5	2	2
14	3	7	6	4	5	6	3	8	2	4	3	5	6	—	4	1	2
15	3	7	7	4	6	5	4	9	2	6	6	6	6	5	—	2	3
16	3	7	7	4	6	7	3	8	2	6	5	6	6	5	5	—	3
17	3	7	8	3	5	7	4	9	1	7	5	4	5	5	5	2	—

Şekil 3.14. : İş grupları arası takım değiştirme sayıları.

Bu matristeki 17 iş grubunu sıralarken enaz takım değiştirme sayısını elde etmeyi amaçladık. Başlangıç anında magazin boş olduğu kabul edilerek işler sıralandı. İş sıralaması için GSP de Dal-Sınır algoritması yaklaşımını kullandık. Eastman 'nin algoritmasını kullanarak bulduğumuz iş sıralaması aşağıdaki gibidir:

BN-15-6-1-4-2-3-5-8-10-14-11-12-13-7-16-17-9

Bu sıralama sonucunda toplam takım değiştirme sayısı 53 'tür.

3.7.3 Takım Kümelendirme

Kümelendirme için YSA yaklaşımı kullanılmıştır. Derece sıralama algoritması ile yapılan kümelendirme çalışması iyi sonuçlar vermemiştir. Bunun üzerine T10 ve T11 takımları matrsten çıkarıldıktan sonraki veriler Basic ortamında kodlanmış bir YSA algoritmasına yüklenmiştir. Seçilen benzerlik seviyesi, %35 'tir. Ayrıca bu yöntem derece sıralama algoritmasından farklı olarak başlangıçta grup sayısını

belirleyebilme olanağı tanımaktadır. Belirlenen grup sayısı, 3 'tür. Program işletildikten sonra elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

Benzerlik Seviyesi	: %35
Makina Sayısı	: 37
Parça Sayısı	: 29
Diyagonal Blok Sayısı	: 3
Diyagonal Blok İçindeki 1' lerin Sayısı	: 107
Diyagonal Blok Dışındaki 1' lerin Sayısı	: 26
İstisnai Elemanların Yüzdesi	: %19.55
Makina Kullanım Yüzdesi	: %28.31

Ayrıca oluşan kümeler aşağıdaki tablo 3.7. 'de gösterilmiştir.

Tablo 3.7. : Oluşturulan kümeler.

Küme	Takımlar	Parçalar
1	T12,T20,T20a,T22,T31,Y11,Y12, Y14,Y15,Y21,Y22,Y24,Y24a,Y30, Y40,Y40a,Y41,Y43,Y44	1,2,3,4,10,12,13,17,18,24,28,29
2	T21,T30,Y10,Y13,Y23,Y26,Y26a, Y31	8,9,11,14,15,19,20,21,22,23
3	Y16,Y20,Y20a,Y25,Y25a,Y42, Y42a,Y50,Y51,Y60	5,6,7,16,25,26,27

Oluşturulan kümelerin matris düzeninde görünümü şekil 3.15 'de gösterilmiştir. Bu şekilde ilk göze çarpan Y42 ve Y42a takımları 3. kümeye dahil oldukları halde bu kümedeki hiçbir iş tarafından kullanılmamaktadır. Sözedilen bu takımlar kullanıldıkları 2. kümeye dahil edilerek matris düzeltilmiştir. Düzeltilmiş bu matris şekil 3.16 'da gösterilmiştir.

Bu matriste ilk dikkat çeken Y13 takımının küme 1 'de de çok kullanıldığıdır. Bu durumda Y13 takımından küme 1 'e de bir tane alınması önerilir. Böylece 4 istisnai elemandan kurtulunmuş olur. Buna göre oluşturulan kümelerin son şekli tablo 3.8 'de gösterilmiştir.

	1	2	3	4	10	12	13	17	18	24	28	29	8	9	11	14	15	19	20	21	22	23	5	6	7	16	25	26	27
T12	1					1																	1						
T20		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																	
T20a			1		1	1		1	1	1	1																		
T22					1	1	1																						
T31					1					1																			
Y11						1																							
Y12							1																						
Y14						1																							
Y15							1																						
Y21	1		1								1													1					
Y22				1							1																		
Y24	1	1		1	1					1	1																		
Y24a				1						1	1																		
Y30											1																		
Y40										1																			
Y40a										1																			
Y41										1																			
Y43											1																		
Y44											1																		
T21													1			1	1	1	1	1	1	1							
T30			1							1			1			1	1	1	1	1	1	1			1		1		
Y10				1						1			1			1	1	1	1	1	1	1		1					
Y13						1	1	1		1			1			1	1	1	1	1	1	1							
Y23													1		1														
Y26																													
Y26a						1																							
Y31						1										1	1	1	1	1	1	1							
Y16			1										1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Y20																													
Y20a																													
Y25																		1											
Y25a																													
Y42																		1											
Y42a																		1											
Y50																													
Y51																													
Y60																													

Şekil 3.15: Oluşturulan kümeler.

Tablo 3.8. : Dublikasyon sonrası oluşan takım kümeleri

Küme	Takımlar	Parçalar
1	T12,T20,T20a,T22,T31,Y11,Y12, Y14,Y15,Y21,Y22,Y24,Y24a,Y30, Y40,Y40a,Y41,Y43,Y44,Y13	1,2,3,4,10,12,13,17,18,24,28,29
2	T21,T30,Y10,Y13,Y23,Y26,Y26a, Y31,Y42,Y42a	8,9,11,14,15,19,20,21,22,23
3	Y16,Y20,Y20a,Y25,Y25a,Y50, Y51,Y60	5,6,7,16,25,26,27

Takımların satınalma veya tasarım maliyetlerinin çok fazla olmamasından dolayı oluşturulan kümeler arası hiç bir istisnai eleman bırakılmaması için bütün istisnai elemana sebep olan takımların dublikasyonuna gidilmesi önerilebilir. Böyle bir durumda istisnai elemana sebep olan takımların hangi kümelerde kullanımının gerektiği aşağıdaki tablo 3.9 'te gösterilmiştir.

Tablo 3.9 : İstisnai elemana sebep olan takımlar.

İstisnai Elemana Sebep Olan Takım	Ait Olduğu Küme	Gerekli Olduğu Diğer Kümeler	Toplam İstisnai Eleman Sayısı
T30	2. küme	1. ve 3. kümeler	4
T12	1.küme	3. küme	1
Y13	2. küme	1. küme	4
Y10	2. küme	1. ve 3. kümeler	3
Y26	2. küme	1. küme	1
Y26a	2. küme	1. küme	1
Y16	3. küme	1. ve 2. küme	3
Y20	3. küme	1. küme	2
Y25	3. küme	2. küme	1
Y50	3. küme	1. küme	1
Y51	3. küme	2. küme	1
Y60	3. küme	1. küme	1
Y15	1. küme	3. küme	1

Toplam 13 takım istisnai elemana sebep olmaktadır. T30, Y10 ve Y16 takımları ait oldukları kümenin haricinde iki küme için birden gerekmektedir. Bu durumda bu takımlardan ikişer adet daha diğer takımlardan birer adet daha satın alınmalı veya tasarlanıp takımhanede yapılmalıdır. Bu aslında çok fazla bir maliyet yüklemes,

	1	2	3	4	10	12	13	17	18	24	28	29	8	9	11	14	15	16	19	20	21	22	23	5	6	7	16	25	26	27
T12	1					1																		1						
T20		1	1		1	1			1	1	1	1																		
T20a			1		1	1			1	1	1																			
T22						1	1																							
T31					1				1																					
Y11						1																								
Y12							1																							
Y14						1																								
Y15							1																							
Y21	1		1						1																		1			
Y22				1					1																					
Y24	1		1		1				1		1																			
Y24a		1		1					1		1																			
Y30		1							1		1																			
Y40										1																				
Y40a						1			1																					
Y41						1			1																					
Y43										1																				
Y44										1																				
T21													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
T30											1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1				
Y10						1					1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1				
Y13							1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Y23													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Y26						1							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Y26a						1							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Y31													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Y42													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Y42a													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Y16													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	
Y20											1	1														1	1	1	1	1
Y20a																											1	1	1	1
Y25																	1									1	1	1	1	1
Y25a																										1	1	1	1	1
Y30																											1	1	1	1
Y51																										1	1	1	1	1
Y60																										1	1	1	1	1

Şekil 3.16: Düzeltilmiş takım kümeleri.

fakat T30, Y10 ve Y16 takımlarından birer adet alınıp ortak kullanıma açılabilir. Böylece 16 yerine 13 takım dublike edilmesiyle sorun çözülebilir.

Oluşturulan kümelerin birbirinden bağımsız olarak işleminin sağlanması için 16 takım daha alınması gerekmektedir. Bu şekilde oluşturulan kümelerin son şekli tablo 3.10 'te gösterilmiştir.

Tablo 3.10. : Kümelerin en son şekli.

Küme	Takımlar	Parçalar
1	T12,T20,T20a,T22,T31,Y11,Y12, Y14,Y15,Y21,Y22,Y24,Y24a,Y30, Y40,Y40a,Y41,Y43,Y44,Y13,T30, Y10,Y26,Y26a,Y16,Y20,Y50,Y60	1,2,3,4,10,12,13,17,18,24,28,29
2	T21,T30,Y10,Y13,Y23,Y26,Y26a, Y31,Y42,Y42a,Y16,Y25,Y51	8,9,11,14,15,19,20,21,22,23
3	Y16,Y20,Y20a,Y25,Y25a,Y50, Y51,Y60,T30,T12,Y10,Y15	5,6,7,16,25,26,27

Tablo 3.10 'da listelenen takım kümelerinin matris formundaki görünümü şekil 3.17 'de gösterilmiştir.

	1	2	3	4	10	12	13	17	18	24	25	26	27
T12	1					1							
T20		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T20a		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T22						1	1						
T31				1	1	1	1	1					
Y11					1	1	1	1					
Y12					1	1	1	1					
Y14					1	1	1	1					
Y16						1	1	1					
Y21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Y22						1	1	1	1	1	1	1	1
Y24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Y24a		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Y30		1	1				1	1					
Y40					1	1							
Y40a					1	1							
Y41					1	1							
Y43						1	1						
Y44			1			1	1						
T30							1	1	1	1	1	1	1
Y13					1	1	1	1	1	1	1	1	1
Y10					1	1	1	1	1	1	1	1	1
Y26					1	1	1	1	1	1	1	1	1
Y26a					1	1	1	1	1	1	1	1	1
Y16		1	1										
Y20													
Y60		1	1	1									
Y60													
T21													
T30													
Y10													
Y13													
Y23													
Y26													
Y26a													
Y31													
Y42													
Y42a													
Y16													
Y26													
Y51													
Y16													
Y20													
Y20a													
Y26													
Y26a													
Y60													
Y61													
Y60													
T30													
Y16													
Y10													
T12													

Şekil 3.17: Kümelerin en son şekli.

3.7.4 Takım Planlaması

Başlangıçta bulduğumuz ilk sıralamaya göre takım planlaması yaptık. Takım planlamasında iki kurala dikkat ettik birincisi takım magazininde o işe gerekmeyen takımlar bulunsa bile zorunlu kalınmadıkça magazinden takım çıkarılmaz.

İkinci ve planlamanın esas mantığını oluşturan kural magazinden takım çıkarmak zorunlu olduğunda sıralamada daha sonra gelen işler için en önce gereken takım veya takımlar magazinde korunacak diğerleri magazinden çıkarılacak. Böylece bu bize en iyi iş sırasının sağladığı takım değişime sayısındaki tasarrufun daha ötesinde tasarruf sağlayabilir. Üst taretteki T10 ve T11 takımlarının sürekli magazinde bulunmasına karar verdiğimizden üst taret kapasitesi 4 takıma düşmüştür ve alt taret takımı üst tarete , üst taret takımı da alt tarete takılamadığından planlamayı alt taret ve üst taret için ayrı ayrı yaptık. İlk düzeltmeden önce bulduğumuz (BN-15-6-1-4-2-3-5-8-10-14-11-12-13-7-16-17-9) iş sırasına göre üst taret için takım planlaması aşağıdaki tablo 3.11. 'da gösterilmiştir.

Tablo 3.11. : Üst taret için takım planlaması

Eklenen Takımlar	Çıkarılan Takımlar	Magazindeki Takımlar	Üretilen İşler
T22,T12,T20,T20a	—	T22,T12,T20,T20a	13,9
—	—	T22,T12,T20,T20a	12
—	—	T22,T12,T20,T20a	1
—	—	T12,T22,T20,T20a	4
T31	T12	T22,T20,T20a,T31	18
T30	T22	T20,T20a,T30,T31	24,2,17
—	—	T20,T20a,T30,T31	3,16
—	—	T20,T20a,T31,T30	10
T21	T20a	T30,T21,T31,T20	20,22,14,8
—	—	T30,T21,T31,T20	15,21,23
—	—	T30,T21,T31,T20	19
—	—	T30,T21,T31,T20	7
—	—	T30,T21,T31,T20	25,26,27
T12	T21	T12,T20,T31,T30	6
—	—	T12,T20,T31,T30	11
—	—	T20,T12,T31,T30	28,29

Planlama sonrası üst taret için toplam takım değişime sayısı 8 olmuştur. Planlama yapılmadan önce toplam takım değişime sayısı üst taret için 13 'dü. Planlama yapıldıktan sonra 5 takım değişime tasarrufu sağlandı. Aşağıdaki tablo 3.12. 'da alt taret için takım planlaması gösterilmiştir.

Tablo 3.12. : Alt taret için takım planlaması

Eklenen Takımlar	Çıkarılan Takımlar	Magazindeki Takımlar	Üretilen İşler
Y13,Y12,Y15,Y43,Y11,Y14	—	Y13,Y12,Y15,Y43,Y11,Y14	13,9
Y44	Y12	Y13,Y15,Y43,Y11,Y14,Y44	12
Y24,Y21	Y15,Y43	Y24,Y21,Y13,Y11,Y14,Y44	1
Y24a,Y22,Y60	Y11,Y14,Y44	Y24,Y24a,Y22,Y60,Y21,Y13	4
—	—	Y24,Y24a,Y22,Y60,Y21,Y13	18
Y10,Y30	Y22,Y60	Y24,Y24a,Y13,Y21,Y10,Y30	24,2,17
Y16,Y50	Y24,Y24a	Y21,Y16,Y50,Y10,Y13,Y30	3,16
Y26,Y26a,Y40,Y40a,Y41	Y21,Y16,Y50,Y13,Y30	Y10,Y26,Y26a,Y40,Y40a,Y41	10
Y13,Y31	Y40,Y40a	Y13,Y31,Y10,Y26,Y26a,Y41	20,22,14,8
Y16,Y42,Y42a	Y26,Y26a,Y41	Y13,Y31,Y10,Y16,Y42,Y42a	15,21,23
Y25,Y51	Y42,Y42a	Y10,Y16,Y25,Y51,Y13,Y31	19
Y20,Y25a	Y31,Y13	Y16,Y25,Y51,Y20,Y25a,Y10	7
Y20a	Y16	Y25,Y51,Y20,Y25a,Y10,Y20a	25,26,27
—	—	Y25,Y51,Y20,Y25a,Y10,Y20a	6
Y23	Y20a	Y25,Y51,Y20,Y25a,Y10,Y23	11
Y60,Y16	Y23,Y25a	Y60,Y16,Y25,Y51,Y20,Y10	5
—	—	Y20,Y60,Y16,Y25,Y51,Y10	28,29

Planlama sonrası toplam takım değiştirme sayısı 34 olmuştur. Planlama yapılmadan önce alt taret için takım değiştirme sayısı 40 'di. Planlamadan sonra 6 takım değiştirme tasarrufu daha sağlandı.

Toplamda incelediğimiz zaman en iyi sıralamanın toplam takım değiştirme sayısı 53 'dü. Bu en iyi sıralamaya göre takım planlaması yapıldığında toplam takım değiştirme sayısı 42 olmuştur yani 11 takım değiştirme sayısı daha azaltılmıştır.

3.7.4.1. Takım Kümeleri İçin İş Çizelgeleme ve Takım Planlaması

Bu bölümde daha önceki bölümde oluşturulmuş olan üç küme için ayrı ayrı takım planlaması yapılmıştır. Öncelikle her küme için ayrı ayrı takım değiştirme sayılarını enazlamak için iş çizelgelemesi yapılmıştır. Aşağıdaki şekil 3.18 'de 1. küme için işler arasındaki takım değiştirme sayıları gösterilmiştir.

	1	24,2,17	3	4	10	12	13	18	28,29
1	---	7	5	3	9	6	5	5	2
24,2,17	2	---	3	2	6	5	4	3	1
3	2	5	---	4	7	6	5	4	1
4	2	6	6	---	9	7	5	4	2
10	3	5	4	4	---	6	5	4	1
12	2	6	5	4	8	---	3	6	1
13	3	7	6	4	9	5	---	7	2
18	1	4	3	1	6	6	5	---	1
28,29	3	7	5	4	8	6	5	6	---

Şekil 3.18. : 1. Küme için takım değişirme sayıları

İşler Eastman 'nin GSP algoritması ile çizelgelendiğinde en iyi sıra olarak BN-13-12-28,29-10-24,2,17-3-18-4 bulunmuştur.

Aşağıdaki şekil 3.19 'da 2. küme için takım değişirme sayıları gösterilmiştir.

	20,22,14,8,21,23,9	11	19	15
20,22,14,8,21,23,9	---	1	3	3
11	6	---	5	5
19	4	1	---	4
15	4	1	5	---

Şekil 3.19 : 2. Küme için takım değişirme sayıları.

Bu kümedeki işler Eastman 'nin GSP algoritması ile çizelgelendiğinde en iyi sıra olarak BN-19-11-15-20,22,14,8,21,23,9 bulunmuştur.

Aşağıdaki şekil 3.20 'de 3. küme için takım değişirme sayıları gösterilmiştir.

	25,26,27	5	6	7	16
25,26,27	---	2	2	1	3
5	5	---	4	4	2
6	4	3	---	4	3
7	1	1	2	---	2
16	6	2	4	5	---

Şekil 3.20. : 3. Küme için takım değişirme sayıları.

Bu kümedeki işler Eastman 'nin GSP algoritması ile çizelgelendiğinde en iyi sıra olarak BN-16-5-7-25,26,27-6 bulunmuştur.

Böylece kümedeki işlerden hepsi veya bazıları atölyeye geldiğinde magazine takımların hangi sırayla yükleneceği belirlenmiş olur. Bu amaçla yapılan takım planlamaları şöyledir:

1. Küme için yapılan takım planlaması tablo 3.13 'de gösterilmiştir.

Tablo 3.13. : 1. Küme için takım planlaması.

ALT TARET

Eklenen Takımlar	Çıkarılan Takımlar	Magazindeki Takımlar	Üretilen İşler
Y12,Y15,Y13,Y11, Y14,Y43	---	Y12,Y15,Y43,Y11,Y14,Y13	13
Y44	Y43	Y11,Y14,Y44,Y13,Y12,Y15	12
Y20	Y11	Y20,Y14,Y44,Y13,Y12,Y15	28,29
Y40,Y40a,Y41,Y10, Y26,Y26a	Y20,Y14,Y44,Y13,Y12, Y15	Y40,Y41,Y40a,Y10,Y26,Y26a	10
Y24,Y24a,Y30,Y13	Y40,Y40a,Y41,Y26	Y24,Y24a,Y30,Y10,Y13,Y26a	24,2,17
Y21,Y16,Y50	Y30,Y26a,Y10	Y21,Y16,Y50,Y24,Y24a,Y13	3
Y22	Y50	Y21,Y22,Y24,Y24a,Y16,Y13	18
Y60	Y16	Y22,Y24,Y24a,Y60,Y21,Y13	4
---	---	Y22,Y24,Y24a,Y60,Y21,Y13	1

ÜST TARET

Eklenen Takımlar	Çıkarılan Takımlar	Magazindeki Takımlar	Üretilen İşler
T22,T12,T20,T20a	---	T22,T12,T20,T20a	13
---	---	T22,T12,T20,T20a	12
---	---	T22,T12,T20,T20a	28,29
T31	T22	T31,T12,T20,T20a	10
T30	T12	T31,T30,T20,T20a	24,2,17
---	---	T31,T30,T20,T20a	3
---	---	T31,T30,T20,T20a	18
---	---	T31,T30,T20,T20a	4
T12	T30	T31,T12,T20,T20a	1

Bu takım planlaması sonucu toplam takım değiştirme sayısı 30 'dur. Bu kümedeki işler için çizelgeleme yapıldığında bulunan en iyi sıra sonucu toplam takım değiştirme sayısı 34 'tür. Planlamadan sonra 4 takım değiştirme sayısı daha tasarruf sağlanmıştır. 2. Küme için yapılan takım planlaması tablo 3.14 'de gösterilmiştir.

Tablo 3.14. : 2. Küme için takım planlaması.

ALT TARET

Eklenen Takımlar	Çıkarılan Takımlar	Magazindeki Takımlar	Üretilen İşler
Y10,Y31,Y16,Y25, Y51,Y13	---	Y10,Y31,Y16,Y25, Y51,Y13	19
Y26,Y26a	Y25,Y51	Y10,Y31,Y16,Y26,Y26a,Y13	20,22,14,8,9,21,23
Y42,Y42a	Y26,Y26a	Y10,Y31,Y16,Y42,Y42a,Y13	15
Y23	Y42a	Y10,Y31,Y16,Y42,Y23,Y13	11

ÜST TARET

Eklenen Takımlar	Çıkarılan Takımlar	Magazindeki Takımlar	Üretilen İşler
T30,T21	---	T30,T21	19
---	---	T30,T21	20,22,14,8,9,21,23
---	---	T30,T21	15
---	---	T30,T21	11

Bu takım planlaması sonucu toplam takım değişirme sayısı 13 'tür. Bu kümedeki işler için çizelgeleme yapıldığında bulunan en iyi sıra sonucu toplam takım değişirme sayısı 14 'tür. Planlamadan sonra 1 takım değişirme sayısı daha tasarruf sağlanmıştır. 3. Küme için yapılan takım planlaması tablo 3.15 'de gösterilmiştir.

Tablo 3.15. : 3. Küme için takım planlaması.

ALT TARET

Eklenen Takımlar	Çıkarılan Takımlar	Magazindeki Takımlar	Üretilen İşler
Y25,Y21,Y16,Y50, Y20,Y60	---	Y25,Y21,Y16,Y50,Y20,Y60	16
---	---	Y25,Y21,Y16,Y50,Y20,Y60	5
Y25a,Y51	Y50,Y21	Y16,Y20,Y25,Y25a,Y51,Y60	7
Y20a	Y60	Y20,Y20a,Y25,Y25a,Y51,Y16	25,26,27
Y10	Y16	Y10,Y25,Y51,Y20,Y20a,Y25a	6

ÜST TARET

Eklenen Takımlar	Çıkarılan Takımlar	Magazindeki Takımlar	Üretilen İşler
T30,T12	---	T30,T12	16
---	---	T30,T12	5
---	---	T30,T12	7
---	---	T30,T12	25,26,27
---	---	T30,T12	6

Bu takım planlaması sonucu toplam takım değiştirme sayısı 12 'dir. Bu kümedeki işler için çizelgeleme yapıldığında bulunan en iyi sıra sonucu toplam takım değiştirme sayısı 12 'dir. Planlama ile çizelgeleme sonucu aynıdır. Zaten hiçbir takımı iki kere bağlamak zorunda kalınmamıştır.

3.8. Değerlendirme

Takımları sınıflandırma ve standardizasyon bölümünde, önceden yalnızca üst ve alt taret takımları olarak sınıflandırılan takımlar, sınıflandırmadan sonra üst ve alt taret takımları olarak ayrılmanın yanında, ayrıca yaptıkları işlemlere göre de sınıflandırılmışlardır. Mevcut sınıflandırmada takımlar yaptıkları işleme göre belirgin olarak ayrılmamaktadır. Mesela, bütün dış çap işleme takımlarına "sıkma uçlu" takım deniyor. Bu durum, NC sistemden gelen takım listesine göre gereken takımların bulunmasını çok zorlaştırıyor. Yapılan sınıflandırma ile kullanılan dış çap takımlarının hangi işlem için gerektiği kolayca anlaşılabilir. Takımlar için kullanılan bir kodlama da bulunmamaktadır. Bu da, takımların isimlendirilmesinde büyük karışıklılara sebep olmaktadır. Bazen aynı takım için farklı isim kullanıldığı ve farklı takımlar için de aynı ismin kullanıldığı görülmektedir. Bunun sonucunda makina başına gelen takım listesi takımların bulunmasını kolaylaştırmak yerine daha da zorlaştırmaktadır. Sınıflandırılan takımlar çok basit bir şekilde, yalnızca yaptıkları işlem ve aynı olup olmadıkları konusunda aydınlatıcı bilgi vermesi için kodlanmıştır. Basit bir alfanümerik kodlama sistemi ile kodlanan takımların, hangi tarete bağlanacağı, ne tür işlemler yaptığı ve kendisiyle aynı olan takımlar kolaylıkla bilinebilmektedir. Daha gelişmiş bir kodlamaya ilerde yapılacak değişiklikleri de kapsamayı açısından ihtiyaç vardır. Daha sonra benzer iş parçalarının aynı işlemleri için aynı takımın kullanılması önerilmiştir. Bu da ancak takımların belirli standartlar içinde bulunmasıyla gerçekleştirilebilir. Bunlar gerçekleştirilince NC sistemden gelen takım listesinde takımlar kod numarası ile ifade edilebilirler. Böylece işgören takımları bulmakta hiç zorlanmaz.

İş çizelgeleme bölümünde işlerin aralarındaki takım değiştirme sayılarına göre çizelgelenmesi sağlanmıştır. Bunun için kullanılan yöntem gereği önce aynı takımları kullanan işler biraraya getirildikleri için çizelgelenecek iş sayısında azalma olmuştur. Bu şekilde bir çizelgeleme yapılmadığı mevcut durumda iş grupları oluşturulmadığı için 17 yerine 29 iş çizelgelenmek zorundadır. Bunun dışında zaten belli bir kurala göre iş çizelgesi yapılmamaktadır. Bu durumda 29 işin rastgele çizelgelendiği düşünülürse, mesela 29 iş numara sırasına göre makinaya gelse oluşacak toplam takım değiştirme sayısı 96 olmaktadır. İş çizelgeleme takım

değiştirme sayısına göre yapıldığında toplam takım değiştirme sayısı 53 'tü. Yani neredeyse yarı yarıya takım değiştirme sayısından tasarruf edilmektedir. Bu fark şüphesiz toplam hazırlık süresini doğrudan ve oldukça önemli oranda etkiler.

Mevcut durumda, takımlar raflarda yaptıkları işlemlere göre, gruplanmış olarak bulunmaktadır. Bu şekliyle hangi iş için hangi takımın kullanılacağı kolaylıkla anlaşılamamaktadır. Bunun için takım kümelerinin oluşturulması önerilmektedir. Takım kümeleri oluşturulurken, kullandıkları takımlara göre benzer işler bir araya getirilmek suretiyle üç takım kümesi meydana getirilmiştir. Bu üç takım kümesi ile bütün işlerin işlemleri yapılmaktadır. Sonuçta elde edilen takım kümeleri tamamen birbirinden bağımsızdır. Böylece herhangi bir işin bütün işlemleri ait oldukları takım kümesindeki takımlarla yapılabilir. Bu durumda kümeler için iş çizelgeleme ve takım planlaması kolaylıkla yapılabilir. Takımlar oluşturdukları kümeler şeklinde takım raflarında veya takım dolaplarında saklanmalıdır. Böyle olduğunda hangi iş için hangi takımın kullanılacağı çok daha kolay belirlenmektedir.

Mevcut durumda, takım planlaması yapılmamaktadır. Bu yüzden taretlere takımlar bağlanırken veya sökülürken belirli bir kural izlenmemektedir. Böylece takımlar gereksiz yere çok sık değiştirilmektedir. Ayrıca taretler bazen gerek olmadığı halde boşaltılmaktadır. Bu durum da, gereksiz takım değiştirmelerine sebep olmaktadır. Takım planlaması yapıldıktan sonra öncelikle taretlerin boş kalması önlenmiştir. Takımlar tarete bağlanırken bulunan en iyi iş çizelgesi izlenmiştir. Takımlar taretten sökülürken izlenen kural ile de takım değiştirme sayıları daha da azaltılmıştır. İş çizelgelemesinde takımdeğiştirme sayılarına bakılmadığında 96 olan toplam takım değiştirme sayısı optimal iş çizelgelemesi ile 53 ve takım planlaması ile de 42 'ye kadar azaltılmıştır.

Takım değiştirme sayılarında sağlanan bu tasarruf hazırlık sürelerinde mevcut duruma kıyasla büyük bir azalmayı getirir. Takımların sınıflandırılması ve standardizasyonu ile de "takımların getirilmesi" hazırlık elemanının ki en fazla süre alan hazırlık elemanıdır, toplam hazırlık süresine etkisi büyük ölçüde azalır.

BÖLÜM 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

Üretim sisteminin hedeflerine ulaşılmasında en önemli koşul, toplam hazırlık sürelerinin düşürülmesidir. Bu temadan hareketle yapılan çalışmadan çıkarılan sonuçlar şu şekilde özetlenebilir :

1. Uzun hazırlık süreleri ile çalışılmak zorunda olunduğunda, firmalar eğer büyük parti üretimi ile çalışmıyorlarsa mutlaka hazırlık süreleri azaltılmalıdır. Günümüzde, firmalar arasındaki rekabetin artmasından dolayı, ürün kalitesinin ve teslimin tam zamanında yapılmasının önemi artmıştır. Bununla beraber firmaların pazar paylarının artırılabilmesi için çeşitli ürünler üretebilen sisteme ihtiyaçları bulunmaktadır. Bu koşullar altında büyük partilerle üretim yapmak büyük dezavantajlar yüklemektedir. Bunun için firmalar küçük parti üretimini, sağladığı rekabet avantajlarından dolayı tercih etmektedirler. Ancak uzun hazırlık süreleriyle küçük partili üretim yapmak beklenen yararları sağlamanın aksine daha çok problem çıkarmaktadır. Firmalar, rekabet ortamında yarışabilmek için öncelikle hazırlık sürelerini büyük ölçüde azaltması gereklidir.

2. Hazırlık sürelerinin çok uzun olmasının en belirgin sebebi hazırlık işlerinin yanlış şekillerde ve zamanlarda yapılmasıdır. Firmalarda, hazırlık işlerinin standartlaştırılması bu bakımdan çok önemlidir. Hazırlık planlamalarının yapılmasıyla da dışsal hazırlıklar gerçekten makina üretimdeyken yapılabilir.

3. Hazırlık sürelerinin analizine, öncelikle hazırlık işlerinin elemanlarına ayrılarak daha detaylı incelenmesiyle başlanmalıdır. Böylece gereksiz hazırlık işleri, alınan önlemlerle ortadan kaldırılabilir.

4. Talaşlı üretim yapan fabrikalarda genellikle takımlarla ilgili hazırlık işleri en çok süreyi alan hazırlık işleridir. Bunda firmaların kesici takımların yönetimine gereken önemi vermemesinin etkisi vardır. Kesici takım kullanan makinelerdeki hazırlık sürelerinin azaltılmasında takım yönetiminin büyük etkisi olmaktadır.

5. Hazırlık sürelerini azaltma çalışmalarında sistematik bir yaklaşım izlenmelidir. Böylece daha detaylı ve gerçekçi çözümler üretilebilmektedir. Bir çok firma zaten hazırlık sürelerinin azaltılması konusuna yabancısıdır, bu konuda duyarlı olanların da büyük bir bölümü bu işi nasıl yapacakları, hangi adımları izleyecekleri konusunda bilgili değildir. Böylece, ya yanlış ya da eksik çalışmalar sonucunda arzulanan azalmalar elde edilememektedir.

6. Hazırlık işlerinin çok uzun olması işgörenin üretim üzerindeki konsantrasyonunu kötü yönde etkilemektedir.

4.2. Öneriler

İncelenen uygulama alanı konusunda geliştirilen öneriler şu şekilde özetlenebilir :

1. İlk göze çarpan, hazırlık işlerinin birçoğu yanlış şekilde ve yerde yapılmaktadır. Bunun için öncelikle hazırlık planlaması yapılmalı böylece hangi hazırlık işinin ne zaman ve ne şekilde yapılacağı belirlenmiş olacaktır.
2. Takımların daha detaylı bir kodlama sistemi ile kodlanması gerekmektedir. Böylece yeni bir takım tasarlanacağı zaman oluşturulan takım standardının korunması sağlanabilecektir.
3. Takım kümelendirme çalışmaları bütün iş merkezleri için yapılmalıdır. Böylece ilerde Hücresel İmalat Sistemine geçildiğinde hücreler için uygun takım kümelerinin atanması sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] DURMUŞOĞLU, B., Toplam Hazırlık Sürelerini Düşürme ve Yükleme Sorununun Çözümüne Yönelik Bir Yaklaşım, Endüstri Mühendisliği, Cilt.2, Sayı.9, s.4-17, 1990.
- [2] DURMUŞOĞLU, B., İTÜ İşletme Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Ders Notları, 1992.
- [3] SHINGO, S., A Revolution in Manufacturing: The SMED System, Productivity, 1985.
- [4] COCHRAN, D.S., SWINHART, K., The Total Source Error of The Adjustment Model: A Methodology For The Elimination of Setup and Process Adjustment, Int. Journal of Production Research, Vol.29, No.7, pp.1423-1435,1991.
- [5] DURMUŞOĞLU, B., AVUNCAN, G., DURMUŞOĞLU, S., EDİZ, E., Tam Zamanında Üretim Sistemi Yan Sanayi ile İlişkiler ve Kalite Yönetimi, ORHİM Seminer Notları, 1993.
- [6] WIENDAHL, H.P., FU, Z., Computer Aided Analysis and Planning of Setup Process, Annals of The CIRP, Vol.41, No.1, 1992.
- [7] ECKER, J.G., KUPFERSCHMID, M., Introduction to Operations Research, John Wiley, 1988.
- [8] DE SOUZA, R.B.R., BELL, R., A Tool Cluster Based Strategy For The Management of Cutting Tools in Flexible Manufacturing Systems, Journal of Operations Management Special Issue on Group Technology and Cellular Manufacturing, Vol.10, No.1, 1991.
- [9] ÇIRAK, K., Yapay Sinir Ağları ve Üretim Sistemlerinde Uygulamaları, Lisans Tezi, İTÜ Maçka İstanbul, 1994.
- [10] ASKIN, R., STANDRIDGE, C.R., Modelling and Analysis of Manufacturing Systems, John Wiley, 1993.
- [11] ULUSOY, G., TOVYA, Y., Gezgin Satıcı Problemi: Bir Yayın Taraması, Yöneylem Araştırması Dergisi, Cilt.2, s.68-104,1983.
- [12] GILLET, B.E., Introduction to Operations Research A Computer Oriented Algorithmic Approach, Mc Graw-Hill, 1976.
- [13] TAHA, A.H., Integer Programming Theory Applications and Computations, Academic Press, 1975.

- [14] BUDNICK, F.S., MOJENA, R., VOLLMAN, T.E., Principles of Operation Research For Management, Richard D. Irwin, 1977.
- [15] WAGNER, H.M., Principles of Operations Pesearch, Prentince-Hall, 1969.
- [16] ARASIO, M., SIANESI, A., A Heuristic Algorithm For Master Production Schedule Generation With Finite Capasity and Schedule Dependent Setups, Int. Journal of Production Research, Vol.31, No.3, pp.531-533, 1993.
- [17] GRADY, P.J.O., HARRISON, C., Search Based Job Scheduling and Sequencing With Setup Times, OMEGA, Int. Jour. of Management Science, Vol.16, No.6, pp.547-552, 1988.
- [18] HOBBS, O.K., Application of JIT Techniques in A Discrete Batch Job Shop, Production and Inventory Management Journal, Vol.35, No.1, 1994.
- [19] HWANG, H., KIM, D.B., KIM, Y.D., Multiproduct Economic Lot Size Models With Investment Costs For Setup Reduction and Quality Improvement, Int. Journal of Production Research, Vol.31, No.3, pp.691-703, 1993.
- [20] KIM, S.C., BOBROWSKI, P.M., Impact of Sequence Dependent Setup Time on Job Shop Scheduling Performance, Int. Journal of Production Research, Vol.32, No.7, pp.1503-1520, 1994.
- [21] KIM, S.L., ARANIZE, B., A Knowledge Based Decision Support System For Setup Reduction, Decisions Sciences, Vol.23, 1992.
- [22] LEONG, G.K., OLIFF, M.D., A Sequencing Heuristic For Dependent Setups in A Batch Process Industry, OMEGA, Int. Jour. of Mangement Science, Vol.18, No.3, pp.283-297, 1990.
- [23] PATTERSON, M.C., Analysis of Setup Time at Constraint Resources, Int. Journal of Production Research, Vol.31, No.4, pp.845-849, 1993.
- [24] SIVRI, M.D., ERENGUC, S., A Branch and Bound Procedure For Setup Problems in Flexible Manufacturing Systems, Production and Operations Management, Vol.2, No.4, 1993.
- [25] TREVINO, J., HURLEY, B.J., FRIEDRICH, W., A Mathematical Model For The Economic Justification of Setup Time Reduction, Int. Jour. of Production Research, Vol.31, No.1, pp.191-202, 1993.

**EK A : CNC Combi Torna Tezgahında üretilen 29 iş
ve bu işlerin kullandığı takımlar**

İŞ 1	İşin Adı: IS Ebişör 41320 1. Yüz Kaba İşleme
	T a k ı m l a r
R21	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R22	
R23	
R24	
R25	
R26	Keski Kalem
H31	Kopya Kalem
H32	Kaba Kopya Kalem
H33	
H34	
H35	
H36	

İŞ 2	İşin Adı: IS Ebişör 41320 1. Yüz Hassas İşleme
	T a k ı m l a r
R21	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R22	
R23	R1 Kanal Kalem
R24	
R25	
R26	Keski Kalem
H31	Komple Kalem
H32	Kaynak Uçlu Delik Kalem
H33	
H34	
H35	
H36	Kaynak Uçlu Delik Kalem

İŞ 3	İşin Adı: IS Ebişör 41320 2. Yüz Kaba İşleme
	T a k ı m l a r
R21	
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	R1 Kanal Kalem
R24	R1 Kanal Kalem
R25	Invert (Sol)
R26	
H31	Kopya Kalem
H32	
H33	
H34	Müdebak Kalem
H35	Sıkma Uçlu
H36	

İŞ 4	İşin Adı: İS Ebişör 41320 2. Yüz Hassas İşleme
	Takımlar
R21	
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	
R24	
R25	
R26	
H31	Kaynak Uçlu
H32	Kopya Kalemi
H33	
H34	
H35	Merkez Kalemi
H36	Hassas Kopya Kalemi

İŞ 5	İşin Adı: İS Finişör 7161210 1. Yüz İşleme
	Takımlar
R21	
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	
R24	
R25	
R26	
H31	Kaynak Uçlu
H32	
H33	
H34	
H35	Sıkma Uçlu
H36	Merkez Çizgi Kalemi

İŞ 6	İşin Adı: İS Finişör 7161210 2. Yüz Kaba İşleme
	Takımlar
R21	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R22	
R23	
R24	
R25	
R26	Keski Kalemi
H31	Sıkma Uçlu
H32	Kaba Kopya
H33	Müldefon Kalemi
H34	
H35	
H36	

İŞ 7	İşin Adı: IS Finişör 7161210 2. Yüz Hassas İşleme
	T a k ı m l a r
R21	
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	
R24	
R25	Invert (Sol)
R26	
H31	Kaynak Uçlu
H32	Kaba Kopya
H33	Müldefon Kalem
H34	
H35	Sıkma Uçlu
H36	Hassas Kopya

İŞ 8	İşin Adı: H28 Finişör 42856 1. Yüz İşleme
	T a k ı m l a r
R21	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	R3 Kanal Kalem
R24	
R25	Invert (Sol)
R26	
H31	A32NPLLNR12 (Sıkma Uçlu)
H32	A32VPLLNR12 (Sıkma Uçlu)
H33	
H34	
H35	
H36	

İŞ 9	İşin Adı: H28 Finişör 42856 2. Yüz İşleme
	T a k ı m l a r
R21	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	
R24	
R25	
R26	
H31	
H32	
H33	A40VPLLNR12 (Sıkma Uçlu)
H34	
H35	
H36	

İŞ 10	İşin Adı: H28 Sabit Finitör 23K0964 1. Yüz İşleme
	T a k ı m l a r
R21	Sıkma Uçlu
R22	Sıkma Uçlu
R23	R1 Kanal Kalemi
R24	R1 Kanal Kalemi
R25	
R26	Invert (Sağ)
H31	Sıkma Uçlu Kaba Delik
H32	6 'lık İç Kanal
H33	Kaba Kopya
H34	R2 İç Kanal
H35	6 'lık İç Kanal
H36	Hassas Kopya

İŞ 11	İşin Adı: H28 Sabit Finitör 23K0964 2. Yüz İşleme
	T a k ı m l a r
R21	Sıkma Uçlu
R22	Sıkma Uçlu
R23	
R24	
R25	
R26	
H31	Sıkma Uçlu Kaba Delik
H32	
H33	
H34	Kaynak Uçlu Kaba Delik
H35	
H36	

İŞ 12	İşin Adı: Gövde 54076 1. Yüz İşleme
	T a k ı m l a r
R21	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	R1 Kanal Kalemi
R24	R0.5 Kanal Kalemi
R25	
R26	Keski Kalemi
H31	66 Drill Sıkma Uçlu
H32	A40VPLLNR12-09 Sıkma Uçlu
H33	A40VPLLNR12-09 Sıkma Uçlu
H34	
H35	
H36	Kanal Kalemi

İŞ 13	İşin Adı: Gövde 54076 2. Yüz İşleme
	T a k ı m l a r
R21	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	
R24	R0.5 Kanal Kalemi
R25	
R26	Keski Kalemi
H31	96 Drill Sıkma Uçlu
H32	A40VPLLNR12-08 Sıkma Uçlu
H33	R136.0740-12 Sıkma Uçlu
H34	Sıkma Uçlu Impero Kanal Kalemi
H35	
H36	

İŞ 14	İşin Adı: H28 Sabit Finitör 42945 1. Yüz İşleme
	T a k ı m l a r
R21	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	R3 Kanal Kalemi
R24	
R25	Invert (Sol)
R26	
H31	A32UPLLNR12 (Sıkma Uçlu)
H32	A32UPLLNR12 (Sıkma Uçlu)
H33	
H34	
H35	
H36	65 Elmas Matkap

İŞ 15	İşin Adı: H28 Sabit Finitör 42945 2. Yüz İşleme
	T a k ı m l a r
R21	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	
R24	
R25	
R26	
H31	Sıkma Uçlu
H32	R4 Kanal Kalemi
H33	Sıkma Uçlu
H34	R4 Kanal Kalemi
H35	Sıkma Uçlu
H36	BARA 65

İŞ 16	İşin Adı: IS Ebişör 514550 2. Yüz İşleme
	T a k ı m l a r
R21	
R22	Sıkma Uçlu
R23	
R24	
R25	
R26	
H31	Kolmonoy Kalemı
H32	
H33	
H34	Müldebak Kalemı
H35	Sıkma Uçlu
H36	

İŞ 17	İşin Adı: IS Ebişör 514550 1. Yüz İşleme
	T a k ı m l a r
R21	Sıkma Uçlu
R22	
R23	
R24	
R25	
R26	
H31	Matkap
H32	Sıkma Uçlu Delik Kalemı
H33	
H34	
H35	
H36	

İŞ 18	İşin Adı: IS Ebişör 514550 1. Yüz Hassas İşleme
	T a k ı m l a r
R21	
R22	
R23	R1 Kanal Kalemı
R24	R1 Kanal Kalemı
R25	
R26	Invert (Sağ)
H31	Kolomonoy Kaba Delik
H32	Kaba Kopya
H33	
H34	
H35	Kaynak Uçlu Hassas Delik Kalemı
H36	Hassas Kopya Kalemı

İŞ 19	İşin Adı: IS Finişör 541050 2. Yüz İşleme
	Takımlar
R21	R171.319 (Sıkma Uçlu)
R22	R171.319 (Sıkma Uçlu)
R23	
R24	
R25	Invert (Sol)
R26	
H31	A40PLLNR12 (Sıkma Uçlu)
H32	Kaba Kopya
H33	Müldefon Kalem
H34	
H35	M8 Kalın Sıkma Uçlu
H36	BARA M21.5

İŞ 20	İşin Adı: H28 Finişör 42078 1. Yüz İşleme
	Takımlar
R21	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	R3 Kanal Kalem
R24	
R25	Invert (Sol)
R26	
H31	Sıkma Uçlu Delik Kalem
H32	Sıkma Uçlu Delik Kalem
H33	Kaynak Uçlu
H34	Kaynak Uçlu
H35	
H36	BARA

İŞ 21	İşin Adı: H28 Finişör 42078 2. Yüz İşleme
	Takımlar
R21	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	
R24	
R25	
R26	
H31	Sıkma Uçlu Delik Kalem
H32	Sıkma Uçlu Delik Kalem
H33	
H34	
H35	
H36	BARA

İŞ 22	İşin Adı: H28 Finitör 42035 1. Yüz İşleme
	Takımlar
R21	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	R3 Kanal Kalemi
R24	
R25	Invert (Sol)
R26	
H31	Sıkma Uçlu Delik Kalemi
H32	Sıkma Uçlu Delik Kalemi
H33	Kaynak Uçlu Delik Kalemi
H34	Kaynak Uçlu
H35	
H36	BARA

İŞ 23	İşin Adı: H28 Finitör 42035 2. Yüz İşleme
	Takımlar
R21	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	
R24	
R25	
R26	
H31	Sıkma Uçlu Delik Kalemi
H32	Sıkma Uçlu Delik Kalemi
H33	
H34	
H35	
H36	BARA

İŞ 24	İşin Adı: IS Ebişör 503870 1. Yüz İşleme
	Takımlar
R21	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	R1 Kanal Kalemi
R24	R1 Kanal Kalemi
R25	Invert (Sol)
R26	
H31	Sıkma Uçlu Delik Kalemi
H32	Sıkma Uçlu Delik Kalemi
H33	Kopya Kalemi
H34	Kopya Kalemi
H35	Komple Kalem
H36	

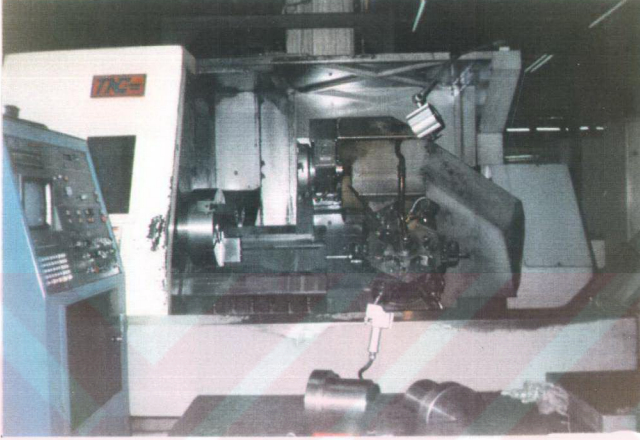
İŞ 25	İşin Adı: IS Finişör 71620 1. Yüz Hassas İşleme
	T a k ı m l a r
R21	
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	
R24	
R25	Invert (Sol)
R26	
H31	Kaynak Uçlu Delik Kalemi
H32	Kaba Kopya
H33	
H34	Kaynak Uçlu Hassas Delik Kalemi
H35	Müldefon Kalemi
H36	Hassas Kopya

İŞ 26	İşin Adı: IS Finişör 438220 2. Yüz Hassas İşleme
	T a k ı m l a r
R21	
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	
R24	
R25	
R26	
H31	Kaynak Uçlu Delik Kalemi
H32	Kaba Kopya Kalemi
H33	
H34	
H35	Müldefon Kalemi
H36	Hassas Kopya Kalemi

İŞ 27	İşin Adı: IS Finişör 71620 2. Yüz Hassas İşleme
	T a k ı m l a r
R21	
R22	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R23	
R24	
R25	
R26	
H31	Kaynak Uçlu Delik Kalemi
H32	Kaba Kopya Kalemi
H33	
H34	
H35	Müldefon Kalemi
H36	Hassas Kopya Kalemi

İŞ 28	İşin Adı: IS Finişör 71620 1. Yüz Kaba İşleme
	T a k ı m l a r
R21	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R22	
R23	R1 Kanal Kalemi
R24	
R25	
R26	
H31	Kaynak Uçlu Delik Kalemi
H32	
H33	
H34	
H35	
H36	

İŞ 29	İşin Adı: IS Finişör 438220 1. Yüz Kaba İşleme
	T a k ı m l a r
R21	R171.219 (Sıkma Uçlu)
R22	
R23	R1 Kanal Kalemi
R24	
R25	
R26	
H31	Kaynak Uçlu Delik Kalemi
H32	
H33	
H34	
H35	
H36	



Resim A.1 : CNC Combi Torna Tezgahının önden görünüşü.



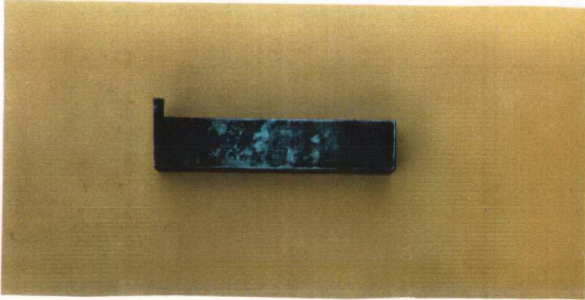
Resim A.2 : CNC Combi Torna Tezgahında kullanılan takımlar.



Resim A.3 : Dış çap işleme takımları (T1).



Resim A.4 : Dış kanal açma takımları (T2).



Resim A.5 : Dış çap invert yuvası açma takımları (T3).



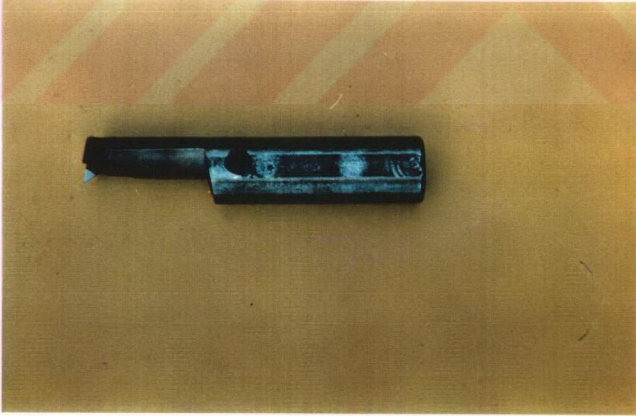
Resim A.6 : İ ap sıkma uçlu delik açma takımları (Y1)



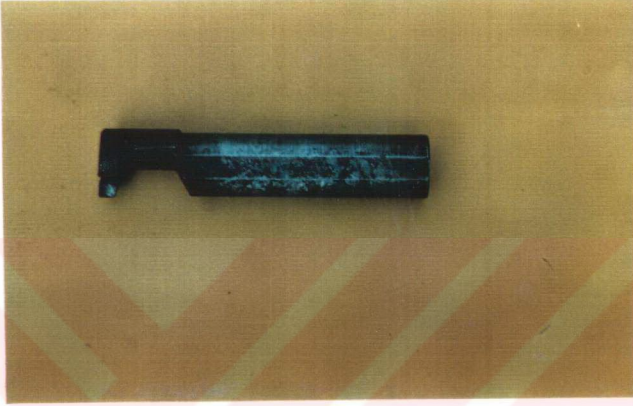
Resim A.7 : İ ap kaynak uçlu delik açma takımları (Y2)



Resim A.8 : Komple iç boşaltma takımları (Y3).



Resim A. 9 : İç kanal açma takımları (Y4).



Resim A.10 : İ ap müldebak, müldefon yuvası açma takımları (Y5).



Resim A.11 : Alın keski takımları (Y6).

ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Mersin 'de doğdu. Özel İçel Lisesinden mezun olduktan sonra 1986 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Sakarya Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümüne girdi. 1990 yılında Endüstri Mühendisliği bölümünden dönem ikincisi olarak mezun oldu. 1991 yılında İTÜ İşletme Fakültesi Endüstri Mühendisliği bölümünde yüksek lisansa başladı. Halen İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. İngilizce bilmektedir. Evlidir.