

56038

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MONTAJ HATTI Dengeleme ve Otomotiv Endüstrisi Uygulaması

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End.Müh. Turgay ENGİN

56038

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15 Ocak 1996

Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Ocak 1996

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Bülent DURMUŞOĞLU

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Murat DİNÇMEN

Doç. Dr. Tufan KOÇ

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

OCAK 1996

ÖNSÖZ

Günümüzde ürünlerin giderek karmaşık hale gelmesi ile montaj hatlarının dengelenmesi, hemen her firma için Üretim Planlamasının istenen doğrultuda seyrini sağlamak için çözülmesi gereken önemli bir problemdir.

Montaj hatlarında işlemlerin en verimli bir şekilde yapılması ile boş zaman ve diğer maliyet unsurlarının kullanımının minimum düzeye indirilerek optimuma ulaşılmaya çalışılmaktadır. Bu çalışmada, montaj hatları dengeleme konusu ilk önce kavramlar düzeyinde ele alınmış, uygulanan yöntemler incelenmiş ve bunların değerlendirilmeleri yapılmıştır.

Otomotiv endüstrisi uygulamasında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Mercedes-Benz Türk A.Ş. Teknik Planlama ve İş Hazırlama mühendisleri sayın Oğuz MOROVA, Hakan BELDEN, Galip ŞATIR'a ve bu çalışmada beni yönlendiren ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Bülent DURMUŞOĞLU'na teşekkür ederim.

Ocak 1996

Turgay ENGİN

İ Ç İ N D E K İ L E R

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	v
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	
1.1 TANIM VE PROBLEMİN İFADESİ	1
BÖLÜM 2. PROBLEMİN FORMÜLASYONU	5
2.1 TERİMLER VE TANIMLAR	5
2.1.1 Montaj Prosesi	5
2.1.2 İş Elemanı	5
2.1.3 İş İstasyonu	5
2.1.4 İş Elemanı Zamanı	6
2.1.5 İş İstasyonu Zamanı	6
2.1.6 Çevrim Süresi	7
2.1.7 İş İstasyonu Boş Zamanı	7
2.1.8 Denge Gecikmesi	8
2.1.9 Düzeltme İndeksi	10
2.2 MONTAJ DENGELEME HATTININ TASARIMI	11
2.3 OPTİMUM ÇÖZÜM KRİTERLERİ	13
BÖLÜM 3. METODOLOJİ VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN GENEL BİR DEĞERLENDİRMESİ	14
BÖLÜM 4. SEZGİSEL (HEURISTIC) ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ	18
4.1 BASİT SEZGİSEL YÖNTEM	18
4.2 KILBRIDGE-WESTER YÖNTEMİ	23
4.3 KONUMSAL AĞIRLIK YÖNTEMİ	29

4.4	HOFFMAN'IN ÖNCELİK İLİŞKİLERİ MATRİSİ (PRECEDENCE MATRIX) YÖNTEMİ	30
4.5	RASSAL ÇÖZÜM YÖNTEMİ-COMSOAL	32
BÖLÜM 5.	TAM ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ (EXACT METHODS).....	37
5.1	0-1 TAM SAYILI (INTEGER) PROGRAMLAMA YÖNTEMİ ...	37
5.2	DİNAMİK PROGRAMLAMA (DP) YÖNTEMİ	42
BÖLÜM 6.	DİĞER MONTAJ HATTI MODELLERİ	43
6.1	DEĞİŞKEN ELEMAN ZAMANLI MHD MODELİ	43
6.2	KARIŞIK MODEL MONTAJ HATTI	48
BÖLÜM 7.	TOPLAM MALİYETİN MİNİMİZASYONU MODELİ	54
BÖLÜM 8.	UYGULAMA	56
8.1	MODEL İLE İLGİLİ VERİ TOPLAMA	56
8.2	MODEL KURMA VE YÖNTEM GELİŞTİRME	77
BÖLÜM 9	SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	80
KAYNAKLAR		82
EK A.	UYGULAMANIN BİLGİSAYAR SONUÇLARI	85
EK B.	BİLGİSAYAR PROGRAMI LİSTESİ	99
ÖZGEÇMİŞ		106

Ş E K İ L L İ S T E S İ

Şekil 4.1	Tükenmez kalem imalatı için iş Elemanlarının Öncelik ilişkileri Şeması.....	19
Şekil 4.2	Öncelik ilişkileri Şeması.....	25
Şekil 4.3	Konumsal Ağırlık Yöntemi ile işlem Akış Şeması.....	31
Şekil 4.4	işlemlerin Rassal Üretimi için COMSOAL Akış Şeması..	36
Şekil 6.1	Normal Dağılımlı istasyon Süresi Değişkeni.....	44
Şekil 6.2	Karışık X ve Y Modelleri için Öncelik ilişkileri....	49
Şekil 8.1	Mercedes Hoşdere Montaj Fabrikası Montaj Mahali Yerleşme Planı.....	68
Şekil 8.2	Mercedes 0304 Montaj Bandı iş Elemanları Öncelik ilişkileri.....	69
Şekil 9.1	Mercedes 0304 Montaj bandı Mevcut iş istasyonları...	81

T A B L O L i S T E S i

Tablo 4.1 iş Elemanları Süreleri ve Öncelik ilişkileri.....	21
Tablo 4.2 iş istasyonlarında Görevlendirilen iş Elemanları...	22
Tablo 4.3 Kilbridge-Wester Yöntemi Tablosu-A.....	25
Tablo 4.4 Kilbridge-Wester Yöntemi Tablosu-B.....	26
Tablo 4.5 Kilbridge-Wester Yöntemi Tablosu-C.....	27
Tablo 4.6 Kilbridge-Wester Yöntemi Tablosu-D.....	28
Tablo 4.7 Kilbridge-Wester Yöntemi Tablosu-E.....	28
Tablo 4.8 Konumsal Ağırlık Matrisi(Öncelik ilişkileri Matrisi).	29
Tablo 4.9 Konumsal Ağırlık Yöntemi ile Çözüm Sonuçları.....	30
Tablo 6.1 Karışık Modeller için Konumsal Ağırlıklar.....	50
Tablo 8.1 Mercedes 0304 Hoşdere Fabrikası Montaj Bandı işlemlerinin Tanımlanması.....	57

ÖZET

Montaj Hattı Dengeleme (MHD) ve programlama günümüzün seri üretime yönelik toplumunun karşılaştığı önemli ve çözülmesi gerekli bir problemi olup Endüstri Mühendislerinin büyük olasılıkla çözmek zorunda kalabilecekleri bir Üretim Programlama problemi.

Montaj hatlarının tasarımı en önemli sebeplerinden biri kaynakların maksimum seviyede kullanılmasını sağlamaktır.

Montaj hattı dengeleme çözüm yöntemleri genel olarak iki başlık altında incelenmektedirler; bunlar sezgisel yöntemler ve kesin çözüm yöntemleridir. Sezgisel yöntemler genellikle optimuma yakın sonuçlar verirler. Ancak algoritma şeklinde uygulanabilmeleri ve bilgisayar programlarının yazılmasının kolay olması nedenleriyle kesin çözüm yöntemlerine göre daha çok tercih edilirler.

Montaj hattı dengeleme modeli kurulurken bazı varsayımların yapılması gereklidir. İş elemanı süreleri sabit veya değişken zamanlı olabilirler. İş istasyonlarına tahsis edilen işlemlerin süreleri toplamı ile her istasyonda eşit bekleme süresini içeren çevrim süresi arasındaki fark boş süre olup, tüm istasyonların boş süreleri toplamı ile teorik minimum istasyon sayısı öncelik ilişkileri kısıtları altında optimize edilmeye çalışılan iki ayrı amaç fonksiyonudurlar.

Bu çalışmada MHD konusu kavramlar düzeyinde ele alınmış, çözüm yöntemleri incelenmiş ve bunların değerlendirmeleri yapılmıştır. MHD probleminin varsayımlarından ve yöntemin aşamalarından yararlanılarak gerçek bir probleme uygulanması gösterilmiş ve sonuçlarının analizi yapılmıştır.

Değişken iş elemanı zamanlı montaj hatları ile karışık model montaj hatları ve maliyet minimizasyon modelleri de incelenmiştir.

SUMMARY

(ASSEMBLY LINE BALANCING AND AUTOMOTIVE INDUSTRY APPLICATION)

Assembly line balancing (ALB) and scheduling is an important and challenging problem facing Industrial Engineers in today's mass production society. Henry Ford first used assembly line technique in 1914 in order to assemble automobile parts in production line and obtained the advantage of mass production first in history.

General design of an assembly line incorporates a suitable ordering of the work elements and, predetermined moving speed of the line and balancing the load of the work stations. One of the first priority reasons for balancing assembly lines is the usage of the resources in most economical levels.

In simplest form, assembly lines are known with the movement of the work piece from one station to the next where parts assembled on the unfinished product in priorly decided order. Every work piece stays in work stations for a constant cycle time period. The work elements are generally divided to the smallest pieces as much as economically and technologically possible. The precedence relations among the work elements are basic character of the assembly which are forced by the real life conditions of the assembly line.

The main factors effecting the precedence relations among the work elements are generally originated from the conditions of the technological specifications, production and assembly methods, necessity of locating some expensive equipment in some predetermined work stations, layout of the plant, producing some parts outside the assembly line because of the safety considerations, requirements that some works be done by talented persons, necessity to carry intermediary stocks. Therefore it is rather important that the precedence relations of the work elements be determined correctly in order to design assembly lines more realistically.

The aim of assembly line balancing is to minimize the idle time or in other words decrease the balance delay to minimum levels and minimize work station number, spread the balance delays among other work stations. In case the assembly lines were balanced perfectly, work done in every work station will be equal and product flow will be so smooth that no delay will occur. The difference between the sum of the work element times assigned to work station and cycle time is the station idle time. The sum of these station idle times and theoretical minimum work stations number are two different objective functions which are needed to be minimized together to reach optimum. It is not easy to reach these minimum points at the same time since most of the time they hinder each other depending on the assembly line design conditions.[16].

The following information is needed in order to design an assembly line balancing system:

- i) Production volume in a predetermined period.
- ii) Work elements' list and their precedence relations.
- iii) Work element times.

Production volume is provided by the Sales or Marketing Departments. Since the time spared for production and the amount of production is predetermined, the cycle time is found by dividing this time by the production amount. Theoretical minimum station number is found by dividing total work element times by the cycle time. This cycle time is called natural cycle time since it is obtained from real production figures. The cycle time may be changed accordingly in the model to reach the best solution. Balance delay function is generally a determining factor in producing the best solutions to the assembly line balancing problems. But it is difficult to reach the best solution by minimizing the work station number and cycle time at the same time.

The solutions reached together by these criterions must be compared together with the costs of overtime or a second assembly line. Because if the cycle time minimizing the idle time is much longer than the natural cycle time, then overtime or a second assembly line would be needed in order to meet the required demand.

On the other side, in case the cycle time minimizing the idle time is smaller than the natural cycle time, the assembly line should be closed for a time. In this case assembly line should work full capacity at the beginning in order to make safety stock. The workers in the assembly line could be employed in other departments part time.

Another alternative to conveyor type assembly lines could be the Automatic Guided Vehicles (AGV). AGV is a freely moving assembly platform which carries the product being assembled from one work station to another. Thus elasticity of the line could be achieved and space constraints could be loosened.

In this study assembly line balancing is taken up in concepts level. The solution procedures are investigated and evaluated. A real problem model in automotive industry is solved by moving from the assembly line balancing assumptions and methods.

Deterministic and variable work element time models and mixed model assembly lines and cost minimization model are examined.

In the literature, there are two approaches to the solution of the problem; heuristic methods and exact methods. Heuristic methods give suboptimal solutions but it is easy to arrive at solutions especially with the help of computers. Whereas exact methods provide optimal solutions while they render computational difficulties in moderate and large problems.

There are some assumptions to make in order to make real life conditions to fit into computationally feasible mathematical models. In this thesis deterministic and variable work element times are assumed.

The volume of the assembly line balancing problem increase geometrically by increasing the number of the work elements. Thus the heuristic methods are more suitable for computer applications.

There have been many publications about the assembly line balancing problems since 1950's and heuristic methods seem to be by large the most preferred methods by authors. Kilbridge-Wester method, position weight method by Helgeson and Birnie [13], precedence relations matrix method (Hoffman Method) by Hoffman [15] and computer method of sequencing operations for assembly lines (COMSOAL) by Arcus [17] are the best known and well accepted heuristic methods in the literature.

Some authors like Mansoor [14] and Moodie [11] have presented some adjustments to some of the heuristic methods to facilitate reaching best solution in less computer time. Some other authors like Baybars [10] have reorganized the methods in better grouping terminology. They divide methods generally into two sections, first being SALBP (Simple Assembly Line Balancing Problems) which include deterministic work element times. The second section of methods include Complex Models (CALBP) like variable work element times and mixed model assembly lines.

Exact methods like integer programming and dynamic programming models generally produce exact optimum solutions to the problem, but they become unmanageable after 40 or 50 work element assembly line balancing models.

Whereas the heuristic methods could be suitable for large problems up to 1000 work elements even though the research have shown that most accurate results are obtained with the medium sized problems up to 100 work elements. However one of the Heuristic methods, COMSOAL is usable up to 1000 work element problems successfully. Therefore this method is preferred for the application problem in this study which have 200 work elements in the automotive assembly band.

In this study deterministic work element times are assumed. The model with variable work element times and mixed model assembly lines and also cost minimization model of assembly lines are examined.

Automotive industry application of the assembly lines at Mercedes-Benz Türk A.Ş at Hoşdere istanbul for bus production is studied. The results of the solutions to the problem brought better productivity figures compared the present situation. it is required that assembly lines be balanced with any changes in production demand. But in the assembly plants this balancing calculations are not usually applied.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 TANIM VE PROBLEMİN İFADESİ

Montaj Hattı Dengeleme (MHD) ve Programlama, günümüzün seri üretime yönelik toplumunun karşılaştığı önemli ve çözülmesi zorunlu olan bir problemidir. Montaj hatları çok eski bir kavram olup imalat konusunun temelini oluşturur. İmalat aşamasından geçip de pazara sunulan ürünlerden bir montaj işlemi görmeyene rastlamak güçtür. Montaj denince çoğu zaman ilk akla gelen otomobiller, bilgisayarlar elektronik cihazlar gibi karmaşık ürünlerdir. Henry Ford bu tekniği 1914 yılında otomobillerin montajı amacı için kullanarak seri üretim konusunda önemli bir avantaj kazanmış ve konusunda öncülük etmiştir. Ancak traş makinesi, tükenmez kalem vs gibi hayatımızın içindeki daha bir çok ürün de montaj işlemine tabi tutulmuştur.

Montaj Hattı Dengeleme kısıtlarının öncelik ilişkisi şeklinde olduğu kendi kısıtlarına tabi bir gruplandırma problemidir. Problem kısaca verimlilik ölçütünü optimize edecek şekilde bir ürünün montajı için gerekli işlemlerin montaj hattındaki iş istasyonlarına tahsis edilmesi olarak tanımlanabilir [1].

Montaj hattının bir özelliği de her bir iş parçasının bir montaj konveyörü vasıtası ile bir iş istasyonundan diğerine

hareketidir. Ürünün tamamlanması için gereken işlemler her iş istasyonuna herbir istasyonda ürünün her birine aynı işlemi icra edecek şekilde bölünmüş ve tahsis edilmiştir.

Dengeleme işlemi imalat hatlarının dengelenmesi ve montaj hatlarının dengelenmesi diye iki grupta ele alınır.

Sürekli ve tekrarlı işlemleri içeren bir üretim tipinde mamüle göre yerleşim düzeni uygulanır. Bu tip üretim şekline imalat hattı denir. Makinelerin konumları işlemlerin sırasına göre belirlenir. İşlemlerin tamamlanma süreleri farklı olup, üretim hızı en yavaş işlem süresi ile kısıtlanmaktadır.

Çok sayıda işlemi gerçekleştiren bir üretim hattında işlemler arasında çok küçük farkların olması halinde bile büyük kayıpların meydana gelmesi kaçınılmazdır. Fabrikalarda iş istasyonlarının boş beklemesi gecikmeler ve yığılmalar işlem süreleri arasındaki farktan ileri gelir. Bu farkların giderilmesi veya minimuma indirilmesi için imalat hattının dengelenmesi gerekir. imalat hatlarının dengelenmesi problemi montaj hatlarının dengelenmesi probleminden daha zordur. Sıralamadaki esneklik ve işlemlerin gruplarını belirleme açısından montaj hattı dengeleme büyük kolaylık sağlar.

Montaj hatlarında montaj operatörleri bir montaj işinden diğerine kolayca uyum sağlayabilir. Ancak makine ve aletlerin pahalıya değiştirilmesinin yanında farklı işlemler için kullanılma imkanlarının sınırlı olması sebebiyle iyi bir planlama yapılması ve makinelerin etkin bir biçimde kullanılması gerekir.

insan daha kolay hareket edebildiği ve işlemler icra sırasına göre kısımlara ayrıldığı için işgücü sürelerine göre dengeleme genel olarak daha kolaydır [2] .

Birkaç yıl öncesine kadar montaj kavramı, hareket eden bir konveyörün başına sıralanmış belli bir sayıdaki işçinin parçalara bölünmüş ve kendilerine tahsis edilmiş montaj işini konveyör hareket ettikçe birbirini takiben önlerine gelen yarı ürün üzerinde tatbik etmek olarak algılanmaktaydı. Geleneksel montaj hatları işlemlerin bölünebileceği ve konveyor hattı boyunca kurulacak iş istasyonlarına tahsis edilebileceği varsayımına dayanmaktadır. Ancak geçen birkaç on yıl içinde her iş istasyonuna tahsis edilen iş miktarının yoğunlaştırıldığı montaj hatları başarılı sonuçlar vermiştir. Bu uygulamada hareket eden bir konveyör iş parçasını iş istasyonuna getirmekte ve planlanan işlemler bitirildikten sonra alınmaktadır.

Bu yeni tip montaj hatları yaratıcılık içeren konveyör yerleştirme tasarımlarıyla mümkün olup bunlar " Modüler Montaj Hatları " diye tanımlanmaktadır [3] . Bu tip montaj hatlarında birçok işçinin aynı işi yapmakta ve büyük miktarda aynı tip alet ve teçhizat gerekli olabilmektedir. Montaj işlemi her zaman konveyörler ve insanlar tarafından yapılmaz.

Montaj işlemi sadece bir tezgah ile veya robotlar veya programlanabilir başka makinelerle de yapılabilir.

Birbiri ardına parça montajının yapıldığı konveyör tipi montaj hatları için modern bir alternatif, Otomatik Yönlendirilebilen Araçlar, AGV (Automatic Guided Vehicles, AGV) olabilir [4].

AGV hareket eden bir montaj platformu olup montajı yapılacak ürünü bir iş istasyonundan diğerine hareket ettirir. Bu yerleşim ile ürün tipine göre değişebilir bir montaj hattı ile esneklik kazanılabilir. Günümüzde montaj işlemlerinin çoğunluğu klasik montaj hattı boyunca olmadığı bilindiğine göre "Montaj Dengeleme" ifadesi yapılan işleri tanımlamak için yeterli olmaktadır. Ancak, burada Montaj Hattı Dengeleme terimi tüm montaj tiplerini kapsayacak şekilde genel olarak kullanılmaya devam edilecektir.

BÖLÜM 2. PROBLEMİN FORMULASYONU

2.1. TERİMLER VE TANIMLAR

2.1.1. Montaj Prosesi

Montaj ile ilgili üretim hattında icra edilen tüm iş elemanlarının toplamıdır.

2.1.2 İş Elemanı

Bir montaj prosesi içindeki toplam işin rasyonel bir şekilde bölünmesi için, bir iş elemanı olup $i, 1 \leq i \leq n$ aralığı içinde bir sayıdır. Buradaki n sayısı bir mamülün montajı için gerekli olan toplam iş elemanı sayısını gösterir. "Operasyon" ve "işlem", "iş elemanı" yerine kullanılan diğer terimler olup daha ziyade iş istasyonundaki iş elemanları grubunu ifade ederler.

2.1.3. İş İstasyonu

Belli bir miktar işin bir işçi tarafından yapıldığı yerdir. Montaj hatlarındaki iş istasyonlarında genel olarak bir operatör çalışmaktadır. Diğer taraftan kısa montaj hatlarında uçak veya otomobil gibi büyük boyutlu ürünlerin montajının yapıldığı montaj hatlarındaki iş istasyonlarında birden fazla operatör çalıştırılmaktadır. İş istasyonlarının birim zamandaki üretim

miktarları birbirine eşitse dengeleme tamdır demektir. Tam dengelemede bekleme, gecikme ve yığılma gibi problemler meydana gelmez. Ancak tam dengelemenin gerçekleşmesi çoğu durumlarda imkansızdır.

2.1.4. İş Elemanı Zamanı

Her iş elemanı i bir performans zamanı t içerecektir. Tüm elemanların performans zamanlarının toplamı montajı yapılan ürünün üretimi için gereken toplam işin miktarını zaman ölçüsü olarak gösterecektir. İş elemanı süresi t , pozitif değerli kesirli bir sayı veya tamsayı olabilir. Literatürde yazarların çoğu t süresini sabit(deterministik) zaman olarak kabul etmektedirler. Ancak yapılan araştırmalar bir operatörün iş elemanını icra etmesi için geçen zamanların birbirinden bağımsız ve aynı dağılımlı rassal değişken olduğunu ve Normal Dağılımı ile takribi olarak temsil edildiğini göstermiştir [5].

2.1.5. İş İstasyonu Zamanı

Montaj hattında belli bir iş istasyonunda çoğunlukla dakika olarak ölçülen gerçek iş miktarına iş istasyonu zamanı denir. İş elemanı i 'nin zamanı t_i ve T_k 'inci istasyonun zamanı T_k ise, o zaman tüm k değerleri için sabit olan c_k çevrim süresi olup $t_i \leq T_k \leq c_k$ olmalıdır.

2.1.6. Çevrim Süresi

Montaj hattı konveyörünün standart bir adım ile hareket ederken ürünün her iş istasyonunda kaldığı sabit süreye çevrim süresi denir (% 100 verimlilik ve denge halinde her istasyonun süreleri birbirine eşittir). Montaj hattı konveyörü standart bir hız ile hareket ederken birbirini takip eden ürünlerin aralarındaki zaman farkını da gösterir. Aynı zamanda bu, montaj hattında birbiri ardına hareket eden ürünlerin arasındaki zaman farkıdır. Özel bir üretim hattı, yani bir istasyona özel iş elemanlara ayrılırken bunların tasarımını içeren olurlu çevrim süresi c , $c \leq c \leq c$ gerçeğini sağlamalıdır. Burada $c = \max_i \{ t_i \}$ en küçük olurlu çevrim süresini ve $c = \sum_{k=1}^n T_k$ en büyük çevrim süresini ifade etmekte ve $T_k = \sum_{i=1}^n t_{ik}$ olup i, k 'inci istasyonda toplanmış iş elemanlarının bir altkümesini göstermektedir. Karışık montaj hattı dengeleme modeli için birbirini takip eden iki ürünün ,aynı model veya değişik model olsun, ana konveyörden çıkışı arasındaki zaman farkı üretimin çevrim süresi olarak tanımlanır.

2.1.7. İş İstasyonu Boş Zamanı

Operatörün/lerin diğer istasyonlara kıyasla boş kalma süresidir. Çevrim süresi ile iş istasyonu zamanı arasındaki fark iş istasyonun boş zamanını göstermektedir. Bunun sembolü d_k olup $d_k = (c - T_k)$, k 'inci

istasyondaki boş zamanı göstermektedir. Dengeleme kriterinin seçimi genel olarak boş zaman ile ilgilidir. Burada c çevrim süresi ve k istasyon sayısı ise, boş zaman toplamı ;

$$D = kc - \sum_{i=1}^n t_i \text{ olarak gösterilir.(2.1)}$$

Boş zamanın minimize edildiği şekilde işlerin iş istasyonlarına tahsis edilmesi ile her birim ürün için ortalama montaj süresi minimuma indirilecektir.

2.1.8. Denge Gecikmesi

İş istasyonları arasındaki montaj işinin dengesiz bir şekilde dağıtılmasından ileri gelen boş zamandır. Bir montaj hattı mükemmel bir şekilde dengelenmiş ise, her iş istasyonunda yapılacak iş miktarı eşit olup ürün akışı hiçbir gecikmeye izin vermeyecek derecede düzgün olur. Uygulamada daha kısa iş tahsis edilen operatörler (istasyonlar) her çevrim sonunda gerçekte boş kalmayacak ,bunun yerine daha yavaş bir tempo ile çalışmasını sürdürecektir. Bunun iş gücü olarak ölçülecek etkisi, çevrimin geri kalan süresinde de aynı tempoda çalışmış oldukları durumdaki geçen sürenin boş zamanını içeren kısmı olacaktır.

Bu dengesizlik derecesi veya yüzdesi "denge gecikmesi" olarak adlandırılmakta olup iş istasyonlarındaki ortalama boş zamanın maksimum operatör süresine (çevrim süresi) oranı olarak ;

$$d = \frac{(c-c^*)}{c} \times 100 \text{(2.2)}$$

d = Denge gecikme yüzdesi,

c = Özel bir üretim tasarımı için çevrim süresi,

c° = Ortalama iş istasyonu zamanı,

olarak ifade edilmektedir.

Montajda k istasyon varsa (her istasyonda bir operatör varsayılmaktadır), o zaman denge gecikmesi ;

$$d = \frac{100 (kc - kc^\circ)}{kc} = 100 \frac{(kc - \sum_{i=1}^n t_i)}{kc},$$
$$d = 100 \times \left\{ 1 - \frac{[(\sum_{i=1}^n t_i) / c]}{k} \right\} \dots (2.3)$$

$$(kc - \sum_{i=1}^n t_i) \geq 0,$$

$\sum_{i=1}^n t_i$ sabit olup iş sürelerinin toplamıdır.

Belli bir c değeri ve toplam iş zamanı $\sum_{i=1}^n t_i$ ise,

$$k_{\min} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{c} \dots \dots \dots (2.4)$$

minimum istasyon (operatör) sayısıdır.

Maksimum k değeri n olup bu istatistik dağılım bu çalışma içindeki toplam iş elemanı sayısıdır. O halde, $k_{\min}$ verilen bir minimum denge gecikmesi için istasyon sayısının minimum değerini gösterecektir.

Minimum denge gecikmesi,

$$d_{\min} = \frac{100 \left(k_{\min} c - \sum_{i=1}^n t_i \right)}{k_{\min} c} \dots\dots\dots (2.5)$$

olarak tanımlanmakta olup bu çevrim süresinin tamsayıli bir fonksiyonudur. Denge gecikmesi fonksiyonu verilen bir iş elemanının istatistik dağılımı ve operatör sayısı için hangi çevrim süresinin seçilmesi gerektiğini anlatmaktadır.

iş elemanı süresi t_i bir sabit sayı olarak ifade edilmiş ve bu süreler biliniyor olsun. O zaman belirli bir çevrim süresi için sıfır denge gecikmesinin şartı, $(\sum_{i=1}^n t_i)/c$ oranının daima tamsayı olmasıdır. Ancak bu koşul yeterli değildir. Çünkü $(\sum_{i=1}^n t_i)/c$ oranı tamsayı olsa bile öncelik ilişkisi kısıtlarından dolayı iş elemanlarının iş istasyonlarına denge gecikmesini sıfır yapacak şekilde tahsis edilmesi mümkün değildir.

2.1.9 Düzeltme indeksi

Moodie ve Young tarafından verilen ve bir montaj hattının dengelenmesini gösteren bir rakam kullanılmıştır [6]. Bu denge halinde her istasyonun maksimum istasyon zamanından standart sapma ölçülerinin kareleri toplamının karekökünden :

$$\sqrt{\sum_k (d_k)^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Ignall'a göre düzeltme indeksi boş zaman gibi bir maliyeti içermediğinden dolayı boş zamanın minimizasyonunun amacı "düzeltme indeksi" 'nin minimizasyonu amacından üstündür [7].

2.2. MONTAJ HATTININ Dengeleme Tasarımı

Toraman ve Gözlü'ye göre montaj hattı dengeleme şu amaçlarla yapılır [8]:

- i) Boş zamanları veya dengeleme kayıplarını en aza indirmek,
- ii) iş istasyonu sayısını en aza indirmek,
- iii) Dengeleme kayıplarını iş istasyonları arasında dağıtıp yaymak,
- iv) Kısıtları zorlamaktan kaçınmak.

Ayrıca montaj hatlarının dengeleme tasarımında hayati bir önem taşıyan iş elemanlarının öncelik ilişkilerini de araştırmak gerekir. Öncelik ilişkileri bağlantıları ne kadar çok ise kullanılan çözüm yöntemi ile sonuca ulaşmak o kadar kolaylaşır. Aslında bir çok faktör öncelik ilişkilerini etkilediği için öncelik ilişkilerinin doğru tespit edilmesi ile diğer kısıtlar da bunlara bağlı olarak öncelik ilişkileri kısıtları içinde temsil edilmektedir.

İş elemanlarının kendi aralarındaki öncelik ilişkilerini etkileyen faktörlerden başlıcaları şunlardır:

- i) Teknolojik spesifikasyonlar,
- ii) Üretim ve montaj yöntemleri,
- iii) Pahalı olmaları ve büyük hacimleri sebebiyle bazı

alet ve makinelerin sadece belirli iş istasyonlarında görevlendirilme zorunluluğu,

iv) Fabrika yerleşim düzeni,

v) Çalışanların emniyetleri için bazı işlemlerin montaj bandı dışında yapılması veya bazı özel giysilere veya yardımcı aletlere ihtiyaç duyulması,

vi) Özel yetenek gerektiren bazı işlemlerin belli kişilerce yapılması zorunluluğu,

vii) Burada incelenen otomatik fabrikası örneğinde olduğu gibi işlemlerin belirli montaj merkezleri içinde bitirilmesi zorunluluğu.

2.3. OPTIMUM ÇÖZÜM KRİTERLERİ

Denge gecikmesi fonksiyonu dengeleme problemlerine en iyi çözümleri üretmek için belirleyici olmaktadır. Ancak denge gecikmesi fonksiyonu montaj hattı dengeleme probleminin en iyi çözümleri için tek başına bir kriter olarak alınmamalıdır [8].

Olurlu iş istasyonu sayıları içinden çevrim süresini minimize eden dengeleme çözümlerinden boş süreyi minimize edeni seçilerek de en iyi çözüme ulaşılabilir. Ancak iş istasyonu sayısını en aza indirirken çevrim süresini de minimize ederek en iyi çözüme ulaşmak çok zordur.

Tahmin edilen bir üretim talebi, montaj hattı için tabii bir çevrim süresi demektir. Boş süreyi minimize eden çevrim süresi bu tabii süreden çok fazla ise o zaman talebi karşılamak için fazla mesai, ikinci vardiya veya ikinci bir montaj hattı gerekebilir. Diğer taraftan boş süreyi minimize eden çevrim süresi tabii çevrim süresinden çok az olursa montaj hattı belli bir süre kapatılabilir. Bu durumda ilk başta ürün stoklamak için tam kapasite üretim yapılmalıdır. Montaj hattındaki işçilerin başka bölümlerde part time istihdam edilme zorunluğu doğabilir.

O halde üretim talebi montaj hattını doğrudan etkilemektedir. Diğer üretim talepleri için de montaj hattının tekrar dengelenmesini gerektirecek üretim miktarları bu kriterlere göre planlanabilir.

BÖLÜM 3. METODOLOJİ VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN GENEL BİR DEĞERLENDİRİLMESİ

Geçen yıllarda montaj hattı dengeleme problemini çözmek için birçok model formüle edilmiştir. Ghosh ve Gagnon, Baybars ve Ignal gibi bazı yazarlar montaj hattı dengeleme konusundaki literatürü kapsamlı bir şekilde değerlendirmişlerdir[7,9,10]. Literatür MHD modellerinin çoğunluğu sabit (deterministic) eleman zamanlarını kabul etmekte veya iş istasyonu sayısını minimize eden çözümleri aramaktadırlar. Çevrim süresinin minimizasyonu, üretim programı, karışık ürün, ve ürün tasarımının çokça değiştirildiği ve montaj hattı dengelenmesine engel teşkil eden durumlarda daha uygundur.

Çevrim süresinin veya istasyon sayısının minimize edildiği heriki klasik formülasyon da denge gecikmesinin minimize edilmesi ve böylece montajı yapılan beher ürün için minimum direkt işçilik maliyetinin elde edilmesine yönelik aynı genel amaçlara yönelmektedirler.

Moodie verimli bir montaj hattı dengeleme sistemi için direkt işçilik maliyetini minimize eden geleneksel formülasyonların uygun olmadığını ve toplam üretim maliyetinin minimize edildiği modellerin gerçek koşullar için daha uygun olacağını ifade etmiştir [11].

Bu standart formülasyondan ikisi :

1. Montajı yapılan ürün için işçilik maliyetinin minimizasyonu,
 2. Montajı yapılan ürün için toplam üretim maliyetinin minimizasyonu,
- olarak gösterilebilir.

işçilik maliyetinin minimizasyonu ya a) sabit eleman zamanları veya b) değişken eleman zamanları için yapılabilir. işçilik maliyetleri daha detaylı bir biçimde incelenirse :

a) Sabit Eleman Zamanlı Montaj Hattı Dengeleme

Modeli:

Daha önce açıklanan terminoloji ile bu formülasyon matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir: •

i bölünmez iş elemanını tanımlamak için bir sayı olup

$1 \leq i \leq n$ olsun ,

t_i i .inci elemanın sabit zamanını (tamsayı veya kesir olsun) gösterir.

J_k ise k .inci istasyondaki iş elemanlarının bir alt kümesidir.

T_k ise k .inci iş istasyonundaki iş için gereken toplam zamandır:

$T_k = \sum_{i \in J_k} t_i$, k sadece iş istasyonunu temsil etmektedir.

c istenen çevrim süresini göstermektedir.

$C = \{ c \}$ tüm gerçekleşebilen çevrim sürelerini ifade eden bir kümedir.

Amacımız işçilik maliyetini minimize etmek olduğuna göre ve bunun montaj hattındaki boş zaman ile doğru orantılı olmasından dolayı ,tüm montaj hattı için toplam boş zamanı (D)

şu şekilde yazılabilir :

$$D = \sum_{k=1}^m (c_k - T_k) = mc - \sum_{k=1}^m \sum_{i \in J_k} t_i$$

$$D = mc - \sum_{i=1}^n t_i \dots\dots\dots (3.1)$$

Eleman zamanlarının sabit olma(deterministic) özelliğinden dolayı (3.1) denkleminde,

$$\sum_{i=1}^n t_i = a \text{ (sabit)} \dots\dots\dots (3.2)$$

O halde ,D'nin minimizasyonu sadece ürün, k 'nin aşağıdaki kısıtlar altında minimizasyonunu içerir.

$$c_k - T_k > 0 \text{ her } k=1,2,\dots,m \text{ için } \dots\dots\dots (3.3)$$

"k" verilmiş ise "c" minimize edilebilir veya "c" verilmiş ise "k" minimize edilebilir. Ancak üretim hattı ve çevrim süresi'nin dizaynı için daha genel bir öncelik ilişkisine uygun olarak iş elemanlarının olurlu bir şekilde gruplandırılması hali bir dengeleme ölçüsü olan gecikme fonksiyonu ile verilmektedir:

$$d = \frac{D}{mc} \times 100 \dots\dots\dots (3.4)$$

Mükemmel bir dengeleme (veya sıfır denge gecikmesi) için

gerekli ancak yeterli olmayan şart $\{ mc - \sum_{i=1}^n t_i \} = 0$ olup, burada m (iş istasyonu sayısı) bir tamsayıdır[12].

İş istasyonlarının birim zamandaki üretim miktarları birbirine eşitse dengeleme tamdır. Tam dengelemede bekleme, gecikme ve yığılma gibi problemler meydana gelmez. Ancak tam dengelemenin gerçekleşmesi çoğu zaman imkansızdır. Basit bir imalat hattında bile işlemlerin birisi darboğaz yaratarak diğerlerinin gecikmesine neden olabilir. Uygulamada iş istasyonları arasındaki kapasite farkının minimum yapılmasına çalışılır [3].

BÖLÜM 4. SEZGİSEL (HEURISTIC) ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Montaj hattı dengeleme problemlerinin hacmi işlem sayısı arttıkça geometrik bir hızla artış gösterir. Bu sebepten sezgisel yöntemler ile manuel çözümler küçük çaplı problemler için geçerli olup çok sayıda işlemi içeren büyük problemlerin çözümü için bilgisayar programlarının kullanılması kaçınılmaz olmaktadır.

Montaj Hattı Dengeleme Problemlerinin çözümü için 1950'li yıllardan beri birçok kitap ve yazı yayınlanmış olup sezgisel algoritmaların en çok kullanılanları bu bölümde örneklerle açıklanmıştır.

4.1. BASİT SEZGİSEL YÖNTEM

Sekiz adımdan oluşan sezgisel bir algoritmadır :

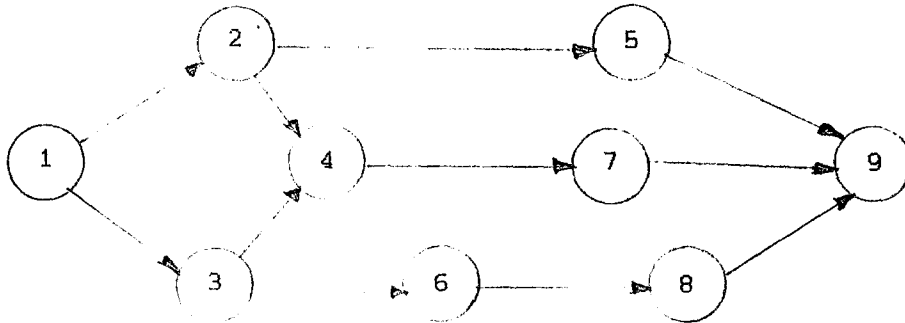
- 1) İş elemanları öncelik sırasına ve bir önceki ile bir sonraki iş elemanları da belirterek süreleri ile birlikte tabloya yerleştirilir.
- 2) Kendinden önce bir iş elemanı olmayan iş elemanları elverişli iş elemanları olarak işaretlenir.
- 3) En uzun süreli iş elemanı seçilir ve birinci iş istasyonunda görevlendirilir.
- 4) Görevlendirilen iş elemanının süresini, çevrim süresine

tamamlayacak veya boş süreyi minimize edecek iş elemanları görevlendirilerek birinci istasyon oluşturulur.

- 5) Daha sonraki iş elemanları elverişli duruma getirilir.
- 6) ikinci istasyon için geri kalan iş elemanlarından en uzun süreli olanı görevlendirilir.
- 7) Dördüncü adımdaki gibi hareket edilir. Öncelik sırasına bakılarak yeni istasyon teşkil edilir.
- 8) Kalan istasyonlara geri kalan iş elemanları görevlendirilir. Öncelik sırası dikkate alınarak sıklık süresi doldurulmamış olan en uzun süreli iş elemanları seçilerek itirasyon sürdürülür.

Bu algoritmanın uygulanmasını gösteren bir örnek çözüm aşağıda gösterilmiştir.

Dokuz iş elemanından oluşan bir tükenmez kalem montajı hattındaki iş elemanlarının süreleri ve öncelik ilişkileri aşağıdaki şemada ve tabloda gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Tükenmez Kalem imalatı için İş Elemanlarının Öncelik ilişkisi Şeması

Çevrim süresi 0.15 dakika olacak şekilde iş elemanlarının gruplandırıldığı iş istasyonları kurulmak istenmektedir. Bu durumda her istasyondan 0.15 dakikada bir mamül, yarı mamül veya bir parça çıkması istenmektedir. İlk olarak minimum kaç istasyonun kurulması gerektiği saptanmalıdır. Bu amaçla işlem süreleri toplamı çevrim süresine bölünür :

$$\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{c} = \frac{0.40}{0.15} = 2.66 \sim 3 \text{ en az iş istasyonudur.}$$

İş istasyonlarını oluşturacak iş elemanları gruplandırılarak bunların kurulması için Basit Sezgisel Algoritma uygulanır:

- İlk dört adım uygulanarak, kendinden önce gelen bir elemanı bulunmayan eleman 1.inci iş elemanı olduğundan ilk iş istasyonunda 1.inci iş elemanı görevlendirilir. Süresi 0.08 dk olduğundan $0.15 - 0.08 = 0.07$ dk'lık boş süreyi dolduracak bir iş elemanın görevlendirilmesi gerekir. Bir numaralı iş elemanı görevlendirildiğinden bundan sonra gelen 2 ve 3 numaralı iş elemanları elverişli durumdadırlar. Süresi en büyük olan iş elemanı 2.nci iş elemanı da bu istasyonda görevlendirilir. Öncelik ilişkisine göre bundan sonraki 4 ve 5 numaralı iş elemanları da elverişli duruma gelmiştir. $0.15 - 0.13 = 0.02$ dk. boş süre kaldığından ve 4 numaralı iş elemanının süresi kalan boş süreden fazla olduğu için 5 numaralı iş elemanı da 1.inci iş istasyonunda görevlendirilerek kalan boş süre böylece sıfırlanmaktadır. Böylece 1, 2 ve 5 numaralı iş elemanları ile 1.inci iş istasyonu kurulur.

Tablo (4.1) : iş Elemanları Süreleri ve Öncelik ilişkileri

iş Elemanı No:	iş Elemanı Süresi :	Önceki iş Elemanı:	Sonraki iş Elemanı:
1	0.08	-	2,3
2	0.05	1	4,5
3	0.04	1	4,6
4	0.03	2,3	7
5	0.01	2	9
6	0.04	3	8
7	0.05	4	9
8	0.06	6	9
9	0.04	5,7,8	-
	0.40		

- Şimdi ikinci iş istasyonunu kurmak için 5.inci adıma gelinmiştir. Görevlendirilen 5 numaralı elemandan sonra gelen 9 numaralı eleman da elverişli duruma gelmiştir. O Halde elverişli duruma gelen iş elemanları 3, 4 ve 9 numaralı iş elemanlarıdır. Bunların arasında en büyük değerli olan 3 numaralı eleman ikinci istasyonda görevlendirilir. Bundan sonra 6 numaralı eleman elverişli duruma gelir. O halde elverişli durumda olup $0.15 - 0.04 = 0.11$ dk. kalan boş süreden küçük en büyük süreli eleman 4, 6 ve 9 numaralı elemanlar arasından seçilebilir. Bu eleman 6 numaralı iş elemanıdır. Şimdi 8 numaralı iş elemanı da elverişli duruma gelmiştir. Bu durumda $0.11 - 0.04 = 0.07$ dk. boş süre kalmaktadır. Kalan bu boş süreyi doldurmak üzere elverişli durumdaki 4, 8 ve 9 numaralı iş elemanlarından en büyük süreli olan 8 numaralı eleman da ikinci iş istasyonunda görevlendirilir. ikinci istasyondaki boş süre de $0.07 - 0.06 = 1$ düzeyine gelmiş olup bu istasyon da 3, 6 ve 8 numaralı iş elemanlarından kurulur.

- Üçüncü iş istasyonu için görevlendirilmek üzere 4, 7 ve 9 numaralı elemanlar kalmıştır. içlerinden elverişli durumda olanlar 4 ve 9 numaralı olanlardır. Bunların arasından ilk önce süresi en büyük olan 4 numaralı iş elemanı seçilir. Bu durumda ondan sonra gelen 7 numaralı iş elemanı da elverişli duruma gelir. Kalan boş süre $0.15 - 0.03 = 0.12$ dk olup elverişli durumdaki iş elemlarından en büyüğü olan 7 numaralı eleman seçilir. Şimdi kalan boş süre $0.12 - 0.05 = 0.07$ olup kalan sonuncu 9 numaralı iş elemanı da eklenince üçüncü iş istasyonundaki boş süre 0.03 dk olur.

Tüm iş elemanları görevlendirildiğinden işlem sona ermiş demektir. Bulunan sonuçlar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo (4.2): İş istasyonlarında Görevlendirilen İş Elemanları

İş İstasyonu	İş Elemanı	Süresi	Toplam Süre	Toplam Süre-Çevrim Süresi	Boş Süre
I	1	0.08	0.08	0.07	
	2	0.05	0.13	0.02	
	5	0.01	0.14	0.01	0.01
II	3	0.04	0.04	0.11	
	6	0.04	0.08	0.07	
	8	0.06	0.14	0.01	0.01
III	4	0.03	0.03	0.12	
	7	0.05	0.08	0.07	
	9	0.04	0.12	0.03	0.03

Çözüm sonucuna göre I ve II numaralı iş istasyonlarında boş süre yoktur. Ancak III numaralı istasyonda toplam olarak 0.05 dk

boş süre kalmıştır:

$$B = (k \times c) - \sum_{i=1}^n t_i = (3 \times 0.15) - 0.40 = 0.45 - 0.40 = 0.05$$

O halde denge gecikmesi,

$$d = \frac{(3 \times 0.15) - (0.40)}{3 \times 0.15} \times 100 = \% 11.111$$

% 12'den daha azdır.

Dengeleme probleminin çözümü için çevrim süresinin önemi büyüktür. Çevrim süresi değişirse gerekli olan minimum istasyon sayısı da değişecektir. Bu durumda yeniden dengeleme gerekecektir.

Çevrim süresinin artması da kurulacak iş istasyonu sayısını azaltacaktır. İş elemanı sürelerinin değişmesi de dengelemenin yenilenmesini gerekli kılar.

Örnek olarak sıklık süresinin 0.15 dk yerine 0.20 olduğu kabul edilirse ;

$$\frac{0.40}{0.20} = 2 \text{ adet minimum iş istasyonu sayısı}$$

bulunur.

4.2. KILBRIDGE-WESTER YÖNTEMİ

Kilbridge-Wester Yöntemi en az öncelik ilişkisi olan iş elemanlarının ilk istasyona yerleştirildiği sezgisel(heuristic) bir algoritmadır [12] .

iş elemanlarının öncelik ilişkileri belirlenerek ilk aşamada bir grupta yapılır ve ilk önce görevlendirilmesi gereken iş elemanı tespit edilir. Bu grubun sonraki iş elemanları için bir tablo yapılır. Bir iş elemanının başka bir iş elemanı ile yer veya grup değiştirip değiştirmeyeceğine bu tablo üzerinde karar verilir.

Bu algoritmayı uygulamak için aşağıdaki adımlar takip edilir:

Adım 1) iş elemanları sütun grupları içinde sıralanabilecek şekilde düzenlenebilmeli ve montaj hattında yer değiştirme öncelik ilişkileri kısıtlarına göre yapılabilmelidir.

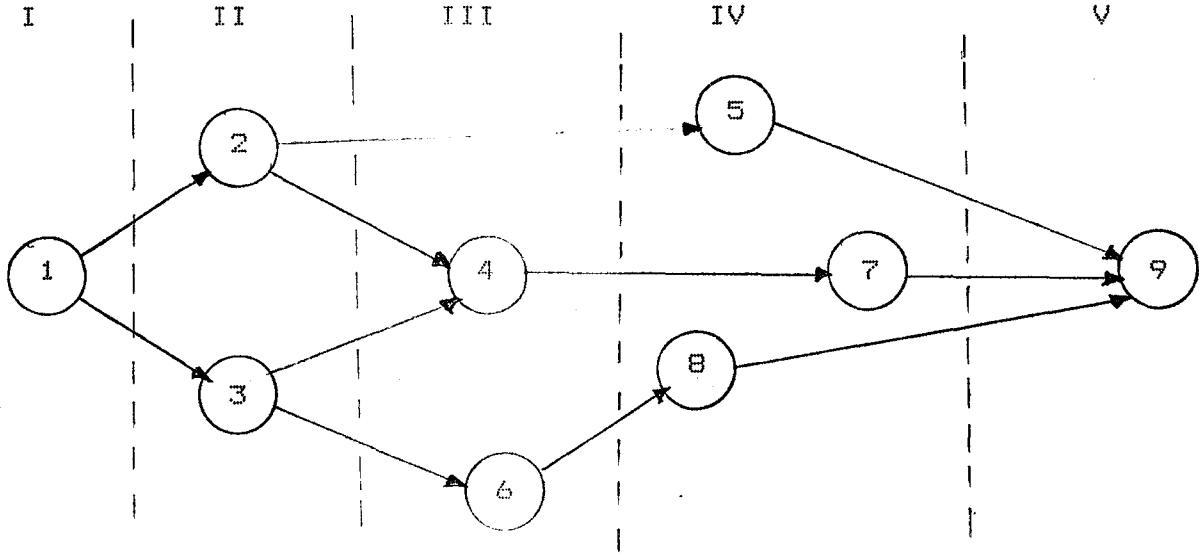
Adım 2) Ancak bu yöntem birden fazla çözüm verdiği için bir istasyonda görevlendirilen iş elemanı grup içinde yer değiştirebilir ve böylece optimum denge bozulmadan iş elemanı sıralaması değiştirilebilir.

Adım 3) Uzun süreli iş elemanları öncelikle görevlendirilir. Kısa süreli iş elemanları montaj hattının sonuna bırakılırlar.

Adım 4) iş elemanları sağa doğru yer değiştirirler.

Bu algoritma bir örnek ile aşağıda açıklanmaktadır:

9 iş elemanından oluşan bir montaj hattında çevrim süresi 0.15 dk. olsun. iş elemanlarının öncelik ilişkisi ve gruplandırılmaları aşağıdaki şemada gösterilmiştir.



Sekil (4.2): Öncelik ilişkileri Şeması

Burada beş dikey grup oluşturulabilmektedir. I grup ilk başlaması gereken işlemleri kapsamaktadır. II gruptaki işlemler I gruptaki bir veya daha fazla işlemin tamamlanmasından sonra başlar. Diğer sütünlardaki işlemler için de durum aynıdır. Bu ilişki diyagramı şimdi kolayca bir tabloya aktarılabilir.

Tablo (4.3) : K & W Yöntemi Tablosu - A

Gurup No:	İşlem No:	Grup Değişir- bilirliği :	İşlem Süresi:	Gurup için İşlem Süresi:	Yığınlı Süre:
I	1		0.08	0.08	0.08
II	2		0.05		
	3		0.04	0.09	0.17
III	4		0.03		
	6		0.04	0.07	0.24
IV	5		0.01		
	7		0.05		
	8		0.06	0.12	0.36
V	9		0.04	0.04	0.40
0.40					

İş elemanı toplamı 0.40 dk ve çevrim süresi 0.15 dk

olduğuna göre, minimum $0.40/0.15 = 2.666 \approx 3$ iş istasyonu kurmak gerekir. Tabloda III.üncü sütun gruplar arasında işlemlerin değişebilirilebilme olanaklarını gösterir. Çevrim süresi limiti aşılmayacak şu yaklaşım ile hareket edilir:

- Sonuncu yığınli sıra sütununda 0.15 dk sıklık süresine eşit bir süre aranır. Böyle bir süre yoktur.

- O zaman bu sütunda 0.15 dk'dan az olan en büyük süre seçilir. I.inci sütun için 0.08'yi seçilir.

- Çevrim süresinden bu süreyi çıkarınca kalan süre $0.15-0.08=0.07$ olur.

- Bir sonraki grupta hangi iş elemanlarının süresi bu kalan süreye eşittir. II.inci grupta 2 numaralı iş elemanının süresi kalan süreye yakındır.

- Eğer kalan süreye eşit bir işlem süresi yoksa bu süreye eşit veya daha az süre verecek işlemlerin süresi toplanır.

- Çevrim süresinden büyük olan en küçük yığınli olan I,II grup seçilir.

Tablo (4.4) : K & W Yöntemi Tablosu - B

Gurup No:	işlem No:	Grup Değişebilirliği :	işlem Süresi:	Gurup için işlem Süresi:	Yığınli Süre:
I	1		0.08		
II	2	III	0.05		
	3	III	0.04	0.17	0.17
III	4		0.03		
	6		0.04	0.07	0.24
IV	5		0.01		
	7		0.05		
	8		0.06	0.12	0.36
V	9		0.04	0.04	0.40
			0.40		

- I ve II guruptan bir veya daha fazla elemanı, süreyi

0.15 dk.ya indirmek için, ileriye transfer edilemez. Ama 4.iş elemanı III. guruba kaydırılırsa I.ve II. grubunda 1 ve 3. işlemle birlikte 0.13 dk. süre oluşturulur.

- Bu durumda yapılan en iyi görevlendirme, 3. nolu iş elemanının III grup atılmasıdır. Ama toplam süre gene 0.13 dakikadır. Yeni bir tablo oluşturulur ve yeni yığınlı süreler hesaplanır. (Tablo 4.5).

- Yeni tabloda I,II ve III grubunun yığınlı süresi çevrim süresi 0.15 dakikadan büyük en küçük süre olduğundan bu grup seçilir.

-Süreyi 0.15 dk. indirmek için ileriye kaydırılabilecek iş elemanı olup olmadığına bakılır. 2 ve 6. iş elemanları IV sütuna kaydırılırsa 1.inci istasyon süresi 0.13 dakikaya düşer.

Tablo (4.5) : K & W Yöntemi Tablosu - C

Gurup No:	işlem No:	Gurup Değişebilirliği :	işlem Süresi:	Gurup için işlem Süresi:	Yığınlı Süre:
	1		0.08		
	2		0.05		
I,II,III	3	IV	0.04		
	4		0.03		
	6	IV	0.04	0.24	0.24
	5		0.01		
IV	7		0.05		
	8		0.06	0.12	0.36
V	9		0.04	0.04	0.40

- Yeni tablo düzenlenir.(Tablo 4.6). Adım 1 ve 2 tekrarlanır. IV.sütun için en büyük yığınlı süresi olan 0.15 dk. dakikadan büyük olan en küçük gurup III,IV gurubu seçilir ve bu gruptaki en büyük iş elemanı olan 8. iş elemanı seçilir. Kalan süre $0.15 - 0.06 = 0.09$ dakikadır. Bundan sonraki en büyük iş elemanları 2 ve 7 arasından eşit olup önceki iş elemanı olan 2

seçilir. Bu sefer kalan süre $0.09 - 0.05 = 0.04$ dakikadır. 6 no.lu iş elemanı da eklenince toplam süre 0.15 dakika olur.

Tablo (4.6) : K & W Yöntemi Tablosu - D

Gurup No:	işlem No:	Gurup Değişebilirliği :	işlem Süresi:	Gurup için işlem Süresi:	Yığınlı Süre:
I,II	1		0.08		
	3		0.04		
	4		0.03	0.15	0.15
III IV	2		0.05		
	6		0.04		
	8		0.06	0.15	0.15
V	5		0.01		
	7		0.05		
	9		0.04	0.10	0.40

- Adım 4 tekrarlanır. O halde ikinci istasyon da 0 boş süre ile kurulmuş olur.

Tablo (4.7) : K & W Yöntemi Tablosu - E

Sütun No:	işlem No:	işlem Değişebilirliği :	Sütun için işlem Süresi:	Yığınlı Süre:	Bos Sure:
I II	1		0.08		
	2		0.05		
	4		0.03	0.15	0
III IV	3		0.04		
	6		0.04		
	8		0.06	0.30	0
V	5		0.01		
	7		0.05		
	9		0.04	0.40	0.05

Görüldüğü üzere ilk iki istasyonda boş süre yoktur. Diğer üç istasyondaki boş süreler toplamı 0.5 dk. olup denge gecikmesi:

$$d = \frac{(3 \times 0.15) - 0.40}{3 \times 0.15} \times 100 = \% 11.111$$

4.3. KONUMSAL AĞIRLIK YÖNTEMİ

Helgeson ve Birnie'nin sezgisel sıralama yöntemi olup işlemlerin öncelik sıralamasındaki göreceli konumları ve iş elemanı süresinin büyüklüğüne göre konumsal ağırlıkları saptanır[13]. Her iş elemanı için kendi süresi ile birlikte kendinden sonraki iş elemanlarının süreleri toplanarak konumsal ağırlık bulunur. Bundan sonra da konumsal büyüklük sırasına göre iş elemanları sıralanır.

Tükenmez kalem montajı örneğinin bu yöntem ile de çözülecektir. Aşağıdaki tablo öncelik ilişkisi matrisi olup birinci sütun iş elemanı numarası, ikincisi ise iş elemanı süresini göstermektedir. Bu yöntem ile kullanılabilen öncelik ilişkisi matrisi şu şekilde oluşturulmaktadır. İş elemanı numaraları üst satırda soldaki sütunun başına yazıldığı bir tablo düzenlenir. Satır numarası i sütun numarası j olsun. i satırındaki iş elemanı j sütunundaki iş elemanından bir önceki iş elemanı ise, (i,j) hücreğine 1 yazılır. Diğer tüm hücreler 0 değer alır.

Tablo (4.8) Konumsal Ağırlık Matrisi(Öncelik ilişkileri Matrisi)

iş Elemanı No:	iş Elemanı Süresi	j (j=1,2,...,n)	Konumsal Ağırlık
		1 2 3 4 5 6 7 8 9	
1	0.08	0 1 1 1 1 1 1 1 1	0.36
2	0.05	0 0 0 1 1 0 1 0 1	0.23
3	0.04	0 0 0 1 0 1 1 1 1	0.26
4	0.03	0 0 0 0 0 0 1 0 1	0.14
5	0.01	0 0 0 0 0 0 0 0 1	0.05
6	0.04	0 0 0 0 0 0 0 1 1	0.14
7	0.05	0 0 0 0 0 0 0 0 1	0.09 (i=1,2,..n)
8	0.06	0 0 0 0 0 0 0 0 1	0.10
9	0.04	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.04

Tablo (4.9) : Konumsal Ağırlık Yöntemi ile Çözüm Sonuçları

iş istasyonu No:	iş Elemanı No:	Konumsal Ağırlık:	iş istasyonundaki Toplam işlem Süresi:
I	1	0.36	0.15
	3	0.26	
	4	0.14	
II	2	0.23	0.15
	6	0.14	
	8	0.10	
III	5	0.05	0.10
	7	0.09	
	9	0.04	

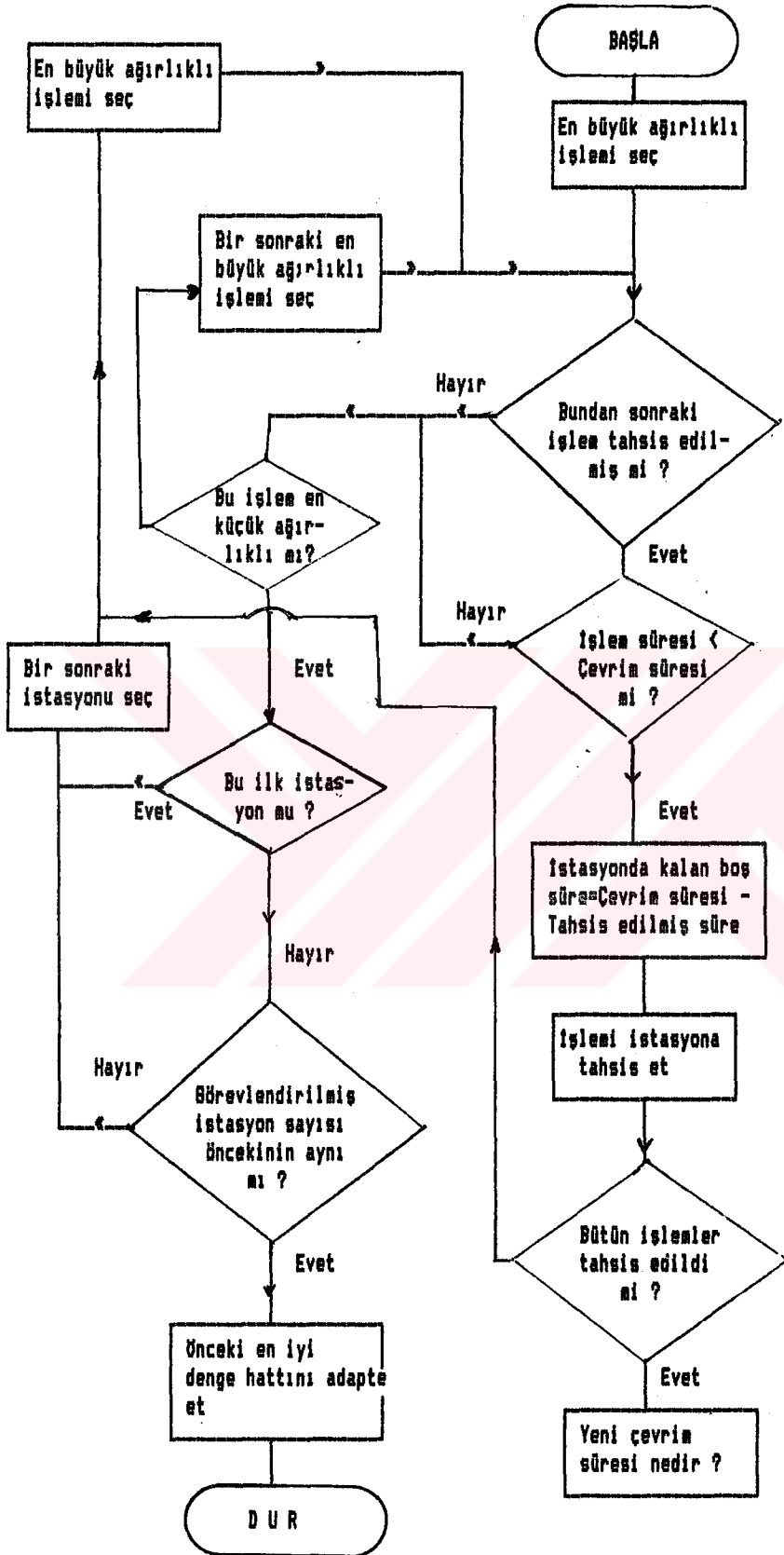
Bu çözüm % 11.111 oranında denge gecikmesi vermektedir. Mansoor tarafından Konumsal Ağırlık Algoritması için bazı koşullarda daha iyi çözümler üreten "Backtracking" yöntemi geliştirilmiştir [14].

Konumsal Ağırlık Yöntemi algoritmasının bir şeması takip eden sayfada gösterilmiştir.

4.4 HOFFMANN'IN ÖNCELİK İLİŞKİLERİ MATRİSİ YÖNTEMİ

Bu yöntem için program akış şeması Sekil.4.3 ile gösterilmiştir. Bu yöntem ile kullanılan öncelik ilişkisi matrisi şu şekilde oluşturulmaktadır [15] :

1) İşlem numaraları üst satırda soldaki kolonun başına yazıldığı bir tablo düzenlenir. Satır numarası i ve sütun numarası da j olsun.



Şekil 4.3 Konumsal Ağırlık Yöntemi İşlem Akış Şeması

2) Satır i 'daki eleman j sütunundaki elemandan bir önceki iş elemanı ise, (ij) hücrelerine 1 yazılır.

3) Diğer tüm hücreler 0 olacaktır.

Bu matrisi tüm olurlu permutasyonların üretilmesi amacıyla kullanmak için şu adımlar takip edilir:

1) Her kolonu toplanır ve bir kod numarası k ($i=1,2,\dots,n$) atanır. Bu satır matrisin dibine yerleştirilir.

2) Matrisin orta eksenine büyük sayılar atanır.

Dengeleme kod numarası k 'nın sıfırlar için taranması ile olur. Kod numarası için sıfırın anlamı iş elemanının k iş istasyonuna atanacağı demektir. Çünkü 0 değere tekabül eden elemanın bir önceliği yok demektir.

Olurlu bir kombinasyon üretilmesi ve montaj hattının istasyon bazında dengelenmesi için algoritma, bilgisayar kapasitesinin matrisler için kısıtlı olması nedeniyle çok büyük problemler için uygun değildir.

4.4. ÇÖZÜMLERİN RASSAL ÜRETİMİ İÇİN B.R PROGRAM- COMSOAL

"Computer Method of Sequencing Operations for Assembly Lines" için bir kısaltma olan "Comsoal" büyük boyutlu montaj montaj hatları için bir dengeleme yöntemidir [16]. Yüksek hızlı bilgisayar, örnekleme, Monte Carlo Tekniği ve Similasyon gibi çok kullanılan teknikleri birleştiren sezgisel bir yöntemdir.

En basit şekliyle montaj hattı dengeleme problemi belirli bir üretim hızı ile üretim yapan montaj hattına tahsis edilecek minimum sayıdaki iş istasyonunun görevlendirilmesidir.

Montajı yapılacak ürün tasarım spesifikasyonlarına uygun olacak şekilde belirli bir sıraya göre işlem yapacak olan iş elemanları (bunlara ait süreleriyle birlikte) tarafından işleme tabi tutulur. iş elemanları yapılması gerekli diğer aktivitelerden üretim işinin en küçük birimi olarak ayrılır. iş elemanları arasındaki ilişkiler öncelik ilişkileri şeması ile gösterilir. Buffa ve Tubert m! çeşit iş elemanı sıralaması ($15! = 1.307.674.368.000$) olduğunu ifade etmektedir[16]. Bu sebepten tüm olası çözümleri ele almak mantıklı değildir. öncelik ilişkisi olurlu iş elemanı sıralaması sayısını büyük ölçüde azaltır.

Ancak en iyi çözümü bulmak için tüm olurlu çözümlerin sıralanması gereksizdir. Genellikle en iyi çözümü bulmak için sezgisel (heuristic) bir yöntem kullanılmaktadır. Bilgisayarlarla en çok kullanılan sezgisel yöntem COMSOAL olarak adlandırılmaktadır [17] . Bu yöntem rassal (random) bir şekilde bir çok olurlu çözümler üretir ve en az iş istasyonu sayısına haiz olan çözümü seçer. Bundan başka, iş istasyonu adedi aynı olan birden fazla çözüm varsa (çoğu zaman durum böyledir), program bize üretimin çevrim süresini minimize eden çözümü seçer. Bu çözümün optimal olduğunu söylemek zordur. Ancak deneyimler mantıklı derecede büyük problemler için bu yöntemin diğer sezgisel yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir [16].

Kullananın bu programdan daha iyi bir sonuç alması için programı daha uzun bir süre için çalıştırması mantıklı olacaktır.

Bu program tüm iş elemanlarının her istasyonda işlem

görebileceği şekilde düzenleme yapılabilen ve öncelik ilişkisi gibi varsayımların kabul edildiği ve çok sayıda iş elemanı iş

istasyonunun gerekli olduğu dengeleme problemleri için önerilmektedir.

Bu çok kullanılan bir teknik olup rassal olurlul çözümler üretir ve en az iş istasyonu olanı seçer.

Tekniğin tanımlanması:

Verilen bir çevrim süresi için bu metod minimum sayıda iş istasyonunu aşağıdaki şekilde bulur:

- 1) Rassal olarak i iş elemanını seçer,
- 2) Bu i iş elemanı için öncelik ilişkisini kontrol eder ;
 - a) iş elemanı bir iş istasyonuna tahsis edilmez ise, (1) adıma gider,
 - b) iş elemanı bir iş istasyonuna tahsis edilirse (3) adıma gider.
- 3) i.inci iş elemanı süresini iş istasyonu süresine dahil eder;
 - a) iş istasyonu süresi $\geq$ çevrim süresi ise, (4) gider,
 - b) iş istasyonu süresi $\leq$ çevrim süresi ise, istasyona i.inci iş elemanını tahsis eder ve (5) adıma geçer.

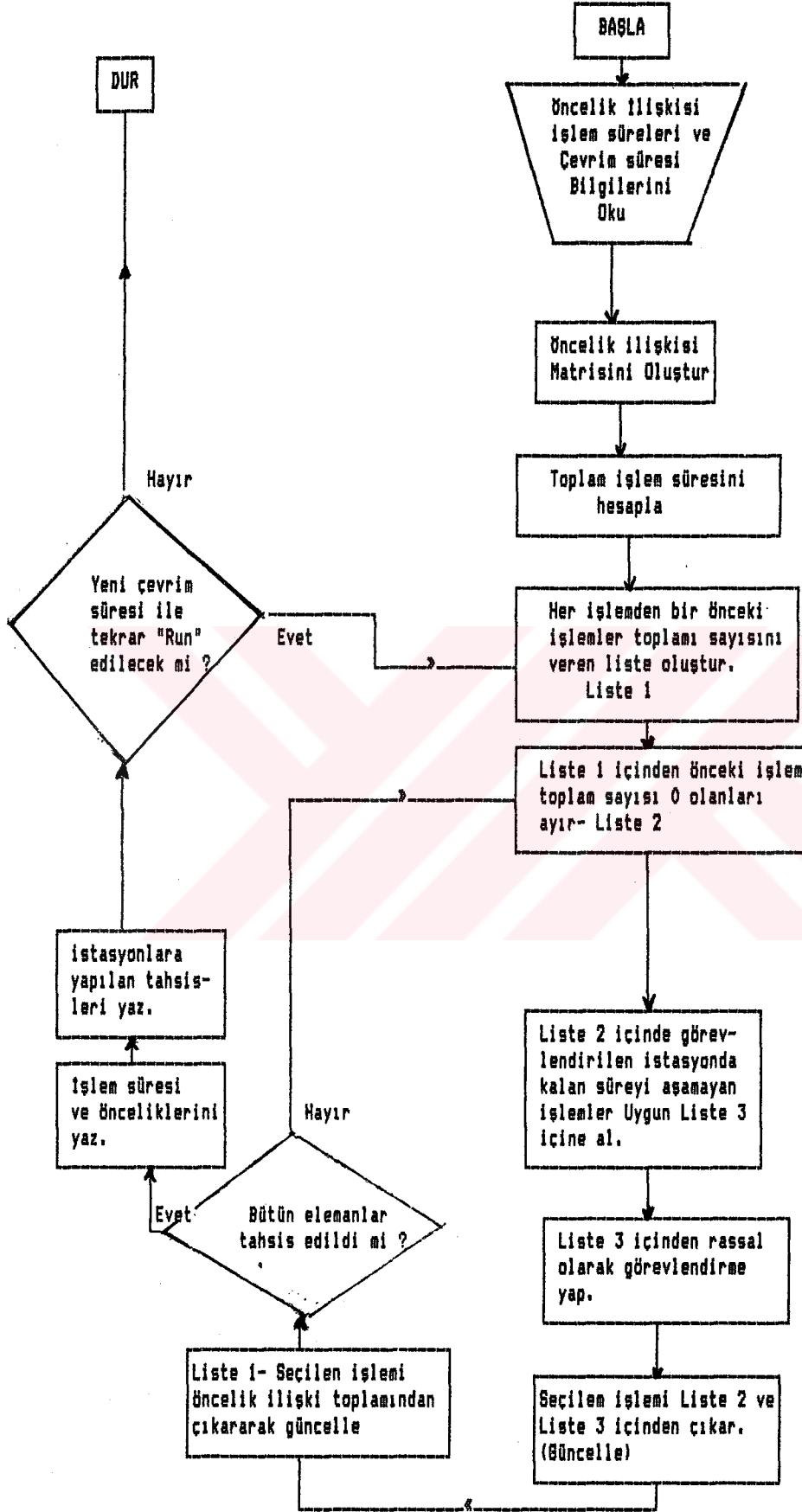
- 4) i.inci iş elemanını daha sonraki istasyona tahsis

eder ve B Boş Süreyi hesaplar $(B = kc - \sum_{i=1}^n t_i, i=1, n)$.

- 5) Tahsis edilen iş elemanı için, öncelik ilişkisi matrisini değiştirir.
- 6) (1-5) adımları tüm iş elemanları tahsis edilene kadar tekrarlanır.

Ek-B'deki bilgisayarlı Comsoal Yönteminin algoritmasının bir şeması takip eden sayfada gösterilmiştir.





Şekil 4.4 İşlemlerin Rassal Üretimi için COMSOAL Akış Şeması

BÖLÜM 5. TAM ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ (EXACT METHODS) .

Genel olarak işlem sayısı büyük olunca Tam Çözüm Yöntemleri gereken bilgisayar zamanı fazla olduğu için tercih edilmezler. Ancak günümüzün yüksek hızlı modern bilgisayarları için bu sorunun ortadan kalktığı gerçeği de yatsınamaz.

İşlem sayısı $n \geq 50$ olduğu zaman problemin boyutları büyük bir hızla artmaktadır. Hatta orta ölçekli problemler için bile Tam Çözüm Yöntemleri büyük zorluklar içermektedir. Örneğin, Patterson ve Albracht'in bilimsel bir dergideki makalelerinde bu yöntemle çözülen en büyük problemlerden birinin 70 iş elemanını içerdiği ve 770 adet bilinmeyenli denklemler dizisinin çözülmesinin gerektiği ve bunun için yaklaşık 10 dk'lık kıymetli bilgisayar zamanının kullanıldığından bahsedilmektedir [15]. Ancak artık günümüzde bilgisayar zamanının o kadar kıymetli olmadığı da bilinmelidir.

5.1. 0-1 TAMSAYILI (INTEGER) PROGRAMLAMA İLE ÇÖZÜM

Tamsayılı Programlama ile Montaj hattı dengeleme probleminde amaçlananlar şunlardır:

- 1) gerekli istasyon sayısının minimize edilmesi,
- 2) işlemlerin icrasının işlemlerin öncelik sırasına göre yapılması,
- 3) her istasyonda beklenen sürenin daha önceden yönetimin üretim hızı ile ilgili talebine göre tayin

edilen çevrim süresini aşmaması,

- 4) her işlemin tahsis edildiği iş istasyonu üzerinde bitirilmesidir.

Thangavelu and Shetty [16] 0-1 Tamsayılı Programlama fonksiyonu önermişlerdir. Bu algoritma problemin özel yapısından kaynaklanan avantajdan yararlanmakta olup verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamıştır. Thangavelu ve Shetty yöntemi aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır [19]:

$t_1, t_2, \dots, t_n$ işlem sürelerini içeren n iş elemanı

$(J_1, J_2, \dots, J_n)$ ve bunlar arasında öncelik ilişkileri vardır.

J_u iş elemanının J_v 'den önce gelmesi gerekirse indisler o

şekilde sıralanmalıdır ki $u < v$ olmalıdır.

J_i iş elemanı i .nci istasyona tahsis edilmiş ise,

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & (i=1,2,\dots,k) \\ 0 & \text{Aksi halde,} \end{cases}$$

ve k gerekli istasyon sayısının üst limiti olsun.

Bir istasyona tahsis edilen tüm iş elemanlarının toplam süresi çevrim süresinden küçük olmalıdır:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} t_j \leq c, \quad i=1,2,\dots,k$$

Tüm iş elemanlarının icra edilmesi de gereklidir. Bu kısıt aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir:

$$\sum_{i=1}^k x_{ij} = 1, \quad j=1,2,\dots,n$$

Öncelik ilişkisi ile aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir:

$$x_{hv} \leq \sum_{i=1}^h x_{iu}, \quad h=1,2,\dots,k: (u,v) \in R \dots\dots\dots (5-1)$$

olup dizin $R=\{ (u,v)/ J \text{ iş elemanı } J \text{ iş elemanından}$
 $\quad \quad \quad u \quad \quad \quad v$
 $\quad \quad \quad \text{bir öncekidir.} \}$

k adet öncelik ilişkisi var ise, öncelik kısıtları için yukarıdaki denklemden k tanesi gereklidir.

Amaç gerekli olan istasyon sayısını minimize etmektir.

istasyon sayısı,

$$\sum_{j=1}^n t_j / c \text{ rakamından daha büyük olan en küçük}$$

tamsayıdan daha küçük olamaz. k teorik olarak mümkün olan istasyon sayısının en küçüğü olsun. Böylece amaç fonksiyonu,

$$\min Z = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \dots\dots\dots (5.2)$$

$$c_{ij} = \begin{cases} t_j [\sum_{h \in F} t_h + 1]^{(i-k-1)}, & i = k+1, \dots, k: j \in F \\ 0 & \text{(Aksi halde)} \end{cases}$$

ve $F = \{ j / \text{işlem } J \text{ başka bir işlemden önce}$
 $\quad \quad \quad j$
 $\quad \quad \quad \text{olmamalıdır.} \}$

Bu amaç fonksiyonu k istasyondan fazlasının kullanımını çok masraflı kılmakta ve işlemlerin hat üzerindeki ilk istasyonlara tahsis edilmesini zorlamaktadır. Gerçekte daha sonra tahsis edilen işlem daha önce görevlendirilenlerin toplamından daha masraflıdır. ilk k istasyon mutlaka kullanılacağına göre bunlara masraf yüklenmeyecektir. Ayrıca kendisinden sonrası bulunmayan işlemler pozitif maliyet ile yüklenecektir. Çünkü bunlar hat üzerinde görevlendirilen sonuncu

işlemlerdir.

Thangavelu ve Shetty denkleminin aşağıdaki ile değiştirilebileceğini ifade etmişlerdir,

$$\sum_{i=1}^k (k-i+1)(x_{iu} - x_{iv}) \geq 0, \quad (u,v) \in R \dots\dots\dots (5-3)$$

çünkü (5-2) denklemini tatmin eden her çözüm

$$x_{iu} = \begin{cases} 1, & i=r \text{ için} \\ 0 & \text{Aksi Halde} \end{cases}$$

$$x_{iv} = \begin{cases} 1, & \text{bir } i=h \text{ için} \\ 0 & \text{Aksi Halde} \end{cases}$$

Böylece (5-2) ve (5-3) denklemleri J_h 'in J_r 'dan önce olduğunu ima ettiğinden sadece $r \leq h$ ise tatmin edilirler. Algoritma kısıt denklemlerinin eşitsizlik şeklinde olmasını gerektirir. (5-3) kısıt denklemi $(n+1)$ eşitsizliği ile değiştirilir:

$$1 - \sum_{i=1}^k x_{ij} \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \dots\dots\dots (5-4)$$

$$-n + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n x_{ij} \geq 0$$

ve problemin son şekli ;

$$\min Z = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (5-5)$$

aşağıdaki kısıtlar altında ;

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} t_j \leq c, \quad i = 1, 2, \dots, k$$

$$1 - \sum_{i=1}^k X_{ij} \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$-n + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n X_{ij} \geq 0$$

$$\sum_{i=1}^k (k - i + 1) (X_{iu} - X_{iv}) \leq 0, \quad (u, v) \in R$$

$$X_{ij} = 0, 1$$

Genel olarak $(k + n + R + 1)$ eşitsizlik kısıtları gereklidir.

Deneyimler bu algoritma ile bilgisayarda dinamik programlama yönteminden yaklaşık % 50 daha hızlı sonuçlar verdiğini göstermiştir.[20].

0-1 Tamsayılı programlama algoritmasının iki aşaması vardır. Birinci aşamada "Heuristic Assembly Line Balancing (HALB)" bilgisayar programı B&B metodu için bir limit oluşturur. İkinci aşamada "optimum Assembly Line Balancing (OPALB)" bilgisayar programı ve B&B metodu ile optimum çözüme ulaşılır.[21].

Algoritma Dal ve Sınır ağacının her seviyesinde olası dallarda (node) istasyon görevlendirme işlemi yapar.

Yöntem, geleneksel Dal ve Sınır Algoritması ile optimum çözüm olarak olurlu bir alt sınırın araştırılması mantığına dayanır. Bu sebepten her dalda (node) görevlendirilmemiş işlemler için HALB alt sınırının olurluğunun araştırılması yapılır. HALB geride kalan her dal (node) için üst ve alt sınırların eşitliğini sağlamak için bir üst sınır üretir.

Ayrıca algoritma çözümlerin kontrolü ile tahakkuk kuralı gereğince bazı noktaların (dalların) eliminasyonu yapılır.

5.2 DİNAMİK PROGRAMLAMA (DP) YÖNTEMİ .

İlk dinamik programlama algoritması 1956 yılında Jackson tarafından ortaya atılmıştır [22].

İlk istasyon tüm olurlu işlem alt kümelerinin görevlendirilmesi ile işe başlanır. Görevlendirilen bu olurlu işlem alt kümelerinin bir tanesi optimum olmasına rağmen bunun hangisi olduğu henüz bilinmemektedir.

Ardından birinci istasyonun görevlendirilme şartı dahil olmak üzere, ikinci istasyon için olurlu işlem kümesi oluşturulur. Daha sonra birinci ve ikinci istasyon kombinasyonu şartı altında, üçüncü istasyon için de olurlu işlem alt kümeleri oluşturulur. Her seferinde bir sonraki istasyonun ilavesi ile iterasyon sürdürülür. Başka istasyonlarda bulunmayan daha iyi işlem alt kümeleri birbirine eşdeğer işlem kümelerine göre tercih edilir.

BÖLÜM 6. DİĞER MONTAJ HATTI DENGELEME MODELLERİ.

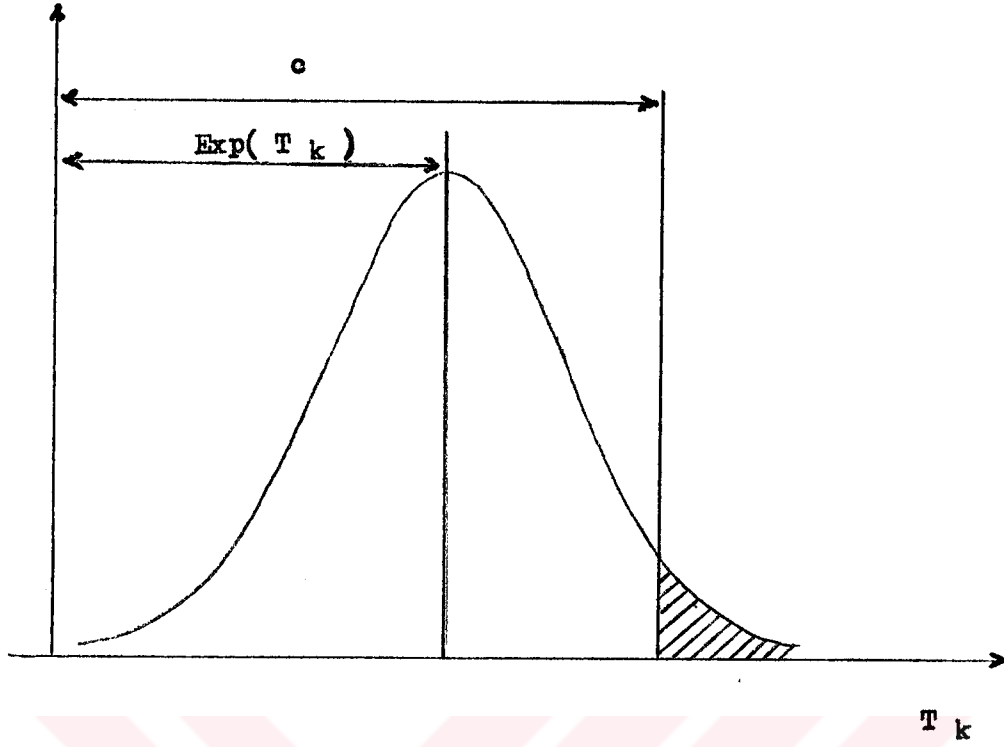
6.1 DEĞİŞKEN ELEMAN ZAMANLI MONTAJ HATTI DENGELEME MODELİ

Montaj hatlarının dengelenmesinde değişken iş elemanı zamanlarının bir faktör olduğu Buffa ve Tubert tarafından üretim hatlarının muntazam hareketlerinin incelenmesi sırasında ileri sürülmüştür [16]. Moodie montaj hatlarının dengelenmesi için değişken süreleri kullanmış ve iş elemanı sürelerinin gerçekte normal dağılımı ile yaklaşık olarak temsil edilen rassal değişkenler olduğunu, bu değişkenlerin normal dağılımlı karşılıklı bağımsız olduğunu ve bunların kovaryansının σ_{ij} $i = j$ (i ve j değişken iş elemanlarıdır) olduğunu ileri sürmektedir [5].

Normal dağılım ve bağımsızlık varsayılarak montaj hattındaki bir iş istasyonunu teşkil eden iş elemanlarının toplamı olan $\sum_{i=1}^n t_i$ 'nin varyansı her elemanın tek tek varyanslarının toplamına eşittir:

$$V(T) = \sum_{i \in J} V(t_i)$$

Normal dağılım teorisi bir iş istasyonuna tahsis edilen işlerin tamamlanması için geçen zamanın çevrim süresini aşacağı olasılığını hesaplamak için kullanılabilir.



Şekil (5.1): Normal Dağılımlı İstasyon Süresi Değişkeni

Şekil 5.1 den zamanın belli bir kısmı sırasında (taralı alan) bir istasyon süresi çevrim süresini geçebilir. İstasyon süresinin çevrim süresini aştığı zaman meydana gelen iş tıkanıklığı dahil montaj hattında bazı verimsiz durumlara sebep olabilir. İş tıkanıklığı için cezalar, c çevrim süresini aşmak üzere k istasyonun özel bir olasılık değeri için maliyet ölçüsüne ulaşmanın yolu tamamen yönetimin kararına bırakılmıştır. Sürelerin rassal değişken olduğu kabul edilirse, birçok yazar (örneğin, Buffa 1972) tarafından istasyonlar arasına konulan güven stoklarının montaj hattının üretim hızını gerçekten etkilediği gösterilmiştir. Bu model proses içi stok maliyetlerinin düşünülmemesi dezavantajını taşımaktadır.

Sabit(deterministic) sürelerin denge gecikmesi kriteri normal dağılımlı rassal sürelerle uydurulmak suretiyle aşağıdaki şekilde değiştirilebilir :

Sürenin tamsayı olması durumunda,

$(c - T_k) \geq 0$ kısıtı altında,

$$d = \frac{mc - \sum_k T_k}{mc} \text{ minimize edilmektedir.}$$

T_k normal dağılımlı rassal bir değişken olduğundan, bunun ortalama değerinin (expected value) düşünülmesi gerekir. T_k 'yi $\hat{T}_k$ ile değiştirerek,

$$\hat{T}_k = \text{Exp} (T_k) + p \sigma (T_k) \text{ elde edilir.}$$

Burada p bir sabit olup , verilen iş istasyonu sürelerinin çevrim süresini aşma olasılık değeri için istatistik tablolardan bulunan standart sapmanın sabit bir katsayısıdır. Örneğin, istasyon süresinin çevrim süresini aşma olasılığı için % 5 dersek, p katsayısının değeri 1.645 ve % 15 dersek bu değer 1.035 olacaktır.

Böylece değişken veriler için yeni amaç fonksiyonu şöyle olacaktır;

$$d = \frac{mc - \sum_{k=1}^m \left(\frac{\text{Exp}(T_k)}{k} + p \sqrt{\frac{V(T_k)}{k}} \right)}{mc} \dots (6-1)$$

$\text{Exp}(T_k)$ burada $\bar{T}$ 'yi teşkil eden eleman sürelerinin toplamının ortalama değeri(mean value) olup, $V(T_k)$ ise k.ıncı istasyondaki eleman sürelerinin toplamının varyansıdır.

Eğer $(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)$ ortalama değer(mean) $(t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n)$ için normal değişkenler olsun, $(V(t_1), V(t_2), \dots, V(t_i), \dots, V(t_n))$ varyans olsun, o zaman bu değişkenlerin kendi aralarında karşılıklı bağımsız oldukları kabul edilerek,

$$\text{Exp}(T_k) = \text{Exp} \left(\sum_{i \in J_k} x_i \right) = \sum_{i \in J_k} \text{Exp}(x_i) = \sum_{i \in J_k} t_i = \bar{T}_k \text{ ve}$$

$$V(T_k) = \sum_{i \in J_k} V(t_i) \text{ olur.}$$

O halde, $\sqrt{V(T_k)}$ ile temsil edilen k.ıncı istasyonun standart sapması $\sigma(T_k)$ olur.

Bu değerleri (6-1) denkleminde yerine konursa,

$$(\text{Minimum}) \quad d = \frac{mc - \sum_{k=1}^m \left(\frac{\bar{T}_k}{k} + p \sigma(T_k) \right)}{mc} \dots (6-2)$$

elde edilir.

$$\hat{T}_k = \bar{T} + p \sigma (T_k) \text{ olarak tanımlanırsa, denklem (6-2)}$$

şu şekilde yeniden yazılabilir;

$$(\text{Minimum}) \quad d = \frac{(mc - \sum_{k=1}^m \hat{T}_k)}{mc}, \dots\dots\dots (6-3)$$

Böylece, sabit(deterministic) veriler için kullanılan montaj hattı dengeleme problemlerinin çözümleri değişken veriler için sadece T_k değerlerinin yeniden tanımlanması ile mümkün olmaktadır.

Bu genel yöntem çevrim süresinin yorumları ile tekli veya karışık model montaj hattı dengeleme problemleri için de kullanılabilir. Karışık modellenli hatlarda dengeleme metodu ya çevrim süresi veya günlük üretim süresi esasına göre yapılır.

$$\text{Toplam işçilik Maliyeti} = (mc - \sum_{k=1}^m \hat{T}_k) + (\text{iş Parçalarının darboğazı dolayısıyla Konulan Ceza})$$

6.2 KARIŞIK MODEL MONTAJ HATLARI

Karışık model montaj hatları üretici firmanın genel bir ürünün farklı temel modellerinin belirli aralıklarla aynı montaj hattında yığın halinde üretimi ve bunların stoklarının elde bulundurulması halidir. Örneğin, modellerin renk, kapı adedi, motor tipi gibi değişiklikler arz ettiği otomotiv endüstrisi bu tip üretimin bariz bir örneğini arz eder. Benzer üretim farklılıkları televizyon, beyaz eşya ve tarım makineleri gibi endüstri kollarında da görülür.

Karışık model montaj hatlarının avantajları şunlardır:

- i) Her model için sürekli bir üretim akışı sağlanır.
- ii) Ürün stoklarını azaltır.
- iii) Montaj hatlarının her ürün için değiştirilmesini gerektirmez.
- iv) Üretimde esneklik sağlar.

Ancak, karışık model montaj hatları modellerinin üretim için sıraya konulması ve parçaların alt montaj için programlanması gibi problemleri içerir.[22].

Karışık model montaj hattının dengelenmesinde kullanılacak tekniklerin genel olarak işleyişi şu şekildedir.

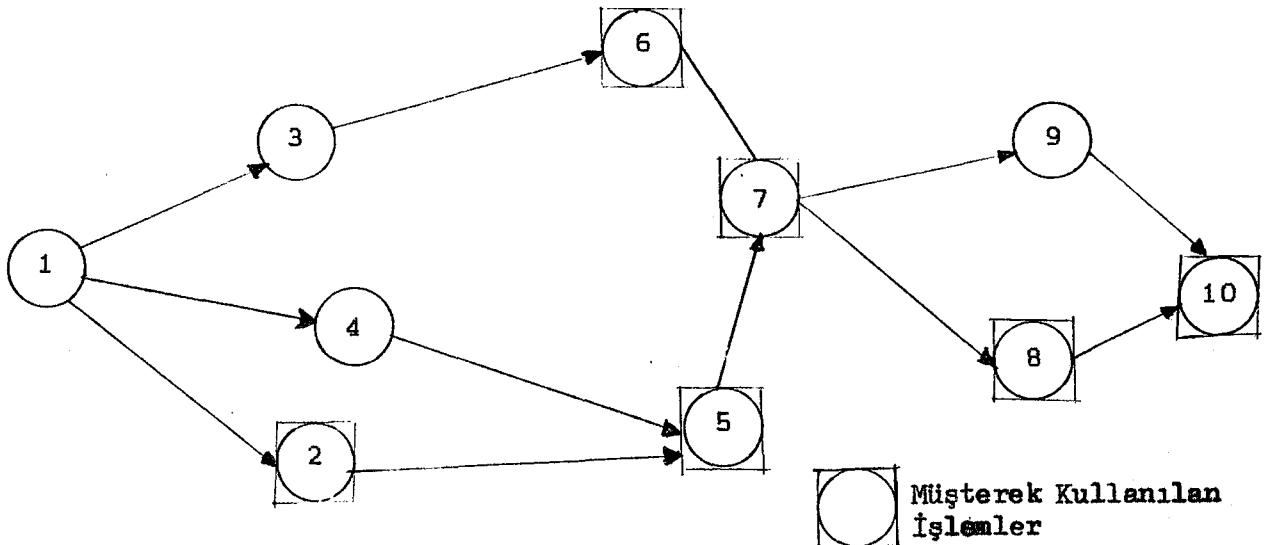
Ürünlerin tümünü içeren bir öncelik ilişkisi akış diyagramı çizilir. Belirli bir imalat dönemi içinde modellerden kaçar adet üretileceği Pazarlama Bölümünden öğrenilir. Her model için toplam işlem süreleri hesaplanır.

Konumsal ağırlıklar bulunur ve iş istasyonları üretim hacmine göre hesaplanan çevrim süresine göre oluşturulur. Birbirine benzer iş elemanlarının aynı iş istasyonunda görevlendirilmesi halinde bu teknik iyi sonuçlar vermektedir. Etkili bir karışık model montaj hattının planlanabilmesi için önce model sıralamasının yapılması gerekir. Modeli sıralaması iki şekilde yapılır:

- i) Değişir oranda model sıralaması,
- ii) Sabit oranda model sıralaması.

i) Değişir oranda model sıralamasında, üretilen modelden sonra montaj hattına alınacak modele başlama süresi önceki modelin çevrim süresine eşittir. İş istasyonlarının ise başlama süreleri arasındaki fark en büyük çevrim süresi kadar olmalıdır. Çevrim süresi küçük olan model ile başlanırsa montaj hattında büyük çevrim süresi olan modelin olmadığı zamanlarda boş zamanlarda artış olur. Boş süreleri modellerin çevrim süreleri arasındaki farklar belirler.[28].

Yöntemin işleyişi x ve y modellerinin üretildiği bir montaj hattı örneği ile açıklanmaktadır.



Şekil 6.2 Karışık X ve Y Modelleri için öncelik ilişkileri

X modeli için günlük talep 100 birim ve Y modeli için ise 50 birim olsun. X ve Y modelleri için genel iş akış şeması düzenlenir. İş elemanları, süreleri, üretim miktarını ve toplam süreye göre işlemlerin konumsal ağırlıklarını gösteren bir tablo düzenlenir.

Tablo 6.1 Karışık Modeller için Konumsal Ağırlıklar

İşlem	Süre	Günlük Üretim Miktarları			Toplam	Toplam Süreye Göre
		X	Y	Toplam(X+Y)	Süre(2)x(5)	Konumsal Ağırlık
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	0.10	100	0	100	10	138.5
2	0.20	100	50	150	30	84.5
3	0.15	100	0	100	15	55.5
4	0.25	100	0	100	25	79.5
5	0.12	100	50	150	18	54.5
6	0.08	0	50	50	4	40.5
7	0.14	0	50	50	7	36.5
8	0.07	100	50	150	10.5	27
9	0.05	0	50	50	2.5	19
10	0.11	100	50	150	16.5	16.5
1.27		700	350	1050	138.5	

Çevrim süresi konumsal ağırlığı büyük olan işlemlerin toplam sürelerine göre , küçük ise bazı istasyonlar birleştirilir. Örneğin çevrim süresi 25 dk. ise, $138.5/25=4.62 \approx 5$ iş istasyonu kurulacaktır. Toplam süre sütununda çevrim süresinden fazla bir süresi olan işlem olsaydı bir veya daha çok iş istasyonu birleştirilerek daha büyük bir çevrim süresine göre iş elemanlarının gruplandırılması gerekirdi. Konumsal ağırlığına göre önce 1 ve 2 numaralı işlemler görevlendirilir. İş istasyonu süresi $10 + 20 = 30$ dk. olup çevrim süresine eşittir. İkinci iş istasyonu için konumsal ağırlık sıralamasına göre ilk

Önce 4.üncü eleman seçilir. İstasyonda kalan süre 30-25 = 5 dk.dır. Sıralamadaki işlemlerden 9 numaralı 5 dk. olmasına rağmen 5,6,7 numaralı işlemlerden sonra gelmesi gerekir. Konumsal ağırlık sıralamasına göre ilk önce 3 numaralı işlem seçilir. İstasyonda 30-15 = 15 dk. boş süre kalmaktadır. Sıralamada bundan sonra gelen 5 numaralı elemanın süresi 12 dk. dır. O halde üçüncü istasyonda kalan boş süre 30 - (15+12) = 3 dk. dır. Dördüncü iş istasyonu sıralamaya göre 6,7,8 numaralı işlemlerden kurulur. Bu istasyonun boş süresi 30 - (8+14+7) = 1 dk. dır. Sonuncu iş istasyonu da 9 ve 10 numaralı işlemlerden kurulur ve boş süresi 30 - (5+11) = 13 dk. dır.

Denge gecikmesi ,

$$d = \frac{(30 \text{ dk.} \times 5) - 138.5}{(30 \times 5)} = \% 7.67$$

ii) Sabit oranda model sıralamasında [28] montaj hattına yükleme aralığı ilk parça veya modelin çevrim süresinden büyük olmamalıdır;

$$Y_a \leq C_i$$

Y_a : Yükleme aralığı,

C_i : i birim için iş istasyonu çevrim süresi,

m : Üretilecek toplam model sayısıdır.

Bu koşul,

$$2 Y_a \leq C_1 + C_2$$

$$\begin{aligned}
 3 Y_a &\leq C_1 + C_2 + C_3 \\
 &\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 m Y_a &\leq C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_m \\
 \text{veya} \\
 Y_a &\leq \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_m}{m} \dots\dots (6.4)
 \end{aligned}$$

Bir modelin birbirini takip eden istasyonlarda işlem görme aralığı B_a ise ,

$$\text{Optimum } B_a = \text{Max } C$$

Diğer bir ifade ile optimum başlama aralığı en uzun çevrim süresine eşittir.

Optimum yükleme aralığı,

$$\text{Optimum } Y = \frac{\sum_{j=1}^m N_j C_j}{\sum_{j=1}^m N_j} \dots\dots\dots (6.5)$$

N_j : j. inci modelden istenen toplam miktar.

C_j : j. inci model için çevrim süresidir.

Ancak operatür boş süresinden ve hat üzerinde iş çakışmasından kaçınmak için,

$$0 \leq \sum_{h=1}^i C_h - i Y_a \leq B_a - Y_a$$

olmalıdır.

Boş istasyon süresi ve iş çakışması kaçınılmaz olmasına rağmen modellerin sıralamsı dikkatli yapılırsa bunlar en aza indirilebilir.

iyi bir sıralama için de montaj hattına yeni model verildikçe , her i aşamasında,

$$\sum_{h=1}^i c_h - i Y_a \dots\dots\dots (6.6)$$

fonksiyonu minimize edilecek şekilde karar verilmelidir.

BÖLÜM 7. TOPLAM MALİYET MINİMİZASYONU MODELİ

iş istasyonu sürelerinin değişken olması sebebiyle, istenen çevrim süresi tüm üretim esnasında sabit tutulamaz. Montaj hattından çıkan ardıl iki ürün arasındaki süre rassal bir değişkendir. Gerçekten de bu seri halinde bir kuyruktan ayrılma (Interdeparture times) süreleri gibi düşünülebilir. Ancak Kuyruk Teorisi (Queing Theory) bu rassal değişkenin davranışları hakkında açıklayıcı olamamaktadır (Diğer bazı özel dağılımlar hariç) [24].

İstasyonlar arasındaki stoklar, getirdiği ek bir stok maliyeti ile birlikte üretim hattının tıkanmasını önler. Deterministik sürelerin varsayılması durumunda ayrılma süreleri maksimum istasyonuna özdeştir. O da çevrim süresine eşittir. Öncelik ilişkisi kısıtı altında montajı yapılan ürün başına toplam maliyetin

minimizasyonu, çeşitli maliyetlerin düşünülmesi gerektiğinden montaj hattı dengeleme modelini çok karmaşık hale getirmektedir. Mansoor ve Ben-Tuvia değişken iş istasyonları süreleri ile mükemmel bir şekilde dengelenmiş montaj hattı ve n istasyon için en iyi çevrim süresi c' yi bulmayı amaçlayan iyi bir yöntem geliştirmişlerdir [25].

Ancak onların aradığı bu optimum c sadece işçilik maliyetini minimize etmekte olup bu metod da yetersizdir.

Freeman ve Jucker amaç fonksiyonunu içeren bir çözüm metodu göstermektedirler [24];

Toplam Maliyet/Birim = işçilik Maliyeti/Birim + Stok Maliyeti/Birim + Kolaylık Masrafı /Birim + Ceza Masrafı/Birim

BÖLÜM 8

UYGULAMA

Bu inceleme tezinde Mercedes-Benz Türk A.Ş. firması tarafından üretilen 0304 model otobüslerinin istanbul, Hoşdere'deki yeni montaj fabrikasında bulunan montaj bandının dengelenmesi yapılmıştır.

Otobüslerin karösörleri Topkapı, istanbul'daki fabrikada hazırlanmakta ve montaj işlemine Hoşdere'deki fabrikada devam edilmektedir.

işlem sayısının 200'ün üzerinde olması sebebiyle çok sayıda işlemlili montaj hatlarında tercih edilen ve Arcus tarafından geliştirilmiş Rassal Çözümü Yöntemi - Comsoal Algoritmasının Basic bilgisayar dilinde yazılmış programı kullanılmıştır [26].

8.1 MODEL İLE İLGİLİ VERİ TOPLAMA

Montaj hattı dengelenmesi amacıyla minimum düzeyde aşağıdaki verilerin toplanması gereklidir:

- i) Birim zamanda üretim hacmi,
- ii) iş elemanlarının listesi ve bunların öncelik ilişkileri,
- iii) iş elemanlarının tahmini süreleri (Standart süre) ve bu sürelerin değişkenlik durumunun araştırılması.(istatistiki özellikleri).

**TABLO 8.1 MERCEDES 0304 HOŞDERE MONTAJ FABRİKASI
MONTAJ BANDI İŞLEMLERİNİN TANIMLANMASI**

MONTAJ MERKEZİ # 1

İŞLEM NO:	İŞLEM TANIMI :	STANDARD SÜRE :	YAPAN KISIM :
E1	Ana kablo,Kilometre,Ön cihaz odası kablo demeti montajı	1.93	E
E2	Kablo demetinin motor odası bağlantısının yapılması	1.00	E
E3	Tavan kablo demeti montajı	1.33	E
E4	Telefon kablo demeti montajı	0.30	E
E5	Turbo havalandırma kablo demeti montajı	0.52	E
E6	Termometre kablo demeti montajı	0.25	E
E7	Şöför hoparlör kablo demeti montajı	0.27	E
E8	Ön sigorta odası,cihaz bağlama plakaları montajı	4.17	E
E9	Silecek hareket mekanizması,motoru,su pompası montajı	1.13	E
E10	Radio anten montajı	0.17	E
E11	Motor odası kablo demeti	0.17	E
E12	Arka cihaz odası ve mikro şalterlerin montajı	5.00	E
E13	Akü kablolarının montajı	0.42	E
E14	Motor odası lamba montajı	0.50	E
E15	Yangın ihbar sistemi montajı	0.50	E
E16	Otomatik sigorta montajı	0.50	E
E17	Geri vites ikaz düğümü bağlantısı	0.12	E
E18	Koridor aydınlatma kablo demeti montajı	0.20	E
E19	Akü kasası ve kızıkları montajı	0.35	E
E20	Stop lamba bağlantılarının hazırlanması	0.17	E
E21	Viking ventil elektrik tesisatının montajı	1.00	E
E22	Rezistanslı şöför camı kablo demeti montajı	0.50	E
M23	Motor odası ve şanzıman bölgesinin ızalasyonu	12.00	M

AÇIKLAMA : E = ELEKTRİK KISMI

M = MEKANİK KISMI

S = SÜSLEME KISMI

TABLO 8.1 Devam

İŞLEM NO:	İŞLEM TANIMI :	STANDARD SÜRE :	YAPAN KISIM:
M24	Arka traversin sökülmesi	0.12	M
M25	Motor odası teleskop montajı	0.10	M
M26	Radyatör alt saçlarının sökülmesi	0.10	M
M27	Webasto montajı (Yakıt donanımı ve egzost sistemi ile birlikte)	1.00	M
M28	Radyatör ayırma duvarı montajı	1.20	M
M29	Devirdaim pompası montajı	0.20	M
M30	Hava ve su radyatör montajı	0.80	M
M31	Vites şaft ve yataklarının montajı	1.40	M
M32	Hava,yakıt,debriyaj yağı,direksiyon yağı ve kalorifer boy boruları montajı	1.50	M
M33	Kalorifer borularının montajı	3.10	M
M34	Gaz çubukları montajı	0.75	M
M35	Basıncı regülatörü ve hortumları montajı	0.17	M
M36	Hava donanımı susturucusu ve borusu montajı	0.12	M
M37	Alkol pompası ve bağlantıları montajı	0.13	M
M38	Hava tüpü montajı 1.5 LT	0.27	M
M39	Yakıt filtre imbusat depo grubunun montajı	0.33	M
M40	Dört yollu ventil montajı	0.13	M
M41	Viking Ventil ve teferruatı montajı	1.00	M
M42	Veksel ventil montajı	0.50	M
M43	Motor odasındaki boruların montajı	1.00	M
M44	Yakıt deposu montajı	1.00	M
M45	Vizko pervanesinin taşıyıcısı ile birlikte montajı	1.00	M
M46	Koridor önü kaloriferi montajı	0.75	M
S47	kapıların sökülmesi	0.83	S

TABLO 8.1 Devam

İŞLEM NO:	İŞLEM TANIMI :	STANDART SÜRE :	YAPAN KISIM :
848	Mekanik teleskopların sökülüp gaz yaylı teleskopların montajı	0.83	8
849	Arka bombe iç sac kaplamaları montajı	0.83	8
850	Ön göğüs iç kaplamalarının yapılması	2.67	8
851	Tavan havalandırma kapakları montajı	1.67	8
852	Turbo havalandırma montajı	0.50	8
853	Taban Tahtalarının montajı	4.50	8
854	Tavan ve yan duvar izolasyonu	3.33	8
855	Yan çıta dübellerinin montajı	1.30	8
856	Araç yanlarına naylon yapıştırılması	0.83	8
857	Bagaj kapak tutucularının değiştirilmesi (paralel kapaklar için)	3.50	8
858	Taban tahtalarının ek yerlerine macun çekilmesi ve tevsiyesi	2.75	8
859	Dış yan alüminyum çıta montajı	1.00	8
860	Arka beşli soluna hava emiş sacının montajı	0.50	8
861	Motor Kapağı izolasyonunun Yapılması	0.50	8
MONTAJ MERKEZİ # 1 TOPLAM ZAMANI		74.71	

TABLO 8.1 Devam

MONTAJ MERKEZİ # 2

İŞLEM NO:	İŞLEM TANIMI :	STANDARD SÜRE :	YAPAN KİŞİ :
M1	Direksiyon kutusu ve ara kolu montajı	0.50	M
M2	Pedal yatağı montajı	0.40	M
M3	Vites kolu montajı	0.40	M
M4	Hava tüpleri montajı	1.00	M
M5	Gaz çubuğu manivelalarının montajı	0.60	M
M6	Ön aks bölgesi hava,yağ yakıt ve kalorifer borularının montajı	1.70	M
M7	Arka aks bölgesi hava,yağ yakıt ve kalorifer borularının montajı	1.90	M
M8	Ön çeki demirinin montajı	0.25	M
S9	Araç altına çekopurit tatbik edilmesi	2.50	S
S10	Yan formika çıtaları ve yan formikaların montajı	3.00	S
M11	Körük tablalarının montajı	0.35	M
M12	ABS-ASR kumanda ventillerinin montajı	0.70	M
M13	Retarder soğutma suyu borularının montajı	0.35	M
M14	Bugü takozlarının montajı (Arka yan takozlar dahil)	1.15	M
M15	Stabilazör milinin montajı	1.25	M
M16	Çolak rot ve rot kollarının montajı	0.50	M
M17	Karoseri alçaltma ve yükseltme ventillerinin montajı	1.50	M
M18	Yükseklik ayar ventillerinin ve teferruatının montajı	1.00	M
S19	Oto tabanlığı yapıştırılması	3.00	S
E20	ABS duyucu bağlantılarının yapılması	0.75	E
M21	Kapı hava donanımı montajı	1.75	M
M22	Kapı hava ventillerinin montajı	1.40	M
M23	Toz lastiklerinin montajı	0.50	M
M24	Havalı korna montajı	0.10	M

TABLO 8.1 Devam

İŞLEM NO:	İŞLEM TANIMI :	STANDARD SURE :	YAPAN KISIM :
825	Kumaş kaplanmış tavan formikalarının montajı	3.00	S
826	Ön arka basamak yanlarına ve motor odası üzerine halı yapış. 2.65		S
827	Yan duvar iç kaplama işlerinin yapılması (Ön cam direk içi vs.	1.50	S
828	Isıtma kanalı ve koridor yanlarına halı yapıştırılması	1.60	S
829	Ön kalorifer montajı	1.50	S
830	Ön tampon montajı	1.50	S
M31	Hava sızdırmazlık testi yapılması	1.00	M
E32	Klima elektrik tesisatı montajı	1.50	E
E33	Kalorifer ısıtma sistemi elektrik bağlantıları	1.50	E
E34	Şoför yatma yerinin elektrik teferruatının montajı	1.50	E
M35	Arka çeki kancası pimi montajı	0.15	M
M'3 6	Şoför yatma yerinin kalorifer radyatörünün montajı	0.50	M
MONTAJ MERKEZİ # 2 TOPLAM ZAMANI (YÜKSEK İSTASYONLAR)		44.45	

TABLO 8.1 Devam

MONTAJ MERKEZİ # 3

İŞLEM NO:	İŞLEM TANIMI :	STANDARD SURE :	YAPAN KISIM :
E1	ABS kablolarının araç/aks bağlantılarının yapılması	0.50	E
E2	Motor elektrik sisteminin montajı	0.50	E
M3	Ön-arka aks ve motorunun araca montajı (Denge milleri amortisörler, kardan mili ile birlikte)	12.00	M
M4	Ekzost manifold borularının montajı	0.35	M
M5	Kabarcık ayırıcı ve motor soğutma suyu boruları montajı	0.60	M
M6	Ekzost susturucusunun montajı	0.80	M
MONTAJ MERKEZİ #3 (AGREGA MONTAJ İSTASYONU - AĞIR PARÇA MONTAJI) TOPLAM ZAMANI		14.75	

TABLO 8.1 Devam MONTAJ MERKEZİ # 4

İŞLEM NO:	İŞLEM TANIMI :	STANDARD SURE :	YAPAN KISIM :
M1	Kayışların montajı ve ayarı	0.75	M
M2	Körük koruyucularının montajı	1.00	M
M3	Hava,yakıt,yağ borularının,motor ve akslarla bağlantılarının yapılması	1.00	M
S4	Soför yatma yerinin ve pancurunun montajı	6.00	S
S5	Soför yatma yerine halı yapıştırılması	1.33	S
S6	Bagaj tabanına oto tabanlığı düşenmesi	2.40	S
S7	Hava kanalı alüminyum profili tutucuları,alüminyum profillerinin ve aydınlatma camlarının montajı	5.50	S
S8	Perde alüminyum profilinin montajı	1.80	S
S9	Bagaj kapaklarının kilit çubukları ve kilit montajının yapılması ve ayarı	10.00	S
M10	Tekerleklerin Montajı	0.50	M
S11	Mercedes yıldızının ve basamaklara MB yazısının montajı	0.45	S
S12	Ön cam defrosterlerinin montajı	0.50	S
S13	Defroster kraft hortumlarının montajı	0.50	S
S14	Soför podestinin montajı	0.65	S
S15	Hava kanalı içine çekomastik tatbik edilmesi	1.50	S
E16	Basamak lambaları ve muhtelif elektrik bağlantılarının montajı	2.00	E
E17	Stop,sinyal ve plaka lambalarının montajı	1.50	E
E18	Koridor ve bagaj aydınlatma montajı	1.50	E
E19	Klima elektrik teferruatının montajı	1.25	E
M20	Klima kompresörü ve gaz borularının montajı	5.50	M
S21	Bagaj lastikleri ve alüminyum çitalarının montajı	3.50	S
S22	Motor bakım kapağının montajı	0.75	S
S23	Sanzıman ve koridor bakım kapaklarının montajı	2.40	S
S24	Arka tampon montajı	1.00	S

TABLO 8.1 Devam

İŞLEM NO:	İŞLEM NO :	STANDART SÜRE :	YAPAN KISIM :
S25	Tavandan klima ve teferruatı montajı	15.00	S
S26	Tavan ön üst havalandırma motorları ve başlıklarının montajı	2.50	S
S27	Sigorta odası kapağı montajı	0.25	S
S28	Tavan turbo havalandırma kapaklarının iç çerçevelerinin montajı	2.25	S
S29	Paket rafı montajı	10.00	S
E30	Bösterge tablosu elektrik bağlantılarının yapılması	1.00	E
E31	Elektrikli şoför camı elektrik bağlantılarının yapılması	0.75	E
E32	Ön üst havalandırma klepe motorlarının elektrik bağlantılarının yapılması	0.50	E
S33	Sağ ve sol torpidoları montajı	1.50	S
S34	Bösterge tablosu montajı	1.20	S
MONTAJ MERKEZİ # 4 TOPLAM ZAMANI		88.23	

TABLO 8.1 Devam

MONTAJ MERKEZİ # 5

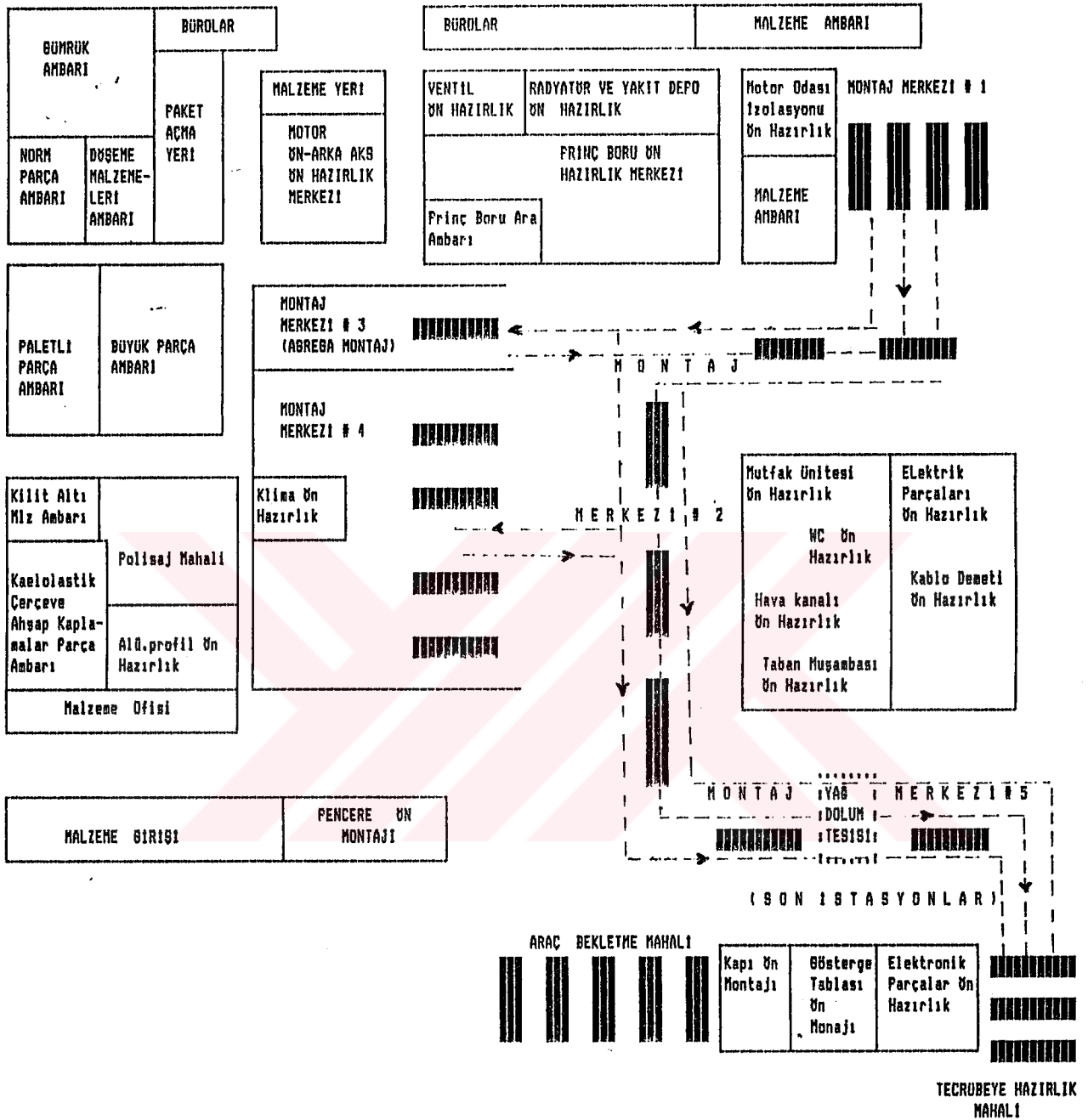
İŞLEM NO :	İŞLEM NO :	STANDART SURE :	YAPAN KISIM :
M1	Kalorifer konvektörlerinin montajı	3.00	M
E2	Tavan iç aydınlatma floresan lambalarının montajı	5.00	E
S3	Tek parçe ön cam montajı	2.00	S
S4	Arka cam montajı	0.85	S
S5	Ön üst havalandırma klepe motorlarının montajı	1.60	S
S6	Yan camların montajı (yapıştırılması)	9.00	S
S7	Elektrikli şoför camı montajı	3.00	S
S8	Ön tavan ABS iç kaplamaları	2.50	S
S9	Hava kanal plastik üfleyicilerin montajı	0.60	S
S10	Kombi mutfak Ünitesi montajı (Eltesan)	2.40	S
S11	Torpedo alt saçlarının alıştırılması ve montajı	1.30	S
S12	Bagaj muşamba ek yerlerine çekopurit çekilmesi ve alüminyum çita montajı	2.50	S
S13	Koridor ve yan duvarlarda halı ve muşamba ek yerlerine Alüminyum çita montajı	5.00	S
S14	Basmaklardaki halı ve oto tabanlığı ek yerlerine Alüminyum çita montajı	2.25	S
E15	Farların montajı	0.50	E
E16	Okuma lambalarının montajı	1.50	E
E17	Silecek fırçalarının montajı	0.70	E

TABLO 8.1 Devam

İŞLEM NO :	İŞLEM NO :	STANDART SURE :	YAPAN KISIM :
E18	Pozisyon lambalarının montajı	0.50	E
E19	TV,tuner,video,monitör montajı	1.00	E
820	Ön göğüs ABS ve dış yan kaplamalarının ve perpa çıtalarının montajı	10.75	8
821	Tıp yazısı montajı	0.75	8
822	Perde tutucuları montajı	1.50	8
823	Elbise askısı montajı	1.20	8
824	İç dikiz aynası montajı	0.10	8
825	Dış dikiz aynalarının montajı	0.50	8
826	Kumaş kaplanmış hava kanal saçlarının montajı	2.00	8
E27	Akü montajı	0.50	E
E28	Cam yıkama sistemi montajı	1.00	E
E29	Muhtelif elektrik bağlantılarının kontrolü ve eksiklerin giderilmesi	1.50	E
M30	Yağ,antifiriz,mazot dolumu yapılması	1.55	M
M31	Tüm boru donanımının kontrolü ve motor fren ayarı	0.60	M
M32	Stepne taşıyıcı montajı	0.50	M
M33	Hava filtre montajı	1.15	M
M34	Pedalların montajı	0.15	M
M35	Öz çubuk ayarı yapılması	0.15	M
M36	Alternatör havalandırma hortumunun montajı	0.25	M
837	Kapı kasa çıtalarının montajı	1.00	8
838	Ön ve orta kapıların montajı ve ayarı	6.00	8
839	Cam iç yanı ABS kaplamaları ve çelik fitil montajı	8.00	8
840	Tecrübe koltuğu montajı,koltuk bağlantı deliklerinin delinmesi	0.15	8
841	İkaz etiketlerinin montajı	0.75	8
842	Koltukların montajı (46+1+1)	7.90	8

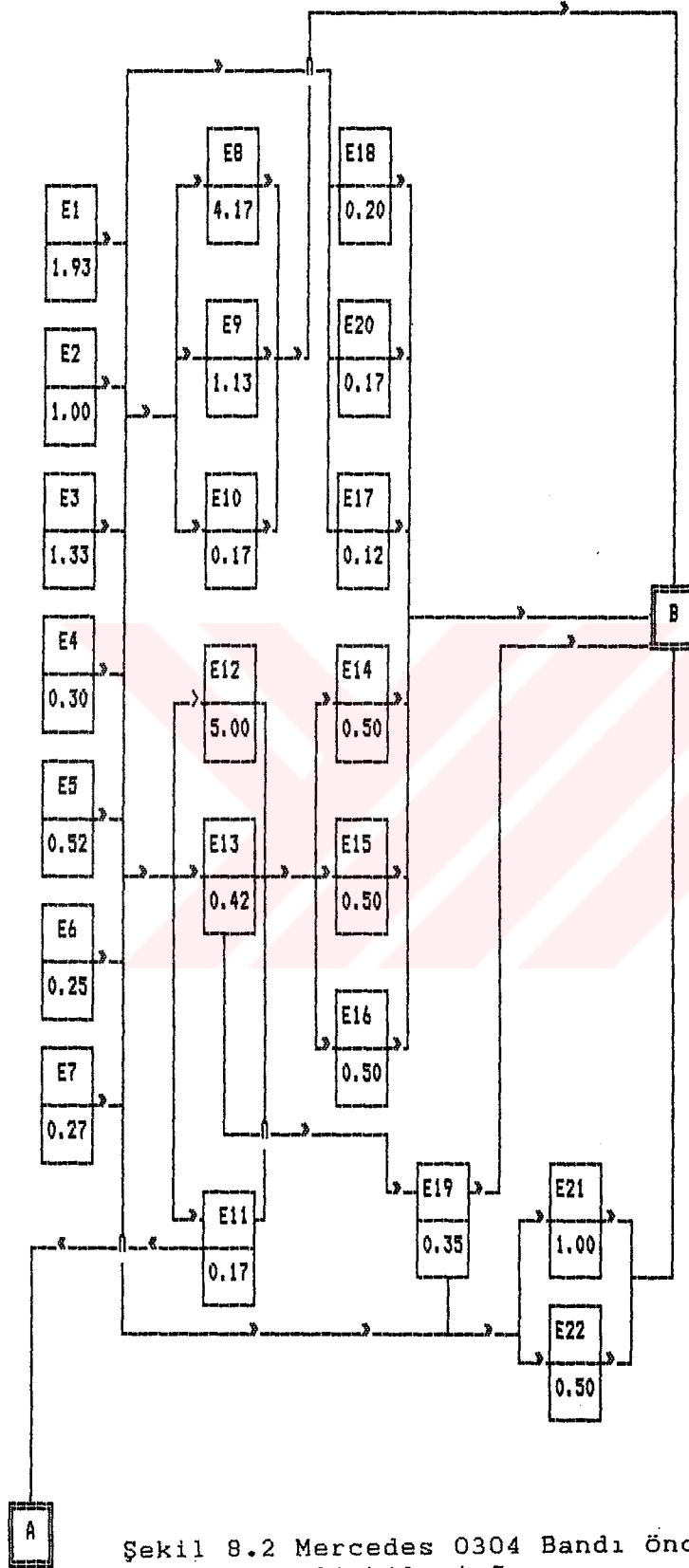
TABLO 8.1 Devam

İŞLEM NO :	İŞLEM NO :	STANDART SÜRE :	YAPAN KISIM :
843	Hava kabarcıklı naylonun sökülmesi	0.10	S
844	Rulolu perde montajı	1.35	S
845	Bagaj iç kapak kaplamalarının montajı	2.00	S
846	Bagaj koruyucu kollarının montajı	1.40	S
847	Sağ sol korkuluk borularının ve siperliklerin montajı	3.00	S
E48	Far ayarı yapılması	0.50	E
E49	Radio,teyp,zaman saati montajı	2.00	E
E50	Tüm elektrik sisteminin kontrolü ve hataların giderilmesi	4.50	E
M51	Tüm boru donanımı ve bağlantılarının kontrolü	2.25	M
M52	Aks mesafesinin ölçümü	1.50	M
M53	Optik ayarlar	2.00	M
M54	Baz,fren,debriyaj ayarlarının yapılması	2.00	M
M55	Körük sızdırmazlık testinin ve körük ayarı yapılması	1.50	M
M56	Stop kolu montajı	0.50	M
M57	Motor alt kaplamalarının montajı	0.75	M
MONTAJ MERKEZİ # 5 (80N MONTAJ İSTASYONLARI) TOPLAM ZAMANI		118.50	
GENEL TOPLAM		340.64	

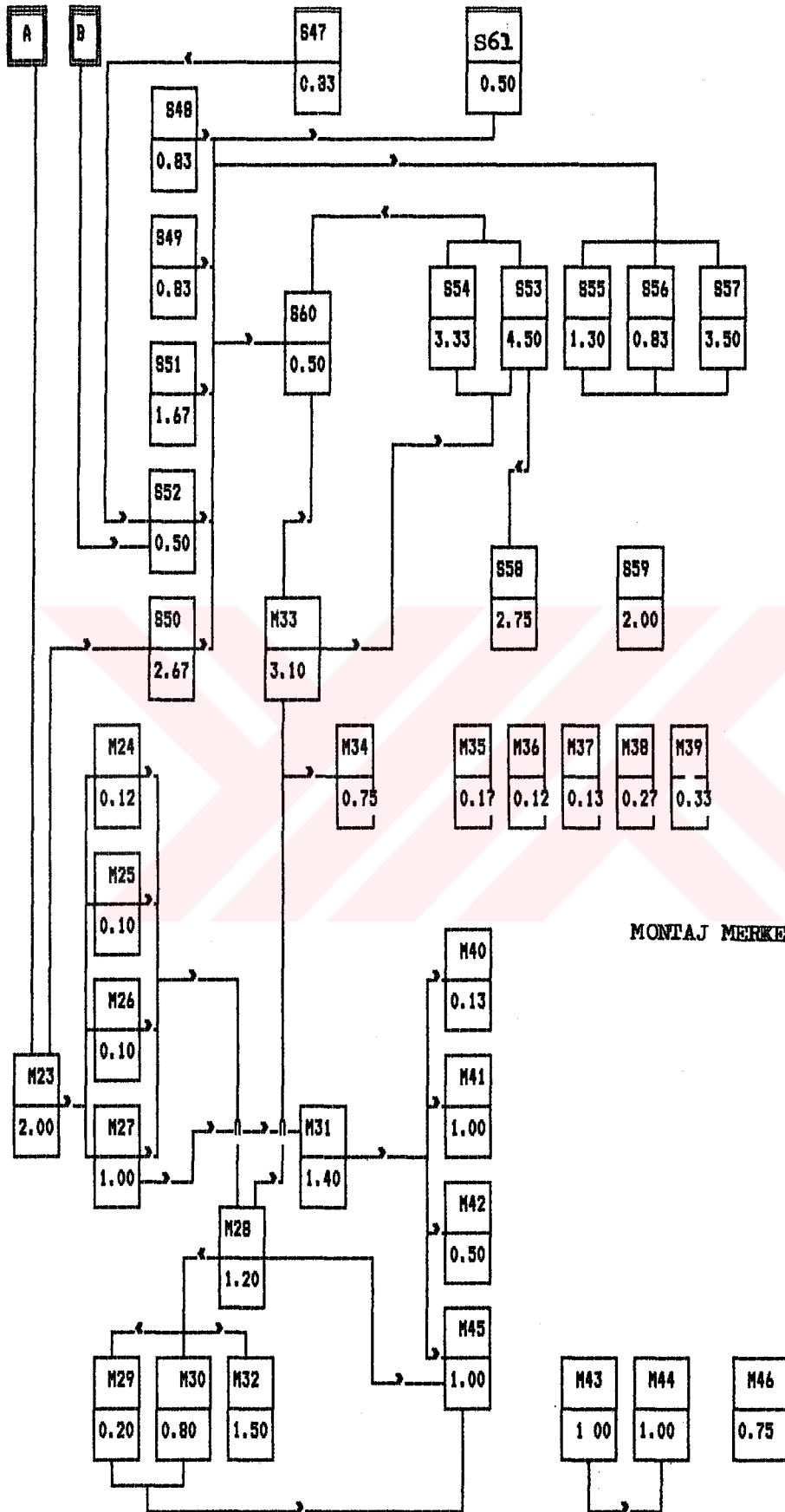


Şekil 8.1 Mercedes Hoşdere Montaj Fabrikası
Montaj Mahali Yerleşme Planı

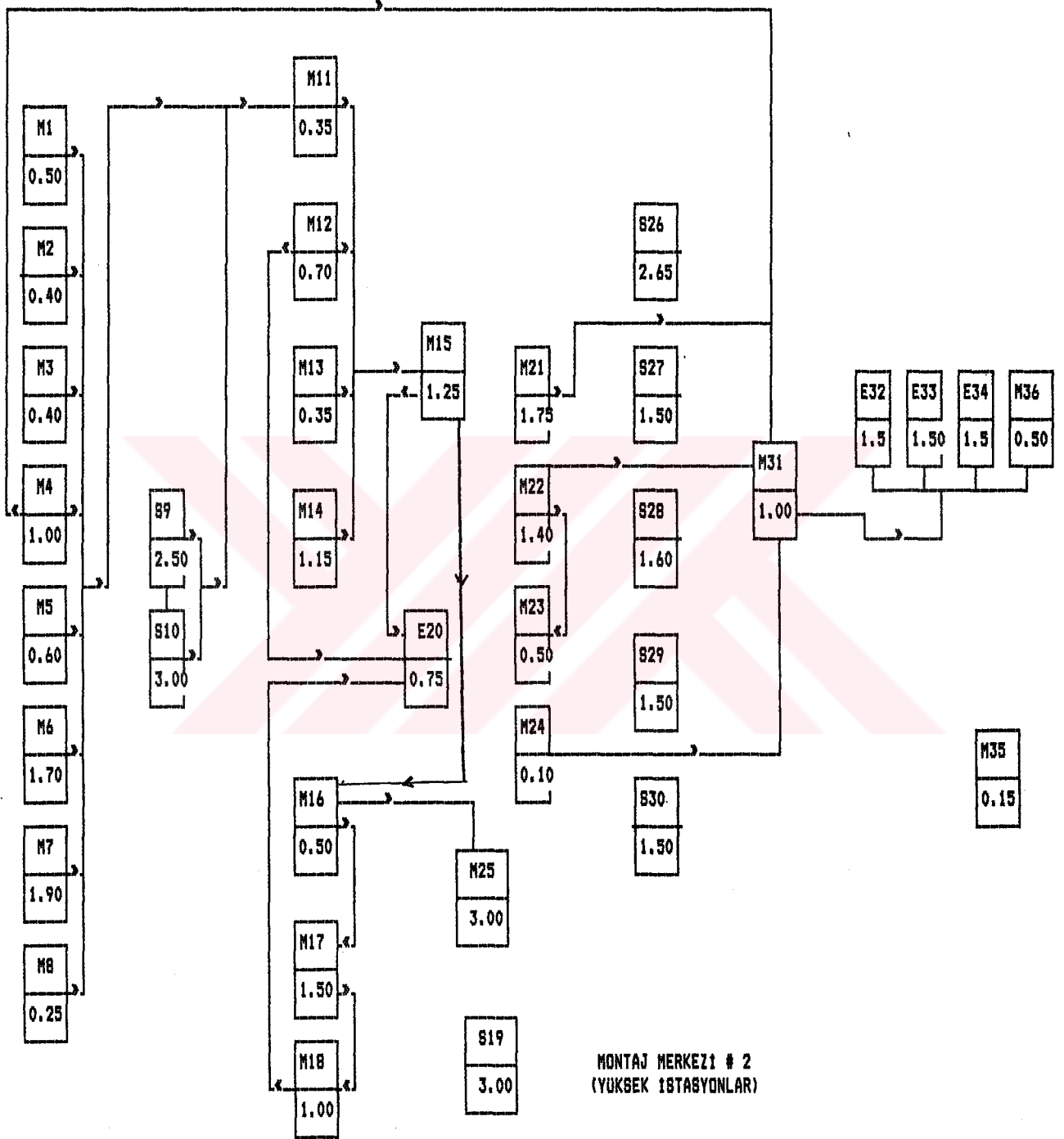
MONTAJ MERKEZİ 1



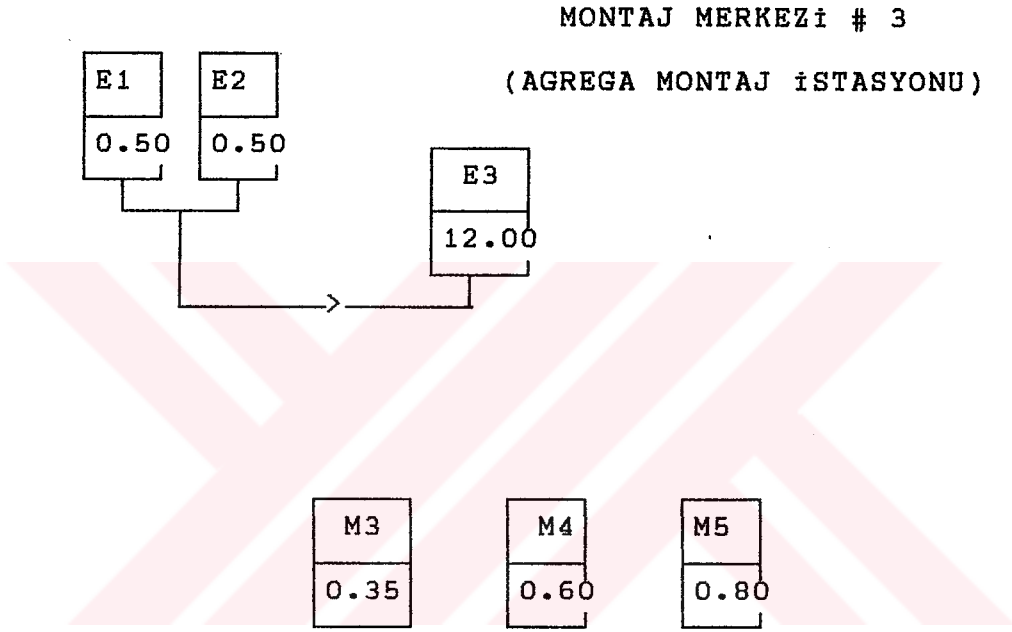
Şekil 8.2 Mercedes 0304 Bandı Öncelik ilişkileri Şeması



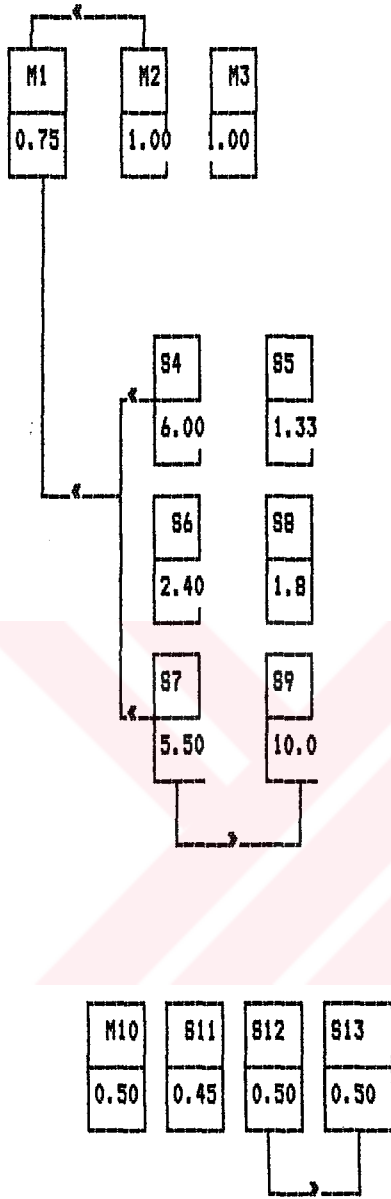
MONTAJ MERKEZİ 1



ŞEKİL 8.2 Devan



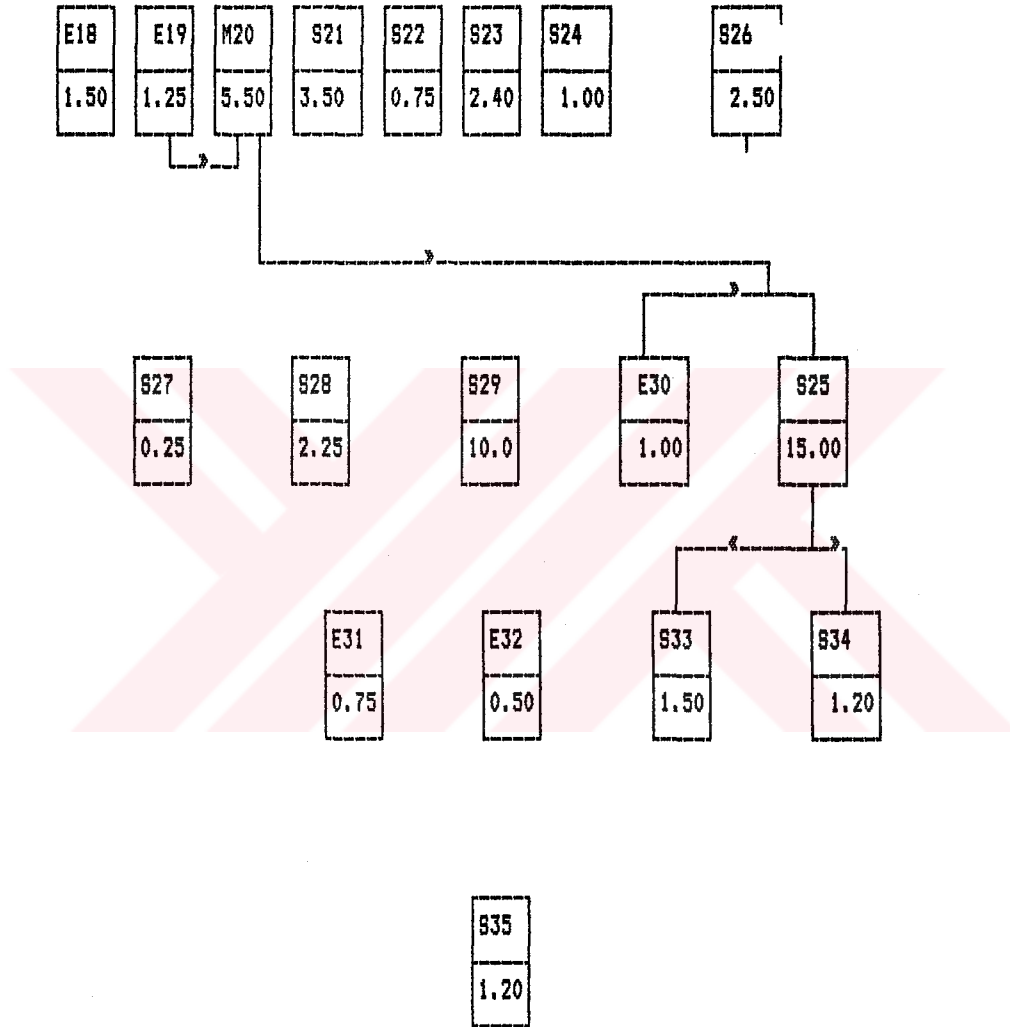
ŞEKİL 8.2 Devam



MONTAJ MERKEZİ # 4

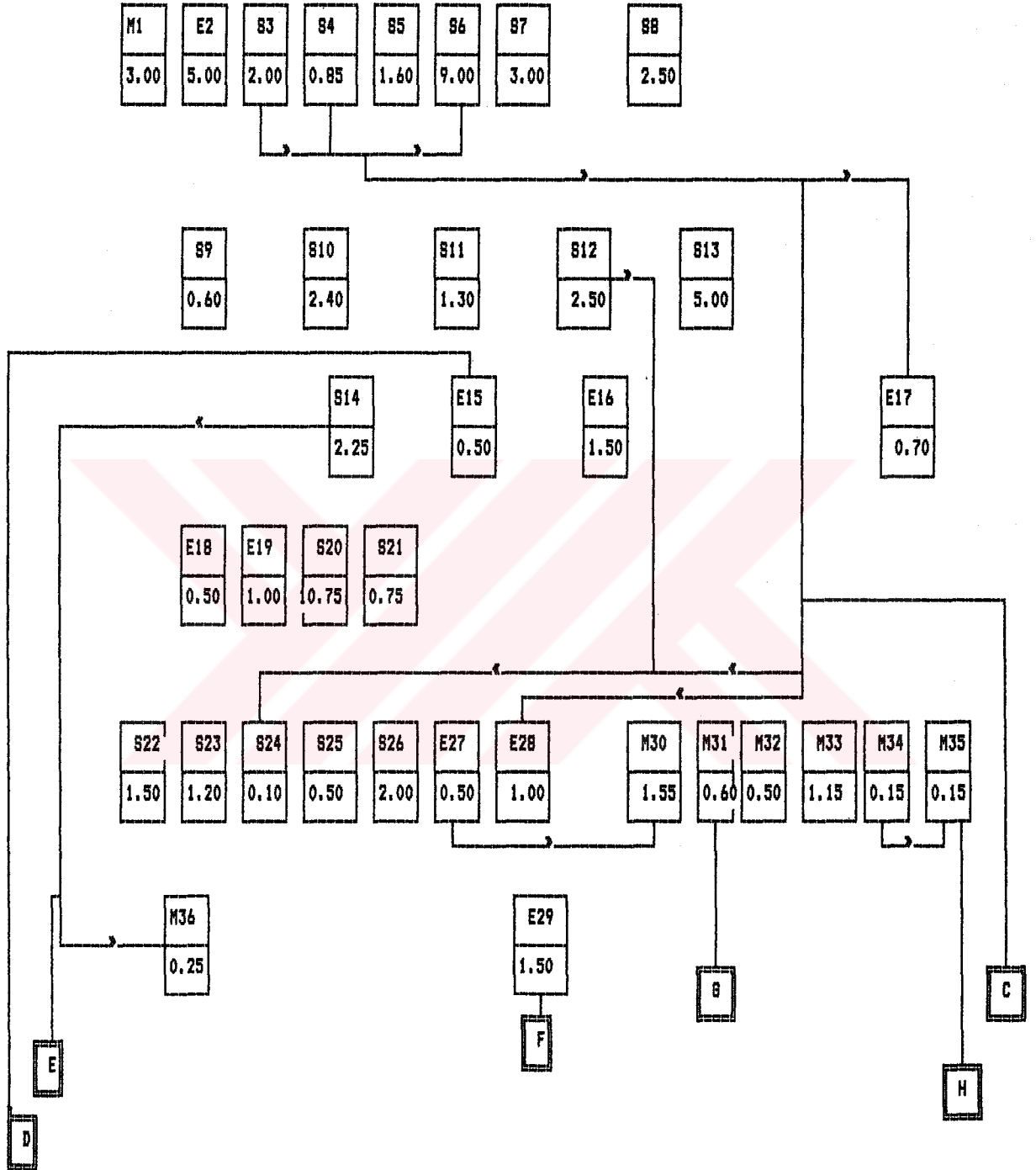
ŞEKİL 8.2 Devan

MONTAJ MERKEZİ # 4

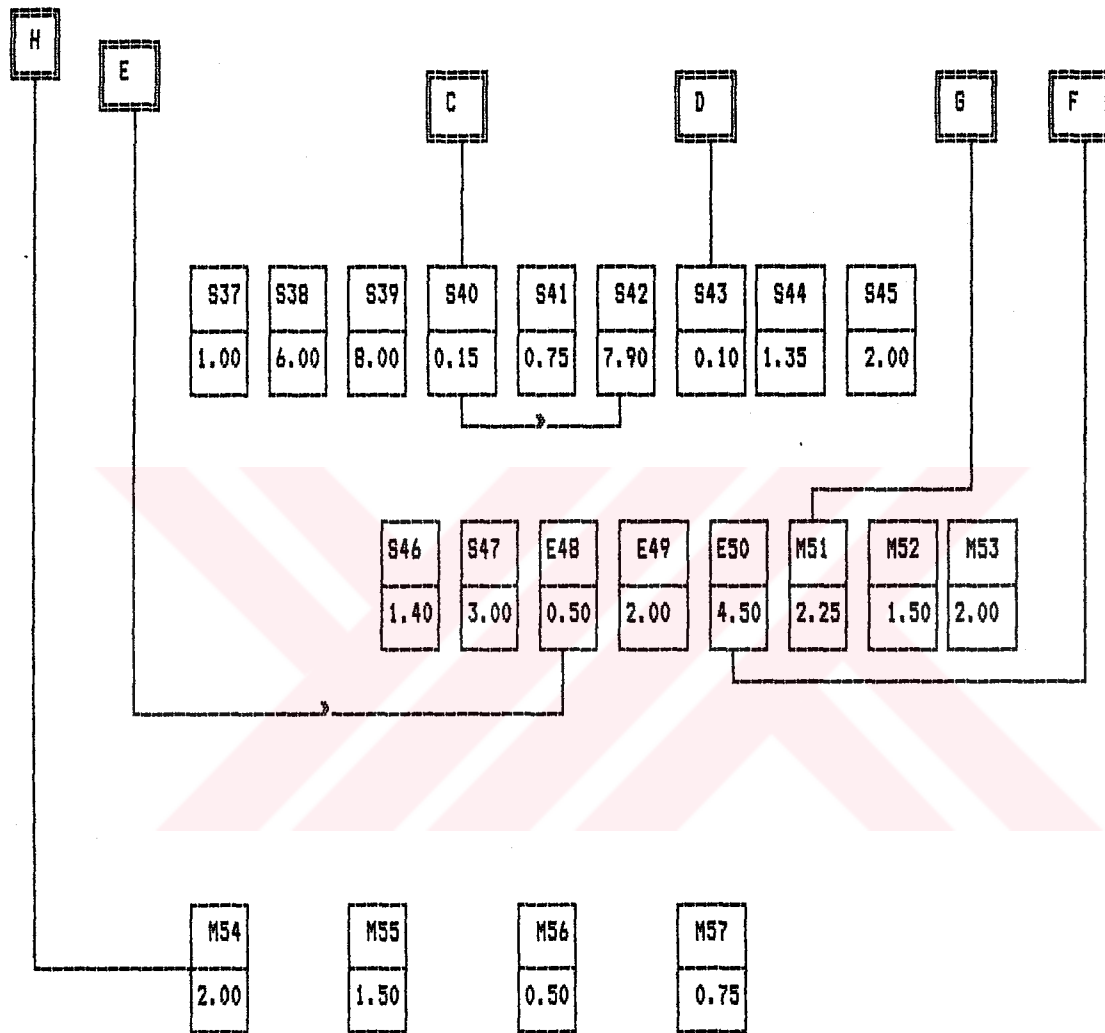


ŞEKİL 8.2 Devam

MONTAJ MERKEZİ # 5



ŞEKİL 8.2 Devan



ŞEKİL 8.2 Devam

Üretim hacmi satış ve Pazarlama Bölümü tarafından belirlenir.

8.2 MODEL KURMA

Burada montaj hattının dengelenmesinin amacı, Bölüm 2.2 ile bahsedildiği gibi, kısıtları zorlamadan boş zamanları ve dengeleme kayıplarının en aza indirmek, minimum iş istasyonu sayısını bulmak, dengeleme kayıplarını iş istasyonlarına dağıtarak planlanan üretim akışını sağlamaktır.

İşlemlerin bir çok istasyonu içine alan Montaj Merkezlerinde bitirilme zorunluluğu vardır.

Mekanik (M), Elektrik (E) ve Süsleme (S) Bölümleri yaptıkları işlemler açısından birbirlerinden farklı olup kendi ekipleri ve malzemeleri ile aynı anda veya farklı zamanlarda değişik montaj işlemlerini çoğu zaman birbirlerinden ayrı olarak icra etmektedirler. Teknolojinin gerektirdiği sebeplerden dolayı bu bölümler bazen bazen diğerlerinin işini bitirmesini beklemekte, bazen de aynı anda otobüsün karösörüne binerek beraber çalışmaktadırlar.

İşlemler standartlaştırılmış olup, hem bu yeni fabrikada hem de dünyadaki tüm fabrikalarda aynı şekilde uygulanmaktadırlar.

Montaj fabrikasının bulunduğu ülkenin şartları üretim ve pazarlama koşulları yüzünden standard işlem sürelerinde bazı farklılıklar göstermesine rağmen, bu sürelerin sabit oldukları kabul edilmektedir.

Buradaki montaj hattı dengeleme modelinde de bu işlemler için daha önceden bilimsel yöntemlerle tespit edilen stadard sabit süreler kullanılmıştır.

iş elemanlarının tanımları ve süreleri Tablo 8.1 ile gösterilmektedir. Montaj işlemleri birbirini takip eden beş Montaj Merkezinde yapılmaktadırlar.

Montaj fabrikasının yerleşim planı Şekil 8.1'de gösterilmektedir. Şekil 8.2 iş Elemanlarının öncelik ilişkilerini göstermektedir.

Montaj hattı dengelendikten sonra işçilik, stoklama ve maliyet gibi unsurların ayrıca incelenebileceği düşünülmektedir.

Fabrikanın Pazarlama Bölümü haftada 6 araç teslim etmeyi planlamaktadır. Haftada 6 gün 7.5 saatlik iki vardiya halinde mesai yapılmaktadır. O halde her gün 7.5 saat X 2 = 15 saat/gün mesai yapılmaktadır. Bir haftada da 6 gün X 15 saat/gün = 90 saat mesai yapılmaktadır. Bu koşullara göre,

$$c \text{ (Çevrim Süresi)} = \frac{90 \text{ saat/hafta}}{6 \text{ araç/hafta}} = 15 \text{ saattir.}$$

Toplam işlem süresinin $\sum t_i = 350.54$ saat olduğu

8.1 iş elemanları süreleri tablosundan görülebilir.

O halde minimum istasyon sayısı,

$$n_{\min} = \frac{\sum t_i}{c} = \frac{350.54}{15} = 22.70266 \approx 23$$

istasyon olmalıdır.

BÖLÜM 9. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bilgisayar programının sonuçları EK-A ve Bilgisayar programının listesi de EK-B içinde verilmektedir.

Fabrikanın mevcut iş istasyonu sayısı 30 adet olup Şekil.9.1 'den görülebileceği gibi iş istasyonları süreleri birbirinden çok farklıdırlar. Buradan da montaj hattının dengesiz olduğu ve düzenli üretim akışı için dengelenmesinin gerektiği anlaşılmaktadır.

Ek-A'daki bilgisayar sonuçlarına göre,

Toplam istasyon sayısı 24 adet ve toplam boş süre(toplam bolluk) 9.860 saattir.

O halde elde edilen verimlilik yüzdesi,

$$\% \text{ Verimlilik} = (1 - \frac{\text{Toplam Bolluk Süresi}}{\text{Toplam İşlem süresi}}) \times 100$$

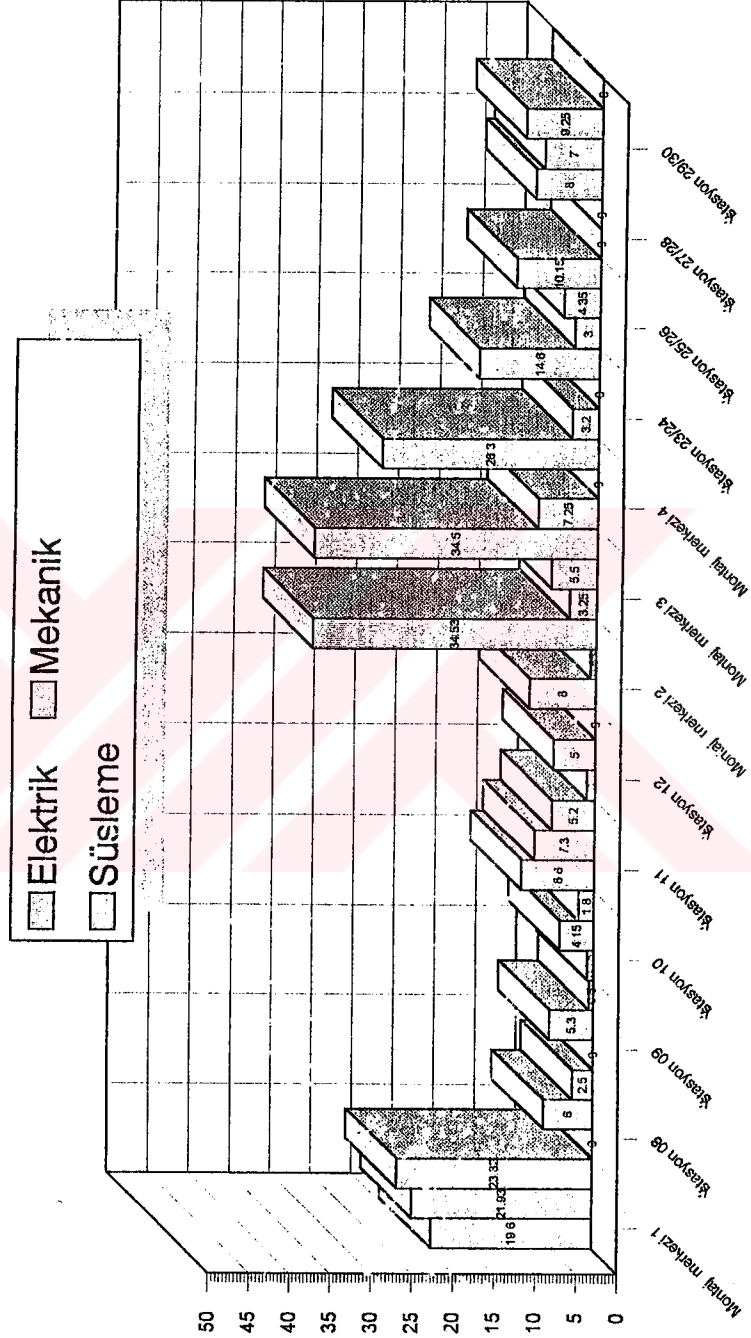
$$\% \text{ Verimlilik} = (1 - \frac{9.860}{340.54}) = \% 97.1045986 \text{ ' dir.}$$

Mercedes-Benz Türk A.Ş.

Teknik Planlama Müdürlüğü
Hazırlayan : TPL / İHA

Hoşdere'de kırılmalar bazında istasyon zamanları

Araç zamanları Analog O 304



ŞEKİL 9.1 MERCEDES 0304 MONTAJ BANDI MEVCUT İŞ İSTASYONLARI

K A Y N A K L A R

- [1] ROBERTS, S. and VILLA, C., " A Multiproduct Assembly Line Balancing Problem. AIIE Transactions, 2, 4.
- [2] KOBU B., " Üretim Yönetimi " , i.Ü. işletme iktisadı Enstitüsü Yayını No:33, İstanbul, 1979, s.895-906.
- [3] KARAYALÇIN, i. i. , "Üretim Yönetimi ve Teknikleri", i.Ü. işletme Fakültesi işletme iktisadı Yayını, No:23, İstanbul.
- [4] MOODIE, C. L. , "Assembly Line Balancing", Handbook of Industrial Engineering, Second Edition, 1992, Edited by Gavriel Salvendy, Purdue University, John Wiley & Sons Inc. N.Y.
- [5] RAMSING, K. and DOWNING R. , " Assembly Line Balancing with Variable Element Times", Journal of Industrial Engineering, January, 1970, 41-44.
- [6] MOODIE, C. L. , and YOUNG H. H. , " A Heuristic Method of Assembly Line Balancing for Assumptions of a Constant or Variable Work Element Times", Journal of Industrial Engineering, 16(23-29), 1965.
- [7] IGNALL, E. J. , " A Review of Assembly Line Balancing", Journal of Industrial Engineering, 16(4), 1965.
- [8] MILE, J. H., WHITE, C. R. , and BROOKS, G. H. Üretim Planlama ve Kontrol. Çev. Prof. Dr. Ayhan TORAMAN ve Araş. Gör. Sıtkı GÖZLÜ, İstanbul Teknik Üniversitesi Basımevi, 1984, s.116.
- [9] GHOSH, S. and GAGNON, R. J. , "A Comprehensive Literature Review and Analysis of Design Balancing and Scheduling of Assembly Systems", International Journal of Production Research, Vol. 27, 4, 637-670, 1989.

- [10] BAYBARS, I. "A survey of exact algorithms for simple assembly line balancing problem", Management Science, 32, 8, 1986.
- [11] MOODIE, C. L. , "Customized Assembly Line Balancing", Journal of Industrial Engineering, vol. 5, 8, 1973.
- [12] KILBRIDGE, M. D. , and WESTER, L., "A Heuristic Method of Assembly Line Balancing ", Journal of Industrial Engineering, 12(4), 1961.
- [13] HELGESON, W. F. , and D. P. BIRNIE, "Assembly Line Balancing Using the Ranked Positional Weight Technique", Journal of Industrial Engineering, 6(6), 161.
- [14] MANSOOR, E. M. , "Assembly Line Balancing-An Improvement on the Ranked Positional Weight Technique", Journal of Industrial Engineering, March-April 1964, 73-77.
- [15] HOFFMAN, T. R., "Assembly Line Balancing with a Precedence Matrix", Management Science, 9(4), 1963.
- [16] BUFFA, E. S. , and TUBERT W. H. , Production-Inventory Systems Planning and Control, 1972, Irwin.
- [17] ARCUS, A. L. " Comsol: A computer Method of Sequencing Operations for Assembly Lines", International Journal of Production Research, 4(4). 1966.
- [18] PATTERSON, J. H. , and ALBRACHT, J. J. , "Assembly Line balancing: Zero-One Programming with Fibonacci Search", Operations Reserach, Vol. 23, 166-172, 1975.
- [19] THANGAVELU, S. R., and SHETTY, C. M., " Assembly Line Balancing by Zero-one Programming", AIIE Transactions, 3(1), 1971.
- [20] JOHNSON, L. A., MONTGOMERY, D. C. , Operations Research in Production Planning, Scheduling, and Inventory Control, John Wiley & Sons Inc., New York, 1974.

- [21] PINTO, P. , DANNENBERG, D. G. , and Khumawala, B. M. , " Branch and Bound and Heuristic Procedures for Assembly Line Balancing with Parallelizing Stations", International Journal of Production Research, 19, 565-576, 1981.
- [22] JACKSON, J.R., "A computing procedure for a line balancing problem", Management Science, 2(3)
- [23] DAR-EL, E. M. , and COTHER, R.F. , "Assembly Line Sequencing for Model Mix ", International Journal of Production Research, 13, 463-477, 1975.
- [24] FREEMAN, D. R., and JUCKER, J. V., "The Line Balancing Problem", Journal of Industrial Engineering, June 1967.
- [25] MANSOOR, E. M., and Ben-Tuvia S., "Optimizing Balanced Assembly Lines", Journal of Industrial Engineering, 17, 126, 1966.
- [26] WHITEHOUSE, G. E. , and WASHBURN, D. , "Asseblly Line Balancing", Production Control For IBM PC, Institute of Industrial Engineers, Industrial Engineering and Management Press, Revised February 1987 Norcross, Georgia , U.S.A.
- [27] MAYNARD H. B., Editor in-Chief, "INDUSTRIAL ENGINEERING HANDBOOK", McGraw Hill Book Co., 3rd. Edition, New York
- [28] DEMİR, H. , "Üretim Yönetimi" , Aydın Yayınevi izmir, 1984.
- [29] HEDGE, B. K., MEELWYN R. C. , BALACHANDRA, R., NAMBUDIRI, R. N. S., "Production Management Text and Cases", Perintice-Hall of India Private LTD., 1972.
- [30] PERINTICE-HALL STAFF Edited by., " Encyclopedia of Production and Production Control", Perintice-Hall Inc., Englewood Cliffs N.J., 1964 (12-14).

EK - A

UYGULAMANIN BİLGİSAYAR SONUÇLARI

MONTAJ HATTI DENGELEME

MONTAJ MERKEZİ # = 1

DENGELEME DENEME SAYISI = 10

IS ELEMANI SAYISI = 61

MAKSIMUM CEVRIM SURESI = 15

IS ELEMANI #	SURESI	BIR ONCEKI ISLEMLER
1	1.93	
2	1	
3	1.33	
4	.3	
5	.52	
6	.25	
7	.27	
8	4.17	1 2 3 4 5 6 7
9	1.13	1 2 3 4 5 6 7
10	.17	1 2 3 4 5 6 7
11	.17	1 2 3 4 5 6 7
12	5	1 2 3 4 5 6 7
13	.42	1 2 3 4 5 6 7
14	.5	1 2 3 4 5 6 7 11 12 13
15	.5	1 2 3 4 5 6 7 11 12 13
16	10	1 2 3 4 5 6 7 11 12 13
17	.12	1 2 3 4 5 6 7 11 12 13
18	.2	1 2 3 4 5 6 7
19	.35	1 2 3 4 5 6 7 13
20	.17	1 2 3 4 5 6 7
21	1	1 2 3 4 5 6 7
22	.5	1 2 3 4 5 6 7
23	12	11
24	.12	23
25	.1	23
26	.1	23
27	1	23
28	1.2	24 25 26 27
29	.2	28
30	.8	28
31	1.4	27
32	1.5	28
33	3.1	28
34	.75	27
35	.17	33
36	.12	
37	.13	
38	.27	
39	.33	
40	.13	31
41	1	31
42	.5	31

iŞ ELEMANI	26	SURESi	.1 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	25	SURESi	.1 SAATTİR.

iŞ İSTASYONUNDA 2 KALAN BOŞ SURE 2.999955E-02 SAATTİR.

iŞ İSTASYONU # 3 iŞ ELEMANLARI

iŞ ELEMANI	19	SURESi	.35 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	22	SURESi	.5 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	27	SURESi	1 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	12	SURESi	5 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	8	SURESi	4.17 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	14	SURESi	.5 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	17	SURESi	.12 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	28	SURESi	1.2 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	18	SURESi	.2 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	15	SURESi	.5 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	30	SURESi	.8 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	29	SURESi	.2 SAATTİR.

iŞ İSTASYONUNDA 3 KALAN BOŞ SURE .3599992 SAATTİR.

iŞ İSTASYONU # 4 iŞ ELEMANLARI

iŞ ELEMANI	16	SURESi	10 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	31	SURESi	1.4 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	34	SURESi	.75 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	45	SURESi	1 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	32	SURESi	1.5 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	40	SURESi	.13 SAATTİR.

iŞ İSTASYONUNDA 4 KALAN BOŞ SURE .1199995 SAATTİR.

iŞ İSTASYONU # 5 iŞ ELEMANLARI

iŞ ELEMANI	33	SURESi	3.1 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	35	SURESi	.17 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	41	SURESi	1 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	42	SURESi	.5 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	52	SURESi	.5 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	53	SURESi	4.5 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	50	SURESi	2.67 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	55	SURESi	1.3 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	61	SURESi	.5 SAATTİR.

iŞ İSTASYONUNDA 5 KALAN BOŞ SURE .6599991 SAATTİR.

iŞ İSTASYONU # 6 iŞ ELEMANLARI

iŞ ELEMANI	54	SURESi	3.33 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	57	SURESi	3.5 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	56	SURESi	.83 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	58	SURESi	2.75 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	60	SURESi	.5 SAATTİR.

iŞ İSTASYONUNDA 6 KALAN BOŞ SURE 3.99 SAATTİR.

35	.15	
36	.5	31
37	0	

EN İYİ ÇÖZÜM

CEVRİM SÜRESİ 14.95 SAAT VE 3 İŞ İSTASYONU

İŞ İSTASYONU # 1 İŞ ELEMANLARI

İŞ ELEMANI	5	SÜRESİ	.6 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	19	SÜRESİ	3 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	10	SÜRESİ	3 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	9	SÜRESİ	2.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	30	SÜRESİ	1.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	22	SÜRESİ	1.4 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	28	SÜRESİ	1.6 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	8	SÜRESİ	.25 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	12	SÜRESİ	.7 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	3	SÜRESİ	.4 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	37	SÜRESİ	0 SAATTİR.

İŞ İSTASYONUNDA 1 KALAN BÖŞ SÜRE 2.682209E-07 SAATTİR.

İŞ İSTASYONU # 2 İŞ ELEMANLARI

İŞ ELEMANI	2	SÜRESİ	.4 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	1	SÜRESİ	.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	4	SÜRESİ	1 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	6	SÜRESİ	1.7 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	7	SÜRESİ	1.9 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	11	SÜRESİ	.35 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	13	SÜRESİ	.35 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	14	SÜRESİ	1.15 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	15	SÜRESİ	1.25 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	16	SÜRESİ	.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	17	SÜRESİ	1.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	18	SÜRESİ	1 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	20	SÜRESİ	.75 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	21	SÜRESİ	1.75 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	23	SÜRESİ	.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	24	SÜRESİ	.1 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	35	SÜRESİ	.15 SAATTİR.

İŞ İSTASYONUNDA 2 KALAN BÖŞ SÜRE .1000009 SAATTİR.

İŞ İSTASYONU # 3 İŞ ELEMANLARI

İŞ ELEMANI	25	SÜRESİ	3 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	26	SÜRESİ	2.65 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	27	SÜRESİ	1.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	29	SÜRESİ	1.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	31	SÜRESİ	1 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	32	SÜRESİ	1.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	33	SÜRESİ	1.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	34	SÜRESİ	1.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	36	SÜRESİ	.5 SAATTİR.

İŞ İSTASYONUNDA 3 KALAN BÖŞ SÜRE .3000012 SAATTİR.

MONTAJ HATTI Dengeleme

MONTAJ MERKEZİ # = 3

Dengeleme Deneme Sayısı = 1
İş Elemanı Sayısı = 6
Maksimum Çevrim Süresi = 15

İş Elemanı #	Süresi	Bir Önceki İşlemler
1	.5	
2	.5	
3	12	1 2
4	.35	
5	.6	
6	.8	

EN İYİ ÇÖZÜM

Çevrim Süresi 14.75 Saat ve 1 İş İstasyonu

İş İstasyonu # 1 İş Elemanları

İş Elemanı 4	Süresi .35 Saattir.
İş Elemanı 1	Süresi .5 Saattir.
İş Elemanı 5	Süresi .6 Saattir.
İş Elemanı 6	Süresi .8 Saattir.
İş Elemanı 2	Süresi .5 Saattir.
İş Elemanı 3	Süresi 12 Saattir.

İş İstasyonunda 1 Kalan Boş Süre 0 Saattir.

MONTAJ HATTI Dengeleme

MONTAJ MERKEZİ # = 4

Dengeleme Deneme Sayısı = 10

İS Elemanı Sayısı = 35

Maksimum Çevrim Süresi = 15

İS Elemanı #	Süresi	Bir Önceki İşlemler
1	.75	2 4 6 7
2	1	
3	1	
4	6	
5	1.33	
6	2.4	
7	5.5	
8	1.8	
9	10	7
10	.5	
11	.45	
12	.5	
13	.5	12
14	.65	
15	1.5	
16	2	
17	1.5	
18	1.5	
19	1.25	
20	5.5	19
21	3.5	
22	.75	
23	2.4	
24	1	
25	15	20 30
26	2.5	
27	.25	
28	2.25	25
29	10	25
30	1	
31	.75	
32	.5	
33	1.5	25
34	1.2	25
35	1.2	

EN IYI COZUM

CEVRIM SURESI 15 SAAT VE 6 İŞ İSTASYONU

İŞ İSTASYONU # 1 İŞ ELEMANLARI

İŞ ELEMANI	17	SURESİ	1.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	15	SURESİ	1.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	11	SURESİ	.45 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	5	SURESİ	1.33 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	23	SURESİ	2.4 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	21	SURESİ	3.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	31	SURESİ	.75 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	24	SURESİ	1 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	27	SURESİ	.25 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	10	SURESİ	.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	14	SURESİ	.65 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	3	SURESİ	1 SAATTİR.

İŞ İSTASYONUNDA 1 KALAN BOŞ SURE .1700002 SAATTİR.

İŞ İSTASYONU # 2 İŞ ELEMANLARI

İŞ ELEMANI	32	SURESİ	.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	26	SURESİ	2.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	35	SURESİ	1.2 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	6	SURESİ	2.4 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	30	SURESİ	1 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	8	SURESİ	1.8 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	7	SURESİ	5.5 SAATTİR.

İŞ İSTASYONUNDA 2 KALAN BOŞ SURE 9.999942E-02 SAATTİR.

İŞ İSTASYONU # 3 İŞ ELEMANLARI

İŞ ELEMANI	9	SURESİ	10 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	12	SURESİ	.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	2	SURESİ	1 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	18	SURESİ	1.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	16	SURESİ	2 SAATTİR.

İŞ İSTASYONUNDA 3 KALAN BOŞ SURE 0 SAATTİR.

İŞ İSTASYONU # 4 İŞ ELEMANLARI

İŞ ELEMANI	4	SURESİ	6 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	1	SURESİ	.75 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	22	SURESİ	.75 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	19	SURESİ	1.25 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	13	SURESİ	.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	20	SURESİ	5.5 SAATTİR.

İŞ İSTASYONUNDA 4 KALAN BOŞ SURE .25 SAATTİR.

İŞ İSTASYONU # 5 İŞ ELEMANLARI

İŞ ELEMANI	25	SURESİ	15 SAATTİR.
------------	----	--------	-------------

İŞ İSTASYONUNDA 5 KALAN BOŞ SURE 0 SAATTİR.

İŞ İSTASYONU # 6 İŞ ELEMANLARI

İŞ ELEMANI 28	SURESİ 2.25 SAATTİR.
İŞ ELEMANI 29	SURESİ 10 SAATTİR.
İŞ ELEMANI 33	SURESİ 1.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI 34	SURESİ 1.2 SAATTİR.

İŞ İSTASYONUNDA 6 KALAN BOŞ SURE 4.999995E-02 SAATTİR.



MONTAJ HATTI DENGELEME

MONTAJ MERKEZİ # = 5

DENGELEME DENEME SAYISI = 1
İS ELEMANI SAYISI = 57
MAKSİMUM CEVRİM SÜRESİ = 15

İS ELEMANI #	SÜRESİ	BİR ÖNCEKİ İŞLEMLER
1	3	
2	5	
3	2	
4	.85	
5	1.6	
6	9	
7	3	
8	2.5	
9	.6	
10	2.4	
11	1.3	
12	2.5	
13	5	
14	2.25	
15	.5	
16	1.5	
17	.7	3 4 6
18	.5	
19	1	
20	10.75	
21	.75	
22	1.5	
23	0	
24	.1	3 4 6 12
25	.5	3 4 6
26	2	
27	.5	
28	1	3 4 6
29	1.5	
30	1.55	27
31	.6	
32	.5	
33	1.15	
34	.15	
35	.15	34
36	.25	14
37	1	

38	6			
39	8			
40	.15	3	4	6
41	.75			
42	7.9	40		
43	.1	14		
44	1.35			
45	2			
46	1.4			
47	3			
48	.5	15		
49	2			
50	4.5	29		
51	2.25	31		
52	1.5			
53	2			
54	2	35		
55	1.5			
56	.5			
57	.75			

EN İYİ COZUM

CEVRİM SURESİ 14.95 SAAT VE 8 İŞ İSTASYONU

İŞ İSTASYONU # 1 İŞ ELEMANLARI

İŞ ELEMANI	13	SURESİ	5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	11	SURESİ	1.3 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	23	SURESİ	0 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	49	SURESİ	2 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	56	SURESİ	.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	21	SURESİ	.75 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	19	SURESİ	1 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	55	SURESİ	1.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	3	SURESİ	2 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	4	SURESİ	.85 SAATTİR.

İŞ İSTASYONUNDA 1 KALAN BOŞ SURE 5.000055E-02 SAATTİR.

İŞ İSTASYONU # 2 İŞ ELEMANLARI

İŞ ELEMANI	1	SURESİ	3 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	5	SURESİ	1.6 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	8	SURESİ	2.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	7	SURESİ	3 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	16	SURESİ	1.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	33	SURESİ	1.15 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	27	SURESİ	.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	32	SURESİ	.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	57	SURESİ	.75 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	34	SURESİ	.15 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	35	SURESİ	.15 SAATTİR.

İŞ İSTASYONUNDA 2 KALAN BOŞ SURE .1500003 SAATTİR.

İŞ İSTASYONU # 3 İŞ ELEMANLARI

İŞ ELEMANI	22	SÜRESİ	1.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	10	SÜRESİ	2.4 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	38	SÜRESİ	6 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	9	SÜRESİ	.6 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	45	SÜRESİ	2 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	52	SÜRESİ	1.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	41	SÜRESİ	.75 SAATTİR.

İŞ İSTASYONUNDA 3 KALAN BOŞ SURE .2000012 SAATTİR.

İŞ İSTASYONU # 4 İŞ ELEMANLARI

İŞ ELEMANI	31	SÜRESİ	.6 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	44	SÜRESİ	1.35 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	39	SÜRESİ	8 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	2	SÜRESİ	5 SAATTİR.

İŞ İSTASYONUNDA 4 KALAN BOŞ SURE 0 SAATTİR.

İŞ İSTASYONU # 5 İŞ ELEMANLARI

İŞ ELEMANI	12	SÜRESİ	2.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	47	SÜRESİ	3 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	54	SÜRESİ	2 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	18	SÜRESİ	.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	30	SÜRESİ	1.55 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	46	SÜRESİ	1.4 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	14	SÜRESİ	2.25 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	29	SÜRESİ	1.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	36	SÜRESİ	.25 SAATTİR.

İŞ İSTASYONUNDA 5 KALAN BOŞ SURE 4.768372E-07 SAATTİR.

İŞ İSTASYONU # 6 İŞ ELEMANLARI

İŞ ELEMANI	51	SÜRESİ	2.25 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	26	SÜRESİ	2 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	37	SÜRESİ	1 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	15	SÜRESİ	.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	6	SÜRESİ	9 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	40	SÜRESİ	.15 SAATTİR.

İŞ İSTASYONUNDA 6 KALAN BOŞ SURE 5.000076E-02 SAATTİR.

İŞ İSTASYONU # 7 İŞ ELEMANLARI

İŞ ELEMANI	48	SÜRESİ	.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	25	SÜRESİ	.5 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	24	SÜRESİ	.1 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	53	SÜRESİ	2 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	20	SÜRESİ	10.75 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	43	SÜRESİ	.1 SAATTİR.
İŞ ELEMANI	17	SÜRESİ	.7 SAATTİR.

İŞ İSTASYONUNDA 7 KALAN BOŞ SURE .3000004 SAATTİR.

iŞ İSTASYONU # 8 iŞ ELEMANLARI

iŞ ELEMANI	50	SURESİ	4.5 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	42	SURESİ	7.9 SAATTİR.
iŞ ELEMANI	28	SURESİ	1 SAATTİR.

iŞ İSTASYONUNDA 8 KALAN BOŞ SURE 1.550001 SAATTİR.



EK - B

(*)

BİLGİSAYAR PROGRAMI LİSTESİ

**(*) Bilgisayar programı [26] no.lu kaynaktan
alınmıştır.**

```

100 REM MONTAJ HATTI DENGELEME
105 ON ERROR GOTO 8500
110 MMM=300
120 NN=15
130 DIM L(MMM)
140 DIM B(MMM)
150 DIM P(MMM)
160 DIM W(MMM)
170 DIM D(MMM)
180 DIM N(MMM,NN)
190 CLS
200 FOR RT=1 TO 7:PRINT"":NEXT RT
210 PRINT TAB(24);"MONTAJ HATTI DENGELEME"
220 PRINT
230 PRINT TAB(28);"COMSOAL"
240 PRINT
245 PRINT
247 NN$=MID$(TIME$,7,2)+MID$(TIME$,4,2):NM=INT(VAL(NN$)*RND(1)):RANDOMIZE NM
250 FOR V=1 TO 2000
260 NEXT V
261 CLS:FOR RT=1 TO 10:PRINT:NEXT RT
263 PRINT TAB(5);"DO YOU WISH TO INPUT A PREVIOUS CASE STUDY FROM DISK(Y OR N)"
264 INPUT A$
265 IF A$="Y" OR A$="y" THEN GOSUB 6000:GOSUB 7000:C(1)=C1:GOTO 2240
267 CLS
270 A=0
280 CLS:FOR RT=1 TO 5:PRINT"":NEXT RT
290 PRINT TAB(10);"HOW MANY TRIALS";
300 INPUT U
310 PRINT
320 PRINT TAB(10);"HOW MANY TASKS";
330 INPUT T
340 IF T>MMM THEN PRINT:PRINT "# OF TASKS MUST BE LESS THAN ";MMM:GO TO 310
350 K(1)=T
360 PRINT
370 PRINT TAB(10);"WHAT IS THE MAXIMUM CYCLE TIME";
380 INPUT C1
390 C(1)=C1
400 AA=1
410 FOR X= AA TO T
420 GOSUB 430:GOTO 550
430 CLS:PRINT:PRINT
440 PRINT TAB(10);"HOW LONG DOES TASK ";X;"TAKE";
450 INPUT L(X)
460 PRINT TAB(10);"TOTAL # OF PRE-TASKS FOR TASK ";X;
470 INPUT P(X)
480 IF P(X)>NN THEN PRINT:PRINT"# OF PRE-TASKS MUST BE LESS
490 IF P(X)=0 THEN 540
500 FOR Y=1 TO P(X)
510 PRINT TAB(10);"WHAT IS PRE-TASK #";Y;" FOR TASK ";X;
520 INPUT N(X,Y)
530 NEXT Y
540 RETURN
550 NEXT X
560 GOTO 2240
570 FOR X=1 TO T
580 IF L(X)>C(1) THEN 2140
590 NEXT X
600 E=0
610 C(1)=C1
620 CLS:PP=0
630 PRINT "THE ANSWER TO TRIAL RUNS ARE"
640 PRINT
650 FOR M=1 TO U

```

```
660 F=INT(RND(1)*10000)
670 G=F
680 R=C(1)
690 GOSUB 1660
700 FOR X=1 TO T
710 IF B(X)<>0 THEN 730
720 GOSUB 1870
730 NEXT X
740 IF A=0 THEN 1920
750 GOSUB 2000
760 GOSUB 1740
770 GOTO 700
780 IF S<>K(1) THEN 1320
790 IF S=K(1) THEN 1360
800 PRINT "TRIAL ";M;" HAS ";S;" STATIONS"
810 NEXT M
820 FOR M=1 TO 750
830 NEXT M
840 V=2
850 CLS
860 PRINT TAB(15);"EN İYİ ÇÖZÜM"
870 IF E=0 THEN 890
880 C(1)=C(1)-E
890 V=V+2
900 PRINT
910 PRINT " ÇEVİRİM SÜRESİ ";C(1);" VE ";K(1);" İŞ İSTASYONU "
920 PRINT
930 PRINT "İŞ İSTASYONU # 1 "
940 F=K(2)
950 GOSUB 1660
960 PRINT
970 V=V+2
980 FOR X=1 TO T
990 IF B(X)<>0 THEN 1010
1000 GOSUB 1870
1010 NEXT X
1020 IF A=0 THEN 1140
1030 GOSUB 2000
1040 IF PP=1 THEN 1110
1050 PRINT "İŞ ELEMANI",D(A);TAB(30);"SÜRESİ ";L(D(A))
1060 V=V+1
1070 GOSUB 1740
1080 IF V<18 THEN 1100
1090 GOSUB 2040
1100 GOTO 980
1110 LPRINT"İŞ ELEMANI ";D(A);TAB(30);"SÜRESİ ";L(D(A));"DAKİKADIR"
1120 GOSUB 1740
1130 GOTO 980
1140 IF PP=1 THEN 1200
1150 IF V=17 THEN 1170
1160 PRINT
1170 PRINT "İŞ İSTASYONUNDA ";S;" KALAN SÜRE ";J
1180 GOSUB 2040
1190 GOSUB 1220
1200 LPRINT""
1210 LPRINT" İŞ İSTASYONUNDA ";S;"KALAN BÖS SÜRE ";J;"DAKİKADIR."
1220 IF Z=0 THEN 1400
1230 J=C(1)
1240 S=S+1
1250 IF PP=1 THEN 1290
1260 CLS:PRINT
1270 PRINT "STATION #";S;"HAS"
1280 GOTO 960
1290 LPRINT"":LPRINT"":LPRINT""
```

```
1300 LPRINT"STATION #";S;"HAS"
1310 GOTO 980
1320 K(1)=S
1330 K(2)=G
1340 E=R
1350 GOTO 800
1360 IF R<E THEN 800
1370 K(2)=G
1380 E=R
1390 GOTO 800
1400 IF PP=1 THEN PP=0:FOR RT=1 TO 7:LPRINT"":NEXT RT:GOTO 1410
1410 CLS:PRINT:PRINT
1420 PRINT TAB(10);"NEXT STEP TO BE PERFORMED"
1430 PRINT
1440 PRINT TAB(15);"1. EXIT PROGRAM"
1450 PRINT TAB(15);"2. ENTER NEW DATA"
1460 PRINT TAB(15);"3. CHANGE THE MAXIMUM CYCLE TIME"
1470 PRINT TAB(15);"4. RERUN WITH SAME DATA"
1480 PRINT TAB(15);"5. MODIFY EXISTING DATA"
1490 PRINT TAB(15);"6. PRINT RESULTS"
1495 PRINT TAB(15);"7. SAVE CASE STUDY ON DISK"
1500 PRINT
1510 PRINT TAB(10);"INPUT CHOICE";
1520 INPUT Q
1530 IF Q=2 THEN 190
1540 IF Q=1 THEN CLS:END
1550 IF Q=4 THEN C(1)=C1:GOTO 570
1560 IF Q=5 THEN C(1)=C1:GOTO 2240
1570 IF Q=3 THEN 1610
1580 IF Q=6 THEN PP=1:GOTO 2580
1585 IF Q=7 THEN GOSUB 6000:GOSUB 8000 :GOTO 1410
1590 PRINT:PRINT:PRINT TAB(10); "CHOICE MUST BE 1,2,3,4,5,6 OR 7"
1600 GOTO 1500
1610 PRINT
1620 PRINT TAB(10);"WHAT IS THE NEW MAXIMUM CYCLE TIME";
1630 INPUT C1
1640 C(1)=C1
1650 GOTO 570
1660 S=1
1670 Z=T
1680 J=C(1)
1690 K(5)=0
1700 FOR X=1 TO T
1710 B(X)=P(X)
1720 NEXT X
1730 RETURN
1740 J=J-W(A)
1750 Z=Z-1
1760 K(5)=1
1770 B(D(A))=-1
1780 FOR X=1 TO T
1790 IF B(X)<=0 THEN 1840
1800 FOR Y=1 TO P(X)
1810 IF N(X,Y)<>D(A) THEN 1830
1820 B(X)=B(X)-1
1830 NEXT Y
1840 NEXT X
1850 A=0
1860 RETURN
1870 IF L(X)>J THEN 1910
1880 A=A+1
1890 W(A)=L(X)
1900 D(A)=X
```

```
1920 IF J>R THEN 1940
1930 R=J
1940 IF Z=0 THEN 780
1950 IF K(5)=0 THEN 2190
1960 K(5)=0
1970 J=C(1)
1980 S=S+1
1990 GOTO 700
2000 F=INT(F*F/100)
2010 F=((F/10000)-INT(F/10000))*10000
2020 A=INT((F/10000)*A+1)
2030 RETURN
2040 V=V+2
2050 IF(PP=1)THEN RETURN
2060 PRINT
2070 V=V+1
2080 IF V<19 THEN 2060
2090 PRINT "HIT 'ENTER' TO CONTINUE";
2100 INPUT V
2110 PRINT
2120 V=1
2130 RETURN
2140 CLS:FOR RT=1 TO 4:PRINT:NEXT RT
2150 PRINT TAB(15);"ELEMENT TIME";X;"EXCEEDS THE CYCLE TIME"
2160 FOR RT=1 TO 2000
2170 NEXT RT
2180 GOTO 1410
2190 CLS
2200 FOR RT=1 TO 7:PRINT:NEXT RT
2210 PRINT TAB(16);"***PRECEDENT DIAGRAM IS INCONSISTENT***"
2220 FOR RT=1 TO 2000
2230 NEXT RT
2240 I=1
2250 BI=I
2260 II=1
2270 CLS:PRINT
2280 PRINT "TASK #";TAB(15);"TIME";TAB(25);"PRE-TASKS"
2290 IF P(I)=0 THEN 2410
2300 XZ=P(I)
2310 PRINT " ";I;TAB(16);L(I);TAB(24);
2320 FOR RT=1 TO XZ
2330 PRINT N(I,RT);
2340 NEXT RT
2350 PRINT
2360 I=I+1
2370 II=II+1
2380 IF (I>T) THEN 2510
2390 IF(II>14) THEN 2430
2400 GOTO 2290
2410 PRINT " ";I;TAB(16);L(I)
2420 GOTO 2360
2430 PRINT
2440 INPUT"          TASK # TO BE CHANGED OR DELETED(0 TO CONTINUE)";X
2450 IF X=0 THEN 2550
2460 IF X<BI OR X>BI+13 OR X>T THEN PRINT "***TASK # OUT OF RANGE***":GOTO 2440
2465 GOTO 9000
2470 GOSUB 430
2480 II=1
2490 I=BI
2500 GOTO 2270
2510 IF II>14 THEN 2440
2520 II=II+1
2530 PRINT
```

```
2540 GOTO 2510
2550 IF(I>T) THEN 9500
2560 BI=I
2570 GOTO 2260
2580 FOR RT=1 TO 6:LPRINT"":NEXT RT
2600 LPRINT TAB(12);"MONTAJ HATTI DENGELEME"
2610 FOR RT=1 TO 5:LPRINT"":NEXT RT
2620 LPRINT"          DENGELEME DENEME SAYISI =" ;U
2630 LPRINT"          IS ELEMANI SAYISI =" ;T
2640 LPRINT"          MAKSIMUM CEVRIM SURESI =" ;C1
2650 FOR RT=1 TO 4:LPRINT"":NEXT RT
2660 LPRINT" IS ELEMANI #";TAB(15);"SURESI";TAB(25);"BIR ONCEKI ISLEMLER "
2670 FOR I=1 TO T
2680 IF P(I)=0 THEN 2750
2690 LPRINT"  ";I;TAB(16);L(I);TAB(24);
2700 FOR RT=1 TO P(I)
2710 LPRINT N(I,RT);
2720 NEXT RT
2730 LPRINT""
2740 GOTO 2760
2750 LPRINT"  ";I;TAB(16);L(I)
2760 NEXT I
2770 FOR RT=1 TO 5:LPRINT"":NEXT RT
2780 LPRINT TAB(15);"EN IYI COZUM "
2790 LPRINT
2800 LPRINT" CEVRIM SURESI ";C(1) "DAKİKA";"VE";K(1);"İŞ İSTASYONU"
2810 LPRINT"":LPRINT"":LPRINT""
2820 LPRINT"STATION # 1 HAS"
2830 GOTO 940
6000 CLS:FOR RT=1 TO 8:PRINT:NEXT RT
6010 INPUT"          INPUT FILE NAME: ";A$
6020 PRINT:PRINT
6030 INPUT"          INPUT DISK DRIVE ID (A,B, OR C): ";B$
6035 IF B$="A" OR B$="a" OR B$="B" OR B$="b" OR B$="C" OR B$="c" THEN 6040 ELSE
6020
6040 F$= B$+"": "+A$
6050 PRINT:PRINT:PRINT
6060 PRINT"          PLEASE WAIT FOR DISK OPERATIONS"
6070 RETURN
7000 OPEN "I",1,F$
7010 INPUT #1,U,T,C1
7015 K(1)=T
7020 FOR X=1 TO T
7030 INPUT #1,L(X),P(X)
7031 IF P(X)=0 THEN 7040
7032 FOR Y=1 TO P(X)
7033 INPUT #1, N(X,Y)
7034 NEXT Y
7040 NEXT X
7050 CLOSE #1
7060 RETURN
8000 OPEN "O",1,F$
8010 PRINT #1,U
8011 PRINT #1,T
8012 PRINT #1,C1
8020 FOR X=1 TO T
8025 PRINT #1,L(X)
8030 PRINT #1,P(X)
8031 IF P(X)=0 THEN 8040
8032 FOR Y=1 TO P(X)
8033 PRINT #1,N(X,Y)
8034 NEXT Y
8040 NEXT X
```

```
8050 CLOSE #1
8060 RETURN
8500 IF ERL=2580 THEN 8540
8510 IF ERL=7000 THEN 8580
8520 IF ERL=8000 THEN 8580
8530 ON ERROR GOTO 0
8540 CLS:FOR RT=1 TO 10:PRINT:NEXT RT
8550 PRINT TAB(10);"THE PROGRAM IS HAVING DIFFICULTY PRINTING"
8560 PRINT:PRINT TAB(10);"CHECK TO SEE IF THE PRINTER IS TURNED ON"
8570 GOTO 8600
8580 CLS:FOR RT=1 TO 10:PRINT:NEXT RT
8590 PRINT TAB(10);"THE PROGRAM IS HAVING DIFFICULTY WITH YOUR DISK FILE"
8600 FOR RT=1 TO 5:PRINT:NEXT RT
8610 PRINT TAB(10);"HIT 'ENTER' TO CONTINUE";:INPUT A$
8620 RESUME 1410
9000 PRINT:INPUT"          DO YOU WISH TO DELETE THIS TASK # (Y OR N)";AA$
9010 IF AA$="Y" OR AA$="y" THEN 9020 ELSE 2470
9020 L(X)=0
9070 GOTO 2480
9500 CLS:FOR RT=1 TO 10:PRINT:NEXT RT
9510 INPUT"          DO YOU WISH TO ADD TASKS TO THE BALANCE(Y OR N)";AA$
9520 IF AA$="Y" OR AA$="y" THEN 9600
9570 GOTO 570
9600 PRINT
9610 INPUT "          INPUT THE NUMBER OF ADDITIONAL TASKS";ADD
9620 IF ADD<1 THEN PRINT:GOTO 9510
9630 AA = T + 1
9640 T = T + ADD
9660 GOTO 410
```

ÖZGEÇMİŞ

1952 Yılında Kırklareli'de doğan Turgay ENGİN , ilkokulu Lüleburgaz ve Silivri'de orta ve liseyi de İstanbul Haydarpaşa Lisesinde okumuştur. Lise son sınıfta girdiği sınavları kazanarak A.B.D.'ne Endüstri Mühendisliği öğrenimi için gönderilmiş ve Oregon State University'i bitirerek yurda dönmüştür. 1987 yılında I.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünde yapılan sınavları kazanarak Endüstri Mühendisliği dalında yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. Turgay Engin şu anda bir kamu kuruluşunda çalışmaktadır.

ÖZGEÇMİŞ