

**T.C.
BARTIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BULGUSAL MONTAJ HATTI Dengeleme problemlerinin
Çözümünde MATLAB yazılımı ile program geliştirme**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAZIRLAYAN
AYSUN TÜRKMEN**

**DANIŞMAN
YRD.DOÇ.DR.YALÇIN YEŞİL**

BARTIN-2016



T.C.

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BULGUSAL MONTAJ HATTI DENGEME PROBLEMLERİNİN
ÇÖZÜMÜNDE MATLAB YAZILIMI İLE PROGRAM GELİŞTİRME**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAZIRLAYAN
Aysun TÜRKMEN**

JÜRİ ÜYELERİ

Danışman	: Yrd. Doç. Dr. Yalçın YEŞİL	- Bartın Üniversitesi
İkinci Danışman	: Yrd.Doç.Dr. Mahmut KAYAR	- Marmara Üniversitesi
Üye	: Prof. Dr. Resul FETTAHOV	- Bartın Üniversitesi
Üye	: Doç. Dr. Mahire CİHANGİROVA	- Bartın Üniversitesi
Üye	: Doç. Dr. İlker MISTIK	- Marmara Üniversitesi

BARTIN-2016

KABUL VE ONAY

Aysun TÜRKMEN tarafından hazırlanan “BULGUSAL MONTAJ HATTI Dengeleme problemlerinin çözümünde MATLAB yazılımı ile program geliştirme” başlıklı bu çalışma, 22.02.2016 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Bařkan : Yrd. Doç. Dr. Yalçın YEşİL (Danışman)

ye : Yrd. Doç. Dr. Mahmut KAYAR (İkinci Danışman)

ye : Prof. Dr., Resul FETTAHOV

ye : Doç. Dr. Mahire CİHANGİROVA

ye : Doç. Dr. İlker MİSTİK

Bu tezin kabul Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/...../20... tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır

Doç. Dr. Selma ÇELİKYAY
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Yrd. Doç. Dr. Yalçın YEŞİL ve Yrd. Doç. Dr. Mahmut KAYAR danışmanlığında hazırlamış olduğum “BULGUSAL MONTAJ HATTI DENGELEME PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜNDE MATLAB YAZILIMI İLE PROGRAM GELİŞTİRME” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

22/02/2016

Aysun TÜRKMEN

ÖNSÖZ

Bartın Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Anabilim Dalı'nda yapmış olduğum yüksek lisans çalışmamda bilgi ve becerileriyle beni yönlendiren, karşılaştığım sorunlara çözüm üreterek, çalışmalarımın oldukça sağlıklı yürümesini sağlayan değerli danışman hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Yalçın YEŞİL ve Yrd. Doç. Dr. Mahmut Kayar'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans eğitim boyunca bende hakkı ve emeği olan herkese, bana her konuda olan güven ve destekleri için Bartın Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarına ve Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğretim elemanlarına ve görevlilerine teşekkürü borç bilirim.

Tüm yaşantım boyunca maddi ve manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim, bana olan güvenleriyle beni daha da güçlü kılan sevgili anneme, babama, ağabeyime ve Yüksek Lisans'ta yaptığım çalışmamda desteğini esirgemeyen her daim yanımda olan sevgili eşim Okan TÜRKMEN'e sonsuz şükran ve minnetlerimi sunarım.

Aysun TÜRKMEN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BULGUSAL MONTAJ HATTI Dengeleme Problemlerinin ÇÖZÜMÜNDE MATLAB YAZILIMI İLE PROGRAM GELİŞTİRME

Aysun TÜRKMEN

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanları: Yrd. Doç. Dr. Yalçın YEŞİL

Yrd. Doç. Dr. Mahmut KAYAR

Bartın- 2016, sayfa: XVI+69

Montaj hattı dengeleme problemleri giyim şirketleri için son derece önemlidir. Giysi üretim süreci karmaşık ve pek çok süreçten oluştuğundan dengeli bir montaj hattına gereksinim duyulur. Dengeli bir montaj hattı, üretim sırasında daha az makine, malzeme ve iş gücü kullanımı sağlar, bunun bir sonucu olarak, optimum bir zaman içinde, bir ürün üretmek için olanak sağlar.

Bu tezde, montaj hattı dengeleme problemleri örnek bir örme bluz verileri kullanılarak çözümlenmiştir. Montaj hattı dengeleme problemlerinin çözümü için MATLAB yazılımı kullanılarak bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Geliştirilen bu program sayesinde beş farklı bulgusal (sezgisel) montaj hattı dengeleme yöntemi incelenmiştir. Geliştirilen program sayesinde çok uzun süre alan montaj hattı dengeleme problemlerinin çözümü çok kısa bir sürede gerçekleştirilebilmektedir. Zamandan tasarrufun yanı sıra, montaj hattı dengeleme problemlerinin çözümü esnasında ortaya çıkabilecek olası yanlışlıkların ve hataların da önüne geçilmiş ve her defasında doğru bir şekilde montaj hattı dengelemesi yapılmıştır.

Aynı zamanda farklı montaj hattı dengeleme yöntemlerine ait sonuçlar anında karşılaştırılarak ve mevcut çözümler içerisinde en yüksek verimliliğe sahip olanı seçmek

kolaylaştırılmıştır. Böylelikle daha az zamanda sonuca ulaşarak, çözümün daha pratik bir şekilde uygulamaya konulması gerçekleştirilebilmiştir. Geliştirilen bilgisayar programında montaj hattı dengeleme yöntemlerinin tüm boyutları ele alınarak oluşturulduğundan hazır giyim firmaları için ciddi yarar sağlayacaktır.

Aşağıda sıralanan Bulgusal Montaj Hattı Dengeleme Yöntemleri kullanılarak her bir ürün için montaj hattı dengelemesi yapılmıştır.

Araştırmada uygulanacak Bulgusal Montaj Hattı Dengeleme Yöntemleri:

- Hoffman Yöntemi
- Konum Ağırlık Yöntemi
- COMSOAL Yöntemi
- Moddie & Young Yöntemi
- Killbridge & Western Yöntemi

Manuel olarak yapılan montaj hattı dengeleme çözümlerindeki her bir yöneme ait prensipler dikkate alınarak MATLAB yazılımı ile program geliştirilmiştir. Daha sonra manuel olarak yapılan çözümler geliştirilen program ile çözümlenerek geliştirilen programın doğrulanması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Montaj hattı dengeleme; Hoffman Yöntemi; Konum Ağırlık Yöntemi; COMSOAL Yöntemi; Moodie & Young Yöntemi; Kilbridge & Western Yöntemi; Largest Candidate Rule Yöntemi; MATLAB.

Bilim Kodu

621.01.03

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

HEURISTIC PRODUCTION LINE BALANCING PROBLEM SOLUTION WITH MATLAB SOFTWARE PROGRAMMING

Aysun TÜRKMEN

**Bartın University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Textile Engineering**

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Yalçın YEŞİL

Assist. Prof. Dr. Mahmut KAYAR

Bartın-2016, pp: XVI+69

It is a well-known fact that assembly line balancing problems are extremely important for clothing companies. Clothing manufacturing is a complicated process and requires a balanced assembly line that consists of many processes. A balanced assembly line requires less machines, less materials and less labor, therefore leads to optimum solution for the production.

In this thesis, assembly line balancing problem was analyzed using a knit blouse data. A computer program using MATLAB software for the solution of assembly line balancing problems have been developed. Through this program, five different heuristic assembly line balancing methods were investigated and developed. With the use of the program developed, line balancing problem is solved in a fast and easy way. As well as saving time, the possible mistakes and errors that can occur during the solution of problem are prevented for the assembly line balancing and assembly line balancing is done correctly every time.

Additionally obtaining results of different assembly line balancing methods instantly and the selection of the highest efficiency method within the present solutions became available.

Thus, the in a shorter time the result can be obtained and can be put into application. The program was created by considering all dimensions of assembly line balancing methods therefore will provide substantial benefits for apparel companies.

Assembly line balancing is performed for each product using heuristic Assembly Line Balancing Methods listed below.

Heuristic research will be applied in following Assembly Line Balancing Methods:

- Hoffman Method
- Position Weight Method
- COMSOAL Method
- Moddie & Young Method
- Killbridge & Western Method

The MATLAB program has been developed by taking into account of theoretical solution of all these methods. Later the program is developed further by analyzing solutions made manually and is made to verify the developed program.

Key Words

Assembly line balancing; Hoffman Method; Ranked Positional Weight Method; COMSOAL Method; Moodie & Young Method; Kilbridge & Western Method; Largest Candidate Rule Method; MATLAB.

Science Code

621.01.03

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL VE ONAY	ii
BEYANNAME.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
EKLER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 Genel Bilgiler.....	2
1.1.1 Üretim Hattı ve Üretim Hattı Dengeleme Kavramı	2
1.1.2 Montaj Hattı Dengelenmede Kullanılan Temel Kavramlar	5
1.1.2.1 İş Ögesi.....	5
1.1.2.2 Öncelikli İş	5
1.1.2.3 İş İstasyonu.....	6
1.1.2.4 İş İstasyonu Süresi.....	6
1.1.2.5 Toplam İş Süresi	6
1.1.2.6 Çevrim Süresi.....	6
1.1.2.7 Üretim Kapasitesi (Üretim Miktarı).....	7
1.1.2.8 İş İstasyonu Boş Zamanı	8
1.1.2.9 İş Merkezi.....	8
1.1.2.10 Denge Kaybı.....	8
1.1.2.11 Montaj Hattı Verimliliği	9
1.1.2.12 Ortalama İş İstasyonu Süresi	9
1.1.2.13 Çalışan İş İstasyonlarının Sayısı	9
1.1.2.14 Teknolojik Öncelik Diyagramı	10
1.1.2.15 Öncelik Matrisi	10
1.1.3 Montaj Hattı Dengelemenin Amaçları	11

1.1.4 Montaj Hattı Dengelemeyi Etkileyen Temel Faktörler.....	12
1.1.5 Montaj Hattı Dengelemeyi Etkileyen Ölçütler	12
1.1.5.1 Temel Kısıtlar.....	12
1.1.5.2 Yan Kısıtlar	13
1.1.6 Montaj Hattı Dengeleme Adımları.....	13
1.1.7 Montaj Hattı Dengeleme Yöntemlerinin Sınıflandırılması.....	14
1.1.7.1 Çözüm Yaklaşımına Göre Sınıflandırma	14
1.1.7.2 Probleme Göre Sınıflandırma.....	15
 BÖLÜM 2 LİTERATÜR ÇALIŞMASI	16
 BÖLÜM 3 MATERYAL VE YÖNTEM.	18
 3.1 Montaj Hattı Dengeleme Problemlerinin Çözümlemesi.....	18
3.1.1 Örme Bluzu Meydana Getiren Parçalar	18
3.1.2 Örme Bluz Dikim Aşamaları	19
3.1.3 Örme Bluz Üretiminde Kullanılan Makineler.....	21
3.2 Zaman Etüdü Çalışması	21
3.3 Montaj Hattı Dengeleme Çalışmaları	22
3.3.1 Hoffman Metodu.....	24
3.3.1.1 Hoffman Metodunun Bilgisayar Programı ile Uygulanması	33
3.3.2 Konum Ağırlık Metodu.....	44
3.3.2.1 Konum Ağırlık Metodunun Bilgisayar Programı ile Uygulanması	46
3.3.3 COMSOAL Metodu.....	47
3.3.3.1 COMSOAL Metodunun Bilgisayar Programı ile Uygulanması	49
3.3.4 Moddie & Young Metodu.....	50
3.3.5 Killbridge & Western Metodu.	55
 BÖLÜM 4 SONUÇLAR VE ÖNERİLER	58
 KAYNAKLAR.....	60
 EKLER	63

ÖZGEÇMİŞ.....	68
---------------	----

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
No	No
1. Olası bir montaj hattı düzeni	4
2. Hat dengeleme probleminin ana elemanları.....	5
3. 18 iş ögesine sahip bir teknolojik öncelik diyagramı.....	10
4. Örme bluz modeli.....	18
5. Bluz üretimine ait akış diyagramı	20
6. Örme bluza ait öncelik diyagramı	22
7. Programın kullanıcı arabirimi	35
8. İşlem sonu mesaj kutusu	36
9. Kullanıcı ara birimi akış diyagramı.....	39
10. Metot hesapları akış diyagramı-1	40
11. Metot hesapları akış diyagramı-2	41
12. Metot hesapları akış diyagramı-3	42
13. Metot hesapları akış diyagramı-4	43
14. Killbridge & Western yöntemi öncelik diyagramı.....	55
15. Verimlilik sonuçları	59

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo	Sayfa
No	No
1. 18 iş ögesine sahip öncelik matrisi	11
2. Örme bluz üretiminde gerekli olan makinelerin gösterimi	21
3. Örme bluz dikimi için operasyon numaraları, operasyon isimleri, makine tipleri, operasyon süreleri ve öncelikli işlemlerin gösterimi	23
4. Örneğe ait öncelik matrisinin oluşturulması	24
5. Çözüm matrisi – 1	25
6. Çözüm matrisi – 2	26
7. Çözüm matrisi – 3	27
8. Çözüm matrisi – 4	27
9. Çözüm matrisi – 5	28
10. Çözüm matrisi – 6	28
11. Çözüm matrisi – 7	29
12. Çözüm matrisi – 8	29
13. Çözüm matrisi – 9	30
14. Çözüm matrisi – 10	30
15. Çözüm matrisi – 11	30
16. Çözüm matrisi – 12	31
17. Çözüm matrisi – 13	31
18. Çözüm matrisi – 14	31
19. Çözüm matrisi – 15	32
20. Montaj hattı dengeleme sonuç tablosu	32
21. Program girdi tablosu	36
22. İşlem sonuç tablosu	37
23. Hoffman sonuç tablosu	37
24. Konum ağırlık metodu uygulama veri tablosu	44
25. Konum ağırlık hat dengeleme sonuç tablosu	46
26. COMSOAL yöntemi uygulama tablosu	47
27. COMSOAL yöntemi atama tablosu	48
28. COMSOAL yöntemi hat dengeleme sonuç tablosu	49
29. Moddie & Young yöntemi uygulama	50
30. Moddie & Young yöntemi atama tablosu-1	51

Tablo	Sayfa
No	No
31. Moddie & Young yöntemi atama tablosu-2.....	52
32. Moddie & Young yöntemi atama tablosu-3.....	52
33. Moddie & Young yöntemi atama tablosu-4.....	53
34. Moddie & Young yöntemi atama tablosu-5.....	54
35. Moddie & Young yöntemi hat dengeleme sonuç tablosu	54
36. Killbridge & Western yöntemi uygulama tablosu	56
37. Killbridge & Western yöntemi hat dengeleme sonuç tablosu.....	56

EKLER DİZİNİ

Ek	Sayfa
<u>No</u>	<u>No</u>
Ek A. Uygulama programı algoritma ve kod açıklamaları	63

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- N : Montaj hattı üzerindeki iş ögesi sayısı
- t_i : i no'lu iş ögesinin standart işlem süresi
- C : Çevrim Süresi
- T : Kullanılabilir Üretim Süresi (Çalışma Süresi)
- ÜS : Yapılması istenen ürün sayısı
- D : Denge kaybı yüzdesi
- C_0 : Ortalama iş istasyonu süresi
- ES : İşlemlerin Sürelerinin Toplamı

KISALTMALAR

- YD : Yüzde dakika
- CAD : Bilgisayar destekli tasarım (computer-aided design)
- GUIDE : GUI derleyici (Open GUI Layout Editor)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Verimlilik kavramı, genel olarak üretim faktörlerinin etkin bir şekilde kullanımı olarak ifade edilmektedir. Üretim faktörlerinin etkin kullanımı; üretim gerçekleştirilmesi için gerekli olan insan, makine ve malzeme gibi temel kaynakların israf edilmeden tüketilmesini ve meydana gelecek ürünün istenilen zaman, miktar, kalite ve mümkün olan en düşük maliyette ortaya çıkarılmasını ifade eder. Verimlilik kavramının bu denli öneme sahip oluşu hazır giyim işletmelerinde verimsizliği ortaya çıkaran nedenlerin araştırılması ve devamında bunların çözümüne yönelik çalışmalar yapılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Hazır giyim işletmelerinin emek yoğun bir yapıda oluşu ve özellikle dikimhane departmanlarında çalışan işçilerin, toplam çalışanlar içerisindeki payının yüksek oluşu, aynı zamanda dikim işleminin hazır giyim üretiminde en önemli fiili üretim aşaması oluşu üretim hattı kurma ve montaj hattı dengeleme konusunun da önemini ortaya çıkarmaktadır.

Montaj hattı dengeleme, gerçekleştirilmesi gereken görevlerin, teknolojiye kaynaklı belirli öncelik ilişkilerine ve kapasite gibi diğer kısıtlara uyularak, kayıp zamanı en aza indirecek ve hattın verimliliğini arttıracak şekilde iş istasyonu atama sürecidir.

Bir montaj hattının temel özelliği bir iş istasyonundan başka bir iş istasyonuna iş parçalarını transfer etmektir (Kayar, 2012).

Tekstil sektöründe, düzenli bir makine akışı sağlamak, insan gücünün kullanımında elde edecek verimi en üst seviyeye çıkarmak, makine kapasitesinden azami faydalanmak amacıyla montaj hattı dengeleme yöntemleri kullanılarak hesaplama yapılmaktadır. Hazır giyim işletmelerinin üretim kapasitesi direkt olarak dikim kapasitesiyle bağlantılı olduğu için, montaj hatlarının dengeli olması hazır giyim işletmelerinin verimliliği açısından son derece önemlidir. Montaj hattı dengeleme konusunda yapılmış birçok araştırma olmasına rağmen, herhangi bir montaj hattı dengeleme yönteminin bilgisayar programı yardımıyla çözümüne dair literatürde araştırmaya rastlanmamıştır.

Bu tez çalışmasının ana amacı, Hazır giyim hattı üzerine montaj hatları oluşturulup, bir bilgisayar programı yardımıyla bulgusal montaj hattı dengeleme problemlerinin çözümünü gerçekleştirerek en verimli montaj hattı dengeleme çözümünün bulunmasıdır.

1.1 Genel Bilgiler

1.1.1 Üretim Hattı ve Üretim Hattı Dengeleme Kavramı

Montaj hattı dengeleme konusunda ilk analitik yöntem 1954’de Bryton tarafından çalışılmıştır. Aynı dönemlerde Salverson, bu problem üzerine çalışmalar yapmıştır ve analitik yöntem geliştirmiştir. Daha sonra birçok araştırmacı bu konu üzerinde çalışmalar yaparak farklı yöntemler geliştirmişlerdir.

Montaj hattı dengeleme yöntemleri iki ana grupta incelenebilir;

1. Kesin Yöntemler: Problemin çözümünde en iyi sonuçlar ortaya çıkaran yöntemlerdir (matematiksel programlama modelleri).
2. Bulgusal Yöntemler (Sezgisel Yöntemler): Problemin çözümünde en iyiye yakın sonuçlar veren (heuristic) yöntemlerdir. Bu yöntemler en iyi çözümü garanti etmemekle birlikte, belirli kısıtlar altında, göreceli olarak iyi ve geçerli çözümleri daha az hesaplama ile sonuca ulaştırmaktadırlar (Acar ve Estaş, 1991).

Bir montaj hattı; genel bir bakışla iş istasyonlarının ard arda bir ilişki ile dizildiği ve ürün bir iş istasyonundan diğerine geçerken iş parçalarının üzerinde işlemlerin yapıldığı bir özel tip üretim sistemi olarak tanımlanmaktadır. Montaj hatları, bir ürünün birçok parça ve bileşenlerinin bir araya getirildiği ve bunların üzerinde bir takım işlemlerin uygulandığı yerlerdir (Asur ve Andrew, 2002).

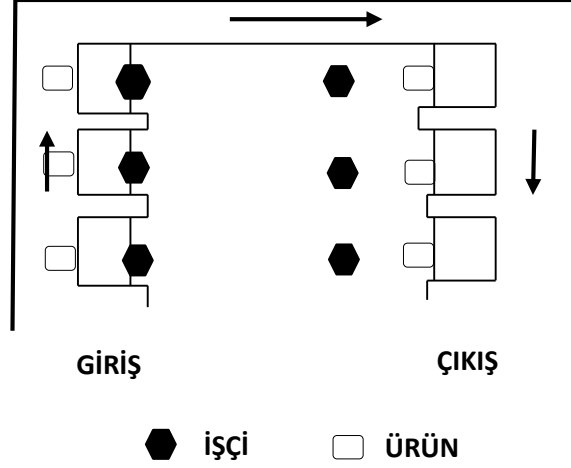
Endüstrileşme sürecinde, yapılacak toplam işi öğeler halinde ayırarak, bu iş parçalarının farklı işçiler tarafından işlemin gerçekleştirilmesiyle daha hızlı ve daha ucuz üretim yapılabileceği düşüncesi ortaya atılmıştır. Bunun sonucunda üretim, üzerinde iş istasyonlarının olduğu bir hat üzerinden malzemelerin akışının sağlanması yoluyla

yapılmaya başlamıştır. Malzemelerin, akış hattı boyunca transfer edildiği ve parça üzerinde yapılacak olan işlemlerin; aralarındaki öncelik ilişkisi ve çevrim süresi gibi kısıtlar göz önünde bulundurularak birleştirilmesiyle oluşturulan, hat boyunca kısıtlar göz önüne alınarak ard arda sıralanmalarıyla oluşan sisteme *montaj hattı* veya *üretim hattı* denir (Erkut ve Baskak, 1997). Montaj hatlarının temel özelliği, iş parçalarının bir istasyondan diğer iş istasyonuna hareket etmesi olarak tanımlanabilir (İşleyen ve Baykoç, 2004).

Hat üzerinde iş istasyonlarındaki işçiler, bir ürün haline getirilecek olan yarı ürün veya iş parçası önlerinden geçerken, kendilerinin yapması gereken iş bölümüyle alakalı bir veya birkaç işlem gerçekleştirirler ve hatta giren iş parçası ve yarı ürünler gerekli işlemler yapılmış halde hattın sonundan bitmiş bir ürün olarak çıkar (Erkut ve Baskak, 1997).

Daimi üretim sistemlerinde, talebin olduğu ve üretimin üniteler halinde gerçekleştirildiği hallerde, yüksek üretim hızıyla talebi karşılamanın yolu montaj hatlarının konfigürasyonudur. Montaj hattı üzerinde bir ürün ortaya çıkarılabilmesi için toplamdaki iş yükünün hattı oluşturan iş istasyonlarına eşit şekilde paylaştırılması gereklidir. Bu işlemin amacı; montajı oluşturan iş unsurları, bu iş unsurlarının aldıkları süreler ve aralarındaki öncelik ilişkilerine bakılarak performans ölçüsü en iyi seviyeye getirilecek şekilde, sıralı iş istasyonlarına atanması, montaj hattı dengeleme problemi olarak tanımlanmaktadır (Ağpak vd., 2002).

Ürün üretimi sırasında yapılması gerekli olan işlerin, iş istasyonlarına, kayıp süreyi en aza indirilecek biçimde atanmasına, *montaj hattı dengeleme* veya kısaca *hat dengeleme* denir (Erel vd., 2001).



Şekil 1: Olası bir montaj hattı düzeni (İşleyen ve Baykoç, 2004).

Hat dengelemede amaçlanan, yapılan iş sabit bir hızla ilerlerken iş istasyonlarının boş halde kalmaması, bunun için de üretim hattındaki iş istasyonlarının birim zamandaki çıktılarını eşit hale getirme gayretidir (Top, 2001).

Montaj hattını dengelemede bütün iş istasyonlarında üretim yapılması için gerekli olan süre eşitlenmeye çalışılır. İş istasyonlarında üretim için gerekli olan süre bütün iş istasyonlarında denk olduğu zaman montaj hattı dengelenmiş olur (Tekin, 2002). Ayrıca montaj hattı tam olarak dengelenirse, üretim akışı zaman kaybı olmadan istenilen sürede bitirilir ve iş istasyonları birbirine eşit ölçüde iş yapmış olurlar (Arslan, 2002).

Hat dengeleme işlemi iyi şekilde yapılmaz ise, akış hattında darboğazlar ortaya çıkar. Bir üretim hattının hızı, hatta bulunan iş istasyonlarından en yavaş hızda olanın hızına denk sayılır. Tüm montaj hattının üretim hızına sınır koyan bu işleme *darboğaz işlemi* denir (Tekin, 2002).

Genel olarak anlatılan hat dengeleme konusu, üretim yapan işletmeciler için çok fazla öneme sahip bir konudur. Kaliteli ve yüksek hızlı bir üretim seviyesi sağlamak, üretim hattı dengeleme çalışmalarının ayrıntılı şekilde yapılması ile elde edilir (Erel vd., 2001).

Montaj hattı dengeleme problemleri aşağıdaki maddelerin çözümlenmesini yapmaktadır;

- İş istasyonun sayısının belirlenmesi

- Her istasyona düşen sürenin belirlenmesi,
- Yapılacak işlerin gruplama yapılarak istasyonlara dağıtılması,
- Gruplandırma verimliliğinin değerlendirilmesi (Top, 2001).

1.1.2 Montaj Hattı Dengelenmede Kullanılan Temel Kavramlar

Gruplandırılmış işler, bir dengelenmiş montaj hattında iş performans zamanları hakkında sonuçlar vererek, kontrol altında tutulabilen fizibil sıralardaki öncelikli ihtiyaçlar ve arzulanan çıktı oranlarını ve ünite başına çevrim zamanları sağlayacaktır (Kayar, 2008).

Hat dengeleme probleminin ana özellikleri Şekil 2’ de gösterilmektedir.



Şekil 2: Hat dengeleme probleminin ana elemanları (Gökçen ve Erel, 1995).

1.1.2.1 İş Ögesi

İşler, temel hareketlerden meydana gelir. İş ögeleri; yapılacak işin toplamının uygun en küçük alt dallarıdır ve bu iş parçacıklarının bir veya birkaçı tarafından oluşturulurlar (Eryürük, 2005; Erkut vd., 1997).

1.1.2.2 Öncelikli İş

Montaj hattı üzerindeki iş ögeleri art arda sıra ile ya da bir emre ithafen yapılır. Montaj hattına ait her iş için öncelik, iş dizelgelerindeki sıraya göre bir önceki işin yapılmasını emreden kavramdır (Cengiz, 2002; Şeber, 2004).

1.1.2.3 İş İstasyonu

Üretim hattında yapılması istenen işin, işçiler tarafından araç gereç kullanılarak gerçekleştirildiği kısımdır (Eryürük, 2005).

1.1.2.4 İş İstasyonu Süresi

İş istasyonu üzerinde yapılmak üzere bulunan iş öğelerinin standart zamanlarının toplamı olarak tanımlanabilir. İstasyona çalışanlar tarafından yapılmak üzere gelen iş parçasının yapılacak olan işlemin başladığı ilk andan yapılmasının bittiği son ana kadar olan zaman aralığıdır.

Bir iş istasyonu süresi, o montaj hattı üzerinde bulunan iş ögesi zamanlarının en büyüğünden küçük olamaz ayrıca o iş istasyonunun çevrim zamanından da büyük olamaz. Bir üretim hattındaki iş istasyonu toplam sayısı t_k sembolü ile belirtilir (Acar ve Eştaş, 1991).

1.1.2.5 Toplam İş Süresi

Montaj hattı üzerinde yapılacak olan işin tüm bölümlerinin standart zamanlarının veya o işin birleşip bir ürün ortaya çıkarmak için gerekli olan montaj işlemlerinin sürelerinin toplamı olarak tanımlanabilir (Şeber, 2004).

Toplam iş süresi;

N: Montaj hattı üzerindeki iş ögesi sayısı

t_i : i no'lu iş ögesinin standart işlem süresi olmak üzere Eşitlik 1'e göre hesaplanır.

$$\sum_{i=1}^N t_i \quad (1)$$

1.1.2.6 Çevrim Süresi

Çevrim süresi, bir iş istasyonunda bulunan çalışanın o istasyon üzerinde yapılacak olan işlemlerin bitirilmesi için ihtiyaç duyduğu süre ya da üretim hattı üzerinde bulunan bir iş parçasının ürün haline getirilebilmesi için yapılması gerekli olan işlemlerin istasyon üzerinde gerçekleştirilirken kaldığı en uzun süredir. Çevrim süresi seçimindeki temel fikir, işletmenin ihtiyaç duyduğu üretim hızıdır (Kayar, 2008).

Kuramsal olarak çevrim süresi (Eşitlik 2), çalışma süresi ile gerçek olması beklenen ürün sayısı ile hesaplanabilir (Chase vd., 1998):

C = Çevrim Süresi

T = Kullanılabilir Üretim Süresi (Çalışma Süresi)

ÜS = Yapılması istenen ürün sayısı (Üretim Miktarı)

$$C = \frac{T}{ÜS} \quad (2)$$

1.1.2.7 Üretim Kapasitesi (Üretim Miktarı)

Genel anlamıyla kapasite; bir zaman zarfı içindeki azami üretim seviyesi olarak tanımlanabilir (Kobu, 2006).

Bir üretim sisteminin yaptığı ya da yapması gerekli üretim kapasitesi olarak tanımlanabilir (Acar, 1996).

Üretim miktarı Eşitlik 3’de verilen formülle hesaplanır.

$$ÜS = \frac{T}{C} \quad (3)$$

Üretim sistemi içerisindeki çalışan sayısı, çalışma süresi ve yapılan işin süresi üretim kapasitesi konusunda öneme sahiptir. Yapılacak olan işin süresi azalırsa, çalışan sayısı ve çalışma zamanı aynı kalarak üretim miktarında artış sağlanabilir (Kayar, 2008).

1.1.2.8 İş İstasyonu Boş Zamanı

Çevrim süresi ile iş istasyonu süresine bakıldığında aradaki zaman farkına iş istasyonu boş zamanı denir. İş istasyonu boş zaman d_k ile gösterilerek (Eşitlik 4), k'nci istasyondaki boş zamanı belirtir (Karademir, 2005).

$$d_k = C - t_k \quad (4)$$

Dengeleme ölçütlerinin seçimi genel olarak değerlendirildiğinde boş zaman ile alakalı bir durumdur. Boş zamanın toplamı Eşitlik 5 ile çözümlenir.

$$D = kC - \sum t_i \quad (5)$$

1.1.2.9 İş Merkezi

Özel iş istasyonlarının bir araya gelerek oluşturduğu fiziksel alandır. Özel iş istasyonları iki ya da ikiden fazla sayıda olabilir. Şayet bir ya da birden fazla iş istasyonundan istenen üretim hacmini aşarak daha fazla üretim yapılması istenirse, bu iş istasyonları bir bölümde toplanarak iş merkezini oluştururlar (Cengiz, 2002).

1.1.2.10 Denge Kaybı

Denge kaybı; yapılacak olan işlerin, operatörler ya da iş istasyonları arasında ki dağılımının istikrarlılığını gösteren bir kriterdir (Baskak, 1998).

Denge kaybı, iş istasyonunda boş kalan sürenin çevrim zamanına oranı olarak tanımlanabilir ve Eşitlik 6'da verilen formülle hesaplanabilir.

C = Çevrim zamanı

D = Denge kaybı yüzdesi

C_0 = Ortalama iş istasyonu süresi

n = İş istasyonu sayısı

$$D = [(nC - \sum C_0) / nC] 100 \quad (6)$$

1.1.2.11 Montaj Hattı Verimliliği

Aşağıda gösterilen Eşitlik 7 ile gerçekleştirilen montaj hattı dengeleme verimliliği hesaplanır.

V = Verimlilik

C = Çevrim Süresi

n = İstasyon Sayısı

ES = İşlemlerin Sürelerinin Toplamı

$$V = ES / (n \times C) \quad (7)$$

Montaj hattı verimliliği, Eşitlik 6'da verilen denge kaybı formülünden hareketle Eşitlik 8'deki formül ile de hesaplanabilmektedir.

$$V = (1-D) \times 100 \quad (8)$$

1.1.2.12 Ortalama İş İstasyonu Süresi

Ortalama iş istasyonu süresi Eşitlik 9 ile hesaplanır.

C': Ortalama İş İstasyonu Süresi

n: Dengeleme Sonucunda Elde Edilen İş İstasyonu Sayısı ise;

$$C' = \sum_{i=1}^N t_i / n \quad (n \geq n_{enaz}, C \geq C') \quad (9)$$

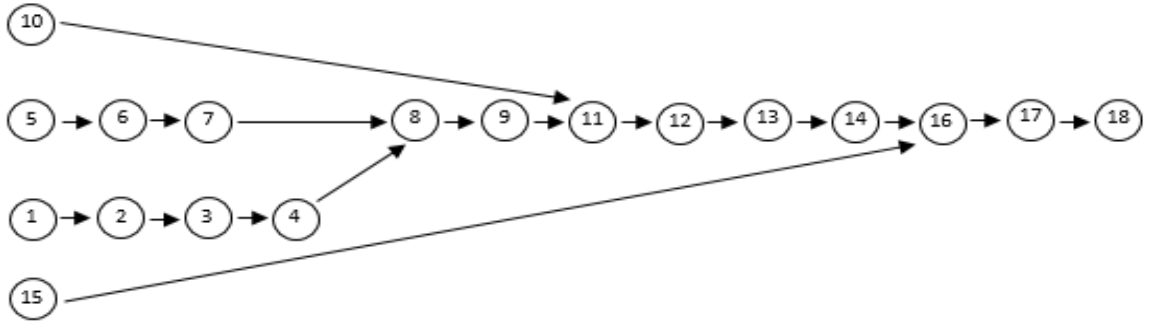
1.1.2.13 Çalışan İş İstasyonlarının Sayısı

Bir iş merkezinde gerçekleştirilen iş oranı, çalışmakta olan iş istasyonlarının adedi ile belirtilir. Örnek olarak; 25 saatte tamamlanacak olan bir iş, 10 saatte tamamlanıyorsa: bu iş merkezinde 2,5 iş istasyonu aktif halde şeklinde ifade edilebilir ya da 25/10 gibi bir ifade kullanılır (Şeber, 2004).

1.1.2.14 Teknolojik Öncelik Diyagramı

Montaj hattı üzerinde bulunan iş parçalarının bir araya getirilerek bir ürün oluşturması için yapılacak olan işlemlerin bir sırası vardır. Bir işin gerçekleştirilmeye başlanması için, o işten daha önce ya da daha sonra gelen işlemlere bağımlıdır ve art arda o işlemleri takip edilerek işleme devam edilmelidir. Bu duruma, öncelik ilişkileri denir. Tanımı yapılan öncelik ilişkilerinin şekil olarak gösterildiği diyagrama teknolojik öncelik diyagramı denir (Eryürük, 2005).

Bu grafik gösterim okla birbirine bağlanmış iki farklı işlemin birbiri arasındaki öncelik ilişkisini gösterir. Okun çıktığı iş ögesi öncelikli olup, okun sonunda bulunan iş ögesi bir sonra yapılacağı anlamına gelmektedir. Daireler içindeki sayılar iş ögesi numaralarını belirtir. Şekil 3'te bir montaj hattının teknolojik öncelik diyagramını göstermektedir (Kayar ve Akyalçın, 2014).



Şekil 3: 18 İş ögesine sahip bir teknolojik öncelik diyagramı.

1.1.2.15 Öncelik Matrisi

Teknolojik öncelik diyagramının matris şeklinde gösterimidir. Bu matris üzerinde birbiri ile öncelik ilişkileri bulunan iş ögeleri için, matrisin satırı üzerinde önceliği bulunan işlem yer alır ve matrisin sütun kısmında öge numaraları yer alır ve öncelik diyagramı baz alınarak iki noktanın kesiştiği noktaya “1” değeri, diğer noktalar ise “0” değeri yazılır. Yani Sütunlar ayrı ayrı ele alınırsa, ele aldığımız bir sütunun içinde yer alan bir satırın “1” olması demek bu satırın karşılığı gelen operasyonun sütuna karşılık gelen operasyondan önce tamamlanması gerektiği anlaşılır. Tablo 1’de, Şekil 3’te gösterilen öncelik diyagramı ile oluşturulan öncelik matrisi görülmektedir (Tanyaş ve Baskak, 2003).

Tablo 1: 18 iş ögesine sahip öncelik matrisi.

Op.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	1	1	1	0	1	1	2	1	0	2	1	1	1	0	2	1	1

1.1.3 Montaj Hattı Dengelemenin Amaçları

Montaj hattı dengelemenin amacı; üretim hattı üzerindeki işleri gruplama yapılarak istasyon kurmak, yapılan gruplar arasında hemen hemen yakın değerlerde olan süreyi elde etmeye çalışmak ve ortaya çıkan bu koşullar dahilinde üretim hattının devamlı olarak aktif halde kalmasını sağlamaktadır. Böylelikle boş kalan süre minimum seviyede tutularak, teknoloji, iş yeri ve malzeme konusunda yüksek oranda fayda elde etmiş olunur.

Aynı zamanda, montaj hattı dengeleme problemlerinde genel olarak tespit edilmiş bir sonuca varmak amaçların arasındadır (Top, 2001).

Montaj hattı dengelenmesinde ana amaç, işçileri iş istasyonlarına yönlendirerek üretim hattı üzerinde boş kalan operatör zamanını minimum seviyede tutmaktır (Arslan, 2002).

Bir montaj hattının kurulmasında ulaşılmak istenen amaçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Etkinlikler için minimum seviyede süre kullanmak,
2. Makine kapasitesini maksimum seviyede kullanmak,
3. Sistemli bir malzeme akışı sağlamak,

4. İş istasyonu sayısını en aza indirmek,
5. Hat dengeleme maliyetini minimum seviyede tutmak,
6. Etkinlikler için minimum seviyede malzeme kullanmak,
7. Maksimum seviyede iş gücünden yararlanmak,
8. İş istasyonları arasında denge kaybı dağılımını düzenli bir şekilde yapmak, (Şeber, 2004; Baskak, 1998).

Dengelemede temel amaç; üretim hattı dengeleme amaçları arasında çelişkiler olması göz önüne alınarak en olması gereken çözüme varılmasıdır. Bu işlemler gerçekleştirilirken montaj hattı maliyeti de minimum seviyede tutulmalıdır (Tanyaş ve Baskak, 2003).

1.1.4 Montaj Hattı Dengelemeyi Etkileyen Temel Faktörler

Montaj hattı dengelemeyi etkileyen faktörler aşağıdaki gibi üç şekilde sınıflandırılabilir;

1. İşin gerçekleştirilmesi için uygulanan metot,
2. Mühendislik işleri; öncelik ilişkilerinin tespiti ve gerekli referans ihtiyaçları,
3. Kullanılan cihazlar ve tezgahlar (Cengiz, 2002).

1.1.5 Montaj Hattı Dengelemeyi Etkileyen Ölçütler

1.1.5.1 Temel Kısıtlar

Öncelik İlişkileri

Montaja ait işlemlerin birbiriyle olan sıralamalarında öncelik ilişkileri etkili olur. Bir işleme başlanabilmesi için, önceki işlem ya da işlemlerin tamamlanmış olması gerekmektedir. İş istasyonları arasında yapılan operasyon atama işlemlerinin belirlenen öncelik ilişkilerine göre yapılması mecburidir.

Çevrim Süresi

Kesintisiz çalışma yüzdesi, hedeflenen üretim miktarı, tolerans miktarı çevrim süresinin etkilenmesinde rol oynar. Bir iş istasyonu üzerinde ataması yapılan operasyonların zamanlarının toplamı çevrim zamanını geçmemelidir.

1.1.5.2 Yan Kısıtlar

Konum Kısıtlılığı

Operatörlerin hat üzerindeki konumu ve montaj işlemi yapılan ürünün konumu arasındaki ilişkidir. Konum kısıtlılığı en fazla, büyük orandaki ürünlerin üretilmesinde yaşanır.

Bazı iş istasyonlarında montaj işlemi yapılacak olan ürünün tersine döndürülmesi; işlemin ürünün alt tarafında gerçekleştirilmesi halinde alt-üst konum kısıtlılığı ile karşılaşılır. Tersine döndürme ve yukarı kaldırma işlemlerini gerçekleştirecek olan donanım her iş istasyonu sahip olmaması, ekonomik olmaması nedeni ile bu işlemlerin seçilmiş bir ya da daha fazla iş istasyonunda toplanması işletme açısından hem verimli hem de daha doğru sayılabilen bir tutum olacaktır.

Montaj hattında yapılacak olan işlemler, üretim bandının sadece bir tarafında yapılacağı zaman ön ve arka konum kısıtlılığı ile karşılaşılır. Üretim hattının karşı tarafına gitmek zor olduğundan, böyle tipteki işler iki operatör tarafından o anda gerçekleştirilirler.

Sabit Donanım Kısıtlılığı

Montaj hatları test araçları, makineler gibi sabit donanımlardan oluşur. Bu sabit donanımlar değiştirilmesi mümkün olmayan iş istasyonlarını meydana getirirler. Böyle iş istasyonlarındaki işlemler yapılmak zorundadır ve bu durum sabit donanım kısıtlılığını ortaya çıkarır. Bu kısıtlılık işlemlerin yer değiştirilmesini zorlaştırır.

1.1.6 Montaj Hattı Dengeleme Adımları

Montaj hattı dengeleme işleminde altı önemli aşama vardır. Bunlar;

1. İşlev ve işlemlerin belirlenmesi ve tanımlanması,
2. İş sıralama,
3. İş istasyonu için ihtiyaç duyulan en az süreyi belirleme,
4. Tüm iş istasyonları ile alakalı durumları tespit ederek operasyon ataması yapılması,
5. İş aktivitelerinin hesaplanması,

6. Üretim hattı tasarım işlemlerinin yapılması (Tekin, 2002).

1.1.7 Montaj Hattı Dengeleme Yöntemlerinin Sınıflandırılması

1.1.7.1 Çözüm Yaklaşımına Göre Sınıflandırma

Sezgisel (Bulgusal) Yöntemler

Bulgusal yöntemlerin birçoğu çevrim süresini sabit sayarak iş istasyonu sayısını en altta tutmaya çalışır ve bununla birlikte denge kaybını da minimumda tutar. Bu yöntemlerden bazıları da iş istasyonu sayısını sabit sayar ve bu duruma en elverişli çevrim süresini bulmaya çalışır.

Kaynaklarda geçen sezgisel yöntemler aşağıda belirtilmiştir.

1. Öncelik Diyagramı İle Çözüm Yöntemi (Hoffman)
2. Konum Ağırlıklı Dengeleme Yöntemi (Helgeson-Birnie)
3. Aşamalı Sıralamayla Çözüm Yöntemi (Jackson)
4. İlişkili Etkinlik Yöntemi (Agrawal)
5. Dinamik Programlamayla Çözüm Yöntemi (Karp-Held-Shareshian)
6. İki Aşamalı Denge Yöntemi (Moddie-Young)
7. En Kısa Yol Yöntemi (Klein-Gutjahr)
8. Comsoal Yöntemi (Arcus)
9. Kilbridge-Wester Yöntemi
10. Aday Matrisle Çözüm Yöntemi (Salveson)
11. Probabilistik Hat Dengeleme Yöntemi (Elsayed-Boueher)
12. Gruplama Yöntemi (Tonge)
13. Raouf-Tsui-Elsayed Yöntemi
14. Basit Sezgisel Yöntem (Eryürük, 2005; Cengiz, 2002; Şeber, 2004; Karademir, 2005).

Analitik Yöntemler

Analitik yöntemler, matematiksel programlama metotları olarak da adlandırılırlar. Analitik yöntemler kısıtlamaları ve işlevleri bulunan yöntemlerdir. Bilhassa, etkinlik sayısı arttıkça

sonuca ulaşmak daha da imkansız hale gelmektedir. Bu sebeplerden ötürü sezgisel yöntemler daha fazla tercih edilir (Kayar, 2008).

1.1.7.2 Probleme Göre Sınıflandırma

Farklı kısıtlamalar değerlendirilerek farklı tiplerde üretim hattı dengeleme sorunları yaratabilir.

1. İşlem zamanı: Klasik kabul edilen montaj hattı dengeleme yöntemlerinin birçoğu sabit iş zamanı kabulü ile meydana getirilmiştir.
2. Ürün /model sayısı: Üretim hatlarının türleri göz önünde bulundurularak üretilecek olan bir ürünün birçok benzeri üretilebilir.
3. İstasyonda çalışan sayısı: Bir iş istasyonunda, bir ya da birden fazla çalışan çalıştırılabilir. İş istasyonuna sadece bir çalışan atanmasının avantajı olabildiği gibi yüksek maliyetli olması gibi dezavantajı da olabilir.
4. Hattın durumu: Üretim hattı durağan ya da hareketli olabilir.
5. Kaynak kısıtlılığı: Üretim için gerekli olan makine, malzeme, insan gücü, üretim tezgahı, üretim alanı gibi kaynaklar kısıtlı olabilir.
6. Özel sorunlar: İş öğelerinin istasyon üzerinde sıraya konulması, maliyet gibi özel problemler ortaya çıkabilir (Gökçen ve Erel, 1995).

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Araştırmacılar birçok farklı endüstriyel alanlarda montaj hattı dengeleme konusunda çalışmalar yapmışlardır. İlk hat dengeleme uygulamaları otomotiv sektöründe yapılmıştır. Diğer sektörlerde montaj hattı dengeleme çalışmaları yapıldığı gibi tekstil sektöründe de çalışmalar yapılmıştır.

Montaj hattı dengeleme araştırmalarının tarihçesine bakıldığında, ilk fikir Bryton tarafından 1954 yılında yaptığı “Balancing of Continuous Production Line” adlı çalışmada ortaya çıkmıştır (Bryton, 1954).

Montaj hattı dengeleme problemi analitik olarak ilk defa 1954 yılında Helgeson v.d. tarafından yapılmıştır. Yayımlanan ilk araştırma “The assembly Line Balancing Problem” isimli çalışmadır. Bu ilk matematiksel çalışma olup 1955 yılında Salveson tarafından yapılmıştır (Salveson, 1955).

Bu çalışmanın ardından akademisyenler tarafından montaj hattı dengeleme yöntemi adı verilerek çok çeşitli araştırmalar yürütülmüştür. Şu araştırmacıların isimlerin örnek olarak verilebilir; 1960 yılında Bowman, 1961 yılında Kilbridge ve Wester, Helgeson ve Birnie ve Tonge, 1963 yılında Hoffman, 1965 yılında Moodie ve Young, 1975 yılında Talbotin diğer yıllarda da çalışmalar yürütülmüştür. 1966 yılında Arcus yaptığı çalışmada, çevrim süresinden büyük iş elemanları, iki işçi tarafından yapılması gerekli iş elemanları, bir kaynak tarafından özel bir iş istasyonunda yapılması gerekli iş elemanları ve birden fazla iş istasyonunda yapılması gibi zorunluluk bulunan iş elemanlarına sahip montaj hattını incelemiştir (Arcus, A.L., 1966). 1984 ve 1986 yıllarında F.B ve Patterson, J.H., Gehrlein, W.V, 1985 yılında Agrawal ve El-Sayed ile Boucher, 1986 yılında Baybars ve 1990 yılında Hofmann (Bowman, 1960; Hoffman, 1990).

1991 yılında Johnson yaptığı çalışmada, bazı iş elemanı gruplarının özel bir ekip tarafından yapılabildiği veya bunların özel bir ekibe atanmasının zorunlu olduğu montaj hatlarını incelemiştir (Johnson, 1991).

1995 yılında Agnetis v.d. yaptığı çalışmada, üretim hatlarının fiziksel yapısından dolayı kaynakları kısıtlamaları incelemiştir.

Çalışmaların hazır giyim endüstrisinde uygulanmasının derlemesi incelendiğinde Baskak'ın yapmış olduğu bir çalışma sonucunda yeni bir montaj hattı dengeleme metodu geliştirildiği söylenebilir (Baskak, 1998).

Eryuruk ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalarda, hazır giyim hattı dengeleme çalışmalarını, El-Sayed ve Boucher tarafından geliştirilen Olasılıklı Hat Dengeleme Tekniği ve Helgeson ve Birnie tarafından geliştirilen Konumsal Ağırlık Tekniğini kullanarak gerçekleştirmişlerdir (Eryuruk vd., 2008, 2011).

Dündar ve arkadaşları tarafından yürütülen hazır giyim üretim hattı dengeleme çalışmaları Grafik Teorisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Dundar vd., 2012).

Güner ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada En Uzun Operasyon Süresi Metodu, Konum Ağırlık Metodu, En Kısa Operasyon Süresi Metodu, En Çok Takip Eden Operasyonlar Metodu ve En Az Takip Eden Operasyonlar Metodu kullanılmıştır (Güner vd., 2013).

Eryuruk tarafından gerçekleştirilen başka bir çalışmada hazır giyim hattı dengeleme çalışmaları Agrawal tarafından geliştirilmiş olan En Büyük Set Kuralı Algoritması ve El-Sayed ve Boucher tarafından geliştirilmiş olan Olasılıksal Hat Dengeleme Tekniği kullanılarak yapılmıştır (Eryuruk, 2012).

Kayar tarafından gerçekleştirilmiş olan bir çalışmada Hoffman Metodu ve Klasik Metot hazır giyim hattı dengelenmesi amacı ile kullanılmıştır (Kayar, 2008).

Yine Kayar tarafından gerçekleştirilmiş olan bir çalışmada Hoffman Metodu, Killbridge & Western Metodu, Moddie & Young Metodu, Klasik Metot, Konum Ağırlık Metodu ve COMSOAL metodu kullanılarak hat dengeleme çalışması uygulanmıştır (Kayar ve Akyalçın, 2014).

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Montaj Hattı Dengeleme Problemlerinin Çözümlemesi

Bu çalışmada Şekil 4'te gösterilen örme bluz incelenmiştir.



Şekil 4. Örme bluz modeli

3.1.1 Örme Bluzu Meydana Getiren Parçalar

İncelenen bluzu meydana getiren parçalar aşağıda sıralanmıştır;

1. Ön 1: Ön 2 parçasıyla birleşerek ön bedeni oluşturan parçadır.
2. Ön 2 (roba): Ön 1 parçasıyla birleşerek ön bedeni oluşturan 2. parçadır.
3. Arka: Ön beden ile birlikte giysiyi oluşturan en büyük parçadır.
4. Kol 1: Ön ve arka bedenlerin omuzdan birleştirilmesi sonucunda yarı mamul haldeki giysiye dikilen parçadır ve sağ ve sol kol olmak üzere 2 adettir.
5. Kol 2: Kol 1 parçasıyla birleşerek kolun tamamını oluşturan 2. parçadır ve 2 adettir.
6. Biye: Yakanın enseye gelen iç kısmına dikilen parçadır ve 1 adettir.
7. Yaka: Yarı mamul haldeki giysinin üst kısmına takılan parçadır ve 1 adettir.

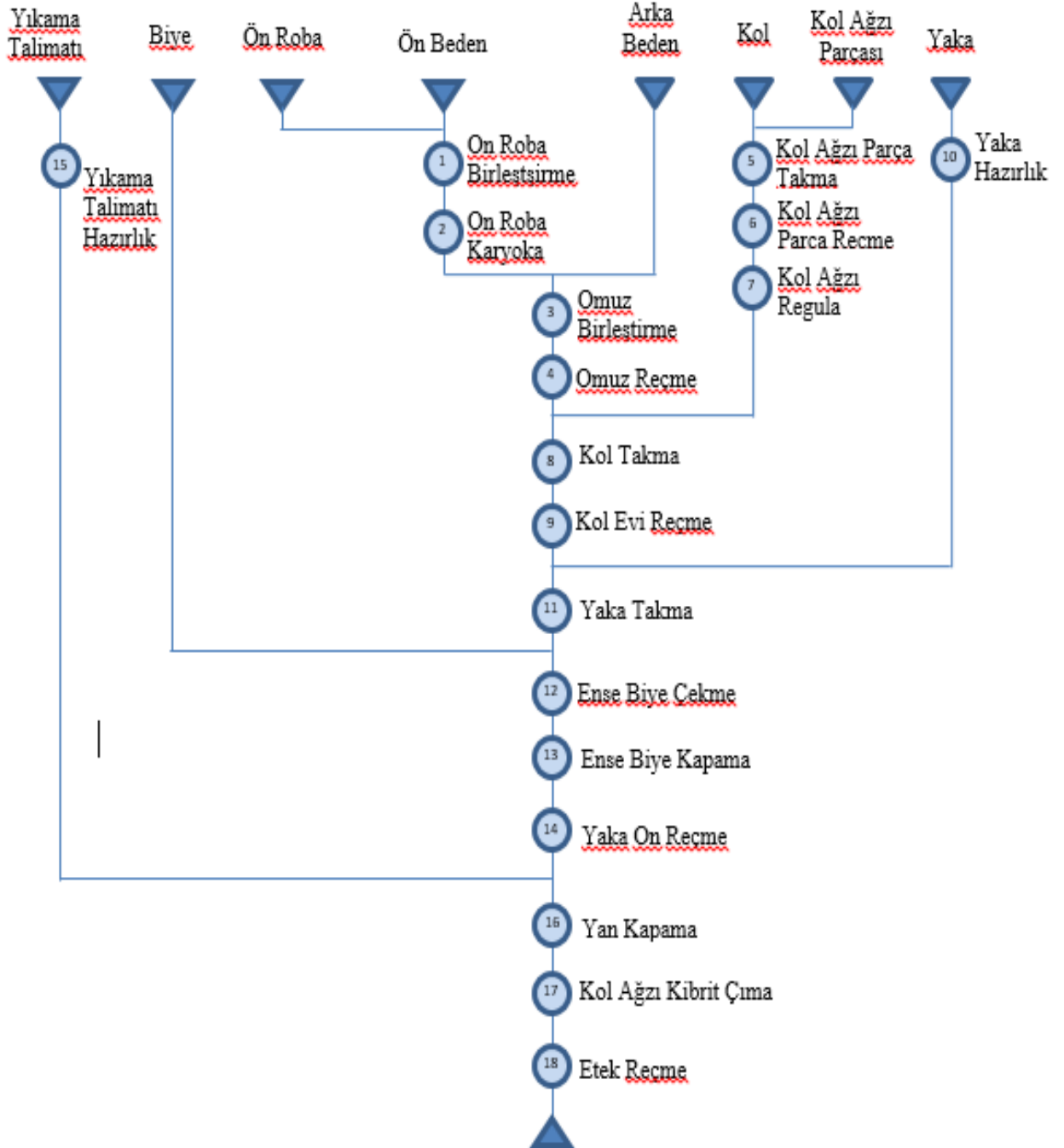
Yukarıdaki maddelerde görülen örme bluz parçaları uygun makineler kullanılarak, belirlenen dikim sırasına göre işleme tabii tutulduklarında örme kumaştan oluşan mamul bluz ortaya çıkmaktadır ve bu bluz 9 adet parçadan meydana gelmektedir.

3.1.2 Örme Bluz Dikim Aşamaları

Örme bluz dikimi 18 operasyondan oluşmaktadır. Bunlar;

- 1) Ön Roba Birleştirme: Ön 1 parçası ile ön 2 (roba) parçası birleştirilir ve bu operasyon üç iplik overlok makinesi ile yapılır.
- 2) Ön Roba Karyoka: Ön 1 parçası ile ön 2 parçasının birleşim noktası üzerine yapılan süs dikişidir. Bu operasyon karyoka makinesiyle yapılır.
- 3) Omuz Birleştirme: Ön beden ile arka beden, omuz kısımlarından üç iplik overlok makinesiyle birleştirilir.
- 4) Omuz Reçme: Omuz birleşim noktası üzerine dikiş üzerine recme makinesi ile yapılır.
- 5) Kol Ağzı Parça Takma: Kol 2 parçası ile kol 1 parçası düz dikiş makinesiyle birleştirilir.
- 6) Kol Ağzı Parça Reçme: Kol ağzı parçası recme makinesi ile dikilir.
- 7) Kol Ağzı Parça Regula: Kol 2 parçasının birleşim noktası fazlalıkları kesilir.
- 8) Kol Takma: Kol parçası overlok makinesiyle bedene birleştirilir.
- 9) Kol Evi Reçme: Kol bedene takıldıktan sonra, dikiş payı kol evi çevresince kıvrılır ve kol evi çevresi recme makinesi ile reçme dikişi yapılır.
- 10) Yaka Hazırlık: Ön ve arka yaka overlok makinesiyle birleştirilir.
- 11) Yaka Takma: Yaka overlok makinesiyle bedene takılır.
- 12) Ense Biye Çekme: Biye parçası yakanın arka iç kısmına biye recme makinesi ile dikilir.
- 13) Ense Biye Kapama: Biye parçasının açık kısmı katlanıp kapatılarak düz dikiş makinesi ile dikilir.
- 14) Yaka Ön Reçme: Yaka bedene takıldıktan sonra, dikiş payı bedenin içine doğru yaka çevresince kıvrılır ve yaka çevresi boyunca beden parçası üstte olmak kaydı ile recme makinesi ile reçme dikişi yapılır.
- 15) Yıkama Talimatı Hazırlama: Etiketin giysi üzerinde dikileceği yer işaretlenir.

- 16) Yan Çatma: Ön ve arka bedenler, etek ucundan başlanarak kol ucuna kadar overlok makinesiyle birleştirilir.
- 17) Kol Ağzı Kibrit Çıma: Kol 2 parçasının birleşim kısmındaki dikiş payı yatırılarak, parçanın üst kısmından düz dikiş makinesi ile çıma dikişi yapılır.
- 18) Etek Reçme: Etek ucu katlanarak reçme makinesiyle dikilir.



Şekil 5: Bluz üretimine ait akış diyagramı.

3.1.3 Örme Bluz Üretiminde Kullanılan Makineler

Örme bluz üretimi için gerekli olan makineler üç grupta gösterilebilir.

Tablo 2: Örme bluz üretiminde gerekli olan makinelerin gösterimi.

Overlok Makinesi	Düz Dikiş Makinesi	Reçme Makinesi
▪ Ön Roba Birleştirme ▪ Omuz Birleştirme ▪ Kol Takma ▪ Yaka Takma ▪ Yan Kapama	▪ Kol Ağzı Parça Takma ▪ Yaka Hazırlık ▪ Ense Biye Kapama ▪ Yıkama Talimatı Hazırlama ▪ Kol Kibrit Çıma	▪ Omuz Reçme ▪ Kol Ağzı Parça Reçme ▪ Kol Ev Reçme ▪ Ense Biye Çekme ▪ Yaka Ön Reçme ▪ Etek Reçme

3.2 Zaman Etüdü Çalışması

Üretim hattının kurulmasından önce imal edilecek ürün için gerekli olan montaj hakkı ile ilgili bilgi sahibi olunması gerekmektedir. Zaman etüdü neticesinde; operasyon ismi ile ilgili bilgi, operasyon süresi ile ilgili bilgi, operasyon sırasında kullanılan makineler ile ilgili bilgi ve operatörlerin yapması gereken işler ile ilgili bilgi elde edilmiş olacaktır.

Zaman etüdü üretim sürecinin tasarlanması, planlanması, organize edilmesi ve kontrol edilmesine olanak sağlamak amacı ile yapılmaktadır (Prokopenko, 1992; Kanawaty, 2004).

Zaman etüdü teknikleri arasında en sık kullanılmakta olan tekniklerden biri süreölçer “stopwatch” yöntemidir. Bu teknik birçok firma tarafından da kullanılmaktadır (Kayar, 2008).

Tez uygulamasının zaman etüdü için de süreölçer tekniği kullanılmış, üretimin standart süresi bu şekilde hesaplanmıştır.

Ölçümlerin tümü PM (yüzde-dakika) olarak yapılmış ve sonrasında aritmetik ortalamaları alınarak dakika (yüzde-dakika/60) cinsine çevrilmiştir.

Bu ölçümler alınırken, ne kadar çok ölçüm alınması gerektiğini gösterecek veri, aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen veri göz önünde bulundurularak

alınan ölçümler gerekli sayıya ulaşana kadar tekrarlanmıştır. Bu istatistiksel metotta, ilk olarak birçok (n') ön gözlem yapılmıştır. Sonrasında Eşitlik 10 kullanılarak $\pm 5\%$ hata payı bırakılarak ölçümlerin güvenilir olması sağlanmıştır (Kanawaty, 2004).

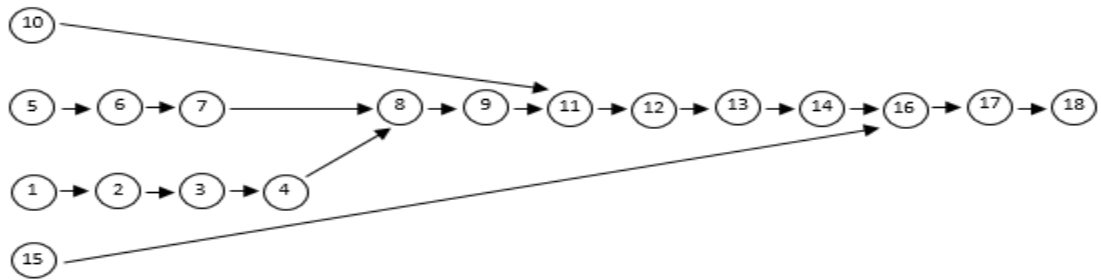
$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (10)$$

Burada, n gerçek örnek sayısı, n' ön örnek sayısı, x ise ölçülen operasyon süreleridir. Tez uygulamasının zaman etüdü için 5 adet ön örnek alınmıştır ve bu örneklerde ölçülen süreler ile de yukarıdaki formül kullanılarak ne kadar çok ölçüm alınması gerektiği hesaplanmıştır. Örneğin, ön örnek sayısı 5 olsa idi ve yukarıdaki formül sonucunda gerekli ölçüm sayısı 15 olarak bulunmuş olsaydı, ön örneklerle ek olarak 10 ölçüm daha yapılarak 15'e tamamlanacaktı.

3.3 Montaj Hattı Dengeleme Çalışmaları

Üretim hatlarının dengelenmesi tekstil firmaları için büyük öneme sahiptir. Tekstil ürünlerinin imalat süreçleri karmaşık olduğundan ve birçok süreç içerdiğinden iyi dengelenmiş üretim hatları gerekliliği bulunmaktadır. İyi dengelenmiş üretim hattı, imalatın süresini kısaltacak, daha az makine, insan gücü ve malzeme kullanılmasını sağlayacaktır.

Montaj hattı dengeleme çalışmasında örme bluz üretimi için kullanılan 18 işlemten oluşan öncelik diyagramı Şekil 6' da gösterilmektedir. Örme bluz üretimine ait operasyon süresi, kullanılan makineler ve önceki işlemler Tablo 3' te gösterilmiştir.



Şekil 6: Örme bluza ait öncelik diyagramı.

Tablo 3: Örme bluz dikimi için operasyon numaraları, operasyon isimleri, makine tipleri, operasyon süreleri ve öncelikli işlemlerin gösterimi.

Operasyon Numaraları	Operasyon İsimleri	Makine Tipi	Operasyon Süresi (dakika)	Önceki İşlemler
1	Ön Roba Birleştirme	Üç İplik Overlok	0,50	-
2	Ön Roba Karyoka	Karyoka	0,50	1
3	Omuz Birleştirme	Üç İplik Overlok	0,50	2
4	Omuz Reçme	Reçme	0,48	3
5	Kol Ağzı Parça Takma	Düz Dikiş Makinesi	0,97	-
6	Kol Ağzı Parça Reçme	Reçme	0,95	5
7	Kol Ağzı Parça Regula	El İşi	0,94	6
8	Kol Takma	Dört İplik Overlok	0,60	4-7
9	Kol Evi Reçme	Reçme	0,55	8
10	Yaka Hazırlama	Düz Dikiş Makinesi	0,30	-
11	Yaka Takma	Dört İplik Overlok	0,55	9-10
12	Ense Biye Çekme	Biye Reçme	0,30	11
13	Ense Biye Kapama	Düz Dikiş Makinesi	0,60	12
14	Yaka Ön Reçme	Reçme	0,55	13
15	Yıkama Talimatı Hazırlama	Düz Dikiş Makinesi	0,10	-
16	Yan Kapama	Dört İplik Overlok	0,60	14-15
17	Kol Ağzı Kibrit Çıma	Düz Dikiş Makinesi	0,48	16
18	Etek Reçme	Bıçaklı Reçme	0,55	17
Toplam Dikim Süresi			10,02	

Uygulamada yapılan montaj hattı dengeleme yöntemlerinde kullanılacak olan çevrim süresi 0.97 dakika olarak kabul edilmiştir. Montaj hattındaki denge kaybı (Eşitlik 6), verimliliği (Eşitlik 8) ve günlük toplam üretim miktarı (Eşitlik 3) sonuçları aşağıda verilen formüller ile hesaplanmıştır.

$$D = [(nC - \sum C_o) / nC] 100 \quad (6)$$

$$V = (1 - LB) 100 \quad (8)$$

$$\dot{U}S = T / C \quad (3)$$

D denge kaybı, V hat verimliliği, C çevrim süresi, n toplam iş istasyonu sayısı, C_o ortalama iş istasyonu sayısı ve ÜS günlük toplam üretim miktarını ifade eder.

Üretim hattındaki bir iş ögesi olan el işi tüm operatörler tarafından yapılabilir kabul edilmektedir.

3.3.1 Hoffman Metodu

Hoffman metodunun uygulanması amacı ile ilk olarak aşağıdaki tabloda gösterilmiş olan öncelik matrisinin tanımlanması gerekmektedir. Öncelik matrisi, öncelik diyagramının matris durumuna dönüştürülmüş şeklidir. Bu matris esas olarak aşağıdaki özelliklere sahip olacaktır:

1. Matrisin sütunları ve satırları sırası ile operasyonlara tekabül etmektedir.
2. Sütunlar ayrı ayrı ele alınırsa, ele aldığımız bir sütunun (yani operasyonun) içinde yer alan bir satırın “1” olması demek bu satırın tekabül ettiği operasyonun sütuna tekabül eden operasyondan önce tamamlanması gerektiği anlaşılır.
3. Aynı şekilde, ele aldığımız bir sütunun (yani operasyonun) içinde yer alan bir satırın “0” olması demek bu satırın tekabül ettiği operasyonun sütuna tekabül eden operasyondan önce tamamlanması gerekliliği söz konusu değildir.
4. Matrisin son satırında, sütunların toplamaları yer almaktadır. Bunun anlamı kısaca bu sütuna tekabül eden operasyonun öncesinde toplamda kaç adet operasyon olduğunun gösterilmesidir (Tablo 4).

Tablo 4: Örneğe ait öncelik matrisinin oluşturulması.

Op.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	1	1	1	0	1	1	2	1	0	2	1	1	1	0	2	1	1

İmalatta yer alan operasyonların yukarıda anlatıldığı gibi bir matrise, analitik bir dile dökülmesi sonrasında takip edecek işlemlerin sistematik, rahatça tekrar edilebilir ve yanlıştan uzak bir şekilde ilerletilmesinde büyük önem taşımaktadır.

Öncelik matrisine aktarım tamamlandıktan sonra yapılacak ilk iş toplam rakamı “0” olan sütunlar ile yani operasyonlar ile başlar. Öyle ki bu operasyonlar öncesinde tamamlanması gereken bir operasyon yoktur ve ilk olarak başlanabilirler. Verilmiş matris için birinci, beşinci, onuncu ve on beşinci operasyonlar öncesinde operasyon bulunmamaktadır. Uygulamada ilk olarak birinci operasyon olan “ön roba birleştirme” ele alınmıştır. Çevrim süresi en uzun operasyon süresi olan $C = 0,97$ dakika olarak alınmalıdır. İlk iş istasyonuna birinci operasyon atandığında kalan süre, $C - t_1 = 0,47$ dakika olarak bulunur. Toplamı “0” olan kalan sütunlar içinde bu süre içine sığabilecek ve aynı makine tipi ile yapılabilecek başka bir operasyon olmadığından bu iş istasyonuna sadece birinci operasyon atanarak bırakılır. Bir sonraki adımda ilk istasyona tanımlanmış operasyonlar öncelik matrisinden elenerek yeni bir öncelik matrisi oluşturulmalıdır. Mevcut uygulama için matris Tablo 5’ te verilmiştir.

Tablo 5: Çözüm matrisi – 1.

Op.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	1	1	0	1	1	2	1	0	2	1	1	1	0	2	1	1

Yeni oluşmuş olan matrsten de anlaşılacağı üzere birinci operasyonun silinmesi ile ikinci operasyonun sütun toplamı “0”a düşmüş ve önü açılmıştır. Sütun toplamı “0” olan operasyonlar ele alınarak bu operasyonların ilk oluşturulmuş olan iş istasyonuna yerleştirilip

yerleştirilemeyeceği kontrol edilir. Bu operasyonlar iki, beş, on ve on beşinci operasyonlardır. Ancak görüleceği üzere bu operasyonların ne süreleri, ne de kullanılan makine tipleri ilk iş istasyonuna yerleştirilmeleri için uygundur. Bu durumda ikinci iş istasyonu oluşturulur ve ikinci operasyon, yani sütun toplamı “0” olan ilk operasyon bu iş istasyonuna atanır. Bu durumda ikinci iş istasyonunda kullanılacak makine tipi “karyoka”, iş istasyonunun kalan süresi ise $C - t_2 = 0,47$ dakika olarak hesaplanır. Toplamı “0” olan kalan sütunlar içinde kalan bu süre içine sığabilecek ve aynı makine tipi ile yapılabilecek başka bir operasyon olmadığından bu iş istasyonu bu hali ile bırakılır. Mevcut matris üzerinden ataması yapılmış olan ikinci operasyon silinerek bir sonraki öncelik matrisi hesaplanarak işlemlere devam edilir. Hesaplanan üçüncü matris Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6: Çözüm matrisi – 2.

Op.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	1	0	1	1	2	1	0	2	1	1	1	0	2	1	1

Bu matris kullanılarak da öncekiler ile aynı şekilde üçüncü operasyon üçüncü iş istasyonuna atanarak devam edilir. İstasyonun kalan süresi $C - t_3 = 0,47$ dakikadır.

Dördüncü öncelik matrisi Tablo 7’de verilmiştir. Bu matris kullanılarak dördüncü iş istasyonuna dördüncü operasyon atanmıştır. İstasyonun kalan süresi $C - t_4 = 0,49$ dakikadır.

Tablo 7: Çözüm matrisi – 3.

Op.	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	0	1	1	2	1	0	2	1	1	1	0	2	1	1

Beşinci öncelik matrisi Tablo 8’de verilmiştir. Bu matris kullanılarak beşinci iş istasyonuna beşinci operasyon atanmıştır. İstasyonun kalan süresi $C - t_5 = 0$ dakikadır.

Tablo 8: Çözüm matrisi – 4.

Op.	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	1	1	1	1	0	2	1	1	1	0	2	1	1

Altıncı öncelik matrisi Tablo 9’da verilmiştir. Bu matris kullanılarak altıncı iş istasyonuna altıncı operasyon atanmıştır. İstasyonun kalan süresi $C - t_6 = 0,02$ dakikadır.

Tablo 9: Çözüm matrisi – 5.

Op.	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	1	1	1	0	2	1	1	1	0	2	1	1

Yedinci öncelik matrisi Tablo 10’da verilmiştir. Bu matris kullanılarak yedinci iş istasyonuna yedinci operasyon atanmıştır. İstasyonun kalan süresi $C - t_7 = 0,03$ dakikadır.

Tablo 10: Çözüm matrisi – 6.

Op.	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	1	1	0	2	1	1	1	0	2	1	1

Sekizinci öncelik matrisi Tablo 11’de verilmiştir. Bu matris kullanılarak sekizinci iş istasyonuna sekizinci operasyon atanmıştır. İstasyonun kalan süresi $C - t_8 = 0,37$ dakikadır.

Tablo 11: Çözüm matrisi – 7.

Op.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	1	0	2	1	1	1	0	2	1	1

Dokuzuncu öncelik matrisi Tablo 12’de verilmiştir. Bu matris kullanılarak dokuzuncu iş istasyonuna dokuzuncu operasyon atanmıştır. İstasyonun kalan süresi $C - t_9 = 0,42$ dakikadır.

Tablo 12: Çözüm matrisi – 8.

Op.	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	0	2	1	1	1	0	2	1	1

Onuncu öncelik matrisi Tablo 13’de verilmiştir. Bu matris kullanılarak onuncu iş istasyonuna onuncu operasyon atanmıştır. İstasyonun kalan süresi $C - t_{10} = 0,67$ dakikadır.

İş istasyonunda kullanılmakta olan makine düz dikiş makinesidir. Sütun toplamı “0” olan diğer operasyon olan on beşinci operasyon incelendiğinde bu operasyon için kullanılan makinenin de düz dikiş makinesi olduğu, aynı zamanda da operasyon süresinin 0.10 dakika yani mevcut iş istasyonu kalan süresinden daha kısa olduğu gözlemlenir. Bu durumda on

beşinci operasyonun onuncu iş istasyonuna atamasının yapılması mümkündür. İstasyonun kalan süresi $C - t_{15} = 0,57$ dakika olarak hesaplanır.

Tablo 13: Çözüm matrisi – 9.

Op.	10	11	12	13	14	15	16	17	18
10	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	1	0	0
15	0	0	0	0	0	0	1	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	1	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	1	1	1	1	0	2	1	1

Onbirinci öncelik matrisi Tablo 14’de verilmiştir. Bu matris kullanılarak on birinci iş istasyonuna on birinci operasyon atanmıştır. İstasyonun kalan süresi $C - t_{11} = 0,42$ dakikadır.

Tablo 14: Çözüm matrisi – 10.

Op.	11	12	13	14	16	17	18
11	0	1	0	0	0	0	0
12	0	0	1	0	0	0	0
13	0	0	0	1	0	0	0
14	0	0	0	0	1	0	0
16	0	0	0	0	0	1	0
17	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	1	1	1	1	1	1

Onikinci öncelik matrisi Tablo 15’de verilmiştir. Bu matris kullanılarak on ikinci iş istasyonuna on ikinci operasyon atanmıştır. İstasyonun kalan süresi $C - t_{12} = 0,67$ dakikadır.

Tablo 15: Çözüm matrisi – 11.

Op.	12	13	14	16	17	18
12	0	1	0	0	0	0
13	0	0	1	0	0	0
14	0	0	0	1	0	0
16	0	0	0	0	1	0
17	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	1	1	1	1	1

Onüçüncü öncelik matrisi Tablo 16’da verilmiştir. Bu matris kullanılarak on üçüncü iş istasyonuna on üçüncü operasyon atanmıştır. İstasyonun kalan süresi $C - t_{13} = 0,37$ dakikadır.

Tablo 16: Çözüm matrisi – 12.

Op.	13	14	16	17	18
13	0	1	0	0	0
14	0	0	1	0	0
16	0	0	0	1	0
17	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	1	1	1	1

On dördüncü öncelik matrisi Tablo 17’de verilmiştir. Bu matris kullanılarak on dördüncü iş istasyonuna on dördüncü operasyon atanmıştır. İstasyonun kalan süresi $C - t_{14} = 0,42$ dakikadır.

Tablo 17: Çözüm matrisi – 13.

Op.	14	16	17	18
14	0	1	0	0
16	0	0	1	0
17	0	0	0	1
18	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	1	1	1

Onbeşinci öncelik matrisi Tablo 18’de verilmiştir. Bu matris kullanılarak on beşinci iş istasyonuna on altıncı operasyon atanmıştır. İstasyonun kalan süresi $C - t_{16} = 0,37$ dakikadır.

Tablo 18: Çözüm matrisi – 14.

Op.	16	17	18
16	0	1	0
17	0	0	1
18	0	0	0
Kod No Dizisi	0	1	1

Onaltıncı öncelik matrisi Tablo 19’da verilmiştir. Bu matris referans alınarak on yedinci operasyonun atamasının yapılması gerekmektedir. Önceki operasyonlardan farklı olarak on yedinci operasyonun mevcut iş istasyonlarından biri olan onuncu iş istasyonu ile makine tipinin düz dikiş makinesi olması sebebi ile uyuştuğu, aynı zamanda operasyon süresi 0,48 olduğu için bu iş istasyonunun kalan süresine sığabileceği görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı on yedinci operasyonun onuncu iş istasyonuna yerleştirilmesi uygun olacaktır. Bu atama ile onuncu iş istasyonunun kalan süresi $C - t_{17} = 0,08$ dakikadır.

Tablo 19: Çözüm matrisi – 15.

Op.	17	18
17	0	1
18	0	0
Kod No DİZİSİ	0	1

Ve son olarak da on sekizinci operasyon on altıncı iş istasyonuna tanımlanır. Onaltıncı iş istasyonunun kalan süresi $C - t_{18} = 0,42$ dakikadır.

Bu işlemlerin sonunda oluşan hat dengeleme sonuç tablosu Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20: Montaj hattı dengeleme sonuç tablosu.

İş İstasyon Numarası	Operasyon Numarası	Makine Tipi	İş İstasyonu İçin Toplam Süre	Kalan Süre (dakika)
1	1	Üç İplik Overlok	0,50	0,47
2	2	Karyoka	0,50	0,47
3	3	Üç İplik Overlok	0,50	0,47
4	4	Düz Reçme	0,48	0,49
5	5	Düz Dikiş Makinesi	0,97	0
6	6	Düz Reçme	0,95	0,02
7	7	El İşi	0,94	0,03
8	8	Dört İplik Overlok	0,6,	0,37
9	9	Düz Reçme	0,55	0,42
10	10 15 17	Düz Dikiş Makinesi	0,88	0,09
11	11	Dört İplik Overlok	0,55	0,42
12	12	Biye Reçme	0,30	0,67
13	13	Düz Dikiş Makinesi	0,60	0,37
14	14	Düz Reçme	0,55	0,42
15	16	Dört İplik Overlok	0,60	0,37
16	18	Bıçaklı Reçme	0,55	0,42

Tablo 20' yi de referans alarak, üretim hattının çevrim süresi 0,97 dakika olarak tanımlanmış ve toplamda 16 iş istasyonu kurulması ön görülmüştür. Tasarlanmış olan montaj hattının denge kaybı (D) ve montaj hattı verimliliğinin (V) hesaplanması aşağıda verilmiştir.

$$D = [(nC - \sum Co) / nC] 100 = 35,438$$

$$V = (1 - D) 100 = 64,562$$

3.3.1.1 Hoffman Metodunun Bilgisayar Programı ile Uygulanması

Hoffman metodu üretim hattı dengeleme problemini analitik bir çözüme kavuşturmaktadır. Ancak önceki bölümdeki uygulamadan da anlaşılabileceği üzere çözümü elle yapıldığında uzun, karmaşık, zaman alıcı ve hesaplamada yanlışlık yapılmasına açık olabilmektedir. Öyle ki metot hesaplarının ortasında yapılan ufak bir hatanın hesapların sonunda fark edilmesi olası olsa bile, hatanın giderilmesi amacı ile metot hesapları tekrar yapılmak zorunda kalınır. Fark edilemeyen hatalar ise metot ile sağlanabilecek verimin düşmesine sebep olabilir ki bu kabul edilemez.

Bu sebeplerden dolayı hali hazırda analitik ve matris işlemleri ile gerçekleştirilen bu metodun bilgisayar programına aktarılması ve işlemlerin tümünün otomatik olarak yaptırılması ziyadesiyle yerinde olacaktır. Bu sayede metot uygulanması sırasında:

1. Metot matrislerinin oluşturulması sırasındaki hata olasılığının sıfıra indirilmesi
2. Matrislerin oluşturulma sürelerinin kayda değer bir şekilde kısaltılması
3. Metot sonucunun üretim hattına sağlayacağı verimlilik artışının yanında metot hesaplama sürelerinde de verimlilik sağlanması
4. Hatta yapılacak geliştirmelerin ya da değişikliklerin hesaba getireceği farklılıkların kısa sürede tekrar hesaplanabilmesi
5. Metot çıktılarının kolay bir şekilde dökümünün alınabilmesi hedefleri de sağlanmış olacaktır.

Genel Bilgiler

Metodun programa aktarılması amacı ile matematik ve matris işlemlerindeki yetenekleri ve süratinden dolayı MATLAB programının kullanımı tercih edilmiştir. Hazırlanan yazılımda MATLAB programının kullanıcı ara yüzü hazırlama programı olan “Open GUI Layout Editor” kısaca GUIDE dan da destek alınarak, kullanıcı dostu bir ara yüz oluşturulmuş, üretim hattı ile ilgili bilgilerin rahat bir şekilde programa girilebilmesi de sağlanmıştır.

Bunun yanında üretim hattı ile ilgili bilgilerin girişinin hızlandırılabilmesi amacı ile Excel dosyası kullanımı da sağlanmıştır. Böylece kullanıcı bir kez hazırladığı hat bilgilerini tekrar tekrar girmek zorunda kalmayacak, önceden hazırladığı Excel dosyasını hızlı bir şekilde tekrar kullanabilecek, gerektiğinde de hatta değişiklik olması durumunda sadece bu değişiklikleri hızlı bir şekilde bu liste üzerinden değiştirerek programa aktarabilecektir.

Metodun temel hesapları MATLAB komut satırlarını içeren “*.m” dosya formatında hazırlanmıştır. Bu sayede programın takibi ve komutların ayrı ayrı da girilebilmesinin ve rahat takibinin de önü açılmıştır. Hoffman metodu da dâhil olmak üzere tüm metotlar modüler bir yapıda programa dökülmüş, bu sayede gerektiğinde ayrı ayrı ve beraber kullanılabilmelerinin, üstlerinde değişiklik ve geliştirme yapılabilmelerinin önü açılmıştır.

Son olarak hazırlanan program işletim sisteminden bağımsız tüm bilgisayarlarda çalışabilmesi amacı ile MATLAB Runtime derleyicisi kullanılarak derlenmiş ve MATLAB bağımsız da çalışabilen bir dosya haline getirilmiştir.

Kullanıcı Arabirimi ve Programın Kullanımı

Programın kullanıcı arabirimi aşağıdaki Şekil 7’de de görüleceği üzere oldukça sade tutulmuştur. Kullanıcı üretim hattı ile ilgili bilgileri elle girebileceği gibi daha önceden hazırlanmış bir Excel dosyası ile de giriş yapabilir. Excel dosyası seçeneği kullanılarak bilgileri içeri aktardığında bu bilgiler programın ana ekranına da yansıtılacak, istenildiğinde buradan tekrar değişiklik yapılabilecektir.

YeniUretim

Üretim İsmi

Üretim İsmini Buraya Girin

	Operasyon Adı	Makine Tipi	Operasyon Süresi (min)	Önceki İşlemler
1	ön roba birleştirme	üç iplik overlok	0.50	O00
2	ön roba karyoka	karyoka	0.50	O01
3	omuz birleştirme	üç iplik overlok	0.50	O02
4	omuz reçme	düz reçme	0.48	O03
5	kol ağzı parça takma	düz dikiş makinesi	0.97	O00
6	kol ağzı parça reçme	düz reçme	0.95	O05
7	kol ağzı parça regula	Elisi	0.94	O06
8	kol takma	dört iplik overlok	0.60	O04-O07
9	kol evi reçme	düz reçme	0.55	O08
10	yaka hazırlama	düz dikiş makinesi	0.30	O00
11	yaka takma	dört iplik overlok	0.55	O09-O10
12	ense biye çekme	biye reçme	0.30	O11
13	ense biye kapama	düz dikiş makinesi	0.60	O12
14	yaka ön reçme	düz reçme	0.55	O13
15	yıkama talimatı hazırlama	düz dikiş makinesi	0.10	O00
16	yan kapama	dört iplik overlok	0.60	O14-O15
17	kol ağzı kibrit çıma	düz dikiş makinesi	0.48	O16
18	etек reçme	bıçaklı reçme	0.55	O17

Excel Listesinden Güncelle

Hesapla :)

Pencereyi Kapat

Şekil 7: Programın kullanıcı arabirimi.

Programın son sürümü ile birlikte Excel dosyası kullanımının çok daha verimli sonuçlar doğurduğu görülmüştür. Programa girdi olarak “*.xls” ya da “*.xlsx” dosya formatı kullanılabilir. Girdi için kullanılması gereken format ile ilgili bilgiler (Excel dosya içeriğinin ilk dört satırını gösteren) Tablo 21’de verilmiştir.

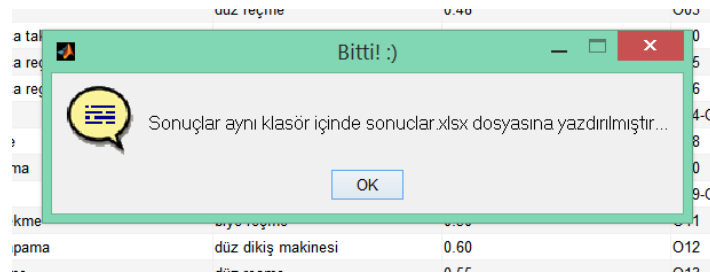
Tablo 21: Program girdi tablosu.

Operasyon Numarası	Operasyon Adı	Makine Tipi	Operasyon Süresi (dakika)	Önceki İşlemler
1	Ön Roba Birleştirme	Üç İplik Overlok	0,50	O00
2	Ön Roba Karyoka	Karyoka	0,50	O01
3	Omuz Birleştirme	Üç İplik Overlok	0,50	O02
4	Omuz Reçme	Düz Reçme	0,48	O03

Listenin ilk sütununa montaj hattında yer almakta olan operasyonların numaraları, ikinci sütuna bu isimleri, üçüncü sütuna makine tipleri, dördüncü sütuna süreleri, son olarak da beşinci sütuna da varsa bu operasyondan önce gerçekleştirilmesi gereken operasyonlar girilir.

Girişler yapılırken dikkat edilmesi gereken birkaç husus bulunmaktadır. Bunlardan ilki makine tipi girişleri sırasında farklı operasyonlarda aynı makine tipi var ise bu makine tipi isimlerinin bire bir aynı şekilde yazılması şartıdır. Zira programın makine tiplerini ayırt edilebilmesinin tek yolu buradan alacağı geri beslemedir. Farklı yazılmaları durumunda program bunları farklı makine tipleri olarak yorumlayacaktır. Bunun yanında önceki işlemlerin girişi sırasında operasyon numarası yukarıdaki tabloda gösterildiği formatta “Oxx” yapılmalıdır. Buradaki “xx” operasyon numarasıdır. Öncesinde operasyon olmayan operasyonlara ise “O00” girişi yapılmalıdır.

Programa montaj hattı ile ilgili bilgilerin girişi tamamlandıktan sonra “Hesapla” tuşuna basılması ile birlikte hesaplamalar yapılmaya başlanır. İşlem sonlandığında kullanıcıya mesaj kutusu ile bildirim yapılır ve sonuçlar aynı klasördeki “sonuçlar.xlsx” dosyasına yazdırılır (Şekil 8).



Şekil 8: İşlem sonu mesaj kutusu.

Sonuçların yer aldığı Excel dosyasının ilk sayfasında Tablo 22’de gösterildiği gibi operasyonların iş istasyonlarına dağılımını gösteren tablo yer alır.

Tablo 22: İşlem sonuç tablosu.

İş İstasyon Numarası	Makine Tipi	Operasyon Numarası	İş İstasyonu İçin Toplam Süre (dakika)	Kalan Süre (dakika)
1	Üç İplik Overlok Makinesi	1	0,50	0,47
2	Karyoka	2	0,50	0,47
3	Üç İplik Overlok Makinesi	3	0,50	0,47
4	Düz Reçme	4	0,48	0,49
5	Düz Dikiş Makinesi	5	0,97	0
6	Düz Reçme Makinesi	6	0,95	0,02
7	El İşi	7	0,94	0,03
8	Dört İplik Overlok Makinesi	8	0,60	0,37
9	Düz Reçme Makinesi	9	0,55	0,42
10	Düz Dikiş Makinesi	10 15 17	0,88	0,09
11	Dört İplik Overlok Makinesi	11	0,55	0,42
12	Biye Reçme Makinesi	12	0,30	0,67
13	Düz Dikiş Makinesi	13	0,60	0,37
14	Düz Reçme Makinesi	14	0,55	0,42
15	Dört İplik Overlok Makinesi	16	0,60	0,37
16	Bıçaklı Reçme Makinesi	18	0,55	0,42

Sonuç dosyasının ikinci sayfasında Tablo 23’te gösterildiği üzere Hoffman ile ilgili hesaplama sonuçları ile ilgili tablo yer alır.

Tablo 23: Hoffman sonuç tablosu.

Hoffman Sonuçları					
Çevrim Süresi (dakika)	Toplam İstasyon Sayısı (adet)	İstasyonların Toplam Süresi (dakika)	Toplam Kalan Süre (dakika)	Denge Kaybı (%)	Hat Verimliliği (%)
0.97	16	10,02	5.5	35,43814433	64,56185567

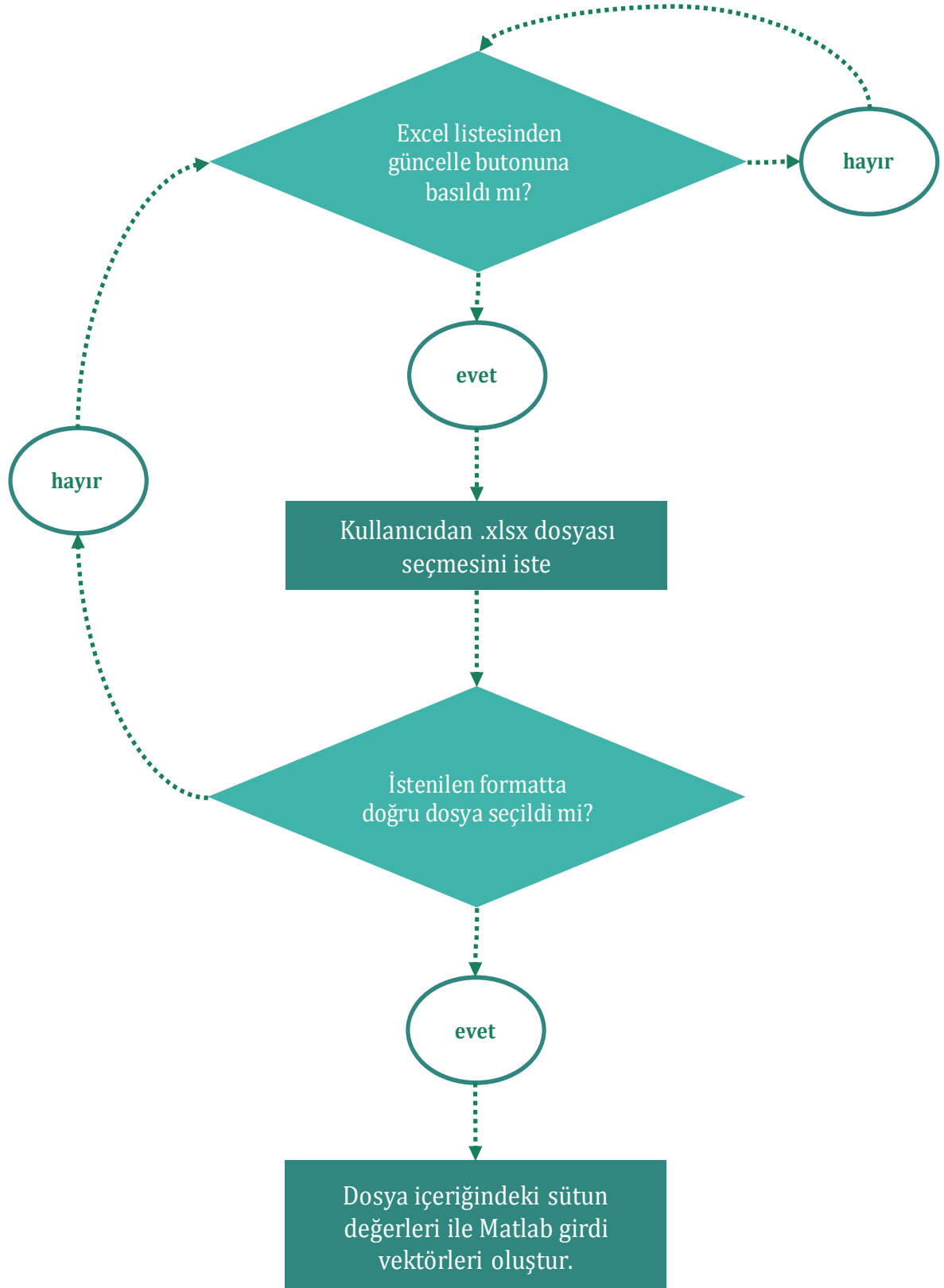
Program Algoritması

Metodun uygulanması için hazırlanmış olan yazılım yaklaşık 1000 satır uzunluğundadır. Anlaşılabileceği üzere kodun satır-satır açıklanması mümkün ya da verimli olmayacaktır. Buna rağmen kod tezin ek bölümünde paylaşılmış, daha anlaşılır olması amacı ile de kod içine yoğun bir şekilde yorum girilmiştir. Bu bölümde ise yazılan kodun rahat bir şekilde ve hızlıca anlaşılabilmesi amacı ile literatürde de sıkça kullanılmakta olan program akış diyagramından yararlanılmıştır.

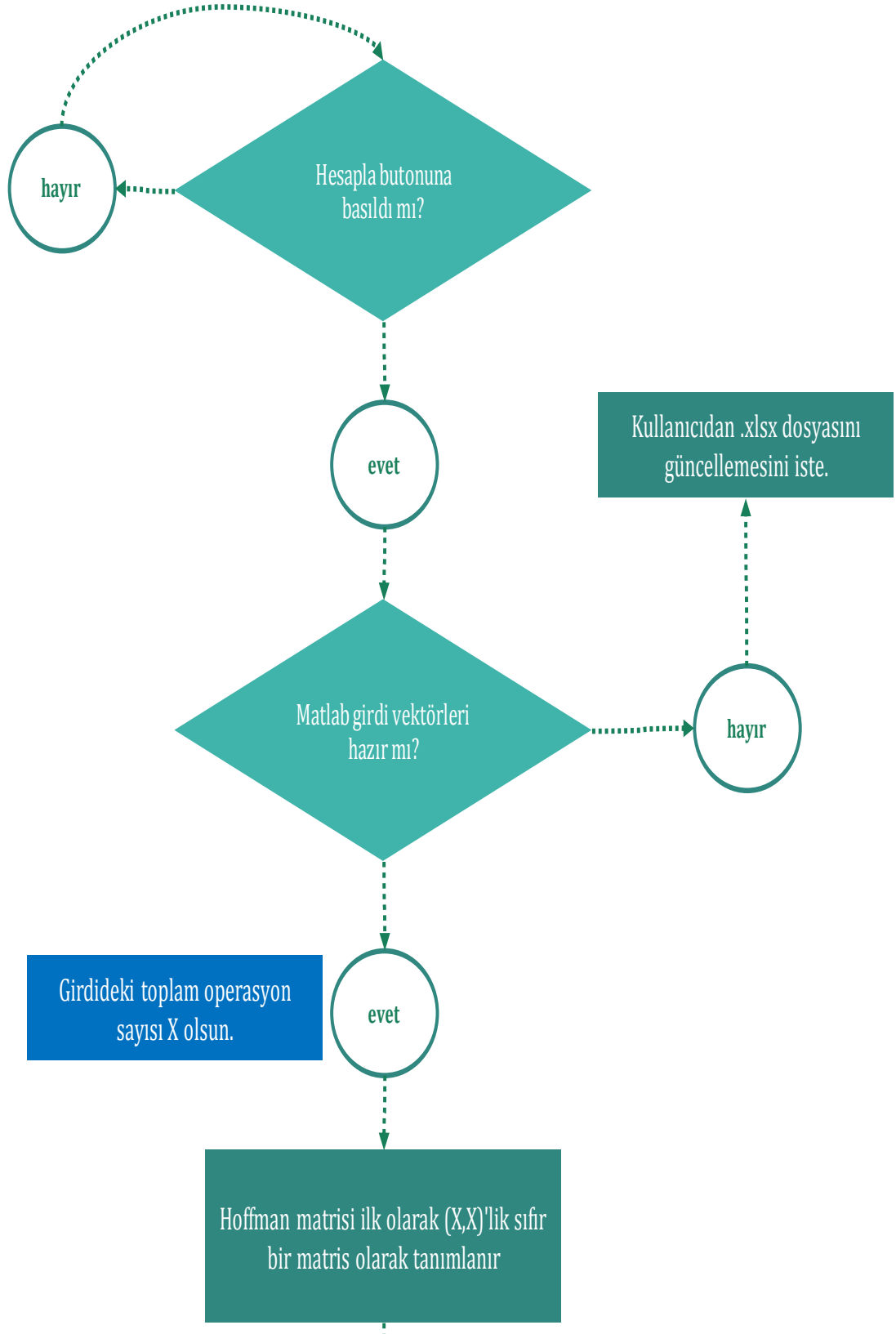
Program akış diyagramı takip edilerek hesaplamaların hangi sıra ile yapıldığı genel hatları ile görülebilir. Daha ayrıntılı incelenmesi istenen kod bölümleri için diyagramdan yola çıkılarak ek bölümündeki kod incelenebilir, hızlıca istenilen bilgiye ulaşılabilir.

Programı iki ana bölümde incelemek uygun olacaktır. Bunlar kullanıcı arabirimi ve metot hesabının yapıldığı bölümlerdir.

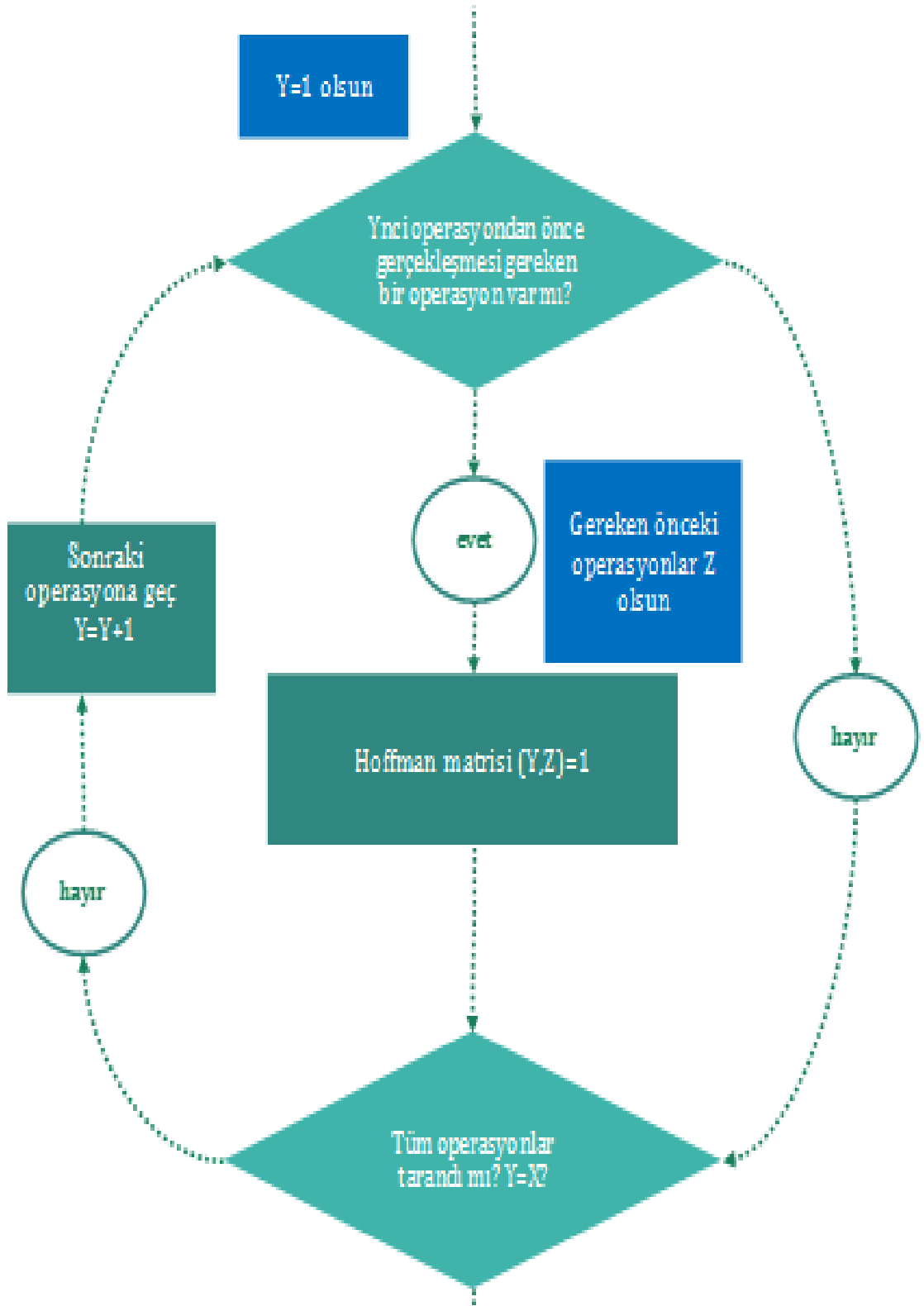
Kullanıcı arabirimi (Şekil 9) ve metot hesapları (Şekil 10, 11, 12 ve 13) ile ilgili akış diyagramları aşağıda verilmiştir.



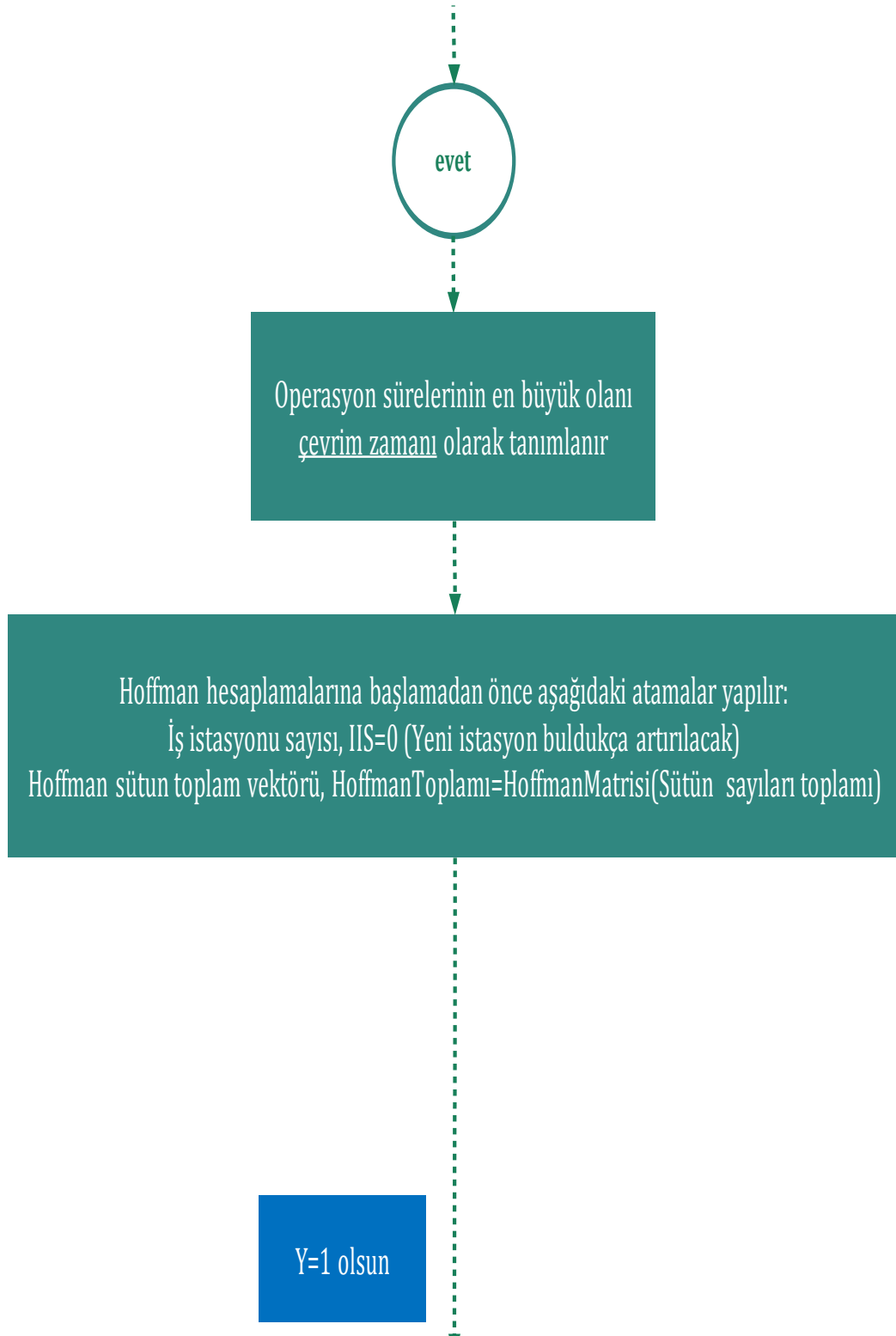
Şekil 9: Kullanıcı ara birimi akış diyagramı.



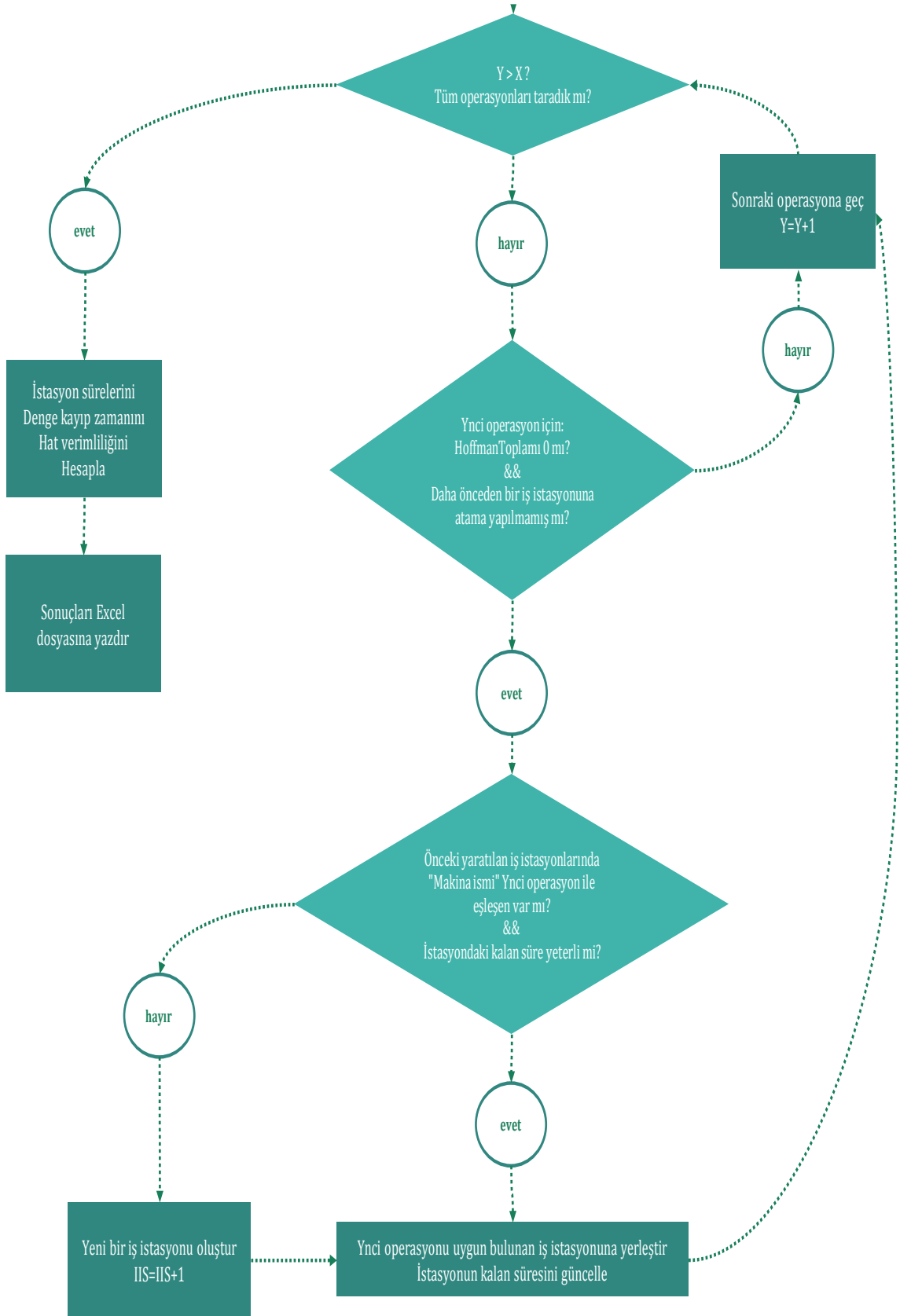
Şekil 10: Metot hesapları akış diyagramı – 1.



Şekil 11: Metot hesapları akış diyagramı – 2.



Şekil 12: Metot hesapları akış diyagramı – 3.



Şekil 13: Metot hesapları akış diyagramı - 4.

3.3.2 Konum Ağırlık Metodu

Konum ağırlık metodunun uygulanması amacı ile ilk olarak aşağıda gösterilmiş olan konum ağırlık tablosunun (Tablo 24) oluşturulması gerekmektedir.

Bu tabloda ilk sütunda operasyon numaraları, ikinci sütunda ise bu operasyonların süreleri yer almaktadır. Tablonun orta konumunda öncelik faktörleri verilmiştir. Öncelik tablosunda yer alan “1” rakamları Hoffman matrisindeki ile benzer olarak bir sütundaki operasyondan önceki operasyonu temsilen satırlara yerleştirilir. Önceki operasyonlar da göz önüne alınarak da “+” sembolleri yerleştirilir.

Tablonun en sağında yer alacak olan konum ağırlık değerlerinin hesaplanması için ise, satırda yer alan operasyonun öncesindeki tamamlanması gereken operasyon süreleri ile satırda bulunan operasyon süresinin toplanması ile hesaplanır. Örneğin on altıncı satırdaki operasyonun konum ağırlığının hesaplanması için kendi süresi olan 0,6 dakika ile on yedinci ve on sekizinci satırdaki operasyonların süreleri olan 1,03 dakika toplanır ve 1,63 dakika sonucuna ulaşılır.

Tablo 24: Konum ağırlık metodu uygulama veri tablosu.

Operasyon Numarası	Süre (dakika)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Konum Ağırlık Değeri
1	0,50	0	1	+	+	0	+	+	+	+	0	+	+	+	+	0	+	+	+	6,76
2	0,50	0	0	1	+	0	+	+	+	+	0	+	+	+	+	0	+	+	+	6,26
3	0,50	0	0	0	1	0	+	+	+	+	0	+	+	+	+	0	+	+	+	5,76
4	0,48	0	0	0	0	0	+	+	1	+	0	+	+	+	+	0	+	+	+	5,26
5	0,97	0	0	0	0	0	1	+	+	+	0	+	+	+	+	0	+	+	+	7,64
6	0,95	0	0	0	0	0	0	1	+	+	0	+	+	+	+	0	+	+	+	6,67
7	0,94	0	0	0	0	0	0	0	1	+	0	+	+	+	+	0	+	+	+	5,72
8	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	+	+	+	+	0	+	+	+	4,78
9	0,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	+	+	+	0	+	+	+	4,18
10	0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	+	+	0	+	+	+	3,93
11	0,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	+	+	0	+	+	3,63
12	0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	+	0	+	+	3,08
13	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	+	+	2,78
14	0,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	+	+	2,18
15	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	+	1,73
16	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,63
17	0,48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,03
18	0,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,55

Konum ağırlık metodu hesapları için ilk olarak konum ağırlık değeri en yüksek olan operasyon seçilerek ilk istasyona ataması yapılır. Bizim uygulamamız için bu 7,64 dakika ile beşinci operasyondur. Beşinci operasyonun atanmasından sonra uygun operasyon kalmadığından bu istasyona başka atama yapılmaz.

Sonraki adım için kalan operasyonlar içinde en yüksek konum ağırlık değerine sahip olan operasyon seçilmelidir. Bu durumda konum ağırlık değeri 6,76 olan birinci operasyon seçilir ve ikinci istasyona ataması yapılır. Birinci operasyonun atanmasından sonra uygun operasyon kalmadığından bu istasyona başka atama yapılmaz.

Üçüncü adımda yine en büyük konum ağırlık değerine sahip olan operasyon seçilir. Bu durumda üçüncü iş istasyonuna 6,67 dakikalık konum ağırlık değeri ile altıncı operasyon atanır. Altıncı operasyonun atanmasından sonra uygun operasyon kalmadığından bu istasyona başka atama yapılmaz.

Dördüncü adımda konum ağırlık değeri 6,26 dakika olan ikinci operasyonun ataması dördüncü iş istasyonuna yapılır. Sonrasında önceki operasyonlarla aynı şekilde konum ağırlık değerlerinin büyüklüğüne göre sırası ile 3, 7, 4, 8 ve 9uncu operasyonlar iş istasyonlarına atanır.

Onuncu iş istasyonunun ataması için en yüksek konum ağırlık değerine sahip onuncu operasyon seçilir. Diğer iş istasyonlarından farklı olarak makine tipi, kalan süre ve konum ağırlık değeri uygun olduğundan dolayı on beşinci operasyonun da onuncu iş istasyonuna atanması uygun olacaktır. Sonrasında sırası ile 11, 12, 13, 14, 16 ve 17inci operasyonların ataması konum ağırlık sıralamasına göre yeni istasyonlara yapılır. Tüm bu hesaplar ve atamalar sonrasında Tablo 25'te verilmiş olan konum ağırlık hat dengeleme sonuçları ortaya çıkar.

Tablo 25: Konum ağırlık hat dengeleme sonuç tablosu.

Operasyon Numarası	Operasyon İsmi	İstasyon Numarası	Makine Tipi	Operasyon Süresi (dakika)
5	Kol Ağzı Parça Takma	1	Düz Dikiş Makinesi	0,97
1	Ön Roba Birleştirme	2	Üç İplik Overlok	0,50
6	Kol Ağzı Parça Reçme	3	Düz Reçme	0,95
2	Ön Roba Karyoka	4	Karyoka	0,50
3	Omuz Birleştirme	5	Üç İplik Overlok	0,50
7	Kol Ağzı Parça Regula	6	Elisi	0,94
4	Omuz Reçme	7	Düz Reçme	0,48
8	Kol Takma	8	Dört İplik Overlok	0,60
9	Kol Evi Reçme	9	Düz Reçme	0,55
10	Yaka Hazırlama	10	Düz Dikiş Makinesi	0,30
15	Yıkama Talimatı Hazırlama	10	Düz Dikiş Makinesi	0,10
11	Yaka Takma	11	Dört İplik Overlok	0,55
12	Ense Biye çekme	12	Biye Reçme	0,30
13	Ense Biye Kapama	13	Düz Dikiş Makinesi	0,60
14	Yaka Ön Reçme	14	Düz Reçme	0,55
16	Yan Kapama	15	Dört İplik Overlok	0,60
17	Kol Ağzı Kibrit Çıma	16	Düz Dikiş Makinesi	0,48
18	Etek Reçme	17	Bıçaklı Reçme	0,55

Tablo 25' i referans alarak, üretim hattının çevrim süresi 0,97 dakika olarak tanımlanmış ve toplamda 17 iş istasyonu kurulması ön görülmüştür. Tasarlanmış olan montaj hattının denge kaybı (D) ve montaj hattı verimliliğinin (V) hesaplanması aşağıda verilmiştir.

$$D = [(nC - \sum Co) / nC] 100 = 39,24$$

$$V = (1 - D) 100 = 60,76$$

3.3.2.1 Konum Ağırlık Metodunun Bilgisayar Programı ile Uygulanması

Konum ağırlık metodu programa aktarılırken Hoffman metodunda kullanılmış olan kullanıcı ara birimi ve temel program kodlarından tekrar yararlanıldığı için bu bölümde sadece konum ağırlık uygulamasına özel bölümler ve farklılıklar üzerinde durulacaktır.

Hoffman için kullanılan hesap kodlarından farklı olarak konum ağırlık kodunda Hoffman matrisinin bulunmasından hemen sonra konum ağırlık değerleri her operasyon için ayrı ayrı, bir döngü içinde hesaplanır. Buradaki hesapların kolay bir şekilde yapılması amacı ile

konum ağırlık değerlerinin toplanması son operasyondan başlanarak yapılır, böylece diğer operasyonların konum ağırlıklarından da faydalanılarak hesaplar hızlandırılmış olur.

Hoffman hesaplarından farklı olan ikinci diğer büyük ayrıtı operasyonların istasyonlara atanma sırasının seçimidir. Konum ağırlık operasyon atama seçiminde konum ağırlık değeri en büyük olan operasyonlar tercih edilir.

Bir istasyona ataması yapılacak ilk operasyon seçiminden sonra ise konum ağırlık hesapları için kullanılan kod Hoffman metoduna çok yakındır çünkü kalan operasyon süresi, makine tipi ve iş istasyonunun kalan süresi kontrol edilerek operasyonların mevcut iş istasyonlarına ataması yapıp yapılamayacağına karar verilir.

Sonuçların kullanıcı ara biriminden çıktı olarak alınması ise Hoffman metodu ile bire bir aynıdır.

3.3.3 COMSOAL Metodu

COMSOAL metodunun uygulanması amacı ile ilk olarak Tablo 26’da gösterilmiş olan COMSOAL tablosunun oluşturulması gerekmektedir. Tablonun ilk sütununda operasyon numaraları, ikinci sütununda önceki operasyonların sayısı (APO), son olarak da üçüncü sütunda öncesinde operasyon olmayan operasyon numaraları yer alır (OWPO).

Tablo 26 : COMSOAL yöntemi uygulama tablosu.

Operasyon Numarası	APO	OWPO
1	0	1
2	1	5
3	1	10
4	1	15
5	0	
6	1	
7	1	
8	2	
9	1	
10	0	
11	2	
12	1	
13	1	
14	1	
15	0	
16	2	
17	1	
18	1	

Operasyon atamaları yapılmaya başlanacakken OWPO, yani öncesinde operasyon olmayan operasyonlar arasından rastgele biri seçilebilir. Uygulamamızın sonrasında bilgisayar programında da kullanılacağından ve düzenli bir seçimin yapılmasının işlem rahatlığı ve takip kolaylığı sağlayacağından her zaman OWPO içindeki ilk eleman tercih edilmiştir. Bu sebepten dolayı uygulamaya ilk olarak birinci iş istasyonuna birinci operasyonu atanarak başlanacaktır.

Tablo 27: COMSOAL yöntemi atama tablosu.

Operasyon Numarası	APO	OWPO
2	0	2
3	1	5
4	1	10
5	0	15
6	1	
7	1	
8	2	
9	1	
10	0	
11	2	
12	1	
13	1	
14	1	
15	0	
16	2	
17	1	
18	1	

Sonraki adımlarda yukarıda birinci satırın elenmesi ile oluşturulan tablo gibi COMSOAL tabloları her iş istasyonu için teker teker hesaplanarak operasyonların atamaları yapılır.

Son iş istasyonuna uygun operasyonun da atanması ile birlikte Tablo 28’de gösterilmekte olunan COMSOAL metodu ile hesaplanmış hat dengeleme sonuç tablosu elde edilir.

Tablo 28: COMSOAL yöntemi hat dengeleme sonuç tablosu.

Operasyon Numarası	Operasyon İsmi	İstasyon Numarası	Makine Tipi	Operasyon Süresi (dakika)
1	Ön Roba Birleştirme	1	Üç İplik Overlok	0,50
2	Ön Roba Karyoka	2	Karyoka	0,50
3	Omuz Birleştirme	3	Üç İplik Overlok	0,50
4	Omuz Reçme	4	Düz Reçme	0,48
5	Kol Ağzı Parça Takma	5	Düz Dikiş Makinesi	0,97
6	Kol Ağzı Parça Reçme	6	Düz Reçme	0,95
7	Kol Ağzı Parça Regula	7	Elisi	0,94
8	Kol Takma	8	Dört İplik Overlok	0,60
9	Kol Evi Reçme	9	Düz Reçme	0,55
10	Yaka Hazırlama	10	Düz Dikiş Makinesi	0,30
15	Yıkama Talimatı Hazırlama	10	Düz Dikiş Makinesi	0,10
17	Kol Ağzı Kibrit Çıma	10	Düz Dikiş akinesi	0,48
11	Yaka Takma	11	Dört İplik Overlok	0,55
12	Ense Biye Çekme	12	Biye Reçme	0,30
13	Ense Biye Kapama	13	Düz Dikiş Makinesi	0,60
14	Yaka Ön Reçme	14	Düz Reçme	0,55
16	Yan Kapama	15	Dört İplik Overlok	0,60
18	Etek Reçme	16	Bıçaklı Reçme	0,55

Tablo 28'i referans alarak, üretim hattının çevrim süresi 0,97 dakika olarak tanımlanmış ve toplamda 16 iş istasyonu kurulması ön görülmüştür. Tasarlanmış olan montaj hattının denge kaybı (D) ve montaj hattı verimliliğinin (V) hesaplanması aşağıda verilmiştir.

$$D = [(nC - \sum Co) / nC] 100 = 35,44$$

$$V = (1 - D) 100 = 64,56$$

3.3.3.1 COMSOAL Metodunun Bilgisayar Programı ile Uygulanması

COMSOAL metodu programa aktarılırken Hoffman metodunda kullanılmış olan kullanıcı ara birimi ve temel program kodlarından tekrar yararlanıldığı için bu bölümde sadece COMSOAL uygulamasına özel bölümler ve farklılıklar üzerinde durulacaktır.

Dikkat edildiğinde Hoffman matrisinin sütun toplamalarının sayısının aslında aynı zamanda COMSOAL metodunun APO sütununa denk olduğu rahatça fark edilecektir. Dolayısı ile programlama sırasında Hoffman matrisinin sütun toplamalarının transpozesi alınarak APO olarak kullanılabilir.

Önceki metotlardan farklı olarak istasyonlara operasyonların atanma önceliklerinin seçiminde OWPO listesi yani APO listesinde sıfır olan ilk operasyon seçilir.

Bir istasyona ataması yapılacak ilk operasyon seçiminden sonra ise COMSOAL hesapları için kullanılan kod önceki metotlara çok yakındır çünkü kalan operasyon süresi, makine tipi ve iş istasyonunun kalan süresi kontrol edilerek operasyonların mevcut iş istasyonlarına ataması yapıp yapılamayacağına karar verilir. Sonuçların kullanıcı ara biriminden çıktı olarak alınması ise önceki metotlar ile bire bir aynıdır.

3.3.4 Moddie & Young Metodu

Bu metodun uygulanması amacı ile Tablo 29’da gösterilmiş olan Moddie & Young metot tablosunun oluşturulması gerekmektedir. Tablonun ilk sütununa operasyon numaraları, ikinci sütununa önceki operasyon numaraları, üçüncü sütununa sonraki operasyon numaraları, dördüncü sütununa operasyon süreleri yazılır. Son olarak da beşinci sütununda öncesinde operasyon olmayan operasyonlar işaretlenir.

Tablo 29: Moddie & Young yöntemi uygulama.

Operasyon Numarası	Önceki Operasyonlar	Sonraki Operasyonlar	Süre (dakika)	Kontrol
1	-	2	0,50	-
2	1	3	0,50	
3	2	4	0,50	
4	3	8	0,48	
5	-	6	0,97	-
6	5	7	0,95	
7	6	8	0,94	
8	4-7	9	0,60	
9	8	11	0,55	
10	-	11	0,30	-
11	9-10	12	0,55	
12	11	13	0,30	
13	12	14	0,60	
14	13	16	0,55	
15	-	16	0,10	-
16	14-15	17	0,60	
17	16	18	0,48	
18	17	-	0,55	

Kontrol sütununda işaretlenmiş operasyonlardan süresi en uzun olan seçilerek ilk istasyona ataması yapılarak işlemlere başlanır. Bu uygulama için uygun olan atama 0,97 dakikalık operasyon süresiyle beşinci operasyon olacaktır. Bu iş istasyonuna uygun başka bir operasyon bulunmadığından ataması yapılmış olan beşinci operasyon tablodan silinerek Tablo 30’da gösterildiği gibi yeni bir tablo oluşturulur.

Tablo 30: Moddie & Young yöntemi atama tablosu-1.

Operasyon Numarası	Önceki Operasyonlar	Sonraki Operasyonlar	Süre (dakika)	Kontrol
1	-	2	0,50	-
2	1	3	0,50	
3	2	4	0,50	
4	3	8	0,48	
6	-	7	0,95	-
7	6	8	0,94	
8	4-7	9	0,60	
9	8	11	0,55	
10	-	11	0,30	-
11	9-10	12	0,55	
12	11	13	0,30	
13	12	14	0,60	
14	13	16	0,55	
15	-	16	0,10	-
16	14-15	17	0,60	
17	16	18	0,48	
18	17	-	0,55	

Ataması yapılmış olan beşinci operasyonun silinmesi ile oluşturulan tablonun yardımıyla da ikinci istasyona atanması uygun olan operasyonun altıncı operasyon olduğu görülmektedir. Bunun sebebi altıncı operasyonun da kontrol sütununa girmiş olması ve 0,95 dakika ile süresi en yüksek operasyon olmasıdır. Bu iş istasyonuna uygun başka bir operasyon bulunmadığından ataması yapılmış olan altıncı operasyon tablodan silinerek Tablo 31’de gösterildiği gibi yeni tablo oluşturulur.

Tablo 31: Moddie & Young yöntemi atama tablosu-2.

Operasyon Numarası	Önceki Operasyonlar	Sonraki Operasyonlar	Süre (dakika)	Kontrol
1	-	2	0,50	-
2	1	3	0,50	
3	2	4	0,50	
4	3	8	0,48	
7	-	8	0,94	-
8	4-7	9	0,60	
9	8	11	0,55	
10	-	11	0,30	-
11	9-10	12	0,55	
12	11	13	0,30	
13	12	14	0,60	
14	13	16	0,55	
15	-	16	0,10	-
16	14-15	17	0,60	
17	16	18	0,48	
18	17	-	0,55	

Ataması yapılmış olan altıncı operasyonun silinmesi ile oluşturulan tablonun yardımıyla da üçüncü istasyona atanması uygun olan operasyonun yedinci operasyon olduğu görülmektedir. Bunun sebebi yedinci operasyonun da kontrol sütununa girmiş olması ve 0,94 dakika ile süresi en yüksek operasyon olmasıdır. Bu iş istasyonuna uygun başka bir operasyon bulunmadığından ataması yapılmış olan yedinci operasyon tablodan silinerek Tablo 32’de gösterildiği gibi yeni bir tablo oluşturulur.

Tablo 32: Moddie & Young yöntemi atama tablosu-3.

Operasyon Numarası	Önceki Operasyonlar	Sonraki Operasyonlar	Süre (dakika)	Kontrol
1	-	2	0,50	-
2	1	3	0,50	
3	2	4	0,50	
4	3	8	0,48	
8	4	9	0,60	
9	8	11	0,55	
10	-	11	0,30	-
11	9-10	12	0,55	
12	11	13	0,30	
13	12	14	0,60	
14	13	16	0,55	
15	-	16	0,10	-
16	14-15	17	0,60	
17	16	18	0,48	
18	17	-	0,55	

Ataması yapılmış olan yedinci operasyonun silinmesi ile oluşturulan tablonun yardımıyla da dördüncü istasyona atanması uygun olan operasyonun birinci operasyon olduğu görülmektedir. Bunun sebebi birinci operasyonun da kontrol sütununa girmiş olması ve 0,5 dakika ile süresi en yüksek operasyon olmasıdır. Bu iş istasyonuna uygun başka bir operasyon bulunmadığından ataması yapılmış olan birinci operasyon tablodan silinerek Tablo 33'te gösterildiği gibi yeni bir tablo oluşturulur.

Tablo 33: Moddie & Young yöntemi atama tablosu-4.

Operasyon Numarası	Önceki Operasyonlar	Sonraki Operasyonlar	Süre (dakika)	Kontrol
2	-	3	0,50	-
3	2	4	0,50	
4	3	8	0,48	
8	4	9	0,60	
9	8	11	0,55	
10	-	11	0,30	-
11	9-10	12	0,55	
12	11	13	0,30	
13	12	14	0,60	
14	13	16	0,55	
15	-	16	0,10	-
16	14-15	17	0,60	
17	16	18	0,48	
18	17	-	0,55	

Ataması yapılmış olan birinci operasyonun silinmesi ile oluşturulan tablonun yardımıyla da beşinci istasyona atanması uygun olan operasyonun ikinci operasyon olduğu görülmektedir. Bunun sebebi ikinci operasyonun da kontrol sütununa girmiş olması ve 0,5 dakika ile süresi en yüksek operasyon olmasıdır. Bu iş istasyonuna uygun başka bir operasyon bulunmadığından ataması yapılmış olan ikinci operasyon tablodan silinerek Tablo 34'te gösterildiği gibi yeni bir tablo oluşturulur.

Tablo 34: Moddie & Young yöntemi atama tablosu-5.

Operasyon Numarası	Önceki Operasyonlar	Sonraki Operasyonlar	Süre (dakika)	Kontrol
3	-	4	0,50	-
4	3	8	0,48	
8	4	9	0,60	
9	8	11	0,55	
10	-	11	0,30	-
11	9-10	12	0,55	
12	11	13	0,30	
13	12	14	0,60	
14	13	16	0,55	
15	-	16	0,10	-
16	14-15	17	0,60	
17	16	18	0,48	
18	17	-	0,55	

Tablo 35'i referans alarak, üretim hattının çevrim süresi 0,97 dakika olarak tanımlanmış ve toplamda 17 iş istasyonu kurulması ön görülmüştür.

Tablo 35: Moddie & Young yöntemi hat dengeleme sonuç tablosu.

Operasyon Numarası	Operasyon İsmi	İstasyon Numarası	Makine Tipi	Operasyon Süresi (dakika)
5	Kol Ağzı Parça Takma	1	Düz Dikiş Makinesi	0,97
6	Kol Ağzı Parça Reçme	2	Düz Reçme	0,95
7	Kol Ağzı Parça Regula	3	Elisi	0,94
1	Ön Roba Birleştirme	4	Üç İplik Overlok	0,50
2	Ön Roba Karyoka	5	Karyoka	0,50
3	Omuz Birleştirme	6	Üç İplik Overlok	0,50
4	Omuz Reçme	7	Düz Reçme	0,48
8	Kol Takma	8	Dört İplik Overlok	0,06
9	Kol Evi Reçme	9	Düz Reçme	0,55
10	Yaka Hazırlama	10	Düz Dikiş Makinesi	0,30
15	Yıkama Talimatı Hazırlama	10	Düz Dikiş Makinesi	0,10
11	Yaka Takma	11	Dört İplik Overlok	0,55
12	Ense Biye Çekme	12	Biye Reçme	0,30
13	Ense Biye Kapama	13	Düz Dikiş Makinesi	0,60
14	Yaka Ön Reçme	14	Düz Reçme	0,55
16	Yan Kapama	15	Dört İplik Overlok	0,60
17	Kol Ağzı Kibrit Çıma	16	Düz Dikiş Makinesi	0,48
18	Etek Reçme	17	Bıçaklı Reçme	0,55

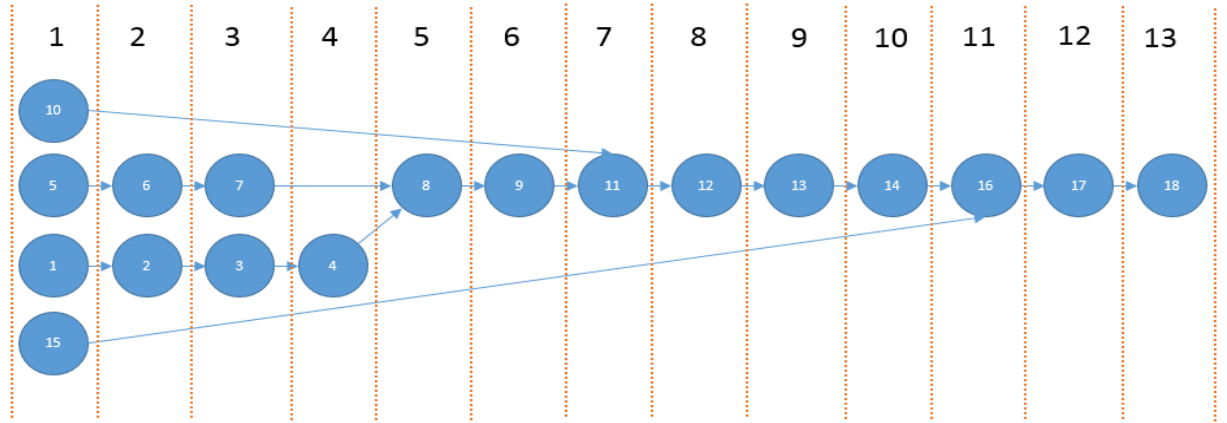
Tasarlanmış olan montaj hattının denge kaybı (D) ve montaj hattı verimliliğinin (V) hesaplanması aşağıda verilmiştir.

$$D = [(nC - \sum Co) / nC] 100 = 39,24$$

$$V = (1 - D) 100 = 60,76$$

3.3.5 Killbridge & Western Metodu

Bu metodun uygulanabilmesi amacıyla aşağıdaki sütunlara bölünmüş olan öncelik diyagramı oluşturulur (Şekil 11).



Şekil 14: Killbridge & Western yöntemi öncelik diyagramı.

İlk olarak oluşturulmuş olan sütunlara ayrılmış öncelik diyagramında her bir sütunun iş istasyonu olduğunu varsayılır. Bu durumda on üç iş istasyonu oluşturulmuş olur, ancak operasyonların toplam süresi hattın çevrim süresinden yüksek olacak ve hat dengesi olumsuz yönde etkilenecektir. Farklı sütunlarda kullanılabilecek operasyonların olasılıkları düşünülerek operasyon atamaları yapılmalıdır. Bunun sağlanması için aşağıda verilmiş olan Killbridge & Western metot tablosu oluşturulur. Buradaki üçüncü sütuna operasyonun atanabilmesi mümkün olan öncelik diyagramı içindeki sütunlar yazılır.

Tablo 36: Killbridge & Western yöntemi uygulama tablosu.

Sütun Numarası	Operasyon Numarası	Transfer	Süre (dakika)	Toplam İş İstasyonu Süresi	Toplam Süre (dakika)
1	1	-	0,50	1,87	1,87
	5	-	0,97		
	10	2-3-4-5-6	0,30		
	15	2-3-4-5-6-7-8-9-10	0,10		
2	2	-	0,50	1,45	3,32
	6	-	0,95		
3	3	-	0,50	1,44	4,76
	7	4	0,94		
4	4	-	0,48	0,48	5,24
5	8	-	0,60	0,60	5,84
6	9	-	0,55	0,55	6,39
7	11	-	0,55	0,55	6,94
8	12	-	0,30	0,30	7,24
9	13	-	0,60	0,60	7,84
10	14	-	0,55	0,55	8,39
11	16	-	0,60	0,60	8,99
12	17	-	0,48	0,48	9,47
13	18	-	0,55	0,55	10,02

Tablo 36’da gösterildiği gibi Killbridge & Western metot tablosu kullanılarak bulunan hat dengeleme sonucu Tablo 37’de verilmiştir.

Tablo 37: Killbridge & Western yöntemi hat dengeleme sonuç tablosu.

Operasyon Numarası	Operasyon İsmi	İstasyon Numarası	Makine Tipi	Operasyon Süresi (dakika)
1	Ön Roba Birleştirme	1	Üç İplik Overlok	0,50
2	Ön Roba Karyoka	2	Karyoka	0,50
3	Omuz Birleştirme	3	Üç İplik Overlok	0,50
4	Omuz Reçme	4	Düz Reçme	0,48
5	Kol Ağız Parça Takma	5	Düz Dikiş Makinesi	0,97
6	Kol Ağız Parça Reçme	6	Düz Reçme	0,95
7	Kol Ağız Parça Regula	7	Elisi	0,94
8	Kol Takma	8	Dört İplik Overlok	0,60
9	Kol Evi Reçme	9	Düz Reçme	0,55
10	Yaka Hazırlama	10	Düz Dikiş Makinesi	0,30
15	Yıkama Talimatı Hazırlama	10	Düz Dikiş Makinesi	0,10
11	Yaka Takma	11	Dört İplik Overlok	0,55
12	Ense Biye Çekme	12	Biye Reçme	0,30
13	Ense Biye Kapama	13	Düz Dikiş Makinesi	0,60
14	Yaka Ön Reçme	14	Düz Reçme	0,55
16	Yan Kapama	15	Dört İplik Overlok	0,60
17	Kol Ağız Kibrit Çıma	16	Düz Dikiş Makinesi	0,48
18	Etek Reçme	17	Bıçaklı Reçme	0,55

Tablo 37'yi referans alarak, üretim hattının çevrim süresi 0,97 dakika olarak tanımlanmış ve toplamda 17 iş istasyonu kurulması ön görülmüştür. Tasarlanmış olan montaj hattının denge kaybı (D) ve montaj hattı verimliliğinin (V) hesaplanması aşağıda verilmiştir.

$$D = [(nC - \sum Co) / nC] 100 = \mathbf{39,24}$$

$$V = (1 - D) 100 = \mathbf{60,76}$$

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu bölümde tez uygulaması sırasında edinilen teknik bilgiler ve bu bilgiler ışığında yapılan çalışmaların sonuçları üzerinde durulmuştur.

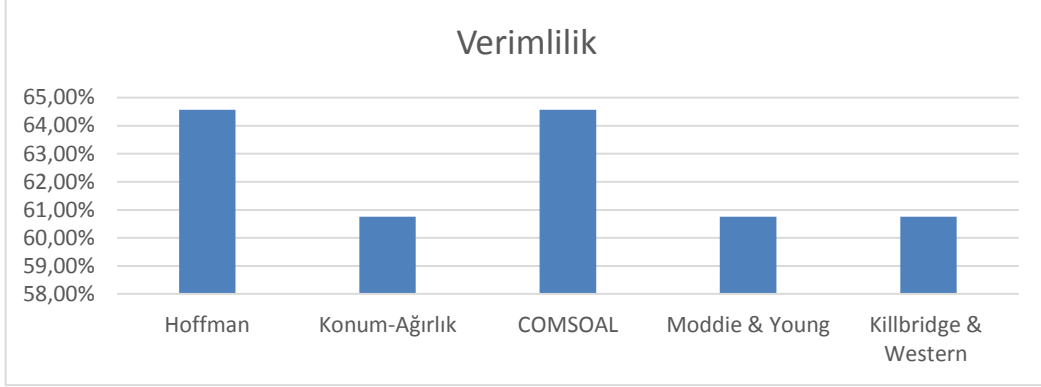
Çalışmaya montaj hattı dengelemenin tanımlanması ve montaj hattı dengeleme yöntemlerinin incelenmesi ile başlanılmıştır. Montaj dengeleme çalışmasının uygulanması için güncel olarak üretilmekte olan bir ürün seçilerek bu ürünün montaj hattının geliştirilmesi amacı ile beş farklı dengeleme metodu kullanılmıştır. Kullanılan bu yöntemlerin montaj hattının dengelenmesi konusunda ne kadar verimli olduğu kontrol edilerek de değerlendirmeler yapılmıştır.

Montaj hattı dengeleme metotlarının uygulanması sırasında edinilen en önemli deneyimlerden biri bu metotların uygulanmasının üretim hattı üzerindeki operasyonlar ve istasyonlar arttıkça zorlaşması, karmaşıklaşması, uygulayıcıların hatalarına açık hale gelmesi ve uzun zaman almasıdır. Bu zorlukların önüne geçilebilmesi amacı ile bilgisayar destekli bir tasarımın gerekli olduğu öngörülmüş ve çalışmalar bu yönde yoğunlaştırılmıştır.

Montaj hattı dengeleme yöntemlerinin uygulanması için kullanılacak bilgisayar destekli tasarımın hangi dilde yapılması gerektiği üzerine yapılan ön çalışmalar sonrasında C, C++, C#, Java gibi programlara dilleri de göz önünde bulundurularak MATLAB programı ve programlama dilinin bu amaç için en yerinde araç olacağına karar verilmiştir. Bunun sebebi MATLAB programının matris işlemlerinin hesaplanması, kullanıcı ara birimi tasarlanması ve yazılan kodun evrensel, her bilgisayarda çalışabilecek bir programa çevrilmesi konusunda büyük kolaylıklar sağlamasıdır.

Uygulanan montaj dengeleme yöntemleri sırasıyla Hoffman, Konum-Ağırlık, COMSOAL, Moddie & Young, Killbridge & Western metotlarıdır. Bu metotların her biri için iş istasyonları oluşturulmuş, operasyonlar metotların ön gördüğü şekilde yerleştirilmiş ve dengeleme sonuçları incelenmiştir. Dengeleme verimliliği ve denge kaybı değerleri sonuçlar ile ilgili en önemli ipucunu vermektedir. Verimlilik açısından metot sonuçları büyükten

küçüğe sıralandığında; Hoffman % 64,56, konum ağırlık % 60,76, COMSOAL % 64,56, Moddie & Young %60,76 ve son olarak da Killbridge & Western % 60,76 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar grafiksel olarak Şekil 12’de de gösterilmiştir.



Şekil 15: Verimlilik sonuçları.

Hoffman metodunun matris işlemleri kullanılarak hesaplanması sebebi ile bilgisayar tasarımına en yakın metot olduğu görülmüştür. Hoffman ve COMSOAL metotlarının verimlilik yüzdesinin diğer metotlardan daha yüksek olmasına rağmen diğer metotları da kullanmamamızın sebebi her metodun farklı hatlar ve uygulamalar için verimlilikte yukarı çıkabilecek ya da aşağıya inecek olmasıdır. Öyle ki bu üretim hattı için verim değeri yüksek çıkmış olan Hoffman bir diğer hatta Moddie & Young metodunun sağlayacağı verimlilik değerinin altında kalabilir. Bu aşamada bilgisayar destekli tasarımın tekrar avantaj sağlayabileceği açık bir şekilde görülmektedir. Öyle ki hazırlanacak bilgisayar programı tüm metotları hızlı bir şekilde karşılaştırabilir ve en yüksek verimli metodu gözler önüne rahatça serabilir.

Uygulama için hazırlanmış olan bilgisayar MATLAB programı yukarı da değinilmiş olan beş metodu da rahat ve hızlıca uygulayıp, verimlilik hesaplarını yapar ve sonuçları kaydeder. İlerideki çalışmalar için hazırlanmış olan programa daha fazla montaj hattı dengeleme yöntemi eklenmesi ile geliştirme sağlanabilir.

Bunun dışında program hızı algoritmalar üzerinde çalışılarak arttırılabilir, kullanıcı arabirimi geliştirilerek daha kolay girdi çıktı alınabilir hale getirilebilir.

KAYNAKLAR

- Acar, N. ve Eştaş, S. (1991). *Kesikli Seri Üretim Sistemlerinde Planlama ve Kontrol Çalışmaları*. 3. basım, Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Acar, N. (1996). *Üretim Planlama Yöntem ve Uygulamaları*. 5. basım, Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Ağpak, K., Gökçen, H., Saray, N., Özel, S. (2002). Stokastik görev zamanlı tek modellenli u tipi montaj dengeleme problemleri için bir sezgisel yöntem. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17(4): 115-124.
- Arcus, A.L. (1966). Comsoal a computer method of sequencing operations for assembly lines. *The International Journal of Production Research*, 4(4): 259-277.
- Arslan, D. (2002). *Üretim Planlama*. 4. basım, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları.
- Asur, K. ve Andrew, J.D. (2002). A knowledge based design methodology for manufacturing assembly lines. *Elsevier Journal of Computers & Industrial Engineering*, 41(4): 441-467.
- Baskak, M. (1998). Çok Modelli/Ürünlü Montaj Hatlarının Dengelenmesi İçin Yeni Bir Model ve Çözüm Yöntemi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 217 s.
- Bowman, E.H. (1960). Assembly line balancing by linear programming. *Operations Research*, 8(3): 385-389.
- Bryton, B. (1954). Balancing of a Continuous Production Line. M.S. Thesis, Northwestern University, Evanston, ILL.
- Cengiz, K. (2002). Kesikli Seri Üretim Akış Sistemlerinde Hat Dengeleme Ve Benzetim Yaklaşımı İle Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 115 s.
- Chase, R., Aquilano N., Jacobs F. (1998). *Production And Operations Management - Manufacturing And Services*. Boston: The Irwin/McGraw Hill Series.
- Dündar, P., Güner M., Çolakoğlu O. (2012). An approach to the modular line balancing problem for an apparel product manufacturing with graph theory. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4: 369-374
- Erel, E., Sabuncuoğlu, I., Aksu, B.A. (2001). Balancing of u-type, assembly systems using simulated annealing. *International Journal of Production Research*, 39(13): 3004-3015.
- Erkut, H. ve Baskak, M. (1997). *Tesis Tasarımı*. 2. basım, İstanbul: İrfan Yayıncılık.

- Eryürük, S.H., Kalaoglu,F., Baskak, M. (2008). Assembly line balancing in a clothing company. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 16(66): 93-98.
- Eryürük S.H., Kalaoglu F. and Baskak M. (2011). Assembly line balancing by using statistical method in clothing production. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 1: 65-71.
- Eryürük, S.H. (2012). Clothing assembly line design using simulation and heuristic line balancing techniques, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 1: 360-368.
- Eryürük, S.H. (2005). Bir Konfeksiyon İşletmesinde Montaj Hattı Dengeleme. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 222 s.
- Gökçen, H. ve Erel, E. (1995). Karışık ürünlü montaj hattı dengeleme problemleri için sezgisel yöntem. *Verimlilik Dergisi*, 2: 131-140.
- Guner, M., Yucel, O., Unal, C. (2013). Applicability of different line balancing methods in the production of apparel. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 1: 77-84.
- Hoffman, T.R. (1990). Assembly line balancing: a set of challenging problems. *International Journal of Production Research*, 28: 1807-1815.
- İşleyen, S.K. ve Baykoç, Ö.F. (2004) Endüstri Mühendisliği XXIV. Ulusal Kongresi, <http://yaem2004.cukurova.edu.tr/pages/bildiriler.htm> (18.04.2015)
- Johnson, R.V. (1991). Balancing assembly lines for teams and work groups. *International Journal of Production Research*, 29(6):1205-1214.
- Kanawaty, G. (2004). *İş Etüdü*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Karademir, H. (2005). Üretim Hattı Dengelemesine Benzetim Yaklaşımı ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 116 s.
- Kayar, M. (2012). *Üretim ve Verimlilik - Temel Esaslar ve Uygulama*. Bursa: Ekin Basım.
- Kayar, M. ve Akyalçın, C. (2014). Applying different heuristic assembly line balancing methods in the apparel industry and their comparison. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 22(6): 8-19.
- Kayar, M. (2008). Hazır Giyim İşletmelerinde Verimsizliği Ortaya Çıkaran Nedenlerin Araştırılması Ve Bunların Çözümüne Yönelik Alan Çalışması. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, 318 s.
- Kobu, B. (2006). *Üretim Yönetimi*. 13. basım, İstanbul: Beta Basım Yayım.
- Salveson, M.E. (1955). The assembly line balancing problem. *Journal of Industrial Engineering*, 6(3): 18-25.

Şeber, Ş. (2004). Sipariş Üzerine Üretim Yapan Bir İşletmede Hat Dengelemesi Çalışması ve Bir Benzetim Yaklaşımı Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 167 s.

Prokopenko, J. (1992). *Productivity Management: A Practical Handbook*. 2. basım, Geneva: International Labour Office.

Tanyaş, M. ve Baskak, M. (2003). *Üretim Planlama ve Kontrol*. İstanbul: İrfan Yayıncılık.

Tekin, M. (2002). *Üretim Yönetimi*. 2. basım, Konya: Detay Yayıncılık.

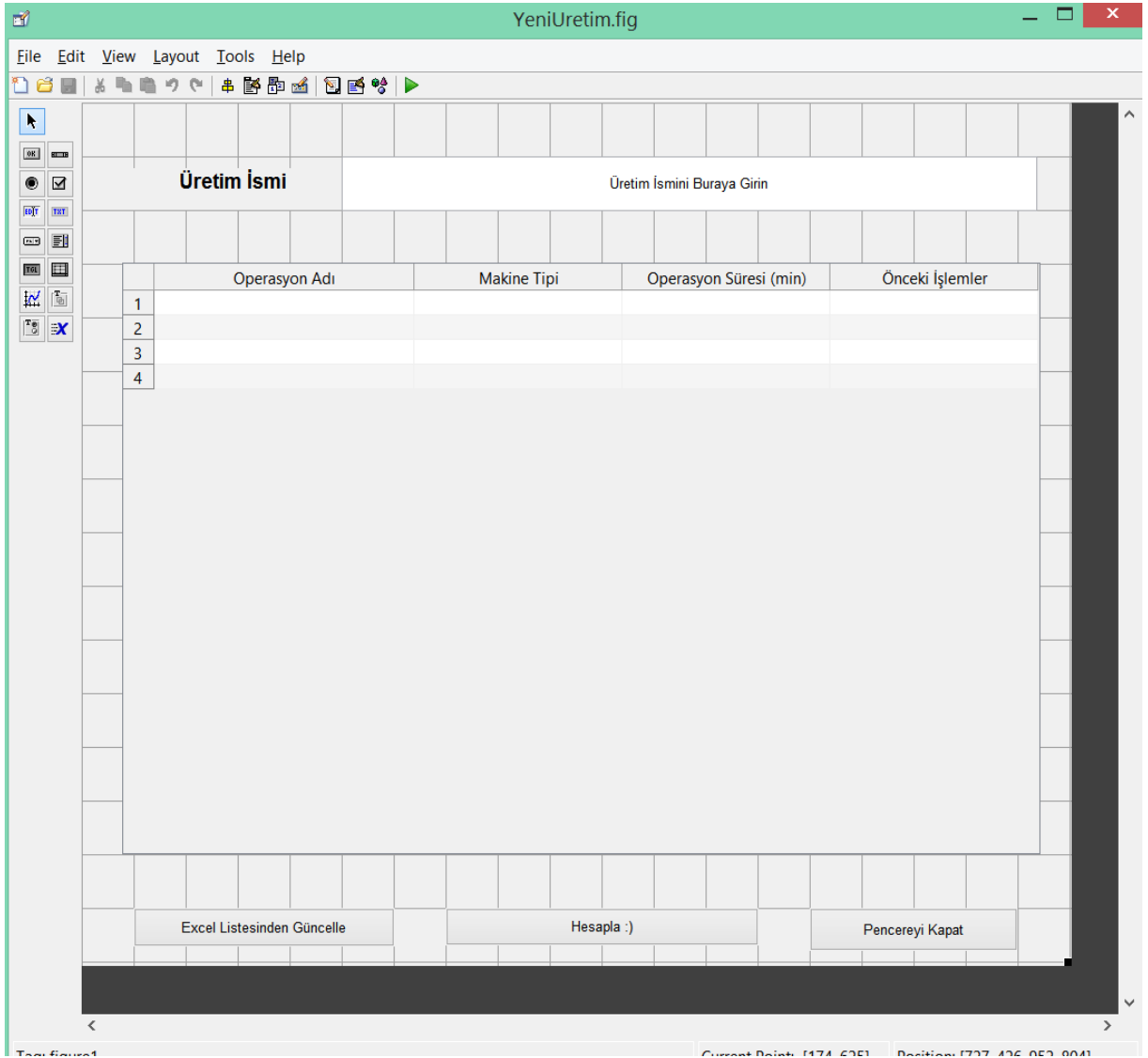
Top, A. (2001). *Üretim Sistemleri Analiz, Planlama ve Kontrolü*. 3.basım, İstanbul: Alfa Yayınları.

EKLER

EK A 1: UYGULAMA PROGRAMI ALGORİTMA VE KOD AÇIKLAMALARI

Programın iki ana temel öğeden oluştuğu söylenebilir. Bu öğeler kullanıcı arabirimi altyapısı ve metot algoritmalarını içeren kod kümeleridir.

Kullanıcı arabirimi bir MATLAB aracı olan GUIDE'dan yardım alınarak hazırlanmıştır. GUIDE ile “YeniUretim.fig” ismi kullanılarak bir figür dosyası oluşturulmuştur ve aşağıda da gösterilen bu figür programımızın iskeletini oluşturmaktadır. Öyle ki programın koşması sırasında kullanıcıdan alınan he komut bu iskelet üzerinden eyleme aktarılacaktır.

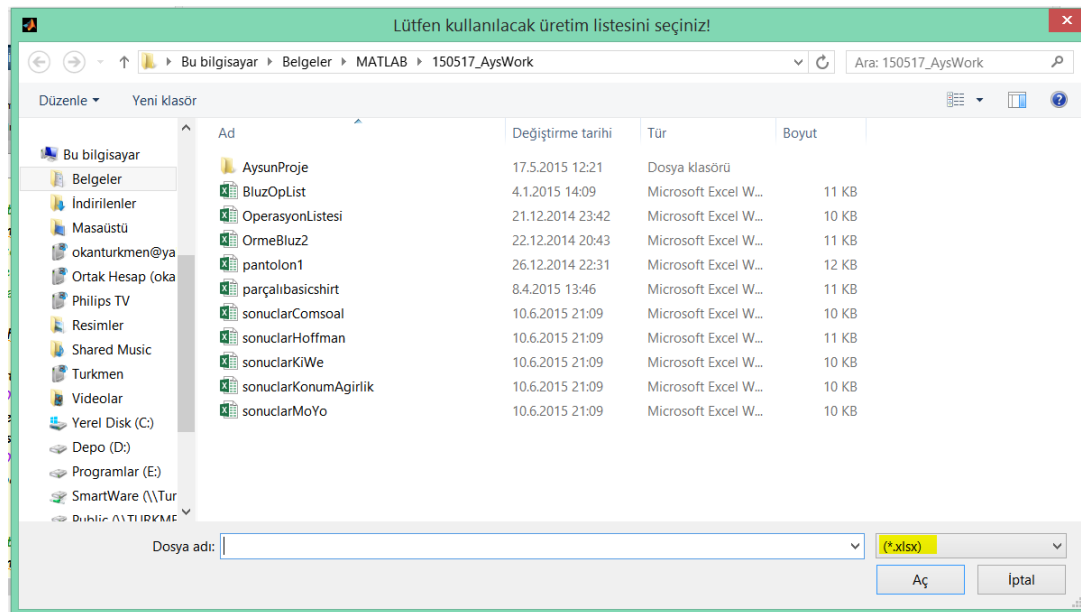


Örnek olarak ilk figür içinde yer alan “Excel Listesinden Güncelle” düğmesini ele alalım. Bu düğmeye basıldığında arka planda “YeniUretim.m” dosyası içerisinde yer almakta alan düğmeye tıklandığında koşulması gereken kodlar işlenmeye başlanacak ve programın girdilerinin alınması sağlanacaktır.

Bu düğmeye tıklandığında gerçekleşen işlemleri ayrıntılı bir şekilde inceleyelim. İlk olarak aşağıdaki 153’üncü kod satırında da gösterildiği üzere daha önceden hazırlanmış excel girdi dosyamızın seçilebilmesi sağlanmaktadır.

```
147 % --- Executes on button press in pbYeniUretimGuncelle.
148 function pbYeniUretimGuncelle_Callback(hObject, eventdata, handles)
149 % hObject handle to pbYeniUretimGuncelle (see GCBO)
150 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
151 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
152
153 [FileName, PathName, FilterIndex] = uigetfile('*.xlsx', 'Lütfen kullanılacak üretim listesini seçiniz!');
154
155 [~,~,cellOperasyonListesi]=xlsread(FileName);
156 assignin('base', 'cellOperasyonListesi', cellOperasyonListesi);
157 [sizeX, sizeY]=size(cellOperasyonListesi);
158 cellOpList=cellOperasyonListesi(2:sizeX,2:sizeY);
159 assignin('base', 'cellOpList', cellOpList);
160 set(handles.table_OperasyonListesi, 'Data', cellOpList);
```

Bu kod satırı çalıştırıldığında kullanıcının ara yüzden göreceği excel dosyası seçim ekranı aşağıda verilmiştir. Dosya formatı aşağıda sarı ile işaretlendiği üzere “xlsx” ya da “xls” olmalıdır.



Kodun 155 ve 160'ıncı satırları arasında yer alan komutlar yardımıyla excel listesinde verilmiş olan girdilerin programda kullanılmak üzere değişkenlere atandığı görülebilir.

Kullanıcı arabiriminde yer almakta olan “Hesapla” düğmesi ise asıl metot işlemlerinin yapılacağı “YeniUretim.m” dosyasındaki “Hesapla” düğmesinin basılma aksiyonu ile ilişkilendirilmiştir. Bu butona basılması ile gerçekleşen işlemler “Uygulama Programının Kod ve Algoritması” bölümünde anlatılmıştır.

Uygulama Programının Kod Açıklaması

Uygulama programının, hat dengeleme metotlarının hesaplarını içeren algoritmaların koda aktarılması bu bölüm içinde anlatılmıştır. Algoritma kullanıcı arabirimindeki “Hesapla” butonuna basılması ile koşturmaya başlar (173'üncü satır).

```
172 % --- Executes on button press in pbHesapla.
173 function pbHesapla_Callback(hObject, eventdata, handles)
174 % hObject handle to pbHesapla (see GCBO)
175 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
176 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

Bir sonraki adımda excel dosyasından alınmış olan kullanıcı girdilerin programın içinde rahat bir şekilde kullanılabilmesi amacı ile girdi matrisinden vektörlere aktarılması sağlanır (178'üncü satırdan 184'üncü satıra kadar bu işlemler yapılmaktadır). Örnek olarak ataması yapılmış olunan “txtOpIsmi” aslında operasyon isimlerini içeren işlem sayısı boyutunda bir vektördür.

```
178 cellOpList=evalin('base','cellOpList');
179 txtOpIsmi=cellOpList(:,1);
180 txtMakina=cellOpList(:,2);
181 numOpT=str2double(cellOpList(:,3));
182 txtOnceki=cellOpList(:,4);
183
184 [sizeX, ~]=size(cellOpList);
```

Sonraki aşamada Hoffman matrisi hesaplanır. Hoffman matrisi programa sağladığı esneklik sebebi ile tüm program boyunca kullanılmıştır ve büyük öneme sahiptir. 186'dan 205'inci satıra kadar olan kodlarda Hoffman matrisinin nasıl hesaplandığını görmekteyiz. İç içe

yazılmış üç döngü operasyonları ve operasyon önceliklerini ilk operasyondan son operasyona sırası ile Hoffman matrisine yazmaktadır.

```

185
186 %% Hoffman Matrisini burada buluyoruz..
187
188 matrixHoffman=zeros(sizeX,sizeX);
189
190 for i=1:sizeX %Hoffman matris sütunu
191     txtSeperator=txtOnceki{i,1};
192     [~,sizeTxt]=size(txtSeperator);
193     for j=1:sizeTxt
194         if txtSeperator(j)=='O'
195             txtExporter(1)=txtSeperator(j+1);
196             txtExporter(2)=txtSeperator(j+2);
197             numExporter=str2double(txtExporter);
198             for l=1:sizeX % Hoffman matris satırı
199                 if numExporter==l
200                     matrixHoffman(l,i)=1;
201                 end
202             end
203         end
204     end
205 end

```

Sonraki adımda Hoffman matrisinin de bulunmasıyla, Hoffman metodu hesaplamalarına başlanabilir. Hesaplamalar metodun öngördüğü ve tezin ilgili bölümünde algoritmasında da açıklandığı üzere matris sütun toplamı sıfır olan operasyonların teker teker seçilerek iş istasyonlarına belirli bir düzende atanması ile yapılır. Operasyon atama işlemlerinde kullanılan kod kesiti aşağıda verilmiştir. Sütun toplamı sıfır olan operasyon ilk olarak önceki iş istasyonlarına atanabiliyor ise ataması yapılır.

```

for counterWS=1:1:numWS % İlk olarak önceki WS'leri kontrol edeceğiz...
    if (tRemaining(counterWS)-numOpT(counterSutun,1)>=0) && ( strcmp(txtWSMakina{counterWS,1},txtMakina{counterSutun,1}) || strcmp(txtMakina{counterSutun,1},'Elisi') )
        tRemaining(counterWS)=tRemaining(counterWS)-numOpT(counterSutun,1);
        arrayOperationsInWorkspace(counterSutun,counterWS)=1;
        matrixDeltaHoffman(counterSutun,:)=0;
        flag=1;
        break;
        % WS elışı ise ve yeni bir makine daha ekleyebiliyorsak..
    elseif (tRemaining(counterWS)-numOpT(counterSutun,1)>=0) && ( strcmp(txtWSMakina{counterWS,1},'Elisi')==1) && ( strcmp(txtMakina{counterSutun,1},'Elisi')~=1)
        tRemaining(counterWS)=tRemaining(counterWS)-numOpT(counterSutun,1);
        arrayOperationsInWorkspace(counterSutun,counterWS)=1;
        txtWSMakina{counterWS,1}=txtMakina{counterSutun,1}; %Beni kontrol et, beni değiştirdin!!!!
        matrixDeltaHoffman(counterSutun,:)=0;
        flag=1;
        break;
    end
end
end

```

Ataması yapılamıyor ise, aşağıdaki kod satırlarında da açıklandığı üzere ataması yapılması üzere yeni bir iş istasyonu oluşturulur.

```
%WS bulunamadı, yeni WS oluşturmamız gerekiyor, ..
if createWSonce==1
    numWS=numWS+1;
    tRemaining(numWS)=tCycle-numOpT(counterSutun,1);
    arrayOperationsInWorkspace(counterSutun,numWS)=1;
    txtWSMakina(numWS,1)=txtMakina(counterSutun,1);
    matrixDeltaHoffman(counterSutun,:)=0;
    createWSonce=0; % Break diyemiyoruz.. Sonraki sütunların da taranması lazım... Ancak bu if'e bu loop'da bir daha girme sadece 1 WS oluşturma gerek...
end
```

Bu hesapların sonrasında oluşturulan iş istasyonları ve bu iş istasyonlarına ataması yapılan operasyonlar teker teker sonuç matrisine aktarılır. Bu amaçla aşağıdaki kod satırları kullanılmıştır.

```
%% Hoffman için sonuçlar hazırlanıyor...
matrixIstasyonGoster(sizeX,4)=0;
for i=1:1:sizeX %Operasyon Listesi
    for j=1:1:numWS %istasyon listesi
        if arrayOperationsInWorkspace(i,j)==1
            matrixIstasyonGoster(i,1)=num2str(i);
            matrixIstasyonGoster(i,2)=txtOpIsmi(i,1);
            matrixIstasyonGoster(i,3)=num2str(j);
            matrixIstasyonGoster(i,4)=txtMakina(i,1);
            matrixIstasyonGoster(i,5)=num2str(numOpT(i,1));
            break;
        end
    end
end
```

Son olarak da hat dengeleme verimi ve denge kaybı değerleri aşağıda verilmiş olan kod satırları ile hesaplanarak metot uygulanması tamamlanmış olacaktır.

```
numTotalWSTime=tCycle-tRemaining(:);
numLossBalance= ((numWS*tCycle)-sum(numTotalWSTime)) / (numWS*tCycle) * 100;
numLineEff=(100-numLossBalance);
```

Hoffman için uygulanan bu algoritma ufak farklılıklar ile birlikte Konum Ağırlık, COMSOAL, Moddie & Young, Killbridge & Western metotları için de kullanılmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Aysun TÜRKMEN
Doğum Yeri ve Tarihi : İSTANBUL / 23.12.1990

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Marmara Üniversitesi - Tekstil Öğretmenliği
Yüksek Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi – Tekstil Mühendisliği
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce
Bilimsel Faaliyet/Yayınlar : -
Aldığı Ödüller : -

İş Deneyimi

Stajlar : 2012 Boğaziçi Örmek San. Ve Tic. Ltd. Şti. - (4 Ay)
Merter – İSTANBUL
• Üretim Planlama
2012 Örmetek Örmek San ve Tic. Ltd. Şti. - (1 Ay)
Merter – İSTANBUL
• Üretim Planlama
2007 Aster Tekstil (1 Ay)
Avcılar- İSTANBUL
• Modelhane – Kesimhane - Dikimhane

Projeler ve Kurs Belgeler : 2012-“Yönetim Sistemleri İç denetçilik Eğitimi”-
GOLDCERT
2012-“ISO 14001 Maddesel Analiz-Şartlar”-
GOLDCERT
2012 – “TS 18001 (OHSAS 18001) Maddesel Analiz-
Şartlar” – GOLDCERT
2012 – “ISO 9001 Maddesel Analiz-Şartlar” -
GOLDCERT

Çalıştığı Kurumlar : 2011 Cookids – Bebek Mobilyası ve Tekstili (6 Ay)
İkitelli Masko – İSTANBUL

- Mağaza Sorumlusu

2013 – Yılteks Topluluğu – Hazırgiyim İşletmesi (1 yıl)
Güneşli-İSTANBUL

- Müşteri Temsilcisi

İletişim

E-Posta Adresi : aysunacar90@hotmail.com

Tarih : 22/02/2016 (Tez sınav tarihi)