

# MONTAJ HATTI PLANLAMA

Modelleme ve Optimizasyon

DOÇ. DR. İBRAHİM KÜÇÜKKOÇ

Montaj hatları, üretimde sıkılıkla kullanılan seri üretim sistemlerindendir ve yakın zamanda Endüstri 4.0 teknolojisinin en başarılı uygulama alanlarından birisi olabilir. Çoğunlukla karmaşık yapıdaki ürünlerin üretiminde kullanılan montaj hatları, üretim kaynaklarından en etkin biçimde yararlanarak birim zamandaki çıktıya artırmaya olanak sağlamaktadır. İyi dengelenmiş montaj hatları, gelişen ve değişen müşteri taleplerinin zamanında ve minimum maliyetle karşılanabilmesine olanak sağlayarak işletmelerin rekabet edebilirlik seviyesini de artırmaktadır.

Bu kitap, montaj hattı planlama konusunda bilgi sahibi olmak isteyen hem lisans ve yüksek lisans öğrencilerine hem de işletmelerde hat dengeleme konusunda çalışmakta olan hat yöneticilerine ve mühendislere yönelik olarak hazırlanmıştır. Sektörde en çok karşılaşılan montaj hattı türlerinin etkin bir şekilde dengelenmesine yönelik araç ve teknikler içerir. Montaj hattı dengeleme konusu ilk olarak en basit haliyle ele alınıp modellenmiş ve örnekler üzerinden çözüm yöntemleri anlatılmıştır. Sonrasında pek çok gerçek hayat kısıtları da ilave edilerek farklı problem tipleri gerekli detaya inilerek anlatılmıştır. Bölüm sonlarında ise çalışma sorularına yer verilmiştir.

Sezgisel yöntemlerin yanında meta-sezgisel algoritmalarдан olan genetik algoritma uygulamasını da içeren ve pratige yönelik olarak hazırlanan bu kitapta, geliştirilen matematiksel modellerin GAMS program kodları da eklerde sunulmuştur.



AKADEMİK YAYINCILIK

[www.nobelyayin.com](http://www.nobelyayin.com)



MONTAJ HATTI PLANLAMA

Modelleme ve Optimizasyon

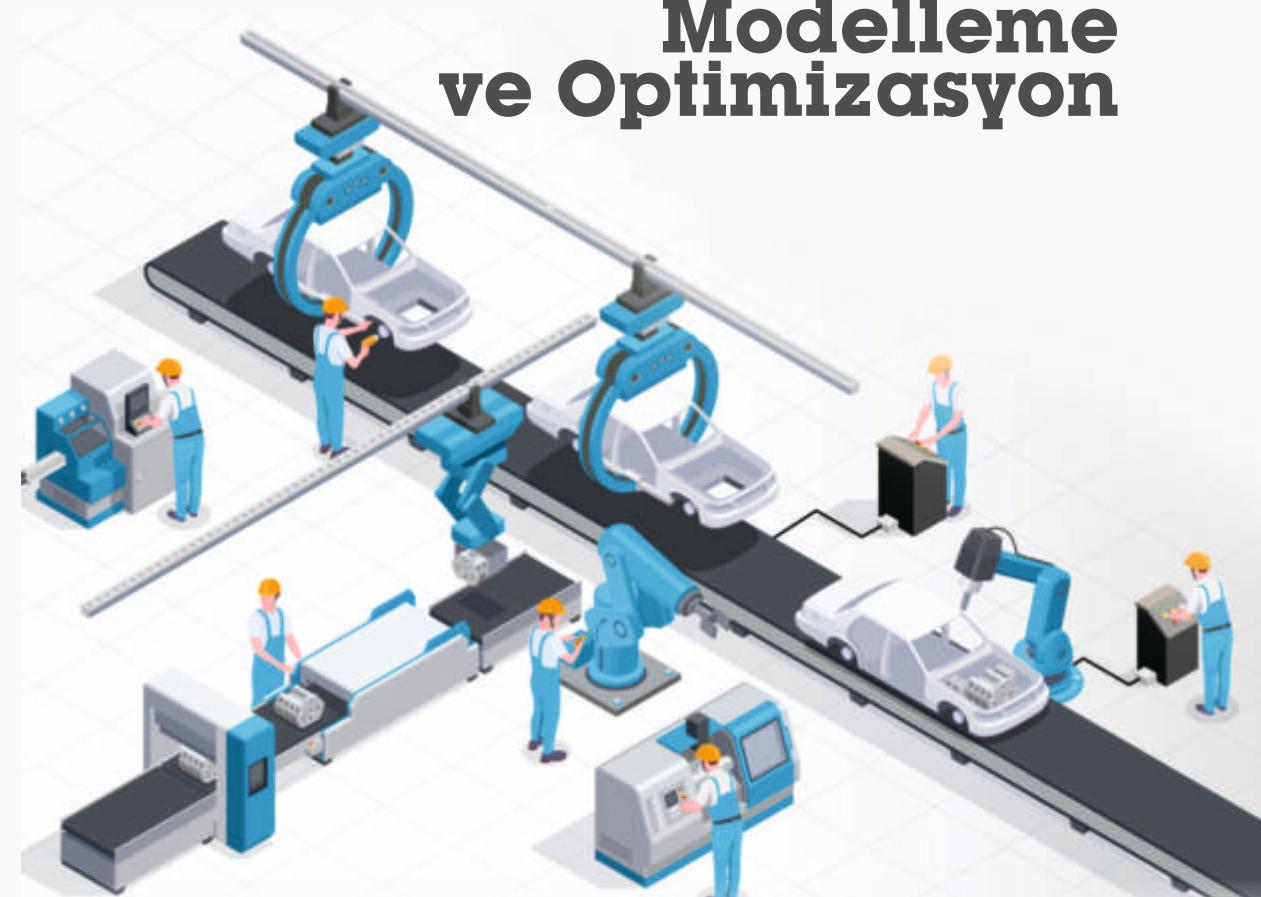
DOÇ. DR. İBRAHİM KÜÇÜKKOÇ



DOÇ. DR. İBRAHİM KÜÇÜKKOÇ

# MONTAJ HATTI PLANLAMA

Modelleme  
ve Optimizasyon



# **MONTAJ HATTI PLANLAMA**

## **Modelleme ve Optimizasyon**

### **(GAMS Kodları ile Birlikte)**

---

Doç. Dr. İbrahim Küçükkoç



## **MONTAJ HATTI PLANLAMA MODELLEME VE OPTİMİZASYON**

**Doç. Dr. İbrahim Küçükkoç**

**Yayın No.** : 2928

**Mühendislik/Teknik No.** : 299

**ISBN** : 978-625-406-375-6

**E-ISBN** : 978-625-406-376-3

**Basım Sayısı** : 1. Basım, Ekim 2020

© Copyright 2020, NOBEL AKADEMİK YAYINCILIK EĞİTİM DANIŞMANLIK TİC. LTD. ŞTİ. SERTİFİKA NO.: 40340

*Bu baskının bütün hakları Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti. ne aittir. Yayınevinin yazılı izni olmaksızın, kitabıın tümünün veya bir kısmının elektronik, mekanik ya da fotokopi yoluyla basımı, yayımı, çoğaltımı ve dağıtıımı yapılamaz.*

*Nobel Yayın Grubu, 1984 yılından itibaren ulusal ve 2011 yılından itibaren ise uluslararası düzeyde düzenli olarak faaliyet yürütmekte ve yayınladığı kitaplar, ulusal ve uluslararası düzeydeki yükseköğretim kurumları kataloglarında yer almaktadır.*

**Genel Yayın Yönetmeni** : Nevzat Argun -nargun@nobelyayin.com-

**Yayın Koordinatörü** : Gülfem Dursun -gulfem@nobelyayin.com-

**Redaksiyon** : Buse Gamze Çeliktaş -buse@nobelyayin.com-

**Sayfa Tasarım** : Ahmet Aras Çiftçi -aras@nobelyayin.com-

**Kapak Tasarım** : Mehtap Yürümmez -mehtap@nobelyayin.com-

**Baskı ve Cilt** : Genç Ofset Sertifika No.: 32284

Süzgün Sokak No.: 18 İskitler / ANKARA

---

### **Kütüphane Bilgi Kartı**

**Küçükkoç, İbrahim.**

**MONTAJ HATTI PLANLAMA MODELLEME VE OPTİMİZASYON** / Doç. Dr. İbrahim Küçükkoç

**1. Basım, XVI + 204 s., 16x23,5 cm. Kaynakça var, dizin yok.**

**ISBN: 978-625-406-375-6**

**E-ISBN: 978-625-406-376-3**

**1. Montaj Hattı Dengeleme 2. Üretim Planlama 3. Yöneylem Araştırması**

---

### **Genel Dağıtım**

**ATLAS AKADEMİK BASIM YAYIN DAĞITIM TİC. LTD. ŞTİ.**

**Adres:** Bahçekapı mh. 2465 sk. Oto Sanayi Sitesi No:7 Bodrum Kat Şaşmaz-Ankara - siparis@nobelyayin.com-

**Telefon:** +90 312 278 50 77 - **Faks:** 0 312 278 21 65

**E-Satış:** www.nobelkitap.com - www.atlaskitap.com - **Bilgi:** esatis@nobelkitap.com - info@atlaskitap.com

**Dağıtım ve Satış Noktaları:** Alfa Basım Dağıtım, Arasta, Arkadaş Kitabevi, D&R Mağazaları, Dost Dağıtım, Ekip Dağıtım, Kida Dağıtım, Kitapsan, Nezih Kitabevleri, Pandora, Prefix, Remzi Kitabevleri

# ÖN SÖZ

---

Sahip olunan kaynakların en etkin kullanımı ile birim zamanda üretilen ürün miktarını artttırmak, günümüz iş dünyasında faaliyet gösteren işletmelerin rekabet edebilmeleri ve rakiplerinden bir adım önde olabilmeleri için zorunlu hâle gelmiştir. Üretim sistemine giren ham maddenin bir dönüşüm süreci sonunda bitmiş ürün olarak sistemi olabildiğince erken terk etmesi, üretim sistemi içinde kullanılan insan, makine ve malzemenin boşta kalma/bekleme ve taşınma sürelerinin azaltılması ile ilgilidir. Ürünne değer katmayan ve işletmeye ek maliyet oluşturan bu verimsiz süreleri tamamen ortadan kaldırmak mümkün olmasa da en aza indirmek mümkündür. Bu aşamada devreye otomotivden ev aletleri endüstrisine kadar birçok üretim sisteminin vazgeçilmez parçası hâline gelen montaj hatları girmektedir. Montaj hatları bir seri üretim aracıdır. Bir hat (veya kayan bant) etrafına yerleştirilmiş istasyonlarda görevlerini gerçekleştiren operatör, makina ve robotlar hat üzerinde akan yarı mamul üzerinde operasyonlarını gerçekleştirirler ve hattın sonunda nihai ürün ortaya çıkmış olur.

İlk yürüyen/kayan bant sisteminin geliştirilmesinin üzerinden 60 yılı aşkın bir süre geçmiş olsa da montaj hatları hâlen bazı işletmelerde tam olarak etkin bir şekilde yönetilememekte ve işletmeler hızlı, standartlaştırılmış ve anlamlı bir üretim sürecine sahip olamamaktadırlar. Bu ortamda hazırlanan bu kitap, montaj hatlarının planlanması konusunda hem lisans hem de lisansüstü düzeyde ihtiyaç duyulan ders materyali ihtiyacını karşılamayı amaçlamaktadır.

İlk bölümde montaj hatlarının ilk kullanımından bahsedilerek sanayi devrimleri hakkında kısaca bilgi verilecek ve bu dönemlerde montaj hatlarının oynadığı rol kısaca anlatılacaktır. Ayrıca montaj hatlarının sağladığı faydalardan durulacak ve montaj hatları üzerine yapılan ilk çalışmalarдан bahsedilecektir.

İkinci bölüm, montaj hatları konusundaki terminolojinin ve temel hesaplamaların sunulması ile başlayacak, mevcut hatların performans değerlend-

dirme kriterleri ile devam edecek ve montaj hattı dengeleme problemlerinin nasıl sınıflandırıldığını örnek şemalarla anlatacaktır.

Üçüncü bölümde montaj hattı dengeleme problemi en yalın hâliyle tanımlanarak matematiksel olarak modellenecektir. Montaj hattı dengeleme amacıyla kullanılabilecek çözüm yöntemleri örneklerle anlatılacaktır. Ayrıca, hat dengeleme problemlerinde karşılaşılabilecek bazı özel durumlar ve kısıtlar bu bölümde anlatılacaktır.

Farklı tipte amaçların ve çok operatörlü istasyonların dikkate alındığı matematiksel modeller ve örnek çözümleri dördüncü bölümde verilmiştir. Beşinci bölümde, U-tipi yerleşime sahip montaj hatlarının dengelenmesine yönelik modeller ve çözüm yöntemleri sunulmuştur.

Altıncı bölümde aynı hat üzerinde birden fazla modelin üretimini mümkün kılan karışık modelli montaj hatlarında ürün karmasının belirlenmesi ve hatların dengelenmesine yönelik metotlar örneklerle sunulmuştur. Yedinci ve son bölümde ise yapay zeka optimizasyon algoritmalarından birisi olan genetik algoritmanın, montaj hattı dengeleme problemlerinin çözümüne nasıl uygulanabileceği örnek üzerinden anlatılacaktır.

Ayrıca her bölümde sunulan matematiksel modellerin GAMS (General Algebraic Modelling System) kodları ve elde edilen çözümler de Ekler bölümünde verilmiştir. Bu kodlar yardımıyla gerek öğrenciler gerekse hat yöneticileri veya mühendisler kendi verisini kullanarak mevcut problemlerini çözebilirler.

Bölüm sonlarında sunulan çalışma soruları, anlatılan metodların kavranmasından uygunlama olanağı sağlamaktadır. Bazı sorularda belirli çözüm yöntemleri ile çözümler yapılması istenmiş, bazı sorularda ise hangi yöntemin seçileceği okuyucuya bırakılmıştır. Gerçek şu ki, çalışma soruları da çoğunlukla bölümden bağımsız olarak farklı teknikler ve kısıtlar altında, farklı yerleşime sahip hatlar için zenginleştirilebilir ve çözülebilirler. Örneğin düz modelli hatlar için sunulan bir çalışma sorusu, sonraki bölümlerde öğrenilen U-tipi yerleşim konsepti dikkate alınarak yeniden çözülebilir ve elde edilen çözümler arasında karşılaştırmalar yapılabilir.

Son olarak, montaj hattı dengeleme konusunda test problemlerine ve daha fazla veriye <https://assembly-line-balancing.de> adresi üzerinden ulaşılabilir. Ayrıca <http://ikucukkoc.baun.edu.tr> adresinde bulunan kişisel web sayfam üzerinden konu hakkında sunum dosyalarına ve farklı içeriklere ulaşılabilir.

Montaj hatları konusunda bir başlangıç niteliğinde olan bu kitabın, okurlara faydalı olmasını dilerim.

Doç. Dr. İbrahim KÜÇÜKKOÇ  
Nisan 2020, Balıkesir



# İÇİNDEKİLER

---

ÖN SÖZ .....	iii
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
TABLOLAR LİSTESİ .....	xv

<b>BÖLÜM 1: GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. İlk Montaj Hattı.....	1
1.2. Montaj Hatlarının Endüstrideki Yeri .....	5
1.3. Montaj Hatlarının Sunduğu Avantajlar .....	7
1.4. Montaj Hattı Dengeleme Üzerine Yapılan Çalışmalar .....	9
 <b>BÖLÜM 2: TEMEL HESAPLAMALAR .....</b>	 <b>15</b>
2.1. Montaj Hattı Dengeleme Nedir? .....	15
2.2. Terminoloji .....	17
2.2.1. Basit Tanımlamalar.....	17
2.2.2. Çevrim Zamanı .....	18
2.2.3. Üretim Hızı .....	18
2.2.4. Öncelik İlişkileri Diyagramı .....	19
2.2.5. Öncelik İlişkileri Matrisi.....	19
2.2.6. Toplam İş Süresi .....	20
2.2.7. Minimum İstasyon Sayısı.....	21
2.2.8. Kuramsal Etkinlik.....	23
2.3. Performans Kriterleri.....	23
2.3.1. Hat Etkinliği.....	23
2.3.2. Denge Gecikmesi.....	24
2.3.3. Düzgünlük İndeksi .....	24
2.4. MHD Problemlerinin Sınıflandırılması .....	28
2.4.1. Amaca Göre Sınıflandırma.....	29
2.4.2. Ürün Çeşitliliğine Göre Sınıflandırma.....	30
2.4.3. Hat Konfigürasyonuna Göre Sınıflandırma.....	31
2.4.4. Hibrit Hatlar .....	36
Çalışma Soruları .....	39

<b>BÖLÜM 3: BASİT MHD PROBLEMI .....</b>	<b>41</b>
3.1. Problem Tanımı.....	41
3.2. Matematiksel Model.....	43
3.3. En Erken ve En Geç İstasyon Hesaplamaları.....	46
3.4. Çözüm Yöntemleri .....	48
3.4.1. Numaralandırma (Enumeration) Metodu .....	50
3.4.2. Sezgisel Yöntemler.....	53
3.4.2.1. Immediate Update First Fit (IUFF).....	53
3.4.2.2. Rank and Assign – RA (Sırala ve Ata) Yöntemi.....	60
3.4.2.3. Kilbridge ve Wester Yöntemi .....	61
3.4.2.4. Hoffmann Sezgiseli .....	67
3.4.2.5. COMSOAL Metodu.....	70
3.5. Özel Durumlar/Kısıtlar .....	72
3.5.1. Paralel İstasyonlar .....	73
3.5.2. Konum Kısıtı .....	77
3.5.3. Maksimum İstasyon Yükü Kısıtı .....	77
3.5.4. Pozitif Bölgeleme Kısıtı.....	78
3.5.5. Negatif Bölgeleme Kısıtı .....	78
3.5.6. Senkronize Görevler Kısıtı.....	78
3.5.7. Operatörle İlgili Kısıtlar .....	79
Çalışma Soruları .....	80
<b>BÖLÜM 4: DÜZ MHD PROBLEMI İÇİN FARKLI AMAÇLAR VE KISITLAR ....</b>	<b>85</b>
4.1. Tip-2 Düz MHD Problemi .....	85
4.2. Tip-E Düz MHD Problemi .....	89
4.2.1. İteratif Çözüm (MHD-E) .....	89
4.2.2. Doğrusal Olmayan Programlama (MHD-E) .....	92
4.3. Çok-operatörlü MHD-E Problemi .....	95
4.4. Çok operatörlü, Sabit Konum ve Pozitif/Negatif Bölgeleme Kısıtlı Tip-1 MHD .....	99
Çalışma Soruları .....	102

<b>BÖLÜM 5: U-TİPİ MHD PROBLEMİ .....</b>	<b>105</b>
5.1. Matematiksel Model.....	107
5.2. Sezgisel Çözümler .....	114
5.2.1. U-tipi MHD: Pozisyon/Ters Pozisyon Ağırlığı Yöntemi .....	115
5.2.2. U-tipi MHD: Ardıl/Öncül Sayısı Kuralı.....	120
5.2.3. U-tipi MHD: COMSOAL.....	124
Çalışma Soruları .....	126
<b>BÖLÜM 6: KARIŞIK MODELLİ MONTAJ HATLARI .....</b>	<b>131</b>
6.1. Birleştirilmiş Öncelik İlişkileri Diyagramı .....	132
6.2. Ürün Karmasının Dengelenmesi .....	133
6.3. Ağırlıklı Görev Süreleri .....	134
6.4. Matematiksel Model.....	139
6.5. Sezgisel Çözümler .....	144
6.5.1. Karışık Modelli MHD: Pozisyon Ağırlığı Yöntemi .....	145
6.5.2. Karışık Modelli MHD: COMSOAL .....	148
Çalışma Soruları .....	151
<b>BÖLÜM 7: GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜM .....</b>	<b>155</b>
7.1. Genetik Algoritma Nedir?.....	155
7.2. Başlangıç Popülasyonu .....	158
7.3. Uygunluk Değerinin Hesaplanması.....	160
7.4. Seçim .....	163
7.4.1. Turnuva Seçimi .....	163
7.4.2. Rulet Çemberi .....	164
7.5. Çaprazlama .....	165
7.6. Mutasyon .....	168
7.7. Yeni Jenerasyonun Oluşturulması.....	171
7.8. Sonuç ve Değerlendirme .....	173
<b>EKLER: GAMS Kodları ve Çözümler .....</b>	<b>175</b>
Örnek 3-1 GAMS Modeli "Açık" Yazımı ve Çözüm Raporu .....	175
Örnek 3-1 GAMS Modeli "Kapalı" Yazımı ve Çözüm Raporu .....	176
Örnek 4-1 Tip-2 Düz MHD GAMS Kodu (K=4).....	178
Örnek 4-1 Tip-2 Düz MHD Optimum Çözümü (K=4) .....	180
Örnek 4-2 Tip-2 Düz MHD GAMS Kodu (K=5).....	180

Örnek 4-2 Tip-2 Düz MHD Optimum Çözümü (K=5) .....	182
Örnek 4-3 Tip-E Düz MHD GAMS Kodu (İteratif) .....	182
Örnek 4-4 Tip-E Düz MHD GAMS Kodu (Nonlineer) .....	184
Örnek 4-4 Tip-E Düz MHD Çözümü (Nonlineer) .....	185
Örnek 4-5 Çok-operatörlü MHD-E GAMS Kodu .....	186
Örnek 4-5 Çok-operatörlü MHD-E Çözümü (RP=1) .....	188
Örnek 4-5 Çok-operatörlü MHD-E Çözümü (RP=2) .....	188
Örnek 4-6 Çok-operatörlü Tip-1 Sabit Konum ve Bölgeleme Kısıtlı MHD GAMS Kodu .....	189
Örnek 4-6 Çok-operatörlü Tip-1 Sabit Konum ve Bölgeleme Kısıtlı MHD Çözümü.....	191
Örnek 5-1 U-tipi MHD GAMS Kodu .....	192
Örnek 5-1 U-tipi MHD Çözümü.....	193
Örnek 5-1 Düz MHD Çözümü .....	194
Örnek 6-1 Karışık Modelli MHD GAMS Kodu.....	194
Örnek 6-1 Karışık Modelli MHD Çözümü.....	196
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>197</b>

# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

---

Bu bölümde üretim sistemlerinin tarihsel gelişimi ile birlikte montaj hatlarının ilk ortaya çıkışının konusunda kısaca bilgi verilecektir. Ardından, montaj hatlarının endüstrideki yeri ve sağladığı avantajlar konusuna degeinilecektir. Son olarak da montaj hattı üzerine yapılan bilimsel çalışmalar belirli bir sistematik dâhilinde özetlenecektir.

### 1.1. İlk Montaj Hattı

18. yüzyılda İngiltere'de başlayan ve insan gücünün yerini su ve buhar gücüyle çalışan makinelerin almasıyla sonuçlanan dönem, günümüzde Birinci Sanayi Devrimi olarak kabul edilmektedir. 1760'lı yıllarda başlayarak, 1830'lu yıllara kadar devam eden ve makineleşmenin hızla arttığı bu dönemde, üretim teknolojisi hızlı bir değişim geçirmiştir. Demir üretiminden tekstile pek çok sektörde büyük partiler hâlinde üretim ve standart parçaların kullanımı büyük önem kazanmıştır. İzleyen dönemde buharlı makinelerin yerini, elektrik, petrol ve doğalgaz ile sistemlerin ürünlerin almasıyla 19. yüzyılda İkinci Sanayi Devrimi gerçekleşmiştir (1840-1870'li yıllar arası). Böylelikle, Birinci Sanayi Devrimi'ndeki buhar gücüyle çalışan gemi ve tren gibi araçların yanına, akaryakıtla çalışan otomobil ve uçak gibi araçlar da eklenmiştir.

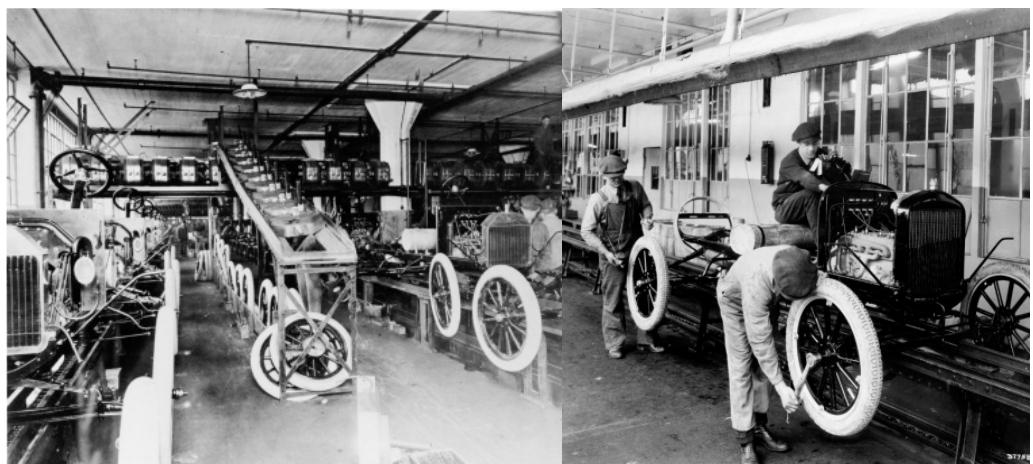
18. ve 19. yüzyıllarda sanayide yaşanan bu büyük dönüşüm sonrası takım tezgâhlarının ve diğer üretim elemanlarının gelişmesiyle ortaya çıkan mekanik üretim yöntemleri, seri üretim olarak da adlandırılan kitle üretiminin (*ing. mass production*) temelini oluşturmuştur. Bu takım tezgâhlarının yaygın olarak kullanılmasıyla birlikte yüksek hassaslık derecesine sahip ürünlerin büyük miktarlarda üretilebilmesi söz konusu olmuştur. Bu dönemde karışık ürünler değil de basit tek parçalı ürünler büyük boyutlarda üretilmiştir. Bu nedenle tek parçadan oluşan ürünlerin üretilmesi kitle üretim

sürecinin ilk aşamasını oluşturur. Karmaşık birimlerin üretilmeye başlanması ise kitle üretim sürecinin ikinci aşamasını oluşturur. Bu dönemde ürünün, akışı olan bir üretim teknolojisile üretilmesi nedeniyle kitle üretimi, "akış tipi üretim" (*ing. flow production*) olarak nitelendirilmiştir. Bu sistemlerde üretim, ürünün bir seri üretim tesisinden sürekli akışıyla gerçekleştirilir. Karmaşık birimlerin üretilmesi için de ürünün akış hâlinde olması ve bu ürünün üretiminde ikame edilebilen, yani birbirlerinin yerine kullanılabilen parçaların kullanılması önemlidir (Karaca 1996).

Akış tipi üretim sistemlerinden olan montaj hatları, Ekim 1913'te Henry Ford ve arkadaşları tarafından ilk defa kurulan yürüyen bant sistemi ile birlikte, kitle üretiminin vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Henry Ford, ürettiği araçları (otomobilleri) sadece bir makine olmaktan öte, bir iş teorisinin işe yaradığının somut bir parçası olarak görmüştür. Ford'un Detroit'teki ünlü Highland Park (**Şekil 1-1**) fabrikasında kullandığı bu sistem aslında Frederick Winslow Taylor'ın Bilimsel Yönetimin İlkeleri (orijinal adı: *The Principles of Scientific Management*) kitabında vurguladığı, üretim yönetiminde verimlilik artışı, organizasyon, insan gücü verimi, iş yeri düzeni vb. temel kavramların uygulamaya koyulmaya başlanması olarak kabul edilebilir. İş bölümü ve çalışanların yerleştirilmesinde sistematik yaklaşımları gerektiren bu sistemde, hat üzerinde üretilen ürün işçinin önüne getirilmiş (**Şekil 1-2**), son montaj hattındaki 12 saat olan işçilik süresi üç saatin altına indirilmiştir. 1908'de üretilmeye başlayan ve 1912 yılında, yani montaj hattı kullanılmaya başlamadan önce, 600 \$'a satılan ünlü model-T, montaj hattı kullanımının sağladığı avantajlar sayesinde 1916 yılına gelindiğinde 360 \$'a satılmaya başlanmıştır. 1924 yılına gelindiğinde ise Ford Motor Fabrikası siyah renkli ünlü aracından (model-T) 10 milyon adet üretebilmeyi başarmıştır. Bu hat üzerinde toplamda 15 milyon adet model-T üretildiği bilinmektedir. Bu başarı, getirdiği kapasite artışı ile birlikte ürün fiyatlarını yaklaşık olarak yarıya düşürmüştür ve 20. yüzyılın başlarına kadar sadece seçkinlerin sahip olabileceği bir ürünü daha kolay ulaşılabilir hâle getirmiştir. Zamanla, araç fiyatı 295 \$'a kadar düşmüştür. Firma tarafından 1924 yılında yayınlanan bir reklama ait görsel **Şekil 1-3**'te sunulmuştur.



*Şekil 1-1: Yürüyen bant sisteminin ilk defa uygulamaya konulduğu Ford'un ünlü Highland Park fabrikası*



*Şekil 1-2: İlk montaj hattına ait görüntüler*



Ford Newspaper 73  
800 lines—Week of June 8, 1924

*Sekil 1-3: Ford tarafından 1924 yılında yayınlanan bir reklam*

Dijital teknolojinin gelişmesiyle birlikte 1950'li yıllarda itibaren üretim süreçlerinde ilkel bilgisayar ve iletişim sistemlerinin kullanılması, Üçüncü Sanayi Devrimi'nin temellerini atmıştır. Makinelerin sadece üretimde değil, insan yaşamında da kullanılmaya başlaması büyük bir talep doğurarak zamanla tek tip üretim yerine müşteri isteklerinin ön planda tutulduğu organizasyonlara duyulan ihtiyacı arttırmıştır. Elektronik ve bilgisayar teknolojilerinin kullanılmasıyla da bu talepleri karşılayabilmek amacıyla otomasyona ve sonrasında esnek üretim sistemlerine geçiş sağlanmıştır.