T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇİZELGELEME PROBLEMLERİNDE BELİRSİZLİK ve BİR RİSK ÖLÇÜM YAKLAŞIMI

Pınar KIRAMANLIOĞLU

DANIŞMAN
Prof. Dr. Mehmet Mutlu YENİSEY

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma 03.10.2019 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Endüstri Mühendisliği Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Prof. Dr. Mehmet Mutlu YENİSEY
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Şakir ESNAF
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Hür Bersam BOLAT
İstanbul Teknik Üniversitesi
İşletme Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmî Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin ..... numaralı projesi ile desteklenmiştir.
Bu tez, ... numaralı ..... projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hayata geçmesi için danışmanım olduğu süre boyunca sorularımı ve sorunlarımı sessizlikle dinleyen, yardımcı olmak için elinden geleni yapan, çalışmamı bitirebilmem için sahip olduğu tüm bilgi birikimini benimle paylaşan saygıdeğer danışman hocam; Prof. Dr. Mehmet Mutlu YENİSEY'e en derin minnetimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Ekim 2019 Pınar KIRAMANLIOĞLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **vii**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **ix**
ÖZET ..... **x**
SUMMARY ..... **xi**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **3**
2.1. ÜRETİM SİSTEMLERİ VE ÜRETİM YÖNETİMİ 3
2.1.1. Üretim Kavramı 3
2.1.2. Üretim Sistemi 3
2.1.3. Üretim Sistemlerinin Tarihsel Gelişim 4
2.1.4. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması 6
2.1.5. Üretim Yönetimi Kavramı 11
2.1.6. Üretim Planlama ve Kontrol 12
2.2. TALEP TAHMİNİNİN ÜRETİM PLANLAMADAKİ YERİ VE ÖNEMİ 15
2.3. TOPLU ÜRETİM PLANI 16
2.4. ANA ÜRETİM ÇİZELGELEME 17
2.4.1. Ana Üretim Çizelgeleme Süreci 17
2.5.ÜRETİM ÇİZELGELEME 18
2.5.1. Üretim Çizelgesi 18
2.5.2. İş Sıralama 20
3. MALZEME VE YÖNTEM **25**
4. BULGULAR **39**
5. TARTIŞMA VE SONUÇ **43**
KAYNAKLAR **45**
EKLER **47**
Ek 1: Tablo 4.1-devamı 47
Ek 2: Tablo 4.2-devamı 53

ÖZGEÇMİŞ 64

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Genel bir üretim sistemi……..…...4
Şekil 2.2: Sipariş tipi atölye sistemi…….....9
Şekil 2.3: Akış tipi atölye…….…....9
Şekil 2.4: Üretim sistemlerinin sınıflandırılması……...….11
Şekil 2.5: Üretim sisteminin yönetimi…….....12
Şekil 2.6: Üretim planlama ve kontrol faaliyetleri…….….15
Şekil 2.7: Arz ve talebin dengelenmesi…….…..17
Şekil 2.8: Üretim planlamasının temel işlevleri……..…….……...18
Şekil 2.9: En basit haliyle akış tipi üretim…….....19
Şekil 2.10: Genel akış tipi üretim…….…...19
Şekil 3.1: Tek tezgâh için PERT şeması…….…..…30
Şekil 3.2: İki tezgâh için PERT şeması……....34
Şekil 3.3: PERT şeması ile varyans değerlerini bulma……...….35
Şekil 3.4: PERT şeması ve GANTT şeması ayrıntılı gösterimi……...…37

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Üretim sistemlerinin tarihsel gelişimi……..….5
Tablo 2.2: Üretim sistemlerinin üretim miktarına göre karşılaştırılması…….....8
Tablo 3.1: İşler ve işlem süreleri……..26
Tablo 3.2: Tek tezgah için sıralama-1……..27
Tablo 3.3: Tek tezgah için sıralama-2…….....27
Tablo 3.4: Tek tezgah için sıralama-3……..28
Tablo 3.5: Tek tezgah için sıralama-4……..28
Tablo 3.6: Tek tezgah için sıralama-5……..29
Tablo 3.7: SPT kuralı ile iş sıralama…….....29
Tablo 3.8: İşler ve süreleri……....31
Tablo 3.9: Johnson yöntemi uygulama…….…31
Tablo 3.10: İşler ve süreleri-2……...32
Tablo 3.11: 2 tezgah için işler ve süreleri…….…34
Tablo 3.12: Johnson yöntemi uygulama-2……34
Tablo 4.1: Sonuçların özeti……...36
Tablo 4.2: Değerlerin sıralanması…….37
Tablo 4.3: Bitiş süresine göre en iyi 5 sıralama……37
Tablo 4.4: Akış süresine göre en iyi 5 sıralama……38
Tablo 4.5: Bekleme süresine göre en iyi 5 sıralama…….38
Tablo 4.6: Olasılığa göre en iyi 5 sıralama……39

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler **Açıklama**

Kısaltmalar **Açıklama**

CPM **:** Kritik Yol Yöntemi
JIT **:** Tam Zamanında Üretim
MPS **:** Ana Üretim Planlaması
MRP **:** Malzeme İhtiyaç Planlaması
PERT **:** Proje Değerlendirme Ve Gözden Geçirme Tekniği
SPT **:** En Kısa İşlem Süresi Tekniği
CAD **:** Bilgisayar Destekli Tasarım
CAM **:** Bilgisayar Destekli Üretim
TQM **:** Toplam Kalite Yönetimi
FMS **:** Esnek Üretim Sistemi
OPT **:** Optimize Edilmiş Üretim Teknolojisi
MES **:** Üretim Yürütme Sistemi

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇİZELGELEME PROBLEMLERİNDE BELİRSİZLİK VE BİR RİSK ÖLÇÜM YAKLAŞIMI

Pınar KIRAMANLIOĞLU

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Pınar KIRAMANLIOĞLU

Üretim planlama, üretim yapan bir firmanın kalbi gibidir. Sürekli hareket halinde olmalı ve sistemin devamlılığını sağlamalıdır. Planlama ne kadar iyi olursa sistem o kadar sağlıklı olur. Planlamanın en hassas noktası şüphesiz ki çizelgelemedir. İşlerin hangi makineye hangi sırada gireceğinin belirlenmesi basit gözüken ancak planlamayı hayati şekilde etkileyen bir çizelgeleme problemidir. Bu çalışmada her makinedeki işlem süresi bilinen belirli sayıda işin çeşitli faktörlere göre sıralamaları PERT şeması yardımı ile yapılmış ve bu sıralamalara göre risk bulunmuştur.

Ekim 2019, 75 sayfa.

Anahtar kelimeler: Üretim planlama, Çizelgeleme, Risk

SUMMARY

M.Sc. THESIS

UNCERTAINTY IN SCHEDULING PROBLEMS AND A RISK MEASUREMENT APPROACH

Pınar KIRAMANLIOĞLU

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Industrial Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Mutlu YENİSEY

Production planning is like the heart of a company that makes production. It must be in constant motion and maintain the continuity of the system. The better the planning, the healthier the system. Undoubtedly the most sensitive point of planning is scheduling. It is a scheduling problem that seems simple to determine which jobs will enter which machine and in what order, but has a vital impact on planning. In this study, a certain number of jobs which their times in each machine are known, were sorted according to various factors with the help of PERT scheme and risk was found according to these rankings.

October 2019, 75 pages.

Keywords: Production planning, Scheduling, Risk

1. GİRİŞ

Üretim yapan bir firma için üretim planlaması hayati önem taşımaktadır. Bu sebeple üretim planlamasının titizlikle yapılması gerekir. Üretimi planlamak için gerekli olan çeşitli ölçütler vardır. Bu ölçütler doğrultusunda üretim planlaması hazırlanır. Üretim planlamada önemli noktalardan biri de çizelgelemedir. Çizelgelemenin ana noktası işlerin doğru ve en verimli şekilde makinelere yerleştirilmesidir. Bu yerleşim çeşitli ölçütlere göre yapılabilir. Bu ölçütler performans ölçütleri olarak adlandırılır. Bu ölçütlerde toplam işlem süresinin en küçük olması, makinelerin toplam bekleme süresinin en küçük olması gibi işlem sıralamalarını etkileyebilecek çeşitli kısıtlamalar bulunur. Bu sıralamalar elbette ki sadece performans ölçütlerine göre yapılmaz. İşlerin yapılacağı tezgâh sayısı, iş akışı şekli, işlerin geliş şekli iş sıralamalarını farklı şekilde etkiler. İşlerin geliş şekli statik ve dinamik olmak üzere 2'ye ayrılır. Statik problemlerde iş listesi belirlidir ve amaç işleri tezgahlara en uygun şekilde yerleştirmektir. Dinamik problemlerde ise işler düzensiz aralıklarla gelir ve iş sıralamaları sürekli değişmektedir. İşlerin sıralama şekli tek tezgâhta ve çoklu tezgahlarda da değişiklik gösterir. Tek tezgâhta ve çoklu tezgahlarda iş akışını sıralamak için çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. İş akış şekli ise akış tipi (flow shop) ve atölye tipi (job shop) olmak üzere ayrılır ve yine iş akışının şekli de sıralamayı değiştirir. Bu sebeple çizelgeleme karmaşık ve üretimin devamlılığı için hayati derecede önemlidir.

Bu çalışmada örnek verdiğimiz problem statik ve akış tipi bir problemdir. Yapılan çalışmalar tek tezgahlı işlerde, işlem süresi kısa olan işlemi öne almanın toplam bitiş süresi, bekleme süresi gibi kriterlere olumlu etki yaptığını göstermiştir. Bu sebeple öncelikle işler sanki tek tezgâhta işlem görecekmiş gibi sıralandı. Sonuçların yapılan çalışmalarla örtüşür nitelikte olduğu görüldü. İleriki bölümlerde aynı sayıdaki işlerin 2 tezgâh için sıralamaları yapıldı. Literatürde Johnson yöntemi olarak geçen yöntemin 2 tezgâh için optimum bitiş süresini verdiği biliniyordu. N işin n! kadar sıralama olasılığı olduğu hesaplandı ve sıralamaların her biri için PERT şeması hazırlandı. Şemalara bağlı olarak bitiş süreleri, akış süresi, bekleme süresi ve olasılıkları hesaplandı. Hesaplamalar Johnson yöntemiyle karşılaştırıldı ve sonuçlar yorumlandı.

Bu çalışmanın ilk bölümü literatür araştırması kullanılarak, bilgi vermek amacı ile hazırlanmıştır. İlk bölümde üretim tanımları, tarihi gelişimi, üretim sistemleri tanımlaması yapılmış, toplu üretim planı, ana üretim çizelgeleme gibi üretimin tüm detaylarından bahsedilmiştir. İkinci bölümde problemin tanımı yapılmış, problemin çözüleceği yöntem tanıtılmıştır. Problemin çözümü tablolar ve şekiller yardımıyla oldukça anlaşılır bir şekilde gösterilmiştir. Üçüncü bölümde problemin çözümünde elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır. Son bölümde sonuçların açıklanması ve yorumlanması yer almaktadır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. ÜRETİM SİSTEMLERİ VE ÜRETİM YÖNETİMİ

2.1.1. Üretim Kavramı

Üretim kavramı insanlığın ilk yıllarından itibaren ortaya çıkmış bir kavramdır. Daha o zamanlar insanlar avlanmak için çeşitli aletlere ihtiyaç duymuş ve bu aletleri çeşitli materyallerden oluşturmuşlardır. En basit silah bile el işi bir üretim sayılabilir.

Geçmişten günümüze üretim kavramı için birçok tanım yapılmıştır. Günümüzdeki en güncel tanım "ekonomik olarak değerli olacak mal veya hizmetlerin ortaya çıkarılması için gerekli faaliyetler toplamı" olarak ifade edilebilir. Aslında bu tanımdaki önemli nokta ortaya çıkan mal veya hizmetlerin ekonomik bir değere sahip olması ya da yararlı olmasıdır. Eğer örnek vermemiz gerekirse ağaçtan koparılan dal bir sandalyeye dönüşürse üretim kabul edilir. Üretim faaliyeti sadece bir ürün ortaya çıkarmak için değil o ürüne değer katmak için de icra edilir. Üretim kavramı farklı meslek grupları için farklı anlamlara bürünebilir. Örneğin ekonomistler üretimi fayda yaratmak anlamında tanımlarken mühendisler hammadde ya da yarı ürünleri kullanılabilir bir ürüne dönüştürmeyi üretim olarak tanımlarlar.

2.1.2. Üretim Sistemi

Üretim sistemi kendi aralarında ve çevreleriyle, süreçlere dayalı etkileşimi bulunan elemanlar bütünüdür. Üretim sisteminde girdiler çeşitli dönüşümler geçirerek çıktılar haline gelir. Girdiler;

Malzeme

Sermaye

İşçilik

Enerji

Diğer; olarak 5 başlık altında toplanabilir.

Buna bağlı olarak çıktılar;

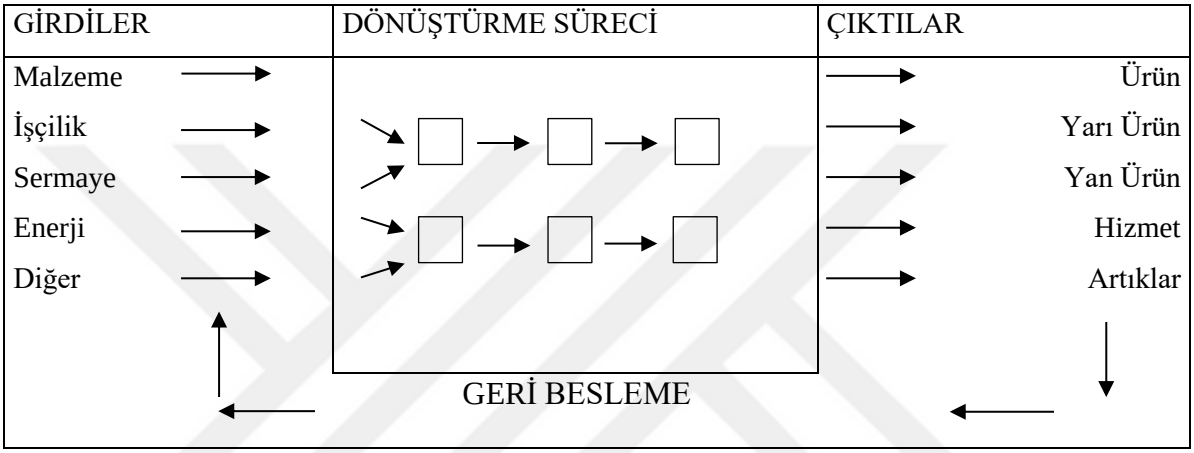
Ürün

Yarı ürün

Yan ürün

Hizmet

Artıklar; olarak sıralanır. (Tanyaş & Baskak, 2017)



Şekil 2.1: Genel bir üretim sistemi

2.1.3. Üretim Sistemlerinin Tarihsel Gelişim

Üretim sistemlerinin tarihsel gelişimi 1700'lü yıllara dayanır. James Watt'ın buhar makinası insanlığın tarihi için bir devrim ve makineleşmeye geçişte çok önemli bir adımdır. 18. Yüzyılda Adam Smith, her işçinin kendine ait bir işi olmasının işçinin verimliliği açısından faydalı olacağını dile getirmiştir. 19. Yüzyılın başlarında ikame edilebilir parça kavramı geliştirilmiş ve bu sayede herkes kendi parçasını üretmekten kurtulmuş ve bu tarz parçalar daha büyük miktarlarda daha ucuza üretilmiştir. Üretim sistemlerinin gelişiminin önemli bir parçası olan Üretim Yönetimi kavramını ise Frederic W. Taylor geliştirmiştir. Bir diğer önemli parça ise kitle üretimine geçiştir. İkinci Dünya Savaşı üretim sistemlerinde değişiklikler yapılmasına sebep olmuş ve Yalın Üretim kavramı meydana gelmiştir. İkinci Dünya Savaşından sonra artan talebe yanıt verebilmek için Malzeme Gereksinim Planlaması ortaya çıkmıştır. 1990'lı yıllarda çok yerleşimli fabrikaların ve çok uluslu şirketlerin kurulmasıyla, bu şirketler ve fabrikalar arasındaki bilgi akışını sağlayabilecek yazılımlara ihtiyaç duyulmuş ve bu sebeple Kurumsal Kaynak Planlaması yazılımları hayata geçmiştir.

Tablo 2.1: Üretim sistemlerinin tarihsel gelişimi

YIL	KONU	ÖNCÜ
1760	Buhar Makinasının Bulunması	James Watt
1776	İmalatta Uzmanlaşma	Adam Smith
1832	Uzmanlaşmaya Göre İşbölümü	Charles Babbage
1800'ler	İkame Edilebilir Parça Kullanımı (Standardizasyon)	
1900	Bilimsel Yönetim	Frederic W. Taylor
1900	Hareket Ekonomisi İlkeleri	Frank ve Lilian Gilbreth
1901	Çizelgeleme	Henry Lee Gannt
1913	Montaj Hattı Üretimi	F.W.Harris
1920	Stok Kontrol	P.M.S. Blacket
1931	Kalite Kontrol Grafikleri	W.A. Shewart
1940	Yöneylem Araştırması	P.M. Blacker
1947	Doğrusal Programlama	G.B. Dantzig
1950	Otomasyona Geçiş	
1968	Üretimde Bütünleştirme	
1970	Üretimde Bilgisayar Destekli Uygulamalar (CPM,PERT,MRP)	W.Skinner, J. Orlicky, G. Wright
1980	CAD/CAM, MRP II, JIT,TQM,FMS,OPT	W.E. Deming ve J. Juran
1990	ERP, MES	
2000	Tedarik zinciri yönetimi	

2.1.4. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

Üretim yapan bir fabrika için en önemli nokta, müşteri memnuniyetini sağlayabilmek ve siparişleri zamanında teslim edebilmektir. Siparişi zamanında teslim edebilmek için ise üretim planlamasının çok iyi yapılması gerekir. Üretimi planlayabilmek için önce hangi ürünün hangi üretim tipinde üretileceğine karar vermemiz gerekir. Çünkü yanlış planlama beraberinde siparişlerin yetişmemesi, yüksek kapasiteyle çalışan makinaların maliyeti gibi birçok sorun getirebilmektedir. Bu yüzden üretim sistemlerini iyi anlamalı ve buna göre karar vermeliyiz.

Üretim sistemi aşağıdaki özelliklere sahiptir:

1. Üretim organize bir faaliyettir, bu nedenle her üretim sisteminin bir hedefi vardır.

2.Sistem çeşitli girişleri yararlı çıkışlara dönüştürür.

3.Diğer organizasyon sisteminden ayrı olarak çalışmaz.

4.Sistem performansını kontrol etmek ve iyileştirmek için gerekli olan faaliyetler hakkında bir geri bildirim vardır.[1]

Üretim sistemleri geleneksel ve modern olmak üzere 2 ana başlığa ayrılır. Geleneksel üretim sistemleri de kendi içinde 4 alt başlığa ayrılır.

Stok politikasına göre üretim için müşterinin istediği ürün üzerinde kişiselleştirme ve ürünün teslim zamanı belirleyici özelliklerdir. Elbette değişkenlere bağlı bir fonksiyon olduğu için bazen üretim sistemi herhangi bir gruba girmeyebilir ya da iki grubun içinde de yer alabilir. Bu da üretim sistemlerinin sınıflandırılmasında kesikliğin olmadığının bir işaretidir. Bir ürünün üretim sürecinin toplam uzunluğu siparişin geldiği andan itibaren hesaplanır. Toplam süre, ön imalat süresi ve montaj süresinin toplamıyla hesaplanır. Stok için üretimde kişiselleştirmeden söz edilemez. Müşteri eğer ürünün üretim süresini bekleyemeyecek durumdaysa stok için üretimden bahsedilebilir. Bu tür üretimde müşterinin isteğinden önce ürün üretilmiş ve stokta hazır bulunmalıdır. Sipariş geldiğinde stoktan gönderim yapılır. Ancak bu üretim çeşidinde bazı riskler vardır. Firmanın zarar etmemesi ve stokta gereğinden fazla ya da az ürün olmaması için talebin sürekli ve tahmin edilebilir olması gerekir. Sipariş için üretimde müşteri isteği ön

[1] (http://www.academia.edu, tarih yok)

plandadır. Hammadde stokları hazır olarak bekletilir ve müşterinin isteğine göre ürün şekillendirilir. Müşteri ürün için üretim süresini beklemek zorundadır. Stok için üretim ve sipariş için üretim sistemlerinin birleştiği bir sistem vardır ve bu sistemde hammadde ve ana parçalar hazır olarak üretilir. Müşterinin isteğine göre opsiyonel parçalar eklenir ve ürün müşterinin isteği doğrultusunda üretilmiş olur. Ayrıca müşteri tüm üretim süresini değil sadece opsiyonel parçaların montaj süresinin beklemiş olur.

Üretim çeşidi ve üretim miktarına göre üretim çeşitleri proses, kitle, parti ve proje üretimi olarak 4 alt başlığa ayrılır. Proses tipi üretimde talep düzgün ve ürün çeşidi azdır. Bu yüzden üretim planlama bölümü gerekli değildir. Üretim hacmi yüksektir ve üretim stok için yapılır, sipariş geldiğinde stoktan karşılanır. Üretimin hızlı olması için yüksek teknolojili makinalar kullanılır. Kitle üretim, üretim sistemleri tarihçesinin önemli bir noktasıdır. Bu üretim tipinde tek tip ürün kitleler halinde üretilir. Üretimin amacı hızlı ve çok sayıda üretmektir. Üretim planlama, bu üretim tipi için oldukça önemlidir. Ürünler akış hatlarında ilerler ve her istasyonda üretim diğerinden bağımsızdır ancak aynı çevrim süresinde tamamlanır. Bu ürünler için talep miktarı tahmin edilebilir ve süreklidir. Ancak talep tahmini ve üretim planlama oldukça önemlidir çünkü üretim maliyeti diğer üretim tiplerine göre daha yüksektir. Üretimin hızlı ve devamlı olmasından dolayı üretim hatlarının esnekliği daha düşüktür. Kitle üretimiyle ilgili bazı önemli sorunları vardır. Bunlar;

Üretim hattı dengesinin iyi sağlanmasındaki zorluk

Tezgâhların güvenilirliği ve bakımı

Hammaddenin zamanında teslimi

Ara stokların üretime uygun olarak belirlenmesi. (Tanyaş & Baskak, 2017)

Parti üretiminde ürün çok çeşitli ve üretim miktarları düşüktür. Üretim planlama bu üretim tipi için oldukça önemlidir. Ürün çeşitliliği arttığında ve üretilecek miktar azaltıldığında üretim partiler halinde yapılır. Üretilecek miktar bir üretim hattı kurulmasını gerektirecek kadar fazla olmaz. Her parti ürünün üretim süresi farklı olacağından öncelik sırasının belirlenmesi önemlidir. Partiler arası ara ürün taşıması fazladır buna bağlı olarak ara stok fazladır. Bu sebeple stok için ayrılan alan oldukça büyüktür. Esneklik yüksek, verimlilik düşüktür. Proje tipi üretimde üretim süreci ürünün etrafında döner ürün yer değiştirmez. Proje tipi üretimde üretilen

her ürün hemen hemen eşsizdir sadece bir veya birkaç kere üretilir. Proje tipi üretimde talep kesin olarak bilinmektedir.

Tablo 2.2: Üretim sistemlerinin üretim miktarına göre karşılaştırılması (Tanyaş & Baskak, 2017)

Proses Tipi	Kitle Tipi	Parti Tipi	Proje Tipi
Yüksek	← Üretim Miktarı →		Düşük
Az	← Ürün çeşidi →		Fazla
Düşük	← Birim Maliyeti →		Yüksek
Kısa	← Üretim Süresi →		Uzun
Az	← Esneklik →		Fazla
Az	← İmalat Hazırlık Süresi →		Fazla
Ürüne Göre	← Donanım Yerleşimi →		İşleve Göre
Dengeli	← İşçi, Makine Yükleri →		Dengesiz
Özel Amaçlı ve Otomatik	← Makinalar →		Genel Amaçlı
Düşük	← İşgücü Kalitesi →		Yüksek
Az	← Hammadde ve Yarı Ürün Hacmi →		Fazla
Fazla	← Malzeme Nakil Hızı →		Az
Fazla	← Bakımın Önemi →		Az
Kolay	← Üretim Planlama ve Kontrol →		Zor
Stoğa	← Üretim →		Siparişe

Seri üretimin kesikli seri ve proses tipi üretim olmak üzere 2 ana başlığı vardır. Yüksek miktarda üretilen, düşük çeşitlilikteki ürünler için kullanılır. Ürün akışı vardır, tesis ürüne göre tasarlanır. Aralıklı üretim, belirli bir siparişi karşılamak için aynı cins ürünlerin parti üretimidir. Bir parti ürünün üretimi bitmeden diğer partiye geçilmez. Talep süreklidir. Sipariş tipi üretim, ürün çeşitliliğinin çok olduğu ancak ürünlerin küçük miktarda üretildiği üretim şeklidir. Çok işlevli tezgahlar kullanılır.

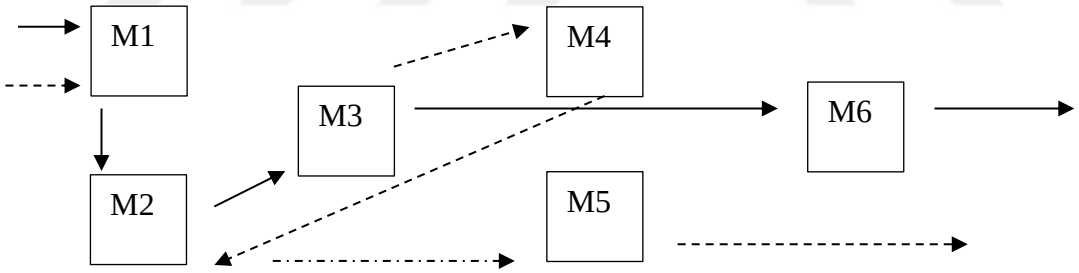
Ürün çeşitliliği azaldıkça

Üretim miktarı arttıkça

İşlem yinelenmesi arttıkça

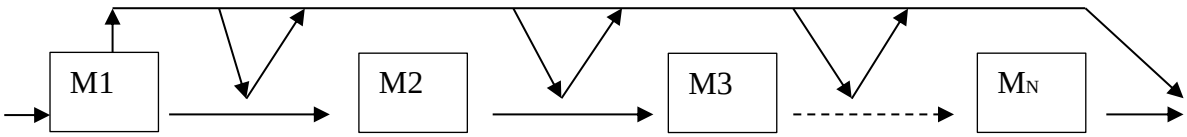
Kesikli üretimden seri üretime geçildikçe, üretim yönetimi çalışmaları kolaylaşır.

Üretim sürecine göre üretim sipariş tipi, akış tipi ve sabit konumlu atölye olarak 3'e ayrılır. Sipariş tipi atölye üretiminde takım tezgâhları kullanılır. Makinalar için yüksek verime ulaşılır. Karmaşık bir iş akışı vardır.



Şekil 2.2: Sipariş tipi atölye sistemi

Akış tipi atölye sisteminde, her birim ardışık olarak üretilir. Her tezgâhın üretim için belirli bir süresi vardır. Üretim hattı dengelemesi önemlidir.



Şekil 2.3: Akış tipi atölye

Sabit konumlu atölye sisteminde ürün hareketsizdir ve ürünün etrafında üretim gerçekleşir.

Üretim tiplerinin birbirinden kesin olarak ayrılması zordur çünkü bir işletme birden fazla üretim tipini bir arada görmek mümkündür. Üretim planlama için üretim tipinin belirlenmesi oldukça önemlidir.

Günümüzde teknolojinin yaygınlaşmasıyla birlikte günlük hayattaki hız artmıştır. Elbette ki bu hız üretimi de doğrudan etkilemiştir. Bu hız üretime bilgisayarların üretimdeki etkinliğinin artması olarak geri dönmüştür. Bilgisayar kullanımı matematiksek modellerin üretimdeki önemini işletme sahiplerinin görmesini sağlamış ve bu değişim üretim sistemlerinde yeni bir modelin doğmasını sağlamıştır (Gökşen, 2003). Bu değişim çağdaş üretim sistemleri altında 5 başlığa ayrılır.

Çağdaş üretim sistemlerinden ilki hücresel üretim sistemidir. Hücresel üretim sistemi, atölye ve akış tipi üretim sistemlerinin çeşitli özelliklerinin alınıp sentezlenmesiyle oluşmuş bir üretim sistemidir. Hücresel imalat sistemi; üretim süreci, hammadde, müşteri talepleri gibi üretim unsurları inceleyen, bu unsurlar arasındaki benzeşimleri bulan ve bu benzeşimlere göre parçaları parça familyalarına dönüştüren ve aynı zamanda bu benzeşimlerden üretimin etkinliğini arttırmak için yol bulmaya çalışan bir yaklaşımdır. (Vural & Çoruh, 2008). Geleneksel atölye tipi üretimle hücresel üretim arasında tezgâh, işgücü, hazırlık süresi gibi farklar bulunur. (Tanyaş & Baskak, 2017). Hücresel üretimin bazı avantajları vardır. Bunlar;

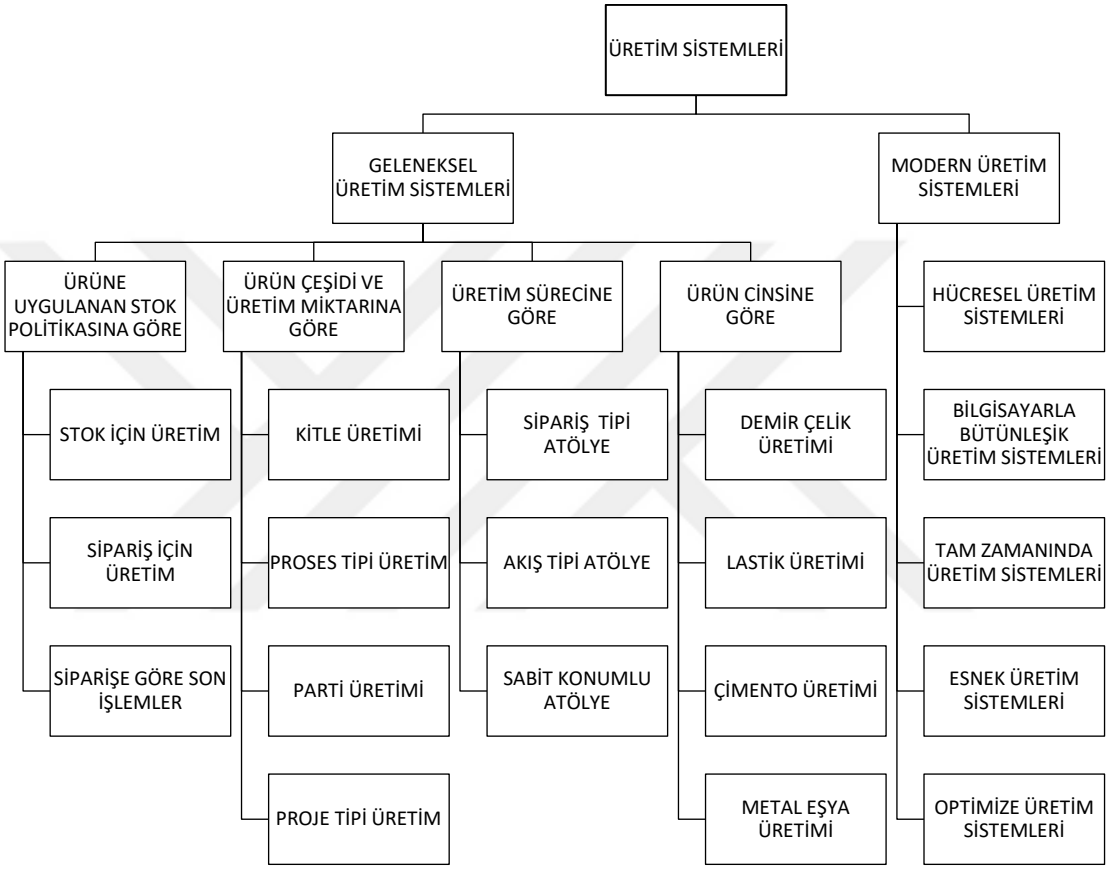
Benzer işlevli tazgahlar bir arada olacağından hazırlık süreleri hemen hemen aynı olmaktadır böylece hazırlık süresi azalır.

Malzeme taşınmasına harcanan para ve zaman azalır.

İşçiler nitelikli olmak zorunda değildir (Tanyaş & Baskak, 2017).

Tam zamanında üretim (JIT: Just-in-Time Production) çağdaş üretim sistemlerinden bir diğeridir. TOYOTA adındaki Japon firmasının geliştirdiği bir yaklaşım olan tam zamanında üretim, amacı gerektiği zaman gerektiği kadar üretmek olan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımda en önemli nokta stokların azaltılmasıdır. Stoklar firma için sorunları gizleyen bir örtü gibidir. Eğer stok azaltılırsa firmanın sorunları gün yüzüne çıkar. Bu sistem çekme sistemiyle çalışır. Sondan başlayıp başa doğru giden bir bilgi akışı ve baştan başlayıp sona doğru giden bir malzeme akışı mevcuttur. Kanban adı verilen kartlarla bilgi akışı gerçekleşir. Esnek üretim sistemlerinin en önemli özelliği hazırlık süresinin en aza indirilmesidir. Esnek üretim sistemlerinin 2 temek

amacı vardır. Birincisi, kısıtlı zaman içinde istenilen şekilde sorunsuz üretim yapmak. İkincisi ise tezgahlarda boşa geçen bekleme süresini minimize edip elde edilecek yararı maksimum düzeye çıkarmak. Bilgisayarla bütünleşik üretim sistemlerinde imalat işlevleri bilgisayar aracılığı ile bütünleştirilir. Bu üretim sisteminin en önemli kavramı veri tabanıdır. Teknolojik gelişmeler üretim sistemini etkileyen ana etmenlerdir.



Şekil 2.4: Üretim sistemlerinin sınıflandırılması

2.1.5. Üretim Yönetimi Kavramı

Üretim yönetimi en basit tanımla, işletmenin sahip olduğu kaynaklarla, kalite ve zaman bakımından istenilen düzeyde ve maliyeti en düşük olacak şekilde üretimi tamamlamak. Üretim yönetiminin en önemli noktaları planlama, uygulama ve kontrol etmedir. Üretim yönetiminde sorun yaratabilecek nokta geri beslemedir. Geri beslemenin aksaması, üretim yönetiminde veri akışının aksaması anlamına gelir ki bu da ciddi sorunlar doğurabilir.

Üretim yönetimi sadece imalat için geçerli bir kavram değildir. Hizmet üretimi için de üretim yönetimi önemli bir kavramdır. Üretim sisteminin 2 alt sistemi vardır.

Bunlardan biri sistem tasarımına ilişkin alt sistemler diğeri ise sistemin yürütülmesine ilişkin alt sistemler. Sistem tasarımı kendi içinde 5 alt sisteme ayrılır.

Ürün tasarımı

Üretim mühendisliği

İş tasarımı

Tesis planlama

Üretim planlama

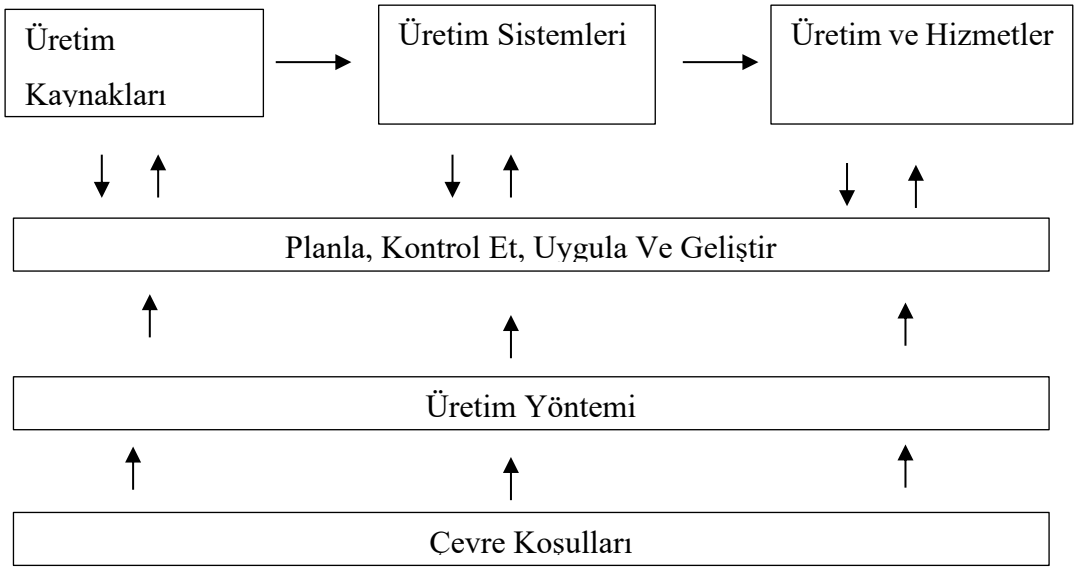
Sistemin yürütülmesi ve kontrolüne ilişkin alt sistemler kendi içinde 4'e ayrılır.

Üretim ve stokların kontrolü

Kalite kontrol

Maliyetlerin kontrolü ve geliştirilmesi

Bakım onarım



Şekil 2.5: Üretim Yönetimi

2.1.6. Üretim Planlama ve Kontrol

Üretim, planlama ve kontrol olmak üzere iki ana faaliyetten oluşur. Planlama, üretilecek olan ürünü belirlemek, ürünün üretileceği hammadde ve donanımı belirlemek, ürünü istenilen zaman içinde istenilen kalite ve miktarda üretilmesinin sağlayan çalışmalar bütünü olarak adlandırılabilir. Üretim kontrol is üretim faaliyetlerinin istenilen düzeyde olup olmadığını kontrol eden ve olursa eğer üretimde çıkacak sorunları tespit edip düzeltmesini yapan faaliyetlerdir. Klasik üretim planlama modelleri, uygun kapasitede belirli taleple minimum maliyet veya maksimum kar mantığıyla üretim planını yapar (Aouam, Geryl, Kumar , & Brahimi, 2017). Üretimin başlangıç noktası sipariş kabulüdür. Üretilecek ürünün özellikleri belirlenir. İşgücü, makine, malzeme ve maliye planlaması yapılır. Bu planlar toplanarak üretim planı oluşturulur. Günümüzde işletmeler zorlu bir rekabetin içindedirler. Bu rekabet işletmelerin maliyetleri düşürmek ve kaliteyi yükseltmek için üretim planlama faaliyetlerine önem vermelerine sebep olmuştur. Bu yüzden üretim planlama ve kontrol son zamanlarda oldukça öne kazanmıştır. Üretim planlama ve kontrolün çeşitli öğeleri vardır. Ön planlama ve planlama. Ön planlamanın 4 başlığı vardır. Tüketici araştırması, ürünün tasarımı, tesise yatırım ve fabrika düzeni. Planlama ise kaynak ve üretim planlama olarak 2 başlığa ayrılır. Kaynaklara yönelik planlamanın öğeleri aşağıda açıklanmıştır.

Malzeme Etüdü: Hammadde, yarı mamul gibi üretim girdilerinin zamanında ve yeterli miktarda üretime girmesi için gerekli çalışmaların yapılmasıdır.

Metot Etüdü: Alternatif üretim planlarının değerlendirilmesi ve üretilecek ürüne en uygun üretim planının belirlenmesi bu öğenin işlevidir.

Makine ve İşgücü Etüdü: Üretim için gerekli donanımın sağlanması için gerekli çalışmalardır.

Otomasyon ve Yüksek Teknoloji Etüdü: Üretimin hangi sürecinde otomasyonun gerekli olduğunu ve maliyetinin saptanması ile ilgili bir öğedir.

Depolama ve Dağıtım Faaliyetleri Etüdü: Hangi ürünlerin nerede üretileceğinin, depolama çalışmasını ve nasıl dağıtım yapılacağının belirlenmesi için gerekli çalışmalardır.

Finansman Etüdü: Üretim planına göre gelir ve gider hesaplanması ve şirket nakit akışının belirlenmesidir.

Üretime yönelik planlama 6 gruba ayrılır.

Rotalama: Tesis içindeki iş akışının belirlenmesidir. Bu çalışmada tezgahlara işler dağıtılır ve iş pusulaları hazırlanır.

Zaman Etüdü: Zaman etüdü üretim planının önemli bir parçasıdır. Yapılacak işlerin sürelerinin belirlenmesi çalışmalarıdır.

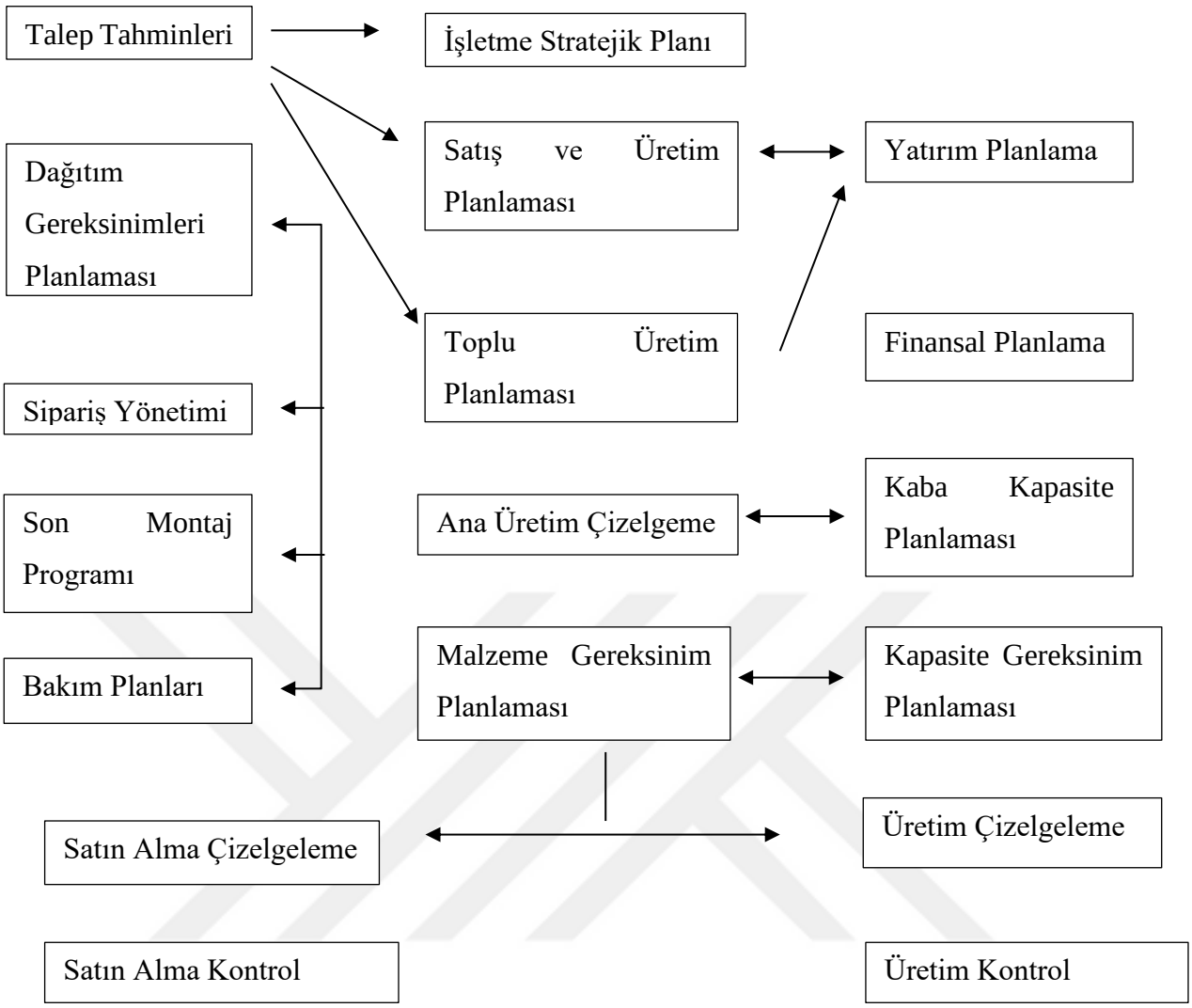
Operasyon Çizelgeleme: Çizelgeleme çalışmaları yükleme sıralama ve bunların zaman ekseni üzerinde gösterilmesinden oluşur.

Üretim Kontrolü: Üretim kontrolü, üretim programında oluşabilecek sapmaların zamanında belirlenebilmesi ve gerekli önlemlerin alınabilmesi için gereken önlemlerdir

İş dağıtımı ve İşi Başlatma: Üretim planı içinde belirtilen işlerin, uygun tezgahlara dağılımı, gerekli malzemelerin zamanında, istenen miktarda tezgahlara ulaştırılmasını sağlayan öğedir.

Kalite Güvence ve Kontrol: Üretilen malzemelerin istenilen kalitede üretilip üretilmediğini kontrol eden faaliyet bütünüdür.

Üretim planlama faaliyetleri, planlamanın zaman aralığına göre kısa, orta ve uzun dönemli olarak ayrılır. Kısa dönemli planlamalar günlük, haftalık veya vardiyalı olarak yapılır. Bu planlamaya üretim çizelgeleme ya da üretim kontrolü de denir. Ani talep değişiklikleri, beklenmedik durumlarda oluşabilecek vardiya değişiklikleri makine arızaları fazla mesai iş değişiklikleri gibi durumlar bu planlamanın içinde yer alır. Orta dönemli planlama toplu üretim planında yer alan bilgileri kullanarak, üretim miktarını değiştirme, hedef stokları belirleme, işgücü seviyesini değiştirme gibi kararlardan oluşur. Üç ay ile bir yıllık bir planlama dönemi söz konusudur. Uzun dönemli planlamalar genellikle 5-10 yıllık bir dönemi kapsar. Firmanın geleceğiyle ilgili stratejik kararlar bu planlamanın içinde yer alır.



Şekil 2.6: Üretim planlama ve kontrol faaliyetleri

2.2. TALEP TAHMİNİNİN ÜRETİM PLANLAMADAKİ YERİ VE ÖNEMİ

Tahmin, geçmişe dayalı veriler kullanılarak geleceğe ait bilgilerin öngörülebilmesi olayıdır. Geleceğin tahmini sadece iş dünyası için değil aslında dünya üzerindeki herkes için önemlidir. Gelecekten haberdar olmak için kahve falları, tarot falları vs. gibi yollara başvurulur. Ancak kimse geleceği göremez. Tahmin yöntemleri için söylenen en önemli nokta %100 doğruluğu olmadığıdır. Sıradan insanlar için bile geleceği bilmek bu kadar önemliyken üretim yapan bir firma için önemi anlatılamaz. Bu sebeple talep tahmini firma için hayati derecede önemlidir. Talep tahmini üretim planlamanın başlangıcını oluşturur. Eğer firma gereğinden çok üretim yaparsa hem üretim maliyeti hem de üretilen fazla mallar için stok maliyeti ortaya çıkar. Eğer gereğinden az üretim yaparsa bu sefer müşterinin istediği sayıda üretemeyebilir ve bu durumda müşteri için zaman kaybı firma içinse müşteri ve itibar kaybı anlamına gelebilir.

Talebi tahmin etmek için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde bile yanılma, hata payı vardır. Talebin belirsiz olması ise üretim planlamayı zora sokan problemlerden biridir. Aquam ve diğ. (2017) belirsiz talebin, üreticiler için planlamada kritik bir faktör olduğundan bahsetmiştir. Üretim planlamada belirsizlikten birçok çalışmada bahsedilmiştir. Mula ve diğ. (2006) üretim planlamadaki belirsizliklerle ilgili yapılan çalışmalardan bahsetmişlerdir. Çalışmalarında belirsizliği çevresel belirsizlik ve sistem belirsizliği olarak iki gruba ayırmış ve talep belirsizliği çevresel belirsizlik içinde yer almıştır.

Yine bu çalışmada üretim sistemlerinde belirsizlik modelleri (kavramsal, analitik, yapay zekâ, simülasyon) ve belirsizlik altında üretim planlama modellerinden bahsetmişlerdir. Aquam ve Brahimi (2013) belirsizlik altında bütünleşik üretim planlama ve sipariş kabul kararları için robust optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Yine aynı çalışmacı tarafından talep belirsizliği için başka bir çalışmada stokastik programlama ve robust optimizasyon modelleri tanıtılmış ve robust optimizasyon modeliyle bir model kurulmuştur.

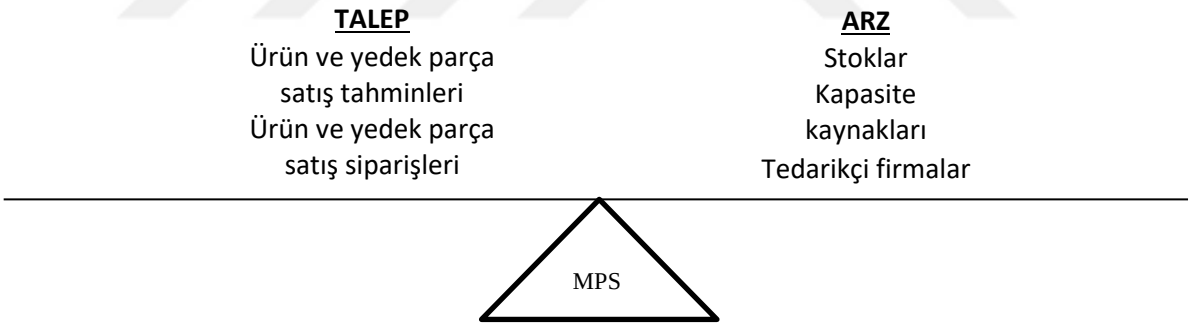
2.3. TOPLU ÜRETİM PLANI

Toplu üretim planı, üretim, talep ve stok miktarlarını toplu değerler halinde gösteren plandır. Genellikle yıllık olarak yapılır. Toplu üretim planına dayalı olarak Ana Üretim Çizelgeleme hazırlanır.

Üretim planı hazırlama çevresel etmenler ve işletme içi etmenlerden etkilenir. Üretim planından beklenilen ise, her dönemde her üründen üretilecek miktar, üretim süreçleri, hangi tezgâhta hangi ürünün üretileceği, stok düzeyleri, sipariş miktarları, fazla mesai, ek vardiya gibi üretim sürecinin olmazsa olmaz tüm elementlerini en doğru şekilde göstermesidir. Üretim planlarında temel ve en önemli bilgi taleptir. Üretim planının asıl amacı istenilen ürünü istenilen miktarda ve istenilen zamanda müşteriye ulaştırmaktır.

2.4. ANA ÜRETİM ÇİZELGELEME

Ana üretim çizelgelemenin özü MRP (Material Requirement Planning) yani Malzeme İhtiyaç Planlaması kavramından gelmektedir. MRP'nin bulunmasıyla birlikte şirketler talep tahminleri ya da müşteri siparişlerine göre üretime başlamışlardır. Bir ürünün yeterli miktarda üretiminin sağlanması için gerekli kaynakların her zaman var olacağı düşünülmüş ancak bu her zaman gerçekleşmemiştir. Zamanla talep miktarları değişince sistem bu değişiklikleri kaldıramamış ve sistem içinde bir karmaşaya sebep olmuştur. Bu karmaşa üretim hattına yansıyınca etkin kullanılamayan kaynaklar ya da yüklü bir üretim çizelgesi sorunuyla karşılaşılmıştır. Daha sonrasında bilgisayara çok yük verildiği düşünülmüş, arz ve talep arasındaki dengeyi sağlayacak insan gücü eksikliğinin farkına varılmıştır. Bunun sonucunda Ana Üretim Çizelgeleme ortaya çıkmıştır. Ana üretim çizelgeleme üretimin oldukça önemli bir noktasıdır. Ana üretim çizelgeleme şu şekilde tanımlanmıştır. "Şirketin üreteceği ürünü hangi miktarda hangi zamana kadar hangi koşullarda üreteceğini çeşitli ölçütlere (satış ve üretim tahmini, malzeme ve kapasite) bağlı kalarak belirlediği üretim çizelgesidir. " (Tanyaş & Baskak, 2017). Bu çizelgenin asıl amacı arz ve talebi dengede tutmaktır.



Şekil 2.7: Arz ve talebin dengelenmesi

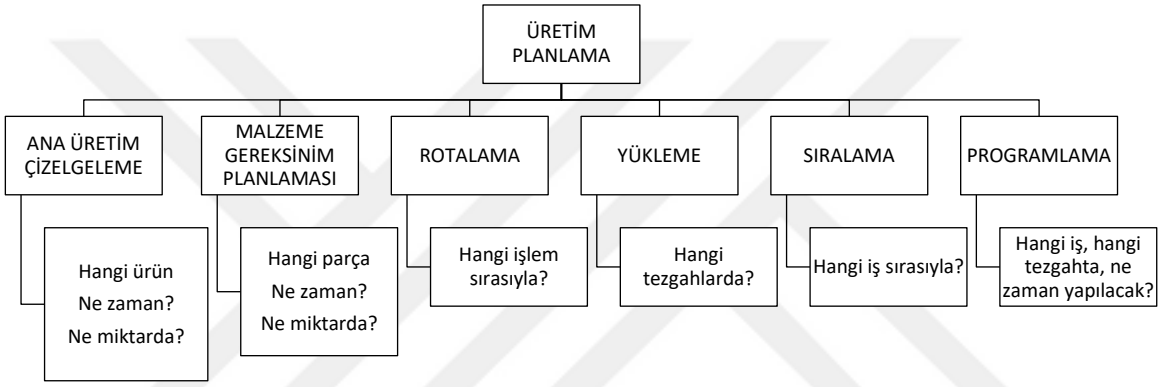
2.4.1. Ana Üretim Çizelgeleme Süreci

Şekilde görüldüğü gibi ana üretim çizelgeleme yıllık üretim planıyla başlar malzeme ihtiyaç planlamasıyla biter. Ana üretim çizelgesinin geliştirilmesi süreci elde olması planlanan stok miktarının hesaplanması, MPS miktarlarının zamanlama ve büyüklüğünün belirlenmesi, satılabilir stok miktarının hesaplanmasını kapsayan üretim planı aşamalarını içerir.

2.5.ÜRETİM ÇİZELGELEME

2.5.1. Üretim Çizelgesi

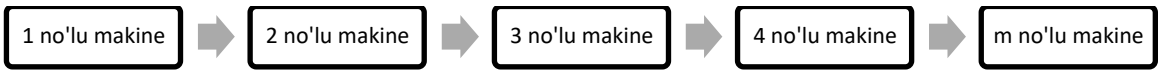
Üretim sürecinde en önemli nokta çizelgelemedir. Çizelgeleme işlerin hangi makinede hangi sırayla işlem göreceğinin planlanması sürecidir. Süreç sona erdiğinde hangi işin hangi makinede ve hangi sırayla işlem göreceği ayrıntılı olarak belirlenmiş olur. Çizelgelemede en önemli nokta işlerin öncelik sıralamasıdır ki bu da üretim çizelgelemenin ana amacıdır.



Şekil 2.8: Üretim planlamasının ana görevleri (Tanyaş & Baskak, 2017).

Oluşturulan toplu üretim planına göre ana üretim çizelgesi oluşturulur ve eldeki kaynakların en uygun kullanımını sağlayacak üretim politikaları geliştirilir. Bu planlamalar orta dönemlidir. Üretim çizelgesi ise belirlenen politikalara göre yapılacak işlerin sırasını ve kullanılacak kaynakları belirler. Üretim çizelgesi kısa dönemlidir. Ana üretim çizelgesi ve üretim çizelgeleme birbiriyle bağlantılıdır ve birlikte değerlendirilmelidir. Eğer ana üretim çizelgelemede herhangi bir yanlışlık yapılırsa bu direk olarak üretim çizelgeleme yansır ve bu da üretimi doğrudan kötü olarak etkiler. Üretim çizelgelemeyi irdelemeden önce akış tipi ve atölye tipi üretim sistemlerini incelemek daha yararlı olacaktır.

Akış tipi (Flow shop) üretim modelinde iş operasyonlar adı verilen görevlere bölünür ve her operasyon farklı makinede işlem görür. Operasyon sayısı kadar makine vardır ve iş akışı düzenlidir.



Şekil 2.9: En basit haliyle akış tipi üretim

Şekilde gösterilen akış tipinin en saf halidir ancak her zaman bu şekilde olmaz. Bazı durumlarda bazı operasyonlar için birden fazla işlem gerekebilir ve her zaman iş 1.makinede başlayıp m. makinede bitmeyebilir. Akış tipi üretimin karakteristiği tek makine modeliyle benzerdir.

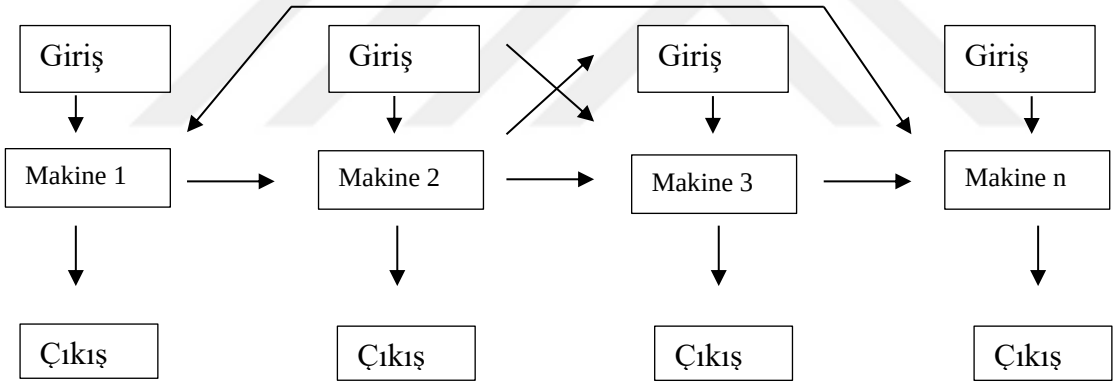
Her iş belirli sayıda operasyon içerir ve her operasyon farklı makineye gider.

Her operasyon için hazırlık süreleri bağımsızdır ve o işe ait olan işlem süresine dahildir.

Bütün makineler her zaman müsaittir.

Eğer operasyon başlarsa bölünme olmadan devam eder.

Aşağıdaki şekilde genel akış tipi üretimi görebilirsiniz.



Şekil 2.10: Genel akış tipi üretim

Akış tipi üretim sistemlerinde üretim içi stok ihtiyacı azdır bu sebeple üretim çizelgeleme büyük ölçüde kolaylaşır.

Atölye tipi üretim sistemlerinde akış tipi üretim sistemlerinden farklı olarak işi akışı tek yönlü değildir. Atölye tipi üretim sistemlerinde birden fazla iş vardır ve her iş farklı operasyonlardan oluşur. Her iş farklı sayıda akış tipine benzer yapıda operasyonlardan oluşur. Örneklemek gerekirse her işin m kadar operasyonu bulunur ve yine her operasyon için bir makine vardır. Bu sistemin zorluğu akışın karmaşıklığından kaynaklıdır. Akış tipinde olduğu gibi düzenli bir akış mevcut değildir. Bazı operasyonlar bazı makineleri pas geçebilir, bir makineye birden fazla kez gelebilir veya akış bazen geri dönebilir. Bu da anlaşılırlığı güçleştirmektedir.

Genellikle üretim yapan firmalarda sadece tek tip üretim şekli yoktur. İki tipin karışımı üretim yapısı görülür.

2.5.2. İş Sıralama

Sıralama günlük hayatımızın her alanında karşılaştığımız sorunlardan biridir. En basit örnekle günlük yapmamız gereken işleri bile sıraya koyarız. Hastanelerde bunun örneği çok fazladır. Hastaların muayene veya laboratuvar sırasına alınması gibi basit sıralamalarla çok sık karşılarız. Genellikle hastanelerde ilk gelen ilk çıkar kuralı görülür. Ancak iş sıralamalarında bu kural her zaman en iyisi olmayabilir. Üretim yapan fabrikalarda makineye hangi işin önce gireceğine karar verilmesi olayına iş sıralaması adı verilir. Günlük hayattaki sıralamalardan daha karmaşık bir yapısı vardır. İş sıralamasında önceliklerin belirlenmesi için bazı kurallar vardır. Bunlar;

İlk gelen önce yapılır: Operasyonlar geliş sırasına göre işleme alınır.

En geç gelen önce yapılır: En geç gelen operasyon önce olarak içeriye girer.

İşlem süresi en kısa olan önce yapılır: Bekleyen operasyonlar arasında işlem süresi en kısa olan önce işleme alınır. Bunun amacı işletmedeki boş zamanları doldurmaktır.

İşlem süresi en uzun olan önce yapılır: Bekleyen işlemler arasında işlem süresi en uzun olan önce işleme alınır.

Teslim tarihi önce olan önce yapılır: Bekleyen işlemler arasında teslim tarihi erken olan önce işleme alınır.

Gevşek süresi en az olan önce yapılır: Bekleyen her işlem için planlanan teslim tarihinden işlem süresi çıkartılır. Farkı en az olan işlem daha önce yapılır.

Rastgele seçim: bekleyen işler arasından rastgele seçim yapılır.

Akış süresi en uzun olan önce yapılır: Akış süresi ürünün sistem içindeki işlem ve hazırlık sürelerinin toplanmasıyla bulunur. Akış süresi uzun olan önce işleme alınır.

Bekleme süresi en uzun olan önce yapılır: En fazla beklemeye neden olacak iş önce yapılır.

Kalan işlem süresi en uzun olan önce yapılır: Sonraki işlemlerinin süresi en uzun olan önce işleme alınır.

Kalan işlem sayısı en fazla olan önce yapılır: Sonra işlemlerinin sayısı fazla olan önce işleme alınır.

Maliyeti yüksek olan önce yapılır: İşlem maliyeti en fazla olan iş önce yapılır.

Sıralama probleminin çözümü için öncelikle bazı varsayımların bilinmesi gerekir. Bunlar;

Sıralanacak işler önceden bellidir.

İşlem süreleri belirlidir.

Bir işlem bitmeden o tezgâhta başka iş başlayamaz.

Bir tezgâhta başlatılan iş bitinceye dek sürdürülür.

Tezgâhta arıza meydana gelmesi söz konusu değildir.

Tezgahlar arası taşıma işlem sürelerine dahildir.

Her işin rotası bellidir.

İşlerin bitmesi için belirlenen tarih değiştirilmez.

Her iş bir tezgâhta bir kez işlenir.

Sıralama problemlerinde problem 4 farklı etmene göre farklılaşır. Bunlar, işlerin geliş şekli, tezgâh sayısı, iş akışı tipi ve performans ölçütleri. İşlerin geliş şekli statik ve dinamik olmak üzere 2'ye ayrılır. Yukarıdaki tek ölçütlü kurallar statik niteliktedirler. Statik problemlerde belirli bir zaman için yapılacak işlerin listesi bilinir ve genel hedef işlerin tezgahlardaki öncelik sırasını bulmaktır. Dinamik olan problemlerde ise işlerin geliş zamanları belirsizdir, iş listesi sürekli değişir ve sıralama da buna bağlı olarak sürekli değişir. İşlerin görüleceği tezgâh bir veya birden fazla tezgâh olabilir. İş akışı akış tipi veya atölye tipi olabilir. Son olarak problemler performans ölçütleri adı verilen bazı eniyileme ölçütlerine göre çözülür.

Bir iş için tamamlanma süresinin en aza indirilmesi

Ortalama tamamlanma süresinin en aza indirilmesi

Ortalama ağırlıklı süresinin en aza indirilmesi

Ortalama bekleme süresinin en aza indirilmesi

Ortalama gecikme süresinin en aza indirilmesi

En büyük gecikme süresinin en aza indirilmesi

Üretim içi stok düzeyinin en aza indirilmesi

Zamanında yetişmeyen iş sayısının en aza indirilmesi

Tezgâh ve iş gücü kullanma oranlarının en verimli hale getirilmesi.

İşlerin tek tezgâhta yapıldığını düşünerek yukarıdaki ölçütlerin matematiksel açıklaması aşağıda verilmiştir.

n: İş sayısı

M: Yayılma süresi (Makespan)

S_i: i işinin hazırlık süresi

Pi: i işinin işlem süresi

Fi: i işinin akış süresi

Wi: i işi başlayana kadar geçen bekleme süresi

Ci: i işinin tamamlanma zamanı

$C*$: Ortalama tamamlanma zamanı

wi: i işinin önem derecesi veya ağırlığı

C_w^*: Ağırlıklı ortalama tamamlanma zamanı

di: i işinin teslim edilme zamanı

Li: i işinin gecikme süresi

Ti: i işinin teslim gecikme süresi

T^* : Ortalama teslim gecikme süresi

T_w^*: Ağırlıklı ortalama teslim gecikme süresi

N_T: Geciken iş sayısı

N_{Tw}: Ağırlıklı geciken iş sayısı

STi: i işinin gevşek süresi

Yukarıdaki terimlerden aşağıdaki ifadeler yazılır.

$$F_i = \sum_{i=1}^{n} P_i + \sum_{i=1}^{n-1} P_i + \sum_{i=1}^{n-2} P_i + \cdots + \sum_{i=1}^{1} P_i \quad (2.1)$$

$$Ci = \sum_{i=1}^{n} P_i \quad (2.2)$$

$$C^* = C_i/n \quad (2.3)$$

$$C_w{}^* = [\sum_{i=1}^{n} wi * Ci]/[\sum_{i=1}^{n} Wi] \quad (2.4)$$

$$M = Enb\ \{ Ci| \ |i = 1,2 \dots n\} \quad (2.5)$$

$$L_i = Ci - d_i \quad (2.6)$$

$$Ti = Enb(0; Li) \quad (2.7)$$

$$T^* = \sum_{i=1}^{n} Ti \ / \ n \quad (2.8)$$

$$T_w{}^* = \frac{[\sum_{i=1}^{n}(Wi*Ti)]}{[\sum_{i=1}^{n} wi]}/n \quad (2.9)$$

$$N_T = \sum_{i=1}^{n} \delta_i \qquad [\delta i = 1\ (Ti > 0\ ise); \delta i = 0\ (Ti = 0\ ise) \quad (2.10)$$

$$N_{T_w} = [\sum_{i=1}^{n}(Wi * \delta i)]/[\sum_{i=1}^{n} Wi \quad (2.11)$$

$$STi = di - Fi \quad (2.12)$$

Formül 3.1 akış süresinin formülünü gösterir. Formül 3.2 işin tamamlanma zamanını bulmak için işlem sürelerinin toplanması gerektiğini gösterir. Formül 3.3'te işlerin toplam bitme süresini iş sayısına bölerek tüm işler için ortalama tamamlanma zamanını buluyoruz. Formül 3.4 ortalama tamamlanma zamanının işlerin önem dereceleri veya ağırlıklarıyla bulunmuş ortalamasını verir. Yayılma süresi işlerin tamamlanma zamanlarının en büyüğünü ifade eder ve formül 3.5 bunu gösterir. Formül 3.6 ve 3.7 birbirine bağlıdır. İlk formülde i işinin gecikme süresi, o işe ait tamamlanma süresinden teslim tarihinin çıkartılmasıyla bulunur. Eğer ($L_i < 0$) ise bu gecikme olmadığını ve planın yolunda gittiğini ifade eder. Eğer ($L_i > 0$) ise bu gecikme olduğunu ve planın yolunda gitmediğini gösterir. İkinci formülde ise teslim gecikme süresi bulunur ki bu süre eğer tamamlanma zamanı teslim zamanından küçükse 0, eğer tamamlanma zamanı teslim zamanından büyükse aradaki fark kadardır. Performans değerlendirmesi için gecikme süresi büyük önem taşır. Bir sonraki formülde ortalama gecikme zamanı, Formül 3.7' de bulunan sürenin toplam iş sayısına bölünmesiyle bulunur. Formül 3.9 ise ortalama gecikme süresinin önem derecelerine sahip işler için hesaplanmasını gösterir. Formül 3.10 geciken iş sayısının bulunması için gösterilen bir ifadedir. Eğer i işi için gecikme süresi 0 ise o iş için geciken iş sayısı da 0 olur. Eğer i işi için gecikme süresi 0'dan büyükse o zaman o iş için gecikme sayısı 1 olur. Sonuncu formül ise teslim süresinden akış süresi çıkartılarak bulunan gevşek sürenin gösterimidir. Yukarıdaki ifadeler tek tezgâh için geçerli ifadelerdir. 2 veya daha fazla tezgâh için terimler değişecektir. Örneğin P_{ij} , i işinin j tezgahındaki işlem süresini gösterir. Aynı şekilde C_{ij}, i işinin j tezgahındaki tamamlanma zamanını ifade eder.

Üretim çizelgesi, üretim planının ayrıntılı gösterim şeklidir. Eğer bir ya da birkaç ürün üretiliyorsa çizelgelemede sorun olmaz ancak ürün çeşidi arttıkça çizelgeleme zorlaşır. Bu zorluğun ortadan kalkması için çizelgelemeyi etkileyen tüm etmenlerin bilinmesi gerekir. Bir diğer ifadeyle belirsizliğin olmaması gerekir. Belirsizliğin olabileceğini düşünürsek çizelgelemeyi kolaylaştırmak için alınabilecek bazı önlemler vardır. Ürün çeşidini azaltmak, tezgâhları tek tipe çevirmek, ABC analiziyle az gelir getirecek ürünlerin elenmesi vb. ayrıca çizelgeleme için de çeşitli teknikler kullanılabilir. (GANTT diyagramı, PERT, CPM).

3. MALZEME VE YÖNTEM

Üretim yapan bir firmada olduğumuzu varsayalım. Fabrikada tek tezgâh ve 5 iş mevcut olsun.

Tablo 3.1: İşler ve işlem süreleri

	İşlem süreleri
A	14
B	22
C	31
D	16
E	9

Yukarıda tabloda gösterilen sürelerle tek tezgâh için sıralama yapılır. Sıralama yaparken kullanılan bazı öncelik kuralları vardır. Bu kurallardan bir önceki bölümde bahsedilmiştir. Bu işler için sıralama yaparken 'İlk Giren İlk Çıkar', 'Son Giren İlk Çıkar', 'İşlem Süresi En Kısa Olan Önce Girer', 'İşlem Süresi En Uzun Olan Önce Girer' ve 'Rastgele Seçim' kuralları kullanılmıştır. Her kural için toplam işlem süreleri ve tamamlanma zamanları bulunmuştur. Bu kurallar arasında 'İşlem Süresi En Kısa Olan Önce Girer' kuralı özellikle boş zamanı küçüklemek için kullanılır. Aşağıdaki tablolarda yukarıdaki kurallara göre sıralamalar yapılmış ve toplam işlem süreleri, tamamlanma süreleri bulunmuştur.

Tablo 3.2: Tek tezgâh için sıralama-1

	Pi (İşlem Süresi)	Wi (Bekleme Süresi)	Ci (Tamamlanma Süresi)
A	14	0	14
B	22	14	36
C	31	36	67
D	16	67	83
E	9	83	92
TOPLAM	92	198	289

Tablo 3.2 ‘İlk Giren İlk Çıkar’ kuralı kullanılarak yapılan sıralamayı göstermektedir.

Tablo 3.3: Tek tezgâh için sıralama-2

	Pi (İşlem Süresi)	Wi (Bekleme Süresi)	Ci (Tamamlanma Süresi)
E	9	0	9
D	16	9	25
C	31	25	56
B	22	56	78
A	14	78	92
TOPLAM	92	168	289

Tablo 3.3, ‘Son Giren İlk Çıkar’ kuralı kullanılarak yapılan sıralamayı ve hesaplamaları göstermektedir.

Tablo 3.4: Tek tezgâh için sıralama-3

	Pi (İşlem Süresi)	Wi (Bekleme Süresi)	Ci (Tamamlanma Süresi)
E	9	0	9
A	14	9	23
D	16	23	39
B	22	39	61
C	31	61	92
TOPLAM	92	132	224

Yukarıdaki tablo ‘İşlem Süresi En Kısa Olan İlk Girer’ kuralının gösterimidir.

Tablo 3.5: Tek tezgâh için sıralama-4

	Pi (İşlem Süresi)	Wi (Bekleme Süresi)	Ci (Tamamlanma Süresi)
C	31	0	31
B	22	31	53
D	16	53	69
A	14	69	83
E	9	83	92
TOPLAM	92	236	328

Bu tabloda üstteki tablonun tam tersi olarak ‘En Uzun İşlem Süresi İlk Girer’ kuralı uygulanarak işlem süreleri büyükten küçüğe sıralanarak hesaplama yapılmıştır.

Tablo 3.6: Tek tezgâh için sıralama-5

	Pi (İşlem Süresi)	Wi (Bekleme Süresi)	Ci (Tamamlanma Süresi)
B	22	0	22
D	16	22	38
A	14	38	52
E	9	52	61
C	31	61	92
TOPLAM	92	173	265

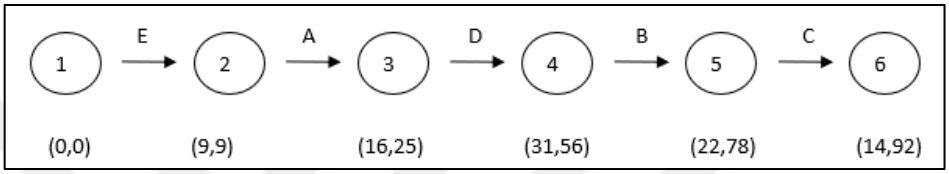
Son olarak ‘Rastgele Seçim’ kuralı uygulanmıştır. Yukarıdaki tablolar incelendiğinde tamamlanma zamanının minimize etmek için ‘İşlem Süresi En Kısa Olan İlk Girer’ kuralının uygulanması gerektiğini görebiliriz. Yukarıdaki hesaplamalar teslim tarihlerinin belli olmadığı durumlarda yapılan sıralamadır. Teslim tarihinin belli olduğu durumda yapılan sıralamalara örnek olarak aşağıda SPT kuralı ile yapılan sıralamaya bakılabilir.

Tablo 3.7: SPT kuralı ile iş sıralama

i	(Pi)İşlem Süresi	(w_i) Akış Süresi	(di)İş Teslim Zamanı	(L_i)İş Gecikme Süresi
E	9	9	11	0
A	14	23	20	3
D	16	39	19	20
B	22	61	30	31
C	31	92	38	54
Toplam	92	224		108

Teslim tarihlerinin belli olduğu durumda SPT kuralı ile yapılan sıralamada iş gecikme süresi hesabı da devreye girer. Her sıralama için teslim tarihlerini koyarak gecikme süreleri bulunabilir. Bu kuralın esas amacı bekleme sürelerini kısaltmaktır.

Yukarıdaki tablolarda karşılaştırma yapıldığında teslim tarihlerinin belli olmadığı durumlarda bile SPT kuralının tamamlanma zamanı ve bekleme sürelerinde diğer yöntemlere göre daha iyi olduğunu söyleyebiliriz. Aşağıda en iyi sıralamanın PERT şemasındaki halini görebiliriz.



Şekil 3.1: Tek tezgâh için PERT şeması

Yukarıda belirttiğimiz örneklerin hepsi tek tezgâh için geçerlidir. Bu örnekleri 2 tezgâh için yaptığımızda durum değişir. İki tezgâh için durum farklı bir hal alır.

İki tezgâh ve n işin mevcut olduğu bir akış tipi üretim sisteminde (n*2) yayılma süresini minimize etmek için Johnson yöntemi adı verilen bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde başlıca amaçlar;

Yayılma süresini minimize etmek

İşlerin ortalama bekleme süresini minimize etmek

Tezgahların boş kalma sürelerini minimize etmektir.

Bu yöntemde işler j harfiyle gösterilir ve p_{ij}işlerin makinelerdeki işlem süresini gösterir.p_{1j}, j işinin 1.tezgahtaki işlem süresini ve $p_{2j,}$ j işinin 1.tezgahtaki işlemi bittikten sonra 2.tezgahtaki işlem süresini ifade eder. Johnson yönteminin adımları aşağıda sıralanmıştır.

Adım 1: Tüm işler ve tezgahlara ait işle süreleri içinde en küçüğünü bulun.

Adım 2: Eğer bulduğunuz değer o işin 1. tezgahtaki işlem süresiyse, o işi ilk sıraya yazın. Adım 1'e geri dönün.

Adım 3: Eğer bulduğunuz en küçük değer o işin 2. Tezgahtaki işlem süresiyse o işi son sıraya yazın. Adım 1'e geri dönün.

Adım 4: Eğer aynı değerde işlem süreleri varsa herhangi biri öne yazılabilir.

Adım 5: Bu uygulama sıra dolana kadar tekrar edilir.

Tablo 3.8: İşler ve süreleri

İŞLER	1.TEZGAH (dk.)	2.TEZGAH (dk.)
A	5	4
B	2	6
C	3	8
D	11	12
E	7	9
F	13	10

Yukarıdaki örnekten yola çıkacak olursak tüm işlem süreleri 4,5,2,6,3,8,11,12,7,9,13 ve 10 dakikadır. Tüm süreler içinde en küçüğü bulunur. B işine ait olan 2 dakika en küçük süredir ve 1. Tezgâha aittir. Bu yüzden B işi ilk sıraya yazılır. Daha sonra en küçük değer 3 dakika C işinin 1.tezgahtaki süresidir. Bu sebeple C işi B işinin arkasında 2.sıraya yazılır. Daha sonraki küçük değer 4 dakika ve A işinin 2.tezgahtaki işidir. Bu yüzden A işi sırada sonuncu olarak yazılır. Bu yöntem kullanılarak sıra doldurulur. Aşağıda bu yöntemin tablo olarak gösterimi mevcuttur.

Tablo 3.9: Johnson yöntemi uygulama

Adımlar	Sıralanmamış İşler	Minimum değer	Yerleşim	Kısmi sıralama
1	A, B, C, D, E, F	B-1	[1] = B	Bxxxxx
2	A, C, D, E, F	C-1	[2] =C	BCxxxx
3	A, D, E, F	A-2	[6] =A	BCxxxA
4	D, E, F	E-1	[3] =E	BCExxA
5	D, F	F-2	[5] =F	BCExFA
6	D	D-1	[4] =D	BCDEFA

Tabloda B-1, A-2 gibi ifadeler minimum değerin hangi işe ve tezgâha ait olduğunu gösterir. Örneğin B-1 en küçük değerin B işinin 2.tezgahtaki değeri olduğunu gösterir. Johnson yöntemi bu çalışma içinde sıralama amacıyla da kullanılmıştır.

Bu çalışmadaki problem 5 işin 2 tezgâh arasında en optimum şekilde sıralanmasıdır. İşlerin tezgahlardaki süreleri iyimser, kötümser ve olası değer olmak üzere 3 kategoride verilmiştir. Bu değerler yardımıyla ortalama ve varyans hesaplanmış ve hesaplanan değerler PERT şemasında çizelgeleme için kullanılmıştır.

Tablo 3.10: İşler ve süreleri-2

	İyimser Süre	Kötümser süre	Sürenin en olası değeri	(a+4m+b)/6	(b-a)^2/36
i	**a**	**b**	**m**	**E=Tij**	**var=Tij**
A	8	20	14	14	4
B	16	30	21	22	5
C	25	38	30	31	5
D	10	26	15	16	7
E	4	19	7	9	6
				92	**28**

Tablo 3.10 (devam): İşler ve süreleri-2

	İyimser Süre	Kötümser süre	Sürenin en olası değeri	(a+4m+b)/6	(b-a)^2/36
i	**a**	**b**	**m**	**E=Tij**	**var=Tij**
A	15	25	18	19	3
B	11	19	14	15	2
C	18	30	23	24	4
D	14	26	19	20	4
E	3	9	4	5	1
				83	**14**

Yukarıdaki problemde 5 iş için (5! =120) toplamda 120 farklı sıralama şekli vardır. Her bir sıralama için bitiş süresi, akış süresi, makine bekleme süresi PERT şemasında hesaplanmış ve değerler tablo haline getirilmiştir. Varyansın da PERT şemasında hesaplanmasından sonra bulunan değerlerle birlikte risk hesaplanmıştır. 2 tezgahlı sistemde en iyi sıralamayı Johnson

yönteminin verdiği bilindiği için öncelikli olarak işler Johnson yöntemine göre sıralanmıştır. Daha önce gösterilen örnekle aynı tarzda aşağıda kendi örneğimize Johnson yöntemini uyguladık.

Tablo 3.11: 2 tezgâh için işler ve süreleri (ortalama süre)

İŞLER	1.TEZGAH	2.TEZGAH
A	14	19
B	22	15
C	31	24
D	16	20
E	9	5

Tablo 3.11'deki süreler bir önceki tabloda verilen iyimser, kötümser ve olası sürelerin ortalaması ile elde edilmiş değerlerdir.

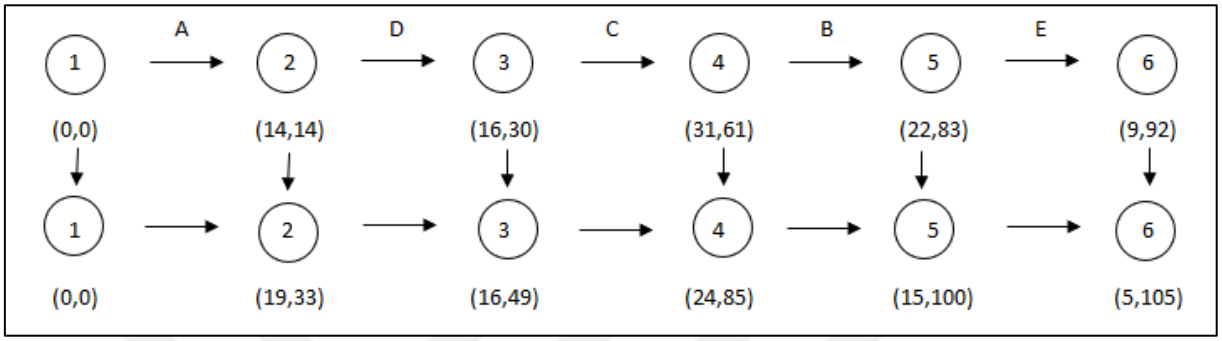
Tablo 3.12: Johnson yöntemi uygulaması-2

Adımlar	Sıralanmamış İşler	Minimum değer	Yerleşim	Kısmi sıralama
1	A, B, C, D, E	E-2	[6] = E	xxxxE
2	A, B, C, D	A-1	[1] =C	AxxxE
3	B, C, D	B-2	[5] =B	AxxBE
4	C, D	D-1	[2] =D	ADxBE
5	C	C-2	[3] =C	ADCBE

Tüm süreler arasından (14,19,22,15,31,24,16,20,9,5) en küçük değer bulunur. En küçük değer 5 dakika ve E işinin 2.tezgahtaki süresidir.

Bu süre 2. tezgâha ait olduğu için E işi sıranın en sonuna konuyor. E işinden sonraki en küçük süre 14 dakika ve A işinin 1.tezgahına ait bu sebeple A işi sıranın en başına yazılır. Geri kalan liste aynı yöntemle doldurulur ve sıralama A-D-C-B-E şeklinde oluşur.

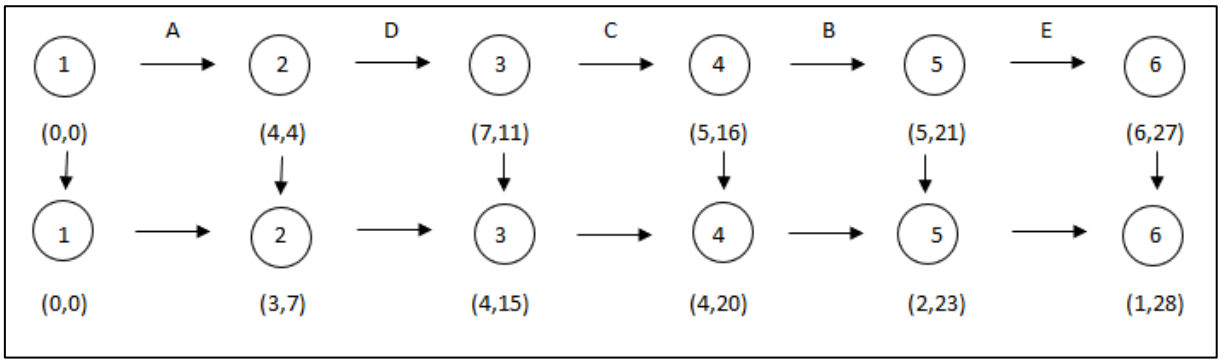
Oluşan sıralama kullanılarak PERT şeması çizilir.



Şekil 3.2: İki tezgâh için PERT şeması

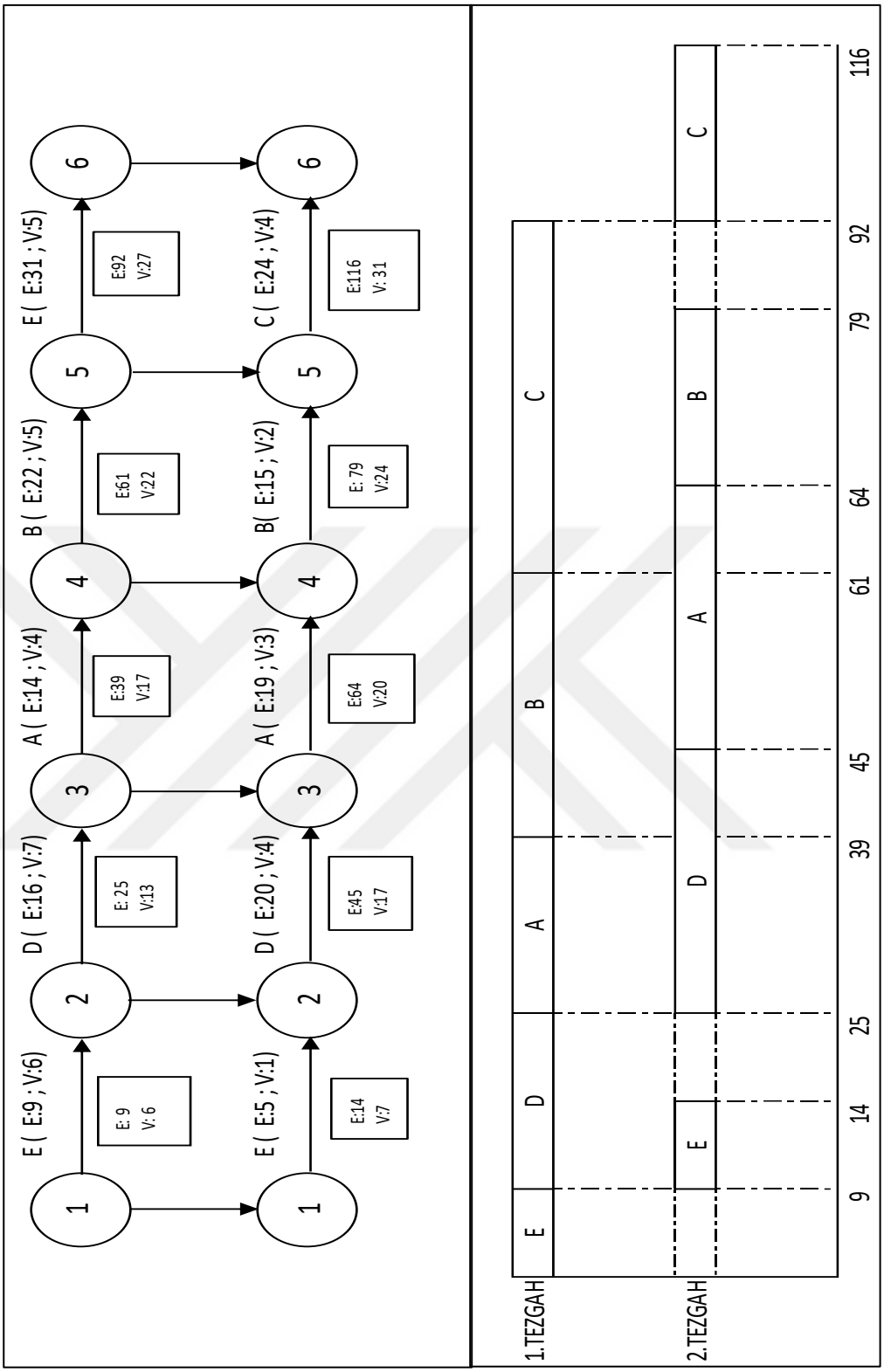
Oluşturulan PERT şeması bize bu sıralama ile işlerin bitiş süresi, toplam akış süresi, bekleme süresi gibi verileri verir.

Yukarıdaki PERT şemasına baktığımızda işlerin tamamlanma süresi 105 dk., akış süresi 652 dk. (105+100+85+49+33+14+30+61+83+92=652) ve işlerin bekleme süresi (14+(61-49) =26) 26 dakika olarak bulunur. Veriler bulunduktan sonra yine PERT şeması yardımıyla sistemin toplam varyansı bulunur.



Şekil 3.3: PERT şeması ile varyans değerlerini bulma

Varyans değeri bulunduktan sonra tek yapılması gereken bu işlerin zamanında bitme olasılığını bulmak. Riskin formülü $Z = \frac{X-\mu}{\sigma}$ olarak gösterilir. O halde bu sistemin riski yani 104 dakikada bitme olasılığı $Z = (104 - 105)/\sqrt{28}$, P(Z≤-0.188) =0.425 = %42,50 bulunur



Şekil 3.4: PERT şeması ve GANTT şeması ayrıntılı gösterimi

Şekil 3.4, PERT ve GANTT şemalarının nasıl çizildiğini gösterir. Sol taraftaki PERT şeması, işin tamamlanma süresini, toplam akış süresini, toplam varyansı, yayılma süresi gibi bilgileri bize verir. PERT şemasını sağ tarafta olduğu gibi GANTT şemasına aktarırsak makinelerin bekleme süresini daha net olarak görebiliriz. Herhangi bir iş 1.tezgâhta işlemi bitmeden 2.tezgâha geçemez. Bu sebeple 2. tezgâhta beklemeler yaşanacaktır. Yukarıdaki şekiller şemaların işleyişi ile ilgili örnek vermek amacı ile konulmuştur. Çalışmanın devamında bu şemalar tüm olası sıralamalar için tekrarlanmış ve şemalarda bulunan değerler tablo haline getirilerek yorumlanmıştır.

4. BULGULAR

Önceki bölümde PERT şeması ve GANTT şeması yardımı ile örnek sıralamada hesaplamaların nasıl yapıldığı gösterildi. 2 tezgâh için 5 işimizin olduğu ve bu işlerin tezgahlar arası geçişte ter değiştirmediği varsayılarak 5 iş için 5! =120 olası sıralama olduğu hesaplandı. Her bir sıralama için PERT şeması kullanılarak hesaplamalar yapıldı. Tüm hesaplamalar anlaşılma güçlüğünü ortadan kaldırmak için tablo haline getirildi. Tablo 4.1, genel tablonun örnek bir kısmını göstermektedir.

Tablo 4.1: Sonuçların özeti

İş Sıralaması	Tamamlanma Süresi	Akış Süresi	Ort. Akış Süresi	Bekleme Süresi	Varyans	Bitme Olasılığı (Risk)
ABCDE	116	694	69,4	33	28	1,92%
ABCED	116	672	67,2	33	31	2,44%
ABDCE	112	652	65,2	30	28	9,34%
ABDEC	116	604	60,4	33	31	2,40%
ABECD	120	623	62,3	37	31	0,35%
ABEDC	116	585	58,5	33	31	2,40%
ACBDE	109	700	70	26	28	22,48%
ACBED	112	681	68,1	29	31	10,43%
ACDBE	109	699	69,9	26	28	22,48%
ACDEB	109	676	67,6	26	29	22,88%
ACEBD	112	636	63,6	41	31	10,43%
ACEDB	109	654	65,4	26	29	22,88%

Tablonun devamı tezin sonundaki ekler kısmında mevcuttur.

Yukarıdaki tablo oluşturulduktan sonra hangi sıralamanın hangi değerlerde en iyi olduğunu görmek için tabloyu düzenliyoruz.

Tablo 4.2: Değerlerin sıralanması

Tamamlanma Süresine Göre		Akış Süresine Göre		Tezgâh Bekleme Süresine Göre		Varyansa Göre		Olasılığa Göre	
ADCBE	105	EDABC	535	EDACB	20	ABCDE	28	ADCBE	42,50%
DACBE	105	EADBC	535	DACBE	22	ABDCE	28	DACBE	42,50%
ADCEB	107	EABDC	543	ADCEB	24	ACBDE	28	ADCEB	35,51%
DACEB	107	AEDBC	551	DACEB	24	ACDBE	28	DACEB	35,50%
BACDE	108	AEDCB	551	ADCBE	26	ADBCE	28	BACDE	28,53%
ACBDE	109	EDBAC	552	ACBDE	26	ADCBE	28	ACDEB	22,88%
ACDBE	109	EADCB	554	ACDBE	26	BACDE	28	ACEDB	22,88%

Tablonun devamı ekler bölümünde mevcuttur.

Tablo 4.3: Tamamlanma süresine göre en iyi 5 sıralama

ADCBE	105
DACBE	105
EDABC	106
ADCEB	107
DACEB	107

Yukarıdaki tabloda bitiş süresine göre küçükten büyüğe doğru sıralanmış en iyi 5 sıralama görülmektedir. İlk sıradaki A-D-C-B-E Johnson yöntemi kullanılarak bulunmuş bir sıralamadır. İkinci sıradaki D-A-C-B-E sıralaması ise ilk sıradaki sıralamayla aynı süreye sahiptir. Aynı şekilde 4. ve 5. Sıradaki sıralamalar için de aynı şey söylenebilir. Dikkatli bakılırsa bu iki işin

işlerinin sürelerinin ortalamasının A için 14;19 ve D için 16;20 olduğunu önceki tablolarda görebiliriz. O halde süreleri birbirine yakın iki işin yerlerini değiştirmek süreye herhangi bir etki etmez.

Tablo 4.4: Akış süresine göre en iyi 5 sıralama

EDABC	535	31
EADBC	535	31
EABDC	543	31
AEDBC	551	31
AEDCB	551	31

İkinci tablo akış sürelerinin sıralamasından oluşmaktadır. Bu tabloya bakıldığında bitiş süresinde en iyi olan sıralama bu tabloda ilk 5 içinde görülmemektedir. O halde bitiş süresinin küçük olması akış süresine olumlu bir şekilde etki etmez. Aynı zamanda yan sütundaki varyans değerlerine bakıldığında tüm sıralamaların aynı varyans değerine sahip olduğu görülebilir.

Tablo 4.5: Bekleme süresine göre en iyi 5 sıralama

EDACB	20	29
DACBE	22	28
ADCEB	24	29
DACEB	24	29
ADCBE	26	28

Benzer şekilde akış süresinde en iyi olan sıralama bekleme süresi söz konusu olduğunda en iyi değeri vermemektedir. Ancak sıralamada ilk 3 iş aynı şekilde gelmektedir.

O halde yine en küçük süreli işi öne almanın bekleme süresini küçülttüğü görülebilir. Sağ sütundaki varyans değerlerinin ise büyük bir fark yaratmadığı da düşünülebilir.

Tablo 4.6: Olasılığa göre en iyi 5 sıralama

ADCBE	42,50%	28
DACBE	42,50%	28
ADCEB	35,51%	29
DACEB	35,50%	29
BACDE	28,53%	28

Olasılığa göre sıralama yaptığımızda en iyi değeri verenin Johnson yöntemi olduğunu görebiliriz. Tablolar yorumlandığında tüm kriterler için en iyisini veren bir sıralamanın olmadığı görülebilir. Ancak bazı kriterlerde en iyi sıralamanın E işi ile başladığı görülebilir. O halde en küçük işlem süreli işi öne almanın akış süresi ve bekleme süresine olumlu etkisi açıkça görülebilir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çizelgelemede değerlendirilebilecek birden fazla kriter vardır. Öncelikle çizelgelemenin nasıl yapıldığı, hangi adımları olduğu incelendi. Bu konu tek tezgâh ve 5 iş için araştırıldı. Sıralamalar kriterlere göre yapıldı. Bu kriterler daha önceki bölümlerde ayrıntılı olarak ifade edildi. Tek tezgâh için tamamlanma süreleri, akış süreleri ve bekleme süreleri hesaplandı. Bu sürelerin minimumu en iyisi olacak şekilde değerlendirme yapıldı. Değerlendirme sonucunda tek tezgâh ve n iş için en iyi sıralamayı veren yöntemin 'İşlem Süresi Kısa Olan İlk Girer' yöntemi olduğu anlaşıldı. Bu yöntemde işler arasında, işlem süreleri küçükten büyüğe doğru sıralama yapılır ve bu sırayla işler işleme girer. Tek tezgâh için çizelgelemenin nasıl yapılacağı anlaşıldıktan sonra 2 tezgâh ve 5 iş için çizelgeleme yapıldı. Çizelgeleme yapılırken literatürde Johnson Yöntemi olarak bilinen yöntem incelendi. İncelemede bu yöntemin uygulanması durumunda işlemlerin bitiş süresinin minimuma ineceği anlaşıldı. Bu sebeple bu yöntem 2 ve 5 iş içeren probleme uygulandı. Yöntem uygulandıktan sonra 5 iş için 120 farklı sıralamanın olduğu ve akış tipi üretim şekli olduğu için bu sıraların tezgahlar arasında değişmeyeceği anlaşıldı. 120 farklı sıralama ile bitiş süreleri, akış süreleri, makine bekleme süreleri ve işin zamanında bitme olasılığı hesaplandı, tablo haline getirildi. Tamamlanma süreleri sıralandığında Johnson yöntemiyle sıralamanın en düşük tamamlanma süresini verdiği gözlemlendi. Ancak diğer kriterlerde (akış süresi, bekleme süresi ve risk) en düşük değerleri veren sıralamanın, değerleri en düşük olan E işinin sıranın başında olmasıyla sağlandığı gözlemlendi. Ayrıntılı değerlendirme yapıldığında bitiş süresi bakımından Johnson yöntemi sıralamasının hemen arkasına Yine E işiyle başlayan sıralamanın olduğu görülebilir. Dolayısıyla her bir kriter için %25 değer verirsek kriterlerin %50'inde E işiyle başlayan sıralama olduğu görülmesi mümkündür. Ayrıca sıralama yapmadan önce işlerin toplam varyansı hesaplandığında bu değerin 41 olduğu görüldü. Yaptığımız sıralamalar varyansın küçülmesini sağladı ve en iyi sıralamanın varyansı toplamda 21 değer düşerek 20'ye geriledi. Bu da yaptığımız sıralamanın olumlu etkilerinden bir diğeri. Bu çalışmada amaç en iyi değerleri veren sıralamanın ne şekilde olduğunu bulmaktı ve sonuçta en düşük işlem süreli işi en öne almanın işlerin toplam süresine olumlu bir etkisi olacağı gözlemlendi. Yine tablolara bakıldığında 4 kriter içinde ilk sıralar değişmekte bu da bize her bakımdan en iyisi olabilecek bir sıralama olmadığını göstermektedir. Bu da demek oluyor ki her kriterde en iyi sırayı verecek mükemmel sıralama yoktur. Bu sebeple sıralama yaparken hangi kriter için en iyi sıralamayı aradığımız oldukça önemlidir. Eğer işlerin tamamlanma süresi önemliyse Johnson yöntemi

kullanılabilir. Ancak amacımız makinelerin bekleme süresinin minimuma düşürmek ise o halde en düşük süreli işi öne almak daha mantıklı bir yaklaşım olacaktır. Bu çalışmada amaç bilinen yöntemler haricinde farklı sıralama kurallarının geçerli olabileceğinin göstermek ve bu kararların bilinen yöntemlere göre iyi sonuçlar verebileceğini kanıtlamaktır. Bunun sonucunda yapılan çalışmada adı geçen yöntemin yanı sıra en düşük süreli işi öne olarak yapılan sıralamanın diğer yöntemlerden daha fazla kriterde iyi olabildiği gösterilmiştir.

İlerleyen zamanlarda bu çalışmanın daha fazla iş ve tezgahla tekrarlanarak bulunan kuralın çoklu tezgahlarda da geçerli olabileceğini göstermek amaçlar arasındadır.

KAYNAKLAR

Aboudhier, A. A. (2017). A Linear Programming Model for Production Planning.

Aggoune, R. (2004). Minimizing the makespan for the flow shop scheduling problem with availability constraints. *European Journal of Operational Research*, 534-543.

Aouam, T., & Brahimi, N. (2013). Integrated production planning and order acceptance under uncertainty: A robust optimization approach. *European Journal of Operational Research*.

Aouam, T., Geryl, K., Kumar , K., & Brahimi, N. (2017). Production planning with order acceptance and demand uncertainty. *Computers and Operations Research*.

Baker, K. R. (2009). *Principles of Sequencing and Scheduling.* John Wiley& Sons, Inc.

E.O.Oyetunji. (2009). Some Common Performance Measures in Scheduling Problems: Review Article. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 6-9.

E.Taillard. (1993). Benchmarks for basic scheduling problems. *European Journal Of Operational Research*, 278-285.

Garcı´a-Sabater, J., Poler, R., Lario, F., & Mula, J. (2006). Models for production planning under uncertainty: A review. *Int. J. Production Economics*.

Genç, V. (2015). Üretim Planlama ve Kontrol Optimizasyonu: ve Bir İşletme Uygulaması.

Gökşen, Y. (2003). Geleneksel üretimden esnek üretime: Karşılaştırmalı bir inceleme. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*.

http://www.academia.edu. (tarih yok). http://www.academia.edu/11468321/Historical_Evolution_of_Production_and_Operations_Management_1.3_Concept_of_Production_1.4_Production_System_1.5_Production_Management_1.6_Operating_System_INTRODUCTION_TO_PRODUCTION_AND_OPERATION_MANAGEMENT adresinden alındı

Khatami, M., Salehipour, A., & Hwang, F. (2019). Makespan minimization for the m-machine ordered flow shop scheduling problem. In *Computers&Operations Research* (pp. 400-414).

Kim, T., & Glock, C. (2018). Production planning for a two-stage production system with multiple. *International Journal of Production Economics*.

Liu, X., & Tu, Y. (2007). Production planning with limited inventory capacity and allowed stockout. *Int. J. Production Economics*.

Nawaz, M., Jr, E. E., & InyongHam. (1983). A heuristic algorithm for the m-machine, n-job flow-shop sequencing problem. In *Omega* (pp. 91-95).

Nomak, A., & Durmuşoğlu, M. B. (2003). Bir hücresel üretim ortamında, üretim planlama ve kontrol sistemlerinin benzetim analizi. *İtü dergisi,* 43-52.

Novak, A., Sucha, P., & Hanzalek, Z. (2019). Scheduling with uncertain processing times in mixed-criticality systems.

Perçinbilgi, E. (2016). Production Planning Implementation in a Real Life System.

Sampaio, R. J., Wollman, R., & Vieira, P. (2017). A flexible production planning for rolling-horizons. *Int. J. Production Economics*.

Soyuer, H. (2005). Kitlesel Kişiye Özel Üretimde Modüler Üretim Anlayışı. *V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu.*

Tanyaş, M., & Baskak, M. (2017). *Üretim Planlama ve Kontrol.* İrfan yayıncılık.

Türkben, E. (2011). Order Release Planning Under Uncertainty.

Vural, T., & Çoruh, E. (2008). Hücresel İmalat Sistem Yaklaşımı ve Hazır Giyim Sektörüne Yönelik Bir Model Önerisi. *Tekstil ve Konfeksiyon*.

EKLER

Ek 1: Tablo 4.1-devamı

İş Sıralaması	Tamamlanma Süresi	Akış Süresi	Ort. Akış Süresi	Bekleme Süresi	Varyans	Bitme Olasılığı (Risk)
ABCDE	116	694	69,4	33	28	1,92%
ABCED	116	672	67,2	33	31	2,44%
ABDCE	112	652	65,2	30	28	9,34%
ABDEC	116	604	60,4	33	31	2,40%
ABECD	120	623	62,3	37	31	0,35%
ABEDC	116	585	58,5	33	31	2,40%
ACBDE	109	700	70	26	28	22,48%
ACBED	112	681	68,1	29	31	10,43%
ACDBE	109	699	69,9	26	28	22,48%
ACDEB	109	676	67,6	26	29	22,88%
ACEBD	112	636	63,6	41	31	10,43%
ACEDB	109	654	65,4	26	29	22,88%
ADBCE	112	644	64,4	29	28	9,29%
ADBEC	116	586	58,6	37	31	2,40%
ADCBE	105	652	65,2	26	28	42,50%
ADCEB	107	635	63,5	24	29	35,51%

ADEBC	116	564	65,4	37	31	2,40%
ADECB	109	584	58,4	30	29	22,88%
AEBCD	120	601	60,1	37	31	0,35%
AEBDC	116	563	56,3	33	31	2,40%
AECBD	113	614	61,4	30	31	7,53%
AECDB	113	613	61,3	30	29	6,86%
AEDBC	116	551	55,1	33	31	2,40%
AEDCB	116	551	55,1	33	31	2,40%
BACDE	108	695	69,5	33	28	28,53%
BACED	116	689	68,9	33	31	2,40%
BADCE	112	673	67,3	29	28	9,29%
BADEC	116	629	62,9	33	31	2,40%
BAECD	120	645	64,5	37	31	0,35%
BAEDC	116	607	60,7	33	31	2,40%
BCADE	121	764	76,4	38	28	0,12%
BCAED	121	742	74,2	38	31	0,20%
BCDAE	121	767	76,7	38	28	0,12%
BCDEA	121	748	74,8	38	30	0,17%
BCEAD	121	723	72,3	38	31	0,20%
BCEDA	121	726	72,6	38	30	0,17%

BDACE	112	678	67,8	29	28	9,29%
BDAEC	116	635	63,5	33	31	2,40%
BDCAE	117	721	72,1	34	28	1,55%
BDCEA	117	702	70,2	34	30	1,42%
BDEAC	116	616	61,6	33	31	2,40%
BDECA	121	658	65,8	38	30	0,17%
BEACD	120	626	62,6	40	31	0,35%
BEADC	116	594	59,4	33	31	2,40%
BECAD	125	678	67,8	42	31	0,02%
BECDA	125	681	68,1	42	30	0,01%
BEDAC	116	601	60,1	33	31	2,40%
BEDCA	121	639	63,9	38	30	0,17%
CABDE	114	759	75,9	31	28	4,44%
CABED	114	737	73,7	31	31	5,29%
CADBE	109	738	73,8	31	28	22,40%
CADEB	114	735	73,5	31	29	4,73%
CAEBD	114	714	71,4	31	31	5,29%
CAEDB	117	716	71,6	31	31	1,55%
CBADE	114	763	76,3	31	28	4,44%
CBAED	112	729	72,9	34	31	10,43%

CBDAE	114	766	76,6	31	28	4,44%
CBDEA	114	747	74,7	31	30	1,42%
CBEAD	115	724	72,4	32	30	5,01%
CBEDA	117	731	73,1	34	31	3,62%
CDABE	114	761	76,1	31	28	4,44%
CDAEB	114	738	73,8	31	29	4,73%
CDBAE	114	765	76,5	31	28	4,44%
CDBEA	114	746	74,6	31	30	5,01%
CDEAB	109	709	70,9	31	29	22,88%
CDEBA	114	723	72,3	31	30	5,01%
CEABD	116	694	69,4	33	31	2,40%
CEADB	114	694	69,4	31	29	4,73%
CEBAD	115	701	70,1	34	31	3,62%
CEBDA	117	708	70,8	36	30	1,42%
CEDAB	110	685	68,5	31	29	17,65%
CEDBA	114	701	70,1	31	30	5,01%
DABCE	112	653	65,3	29	28	9,29%
DABEC	116	603	60,3	31	31	2,40%
DACBE	105	663	66,3	22	28	42,50%
DACEB	107	642	64,2	24	29	35,50%

DAEBC	116	581	58,1	33	31	2,40%
DAECB	109	601	60,1	26	29	22,88%
DBACE	112	661	66,1	29	28	9,29%
DBAEC	116	613	61,3	33	31	2,40%
DBCAE	117	709	70,9	34	28	1,16%
DBCEA	117	690	69	34	30	1,42%
DBEAC	116	597	59,7	33	31	2,40%
DBECA	121	641	64,1	38	30	0,17%
DCABE	120	721	72,1	27	28	0,22%
DCAEB	110	688	68,8	27	29	17,65%
DCBAE	110	715	71,5	27	28	17,23%
DCBEA	110	696	69,6	28	30	18,06%
DCEAB	110	669	66,9	27	29	17,65%
DCEBA	112	677	67,7	29	30	18,06%
DEABC	116	562	56,2	33	31	2,40%
DEACB	109	582	58,2	26	29	22,88%
DEBAC	116	577	57,7	33	31	2,40%
DEBCA	121	620	62	38	30	0,17%
DECAB	114	629	62,9	31	29	4,73%
DECBA	114	633	63,3	31	30	5,01%

EABCD	120	581	58,1	37	31	0,35%
EABDC	116	543	54,3	33	31	2,40%
EACBD	113	594	59,4	30	31	7,53%
EACDB	113	593	59,3	30	29	6,86%
EADBC	116	535	53,5	33	31	2,40%
EADCB	109	554	55,4	26	29	22,88%
EBACD	120	598	59,8	37	31	0,35%
EBADC	116	564	56,4	33	31	2,40%
EBCAD	125	646	64,6	42	31	0,02%
EBCDA	125	649	64,9	42	30	0,01%
EBDAC	116	569	56,9	33	31	2,40%
EBDCA	121	607	60,7	38	30	0,02%
ECABD	118	648	64,8	35	31	0,88%
ECADB	118	647	64,7	35	29	0,78%
ECBAD	118	652	65,2	35	31	0,88%
ECBDA	118	655	65,5	35	30	0,88%
ECDAB	118	650	65	35	29	0,78%
ECDBA	118	654	65,4	35	30	0,88%
EDABC	116	534	53,4	33	31	42,87%
EDACB	109	561	56,1	20	29	22,88%

EDBAC	116	552	55,2	33	31	2,40%
EDBCA	121	595	59,5	38	30	0,17%
EDCAB	114	604	60,4	31	29	4,73%
EDCBA	114	608	60,8	31	30	5,01%

Ek 2: Tablo 4.2-devamı

Bitiş Süresine Göre		Akış Süresine Göre		Bekleme Süresine Göre		Olasılığa Göre		Varyansa Göre	
ADCBE	105	EDABC	535	EDACB	20	ADCBE	42,50%	ABCDE	28
DACBE	105	EADBC	535	DACBE	22	DACBE	42,50%	ABDCE	28
ADCEB	107	EABDC	543	ADCEB	24	ADCEB	35,51%	ACBDE	28
DACEB	107	AEDBC	551	DACEB	24	DACEB	35,50%	ACDBE	28
BACDE	108	AEDCB	551	ADCBE	26	BACDE	28,53%	ADBCE	28
ACBDE	109	EDBAC	552	ACBDE	26	ACDEB	22,88%	ADCBE	28
ACDBE	109	EADCB	554	ACDBE	26	ACEDB	22,88%	BACDE	28

ACDEB	109	EDACB	561	ACDEB	26	ADECB	22,88%	BADCE	28
ACEDB	109	DEABC	562	ACEDB	26	CDEAB	22,88%	BCADE	28
ADECB	109	AEBDC	563	DAECB	26	DAECB	22,88%	BCDAE	28
CADBE	109	ADEBC	564	DEACB	26	DEACB	22,88%	BDACE	28
CDEAB	109	EBADC	564	EADCB	26	EADCB	22,88%	BDCAE	28
DAECB	109	EBDAC	569	DCAEB	27	EDACB	22,88%	CABDE	28
DEACB	109	DEBAC	577	DCBAE	27	ACBDE	22,48%	CADBE	28
EADCB	109	DAEBC	581	DCEAB	27	ACDBE	22,48%	CBADE	28
EDACB	109	EABCD	581	DCABE	27	CADBE	22,40%	CBDAE	28
CEDAB	110	DEACB	582	DCBEA	28	DCBEA	18,06%	CDABE	28
DCAEB	110	ADECB	584	ACBED	29	DCEBA	18,06%	CDBAE	28
DCBAE	110	ABEDC	585	ADBCE	29	CEDAB	17,65%	DABCE	28

DCBEA	110	ADBEC	586	BADCE	29	DCAEB	17,65%	DACBE	28
DCEAB	110	EACDB	593	BDACE	29	DCEAB	17,65%	DBACE	28
ABDCE	112	EACBD	594	DABCE	29	DCBAE	17,23%	DBCAE	28
ACBED	112	BEADC	594	DBACE	29	ACBED	10,43%	DCABE	28
ACEBD	112	EDBCA	595	DCEBA	29	ACEBD	10,43%	DCBAE	28
ADBCE	112	DBEAC	597	ADECB	30	CBAED	10,43%	ACDEB	29
BADCE	112	EBACD	598	ABDCE	30	ABDCE	9,34%	ACEDB	29
BDACE	112	DAECB	601	AECBD	30	ADBCE	9,29%	ADCEB	29
CBAED	112	BEDAC	601	AECDB	30	BADCE	9,29%	ADECB	29
DABCE	112	AEBCD	601	EACBD	30	BDACE	9,29%	AECDB	29
DBACE	112	DABEC	603	EACDB	30	DABCE	9,29%	CADEB	29
DCEBA	112	EDCAB	604	CBDAE	31	DBACE	9,29%	CDAEB	29

AECBD	113	ABDEC	604	CADBE	31	AECBD	7,53 %	CDEAB	29
AECDB	113	BAEDC	607	CDEAB	31	EACBD	7,53 %	CEADB	29
EACBD	113	EBDCA	607	CEDAB	31	AECDB	6,86 %	CEDAB	29
EACDB	113	EDCBA	608	CABDE	31	EACDB	6,86 %	DACEB	29
CBDAE	114	AECDB	613	CABED	31	CABED	5,29 %	DAECB	29
CABDE	114	DBAEC	613	CADEB	31	CAEBD	5,29 %	DCAEB	29
CABED	114	AECBD	614	CAEBD	31	CBEAD	5,01 %	DCEAB	29
CADEB	114	BDEAC	616	CBADE	31	CDBEA	5,01 %	DEACB	29
CAEBD	114	DEBCA	620	CBDEA	31	CDEBA	5,01 %	DECAB	29
CBADE	114	ABECD	623	CDABE	31	CEDBA	5,01 %	EACDB	29
CBDEA	114	BEACD	626	CDAEB	31	DECBA	5,01 %	EADCB	29
CDABE	114	DECAB	629	CDBAE	31	EDCBA	5,01 %	ECADB	29

CDAEB	114	BADEC	629	CDBEA	31	CADEB	4,73 %	ECDAB	29
CDBAE	114	DECBA	633	CDEBA	31	CDAEB	4,73 %	EDACB	29
CDBEA	114	ADCEB	635	CEADB	31	CEADB	4,73 %	EDCAB	29
CDEBA	114	BDAEC	635	CEDBA	31	DECAB	4,73 %	BCDEA	30
CEADB	114	ACEBD	636	DECAB	31	EDCAB	4,73 %	BCEDA	30
CEDBA	114	BEDCA	639	DECBA	31	CABDE	4,44 %	BDCEA	30
DECAB	114	DBECA	641	EDCAB	31	CBADE	4,44 %	BDECA	30
DECBA	114	DACEB	642	EDCBA	31	CBDAE	4,44 %	BECDA	30
EDCAB	114	ADBCE	644	DABEC	31	CDABE	4,44 %	BEDCA	30
EDCBA	114	BAECD	645	CAEDB	31	CDBAE	4,44 %	CBDEA	30
CBEAD	115	EBCAD	646	CBEAD	32	CBEDA	3,62 %	CBEAD	30
CEBAD	115	ECADB	647	EDABC	33	CEBAD	3,62 %	CDBEA	30

EDABC	116	ECABD	648	BACDE	33	EDABC	2,44 %	CDEBA	30
ABCDE	116	EBCDA	649	ABCDE	33	ABCED	2,44 %	CEBDA	30
ABCED	116	ECDAB	650	ABCED	33	ABDEC	2,40 %	CEDBA	30
ABDEC	116	ADCBE	652	ABDEC	33	ABEDC	2,40 %	DBCEA	30
ABEDC	116	ABDCE	652	ABEDC	33	ADBEC	2,40 %	DBECA	30
ADBEC	116	ECBAD	652	AEBDC	33	ADEBC	2,40 %	DCBEA	30
ADEBC	116	DABCE	653	AEDBC	33	AEBDC	2,40 %	DCEBA	30
AEBDC	116	ACEDB	654	AEDCB	33	AEDBC	2,40 %	DEBCA	30
AEDBC	116	ECDBA	654	BACED	33	AEDCB	2,40 %	DECBA	30
AEDCB	116	ECBDA	655	BADEC	33	BACED	2,40 %	EBCDA	30
BACED	116	BDECA	658	BAEDC	33	BADEC	2,40 %	EBDCA	30
BADEC	116	DBACE	661	BDAEC	33	BAEDC	2,40 %	ECBDA	30

BAEDC	116	DACBE	663	BDEAC	33	BDAEC	2,40 %	ECDBA	30
BDAEC	116	DCEAB	669	BEADC	33	BDEAC	2,40 %	EDBCA	30
BDEAC	116	ABCED	672	BEDAC	33	BEADC	2,40 %	EDCBA	30
BEADC	116	BADCE	673	CEABD	33	BEDAC	2,40 %	ABCED	31
BEDAC	116	ACDEB	676	DAEBC	33	CEABD	2,40 %	ABDEC	31
CEABD	116	DCEBA	677	DBAEC	33	DABEC	2,40 %	ABECD	31
DABEC	116	BDACE	678	DBEAC	33	DAEBC	2,40 %	ABEDC	31
DAEBC	116	BECAD	678	DEABC	33	DBAEC	2,40 %	ACBED	31
DBAEC	116	ACBED	681	DEBAC	33	DBEAC	2,40 %	ACEBD	31
DBEAC	116	BECDA	681	EABDC	33	DEABC	2,40 %	ADBEC	31
DEABC	116	CEDAB	685	EADBC	33	DEBAC	2,40 %	ADEBC	31
DEBAC	116	DCAEB	688	EBADC	33	EABDC	2,40 %	AEBCD	31

EABDC	116	BACED	689	EBDAC	33	EADBC	2,40 %	AEBDC	31
EADBC	116	DBCEA	690	EDBAC	33	EBADC	2,40 %	AECBD	31
EBADC	116	CEADB	694	CBAED	34	EBDAC	2,40 %	AEDBC	31
EBDAC	116	ABCDE	694	CEBAD	34	EDBAC	2,40 %	AEDCB	31
EDBAC	116	CEABD	694	BDCAE	34	ABCDE	1,92 %	BACED	31
BDCAE	117	BACDE	695	BDCEA	34	BDCAE	1,55 %	BADEC	31
BDCEA	117	DCBEA	696	CBEDA	34	CAEDB	1,55 %	BAECD	31
CAEDB	117	ACDBE	699	DBCAE	34	BDCEA	1,42 %	BAEDC	31
CBEDA	117	ACBDE	700	DBCEA	34	CBDEA	1,42 %	BCAED	31
CEBDA	117	CEDBA	701	ECABD	35	CEBDA	1,42 %	BCEAD	31
DBCAE	117	CEBAD	701	ECADB	35	DBCEA	1,42 %	BDAEC	31
DBCEA	117	BDCEA	702	ECBAD	35	DBCAE	1,16 %	BDEAC	31

ECABD	118	CEBDA	708	ECBDA	35	ECABD	0,88 %	BEACD	31
ECADB	118	CDEAB	709	ECDAB	35	ECBAD	0,88 %	BEADC	31
ECBAD	118	DBCAE	709	ECDBA	35	ECBDA	0,88 %	BECAD	31
ECBDA	118	CAEBD	714	CEBDA	36	ECDBA	0,88 %	BEDAC	31
ECDAB	118	DCBAE	715	ADBEC	37	ECADB	0,78 %	CABED	31
ECDBA	118	CAEDB	716	ADEBC	37	ECDAB	0,78 %	CAEBD	31
ABECD	120	BDCAE	721	ABECD	37	ABECD	0,35 %	CAEDB	31
AEBCD	120	DCABE	721	AEBCD	37	AEBCD	0,35 %	CBAED	31
BAECD	120	CDEBA	723	BAECD	37	BAECD	0,35 %	CBEDA	31
BEACD	120	BCEAD	723	EABCD	37	BEACD	0,35 %	CEABD	31
DCABE	120	CBEAD	724	EBACD	37	EABCD	0,35 %	CEBAD	31
EABCD	120	BCEDA	726	BCADE	38	EBACD	0,35 %	DABEC	31

EBACD	120	CBAED	729	BCAED	38	DCABE	0,22 %	DAEBC	31
BCADE	121	CBEDA	731	BCDAE	38	BCAED	0,20 %	DBAEC	31
BCAED	121	CADEB	735	BCDEA	38	BCEAD	0,20 %	DBEAC	31
BCDAE	121	CABED	737	BCEAD	38	BCDEA	0,17 %	DEABC	31
BCDEA	121	CADBE	738	BCEDA	38	BCEDA	0,17 %	DEBAC	31
BCEAD	121	CDAEB	738	BDECA	38	BDECA	0,17 %	EABCD	31
BCEDA	121	BCAED	742	BEDCA	38	BEDCA	0,17 %	EABDC	31
BDECA	121	CDBEA	746	DBECA	38	DBECA	0,17 %	EACBD	31
BEDCA	121	CBDEA	747	DEBCA	38	DEBCA	0,17 %	EADBC	31
DBECA	121	BCDEA	748	EBDCA	38	EDBCA	0,17 %	EBACD	31
DEBCA	121	CABDE	759	EDBCA	38	BCADE	0,12 %	EBADC	31
EBDCA	121	CDABE	761	BEACD	40	BCDAE	0,12 %	EBCAD	31

EDBCA	121	CBADE	763	ACEBD	41	EBDCA	0,02 %	EBDAC	31
BECAD	125	BCADE	764	BECAD	42	BECAD	0,02 %	ECABD	31
BECDA	125	CDBAE	765	BECDA	42	EBCAD	0,02 %	ECBAD	31
EBCAD	125	CBDAE	766	EBCAD	42	BECDA	0,01 %	EDABC	31
EBCDA	125	BCDAE	767	EBCDA	42	EBCDA	0,01 %	EDBAC	31

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Pınar KIRAMANLIOĞLU
Doğum Yeri	Güngören/ İSTANBUL
Doğum Tarihi	27.11.1993
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	05384842086
E-Posta Adresi	pinarkiramanlioglu@mail.com
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri Lisans	
Üniversite	İstanbul Arel Üniversitesi
Fakülte	Mimarlık-Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Endüstri Mühendisliği Bölümü
Mezuniyet Yılı	15.06.2016

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Endüstri Mühendisliği

Makale ve Bildiriler