

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**HAZIR GIYİM SEKTÖRÜNDE BENZETİM TEKNİĞİ
KULLANILARAK ÜRETİM HATTI DENGELMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DUYGU TOSUN

DENİZLİ, AĞUSTOS- 2020

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**HAZIR GIYİM SEKTÖRÜNDE BENZETİM TEKNİĞİ
KULLANILARAK ÜRETİM HATTI DENGELEMESİ**


YÜKSEK LİSANS TEZİ

DUYGU TOSUN

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2020

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

DUYGU TOSUN



ÖZET

HAZIR GİYİM SEKTÖRÜNDE BENZETİM TEKNİĞİ KULLANILARAK ÜRETİM HATTI DENGELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DUYGU TOSUN

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:DOÇ.DR.HACER GÜNER GÖREN)

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2020

Şirketler karlı büyümelerini gerçekleştirebilmek amacıyla müşteriler için değeri olan ürünleri üretmelidir. Ayrıca daha karlı olabilmek için gelirlerini arttırmalı, maliyetlerini azaltmalı, tedarik sürelerini iyileştirmeli, stoklarını azaltmalı ve müşteri tatminini arttırmalıdır. Konfeksiyon işletmelerinde direkt işçilik maliyetinin en yüksek olduğu yer dikim işleminin gerçekleştiği atölyelerdir. Bu çalışmada hazır giyim üretimi yapan bir fabrikada benzetim tekniği kullanılarak üretim hattı dengelemesi yapılmıştır. Üretim hattı incelenerek modele ait veriler toplanmıştır. Modelin geçerliliği üretim adetleri dikkate alınarak test edilmiştir. Modele ait verilerin istatistiksel dağılımları bulunarak benzetim modeli çalıştırılmıştır. Modele ilişkin senaryolar oluşturularak model çalıştırılmış ve en uygun iş akışı seçilmiştir. Üretim hattının kaynak kullanım oranını artırmak için algoritma geliştirilmiştir. Yapılan iyileştirmeler sonucunda seçilen modelin çevrim süresi kısaltılmış, kişi başına düşen üretim miktarı artırılmış ve üretim hattı kaynak kullanım oranı artırılarak boş zaman en aza indirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Benzetim, Üretim Hattı Dengeleme, Konfeksiyon

ABSTRACT

PRODUCTION LINE BALANCING USING SIMULATION TECHNIQUE IN GARMENT INDUSTRY

MASTER THESIS

DUYGU TOSUN

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

INDUSTRIAL ENGINEER

(SUPERVISOR:ASSOC. PROF. DR. HACER GÜNER GÖREN)

DENİZLİ, AUGUST 2020

Companies must produce products that are valuable to customers in order to achieve their profitable growth. To gain more profit, they should increase revenues, reduce costs, improve lead times, reduce inventories, and increase customer satisfaction. In garment companies, sewing workshops are the places where the direct labor cost is the highest. In this study, production line balancing was handled using simulation technique in a factory producing garments. The production line was examined and the data of the model were collected. The validity of the model has been tested with real production quantities. Statistical distributions of the data of the model were found and simulation model was run. Alternative workflows for the model were created and the best workflow was selected. To increase the resource utilization of the production line, an algorithm has been developed. As a result, the cycle time of the selected model has been shortened. Production per capita was increased and the idle time was minimized by increasing the production line resource utilization rate.

KEY WORDS: Simulation, Production Line Balancing, Garment

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1 Problem Tanımı	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Tezin Önemi ve Literatüre Katkısı	2
1.4 Tezin Organizasyonu	3
2. MONTAJ HATLARI	4
2.1 Montaj Hattı Nedir?.....	4
2.2 Montaj Hattı Dengeleme Problemi.....	4
2.3 Montaj Hattı Dengelemede Kullanılan Kavramlar.....	6
2.3.1 İş Ögesi (Operasyon).....	6
2.3.2 İş İstasyonu	6
2.3.3 Toplam İş Süresi	6
2.3.4 İş İstasyonu Süresi	6
2.3.5 Çevrim Süresi.....	6
2.3.6 Öncelik Diyagramı	7
2.3.7 Öncelik Matrisi.....	7
2.3.8 Esneklik Oranı.....	7
2.3.9 Teorik Minimum	8
2.3.10 Boş Zaman Hat Etkinliği Denge Gecikmesi	8
2.4 Montaj Hattı Dengeleme Probleminin Kısıtları	9
2.4.1 Çevrim Süresi.....	9
2.4.2 Öncelik İlişkileri.....	9
2.4.3 Konum Kısıtı.....	9
2.4.4 Sabit Donanım Kısıtı.....	10
2.4.5 İstasyon Yüğü Kısıtı.....	10
2.4.6 Aynı İstasyona Atanması İstenilen İş Ögeleri.....	10
2.4.7 Aynı İstasyona Atanmaması İstenilen İş Ögeleri.....	10
2.5 Montaj Hattında Darboğaz Kavramı	11

2.6	Montaj Hattında Ürün veya Model Sayısı.....	11
2.7	Basit ve Genel Montaj Hattı Dengeleme Problemleri.....	12
2.8	Montaj Hattı Dengeleme Yöntemleri	13
2.8.1	Sezgisel Yöntemler	13
2.8.2	Analitik Yöntemler.....	14
2.8.3	Benzetim Tekniği	14
2.9	Problemin Çözüm Amacı	15
3.	BENZETİM (SİMÜLASYON) TEKNİĞİ.....	17
3.1	Benzetim Tekniği Nedir?	17
3.1.1	Benzetim Tekniğinin Tarihsel Gelişimi	17
3.1.2	Benzetim Tekniğinin Avantajları ve Dezavantajları.....	18
3.1.3	Benzetim Tekniğinin Kullanım Amaçları	19
3.1.4	Benzetim Tekniğinin Kullanım Alanları.....	20
3.1.5	Benzetimde Kullanılan Temel Kavramlar	21
3.1.5.1	Sistem	21
3.1.5.1.1	Sistemin Bileşenleri	21
3.1.5.1.2	Sistemin Yapısal Elemanları.....	22
3.1.5.1.3	Sistemin Dinamik Elemanları	23
3.1.5.2	Model.....	23
3.1.6	Benzetim Modellerinin Sınıflandırılması.....	23
3.1.6.1	Belirli ve Olasılıklı Benzetim Modelleri	24
3.1.6.2	Statik ve Dinamik Benzetim Modelleri.....	24
3.1.6.3	Kesikli ve Sürekli Benzetim Modelleri	24
3.2	Benzetim Çalışmasının Adımları	25
3.2.1	Problemin Tanımlanması	26
3.2.2	Çalışma Planının ve Hedeflerin Belirlenmesi	26
3.2.3	Verilerin Toplanması ve Analizi	26
3.2.4	Modelin Tasarlanması	27
3.2.5	Benzetim Dili ile Kodlamanın Yapılması	27
3.2.6	Doğrulama ve Geçerlilik	28
3.2.7	Deney Tasarımının Yapılması.....	28
3.2.8	Deneyin Yapılması ve Analizi	29
3.2.9	Dokümantasyon ve Raporlama	29
3.2.10	Uygulama	29
3.3	Montaj Hatlarında Benzetim	29
4.	LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	31
5.	UYGULAMA	39

5.1	Mevcut Durum Analizi.....	42
5.1.1	İşletme Mevcut Durum Analizi.....	42
5.1.2	Erkek Uzun Kollu Kazak Üretimi Mevcut Durumu	46
5.1.2.1	İşin Öğelerine Ayrılması	47
5.1.2.2	Benzetim Modeli Girdi Analizi	50
5.1.2.2.1	Gözlem Sayısının Hesaplanması	50
5.1.2.2.2	Kronometre Yöntemi ile Gözlenen Zaman Ölçümü.....	52
5.1.2.2.3	Normal Zaman Hesaplaması.....	53
5.1.2.2.4	Standart Zaman Hesaplaması.....	55
5.1.2.2.5	Operasyona Ait Dağılımların Hesaplanması	59
5.1.2.3	Modelin Arena Yazılımına Aktarılması	60
5.1.2.3.1	Uzun Kollu Kazak Benzetim Modeli.....	61
5.1.2.4	Modelin Doğrulanması ve Geçerliliği	66
5.1.2.5	Erkek Uzun Kollu Kazak Modeli Çıktı Analizi	70
5.1.2.5.1	Benzetim Isınma Süresi Hesaplama	70
5.1.2.5.2	Güven Aralığı ve Tekrar Sayısının Hesaplanması.....	71
5.1.2.6	Erkek Uzun Kollu Kazak Modeli Mevcut Durum Analizi.....	73
5.2	İyileştirilmiş Durum	76
5.2.1	İyileştirme Önerileri	76
5.2.2	Erkek Uzun Kollu Kazak İyileştirilmiş Durum Analizi.....	78
5.2.2.1	Erkek Uzun kollu kazak İyileştirilmiş Durum Senaryo 1	79
5.2.2.2	Erkek Uzun kollu kazak İyileştirilmiş Durum Senaryo2	83
5.2.2.3	Erkek Uzun kollu kazak İyileştirilmiş Durum Senaryo 3	84
5.2.2.4	Erkek Uzun kollu kazak İyileştirilmiş Durum Senaryo 4	85
5.2.2.5	Erkek Uzun kollu kazak İyileştirilmiş Durum Senaryo 5	86
5.2.2.6	Erkek Uzun kollu kazak İyileştirilmiş Durum Senaryo 6	87
5.2.2.7	Erkek Uzun kollu kazak İyileştirilmiş Durum Senaryo 7	88
5.2.3	Kaynak Kullanım Oranını Dengelemek İçin Geliştirilen Algoritma92	
5.3	BULGULAR	101
5.3.1	Erkek Uzun Kollu Kazak Üretimi Önerilen Senaryolardan Elde Edilen Benzetim Çıktıları.....	101
5.3.2	Mevcut Durum ve İyileştirilmiş Durum Karşılaştırılması	106
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	108
7.	KAYNAKLAR	109
8.	EKLER	114
9.	ÖZGEÇMİŞ	118

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Benzetim Çalışmasının Adımları (Shannon 1975, Gordon 1978, Law and Kelton 2000)	25
Şekil 5.1: İşletme Genel Süreci	41
Şekil 5.2: Mevcut konfeksiyon yerleşim planı	45
Şekil 5.3: Çalışmanın Yapıldığı Erkek Kazak Fotoğrafı	46
Şekil 5.4: Erkek Uzun Kollu Kazak Mevcut Durum İş Akışı	47
Şekil 5.5: Tolerans Yüzdeleri (Kurt ve Dağdeviren, 2003).....	55
Şekil 5.6: Arena Create Modülü	61
Şekil 5.7: Arena Schedule Modülü.....	61
Şekil 5.8: Arena Process Modülü	62
Şekil 5.9: Arena İstifleme Operasyonu.....	62
Şekil 5.10: Omuz Çatma, Kol takma, Yan Çatma Operasyonu	63
Şekil 5.11: Yıkama Talimatı Hazırlık ve Montaj Operasyonu.....	63
Şekil 5.12: Yaka Hazırlık ve Montaj Operasyonu.....	64
Şekil 5.13: Biye hazırlık ve montaj operasyonu	64
Şekil 5.14: Ense etiketi işaret alma, ense etiketi montaj, ön çima kapama operasyonu	64
Şekil 5.15: Kol manşet hazırlık ve montaj, etek manşet hazırlık ve montaj operasyonu	65
Şekil 5.16: Temizlik, Kalite kontrol operasyonu	65
Şekil 5.17: Ütü, Katlama, Fiyat etiketi takma, Jelatine koyma, metal dedektör	66
Şekil 5.18: Asorti Yapma-Kolileme Operasyonu.....	66
Şekil 5.19: Geçerlilik testi adımları (Bilget 2015)	67
Şekil 5.20: Kolmogorow-Smirnow Testi.....	67
Şekil 5.21: Sistem Normal Dağılım Eğrisi	68
Şekil 5.22: Model Normal Dağılım Eğrisi.....	68
Şekil 5.23: t-Testi Sonuçları	69
Şekil 5.24: Isınma Süresi Grafiği	71
Şekil 5.25: İyileştirilmiş Durum Konfeksiyon Hat Yerleşimi.....	78
Şekil 5.26: Erkek Uzun kollu kazak Modeli Senaryo 1	80
Şekil 5.27: Erkek Uzun kollu kazak Modeli Senaryo 2	84
Şekil 5.28: Erkek Uzun kollu kazak Modeli Senaryo 3	85
Şekil 5.29: Erkek Uzun kollu kazak Modeli Senaryo 4	86
Şekil 5.30: Erkek Uzun kollu kazak Modeli Senaryo 5	87
Şekil 5.31: Erkek Uzun kollu kazak Modeli Senaryo 6	88
Şekil 5.32: Kaynak Kullanım Oranını Dengelemek İçin Geliştirilen Algoritma	94
Şekil 5.33: İyileştirilmiş Durum Arena Görüntüsü (Senaryo 11).....	100

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1: Konfeksiyon üretiminde benzetim çalışmaları	31
Tablo 5.1: Erkek Uzun kollu Kazak Üretimi İş Ögeleri	48
Tablo 5.2: Mevcut Durum Operasyonlara Atanan Kaynak (Personel) Sayısı	49
Tablo 5.3: Mevcut Durum Gözlem Sayısı Hesaplama Verileri	50
Tablo 5.4: Mevcut Durum Gözlem Sayısı	51
Tablo 5.5: Mevcut Durum Gözlenen Zaman Tablosu.....	52
Tablo 5.6: Mevcut Durum Temel Zaman Tablosu.....	53
Tablo 5.7: Mevcut Durum Standart Zaman Tablosu.....	56
Tablo 5.8: Mevcut Durum Gözlenen Zaman, Temel Zaman, Standart Zaman Tablosu	58
Tablo 5.9: Operasyonların İstatistiksel Dağılımı	59
Tablo 5.10: Tamir Sayısı Tablosu	65
Tablo 5.11: Tekrar Sayısı Üretim Miktarı Tablosu.....	71
Tablo 5.12: Erkek Uzun Kollu Mevcut Durum Çıktı Verileri	73
Tablo 5.13: Mevcut Durum Personel Kullanım Oranı Çıktı Verileri	73
Tablo 5.14: Mevcut Durum Kuyruk Sayısı Çıktı Verileri	74
Tablo 5.15: Kaliteli Ürün ve Tamir Miktarı.....	75
Tablo 5.16: Ürünlerin Gelişler arası Süreleri (saniye)	75
Tablo 5.17: Mevcut Durum ile Senaryo 1'in Üretim Miktarı Karşılaştırılması.....	81
Tablo 5.18: Mevcut Durum ile Senaryo 1 in Kaynak Kullanım Oranı Karşılaştırılması	81
Tablo 5.19: Erkek Uzun kollu kazak Modeli Operasyonlara Ait Öncelik İlişkileri .	82
Tablo 5.20: Erkek Uzun kollu kazak Senaryoları Üretim Miktarları.....	90
Tablo 5.21: Erkek Uzun kollu kazak Senaryoları Ortalama Kuyrukta Bekleme Sayıları	90
Tablo 5.22: Erkek Uzun kollu kazak Senaryoları Kaynak Kullanım Oranları	91
Tablo 5.23: Erkek Uzun Kollu Kazak Senaryoları Genel Tablo.....	91
Tablo 5.24: Erkek Uzun Kollu Kazak Senaryoları Gelişler Arası Süre(saniye).....	92
Tablo 5.25: Erkek Uzun kollu kazak Senaryo 5 Kaynak Kullanım Oranı.....	95
Tablo 5.26: Erkek Uzun kollu kazak Senaryo 8 Kaynak Kullanım Oranı.....	96
Tablo 5.27: Erkek Uzun kollu kazak Senaryo 9 Kaynak Kullanım Oranı.....	97
Tablo 5.28: Senaryo 10 Kaynak Kullanım Oranı.....	98
Tablo 5.29: Senaryo 11 Kaynak Kullanım Oranı.....	99
Tablo 5.30: Senaryoların Üretim Miktarları Açısından Karşılaştırılması.....	101
Tablo 5.31: Senaryolara Göre Kuyrukta Bekleme Sayıları.....	102
Tablo 5.32: Senaryolara Göre Kaynak Kullanım Oranları	103
Tablo 5.33: Senaryolara Göre Üretilmiş-Paketlenmiş-Kolilenmiş Ürün Miktarı...	104
Tablo 5.34: Senaryolara Göre Gelişler arası Süre Ortalaması (saniye)	104

Tablo 5.35: Mevcut Durum ve Önerilen Durum (Senaryo11) Üretim Miktarı Karşılaştırılması	105
Tablo 5.36: Mevcut Durum ve Önerilen Durum (Senaryo 11) Kaynak Kullanım Oranı Karşılaştırılması	105
Tablo 5.37: Mevcut Durum ve Önerilen Durum (Senaryo 11) Gelişler Arası Süre Karşılaştırılması	106

SEMBOL LİSTESİ

E	: Esneklik oranı
Y	: Öncelik matrisinde “0” değerine sahip hücre sayısı
$\sum t$: İş öğelerinin sürelerinin toplamı
c	: Çevrim süresi
n_{min}	: En az iş istasyonu sayısı
n	: Örnek büyüklüğü
n'	: Ön gözlem sayısı
X	: Gözlem Değeri
\sum	: Değerlerin toplamı
σ	: Standart sapma
s	: Örnek hacmin standart sapması
α	: Anlamlılık düzeyi
\bar{X}	: Verilerin ortalama değeri
k	: Grup sayısı

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının yürütülmesi sırasında desteğini esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Hacer Güner Gören hocama, yoğun çalışmalarım sırasında bana katlandığı ve sabır gösterdiği için eşim Bayram Tosun'a, çalışmalarım sırasında motivasyon kaynağım olan, bana hep ümit veren, hayatım boyunca hiçbir desteği esirgemeyen annem Türkan Küçükbulut ve ablam Seda Hünel'a küçük ve büyük yardımını esirgemeyen herkese sonsuz teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Hızla gelişen tekstil sektöründe üreticilerin pazarda rekabet edebilmesi için verimliliklerini artırmaları gerekmektedir. Artan müşteri talepleri, değişen teknoloji, rekabet, ürün çeşitliliği firmaları daha hızlı, daha kaliteli, daha az maliyetli ürünü nasıl üreteceklerini bulmaya zorlamaktadır. Siparişlerin teslim tarihinde müşterilere yetiştirilebilmesi için işletmeler üretim hatlarını analiz ederek darboğazları tespit edip bu konuda çalışmalar yapmalıdırlar.

Üretim hatlarının verimli şekilde, bekleme veya stok birikimi olmadan çalışabilmesi için, yapılacak görevlerin istasyonlara çevrim süresini aşmayacak şekilde iş istasyonları arasında dağıtılarak düzenlenmesi gerekir. Hat dengeleme olarak adlandırılan bu düzenleme süreç, yöntem veya planlamadan kaynaklı etken olmayan süreleri azaltarak verimliliği arttıran ve üretim maliyetleri azaltan bir mühendislik uygulamasıdır (Güngör ve Akkaya 2012).

Şirketler karlı büyümelerini gerçekleştirebilmek amacıyla müşteriler için değeri olan ürünleri üretmeli ve ayrıca daha karlı olabilmek için gelirlerini arttırmalı, maliyetlerini azaltmalı, tedarik sürelerini iyileştirmeli, stoklarını azaltmalı ve müşteri tatminini arttırmalıdır (Keskintürk ve Küçük 2006). Hazır giyim üretim sektöründe kaynakların etkin kullanılmaması, üretim hatlarında dengesiz iş akışlarının olması, darboğazların belirlenememesi ve darboğaz noktalarının sürekli yer değiştirmesi, ara stok miktarlarının fazla olması, personelin verimli kullanılmaması problemlerini doğurmaktadır. Bu problemler üretim verimliliğini düşürmekte birim maliyeti arttırmakta ve dolaylı olarak kalite ve müşteri memnuniyetini olumsuz etkilemektedir.

1.1 Problem Tanımı

Bu tez çalışmasında Denizli’de faaliyet gösteren bir konfeksiyon işletmesinin hat dengeleme problemi ele alınmış ve probleme benzetim tekniği ile çözüm sunulmuştur. Konfeksiyon işletmelerinde direkt işçilik maliyetinin en yüksek olduğu yer dikim işleminin gerçekleştiği atölyelerdir. Uygulama yapılan işletmede ürünlerin birim maliyetleri çok yüksek olduğundan konfeksiyonun sürekli olarak zarar ettiği

gözenmektedir. Bu durum işletmenin büyümesini engellemekte ve siparişlerin fason olarak dışarıda dikilmesine sebep olmaktadır. Rakip firmaların satış fiyatının üzerinde verilen teklifler işletmenin sipariş alamamasına ve bazı dönemlerde bandının boş kalabilmesine ve stok yapmasına neden olmaktadır. Konfeksiyon dikim hattında yapılacak iyileştirme çalışması işçilik maliyetini ve dolayısı ile ürün birim maliyetini azaltacaktır.

1.2 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasının amacı hazır giyim yapan bir üretim tesisinde üretim verimliliğini artırmak, maliyetini düşürmek, gerekli olan işgücü makine kaynaklarını tespit edip etkili ve verimli şekilde kullanarak müşteri taleplerini eksiksiz ve zamanında karşılanmasını sağlayacak dengeli bir üretim hattı kurmaktır.

1.3 Tezin Önemi ve Literatüre Katkısı

Bu tez çalışmasında müşteri taleplerinin eksiksiz ve zamanında karşılanabilmesi için hazır giyim üretiminde karşılaşılan problemler ele alınarak çözüm yöntemleri üzerinde çalışılmıştır. Bir üretim işletmesinde uygulama yapılarak, teorik olarak edinilen bilgilerin gerçek hayat problemine uygulanması hedeflenmiştir.

Montaj hattında operasyonların bazılarının kaynak kullanım oranı %100'lere yaklaşırken bazılarının %65-70'lerde kalmaktadır. Kuyruk miktarları bazı operasyonlarda çok, bazılarında hiç yoktur. Bu sorunun üstesinden gelebilmek adına bu tez çalışması kapsamında, Bilget (2015) tarafından önerilen "kalp algoritması" referans alınarak operasyonların kaynak kullanım oranını %100'e yaklaştırmayı ve aynı sayıda kaynak ile çıktı sayısını hedefleyen bir algoritma önerilmiştir. Önerilen algoritma ile mevcut durumda %85 olan kaynak kullanım oranı %94'e çıkarılmıştır. Çalışmada önerilen bu algoritma ile literatüre katkı sağlamak hedeflenmiştir.

1.4 Tezin Organizasyonu

Bu tez çalışması sekiz bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tezin konusu, problemin tanımı, tezin amacı, tezin önemi ve literatüre katkısı ve tezin organizasyonu ile ilgili genel bilgi verilmiştir. İkinci bölümde montaj hatlarının tanımı, montaj hattı dengeleme yöntemleri, kavramları, kısıtları, montaj hatlarında darboğaz konuları üzerinde açıklamalar yapılmıştır. Üçüncü bölümde benzetim tekniği, avantajları ve dezavantajları, amaçları, kullanım alanları, montaj hatlarında benzetim, benzetim çalışmasının adımları konuları ile ilgili açıklamalar yapılmıştır. Dördüncü bölümde çalışılan tez ile ilgili kapsamlı bir literatür araştırması ve incelemesi yapılmıştır. Beşinci bölümde ele alınan problemi çözmek için kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Mevcut durum analizi ve problemin çözümü üzerindeki çalışma anlatılmıştır. Son bölümde tez çalışması önerilen yöntemlerin sonuçları değerlendirilmiş ve katkıları açıklanmıştır.

2. MONTAJ HATLARI

2.1 Montaj Hattı Nedir?

Bir ürünü oluşturan bağımsız parçaların belirli bir metot ve sıra bir araya getirilerek birleştirilmesine montaj denir (Keskintürk ve Küçük 2006).

Endüstrileşme sürecinde, toplam işin ögelerine (parçalarına, modüllerine) ayrılarak, bu parçaların ayrı ayrı işçiler tarafından yapılmasıyla daha hızlı, kitlesel ve daha ucuz yapılabileceği görüşü ortaya çıkmıştır. Bunun sonucu olarak üretim, üzerinde değişik iş istasyonlarının bulunduğu belirli bir hat üzerinden malzemelerin geçirilmesi yoluyla yapılır. Malzemelerin akış hattı boyunca işgücü ve donanımdan yararlanılarak transfer edildiği ve parça üzerindeki işlemlerin aralarındaki öncelik ilişkileri ve çevrim süresi gibi kısıtlar göz önüne alınarak birleştirilmesiyle oluşturulan istasyonların yine bir hat boyunca sıralanmasıyla oluşan sisteme *montaj hattı* denir. Hat üzerindeki iş istasyonlarında bulunan işçiler, ürün durumuna getirilecek yarı ürün önlerinden geçerken, kendilerine ait iş ögeleriyle ilgili bir veya birkaç işlemi yaparlar. Bu işlem sonucunda, hatta giren parça ve yarı ürünler, gereken tüm işler yapılmış şekilde, hattın sonundan ürün olarak çıkarlar (Tanyaş ve Basak 2013).

2.2 Montaj Hattı Dengeleme Problemi

Üretim hattı tasarlandığında ürünün üretimini oluşturan iş ögelerinin operasyon süreleri arasında dengesizlikler meydana gelmektedir. Bir operasyonun süresi diğer operasyona göre düşük olduğunda iş beklemekte, yüksek olduğunda ise kuyruk oluşmaktadır. Bu beklemeler ve kuyruklar montaj hatlarındaki operasyon sürelerinin arasındaki farklar yüzünden oluşmaktadır. Ürünün oluşması sırasındaki operasyonları sürelerinin arasındaki farkları en aza indirilerek montaj istasyonlarına atanmasına montaj hattı dengeleme denir.

Üretim fabrikalarında ürünler montaj hattından geçerek son ürün haline dönüşürler. Sürekli üretim yapılan bir çalışma ortamında montaj hatlarının yerleşim planındaki problemler üretim verimliliğini düşürmektedir. İş istasyonlarının ve işlem sayılarının çok olması montaj hatlarında dengenin kurulmasını zorlaştırmaktadır. Montaj hatları kurulumu uzun süre alan pahalı yatırımlardır. Bu nedenle hatların iyi tasarlanarak dengeli bir üretim sisteminin kurulması hat verimliliği açısından oldukça önemlidir.

Montaj hatlarında israf edilen zaman tespit edilip ortadan kaldırılarak operasyonlar arasında sürekli akışın sağlanması ve operasyonlar arasındaki bağlantının optimize edilmesi gerekmektedir. Operasyonlar arasında biriken ara stoklar ve birbirini bekleyen iş istasyonlarından oluşan montaj hatlarında dengesizlik problemleri ortaya çıkmakta ve üretkenlik istenilen düzeye ulaşamamaktadır.

Üretim hattı dengeleme problemleri gerçekte üretim yapan tekstil, otomotiv, beyaz eşya, mobilya, elektronik gibi üretim sektörlerindeki işletmeler için büyük öneme sahip bir konudur. Montaj hattı dengeleme konusu üretim hızını dolayısıyla üretim verimliliğini artırarak işletmelerin üretim maliyetlerini düşürerek ekonomik problemlerine çözüm getirmektedir.

Bir montaj hattının kurulmasında ulaşılmaması gereken amaçlar şunlar olabilir (Tanyaş ve Baskak 2013):

- Düzenli bir malzeme akışı sağlamak.
- İnsan gücü ve tezgâh kapasitelerini en üst düzeyde kullanmak.
- İşlemleri en kısa sürede tamamlamak.
- Montaj hattı üzerindeki iş istasyonu sayısını en aza indirmek.
- Boş (âtlı) süreleri en aza indirmek.
- Âtlı süreleri iş istasyonları arasında düzgün şekilde dağıtmak.
- Üretim maliyetlerini en küçükleme.

Ancak yukarıdaki amaçların hepsini aynı anda en üst seviyeye çıkarmak mümkün olmadığı için montaj maliyeti en az olacak şekilde dengeleme işlemi yapılmalıdır.

2.3 Montaj Hattı Dengelemede Kullanılan Kavramlar

2.3.1 İş Ögesi (Operasyon)

İş ögesi bir işi yapmak için uygun ve pratik şekilde bölünmüş işin alt parçalarından oluşur. Montaj hattında işlerin karmaşıklığına sebep olmadan işçiler arasında mantıksal olarak bölünmüş en küçük parçasını ifade eder (Demirbaş 2019).

2.3.2 İş İstasyonu

Montaj hattı üzerinde bulunan ve üründe bir veya birden fazla işlemin işçiler tarafından yapıldığı yerdir. İstasyonlarda genellikle bir işçi çalışır, operasyon ihtiyacına göre birden fazla işçi de çalıştırılabilir.

2.3.3 Toplam İş Süresi

Ürünün üretilmesi için gerekli olan iş ögelerinin standart sürelerinin toplamıdır.

2.3.4 İş İstasyonu Süresi

Bir iş istasyonunda yapılması gereken işlemlerin standart süreleri toplamıdır. Üretilecek ürün iş istasyonuna geldiğindeki süre ile iş istasyonundan çıktığı süre arasındaki fark iş istasyonu süresidir.

2.3.5 Çevrim Süresi

Bir hat için istenilen çıktı hızı belirlendikten sonra, analist hattın çevrim süresini hesaplayabilir. Bir hattın çevrim süresi her istasyonda bir birimdeki iş için izin verilen maksimum süredir. Bir istasyondaki iş elemanları için gerekli süre hattın çevrim süresini aşarsa istasyon hattın istenilen çıktı hızına ulaşmasını önleyen bir

darboğaz olacaktır. Hedef çevrim süresi istenilen çıktı hızının tersidir (Krajewski ve diğ. 2013).

2.3.6 Öncelik Diyagramı

Montaj hatlarında bazı operasyonlar iş istasyonlarında işlem görmeden bir sonraki operasyon yapılamamaktadır. Bu durumda montajı yapılacak ürünün iş ögeleri arasında öncelik ilişkisi doğmaktadır. Bu ilişki genellikle grafik ile gösterilmektedir. Yuvarlakların içine iş ögesi dışına işlem süresi yazılmaktadır. Her yuvarlak birbirine oklar ile bağlanmıştır. Her okun ucundaki operasyonun yapılabilmesi için okun önündeki operasyonların tamamlanması gerekmektedir.

2.3.7 Öncelik Matrisi

Öncelik matrisi teknolojik öncelik diyagramının üst üçgensel matris durumuna dönüştürülmüş şeklidir. Bu matriste aralarında doğrudan veya dolaylı öncelik ilişkisi bulunan iş ögeleri için matriste önde gelen iş ögesi numaralı satırla izleyen iş ögesi numaralı sütunun kesiştiği göze "1" diğer gözlere ise "0" konur (Tanyaş ve Baskak 2013).

2.3.8 Esneklik Oranı

Bir montaj sürecinde elde edilebilen uygun sıralama sayısının değerlendirilmesinde kullanılan bir ölçüttür. Esneklik oranı (E) hesaplaması denklem 2.1 de bulunmaktadır.

$$E = \frac{2*Y}{N*(N-1)} \quad (2.1)$$

Burada Y öncelik matrisinde "0" değerine sahip hücre sayısıdır. Bu oran, teknolojik tüm operasyonlar birbiri ardına öncelik ilişkilerine bağlı ise 0 değerine, öncelik ilişkisi bulunmayan bir ürüne ilişkin bir montaj hattı ise 1 değerine eşittir. E

oranının sıfıra yakın olması, iş istasyonlarına operasyonların atanması sırasında esnekliğin az olduğunu göstermektedir (Polat 2008).

2.3.9 Teorik Minimum

İstenilen çıktı hızına ulaşmak için montaj hattındaki iş istasyonları sayısını en aza indirmektir. Her operasyonda farklı bir işçi çalıştığı düşünüldüğünde iş istasyonu sayısını minimize indirmek işçi verimliliğini maksimize etmektedir. Her istasyondaki iş öğelerinin süreleri toplamı çevrim süresine eşit olduğunda denge sağlanmış olmaktadır.

Her istasyondaki iş öğelerinin sürelerinin toplamı ($\sum t$) çevrim süresine (c) bölünerek en az iş istasyonu sayısı (n_{min}) bulunmaktadır.

$$n_{min} = \frac{\sum t}{c} \quad (2.2)$$

Çevrim süresinin yarısından daha büyük süreye sahip iki operasyon aynı iş istasyonuna atanamaz. Bu durumda çevrim süresinin yarısından daha büyük iş istasyonu sayısı ($n_{olası}$) bulunur.

Montaj hattı dengelemek için gerekli minimum iş istasyonu sayısı (n_{az});

$$n_{az} = \text{Enb}(n_{min}; n_{olası}) \quad (2.3)$$

2.3.10 Boş Zaman Hat Etkinliği Denge Gecikmesi

Tüm iş istasyonları için verimli olmayan zaman *boş zaman* olarak görülmektedir.

n : istasyon sayısı

c : çevrim süresi

$\sum t$: iş istasyonlarının toplam standart süresi

$$\text{Boş zaman} = n * c - \sum t \quad (2.4)$$

Hat etkinliği; montaj hattında çalışan işgücünün kullanım oranıdır.

$$\text{Hat etkinliği}\% = \frac{\sum t}{n \cdot c} * 100 \quad (2.5)$$

Denge gecikmesi; Hat etkinliğinin %100 ünden kalan miktardır.

$$\text{Denge gecikmesi}\% = 100 - \text{Hat etkinliği}$$

2.4 Montaj Hattı Dengeleme Probleminin Kısıtları

2.4.1 evrim Süresi

Montaj hattındaki bir iş istasyonunda işlem görecek ürünün istasyona girdiği andan yeni bir ürünün aynı istasyona işlem görmek için geldiği ana kadar geçen süreye *evrim süresi* denir. Bir diğer ifade ile iş istasyonundaki işçinin o istasyondaki yapılacak olan işleri tamamlaması için gereken süredir. evrim süresinin içinde üretken olmayan iş süresi de yer alabilir. Üretken olmayan bu süreye *âtil süre* denir (Tanyaş ve Baskak 2013).

2.4.2 Öncelik İlişkileri

Montaj hatlarında bazı operasyonlar tamamlanmadan diğer operasyonlar yapılamamaktadır. Bir iş ögesinin montajının yapılabilmesi için ondan önceki iş ögelerinin montajının kesinlikle tamamlanmasını gerektirecek durumlar ortaya çıkabilmektedir. İş istasyonlarına atanan işlerin operasyonların öncelik ilişkilerine göre atanması gerekmektedir.

2.4.3 Konum Kısıtı

Konum kısıtı işlemi yapan kişinin montaj hattındaki konumu ile montajı yapılan parçanın konumu arasındaki ilişki için kullanılmaktadır. Büyük ölçekli ürünlerin iki yanının hatta bazı durumda alt ve üst bölümlerinin işlem görmesi gerekebilmektedir. Bu tip durumlarda konum kısıtı ortaya çıkmaktadır. Bu durumda

ürünün iki yanına ve alt üst bölümlerine farklı işlemciler konularak montaj hattı dengelemenin amaçları doğrultusunda hareket edilmelidir (Tanyaş ve Baskak 2013).

2.4.4 Sabit Donanım Kısıtı

Üretim hatlarında bulunan tezgahlar, makineler, test araçları gibi sabit donanımlardır ve iş ögelerinin değiştirilebilirliğini azaltmaktadır (Tanyaş ve Baskak 2013).

2.4.5 İstasyon Yüğü Kısıtı

Montaj hatlarında bazı iş istasyonlarındaki çevrim istasyon yüğü azaltılabilir. Hattın başında olabilecek aksamaları, tüm hatta yansıtmamak için hattın başındaki operasyonların iş yüğü çevrim süresinin %100'ünden az olması gerekmektedir (Tanyaş ve Baskak 2013).

2.4.6 Aynı İstasyona Atanması İstenilen İş Ögeleri

Aynı istasyona atanması istenilen işlerin, aynı veya birbirlerini izleyen istasyonlara atanması gereklidir. Bu tip durumlarda bir iş ögesi ile alt grubu aynı iş ögesi gibi düşünülerek tek bir işçi tarafından yapılması, böylelikle özel aygıt kullanımı gerektiren işlerde ikinci bir aygıtta gerek kalmaması istenmektedir (Tanyaş ve Baskak 2013).

2.4.7 Aynı İstasyona Atanmaması İstenilen İş Ögeleri

Bazı iş ögeleri iş yüklerinin çok olmasından dolayı aynı istasyona atanamaz. Fiziksel kuvvet gerektiren iki iş ögesinin, aşırı dikkat gerektiren iki iş ögesinin ayrı istasyonlara atanması gerekmektedir.

2.5 Montaj Hattında Darboğaz Kavramı

Darboğazlar firmanın içinden veya dışından kaynaklanabilir ve genellikle bir süreci, bir adımı veya en düşük kapasiteli bir istasyonu ifade eder. Üretim sürecinde darboğazlar tanımlanırken bazı karmaşıklıklar yaratır (Krajewski ve diğ 2013).

Darboğaz, üretimdeki en yavaş operasyondur ve üretim hızı darboğaza bağlıdır. Montaj hattının istenilen performansta çalışması ve kapasitesinin kısıtlanmaması için darboğaz noktaları iyi yönetilmelidir. Bir montaj hattında birden fazla darboğaz noktası olabilir. Bu yüzden montaj hattına bütünsel bakılarak sistemdeki her bir operasyon incelenmelidir.

Üretim sistemlerinin önemli problemlerinden biri olan darboğazın araştırılmasında izlenecek yöntem ve sıranın belirlenebilmesi amacı ile üretim faktörleri (malzeme, makina, işgücü, yöntem) ayırımından yararlanılabilir (Üstün 2005).

- Malzeme darboğazı araştırması; hammadde, yarı mamul, mamul ve yardımcı maddeleri kapsar.
- Makine darboğaz araştırmasına üretime katkıda bulunan tüm makine ve donanımlarla birlikte her türlü araç, kontrol ve ölçüm cihazları dahil edilir.
- İnsan darboğaz araştırmasında, işletmede insana ilişkin tüm problemler, iş gören ve yönetici performansları ve aralarındaki ilişkiler göz önüne alınır.

Yöntem darboğaz araştırması içinde ise teknik ve örgütsel planlama, düzenleme, maliyet kontrolü ve yatırım gibi yönetim sorunları ele alınır.

2.6 Montaj Hattında Ürün veya Model Sayısı

Tek Modelli Montaj Hattı: Montaj hattı üzerinde tek bir model veya ürün üretimi için ayrılmış özel hatlardır. Bu hatların tasarımı diğerlerine göre daha kolaydır.

Çok Modelli Montaj Hattı: Montaj hattı üzerinde farklı ürünler veya bir ürünü farklı alternatifleri üretilebilir. Benzer ürünlerin iş akışları da benzer olduğundan aynı

hat üzerinde üretilebilirler. Çok modelli montaj hatlarındaki yığınlar küçük ise tek modelli, yığınlar büyük ise karmaşık modelli montaj hatları ile benzerlik gösterirler.

Karışık Modelli Montaj Hattı: Montaj hattı üzerinde iki veya daha çok benzer ürün veya bir ürünün farklı alternatifleri karışık olarak üretilebilirler. Otomobil veya kamyon üretim hatları örnek olarak verilebilir. Karışık modelli üretimin avantajı, bitmiş ürün stoklarının daha az tutmak ve müşteri isteklerine anında cevap verebilmektir.

2.7 Basit ve Genel Montaj Hattı Dengeleme Problemleri

Literatürde kısıtlar ve amaçlara göre montaj hattı dengeleme problemleri iki temel sınıfa ayrılmaktadır (Baybars 1986).

1. Basit montaj hattı dengeleme problemi BMHDP (SALBP-Simple Assembly Line Balancing Problem)

2. Genel Montaj Hattı Dengeleme Problemi GMHDP (GALBP-General Assembly Line Balancing Problem)

Basit montaj hattı dengeleme problemi iki tür olarak incelenebilir. Birinci tür BMHDP aşağıdaki maddelerin ilk onunu, ikinci tür BMHDP ise ilk dokuz madde ve on birinci maddeyi içerir (Baybars 1986).

1. Tüm girdi parametreleri belirlidir.
2. Bir iş ögesi iki veya daha fazla istasyon arasında bölünemez.
3. İş ögeleri, teknolojik öncelik gereksinimlerinden dolayı, keyfi sıralarda işlem göremez
4. Tüm iş ögeleri yapılmalıdır.
5. İstasyonlar tüm iş ögelerini yapmak için gerekli donanım ve iş gücüne sahiptir.
6. İş ögesi süreleri, yapıldıkları istasyonlardan ve önceki/sonraki iş ögelerinden bağımsızdır.

7. Her işlem her istasyonda yapılabilir.
8. Tüm hat, besleyici veya paralel alt montaj hattı olmayacak şekilde seri olarak düzenlenmelidir.
9. Montaj sisteminin tek bir ürünün tekbir modeli için tasarımı olduğu varsayılır.
10. Çevrim süresi verilmiştir ve sabittir.
11. İstasyon sayısı verilmiştir ve sabittir.

Basit montaj hattı dengeleme problemi üretim hattında sürekli aynı ürünün üretildiği, tek modelli, görev zamanları deterministik olan ve bazı varsayımların kabul edildiği en basit problem tipidir. MHDP ailesinde en çok bilinen ve üzerinde en çok çalışılan BMHDP'dir. BMHDP, gerçek hayatın hat dengeleme karmaşıklığını yansıtmaktan uzak olmasına rağmen, yine de problemlerin temel esaslarını içerir ve MHDP'nin özü olarak kabul edilir. Gerçekte daha genel problemlerin çeşitleri, BMHDP'nin uzantısı gibidir ve en sonunda BMHDP durumunun çözümüne ihtiyaç duyar (Supçiller 2010).

Yukarıda belirtilen ilk dokuz maddede değişiklik olma durumunda problem genel montaj hattı dengeleme problemine dönüşür.

2.8 Montaj Hattı Dengeleme Yöntemleri

Bu bölümde montaj hattı dengelemek için kullanılan üç farklı yöntem açıklanmaktadır.

2.8.1 Sezgisel Yöntemler

Bu yöntemler, belirli bir yordamın (prosedürün) izlenmesi ve belirli varsayımların yapılması yoluyla, montaj hatlarının dengelenmesi konusunda yaklaşık çözüm verirler. Yöntemlerin çoğunda, çevrim süresi sabit kabul edilerek istasyon sayısı ve buna bağlı olarak dengeleme kaybı en küçüklenmeye çalışılır. Şimdiye

kadar geliştirilen oldukça çok sayıda sezgisel yöntem vardır (Tanyaş ve Baskak 2013)

Literatürde karşılaşılan bazı sezgisel yöntemler aşağıda sıralanmıştır (Tanyaş ve Baskak 2013):

- Konum ağırlıklı dengeleme tekniği (Helgeson-Birnie)
- Aşamalı sıralamayla çözüm (Jackson)
- Öncelik diyagramı ile çözüm (Hoffman)
- Aday matris ile çözüm (Salveson)
- COMSOAL tekniği (Arcus)
- İlişkili etkinlik yöntemi (Agrawal)
- İki aşamalı dengeleme tekniği (Moddie-Young)
- Kilbridge-Wester yöntemi
- Probabilistik hat dengeleme (Elsayed-Boucher)
- Raouf-Tsui-Elsayed yöntemi
- Gruplama yöntemi (Tonge).

Literatürde özellikle Jackson, Kilbridge-Wester ve Salveson'un geliştirdiği yöntemler ön plana çıkmaktadır (Tanyaş ve Baskak 2013).

2.8.2 Analitik Yöntemler

Analitik yöntemler genel olarak optimizasyon yöntemleri olarak bilinmekte ve en uygun sonucu bulmak için kullanılmaktadırlar. İlk olarak E. H. Bowman tarafından "doğrusal tamsayılı programlamayla çözüm " olarak geliştirilmiş daha sonra Talbot ve Patterson tarafından "0-1 tamsayılı programlama" yöntemleri geliştirilmiştir. Analitik yöntemlerde amaç fonksiyonu ve kısıtlar bulunmaktadır. İşlem sayısının artması çözümün bulunmasını zorlaştırmaktadır.

2.8.3 Benzetim Tekniği

Herhangi bir sistemin işleyişi hakkında bir fikir elde etmek ve sistemin işleyişini değişik stratejilerle deneyip belirlemek için sistemin modelinin bilgisayar

ortamında oluşturulmasına ve bu model aracılığı ile deneyler yapılmasına benzetim denir. Bu tekniğin uygulama alanları çok geniştir: Ekonomi, pazarlama, işletme, eğitim, politika, sosyal bilimler, davranış bilimleri, uluslararası ilişkiler, taşımacılık, enerji vb. (Özkan 2003).

2.9 Problemin Çözüm Amacı

İşletmeler için sistem kurmak ve devamlılığını sağlamak para yatırımı gerektirmektedir. Montaj hatları kurulması uzun vadeli ve maliyetli olabilmektedir. Bu nedenle sistemin doğru tasarlanması ve dengelenmesi gerekmektedir. Montaj hattı dengeleme problemleri için amaçların dikkatli seçilmesi gerekmektedir. Amaçlar maliyetleri, kapasiteyi, karı ve organizasyonel ve sosyal olguları da etkilemektedir.

Kapasite odaklı amaçlar: Montaj hattı dengeleme problemlerinde amaç kapasite kullanımını artırmak boş zamanı azaltmaktır.

Kapasite kullanımı ile ilgili bu amaçlar şöyle sıralanabilir (Demirbaş 2019):

- Verilen çevrim süresinde istasyon sayısını azaltmak,
- Verilen istasyon sayısında çevrim süresini azaltmak,
- Hem çevrim süresini hem de istasyon sayısının ağırlıklı toplamını azaltmak,
- Akış süresini azaltmak,
- İstasyonların kapasite kullanım seviyesini eşitlemek,
- Denge kaybı zamanını azaltmak,
- İş parçalarının bekleme sürelerini azaltmak.

Maliyet odaklı amaçlar: İşletmeler için üretilen ürünün düşük maliyetle üretilmesi çok önem taşımaktadır. Üretim hatlarının dengelenmesi üretim kapasitesini artırmakta ve dolayısıyla ürün birim maliyetini düşürmektedir.

Kâr odaklı amaçlar: Maliyet odaklı amaçlar üretim hacmini sabit ve ürünlerin sabit bir fiyattan tamamının satıldığını varsaymaktadır. Kar odaklı amaçlarda ise üretim miktarı ve satış fiyatları da değişkenler arasında yer almaktadır (Demirbaş 2019).

Sosyal ve organizasyonel amaçlar: Bu amaçlar aslında optimize edilmesi gereken bir amaçtan çok düşünülmesi gereken kısıtları oluşturmaktadır. Bu sosyal kısıtlamalar iş genişletme veya iş zenginleştirme gibi uygulamalar ile oluşturulabilir (Demirbaş 2019).

3. BENZETİM (SİMÜLASYON) TEKNIĞİ

3.1 Benzetim Tekniği Nedir?

Benzetim, gerçek bir süreç veya sistemin belirli bir zaman içinde bilgisayar ortamında taklit edilmesidir. Benzetim, gerçek bir sistemin modelini tasarlama süreci ve sistemin davranışını anlamak veya değişik stratejileri değerlendirmek amacı ile geliştirilen bu model üzerinde denemeler yapmaktır (Banks 2000). Model geliştirildikten sonra analizci ilgilenilen işlem karakteristiklerini ölçmek için değişkenler üzerinde oynama yapabilmektedir. Böylece, benzetim ile bir problem hakkında alternatif çözümler bulunması çalışmaları yapılabilir.

Günümüzde pazarda rekabet edebilmek için üretim sektöründe bulunanlar, hızla gelişen teknolojiye ayak uydurmak zorundadırlar. Bu nedenle üretim sistemlerindeki karışık süreçlerin tasarlanmasında benzetim en önemli tekniklerden biridir. Benzetim tekniğiyle sistemde oluşabilecek riskler önceden tespit edilerek önlem alınabilir.

3.1.1 Benzetim Tekniğinin Tarihsel Gelişimi

Benzetim tarihi “WEICH” şeklinde adlandırılan Çin Savaş Oyunları’ndan, 5000 yıl öncesinden gelir ve 1780’lere kadar devam eder. Prussian’ların bu oyunları ordularındaki trenlerde kullanmalarından beri, tüm askeri güçlerin başkanları, taklit edilmiş çevre koşulları altında askeri stratejileri test etmek için savaş oyunlarını kullanmışlardır (Supçiller 2010).

2. Dünya Savaşı esnasında matematikçi Jhon Van Neumann tarafından bu teknik askeriyeden ve operasyonel oyunlardan yeni bir teknik olan “Monte Carlo” Benzetim tekniği geliştirilmiştir. Bir nicelik miktar tekniği olarak Los Alamos Scientific Laboratuvarında nötronlarla çalışılırken, Van Neumann benzetimi, elle veya fiziksel modellerle analizi karmaşık ve pahalı olan fizik problemlerini çözmeye kullanıldı. Nötronların rastsal yapısı ihtimallerle uğraşmada rulet tekeri kullanımını

önerdi. Oyun yapısı nedeni ile Van Neumann kanunların değişimi çalışmasını “Monte Carlo” modeli olarak adlandırdı. 1950’lerde iş bilgisayarlarının gelişi ve birleşik kullanımı ile benzetim bir yönetim aracı olarak gelişti (Chung 2004).

Benzetim, 1950 ve 1960’lı yılların sonlarına doğru, genellikle sadece büyük sermaye yatırımları gerektiren şirketlerin kullandığı çok pahalı ve özel alanlarda kullanılan bir araç idi. Benzetimin bugün bildiğimiz kullanımı ise 1970’li yılların sonunda başlamıştır. Bilgisayarların maliyeti oldukça düşmüş ve çok daha hızlanmış ve Benzetimin değeri birçok alanda keşfedilmeye başlanmıştır. 1980’li yılların sonunda kişisel bilgisayarların kapasitelerinin de artmasıyla benzetim kullanımı iş dünyasına iyice yerleşmiştir. Benzetim günümüzde halen, başarısız olmuş veya geliştirilmeye ihtiyaç duyulan sistemlerin analizinde kullanılsa da birçok kurum artık planlanan sistem kurulmadan önce benzetiminin yapılmasını koşul olarak getirmektedir. 1980’li yılların sonlarına doğru birçok büyük firma Benzetimin değerini anlamıştır ve bunlardan birçoğu, büyük sermaye gerektiren yatırımları onaylamadan önce bir gereksinim olarak Benzetimlerini yapmıştır. 1990’ların birçok kuruluş Benzetim araçlarını benimsemiş ve Benzetimi, en etkili olabileceği, projelerinin çok erken aşamalarında kullanmaya başlamışlardır. Çok iyi bir animasyon yeteneği, kullanım kolaylığı, bilgisayarların kapasitelerindeki gelişme, diğer paket programlarla kolay uyumu ve simülatörlerin gelişmesi, Benzetimi birçok firma için standart bir araç haline getirmiştir. Benzetiminin uygulama şekli değişebilmektedir; sistemlerin tasarım aşamasında kullanılan Benzetim programları, yapılan herhangi bir değişiklikte sistemin farklı alanlarında kullanılabilir, böylelikle yaşayan bir Benzetim kullanımı sağlanabilmektedir (Chung 2004).

3.1.2 Benzetim Tekniğinin Avantajları ve Dezavantajları

Benzetim tekniğinin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Sistemin mevcut durum modeli kurulduktan sonra üzerinde farklı alternatiflerin denenmesinde sınır yoktur.
- Benzetim analizcinin kapsamlı düşünmesini sağlar ve sistem çok yönlü olarak incelenebilir.

- Gerçek sistemde uygulanması zor ve maliyetli önerilerin Benzetim modeli üzerinde uygulanarak karar vermeyi kolaylaştırır.
- Analitik yöntemler ile kıyaslandığında uygulaması daha kolay bir tekniktir.
- İşletme içindeki yeni fiziksel yerleşimler, taşıma sistemleri, donanımdan tasarımlar benzetim tekniği ile test edilebilir.
- Benzetim tekniği ile zaman kontrol edilebilir şekildedir. İstenildiği zaman hızlandırmak veya yavaşlatmak analizcinin elindedir.
- Sistem içindeki performans ölçütleri belirlenip benzetim ile analiz edilebilir.
- Benzetim tekniği ile darboğaz noktaları tespit edilebilir.
- Benzetim tekniği esnek olduğu için istenildiği zaman değişiklik yapılabilir.
- Benzetim ile duyarlık analizi yapılabilir.

Benzetim tekniğinin dezavantajları;

- Benzetim tekniği her model için kendine ait özelliğe sahip olduğu için kurulan bir sistem başka modellerde kullanılamayabilir.
- Gerçek sistemi yansıtabilmek için toplanan verilerin eksiksiz ve yanlışsız olması gerekmektedir. Aksi durumda model yanlış sonuçlar verebilir.
- Benzetim tekniği pahalı ve zaman alıcı bir tekniktir.
- Kurulan modelin geçerliliği çok iyi test edilmelidir aksi durumda yanlış kararlar alınarak istenmeyen maliyetler ortaya çıkabilmektedir.
- Model geliştirme eğitim ve tecrübe gerektirmektedir.

3.1.3 Benzetim Tekniğinin Kullanım Amaçları

Benzetim tekniği aşağıdaki amaçlar doğrultusunda kullanılabilir:

- Benzetim karmaşık bir sistemin iç yapısını ve alt sistemlerini incelemek için kullanılabilir.
- Model üzerinde iç ve dış çevreden kaynaklı değişiklikler taklit edilerek incelenebilmektedir.
- Benzetim tekniği çalıştırılan modelin analitik sonuçlarını test etmek için kullanılabilir.

- Benzetim modeli öngörülen bir sistemi yerine getirmeden önce hataların bulunarak yok edilmesine yardımcı olmaktadır.
- Benzetim modeli amaçlanan sistemin ne kadar iyi performans göstereceği hakkında bir fikir verebilir. Yeni bir sistem modelinin maliyeti, herhangi bir kayda değer imalat prosesinin kurulması için gerekli olan ana yatırımın yanında çok küçük kalabilir; farklı düzeylerde ve farklı fiyatlardaki donanımların etkileri Benzetim kullanılarak değerlendirilmektedir (Chung 2004).
- Benzetim modelinin çıktılarından elde edilen bilgiler incelenen sistemin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.
- Benzetim teknikleri hareket ettirilerek denenmesi zor hatta imkânsız olan sistemlerin denenmesi için tek yöntem olmaktadır. Mevcut sistemi değiştirmeden bilgi akışını sağlamak ve önerilen yöntemlerin Benzetim modellerini oluşturmak için kullanılabilir.
- Benzetimde zaman kısıtlaması yapılabilmektedir.
- Animasyon özelliği ile süreçlerin daha iyi görülmesi sağlanabilmektedir.
- Üretim hattı dengelemede kullanılabilir.
- Maliyet analizleri yapılarak finansal kararlar vermeye yardımcı olabilmektedir.
- Üretim çizelgeleme ve planlama yapılabilmektedir.
- Tedarik zinciri test edilmesinde kullanılabilir.

3.1.4 Benzetim Tekniğinin Kullanım Alanları

Benzetim tekniğinin günümüzde en iyi analiz araçlarından biri olması nedeniyle birçok alanda kullanılabilir.

Üretim: Montaj hatları dengeleme, stok seviyeleri, fabrika yerleşim düzeni, kapasite analizi ve planlama, üretim planlama ve çizelgeleme, darboğaz tespiti ve yönetimi, ekipman ve personel planlama, kaynak planlama, lojistik planlama gibi üretim sistemlerinin birçok alanında kullanılabilir.

Bilgisayar Sistemleri: Donanım bileşenleri, yazılım sistemleri, donanım ağları, bilgi tabanlı yapı ve yönetim, bilgi işlem, donanım ve yazılım emniyeti (Bilget 2015).

İş: Stok ve alım-satım analizleri, fiyat politikası, pazarlama stratejileri, kazanç çalışmaları, çek-akış analizleri, ulaşım alternatifleri, insan gücü planlanması, raporlama (Bilget 2015).

Hükümet: Askeri silahlar ve kullanımları, askeri taktikler, nüfus raporları, arazi kullanımı, sağlık-bakım dağıtımı, yangın koruma, polis servisleri (Bilget 2015).

Ekoloji ve Çevre: Su kirliliği ve temizlenmesi, atık kontrolü, hava durumu, deprem ve fırtına analizleri, maden araştırması ve çıkarılması, güneş-enerji sistemleri, ürün üretimleri (Bilget 2015).

Toplum ve Davranış: Yiyecek/nüfus analizleri, organizasyon yapıları, sosyal sistem analizleri, refah (bolluk) sistemleri, üniversite yönetimleri (Bilget 2015).

Bio Bilimler: Spor performans analizleri, hastalık kontrolleri, biyolojik yaşam döngüleri, tıbbi çalışmalar (Bilget 2015).

3.1.5 Benzetimde Kullanılan Temel Kavramlar

3.1.5.1 Sistem

Sistem bir amacı gerçekleştirmek üzere bir araya gelen nesnelere bütünüdür. Girdilerin belirli süreçlerden geçirek çıkıya dönüşümünü içine alan varlıklar veya elemanlar bütünüdür.

3.1.5.1.1 Sistemin Bileşenleri

Sistemin bileşenleri; varlık, özellik, faaliyet, durum, olay, iç kaynaklı ve dış kaynaklı olarak sınıflandırılmaktadır.

Varlık, sistemin içindeki hareketli nesnedir.

Özellik, bir varlığa ait özelliklerdir.

Faaliyet, belirli uzunluktaki bir zaman periyodunu temsil eder. Bir banka örneği göz önüne alındığında, müşteriler elemanlardan biri, hesap bakiyeleri bir özellik ve para yatırma bir faaliyet olabilir (Law ve Kelton 2000).

Durum, herhangi bir anda sistemi tanımlayan değişkenler kümesidir.

Olay ise, sistemin durumunu değiştirebilen ani oluşumdur.

İç Kaynaklı; sistemin içinden kaynaklı olay ve faaliyetlerdir.

Dış Kaynaklı; sistemin dışından gelerek sistemi etkileyen olay ve faaliyetlerdir.

3.1.5.1.2 Sistemin Yapısal Elemanları

Varlıklar, model geliştirme sürecinde ilk olarak oluşturulan nesnelere. Hareket ederek diğer varlıkları etkilemekte veya etkilenmektedirler.

Nitelik, varlıklara atanan karakterlerdir. Varlığın niteliğini ifade eder. Geliş zamanı, termin tarihi, öncelik, renk gibi özellikleri varlıklara kazandırır.

Kuyruklar (Sıralar): İçinde bulunduğu iş istasyonunun iş yükünün gideceği rotadaki iş istasyonunun iş yükünden az olması sonucu oluşan varlıklara kuyruk denir. Bir başka ifade ile varlığın başka bir hareketin başlaması için şartların değişmesini beklediği pasif durumlardır (Güner 2008). Varlıklar genelde kendi işlemleri başlayana kadar kuyrukta beklerler. Beklemeler ise bazı sistem şartlarının kombinasyonlarından kaynaklanan tanımsız gecikmedir. Bir varlık herhangi bir kaynakta işlem görmek amacıyla kuyrukta bekliyorsa, kuyrukta bekleme süresinin ne kadar olacağı başka olayların gerçekleşmesine bağlıdır. Basit sistemlerde genellikle “ilk giren ilk çıkar” (FIFO) (first-in-first-out) sıra üstünlüğü prensibi kullanılır. Basit sistemlerin bir diğer karakteristik özelliği de varlıklardan birinin sisteme girdiğinde, kuyruğa da girmiş olması gerektiği durumudur. Ayrıca varlıklardan biri kuyruğa girdinde, servise kabul edilmeden sistemden ayrılamazlar (Chung 2004).

Kaynaklar: Sistemde belirli faaliyetleri gerçekleştirebilmek için dinamik varlıklara hizmet eden ve katma değer katan bir varlıktır. Varlık kaynakta işlem gördüğü süre kadar kaynağı meşgul etmekte ve ardından bırakıp başka bir kaynağa işlem görmek için gitmektedir. Kaynakların boş olması, meşgul olması, arızalı

olması, bloke olması gibi birçok durumu bulunmaktadır. Kaynaklar insan, makine, ekipman olabilmektedir. Yani kaynak varlıklar tarafından belirli bir süre kullanılıp bırakılan, bir kapasitesi olan ve sisteme hizmet eden varlıklardır.

3.1.5.1.3 Sistemin Dinamik Elemanları

Olaylar: Durum değişkenlerinin sistem için de değişkenlik gösterdiği durumlardır. Örneğin kaynağı sistem içinde boş veya dolu olması.

Faaliyetler: Her bir olayda başlanılan işlem ya da prosedürler faaliyet olarak adlandırılmaktadır. Faaliyetler sistem varlıklarının dönüşüm işleminden sorumludurlar (Bilget 2015).

Prosesler: Proses basitçe ardışık olaylar grubudur. Örneğin, bir hammadde iş istasyonuna gelir, burada işlenir ve ardından diğer iş istasyonuna gönderilir (Bilget 2015).

Benzetim saati: Bu, Benzetim ilerledikçe, Benzetim süresinin o anki değerini tutan Benzetim model değişkenidir. Bu değişkenin değerine göre, uygun prosesler Benzetim işleminde sıfırlanırlar (Bilget 2015).

3.1.5.2 Model

Bir sistemin zaman içindeki davranışlarını incelemek için kurulan temsili gösterime model denilmektedir.

3.1.6 Benzetim Modellerinin Sınıflandırılması

Benzetim modelleri, benzetimde esas olan değişkenlerin rassal olup olmamasına göre belirli veya olasılıklı benzetim, sistem ya da sürecin durumuna göre statik ve dinamik benzetim, statik ve dinamik benzetim modellerini de sistem değişkenlerinin değişiminin zaman içinde gözlenmesine göre kesikli ve sürekli benzetim olarak sınıflandırılabilir (Yılmaz 2013).

3.1.6.1 Belirli ve Olasılıklı Benzetim Modelleri

Belirli Benzetim modelleri rassal değişken içermeyen modeller olarak bilinmektedir. Bu modellerde çıktı miktarı girdi miktarına göre belirlenir. Bunun sonucunda model her çalıştığı anda aynı sonucu vermektedir.

Olasılıklı benzetim modelinde girdi olarak bir ya da daha fazla rassal değişken bulunmaktadır. Girdi olarak rastsal değişkenler oluşturularak denemeler yapılan modelde çıktılar da rastsal olmaktadır. Bu modelde çıktı verileri sistemin gerçek davranışının tahmini olarak kullanılabilir.

3.1.6.2 Statik ve Dinamik Benzetim Modelleri

Sistemin zaman boyutunun belirli bir anındaki durumunu gösteren Benzetim modeline statik Benzetim modeli adı verilir. Örneğin, bir üretim sürecinde belirli bir kaynak daima mevcut ise bu kaynağın durumu zamana göre her zaman sabittir. Ne zaman bu kaynağa ihtiyaç duyulsa, bu kaynağa ait durumda beklenen bir değişiklik olmayacaktır. Sistemin belirli bir anıyla ilgilenen Monte Carlo Benzetim modelleri zamandan bağımsız yani *statik modellerdir*.

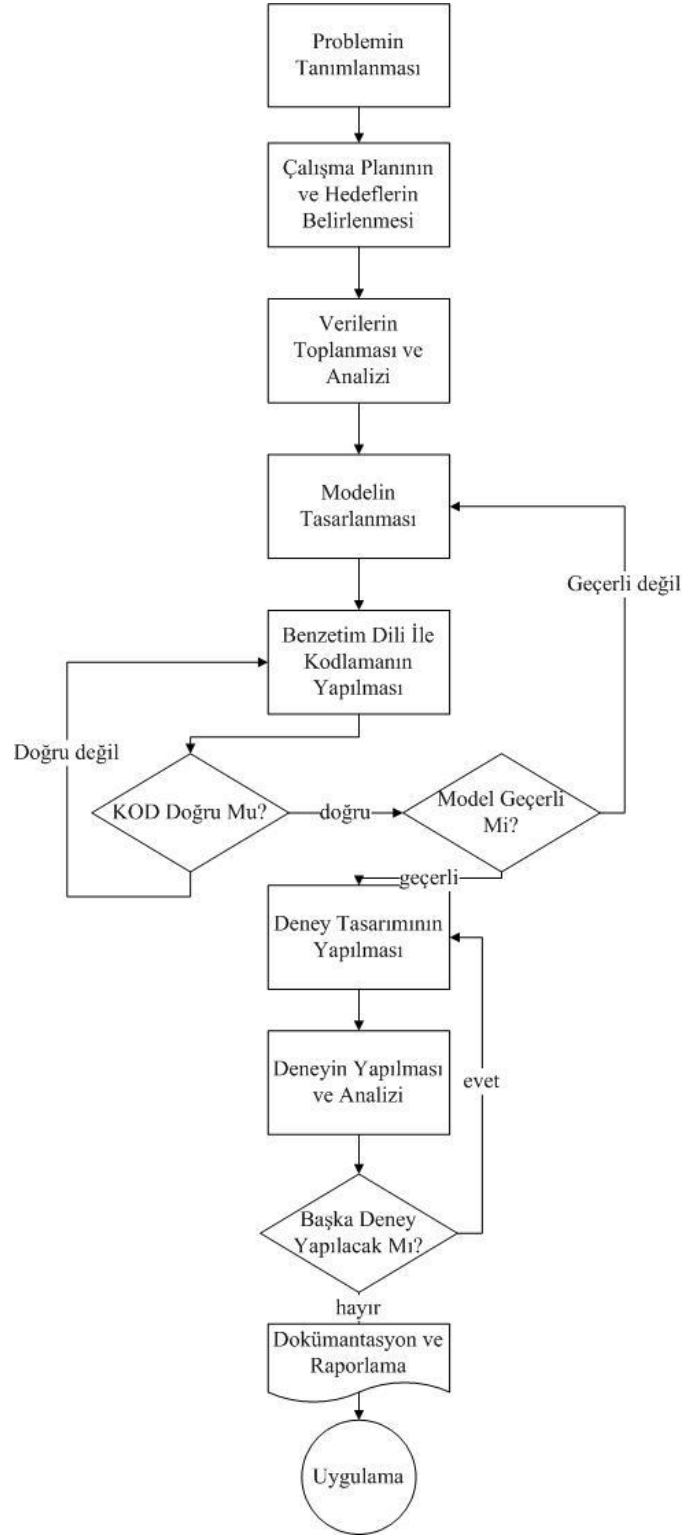
Sistemin zamana bağılı olarak değişkenlerinde meydana gelen değişimin sistem davranışlarını etkilediği benzetim modeline *dinamik benzetim modeli* denir.

3.1.6.3 Kesikli ve Sürekli Benzetim Modelleri

Sistem durumu zaman içinde sadece kesikli noktalarda değişiklik gösteriyorsa *kesikli benzetim modeli*, sistem durumu zaman içinde sürekli değişkenlik gösteriyorsa *sürekli benzetim modeline* uygun olmaktadır. Ancak her zaman kesikli bir benzetim modeli kesikli bir sistem için, sürekli bir Benzetim modeli sürekli bir sistem için kullanılmaz. Bazı durumlarda benzetim modeli kesikli ve sürekli olarak karma model olabilmektedir.

3.2 Benzetim Çalışmasının Adımları

Benzetim çalışma akışı Şekil 3.1 de görülmektedir.



Şekil 3.1: Benzetim Çalışmasının Adımları (Shannon 1975, Gordon 1978, Law and Kelton 2000)

3.2.1 Problemin Tanımlanması

Benzetim çalışmasının ilk adımı problemin açık olarak tanımlanması ile başlamaktadır. Yapılan çalışma mevcut bir ihtiyacı karşılamak için ya da bir problemi çözmek için yapılmadığı sürece eksiksiz ve detaylı olması hiçbir anlam ifade etmemektedir. Daha önceden problem tanımlanmış ise, problemin açık bir şekilde ifade edilip edilmediği kontrol edilmelidir. Problem tanımlandıktan sonra proje takımının içindeki karar vericilerin problemi iyice anladıklarından emin olmak gerekmektedir. Çalışmanın yürütülmesi sırasında da problemin formülasyonlarında değişiklik yapılabilir.

3.2.2 Çalışma Planının ve Hedeflerin Belirlenmesi

Amaçlar benzetim yoluyla cevap aranacak soruları belirler. Bu noktada tanımlanan problem ve belirlenmiş amaçlar için benzetimin doğru araç olup olmadığı belirlenmelidir. Eğer benzetimin uygun araç olduğu belirlenmiş ise genel proje planı, değerlendirilecek alternatif sistem tasarımlarını ve alternatiflerin etkinliğini değerlendirmek için kullanılacak kriterleri içermelidir. Ayrıca bu aşama ihtiyaç duyulacak personel sayısını, gün sayısını ve çalışmanın maliyetinin belirlenmesini içerir. Her aşama sonucunda ulaşılması beklenen sonuçlar da bu aşamada belirlenmelidir (Banks ve Nelson 2004).

3.2.3 Verilerin Toplanması ve Analizi

Veri toplama adımı benzetim çalışmasının en önemli adımlarından biridir. Model için toplanan veriler benzetim sistemine girdi olarak gireceği için verilerin doğru ve gerçeğe yakın olması benzetim çıktısını direkt etkilemektedir. Sistem içindeki operasyon süreleri, makine arızaları, hurda miktarı gibi verilerin doğru bir şekilde toplanıp istatistiksel olarak analizlerinin yapılarak benzetim sistemine girmesi gerekmektedir. Yetersiz veya eksik veri olması durumunda modeli kuran kişi sisteme hâkim kişilerden yardım alabilir, kendisi veri toplayabilir ya da veriler ile ilgili doğru tahminler yapabilir.

Veriler belirli bir zaman dilimi içerisinde sistemin mevcut performansı gözlenerek toplanmaktadır. Zaman etüdü yöntemi en çok tercih edilen veri toplama ve analiz etme yöntemidir. İlk olarak iş ögelerine ayrılır ve her bir öge için kronometre ile iş ögesinin çevrim süresi ölçülür. Örneklem üzerinden ölçülen süreler kullanılarak iş ögeleri için kaç gözlem yapılması gerektiği hesaplanır. Gözlem sayısı yetersiz ise tekrar gözlem yapılır. Sistemden toplanan veriler gözlenen zaman tablolarına girilir. Her bir gözlem iş yapma derecesi ile çarpılarak temel zamanlar hesaplanır. Personeller için toleranslar hesaplanarak standart zamanlar hesaplanır. Standart zamanlar paket programlar kullanılarak analiz edilerek en uygun istatistiksel dağılımlar bulunmaktadır.

3.2.4 Modelin Tasarlanması

Bu aşama sistemi soyutlamak veya indirgemek için mantıksal bir akış diyagramına aktarma işidir. Modelleme bir soyutlamadır ve bu soyutlamanın ölçüsü çalışmanın amacı tarafından belirlenir. Ele alınacak sistemin bir taslağının ya da yerleşim düzenine ait bir çizimin kurulması, çalışmaya çeşitli faydalar sağlar. Ayrıca, sistemi anlamayı kolaylaştırmak için, sistemdeki akışlar ve etkileşimler bu çizimler üzerinde gösterilebilir. Sistemdeki operatörlerin, malzeme tanıyıcıların izledikleri güzergah ve kullandıkları yollar da bu çizimler üzerine aktarılabilir (Coşkuntürk 2006).

3.2.5 Benzetim Dili ile Kodlamanın Yapılması

Modelin kurulacağı benzetim paket programına karar verilir. Modellenen sistemler yüksek miktarda veri içerdiğinden bilgisayar programlarında kodlanarak oluşturulmaktadır. Kodlama ile gerçek sistem bilgisayar ortamında soyut bir sisteme dönüştürülmektedir. Bu nedenle modeli kuran kişinin gerçek sistemi soyut olarak düşünebilmesi gerekmektedir.

3.2.6 Doğrulama ve Geçerlilik

Modeli kuran kişinin planı ve amaçları doğrultusunda çalışan modelin doğru olduğu kabul edilmektedir. Modelin doğruluğu benzetimin çalıştırılarak bütün aşamalarının kontrol edilmesi ile test edilir. Modelde bulunan hatalar düzeltilerek tekrar çalıştırılmakta ve kontrol edilmektedir. Benzetim programlarında bulunan animasyon özelliği modelin doğrulanmasına yardımcı olan araçlardan biridir. Model yavaş çalıştırılarak da kontrol edilebilir. Doğrulama ile modelin ihtiyaçları önemli ölçüde giderilmektedir.

Model geçerliliği, gerçek sistem verileri ile çalıştırılan benzetim sistemin çıktı verileri arasında anlamlı bir fark olup olmadığı araştırmak için, belirli hipotezler kurularak bu hipotezleri istatistiksel yöntemler ile test edip, sonuçlarının analiz edilmesi ile modelin geçerli olup olmadığına karar verme yöntemidir. Kurulan model gerçek sistemin her ayrıntısını yansıtamasa da gerçek sistemi temsil etmeli ve belirleyici özelliklerini yansıtmalıdır. Geçerlilik bir modelin gerçek sistemi yeteri kadar yansıtıp yansıtmadığının istatistiksel olarak test edilmesidir.

Doğrulama ve geçerlilik modelin güvenilir olduğunu belgelemektedir.

3.2.7 Deney Tasarımının Yapılması

Modelin geçerliliği test edildikten sonra sıra deney tasarımına gelmektedir. Model kurucu modelin geçerli olduğuna karar verdikten sonra model performansını değerlendirmek, proje problemlerine çözüm bulmaya yardımcı olmak ve sistem davranışlarını detaylı olarak incelemek için benzetim deneyleri gerçekleştirir. Model kurucu belirli bir sayıda senaryo belirler ve bu senaryoları çalıştırarak çalışmalarını için veriler toplar. Senaryolarla ilgili performans ölçümlerinin yeterli derece istatistiki güvenilirlik kazanması için her senaryo birçok kez çalıştırılmalı ve rastsal sayıların farklı sıralarına bağlı olarak tekrar edilmelidir (Altiok ve Melamed 2007).

3.2.8 Deneyin Yapılması ve Analizi

Tasarlan deneyler bu adımda model üzerinde denenmektedir. Model birden fazla kez çalıştırılarak elde edilen sonuçların ortalaması alınmalıdır.

Benzetim modelinde, performans çıktı değerlerinin yansız tahmini için sistemi başlangıç durumu etkilerinden arındırmak gerekmektedir. Özellikle sonlanmayan modellerde, sistemin durağan duruma ulaşana kadar geçirdiği süre yani ısınma periyodu istatistikleri, performans çıktı değerlerinin üzerindeki yanlı etkilerinin ortadan kaldırılması için hesaplamalara dâhil edilmemelidir. Benzetim modelinin kararlı hale geçene kadarki süreye ısınma süresi denir ve bu sürede modelden toplanan veriler silinerek benzetim sonucundaki çıktıyı etkilemez.

3.2.9 Dokümantasyon ve Raporlama

Benzetimin yapım aşamalarının düzgün bir şekilde raporlanarak belgelenmesi ileride bu benzetim üzerinde yapılacak herhangi bir değişikliğe büyük kolaylık sağlamaktadır. Benzetim sonucundaki çıktı verilerinin analiz edilerek açık bir şekilde raporlanması gerekmektedir. Raporlama alternatif sonuçların karşılaştırılmasını, performans ölçümlerini, deneme sonuçlarını ve önerileri içermektedir.

3.2.10 Uygulama

Bu aşamada benzetim modelinden elde edilen öneriler gerçek sistemde uygulanabilmektedir.

3.3 Montaj Hatlarında Benzetim

Günümüzde üretim sektörlerindeki rekabetten dolayı üreticiler üretim sistemlerini tekrar gözden geçirmektedirler. Karmaşık sistemlere sahip üretim sistemlerinin mevcut çalışma düzeninde çalışmaya devam ettiğinde yeterli verimin alınamayacağı görülmektedir.

Montaj hatlarında parçalar belirli operasyonlardan geçerek nihai ürüne dönüşmektedir. Ürünün üretilmesi için gereken operasyonlar iş ögelerine bölünerek iş istasyonlarına atanmaktadır. Her iş istasyonuna gerekli sayıda kaynak atanarak sistemin problemsiz bir şekilde çalışması öngörülür. Montaj hatlarında süreç içi mükemmelliği sağlamak sistemin tamamının mükemmel olduğu anlamına gelmemektedir. Montaj hatlarında karşılaşılan problemlerin çoğu iş istasyonları arasındaki koordinasyon eksikliğinden kaynaklanabilmektedir. Montaj hattı içerisindeki israfları, darboğaz noktalarını ve ara stokları görebilmenin yolu sistemi bütünsel olarak incelemektir. Montaj hatlarında iş istasyonları arasındaki koordinasyon optimize edilmesi gerekmektedir. Montaj hattında karşılaşılan problemleri çözenin en iyi yollarında biri benzetim tekniğidir.

Benzetim tekniği, karmaşık sistemlerin davranışlarını incelemek için sistem bileşenlerinin hareketlerini hesaplar. Benzetim, sisteme giren ve çıkan parça sayısını, sistemdeki darboğaz noktasını, kaynak kullanım oranlarını, kuyruk bekleme sürelerini, kuyrukta bekleyen sayısını, ara stokları analiz ederek çözüm için alternatif geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Benzetim tekniği sayesinde gerçekte var olmayan modeller üzerinde deneyler yapılarak kararlar alınabilmektedir.

Benzetim tekniği üretim sistemlerinin planlanması, yerleşimi, iyileştirilmesi gibi birçok alanda kullanılabilir. Montaj hatlarından elde edilen veriler benzetim tekniği ile analiz edilerek benzetimi yapılan sistemin davranışları incelenmektedir.

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu tez çalışmasında Denizli’de faaliyet gösteren bir tekstil firmasının konfeksiyon üretimindeki hat dengeleme sorunu ele alınmıştır. Problemi çözmek için benzetim tekniğinden faydalanılmıştır. Konuyla ilgili literatür çalışmalarına bakıldığında konfeksiyon üretiminde benzetim çalışmalarının oldukça az olduğu gözlenmiştir. Çalışmalar Tablo 4.1’de kısaca özetlenmiş, konu ve metot açısından sınıflandırılmıştır.

Tablo 4.1: Konfeksiyon üretiminde benzetim çalışmaları

Yazar	Konu	Metot
Eryürük (2005)	Çok modelli bir konfeksiyon işletmesinde beş farklı model için dikim bölümü montaj hattı dengelemesi	Konum Ağırlıklı Dengeleme Tekniği ve Probabilistik Hat Dengeleme Yöntemi
Rajakumar ve diğ.(2005),	Konfeksiyon işletmesinde az iş yükü olan işçilere yeni işler atayarak üretim hattını dengeleme	Simülasyon programı C++
Güner ve Ünal (2008)	Konfeksiyon işletmesi dikim bandında hat dengeleme	Benzetim metodu
Kurşun ve Kalaoğlu (2010)	Konfeksiyon işletmelerinde bant dengeleme	Benzetim metodu
Gürsoy (2011)	Hazır giyim işletmelerinde hat dengeleme	Tamsayılı matematiksel programlama metodu
Chen ve diğ. (2012)	Konfeksiyon endüstrisinde farklı iş becerisi seviyelerine sahip dikiş hatları için bir gruplandırma genetik algoritması (GGA) geliştirilmiştir.	Gruplama Genetik Algoritması

Yazar	Konu	Metot
Çörekci (2014)	Atölye tipi üretim sistemlerinde bir problem olan üretim planlama ve iş çizelgeleme	Benzetim Tekniği
Güner ve diğ. (2014)	Bir konfeksiyon işletmesinde kazak üretimi yapan dikim hattı dengelemesi.	En uzun işlem süresi- En kısa işlem süresi
Kayar ve Akalın (2014)	Bluz dikim bandında metot analizi	Konum Ağırlık Yöntemi
Bilget (2015)	Konfeksiyonda yalın üretim yapılan bir işletmede hat dengeleme çalışması	Benzetim Tekniği
Nagi ve diğ. (2017)	114 farklı ürünün monte edildiği gerçek bir motor montaj hattının simülasyonu	Çekme Benzetim Modülü
Aslan ve diğ. (2017)	Çalışmalarında montaj hattının dengelenmesi ve üretim süreçlerinin iyileştirilmesi	Benzetim metodu
Zhou ve diğ. (2018)	Karmaşık ürün montaj üretim hattı analizi.	Benzetim Tabanlı Planlama Yöntemi
Sadeghi ve diğ. (2018)	Bir ayakkabı şirketinin dikiş sistemleri	Değişken Komşuluk Arama (VNS) meta-sezgisel yöntemine dayanarak ve Sıralı Konum Ağırlıklı (RPW)
Sime ve diğ. (2019)	Bayan tuniği üretimi için hat dengeleme çalışması	Benzetim Tekniği

Yazar	Konu	Metot
Liu ve diğ. (2019)	Stokastik karma model montaj hattı için bağlantı hattı dengeleme ve ara stok tahsisi	Genetik Algoritma
Illgen ve diğ. (2019)	Gerçek zamanlı üretim verilerine dayalı yinelemeli simülasyon çalışmaları yürüterek otomatik planlama rehberliği	Benzetim Tekniği

Rajakumar ve diğ. (2005), çalışmalarında konfeksiyon işletmesinde az iş yükü olan işçilere yeni işler atayarak üretim hattını dengelemeye çalışmıştır. Bunun için bir bilgisayar simülasyon programı C++'da yazmış ve çizelgeleme stratejisi olarak rastgele, kısa işlem süresi önce ve uzun işlem süresi önce kombinasyonlarını kullanmıştır.

Eryürük (2005), çalışmasında çok modelli bir konfeksiyon işletmesinde beş farklı model için dikim bölümü montaj hattı dengelemesi yapmıştır. Çevrim süreleri ve üretim oranları önceden bellidir. Amaç sabit bir çevrim süresi için optimum iş gücü ve makina kullanarak en yüksek hat etkinliğini elde etmektir. Uygulamanın ilk aşamasında her model için dikiş işlemlerini kullanan makineleri ve iş ögesi sıralarını gösteren operasyon tabloları hazırlanmış ve her modeldeki her bir iş ögesi için geçen süre üretim sırasında yapılan zaman etüdü çalışması ile belirlenerek bu süreye işçinin temposu ve gecikme süreleri eklenmiş ve standart süreye ulaşılmıştır. Bu şekilde elde edilen veriler baz alınarak "Konum Ağırlıklı Dengeleme Tekniği" ve "Olasılıksal Hat Dengeleme Yöntemi" ile montaj hattı dengelemesi yapılmıştır.

Güner ve Ünal (2008), çalışmalarında konfeksiyon işletmesi t-shirt dikim bandında simülasyon çalışması yapmışlardır. Gerek sistemden topladıkları verileri arena programında aktararak alternatifler oluşturup en iyisini bulmayı hedeflemişlerdir. Sezgisel bir algoritma önermişlerdir. Önerdikleri algoritmayı, bir pantolon dikim hattını U-tipi ve düz hat olarak Arena simülasyon programı ile simüle ederek sınımışlardır.

Chen ve diğ. (2010), çalışmalarında konfeksiyon endüstrisinde farklı iş becerisi seviyelerine sahip dikiş hatları için bir gruplandırma genetik algoritması (GGA) geliştirilmiştir. Gruplandırma genetik algoritması GGA, iş yükünü farklı iş gücü beceri seviyeleri için makineler arasında mümkün olduğunca eşit bir şekilde tahsis edebilir, böylece ortalama mutlak sapmalar (MAD) en aza indirilebilir sonucuna varılmıştır. Hazır giyim fabrikalarından elde edilen gerçek veriler ve deneysel tasarım GGA'nın performansını değerlendirmek için kullanılmıştır. Üretim yöneticileri, kısa devre süresi ve yüksek iş gücü kullanımı gibi önemli hedefler için dikiş hatlarını hızlıca tasarlamak için araştırma sonuçlarını kullanmışlardır.

Kurşun ve Kalaoğlu (2010), çalışmalarında konfeksiyon işletmelerinde simülasyon metoduyla bant dengelemeyi gerçekleştirmişlerdir. İlk olarak dikim bandında iş zaman etüdü yapılmıştır. Daha sonra, toplanan veri dağılım uygunluğu ve teorik dağılımlara uygunluk için Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmıştır. Ardından modeli kurmak için, elde edilen verilere ait dağılımlar simülasyon modeline transfer edilmiştir. Model kurulduktan sonra çalıştırılmış ve modelin geçerliliği gerçek sistem ile karşılaştırılarak sınanmıştır. Modeli kurmak için ENTERPRISE DYNAMICS simülasyon programı kullanılmıştır.

Gürsoy (2011), çalışmasında, hazır giyim işletmelerinde kullanılmak üzere esnek bir üretim aralığı ile operatör başına düşen en az boş zamanı arayan bir tamsayı matematiksel programlama metodu geliştirmiştir. Ayrıca minimum operatör sayısını belirleyen, operatör başına boş zamanı bulan ve esnek olan veya olmayan operasyonları dikkate alan bir sezgisel algoritma tasarlanmış ve C++ dilinde bir yazılım programlanmıştır. Yazılım yardımı ile model verileri değerlendirilerek yüksek verimlilikte hat dengeleme sonuçları sunulmuştur.

Kayar ve Akalın (2014), çalışmalarında bluz dikim bandında gerçekleştirilen operasyonlar eleştirel bir gözle incelenmiş ve dört operasyon üzerinde yapılan metot analizi çalışmalarının sonuçları verilmiştir. Daha sonra mevcut durumdaki operasyon süreleri ile metot analizi çalışmaları sonucunda elde edilen operasyon süreleri dikkate alınarak Konum Ağırlık Yöntemi ile montaj hattı dengelemesi yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, metot analizinin üretim hacmi ve montaj hattı verimliliği üzerine etkisini incelemek ve metot analizi çalışmalarının önemine vurgu yapmaktır.

Çörekçi (2014), çalışmalarında atölye tipi üretim sistemlerinde bir problem olan üretim planlama ve iş çizelgeleme için simülasyon ile zamana duyarlı olarak, kendini sürekli yenileyen dinamik bir model geliştirilmiştir. Bunun için ilk olarak 50 farklı ürün üretilebilecek ve içerisinde dörder adet özdeş yani aynı işleri yapabilen makine bulunan, dört iş merkezli hayali bir atölye tasarlanmıştır.

Güner M ve diğ. (2014), çalışmalarında bir konfeksiyon işletmesinde sweatshirt üretimi yapan dikim hattı en uzun işlem süresi ve en kısa işlem süresi metotları ele alınarak dengelenmiştir. Dengelenme sonucunda elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Bilget (2015), çalışmasında konfeksiyonda yalın üretim yapılan bir işletmede, üç farklı ürünün üretim süreçlerini inceleyerek üretim süreleri belirlemiş, sürelerin gösterdiği istatistiksel dağılım göz önüne alarak, simülasyon modelleri oluşturmuştur. Modelin geçerliliği günlük üretim adedi baz alınarak istatistiksel olarak kontrol edilmiştir. Daha sonra yalın üretim gereklerine bağlı olarak mevcut modeller yeniden tasarlanıp SIMUL8 yazılımında alternatif modeller oluşturulup incelenmiştir. Bunun yanı sıra, simülasyon uygulamasıyla hat dengelemeyi sağlayacak yeni bir algoritma geliştirilmiştir. “Kalp Algoritması” adı verilen uygulama, tüm modeller üzerinde denenmiş ve kişi başı üretimi arttıracak, olumlu geri dönüşler alınmıştır.

Nagi M. ve diğ. (2017), çalışmalarında 114 farklı ürünün monte edildiği gerçek bir motor montaj hattını taklit etmek için çekme simülasyon modülünü kullanmışlardır. Hat dengelemesinin ve devam etmekte olan çalışmanın kontrolünün, iş üretim oranını iyileştirmek için itici unsur olduğu bulunmuştur. Simülasyon modellemesi ve analizi için deneylerin etkili tasarımının geliştirilmesi, değişikliklerin etkisinin doğrulanmasına yardımcı olmuştur. Önerilen çözümlerin motor montaj hattının üretim hızını %14 artırdığı sonucuna varılmıştır.

Aslan Ş. ve diğ. (2017), çalışmalarında montaj hattının dengelenmesi ve üretim süreçlerinin iyileştirilmesi için benzetim yöntemini kullanmışlardır. Bu yöntem kullanılarak söz konusu işletmenin kapasite kullanım oranları büyük oranda artmıştır. Üretim hattındaki işçiler daha verimli kullanılarak aynı işçi sayısı ile üretim kapasitesi artırılmıştır. Ayrıca çalışmada, tekstil gibi emek yoğun endüstriler üretim

sahalarında benzetim tekniğini kullanarak işçi gücü planlamasını çok daha pratik ve verimli bir şekilde yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Zhou W. ve diğ. (2018), çalışmalarında, karmaşık ürün montaj üretim hattının özellikleri analiz ederek, planlama şemasının doğrulanması ve geliştirilmesi için ürün için ayrık olay simülasyon teknolojisi ile birleştirilmiş bir montaj sistemi planlama yöntemi açıklamışlardır. Hat çıkışı, çevrim süresi, darboğazlar ve süreç içinde çalışma kontrol stratejisinin analizine göre karşılaştırılmış çeşitli senaryolar denenmiştir. Simülasyon tabanlı planlama yöntemi, yeni üretim hattının tasarımına karar verilebilmesi için yeterli veri desteği sağlamıştır

Sadeghi P. ve diğ. (2018), çalışmalarında, gerçek bir endüstriyel bağlamda yeni karışık model Montaj Hattı Dengeleme Sorunlarına (MHDP), bir ayakkabı şirketinin dikiş sistemlerine değinmişlerdir. İş, bu sektörle devam eden büyük projelerin bir parçasıdır ve temel amaçlar, gerekli iş istasyonlarının sayısını en aza indirmek ve operatörlerin iş yükünü azaltmaktır. Şirket, düzinelere iş istasyonu ve birçok hareketli kutuyu barındıran yeni esnek otomatik montaj sistemlerine yatırım yapmıştır. Ayakkabı bileşenleri, depolardan uygun bir iş istasyonuna veya herhangi bir iş istasyonu arasında (herhangi bir sırada) hareket edebilen kutuların içinde (çeşitli miktarlarda) bulunmaktadır. Bu, farklı vasıflı operatörlerin ve makinelerin atanmasının aynı anda gerçekleştirilmesi gerçeği, MHDP'nin önemli ve farklı bir özelliğidir. Kısmen durumun anlaşılmasını kolaylaştırmak ve küçük boyutlu örnekleri çözmek için bir optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Sorunların karmaşıklığı nedeniyle, Değişken Komşuluk Arama (VNS) meta-sezgisel yöntemine dayanarak ve Sıralı Konum Ağırlıklı (RPW) yönteminin bir uyarlamasını entegre ederek yaklaşık bir yöntem tasarlamaya çalışılmıştır. Uyarlanmış RPW yöntemi, özel operatörleri ve makineleri önceden atarken ilk uygulanabilir çözümleri oluşturmak için kullanılmıştır. İyi başlangıç çözümleri seçildikten sonra, kalitelerini artırmak için VNS uygulanmıştır. RPW-VNS bal olarak adlandırılan yeni katkıda bulunan yöntem, orta ve büyük örneklerle iki ayrı dikiş sisteminde test edilmiştir. Amaç fonksiyonun daha düşük sınırı ve simülasyon, çözümlerin ve uygulanabilirliklerinin değerlendirilmesine katkıda bulunmuştur. Proje ekibi tarafından uygulanan sonuçlar, RPW-VNSbal yönteminin yeterince hızlı olduğunu ve şirketin deneyimli operasyon yöneticileri tarafından uygulananlardan daha iyi çözümler sunduğunu göstermiştir.

Sime ve diğ. (2019), çalışmalarında bayan tuniği üretimi için hat dengeleme çalışması yapılmıştır. Üretimde 62 farklı operasyon mevcuttur. Deneysel sonuçlarını simülasyon tekniği ile analiz edilmiştir. Simülasyon tekniğinin hazır giyim endüstrilerinin, etkili hat dengeleme yoluyla kaynaklarının kullanımını optimize etmelerine yardımcı olacağı sonucuna varılmıştır.

Liu X. ve diğ. (2019), çalışmalarında stokastik karma model montaj hattı için bağlantı hattı dengeleme ve tara stok tahsisine yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. Tek bir istasyon için zaman çeşitliliği karmaşıklığı, tüm bir hat için zaman çeşitliliği karmaşıklığı ve zaman stokastik dalgalanma karmaşıklığı olmak üzere üç tür karmaşıklık tanımlanmıştır. Verimliliği en üst düzeye çıkarmak, karmaşıklığı ve toplam tampon kapasitesini en aza indirmek amacıyla hat dengeleme ve tampon tahsisi için entegre bir optimizasyon modeli oluşturulmuştur. Daha sonra modeli çözmek için geliştirilmiş bir genetik algoritma uygulanmıştır. Son olarak, yöntemin etkinliği bir karma model montaj hattı örneği ile doğrulanmıştır.

Illgen B. ve diğ. (2019), çalışmalarında, simülasyon güçlerinin kısa vadeli planlamaya katkıda bulunmak için nasıl uyarlanabileceği yaklaşımı açıklamışlardır. Gerçek zamanlı üretim verilerine dayalı yinelemeli simülasyon çalışmaları yürüterek otomatik planlama rehberliği oluşturulmuştur. Bu prosedürün, gerçek zamanlı yetenekli bir arayüz tarafından üretilen sürekli güncellenen baz nedeniyle reaksiyon süresini azalttığı ve genel planlama kalitesini iyileştirdiği sonucuna varılmıştır. Makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak gelecekteki planlama görevleri için veri girişini geliştirmek amacıyla geçmiş verilerin nasıl kullanıldığı gösterilmiştir.

Konuyla ilgili literatür çalışmalarına bakıldığında bu alanda çalışmanın oldukça az olduğu görülmüştür. Literatür taraması çalışması sonucu elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir.

- Yapılan literatür araştırmaları sonucuna göre tekstil işletmelerinde en fazla maliyet oluşturan yer dikim atölyeleri olduğu için iyileştirme çalışmaları için genellikle dikim atölyeleri seçilmiştir.
- Benzetim tekniği kullanılarak yapılan çalışmalarda ürünlerin üretim süreçleri incelenmiş ve istatistiksel dağılımlar göz önüne alınarak benzetim modelleri oluşturulmuştur.

- Yapılan montaj hattı dengeleme çalışmalarında konum ağırlıklı dengeleme tekniği, benzetim metodu, graplama genetik algoritması, değişken komşuluk arama (VNS- Variable Neighborhood Search) meta-sezgisel yöntemine dayanarak ve sıralı konum ağırlığı, en uzun işlem süresi-en kısa işlem süresi yöntemleri kullanılmıştır.

Bu alışma kapsamında gerçek bir problem ele alınmış ve benzetim tekniğinden faydalanarak konfeksiyon üretiminde hat dengeleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Bir sonraki bölümde uygulama çalışması detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

5. UYGULAMA

Bu çalışmada benzetim tekniği kullanılarak, Denizli ilinde faaliyet gösteren bir konfeksiyon işletmesinin dikimhane bölümünde hat dengeleme çalışması yapılmıştır. Çalışma kapsamında uzun kollu erkek kazak üretim bandı ele alınmıştır.

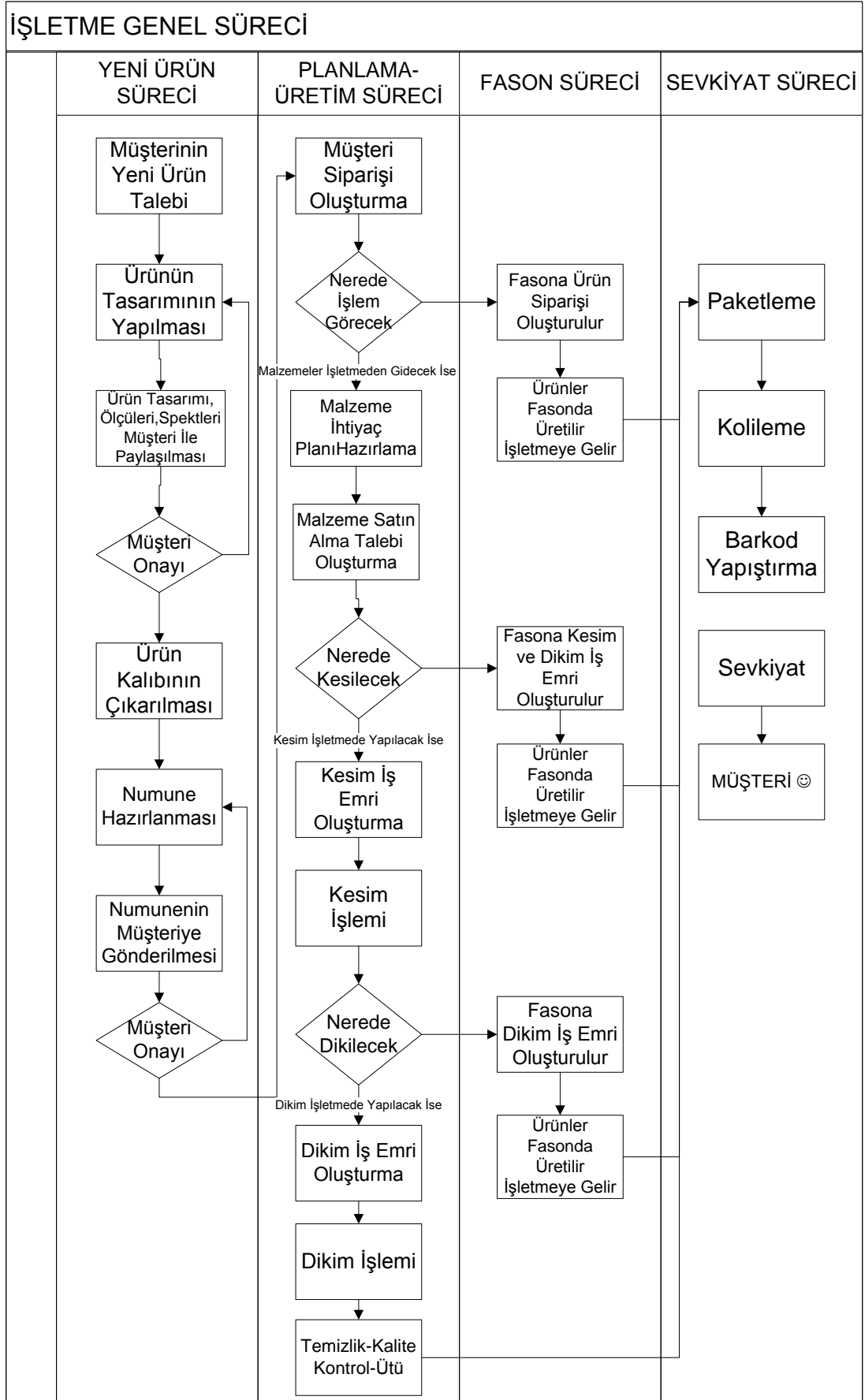
İşletmede modelhane, kesim ve dikimhane bölümleri bulunmaktadır. İşletmeye 500'e yakın ürün çeşidi siparişi gelmektedir. Ürünlerin bir kısmı fason olarak dışarıda diktirilmekte ve bir kısmı ise fason olarak dışarıya dikilmektedir. T-shirt, uzun kollu kazak, polar, eşofman altı, bez çanta, önlük ürün grupları işletme bünyesinde dikilmektedir. Mont, yelek, pantolon, gömlek gibi ürün grupları fason olarak çalışan işletmelerde diktirilmektedir.

Müşteri talep ettiği ürünü işletmeye elektronik posta yolu ile bildirmektedir. Tasarımcı, müşteri istekleri doğrultusunda ürün tasarımını gerçekleştirmektedir. Ürün tasarımı, ürün özellikleri ve beden ölçüleri müşteri ile paylaşılmaktadır. Müşteri onayı alındıktan sonra ürünün CAD-CAM programı ile kalıplarını çıkartılmaktadır. Ürün özelliklerine uygun kumaştan çıkarılan kalıba göre kesim yapılmaktadır. Kesimi yapılan ürün dikilmektedir. Hazırlanan numune müşteriye kargo ile gönderilmektedir. Ürün müşteri onay sürecini geçer ise müşteri tarafından sipariş oluşturulmaktadır. Ürün yeni ürün değil ise müşteri direkt olarak sipariş oluşturur. İşletmede dört farklı müşteri siparişi karşılama yöntemi bulunmaktadır.

- İşletmede kesim ve dikim yapılmaktadır.
- İşletmede kesim yapılmakta, aksesuarlar ve kesilmiş parçalar fasona gönderilmekte, fasonda ürün dikilmektedir.
- Fasona kumaş ve aksesuarlar gönderilmekte, fasonda kesim ve dikim yapılmaktadır.
- Fason malzemeleri almakta, fasonda kesim ve dikim yapılmaktadır.

Siparişi gelen ürünün ürün grubuna, bant kapasitesine, üretim planına göre nerede kesileceğine ve dikileceğine karar verilmektedir. Ürünün malzemeleri işletmeden gönderilecek ise sipariş verilerine göre malzeme ihtiyaç planı ve üretim planlaması yapılmaktadır. Eksik malzemelere ait satın alma talepleri

oluşturulmaktadır. Ürün işletmede kesilecek ise kesim planı yapılmaktadır. Ürünün malzeme ihtiyacı tamamlandıktan sonra kesim için iş emri oluşturulmaktadır. Ürün işletmede dikilecek ve üründe nakış baskı işlemleri var ise dışarıdan fason hizmet alınmakta ve nakış baskı işlemleri yaptırılmaktadır. Nakış baskıdan gelen ürünler, üretim planına göre konfeksiyon bölümünde dikilmektedir. Ütü, temizlik, kalite kontrol ve paketleme aşamaları tamamlan ürünler sevkiyata hazır olmaktadır. Ürünün malzemelerini fason işletme alacak ise fasona sipariş geçilerek ürün satın alınmaktadır. Ürünün kesimi fasonda yapılacak ise kumaş ve aksesuar malzemeleri fason işletmeye gönderilmektedir. Ürün dikimi tamamlandığında işletmeye gelmektedir. Ürünün kesimi işletmede yapılacak ise kesim planlanmakta ve kesim gerçekteştikten sonra kesilmiş parça ve malzemeler fason işletmeye gönderilmektedir. Ürün dikimi tamamlandığında işletmeye gelmektedir. Fasonda dikilen ürünler sevkiyat için işletmede hazırlanmaktadır. Sevkiyat planı yapılıp ürünler müşteriye teslim edilmektedir. Şekil 5.1’de işletmenin genel süreci çizilmiştir.



Şekil 5.1: İşletme Genel Süreci

5.1 Mevcut Durum Analizi

5.1.1 İşletme Mevcut Durum Analizi

Uygulama işletmenin dikim atölyesinde yapılmıştır. İşletmede hafta içi çalışma saatleri 08:00-18:00 arasındadır. Günde iki defa 15 dakika çay molası, bir defa 30 dakika yemek molası verilmektedir. Toplam mola süresi bir saattir. Günlük çalışma saati dokuz saattir. Atölyede sekiz makineci, bir ütü, üç temizlik kalite, bir paketlenme, bir kolileme, üç ayakçı, bir usta başı olmak üzere 18 personel çalışmaktadır. İşletme günde bir vardiya dokuz saat çalışmaktadır. 16 düz dikiş makinesi, 13 overlok, üç reçme, bir punterez, bir çift iğne, bir merdaneli sekiz iplik, iki ilik, iki düğme, bir çit çit olmak üzere 40 adet makine bulunmaktadır. İşletmenin tek vardiya kapasite kullanım oranı %30'dur.

Konfeksiyon işletmelerinde direkt işçilik maliyetinin en yüksek olduğu yer dikim işleminin gerçekleştiği atölyelerdir. Uygulama yapılan işletmede ürünlerin birim maliyetleri çok yüksek olduğundan konfeksiyonun sürekli olarak zarar ettiği gözlenmektedir. Bu da işletmenin büyümesini engellemekte ve siparişlerin fason olarak dışarıda dikilmesine sebep olmaktadır. Rakip firmaların satış fiyatının üzerinde verilen teklifler işletmenin sipariş alamamasına ve bazı dönemlerde bandının boş kalabilmesine ve stok yapmasına neden olmaktadır. Konfeksiyon dikim hattında yapılacak iyileştirme çalışması işçilik maliyetini ve dolayısı ile ürün birim maliyetini azaltacaktır.

Bu çalışmada benzetim tekniği kullanılarak hat dengeleme çalışması yapılmıştır. İlk olarak işletmenin dikimhane bölümü genel olarak incelenmiş ve MS Visio programı kullanılarak Şekil 5.2'de gösterilen işletmenin yerleşim planı çizilmiştir.

Dikimhane bölümünde mevcut durum incelenerek şu gözlemler yapılmıştır.

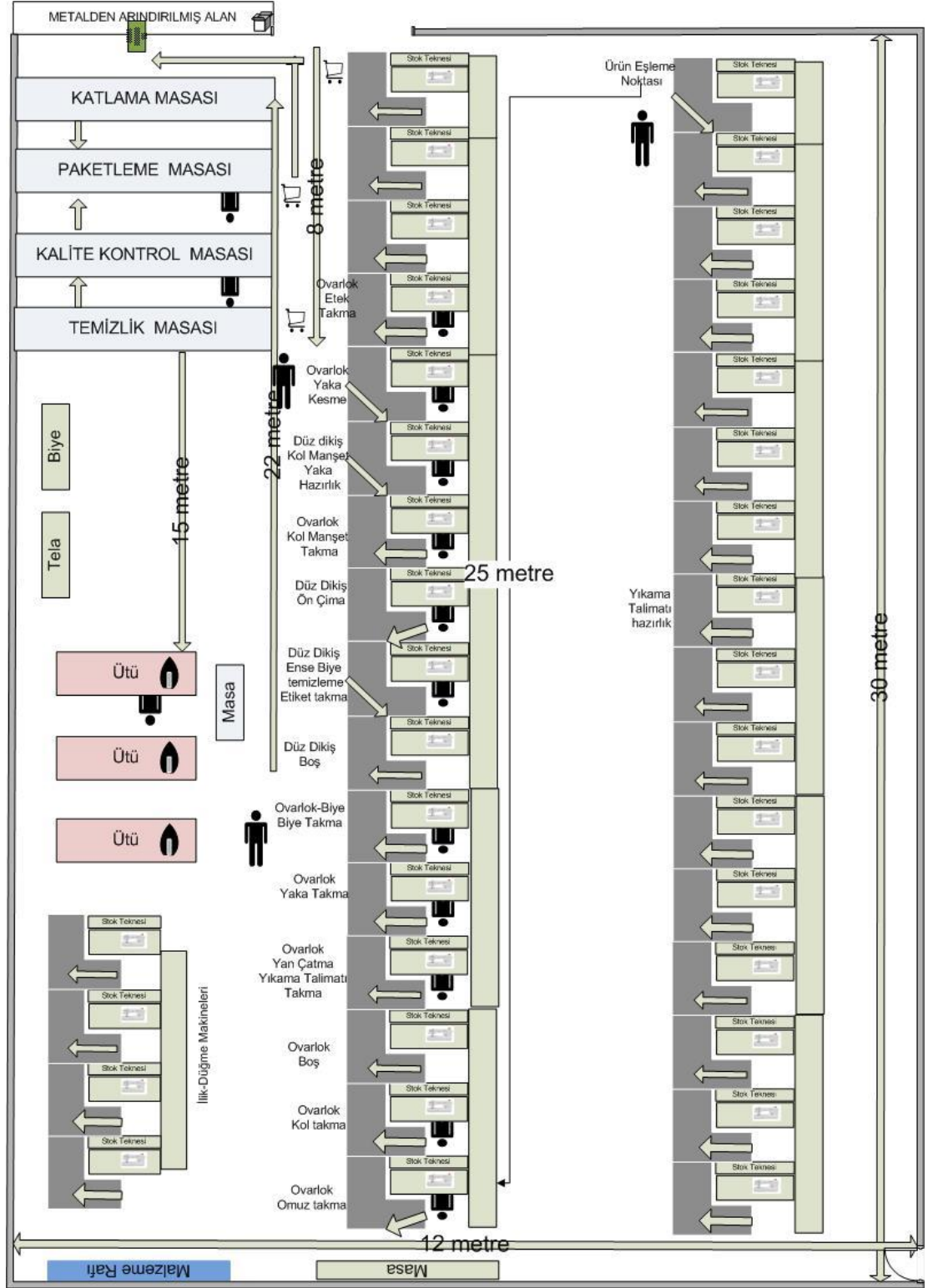
- Yerleşim planının iş akışına uygun olmadığı
- Taşımaların çok fazla olduğu,
- Üretim bandının yalın bir bant olmadığı
- Ara stokların çok fazla olduğu

- Aracı personelin çok fazla olduğu ve sürekli yarı mamul taşıdıkları,
- Katma değeri olmayan işlerin çok olduğu
- Üretim bandının esnek olmaması
- Ürün değişiminde hazırlık işleminin uzun sürmesi kaynaklı üretim bandının iş akışına uygun olmayan şekilde sıralanması
- Ütü masalarının yanlarında uygun masalar olmaması
- Kalite kontrol masaların kalite için uygun olmaması
- Malzeme rafının dağınık olması gereksiz birçok malzemenin dikimhanenin içinde olması
- Makine teknik personelinin olmaması, dışarıdan teknik destek alınması
- Makine arızalandığında çözüm süresinin uzun olması
- Personelin değişime ve yeniliğe kapalı olması
- Yetersiz sayıda personel olması
- Bir personelin birden fazla sayıda operasyonda görev alması
- Performans ve prim sisteminin olmaması
- Personelin verimliliğinin ölçülmemesinden kaynak rahat çalışması
- Personelin çalışma alanında kişisel eşyalarını koyabileceği çekmece dolap olmaması

Uygulama yapılmak üzere “erkek uzun kollu kazak” ürünü seçilmiştir. seçili ürünün iş adımları belirlenmiş ve zaman etüdü çalışması yapılmıştır.

Erkek uzun kollu kazak mevcut üretim süreci bant yerleşimi incelenmiştir. İlk olarak ön ve arka beden parçaları eşlemesi yapılmaktadır. Eşleme yapıldıktan sonra omuz çatma operasyonuna yarı mamuller taşınmaktadır. Bu mesafe 25 metredir. Omuz çatma operasyonu bittiğinde aracı biten yarı mamulü taşımaktadır. Günde 30 kere bu işlemi gerçekleştirildiği gözlenmiş ve gidip dönmesi 25 dakika olarak hesaplanmıştır. Üretim bandı iş akışına uygun olarak yerleştirilmediği görülmektedir. Bantta operasyon sayısından fazla makine bulunmaktadır. Hazırlık işlemleri bandın içerisinde yer almaktadır. Operasyonlar arasında boş makineler bulunmaktadır. Her makine operatörü yaptığı ürünü önündeki stok teknesine atmaktadır. Bantta ürün akışı gerçekleşmediğinden dolayı ortacı adı verilen ara elemanlar bir makine operatörünün önündeki stok alanından yarı mamulleri alıp düzeltip diğer makine operatörüne ürün taşımaktadırlar. Buda ortacı sayısının çok olmasına ve verimli

kullanılmamasına neden olmaktadır. Temizlik, kalite kontrol, ütü, katlama, paketleme masalarının yerleşimi üretim akışına göre uygun değildir. Temizlik masası ile ütü arasında 15 metre, ütü ile katlama masası arasında 22 metre uzaklık bulunmaktadır. Ütü-paket-temizlik personelleri sürekli hareket halinde ürün taşımaktadırlar. Temizlik ile ütü arasında bir seferde 15 ürün taşımaktadırlar. Günde 40 kere temizlik- ütü arasında giden bir personel 20 dakika temizlik- ütü arasında yürümektedir. Ütü ile katlama arası 30 metredir. Günde 30 kere ütü paketleme arasında giden personel 30 dakika yürümektedir. Özetle, üretimde çalışan bir kişi gününün 60 dakikasını sadece yürüyerek geçirmektedir.



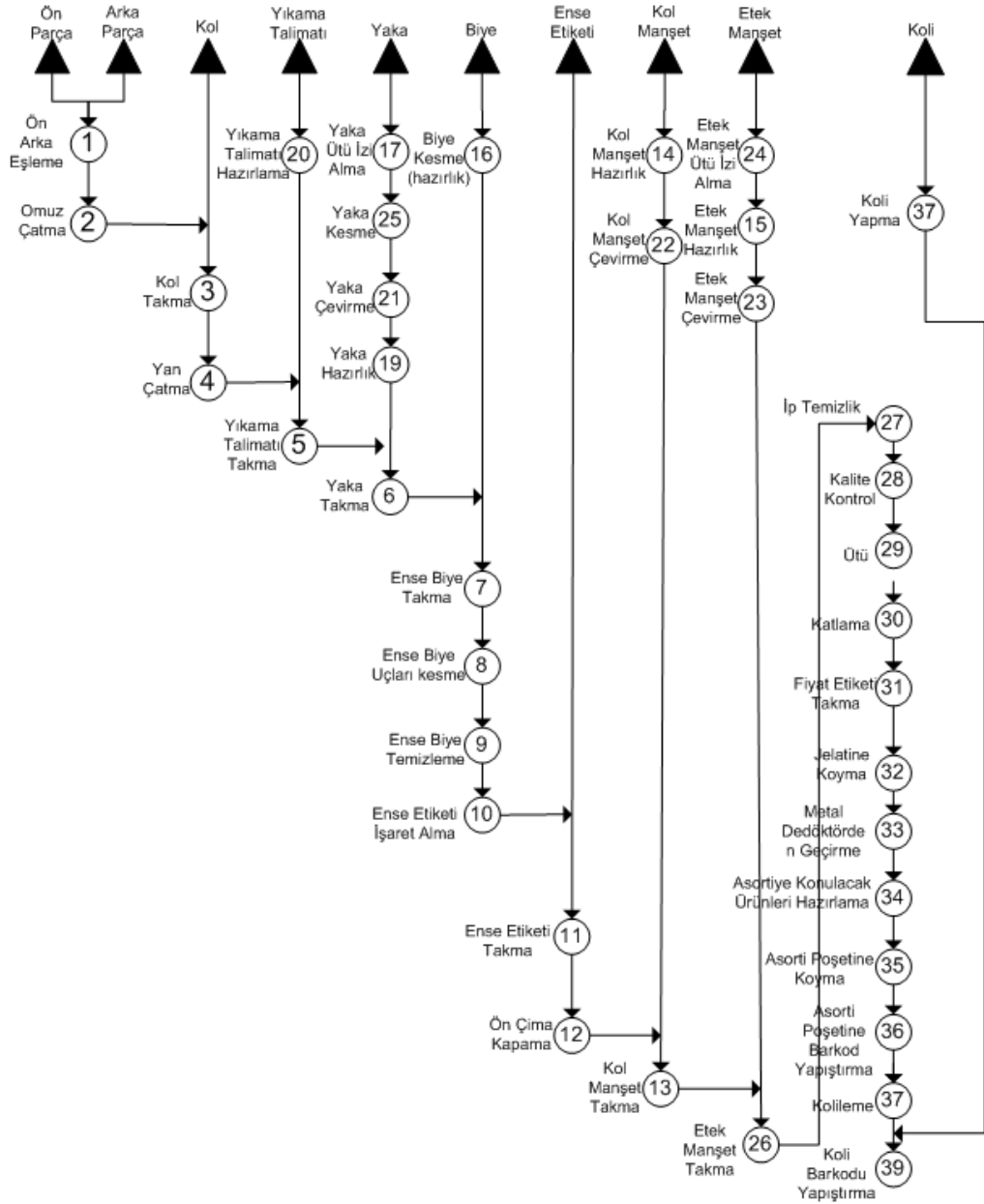
Şekil 5.2: Mevcut konfeksiyon yerleşim planı

5.1.2 Erkek Uzun Kollu Kazak Üretimi Mevcut Durumu

Erkek uzun kollu kazak ürünü (Şekil 5.3) dokuz kesilmiş kumaş parçası, bir ense etiketi, bir yıkama talimatından oluşmaktadır. Paketleme ve kolime dahil olmak üzere Şekil 5.4'te gösterilen 39 operasyon ile üretimi tamamlanmaktadır. Mevcut durumda dikim hattında sekiz makineci, bir ütü, üç temizlik kalite, bir paketleme bir kolileme, üç ayakçı, bir usta baş olmak üzere 18 personel çalışmaktadır. İşletme günde bir vardiya dokuz saat çalışmaktadır. Erkek uzun kollu kazak modeli çevrim süresi 12,4 dakika olarak hesaplanmıştır. Paketleme bölümünden alınan verilere göre günlük ortalama üretim miktarı 420 adettir. Personelin az olması ve verimsiz kullanılmasından kaynaklı üretim miktarı beklenenin altındadır. Üretilen ürünlerin %32'si kalite bölümünde ayrılarak tamir için banda geri gönderilmektedir. Bu da üretim verimliliğini ve banttan çıkan ürün sayısını düşürmektedir.



Şekil 5.3: Çalışmanın Yapıldığı Erkek Kazak Fotoğrafi



Şekil 5.4: Erkek Uzun Kollu Kazak Mevcut Durum İş Akışı

5.1.2.1 İşin Ögelerine Ayrılması

Erkek uzun kollu kazak üretimi iş akışı detaylı bir şekilde incelenerek bütün işlemler kayıt altına alınmış ve iş ögelerine ayrılmıştır.

Tablo 5.1: Erkek Uzun kollu Kazak Üretimi İş Ögeleri

	Operasyon	Kullanılan Makine
1	İstifleme	Ortacı
2	Omuz Çatma	Overlok
3	Kol Takma	Overlok
4	Yan Çatma	Overlok
5	Yıkama Talimatı Takma	Düz Dikiş
6	Yaka Takma	Overlok
7	Ense Biye Takma	Overlok (biye)
8	Ense Biye Kesme	Ortacı
9	Ense Biye Kapama	Düz Dikiş
10	Ense Etiketli İşareti Alma	Ortacı
11	Etiket Takma	Düz Dikiş
12	Ön Çima Kapama	Düz Dikiş
13	Kol Manşet Takma	Overlok
14	Kol Manşet Hazırlık	Düz Dikiş
15	Etek Manşet Hazırlık	Düz Dikiş
16	Biye Kesme	Biye Makinesi
17	Yaka Ütü İzi Alma	Ütü
19	Yaka Hazırlık	Overlok
20	Yıkama Talimatı Hazırlık	Düz Dikiş
21	Yaka Çevirme	Ortacı
22	Kol Manşet Çevirme	Ortacı
23	Etek Manşet Çevirme	Ortacı
24	Etek Manşet Ütü İzi Alma	Ütü
25	Yaka Kesme	Overlok
26	Etek Takma	Overlok
27	Temizlik	
28	Kalite Kontrol	
29	Son Ürün Ütü	Ütü
30	Katlama	
31	Fiyat Etiketli Takma	Kılçık Tabancası
32	Jelatine Koyma	
33	Metal Dedektör Makinesinden Geçirme	Metal Dedektör
34	Asortiyeye Konulacak Ürünleri Hazırlama (9 adet)	
35	Asorti Poşetine Koyma (9 adet)	
36	Asorti Poşetine Barkod Yapıştırma	
37	Koli Yapma (1 birim ürün için)1 koli-27 adet ürün	
38	Kolileme	
39	Koli Üzeri Barkod Yapıştırma	

Mevcut durumda operasyonlara atanan kaynak sayıları Tablo 5.2'de gösterilmiştir.

Tablo 5.2: Mevcut Durum Operasyonlara Atanan Kaynak (Personel) Sayısı

	Operasyon	Kaynaklar	Kaynak Sayısı
1	İstifleme	Ayakci1	1
8	Ense Biye Kesme	Ayakci2	1
10	Ense Etiketİ İşareti Alma	Ayakci2	
16	Biye Kesme	Ayakci2	
17	Yaka Ütü İzi Alma	Ayakci2	
21	Yaka Çevirme	Ayakci3	
22	Kol Manşet Çevirme	Ayakci3	1
23	Etek Manşet Çevirme	Ayakci3	
24	Etek Manşet Ütü İzi Alma	Ayakci3	
9	Ense Biye Kapama	DuzMakineci1	
11	Etiket Takma	DuzMakineci1	1
14	Kol Manşet Hazırlık	DuzMakineci1	
12	Ön Çıma Kapama	DüzMakineci2	
15	Etek Manşet Hazırlık	DüzMakineci2	1
5	Yıkama Talimatı Takma	DüzMakineci4	
19	Yaka Hazırlık	DüzMakineci4	1
20	Yıkama Talimatı Hazırlık	DüzMakineci4	
28	Kalite Kontrol	Kalite1	
		Temizlik Kalite	1
27	Temizlik	Temizlik1	1
31	Fiyat Etiketİ Takma	Kolici1	1
33	Metal Dedektör	Kolici1	
34	Asorti Hazırlama (9 adet)	Kolici1	
35	Asorti Poşetleme (9 adet)	Kolici1	
36	Asorti Barkodlama	Kolici1	
37	Koli Yapma	Kolici1	
38	Kolileme	Kolici1	
39	Koli Üzeri Barkod Yapıştırma	Kolici1	
2	Omuz Çatma	OverlokMakineci1	
3	Kol Takma	OverlokMakineci1	
4	Yan Çatma	OverlokMakineci2	
6	Yaka Takma	OverlokMakineci3	1
7	Ense Biye Takma	OverlokMakineci3	
25	Yaka Kesme	OverlokMakineci3	
13	Kol Manşet Takma	OverlokMakineci4	
26	Etek Takma	OvarlokOverlokMakineci5	1
30	Katlama	Paket1	1
32	Jelatine Koyma	Paket1	
29	Son Ürün Ütü	U. Başı	
		Ütü1	1
TOPLAM KAYNAK MİKTARI			18

5.1.2.2 Benzetim Modeli Girdi Analizi

5.1.2.2.1 Gözlem Sayısının Hesaplanması

İlk olarak ön gözlem yapılmış ve ihtiyaç duyulan gözlem sayısı istatistiksel olarak %90 güven aralığı ve %10 hata payı ile aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum xi^2 - (\sum xi)^2}}{\sum xi} \right)^2 \quad (5.1)$$

n =Örnek büyüklüğü

n' =Ön gözlem sayısı

X =Gözlem Değeri

Σ =Değerlerin toplamı

10 adet ön gözlem yapılarak bütün operasyonlar için örnek büyüklüğü hesaplanmıştır. Aşağıdaki tabloda dört operasyon için hesaplama verileri verilmiştir.

Tablo 5.3: Mevcut Durum Gözlem Sayısı Hesaplama Verileri

Operasyon	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	n'	n
İstifleme	32,57	33,06	32,93	32,41	32,41	32,45	35,74	32,88	32,02	33,41	10	1
Omuz Çatma	10,6	11	11,6	10,6	10,8	11,1	11,5	10,8	9,48	15,2	10	26
Kol Takma	22,9	21,7	23,7	20,4	20,7	24,1	21,3	20,2	23,8	23,1	10	7
Yan Çatma	37,9	39,8	38,3	34,5	41,4	35	39,4	38	39,5	38,7	10	4

Bütün operasyonlar için kaç gözlem yapılacağı Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.4: Mevcut Durum Gözlem Sayısı

Operasyon	Gözlem Sayısı
İstifleme	1
Omuz Çatma	26
Kol Takma	7
Yan Çatma	4
Yıkama Talimatı Takma	55
Yaka Takma	7
Ense Biye Takma	12
Ense Biye Kesme	18
Ense Biye Kapama	57
Ense Etiketİ İşareti Alma	5
Etiket Takma	43
Ön Çima Kapama	20
Kol Manşet Takma	18
Kol Manşet Hazırlık	5
Etek Manşet Hazırlık	1
Yaka Ütü İzi Alma	33
Yaka Kesme(Dikme)	6
Yıkama Talimatı Hazırlık	6
Yaka Çevirme	2
Kol Manşet Çevirme	1
Etek Manşet Çevirme	2
Etek Manşet Ütü İzi Alma	1
Yaka Kesme	26
Etek Takma	40
Temizlik	4
Kalite Kontrol	12
Son Ürün Ütü	14
Katlama	5
Fiyat Etiketİ Takma	86
Jelatine Koyma	10
Metal Dedektör Makinesinden Geçirme	119
Asortie Konulacak Ürünleri Hazırlama (9 adet)	84
Asorti Poşetine Koyma(9 adet)	94
Asorti Poşetine Barkod Yapıştırma	196
Koli Yapma (1 birim ürün için)1 koli-27 adet ürün	60
Kolileme	104
Koli Üzeri Barkod Yapıştırma	256

5.1.2.2.2 Kronometre Yöntemi ile Gözlenen Zaman Ölçümü

İş ögelerinin her biri hesaplanan gözlem sayısına göre kronometre ile ölçülerek gözlenen zaman ve derecelendirilmeleri kaydedilmiştir. Örnek olması açısından 10 gözlem Tablo 5.5’te verilmiştir.

Tablo 5.5: Mevcut Durum Gözlenen Zaman Tablosu

Operasyon	Gözlem No									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
İstifleme	32,57	33,06	32,93	32,41	32,41	32,45	35,74	32,88	32,02	33,41
Omuz Çatma	10,58	10,98	11,57	10,55	10,77	11,11	11,52	10,77	9,48	15,24
Kol Takma	22,93	21,65	23,71	20,4	20,74	24,1	21,34	20,17	23,84	23,13
Yan Çatma	37,91	39,78	38,3	34,52	41,35	35,04	39,41	38,03	39,48	38,7
Yıkama Talimatı Takma	11,03	11,33	11,28	11,37	11,23	11,19	11,58	12,50	18,87	11,51
Yaka Takma	18,64	18,8	18,93	19,25	19,79	19,73	22,31	19,33	17,55	21,28
Ense Biye Takma	12,94	10,44	11,67	9,6	11,07	11,07	11,24	11,58	11,91	9,62
Ense Biye Kesme	15,65	16,44	16,10	19,26	18,26	15,93	12,65	15,69	16,58	16,21
Ense Biye Kapama	18,01	19,78	17,61	22,74	16,1	17,59	29,84	18,45	19,17	18,71
Ense Etiketli İşareti Alma	6,83	6,53	6,54	6,56	6,29	5,77	6,10	6,06	5,68	6,07
Etiket Takma	12,4	13,41	10,57	9,95	11,29	10,45	10	9,35	10,97	15,83
Ön Çıma Kapama	19,87	22,01	20,12	18,81	17,57	18,36	19,7	14,63	15,61	17,86
Kol Manşet Takma	34,77	39,64	39,42	47,18	33,1	37,59	41,2	41,45	44,34	35,7
Etek Takma	30,31	29,25	29,29	24,78	41,61	32,21	35,28	39,61	38,41	39,76
Kol Manşet Hazırlık	9,60	10,37	9,07	10,31	9,36	9,74	10,42	10,66	9,19	10,58
Etek Manşet Hazırlık	14,4	13,5	14,2	13,5	14,1	14,5	14,4	14,5	14,3	14,4
Yaka Ütü İzi Alma	12	13	15	15	15	10	15	13	10	13
Yaka Kesme (Dikme)	15,7	15,5	15,1	15,3	15,2	15,1	17,5	17,6	15,9	14,8
Yıkama Talimatı Hazırlık	9,9	9,4	9,15	8,5	8,3	9,12	9,88	9,51	8,94	10,12
Yaka Çevirme	7,26	6,74	7,30	7,23	7,09	6,86	7,14	7,53	6,71	7,49
Kol Manşet Çevirme	10,32	9,87	10,35	9,85	10,39	10,52	10,16	10,13	9,83	9,77
Etek Manşet Çevirme	11,46	10,70	10,61	11,41	11,59	10,64	10,73	10,91	11,36	10,75
Etek Manşet Ütü İzi Alma	10,18	10,31	10,41	9,70	9,88	9,96	10,14	10,29	10,49	10,26
Yaka Kesme	6,2	5,1	6,2	7,8	7,4	7,2	6,1	7,8	6,4	7,6
Temizlik	65	61	62	58	57	56	64	58	58	61
Kalite Kontrol	60	45	57	49	50	57	52	50	53	58
Son Ürün Ütü	57	58	65	60	66	68	57	70	51	65

Operasyon	Gözlem No									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Katlama	31	34	35	30	35	30	34	33	35	34
Fiyat Etiket Takma	5	8	6	6	6	5	5	8	9	9
Jelatine Koyma	28	25	32	31	27	27	31	28	26	30
Metal Dedektör	2	4	3	3	4	4	4	4	2	2
Asorti Hazırlama (9 adet)	3	3	4	5	5	4	3	3	3	5
Asorti Poşetleme (9 adet)	4	8	5	6	7	7	6	5	4	4
Asorti Barkodlama	1	1	2	2	2	1	1	1	2	1
Koli Yapma	5	5	3	3	4	4	4	4	3	5
Kolileme	4	2	2	2	2	3	2	3	3	3
Koli Barkod Yapıştırma	3	4	4	3	2	2	4	3	3	4

5.1.2.2.3 Normal Zaman Hesaplaması

Gözlenen zaman işi yapma derecesi (performansı) ile çarpılarak temel zaman hesaplanmıştır. 10 operasyon için temel zaman hesaplama Tablo 5.6'da bulunmaktadır.

Temel Zaman =Gözlenen Zaman*İş yapma derecesi(performansı)

Tablo 5.6: Mevcut Durum Temel Zaman Tablosu

Operasyon	Gözlem No									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
İstifleme	32,57	33,06	32,93	32,41	32,41	32,45	35,74	34,05	32,02	33,41
1 Derece %	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
Temel Zaman	30,95	31,41	31,28	30,79	30,79	30,83	33,95	32,35	30,42	31,74
Omuz Çatma	10,58	10,98	11,57	10,55	10,77	11,11	11,52	10,77	9,48	15,24
2 Derece%	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
Temel Zaman	10,05	10,43	10,99	10,02	10,23	10,55	10,94	10,23	9,01	14,48

		Gözlem No									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	Operasyon										
	Kol Takma	22,93	21,65	23,71	20,40	20,74	24,10	21,34	20,17	23,84	23,13
	Derece%	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
	Temel Zaman	21,78	20,57	22,52	19,38	19,70	22,90	20,27	19,16	22,65	21,97
4	Yan Çatma	37,91	39,78	38,30	34,52	41,35	35,04	39,41	38,03	39,48	38,70
	Derece%	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
	Temel Zaman	36,01	37,79	36,39	32,79	39,28	33,29	37,44	36,13	37,51	36,77
	Yıkama Talimatı Takma	11,03	11,33	11,28	11,37	11,23	11,19	11,58	12,50	18,87	11,51
5	Derece%	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
	Temel Zaman	10,48	10,77	10,71	10,80	10,67	10,63	11,00	11,88	17,92	10,93
	Yaka Takma	18,64	18,80	18,93	19,25	19,79	19,73	22,31	19,33	17,55	21,28
	Derece%	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
6	Temel Zaman	17,71	17,86	17,98	18,29	18,80	18,74	21,19	18,36	16,67	20,22
	Ense Biye Takma	12,94	10,44	11,67	9,60	11,07	11,07	11,24	11,58	11,91	9,62
	Derece%	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
	Temel Zaman	12,29	9,92	11,09	9,12	10,52	10,52	10,68	11,00	11,31	9,14
7	Ense Biye Kesme	16,16	16,14	16,11	19,17	17,79	16,33	12,79	16,33	16,35	16,50
	Derece%	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
	Temel Zaman	15,35	15,33	15,31	18,22	16,90	15,51	12,15	15,51	15,53	15,68
	Ense Biye Kapama	18,01	19,78	17,61	22,74	16,10	17,59	29,84	18,45	19,17	18,71
9	Derece%	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
	Temel Zaman	17,11	18,79	16,73	21,60	15,30	16,71	28,35	17,53	18,21	17,77
	Ense Etiketİ İşareti Alma	6,83	6,53	6,54	6,56	6,29	5,77	6,10	6,06	5,68	6,07
	Derece%	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
10	Temel Zaman	6,49	6,20	6,22	6,23	5,97	5,48	5,79	5,76	5,39	5,76

5.1.2.2.4 Standart Zaman Hesaplaması

Standart zaman hesaplarındaki tolerans yüzdeleri Şekil 5.5'te verilen Kurt ve Dağdeviren (2003) baz alınarak belirlenmiştir. Çalışanların hepsi kadın personeldir.

Kişisel ihtiyaç payı=7

Temel Yorgunluk Payı=4

Dikkat gerektiren ince iş=2

Fiziksel Monotonluk Yorucu=2

Tolerans %15 olarak hesaplanmıştır

A. SABİT PAYLAR		E	K			E	K
1. Kişisel ihtiyaç payı	5	7	7. Havalandırma Şartları				
2. Temel yorgunluk payı	4	4	Açık hava	0	0		
B. DEĞİŞKEN PAYLAR			Kötü havalandırılmış	5	5		
3. Ayakta Durma	2	4	Fırın vb. yakın iş	5	15		
4. Anormal Pozisyon			8. Gürültü				
Zora yakın	0	1	Sürekli	0	0		
Eğilmiş	2	3	Ani ve yüksek	2	2		
Yere yatmış	7	7	Ani ve çok yüksek	5	5		
5. Ağırlık Kaldırma (kg)			Tiz ve yüksek	5	5		
2,5	0	1	9. Görsel Zorlanma				
5	1	2	Dikkat gerektiren iş	0	0		
7,5	2	3	İnce iş	2	2		
10	3	4	Çok ince iş	5	5		
12,5	4	6	10. Zihinsel Zorlanma				
15	6	9	Oldukça karmaşık	1	1		
17,5	8	12	Uzun süre dikkat ger. iş	4	4		
20	10	15	Çok karmaşık	8	8		
22,5	12	18	11. Zihinsel Monotonluk				
25	14	-	Düşük	0	0		
30	19	-	Orta	1	1		
40	33	-	Yüksek	4	4		
50	58	-	12. Fiziksel Monotonluk				
6. Aydınlatma Şartları			Az yorucu	0	0		
(Öngörülen değer)			Yorucu	1	2		
Az altında	0	0	Çok Yorucu	2	5		
Çok altında	2	2					
Tamamen yetersiz	5	5					

Şekil 5.5: Tolerans Yüzdeleri (Kurt ve Dağdeviren, 2003)

Bütün operasyonlar için 10 gözleme ait standart zamanlar Tablo 5.7'de verilmiştir. Standart zaman, temel zamana toleranslar eklenerek hesaplanmıştır.

Tablo 5.7: Mevcut Durum Standart Zaman Tablosu

Operasyon	Gözlem No									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
İstifleme	38,58	35,36	39,00	38,39	38,39	38,44	39,05	36,42	37,93	35,73
Omuz Çatma	12,53	13,01	13,70	12,50	12,76	13,16	13,65	12,76	11,23	16,65
Kol Takma	27,16	25,64	28,08	24,16	24,57	28,55	25,28	23,89	28,24	27,40
Yan Çatma	41,42	43,46	41,84	40,89	45,17	37,48	43,06	41,55	43,13	42,28
Yıkama Talimatı Takma	13,06	13,42	13,36	13,46	13,30	13,25	12,38	13,37	20,61	13,63
Yaka Takma	22,08	22,27	22,42	22,80	21,17	21,10	24,37	22,90	20,79	22,76
Ense Biye Takma	13,84	12,37	12,48	11,37	13,11	13,11	13,31	12,38	12,74	11,39
Ense Biye Kesme	17,65	18,89	18,78	21,80	19,24	17,62	14,66	19,35	19,46	19,48
Ense Biye Kapama	21,33	21,15	20,86	24,84	19,07	20,84	32,60	21,85	22,71	22,16
Ense Etiketini İşareti Alma	7,30	6,98	7,00	7,01	6,72	6,83	7,22	7,18	6,72	7,18
Etiket Takma	13,26	14,65	12,52	11,79	12,07	12,38	11,85	11,08	12,99	17,29
Ön Çima Kapama	21,25	24,05	21,52	22,28	20,81	21,75	21,07	17,33	18,49	21,16
Kol Manşet Takma	37,19	43,31	43,07	51,54	39,21	41,07	45,01	45,28	48,44	38,18
Kol Manşet Hazırlık	11,37	11,09	10,74	11,03	11,09	11,54	11,14	11,40	10,89	11,32
Etek Manşet Hazırlık	15,40	15,99	15,19	15,99	15,08	15,51	15,40	15,51	15,29	15,40
Yaka Ütü İzi Alma	14,21	13,90	16,39	16,39	16,39	11,85	16,39	13,90	11,85	13,90
Yaka Hazırlık	16,79	16,58	17,89	18,12	18,00	17,89	19,12	19,23	17,01	17,53
Yıkama Talimatı Hazırlık	10,59	11,13	10,84	10,07	9,83	10,80	10,57	11,26	10,59	10,82
Yaka Çevirme	7,77	7,98	7,81	7,73	8,40	8,12	7,64	8,05	7,94	8,01
Kol Manşet Çevirme	11,04	11,70	11,07	11,67	11,11	11,26	10,87	10,84	11,64	11,58
Etek Manşet Çevirme	12,26	12,68	12,56	12,20	12,40	12,60	12,71	12,92	12,15	12,73
Etek Manşet Ütü İzi Alma	10,88	11,03	11,13	11,48	11,70	11,80	10,85	11,01	11,22	10,98

Gözlem No

Operasyon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Yaka Kesme	7,34	6,04	7,34	8,34	7,91	7,70	7,23	8,34	7,58	8,13
Etek Takma	35,90	34,65	34,69	29,35	45,46	34,45	38,54	43,27	41,96	43,44
Temizlik	71,01	65,24	66,31	68,70	67,52	66,33	69,92	68,70	68,70	65,24
Kalite Kontrol	65,55	53,30	62,27	58,04	59,23	62,27	61,59	59,23	62,78	63,37
Son Ürün Ütü	67,52	68,70	71,01	71,07	72,11	74,29	67,52	76,48	60,41	71,01
Katlama	36,72	37,15	38,24	35,54	38,24	35,54	37,15	35,29	38,24	37,15
Fiyat Etiketi Takma	5,92	8,56	7,11	7,11	7,11	5,92	5,92	8,56	9,83	9,83
Jelatine Koyma	33,17	29,61	34,96	33,87	31,98	31,98	33,87	33,17	30,80	32,09
Metal Dedektör	2,37	4,28	3,55	3,55	4,28	4,28	4,28	4,28	2,37	2,37
Asorti Hazırlama(9 adet)	3,55	3,55	4,28	5,35	5,35	4,28	3,55	3,55	3,55	5,35
Asorti Poşetleme(9 adet)	4,74	8,74	5,92	6,42	7,49	7,49	6,42	5,92	4,74	4,74
Asorti Barkodlama	1,18	1,18	2,14	2,14	2,14	1,18	1,18	1,18	2,14	1,18
Koli Yapma	5,35	5,35	3,55	3,55	4,28	4,28	4,28	4,28	3,55	5,35
Kolileme	4,28	2,37	2,37	2,37	2,37	3,55	2,37	3,55	3,55	3,55
Koli Üzeri Barkod Yapıştırma	3,55	4,28	4,28	3,55	2,37	2,37	4,28	3,55	3,55	4,28

İş ögelerinin gözlenen zaman, temel zaman ve standart zaman hesaplama sonuçları Tablo 5.8’de sunulmuştur

Tablo 5.8: Mevcut Durum Gözlenen Zaman, Temel Zaman, Standart Zaman Tablosu

	Operasyon	Gözlenen Zaman Ortalaması	Temel Zaman Ortalaması	Standart Zaman Ortalaması
1	İstifleme	32,82	32,81	37,73
2	Omuz Çatma	12,29	12,08	13,89
3	Kol Takma	24,30	24,02	27,63
4	Yan Çatma	34,64	34,59	39,78
5	Yıkama Talimatı Takma	11,52	11,56	13,29
6	Yaka Takma	19,41	19,29	22,18
7	Ense Biye Takma	11,43	11,13	12,80
8	Ense Biye Kesme	16,47	16,38	18,77
9	Ense Biye Kapama	19,36	19,08	21,94
10	Ense Etiketini İşareti Alma	6,12	6,03	6,93
11	Etiket Takma	11,19	10,99	12,64
12	Ön Çıma Kapama	19,04	18,53	21,31
13	Kol Manşet Takma	34,76	34,19	39,32
26	Etek Takma	30,88	9,71	11,16
14	Kol Manşet Hazırlık	9,82	13,65	15,70
15	Etek Manşet Hazırlık	13,96	1,80	1,80
16	Biye Kesme	1,80	12,54	14,42
17	Yaka Ütü İzi Alma	12,92	15,09	17,36
19	Yaka Kesme(Dikme)	15,42	9,73	11,19
20	Yıkama Talimatı Hazırlık	9,88	6,95	7,99
21	Yaka Çevirme	7,10	9,87	11,35
22	Kol Manşet Çevirme	10,09	10,86	12,49
23	Etek Manşet Çevirme	11,19	9,81	11,28
24	Etek Manşet Ütü İzi Alma	10,12	6,55	7,53
25	Yaka Kesme	6,70	30,42	34,99
27	Temizlik	60,24	59,00	67,85
28	Kalite Kontrol	54,02	53,34	61,34
29	Son Ürün Ütü	60,06	59,36	68,27
30	Katlama	31,80	31,35	36,05
31	Fiyat Etiketini Takma	6,86	6,68	7,69
32	Jelatine Koyma	28,40	27,95	32,14
33	Metal Dedektör	3,06	3,00	3,45
34	Asorti Hazırlama(9 adet)	3,86	3,71	4,27
35	Asorti Poşetleme(9 adet)	5,92	5,71	6,57
36	Asorti Barkodlama	1,60	1,53	1,76
37	Koli Yapma	3,72	3,57	4,11
38	Kolileme	3,04	2,98	3,43
39	Koli Barkod Yapıştırma	3,14	3,07	3,53

5.1.2.2.1 Operasyona Ait Dağılımların Hesaplanması

Erkek uzun kollu kazak üretimi operasyonuna ait bulunan standart süreler Arena Input Analyzer programı kullanılarak her bir operasyona ait sürenin istatistiksel dağılımı bulunmuştur.

Tablo 5.9: Operasyonların İstatistiksel Dağılımı

Operasyon	İstatistiksel Dağılım	Operasyon	İstatistiksel Dağılım
İstifleme	TRIA (33, 38.2, 42)	Yaka Çevirme	$7.56 + 0.94 * \text{BETA}(1.82, 2.11)$
Omuz Çatma	TRIA (11, 13.1, 17)	Kol Manşet Çevirme	$10.7 + 1.32 * \text{BETA}(1.44, 1.39)$
Kol Takma	$23 + \text{WEIB}(5.23, 2.29)$	Etek Manşet Çevirme	TRIA(11.8, 12.2, 13.4)
Yan Çatma	$35 + \text{LOGN}(4.89, 3.25)$	Etek Manşet Ütü İzi Alma	$10.7 + 1.27 * \text{BETA}(1.09, 1.42)$
Yıkama Talimatı Takma	NORM (13.3, 1.79)	Yaka Kesme	NORM(7.53, 0.639)
Yaka Takma	NORM (22.2, 1.42)	Etek Takma	NORM(35, 4.36)
Ense Biye Takma	$10 + 8 * \text{BETA}(5.91, 10.8)$	Temizlik	$65 + 6.67 * \text{BETA}(0.693, 0.931)$
Ense Biye Kesme	$14.1 + \text{WEIB}(4.99, 5.51)$	Kalite Kontrol	TRIA(53, 59.5, 66)
Ense Biye Kapama	$18 + \text{LOGN}(3.95, 2.07)$	Son Ürün Ütü	TRIA(59, 70.6, 77)
Ense Etiketli İşareti Alma	NORM(6.93, 0.53)	Katlama	$34 + 4.65 * \text{BETA}(0.62, 0.787)$
Etiket Takma	$10.2 + \text{LOGN}(2.44, 0.998)$	Fiyat Etiketli Takma	$5.52 + 4.48 * \text{BETA}(0.733, 0.783)$
Ön Çima Kapama	NORM (21.3, 1.67)	Jelatine Koyma	NORM(32.1, 1.63)
Kol Manşet Takma	NORM(39.3, 3.32)	Metal Dedektör	$2.17 + 2.31 * \text{BETA}(0.568, 0.457)$
Kol Manşet Hazırlık	NORM(11.2, 0.391)	Asorti Hazırlama(9 adet)	$3.36 + 2.17 * \text{BETA}(0.5, 0.698)$
Etek Manşet Hazırlık	TRIA(15, 15.6, 16.6)	Asorti Poşetleme(9 adet)	UNIF(4.34, 9)
Biye Kesme	TRIA(1.4,1.6,1.8)	Asorti Barkodlama	$1.08 + 1.16 * \text{BETA}(0.262, 0.188)$

Operasyon	İstatistiksel Dağılım	Operasyon	İstatistiksel Dağılım
Yaka Ütü İzi Alma	11.4 + 5.46 * BETA(1.32, 1.06)	Koli Yapma	TRIA(20,25,30)
Yaka Hazırlık	15.7 + WEIB(1.91, 2.76)	Kolileme	2.17 + 2.31 * BETA(0.524, 0.44)
Yıkama Talimatı Hazırlık	NORM(11.2, 1.08)	Koli Üzeri Barkod Yapıştırma	2.17 + 2.31 * BETA(0.627, 0.441)

5.1.2.3 Modelin Arena Yazılımına Aktarılması

Operasyonlara ait veriler Arena benzetim programına aktarılarak erkek uzun kollu kazak üretimi mevcut durum iş akışı taklit edilmiştir. Ancak benzetim modelinin gerçek sisteme ait tüm detayları içermesi mümkün olmayacağından model ile ilgili bazı varsayımlar oluşturulmuştur.

Model için oluşturulan varsayımlar;

- Üretimde elektrik kesintisi, kompresör arızası gibi dış etkenlerden dolayı durulmamaktadır.
- İlik değiştirme ve kişisel ihtiyaç payları gözlemler sırasında dikkate alınarak operasyonlara ait dağılımların içerisinde yer almamaktadır.
- Her operasyon için yedek makine bulunduğu için makine arızaları dikkate alınmamıştır.
- Çalışanlar üretim süresi boyunca çalışma alanında bulunmaktadır.
- Üretim bandında sistemin çalıştığı süre içerisinde model değişikliği yapılmamaktadır.
- Bütün çalışanların her işi yapabildiği varsayılmıştır.
- Üretim bandı içindeki taşımalar modele yansıtılmamıştır.

Erkek uzun kollu kazak müşteri talebi 8400 adettir. Ürün ön parça, arka parça, sağ kol, sol kol, yaka, biye, kol manşet (2), etek manşet olmak üzere dokuz kesilmiş kumaş parçası, bir ense etiketi, bir yıkama talimatından oluşmaktadır.

5.1.2.3.1 Uzun Kollu Kazak Benzetim Modeli

Create modülü ile ürüne ait parçaların sisteme girişi sağlanmıştır.

Create - Basic Process									
	Name	Entity Type	Type	Schedule Name	Value	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1	OnParca	OnParcaGelis	Schedule	Talep	1	Hours	1	Infinite	0.0
2	ArkaParca	ArkaParcaGelis	Schedule	Talep	1	Hours	1	Infinite	0.0
3	SolKol	SolKolGelis	Schedule	Talep	1	Hours	1	Infinite	0.0
4	SagKol	SagKolGelis	Schedule	Talep	1	Hours	1	Infinite	0.0
5	YikamaTalimati	YikamaTalimatiGelis	Schedule	Talep	1	Hours	1	Infinite	0.0
6	Yaka	YakaGelis	Schedule	Talep	1	Hours	1	Infinite	0.0
7	Biye	BiyeGelis	Schedule	Talep	1	Hours	1	Infinite	0.0
8	EnseEtiketi	EnseEtiketGelis	Schedule	Talep	1	Hours	1	Infinite	0.0
9	Manset	MansetGelis	Schedule	Talep	1	Hours	1	Infinite	0.0
10	EtekManset	EtekMansetGelis	Schedule	Talep	1	Hours	1	Infinite	0.0
11	Koli	KoliGelis	Random (Expo)	Schedule 1	1	Hours	1	Infinite	0.0

Şekil 5.6: Arena Create Modülü

Ön parça, arka parça, sol kol, sağ kol yıkama talimatı, yaka, biye, ense etiketi, manşet, etek manşet sisteme siparişin talep miktarı kadar bırakılmıştır.

Schedule modülü ile siparişe ait günlük 900 adet toplamda 8500 talep oluşturulmuştur.

Schedule - Basic Process					
	Name	Type	Time Units	Scale Factor	Durations
1	Talep	Arrival	Hours	1.0	1 rows

Double-click here to add a new row.

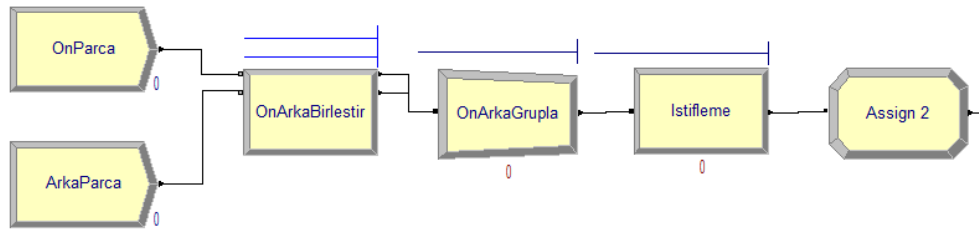
Şekil 5.7: Arena Schedule Modülü

Process modülüne operasyona ait istatistiksel dağılımlar girilmiştir.

Process - Basic Process													
Name	Type	Action	Priority	Resources	Delay Type	Units	Allocation	Minimum	Value	Maximum	Std Dev	Report	
1	Istifleme	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Seconds	Value Added	33	38.2	42	2	✓
2	OmuzÇatma	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Seconds	Value Added	11	13.1	17	2	✓
3	Kol Takma	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	23 + WEB(5.23, 2.29)	1.5	2	✓
4	YanÇatma	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	35 + LOGN(4.89, 3.25)	1.5	2	✓
5	YakamaTalışmaHızla	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Normal	Seconds	Value Added	5	13.3	1.5	1.79	✓
6	YakamaTalışmaTık	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Normal	Seconds	Value Added	5	13.3	1.5	1.79	✓
7	YakaTakma	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Normal	Seconds	Value Added	5	22.2	1.5	1.42	✓
8	YakaUtuZiAlma	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	11.4 + 5.46 * BETA(1.32, 1.06)	1.5	2	✓
9	YakaKesme	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Normal	Seconds	Value Added	5	7.53	1.5	0.639	✓
10	YakaCevirme	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	7.56 + 0.94 * BETA(1.82, 2.11)	1.5	2	✓
11	YakaHızlırik	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	15.7 + WEB(1.91, 2.76)	1.5	2	✓
12	BiyeKesme	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Seconds	Value Added	1.4	1.6	1.8	2	✓
13	BiyeTak	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	10 + 8 * BETA(5.91, 10.8)	1.5	2	✓
14	EnseBiyeUcuKesme	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	14.1 + WEB(4.99, 5.51)	1.5	2	✓
15	EnseBiyeTenzileme	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	18 + LOGN(3.95, 2.07)	1.5	2	✓
16	EnseEtiketİsaretiAlma	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Normal	Seconds	Value Added	5	6.93	1.5	0.53	✓
17	EnseEtiketİTakma	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	10.2 + LOGN(2.44, 0.998)	1.5	2	✓
18	OnCimaKapama	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Normal	Seconds	Value Added	5	21.3	1.5	1.67	✓
19	KolİmansetHızlırik	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Normal	Seconds	Value Added	5	11.2	1.5	0.391	✓
20	KolİmansetCevirme	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	10.7 + 1.32 * BETA(1.44, 1.39)	1.5	2	✓
21	KolİmansetTakma	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Normal	Seconds	Value Added	5	39.3	1.5	3.32	✓
22	EtekİmansetUtuZiAlma	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	10.7 + 1.27 * BETA(1.09, 1.42)	1.5	2	✓
23	EtekİmansetCevirme	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Seconds	Value Added	11.8	12.8	13.4	2	✓
24	EtekİmansetHızlırik	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Seconds	Value Added	15	15.6	16.6	2	✓
25	EtekİmansetTakma	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Normal	Seconds	Value Added	5	35	1.5	4.36	✓
26	Temizİslem1	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	65 + 6.67 * BETA(0.693, 0.931)	1.5	2	✓
27	KaliteKontrolİslem1	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Seconds	Value Added	53	65	66	2	✓
28	SonÜrünUtu1	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Seconds	Value Added	59	70.6	77	2	✓
29	Kalıma	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	34 + 4.65 * BETA(0.62, 0.787)	1.5	2	✓
30	FiyatEtiketİTakma	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	5.52 + 4.48 * BETA(0.733, 32.1)	1.5	2	✓
31	JelatineKoyma1	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Normal	Seconds	Value Added	5	32.1	1.5	1.63	✓
32	MetaDedektör	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	2.17 + 2.31 * BETA(0.568, 3.36 + 2.17 * BETA(0.5, 0.696))	1.5	2	✓
33	AsortİHızlırik	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	3.36 + 2.17 * BETA(0.5, 0.696)	1.5	2	✓
34	AsortİPoşetleme	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Uniform	Seconds	Value Added	4.34	1	9	2	✓
35	AsortİBarkodİlama	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	1.08 + 1.16 * BETA(0.262, 20)	1.5	2	✓
36	KolİYap	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Seconds	Value Added	20	25	30	2	✓
37	Kolİleme	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	2.17 + 2.31 * BETA(0.524, 2.17 + 2.31 * BETA(0.627, 65 + 6.67 * BETA(0.693, 0.931))	1.5	2	✓
38	KolİZerİBarkodİYapıst	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	2.17 + 2.31 * BETA(0.627, 65 + 6.67 * BETA(0.693, 0.931))	1.5	2	✓
39	Temizİslem2	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Value Added	5	65 + 6.67 * BETA(0.693, 0.931)	1.5	2	✓
40	KaliteKontrolİslem2	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Seconds	Value Added	53	65	66	2	✓
41	SonÜrünUtu2	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Seconds	Value Added	59	70.6	77	2	✓
42	JelatineKoyma2	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Normal	Seconds	Value Added	5	32.1	1.5	1.63	✓

Şekil 5.8: Arena Process Modülü

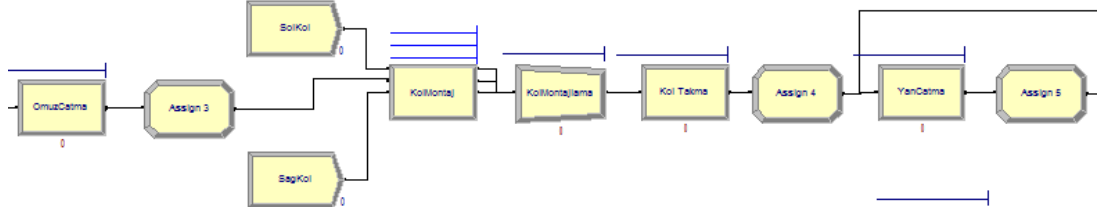
Ön ve arka parça üretim talebi kadar sisteme bırakılmıştır. Match modülü ile ön ve arka parçaların ikisinden de bir tane gelene kadar sistemde tutulmuştur. Batch modülü ile ön ve arka parça gruplanarak sisteme gönderilmiştir. Process modülüne istifleme operasyonuna ait dağılımlar girilmiş ve istifleme işini yapan ayakçı kaynak olarak atanmıştır. Assign modülü ile istiflenmiş ürün için entity oluşturularak özellik atanmıştır.



Şekil 5.9: Arena İstifleme Operasyonu

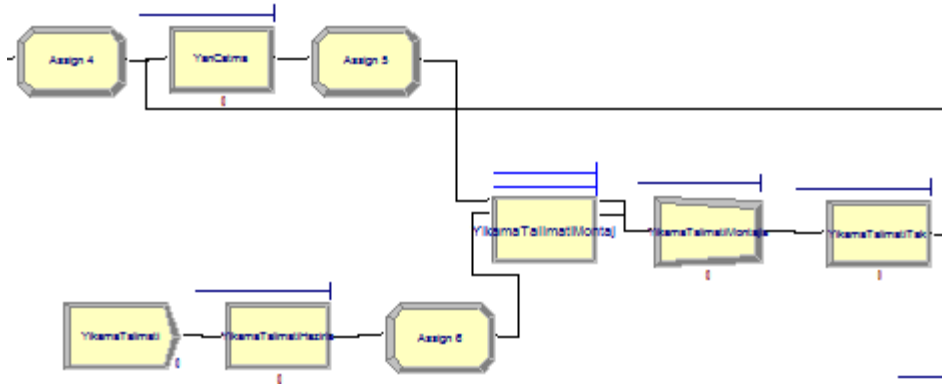
İstifleme işlemi tamamlanan parçalar omuz çatma operasyonuna gelmişlerdir. Process modülüne omuz çatma operasyonuna ait istatistiksel dağılımlar girilmiştir. Sağ kol, sol kol, omuz çatılmış parçaları match modülü ile her parçadan bir adet

sisteme girene kadar tutulmuştur. Batch modülü ile gruplanmış ve kol takma operasyonuna girmiştir. Kol takılmış parça yan çatma operasyonuna girmiştir.



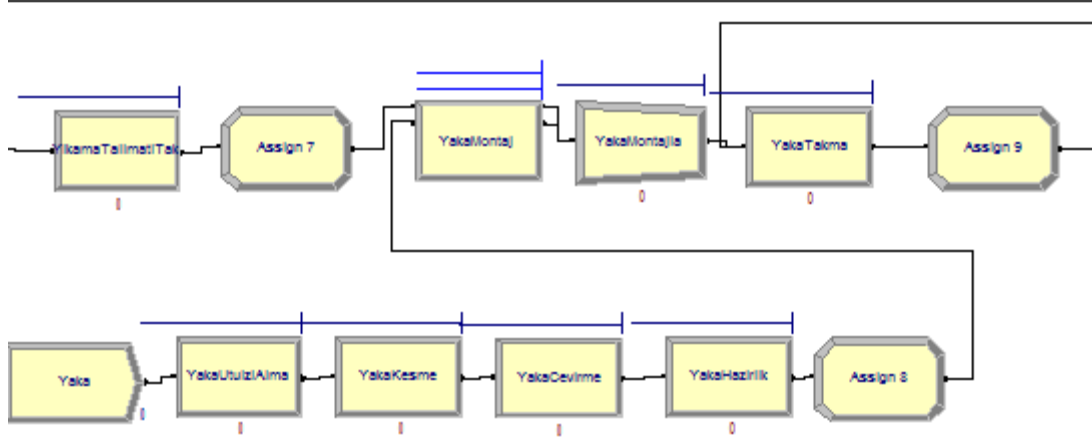
Şekil 5.10: Omuz Çatma, Kol takma, Yan Çatma Operasyonu

Yıkama talimatı hazırlık operasyonu ile hazırlanan yıkama talimatı ile yan çatılmış ürün match ve batch modülleri ile birleştirilerek yıkama talimatı takma operasyonuna gelmiştir.



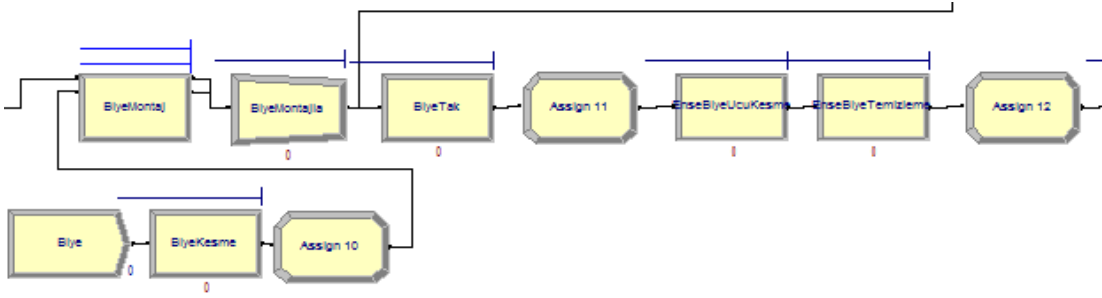
Şekil 5.11: Yıkama Talimatı Hazırlık ve Montaj Operasyonu

Yaka hazırlık operasyonları ile hazırlanan yaka ve yıkama talimatı takılmış ürün match ve batch operasyonları ile birleştirilerek yaka yıkama operasyonuna gelmiştir.



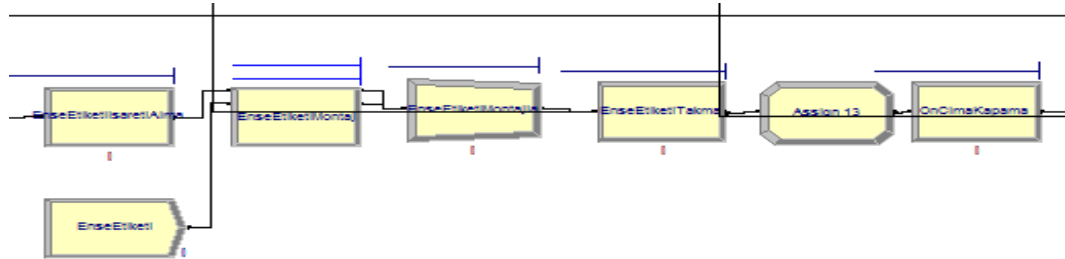
Şekil 5.12: Yaka Hazırlık ve Montaj Operasyonu

Biye kesme operasyonu ile kesilen biyeler ve yakası takılmış ürün biye takma operasyonuna gelmiştir. Biyesi takılmış ürünün ense biye ucu kesme operasyonu ayakçı tarafından yapılarak ense biye temizleme operasyona gönderilmiştir.



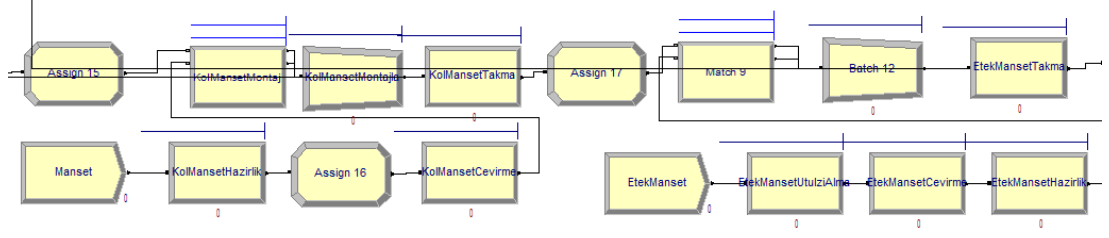
Şekil 5.13: Biye hazırlık ve montaj operasyonu

Ense biye temizleme işlemi tamamlan ürün sırası ile ense etiketi takma ve ön çima kapama operasyonlarına gelmiştir.



Şekil 5.14: Ense etiketi işaret alma, ense etiketi montaj, ön çima kapama operasyonu

Ön çima operasyonu tamamlanan ürün sırası ile kol manşet takma ve etek manşet takma operasyonlarına gelmiştir. Etek takılan ürünün üretim bandındaki operasyonları son bularak paketleme bölümüne gönderilmiştir.

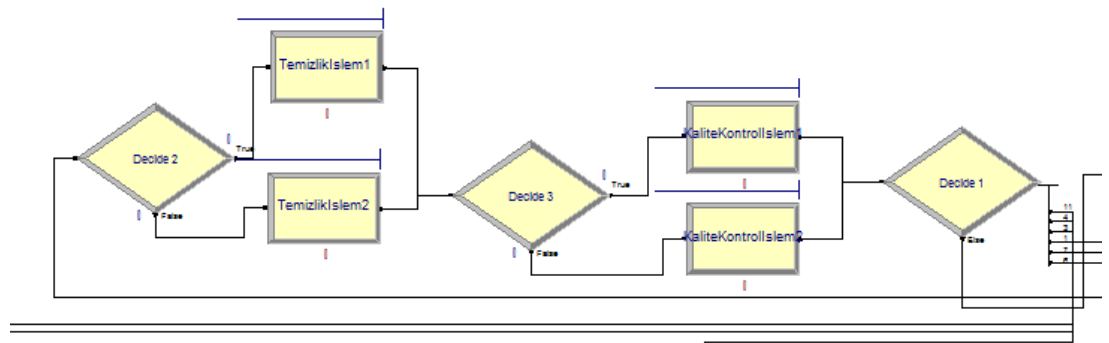


Şekil 5.15: Kol manşet hazırlık ve montaj, etek manşet hazırlık ve montaj operasyonu

Üretim bandından çıkan ürünler ilk olarak ürün temizleme bölümüne gelmiştir. Temizlik operasyonu tamamlanan ürünler kalite kontrol operasyonuna gelmiştir. Kalite kontrol operasyonundan sonra hatalı ürünler yeniden işlenmek için üretim bandına geri dönmektedir. Operasyonlara göre ürünlerin çıkan tamir miktarları ve yüzdesel dağılımları aşağıda bulunmaktadır. Toplam tamire gidecek ürün %32 oranındadır. Toplam üretim miktarı 8400 adet, toplam tamir miktarı 2688 adettir.

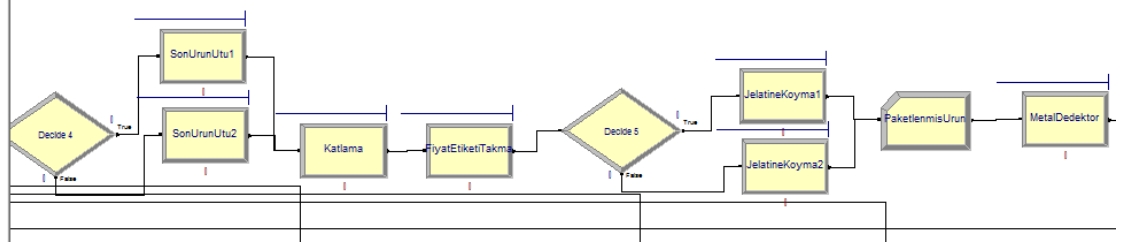
Tablo 5.10: Tamir Sayısı Tablosu

Operasyon	Tamir Miktarı	Tamir Yüzdesi
Yaka Takma	924	11
Yan Çatma	336	4
Ense Biye Takma	252	3
Etiket Takma	84	1
Kol Manşet Takma	588	7
Etek Manşet Takma	504	6



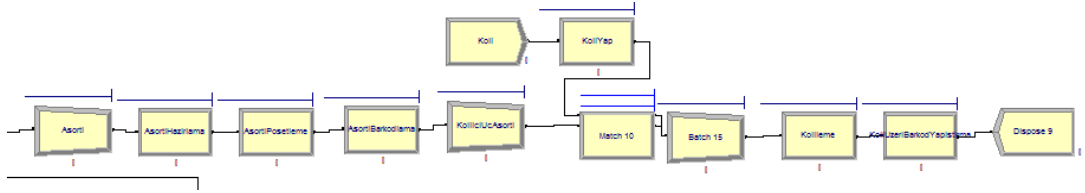
Şekil 5.16: Temizlik, Kalite kontrol operasyonu

Kalite kontrolden çıkan sağlam ürünler sırası ile ütü, katlama, fiyat etiketi takma, jelatine koyma, metal dedektör operasyonlarından geçmektedir.



Şekil 5.17: Ütü, Katlama, Fiyat etiketi takma, Jelatine koyma, metal dedektör

Ürünler dokuz adet gruplanarak asorti oluşturulmaktadır. Bir asorti içinde her bedenden belirli sayıda ürün bulunmaktadır. Üç asorti poşeti gruplanarak bir koliye konulmaktadır. Sistemden çıkan ürünler kolilenmiş olarak çıkmaktadır. Bir koli ürün 27 adettir.

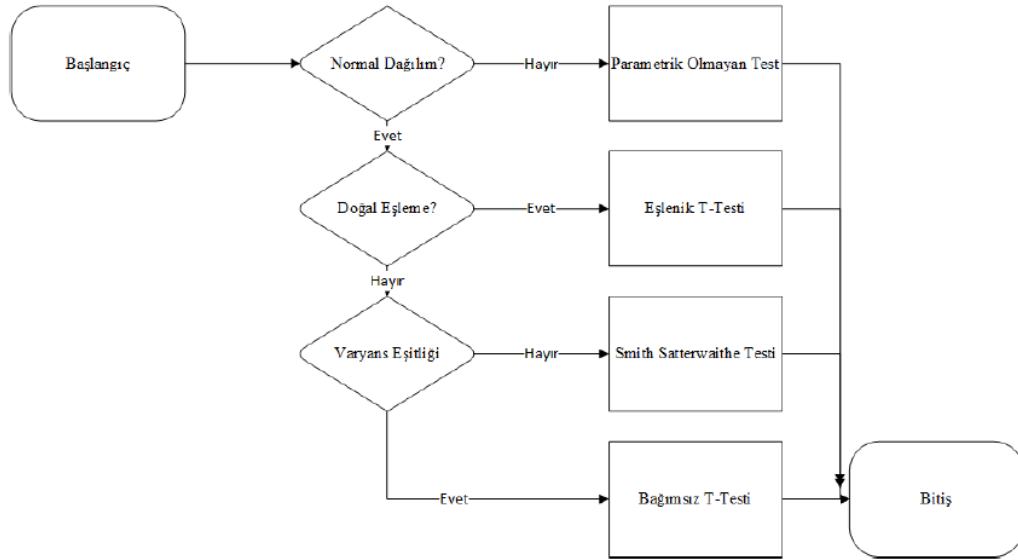


Şekil 5.18: Asorti Yapma-Kolileme Operasyonu

5.1.2.4 Modelin Doğrulanması ve Geçerliliği

Modelin geçerlilik testi için paketlenmiş üretim miktarı ölçüt olarak alınmıştır. Son operasyon olan kolilemeden çıkan üretim miktarı dikkate alınmamıştır. Kolileme operasyonu gerçek sistemde üretim bitiminde kolileme personelinin yanına verilen personel desteği ile tamamlanmaktadır. Bu da gerçek sistemde ve benzetim sisteminde verilerin normal dağılamamasına neden olmaktadır.

Gerçek sistemden alınan veriler ile benzetim modelinden alınan çıktılara Şekil 5.19'da gösterilen geçerlilik testi yapılmıştır.



Şekil 5.19: Geçerlilik testi adımları (Bilget 2015)

İlk olarak gerçek sistemden alınan veriler ve benzetim çıktısından alınan verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Kolmogrov-Smirnov (KS) testi yapılarak kontrol edilmiştir. Bunun için H_0 ve $H_{\text{alternatif}}$ hipotezleri kurulmuş ve test önem düzeyi %95 olarak kabul edilmiştir.

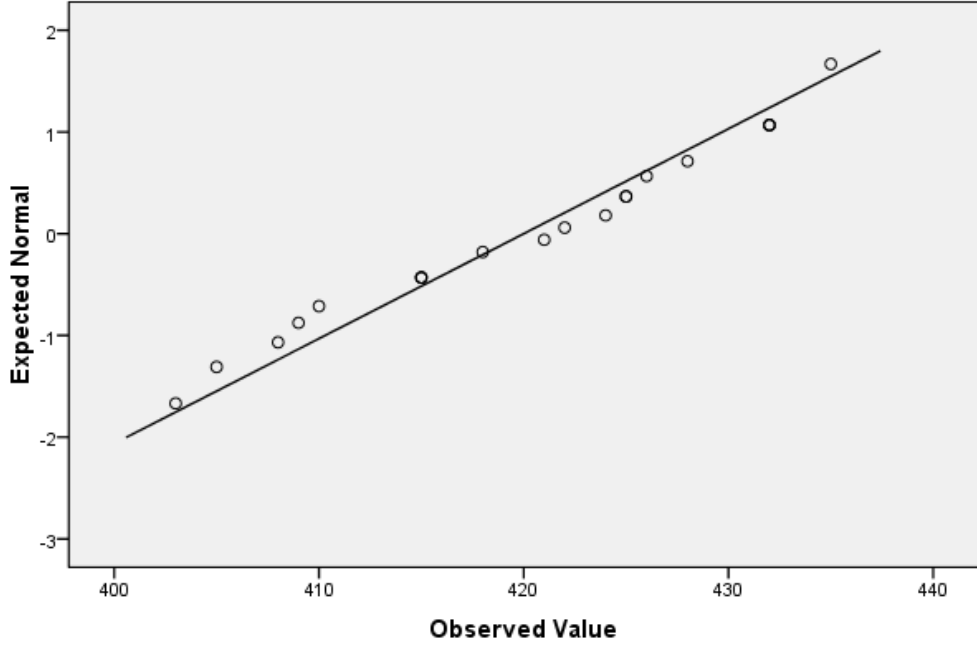
- H_0 ; Sistem ve model çıktıları normal dağılıma göstermektedir.
- $H_{\text{alternatif}}$: Sistem ve model çıktıları normal dağılım göstermemektedir.

Sistem ve modele ait 20 farklı çıktı verileri SPSS programı yardımıyla Kolmogrov-Smirnov (KS) testine tabi tutulmuştur.

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
sistem	,110	20	,200 [*]	,953	20	,420
model	,134	20	,200 [*]	,959	20	,516

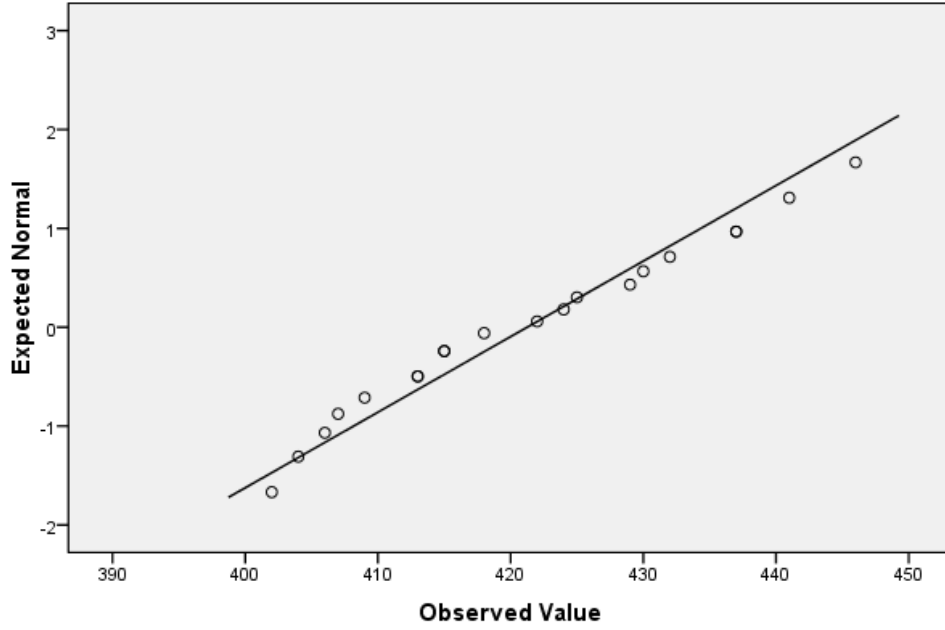
Şekil 5.20: Kolmogorow-Smirnow Testi

Normal Q-Q Plot of sistem



Şekil 5.21: Sistem Normal Dağılım Eğrisi

Normal Q-Q Plot of model



Şekil 5.22: Model Normal Dağılım Eğrisi

%95 önem düzeyi için gerçekleştirilen KS testi sonucunda gerçek sistem verileri ve benzetim verilerinin önem düzeyinin (significance) 0,05'ten büyük ($p>0,05$) olduğu gözlenmiştir. Sistem ve model çıktıları normal dağılıma uygundur. H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Sistem ve model çıktıları arasındaki fark istatistiki açıdan anlamlı değildir.

İkinci olarak sistem ve model verileri doğal eşleşmeden gelmediği için varyans analizi için SPSS programında t-testi uygulanmıştır. H_0 ve H_1 hipotezleri kurulmuş ve test önem seviyesi %95 olarak kabul edilmiştir.

- H_0 :Her iki grubun verileri arasında anlamlı bir fark yoktur.
- H_1 : Her iki grubun verileri arasında anlamlı bir fark vardır.

Sistem ve modele ait çıktı verileri SPSS programında t testine tabi tutulmuştur.

Group Statistics

grup	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
veriler sistem	20	420,0000	9,69536	2,16795
veriler model	20	421,2500	13,08223	2,92528

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
veriler	Equal variances assumed	2,467	,125	-,343	38	,733	-1,25000	3,64105	-8,62092	6,12092
	Equal variances not assumed			-,343	35,034	,733	-1,25000	3,64105	-8,64146	6,14146

Şekil 5.23: t-Testi Sonuçları

SPSS programında yapılan t-testi sonucuna göre sistemden elde edilen çıktı adeti 420, standart sapması 9,69, modelden elde edilen çıktı adeti 421, standart sapması 13,08 dır. Model ve sistemden elde edilen çıktı adetleri arasında anlamlı bir fark yoktur. $p=0,733$ dür. %95 güven seviyesinde $p>0,05$ olduğundan dolayı H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Model ile sistem arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark yoktur. Modelin geçerliliği sağlanmıştır.

5.1.2.5 Erkek Uzun Kollu Kazak Modeli Çıktı Analizi

5.1.2.5.1 Benzetim Isınma Süresi Hesaplama

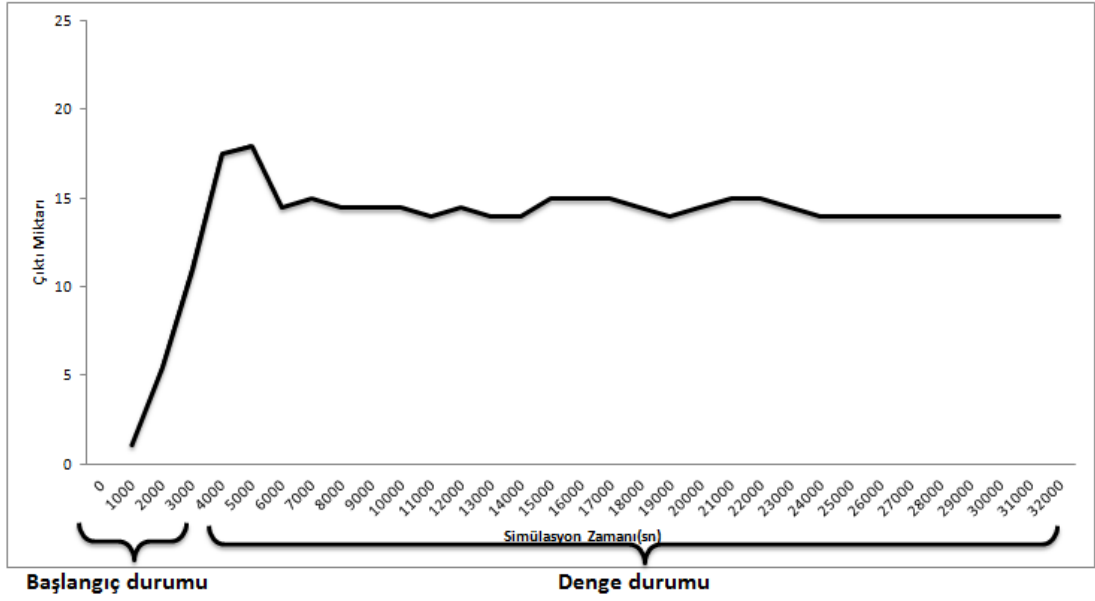
Benzetimde kullanılan değişkenler rassal olduğu için programın her koşulunda sonuçlar değişmektedir. Sonuçların farklı olması nedeniyle hangi sonuca güvenerek hareket edeceğimizi bilemeyiz. Bu nedenle benzetim sonuçları analiz edilmelidir. Benzetim modelleri sonuçların analizi bakımından “Sonlanan (Terminating)” ve “Sonlanmayan (Nonterminating)” benzetim olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Sonlanan benzetimde benzetimi sonlandıran doğal bir olay vardır ve sistem bu olayla beraber başlangıç koşullarına geri döner. Sonlanmayan benzetimde ise sistemi sonlandıran doğal bir olay yoktur ve temel sorun benzetimin ne zaman durdurulacağıdır. Sonlanmayan benzetim literatürde “Steady-State Simulation” olarak da bilinmektedir (Law ve diğ 2000).

Bu çalışmada incelenen konfeksiyon atölyesi sonlanmayan benzetim modeline uygundur. Çünkü dikim işlemi mesai bittiğinde durmakta ertesi gün kaldığı yerden devam etmektedir. Fakat sistemdeki günlük üretilen uzun kollu kazak miktarını hesaplamak için ise sistem sonlu olarak ele alınmıştır. Law ve Kelton (2000), çıktı analizinin doğru değerlendirilmesi için sistem davranışlarını sonlu ve sonsuz benzetim olmak üzere ikiye ayırmıştır. Fakat bazı durumlarda sistemlerin değerlendirilmesinde; analizcinin sistemi hakkında neyi öğrenmek istediğine bağlı olarak her iki çeşit benzetimi da (sonlu ve sonsuz benzetim) analizcinin amacı doğrultusunda sistemini değerlendirmek için kullanılabileceğini ifade etmiştir. Bu doğrultuda günlük üretilen uzun kollu kazak miktarını hesaplamak için, sistem sonlu olarak ele alınmış ve klasik istatistik uygulamalarını içeren yöntemlerden yararlanılmıştır. Sistem sonlu sistem olarak ele alınarak n bağımsız tekrar yapılmış ve sonuçları incelenmiştir.

Benzetim modelinin başlangıç durumu ya tezgahların boş ve atölyenin iş beklediği sıfıncı zaman veya tezgahların dolu ve atölyede bekleyen işlerin olduğu t . zaman olabilir. Benzetim zamanının ilerlemesiyle sistem bir geçiş döneminden sonra denge durumuna gelir. Değerlendirme ölçütlerinin hesabı, model denge durumunda iken yapılırsa, sonuçlar daha güvenilir olur. Bu nedenle modelin başlangıç

koşullarının etkisini ortadan kaldırılması gerekir ve bunun için çeşitli budama algoritmaları kullanılır (Üstün 2005).

Modelin ısınma süresi hesaplamak için model bir gün dokuz saat beş tekrar olarak çalıştırılmıştır. Her tekrardaki çıktı miktarı 1000 saniyelik periyotlar ile kaydedilmiştir. Grafik incelendiğinde 3500. saniyeden sonra doğrusal bir eğilim olduğu görülmektedir. Bu sebeple, modelin kararlı hale geçmesi için gerekli ısınma süresi bir saat olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.24: Isınma Süresi Grafiği

5.1.2.5.2 Güven Aralığı ve Tekrar Sayısının Hesaplanması

Benzetim bir gün için ve beş tekrar olarak çalıştırılarak çıktı verileri toplanmış ve %95 güven düzeyinde güven aralığı oluşturulmuştur. Beş numaralı denklem ile güven aralığı hesaplanmıştır.

Tablo 5.11: Tekrar Sayısı Üretim Miktarı Tablosu

Tekrar Sayısı	Üretim Miktarı
1	429
2	425
3	418
4	437
5	432

$$\bar{x}(n) \pm t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}} * \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (5.2)$$

$$\bar{x}(n) = 428 \quad n = 5$$

$$GA = [418, 438]$$

$$t_{4, 0,475} = 2,776$$

$$s = 7,19$$

n tekrarlamaya dayalı bu metodun dezavantajı analistin güven aralığının yarı uzunluğunu (ya da ortalamanın hassaslığını) kontrol edememesidir. (Law ve Kelton, 2000)

Sabit n değeri için yarı uzunluk;

$$t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}} * \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (5.3)$$

Mutlak hata;

$$[\bar{x}-\mu]=\beta$$

$1-\alpha$ güven düzeyinde güven aralığının yarı uzunluğunun β ya eşit ya da küçük oluncaya kadar tekrar yapılır ise;

$$n; i \geq s^2(n) \left(\frac{z_{1-\frac{\alpha}{2}}}{\beta} \right)^2 \quad (5.4)$$

şartını sağlayan en küçük i değeri tekrar sayısı kabul edilmektedir.

Gerçek sistemden toplanan 20 günlük verinin ortalaması (μ) 420 dir.

$$\left. \begin{array}{l} \beta=8 \\ \bar{x}(n) = 428 \\ \text{dür.} \\ z_{0,475} = 1,96 \\ s^2 = 51,7 \end{array} \right\} n; i \geq s^2(n) \left(\frac{z_{1-\frac{\alpha}{2}}}{\beta} \right)^2 \text{ şartını sağlayan } n \text{ küçük } i \text{ değeri } 13$$

$i=13$ için ;

$$\left(i \geq n: t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{s^2(n)}{i}} \leq \beta \right) \quad (5.5)$$

Formülü uygulandığında;

$$t_{12, 0,95} = 2,179$$

$i = 13$ için; $2,179 * \sqrt{\frac{51,7}{13}} = 4,34 \leq \beta = 8$ tekrar sayısının 13 veya daha fazla olabileceği hesaplanmıştır. Hesaplamalar (Law&Kelton 2000) referans alınarak yapılmıştır. Model bir gün dokuz saat 20 tekrar olarak çalıştırılmıştır.

5.1.2.6 Erkek Uzun Kollu Kazak Modeli Mevcut Durum Analizi

Benzetim modelinden elde edilen çıktılar üretim miktarı, personel kullanım oranı, operasyonların önünde bekleyen kuyruk miktarı, kaliteli ürün miktarı performans ölçütleri açısından değerlendirilmiş olup sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.

- **Üretim miktarı:**

Mevcut sistemde 8400 adet erkek uzun kollu kazak müşteri talebini karşılamak için 20 gün üretim yapılmaktadır. Toplam paketlenmiş ürün 8425'tir.

Tablo 5.12: Erkek Uzun Kollu Mevcut Durum Çıktı Verileri

Erkek Uzun kollu kazak Mevcut Durum	
Müşteri Talep Miktarı	8400
Günlük Ortalama Paketlenmiş Üretim Miktarı(adet)	421
Günlük Ortalama Üretim Miktarı(koli)	15
Üretim Gün Sayısı	20
Personel Sayısı	18
Kişi Başı Günlük Üretim Miktarı	23

- **Personel kullanım oranı:**

Tablo 5. 13: Mevcut Durum Personel Kullanım Oranı Çıktı Verileri

Personel	Kullanım oranı%
Ayakci1	99
Ayakci2	99
Ayakci3	100
DuzMakineci1	99
DüzMakineci2	75
DüzMakineci4	100
OverlokMakineci1	100
Personel	Kullanım oranı%

Personel	Kullanım oranı%
OverlokMakineci2	98
OverlokMakineci3	100
OverlokMakineci4	83
OverlokMakineci5	79
Temizlik1	98
Ütü1	67
Kalite1	88
Paket1	80
Kolici1	13
Temizlik Kalite	96
Ustabaşı	64

- **Operasyonların önünde bekleyen kuyruk miktarı:**

Tablo 5.14: Mevcut Durum Kuyruk Sayısı Çıktı Verileri

	Operasyon	Ortalama Kuyruk Sayısı
1	İstifleme	22
2	Omuz Çatma	20
3	Kol Takma	19
4	Yan Çatma	1
5	Yıkama Talimatı Takma	40
6	Yaka Takma	16
7	Ense Biye Takma	16
8	Ense Biye Kesme	0
9	Ense Biye Temizleme	22
10	Ense Etiket İşareti Alma	8
11	Etiket Takma	21
12	Ön Çima Kapama	0
13	Kol Manşet Takma	0
14	Kol Manşet Hazırlık	28
15	Etek Manşet Hazırlık	0
16	Biye Kesme	10
17	Yaka Ütü İzi Alma	10
19	Yaka Hazırlık	37
20	Yıkama Talimatı Hazırlık	44
21	Yaka Çevirme	56
22	Kol Manşet Çevirme	56
23	Etek Manşet Çevirme	52
24	Etek Manşet Ütü İzi Alma	59
25	Yaka Kesme	19
26	Etek Takma	0
27	Temizlik	11

	Operasyon	Ortalama Kuyruk Sayısı
28	Kalite Kontrol	5
29	Son Ürün Ütü	0
30	Katlama	0
31	Fiyat Etiketleri Takma	0
32	Jelatine Koyma	0
33	Metal Dedektör	0
34	Asorti Hazırlama(9 adet)	0
35	Asorti Poşetleme(9 adet)	0
36	Asorti Barkodlama	0
37	Koli Yapma	0
38	Kolileme	0
39	Koli Üzeri Barkod Yapıştırma	0

- **Kaliteli Ürün ve Tamir Miktarı:**

Tablo 5.15: Kaliteli Ürün ve Tamir Miktarı

Üretim Bandından Çıkan Ürün	648
Kalite Kontrolü Yapılmış Ürün	625
Kaliteli Ürün	421
Tamire Giden Ürün	204
Tamir oranı	%33
Paketlenmiş Ürün	421
Kolilenmiş Ürün	417

- **Ürünlerin Gelişler arası Süreleri:**

Tablo 5.16: Ürünlerin Gelişler arası Süreleri (saniye)

Dikilmiş Ürün Gelişler Arası Süre Ortalaması	44,46
Paketlenmiş Ürün Gelişler Arası Süre	68,46
Kolilenmiş Ürün Gelişler Arası Süre Ortalaması	68,6

Mevcut durumda yerleşim planının iş akışına uygun olmaması beklemlerin taşımaların ve operasyon sürelerinin artmasına neden olmaktadır. Üretim bandında her makinecinin önünde ara stok teknesi bulunmaktadır. Buda bazı operasyonların önünde ara stokun çok olmasına neden olmaktadır. Üretim bandında ortacı personel sürekli makinecilerin önündeki teknedeki ürünleri alıp diğer makineciye taşımaktadır. Buda ortacının iş yoğunluğunu artırmaktadır.

5.2 İyileştirilmiş Durum

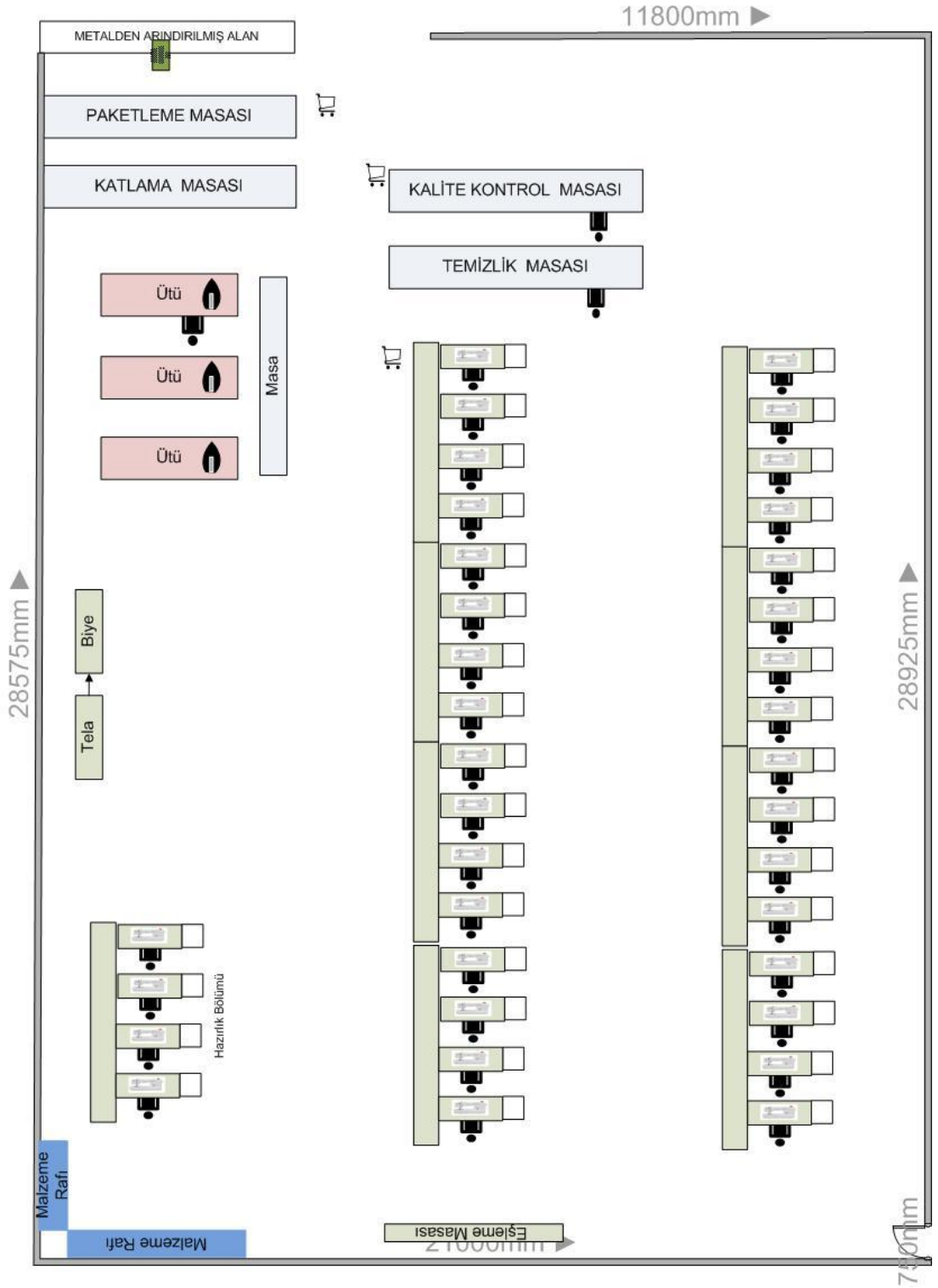
Bu bölümde, mevcut durumda gözlenen ve yukarıda bahsedilen problemlere ilişkin iyileştirme önerileri ve bu öneriler sonucu elde edilen performans ölçütlerine yer verilmiştir.

5.2.1 İyileştirme Önerileri

İşletme mevcut durum analizinde tespit edilen problemler için önerilen çözümler aşağıda verilmiştir.

1. Yerleşim planı iş akışına uygun şekilde değiştirilmiştir. Dikimhane bölümünün iyileştirilmiş hat yerleşimi Şekil 5.25’de verilmiştir.
2. İstifleme işlemi bandın en başında bulunan istifleme masasına taşınmıştır. Taşıma işlemi mevcut durumda yapılan hesaplamalar sonucunda 25 dakika olarak hesaplanmıştır. İstiflenen ürünlerin banda girmesi için gerekli taşıma işlemi ortadan kaldırılarak bir kişi 25 dakika kazanç elde edilmiştir.
3. Temizlik, kalite kontrol, ütü, katlama, paketleme masalarının yerleri iş akışına uygun olacak şekilde değiştirilmiştir. Temizlik masası banttaki en son işlemin önüne alınmıştır. Böylece ürünlerin son operasyondan sonra temizlik masasına taşınma işlemi ortadan kaldırılmıştır. Kalite kontrol masası temizlik masasının önüne taşınmıştır. Ütü masası iş akışına uyacak şekilde kalite kontrol masası ve katlama masası yakınına taşınmıştır. Böylece ütü ile kalite kontrol masası arasındaki 20 dakika kayıp süre ve ütü ve katlama arasındaki 30 dakika kayıp süre ortadan kaldırılmıştır. Hesaplanan verilere göre ütü paket katlama arasında günde 1 saat üretime katkı sağlamayan süre ortadan kaldırılmıştır. Üretim miktarı az olduğunda bu sürelerin önemi işletme tarafından çok fark edilememiştir. Ancak işletme büyüdüğünde ve üretim miktarı arttığında israf sürelerinin ortadan kalkması büyük katkı sağlayacaktır.
4. Üretim bandının içindeki her makinenin önünde bulunan stok tekneleri kaldırılmıştır. Burada amaç operasyonlar arasındaki ara stokları ortadan kaldırmak ve makineciler arasındaki mesafeyi azaltarak ürünlerin bantta ortacı bir kişiye ihtiyaç duyulmadan akışını sağlamaktır. Üretim bandı

yalın bir bant haline getirilmiştir. Mevcut durumda bantta ürün akışı gerçekleşmediğinden, dolayı ortacılar bir makinecinin önündeki stok teknesinden yarı mamulleri alıp düzeltip diğer makineciye ürün taşımaktadırlar. Buda ortacının çok olmasına ve verimli kullanılamamasına neden olmaktadır. Yapılan iyileştirme ile ortacıların iş yükleri azaltılarak ürüne katma değer katan işlere yönlendirilmiştir.



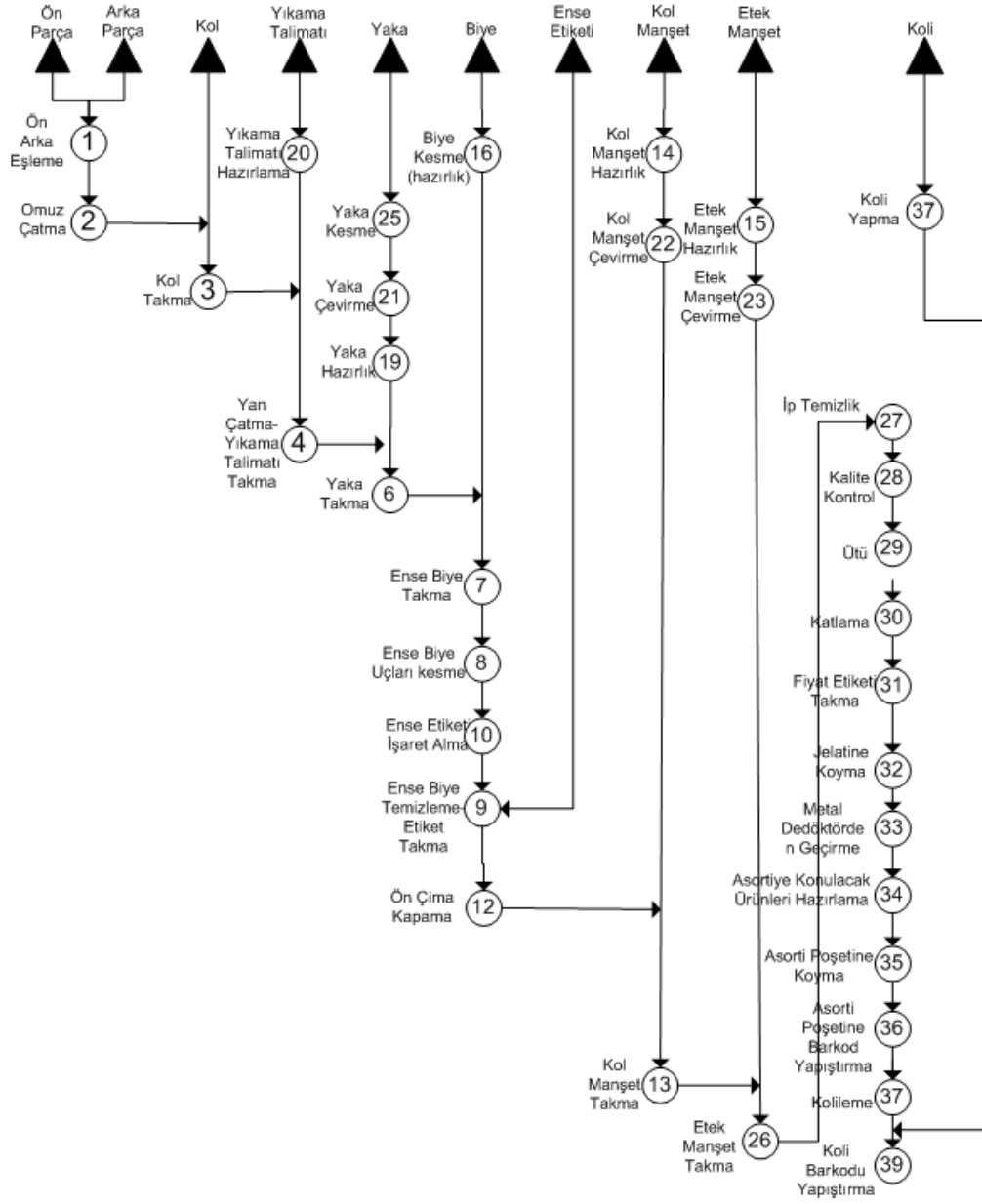
Şekil 5.25: İyileştirilmiş Durum Konfeksiyon Hat Yerleşimi

5.2.2 Erkek Uzun Kollu Kazak İyileştirilmiş Durum Analizi

Mevcut durum benzetim çıktılarından elde edilen veriler dikkate alınarak iyileştirme çalışmaları yapılmış ve farklı iş akışları önerilmiştir.

5.2.2.1 Erkek Uzun kollu kazak İyileştirilmiş Durum Senaryo 1

Mevcut durumdaki iş akışının ideal olup olmadığını görebilmek için ilk olarak mevcut durum iş akışı üzerinde iyileştirmeler yapılarak senaryo 1 (Şekil 5.26) çalıştırılmıştır. Benzetimden elde edilen çıktılar analiz edildiğinde ürüne yıkama talimatı takılırken iki operasyon yapıldığı gözlenmiştir. Yıkama talimatının takıldığı bölge önce yan çatma operasyonu yapan kişi tarafından dikilmekte daha sonra yıkama talimatı takan kişi tarafından tekrar dikilmekte olduğu gözlenmiştir. Yıkama talimatı parçası yan çatma operasyonu yapılırken takılabilmektedir. Aynı şekilde ense etiketi takma operasyonu da ense biye temizleme işlemi yapılırken takılabilmektedir. Bu nedenle yıkama talimatı takma operasyonu yan çatma operasyonu ile ense etiketi takma operasyonu ense biye kapama operasyonu ile birleştirilmiştir. Ütude oluşan darboğaz dikkate alınarak yaka ütüsü alma ve etek manşet ütüsü alma operasyonları kaldırılarak deneme yapılmıştır ve başarılı sonuç alındığı görüldüğünde bu operasyonlar kaldırılmıştır. Mevcut durumda 39 olan operasyon sayısı 35'e düşürülmüştür. Sistem incelendiğinde dikilmiş ürün gelişler arası sürenin 44,46, paketlenmiş ürün gelişler arası sürenin 68,6 olduğu görülmüştür. Temizlik operasyonunun makas ile yapıldığında vakit kaybını yüksek olduğu tespit edilmiştir. Temizlik operasyonunun uzun olması birden fazla kaynak kullanımı gerektirmektedir. Bundan dolayı temizlik işlemi için ip temizleme makinesi alınarak bu operasyonun süresi ortalama 40 saniyeye düşürülmüştür. Bütün bu iyileştirmeler sonucunda erkek uzun kollu kazak çevrim süresi 11,07 dakika olarak hesaplanmıştır. Bir ürün üretiminde 1,33 dakika iyileştirilme yapılmıştır.



Şekil 5.26: Erkek Uzun kollu kazak Modeli Senaryo 1

Prim sistemine geçilmesi ile birlikte tamir oranı %32 den %20'lere kadar düşürülmüştür. Tamir miktarı 2688'den 1680'e düşürülmüştür.

Senaryo 1'de yapılan iyileştirmeler sonucu kişi başına düşen üretim miktarı beş adet artmıştır.

Tablo 5.17: Mevcut Durum ile Senaryo 1'in Üretim Miktarı Karşılaştırılması

Erkek Uzun kollu kazak	Mevcut Durum	S1
Müşteri Talep Miktarı	8400	8400
Günlük Ortalama Paketlenmiş Üretim Miktarı(adet)	421	504
Günlük Ortalama Üretim Miktarı(koli)	15	19
Üretim Gün Sayısı	20	17
Personel Sayısı	18	18
Kişi Başı Günlük Paketlenmiş Üretim Miktarı	23	28

Senaryo 1'de yaka ütü izi alma, etek manşet ütü izi alma operasyonları kaldırıldığından ayakçı 2 ve ayakçı 3 ün kaynak kullanım oranları düşmüştür. Ense etiketi takma operasyonu ense temizleme ile yıkama talimatı takma operasyonu yan çatma ile birleştirildiğinden bu operasyonları yapan düz dikiş makineci1 kaynağını kullanım oranı düşmüştür.

Tablo 5.18: Mevcut Durum ile Senaryo 1 in Kaynak Kullanım Oranı Karşılaştırılması

<i>Personel</i>	<i>Mevcut Durum %</i>	<i>S1 %</i>
Ayakci1	99	99
Ayakci2	99	61
Ayakci3	100	87
DuzMakineci1	99	80
DüzMakineci2	75	91
DüzMakineci3	-	-
DüzMakineci4	100	81
OverlokMakineci1	100	100
OverlokMakineci2	98	98
OverlokMakineci3	100	100
OverlokMakineci4	83	91
OverlokMakineci5	79	85
OverlokMakineci6	-	-
OverlokMakineci7	-	-
OverlokMakineci8	-	-

<i>Personel</i>	<i>Mevcut Durum %</i>	<i>SI %</i>
Temizlik1	98	63
Ütü1	67	88
Ütü3		-
Kalite1	88	97
Kalite2		-
Paket1	80	100
Paket2		-
Kolici1	13	15
TemizlikKalite	96	84
U.başı	64	88
Ortalama	85	84

Tablo 5.19’da gösterilen öncelik ilişkileri dikkate senaryolar alınarak oluşturulmuştur. Senaryolar model için mümkün olan operasyonların sıralaması değiştirilerek oluşturulmuştur. Operasyon sıralamaları değiştirilerek daha verimli, kişi başı üretim adeti daha fazla simülasyon modelleri kurmak amaçlanmıştır. En iyi iş akışını bularak hat verimliliğini maksimum yapmak amaçlanmıştır.

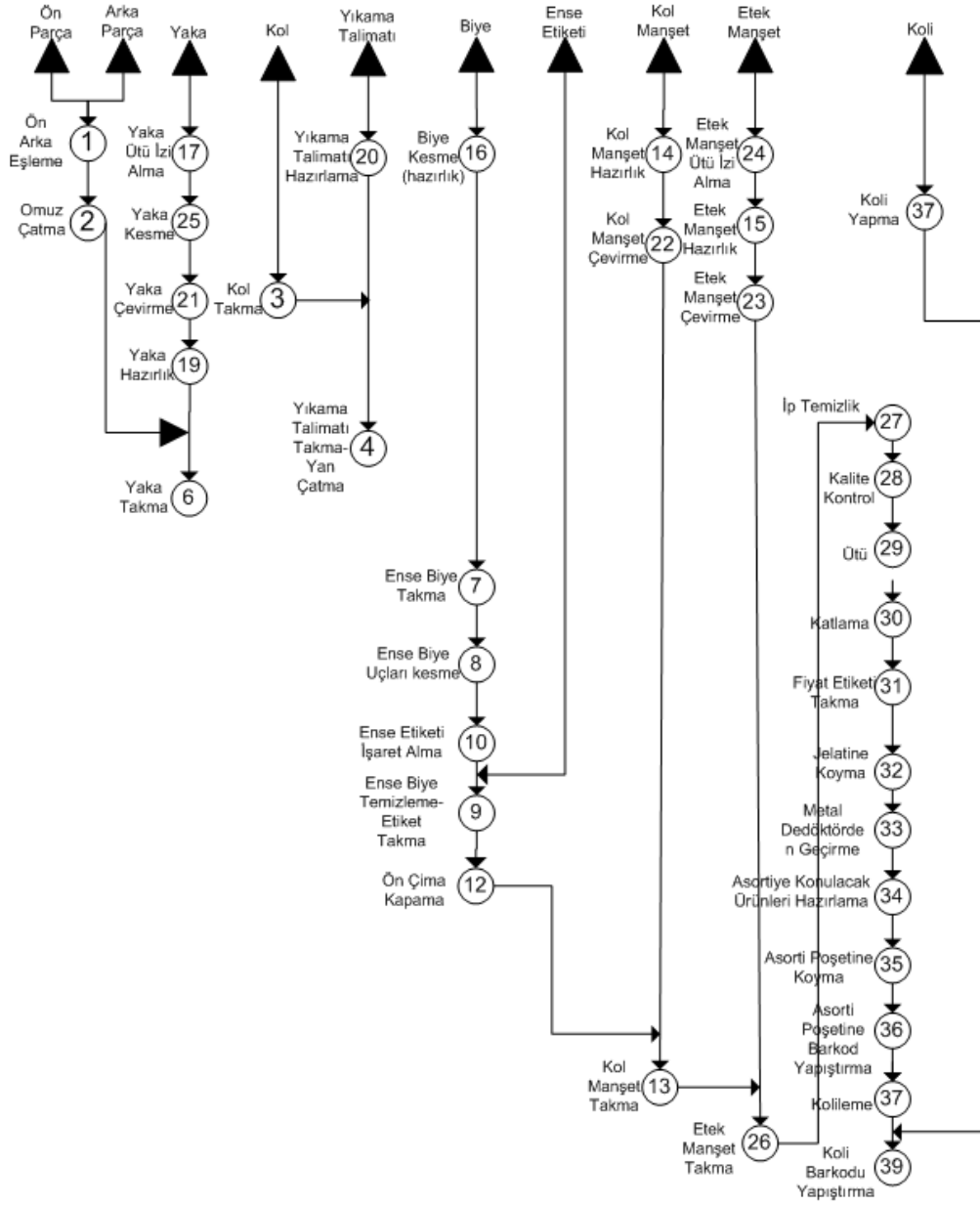
Tablo 5.19: Erkek Uzun kollu kazak Modeli Operasyonlara Ait Öncelik İlişkileri

	Operasyon	Öncüller
1	İstifleme	-
2	Omuz Çatma	1
3	Kol Takma	2
4	Yan Çatma-Yıkama Talimatı Takma	1 2
6	Yaka Takma	2
7	Ense Biye Takma	2 6
8	Ense Biye Kesme	2 6 7
9	Ense Biye Kapama-Ense Etiketini Takma	2 6 7 8
10	Ense Etiketini İşareti Alma	2 6 7 8 9
12	Ön Çima Kapama	2 6 7 8 9 10
13	Kol Manşet Takma	1 3 4 14 22
14	Kol Manşet Hazırlık	-
15	Etek Manşet Hazırlık	-
16	Biye Kesme	-
19	Yaka Hazırlık	25 21
20	Yıkama Talimatı Hazırlık	-
21	Yaka Çevirme	25
22	Kol Manşet Çevirme	14
23	Etek Manşet Çevirme	15
25	Yaka Kesme	-
26	Etek Takma	1 3 4 15 23
27	Temizlik	1,26 arası

	Operasyon	Öncüller
28	Kalite Kontrol	27
29	Son Ürün Ütü	27 28
30	Katlama	27 28 29
31	Fiyat Etiketleri Takma	27 28 29 30
32	Jelatine Koyma	27 28 29 30 31
33	Metal Dedektör	27 28 29 30 31 32
34	Asorti Hazırlama (9 adet)	27 28 29 30 31 32 33
35	Asorti Poşetleme (9 adet)	27 28 29 30 31 32 33 34
36	Asorti Barkodlama	27 28 29 30 31 32 33 34 35
37	Koli Yapma	27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
38	Kolileme	27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
39	Koli Üzeri Barkod Yapıştırma	27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38

5.2.2.2 Erkek Uzun kollu kazak İyileştirilmiş Durum Senaryo2

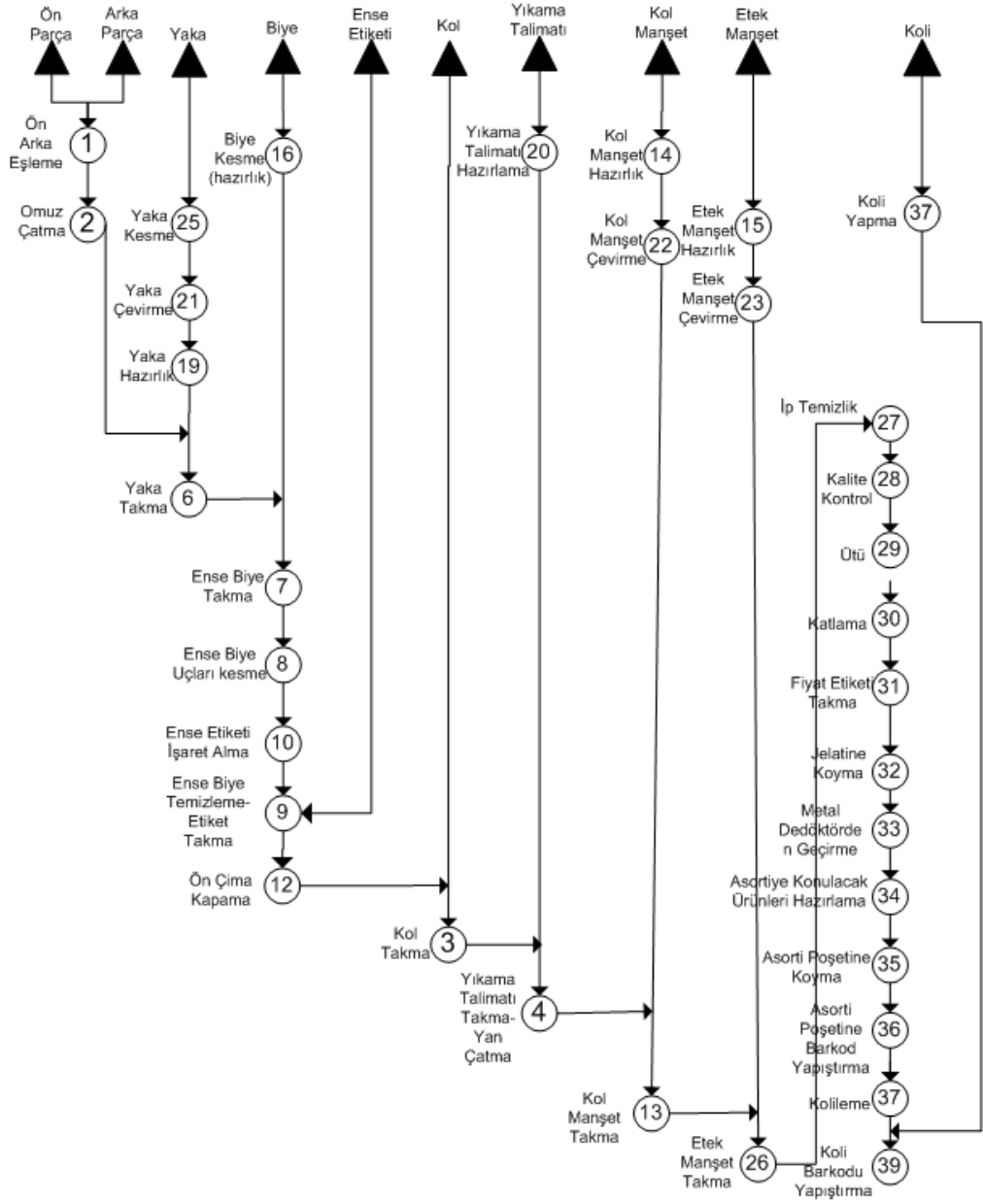
Senaryo 2'de omuz çatma operasyonundan sonra yaka takma operasyonu gelmektedir. Yaka takma operasyonu kol takma ve yan çatma operasyonunun önüne alınmıştır. Senaryo 2 Şekil 5.27'de gösterilmiştir.



Şekil 5.27: Erkek Uzun kollu kazak Modeli Senaryo 2

5.2.2.3 Erkek Uzun kollu kazak İyileştirilmiş Durum Senaryo 3

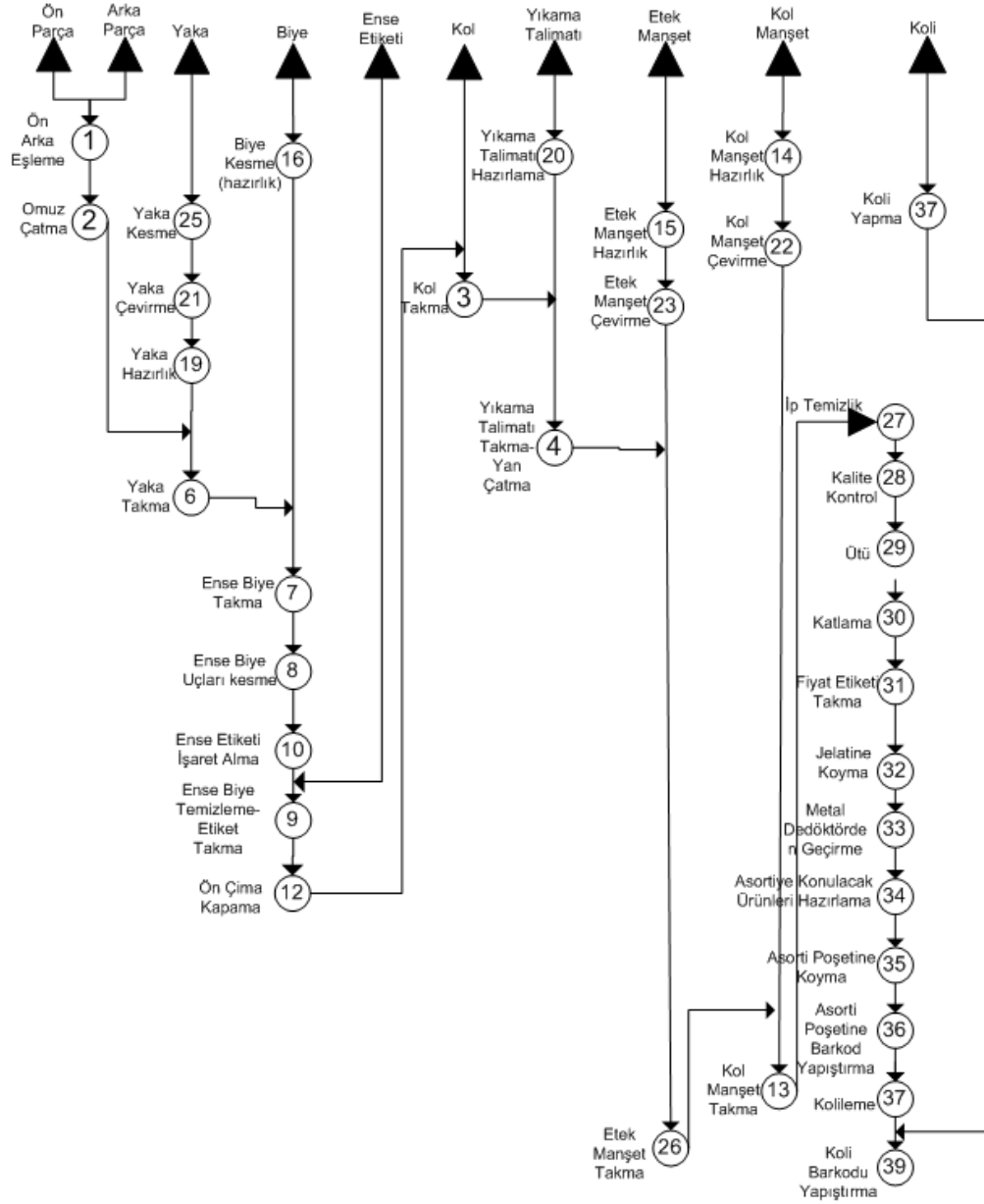
Senaryo 3'te ense biye takma, ense biye kapama, ön çıma operasyonları kol takma operasyonunun önüne alınmıştır. Senaryo 3 Şekil 5.28'de gösterilmiştir.



Şekil 5.28: Erkek Uzun kollu kazak Modeli Senaryo 3

5.2.2.4 Erkek Uzun kollu kazak İyileştirilmiş Durum Senaryo 4

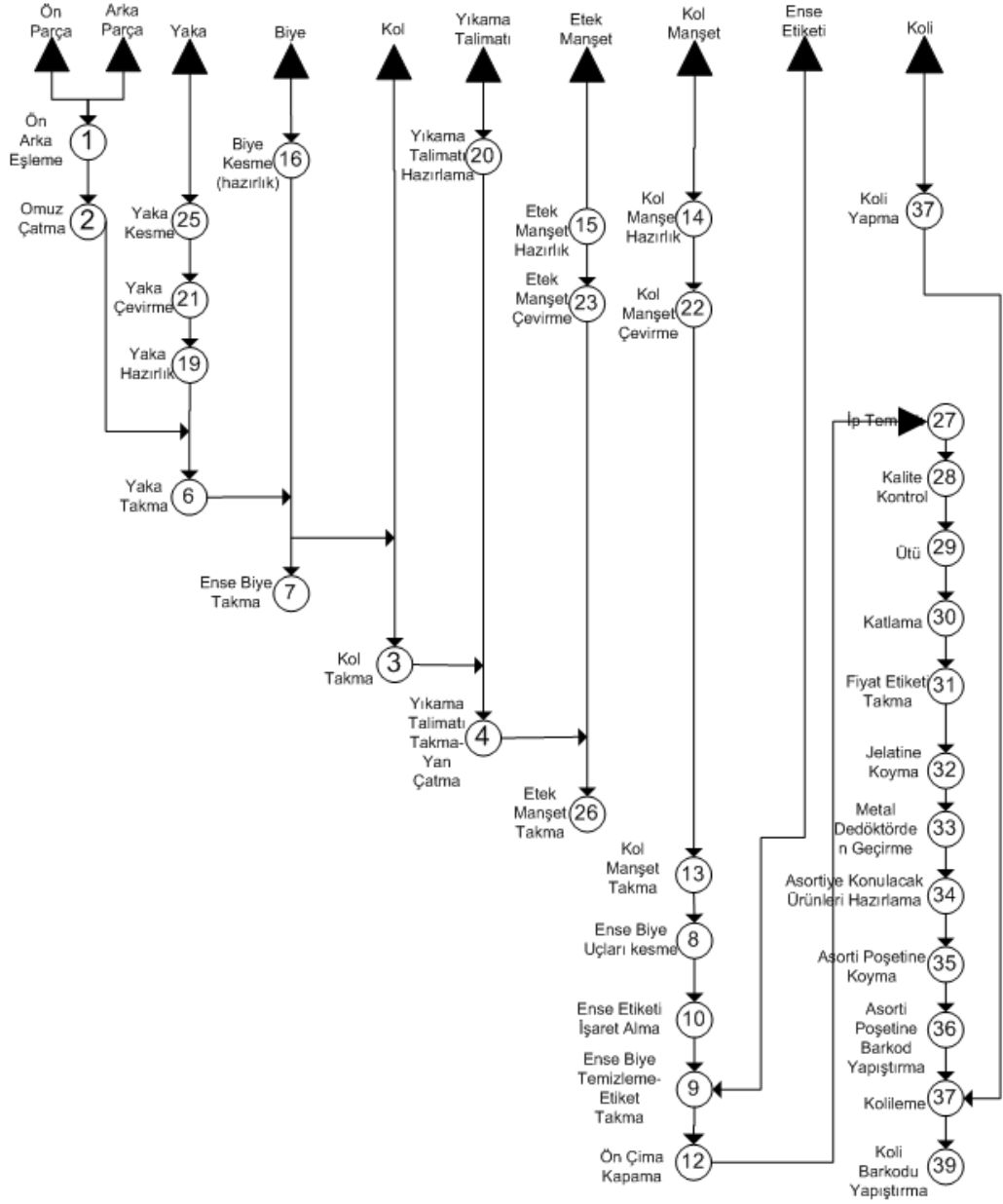
Senaryo 4'de on çıma operasyonu en sona alınmıştır (Şekil 5.29).



Şekil 5.29: Erkek Uzun kollu kazak Modeli Senaryo 4

5.2.2.5 Erkek Uzun kollu kazak İyileştirilmiş Durum Senaryo 5

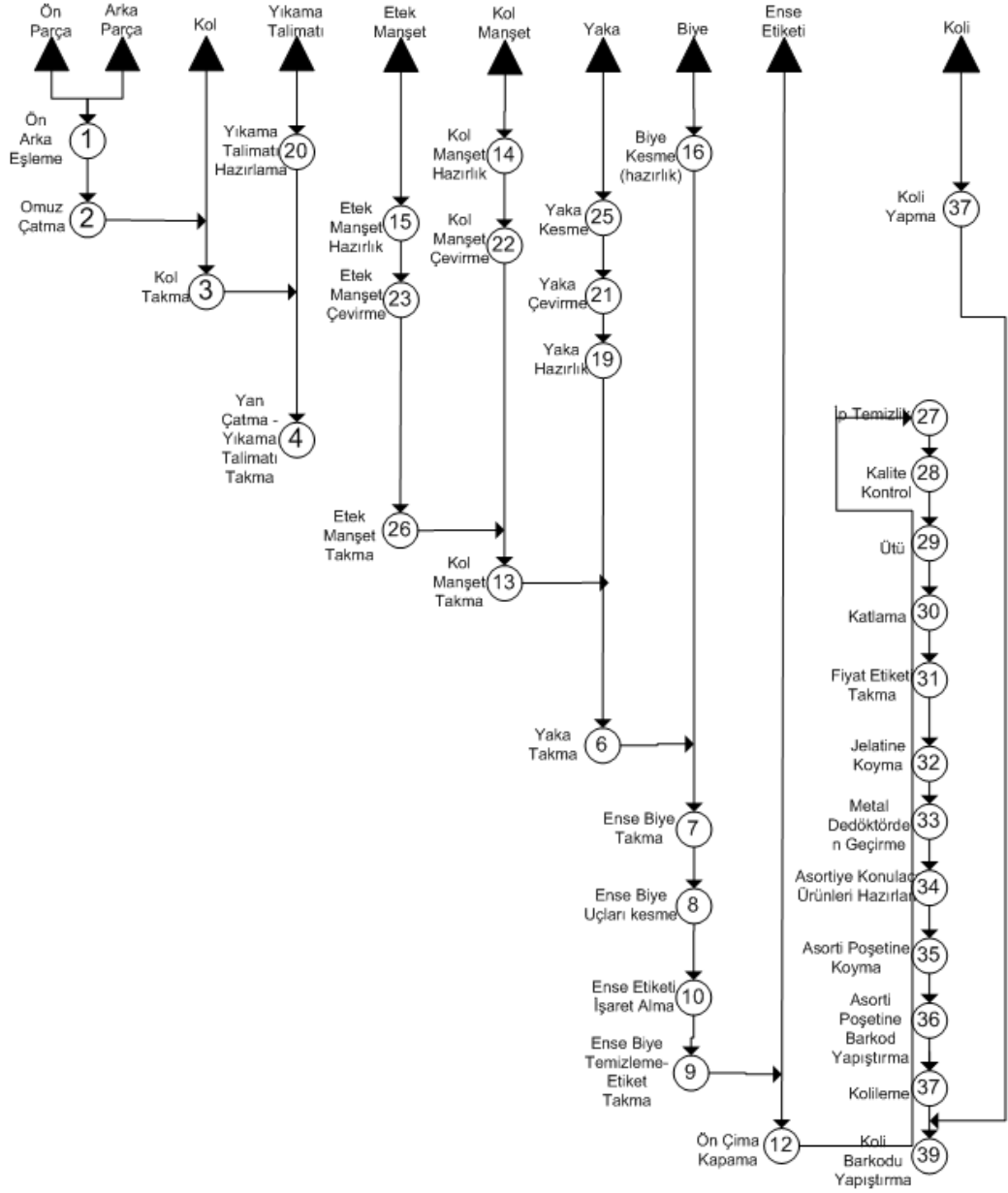
Senaryo 5'de ense biye kapama ve ön çıma operasyonları en sona alınmıştır (Şekil 5.30).



Şekil 5.30: Erkek Uzun kollu kazak Modeli Senaryo 5

5.2.2.6 Erkek Uzun kollu kazak İyileştirilmiş Durum Senaryo 6

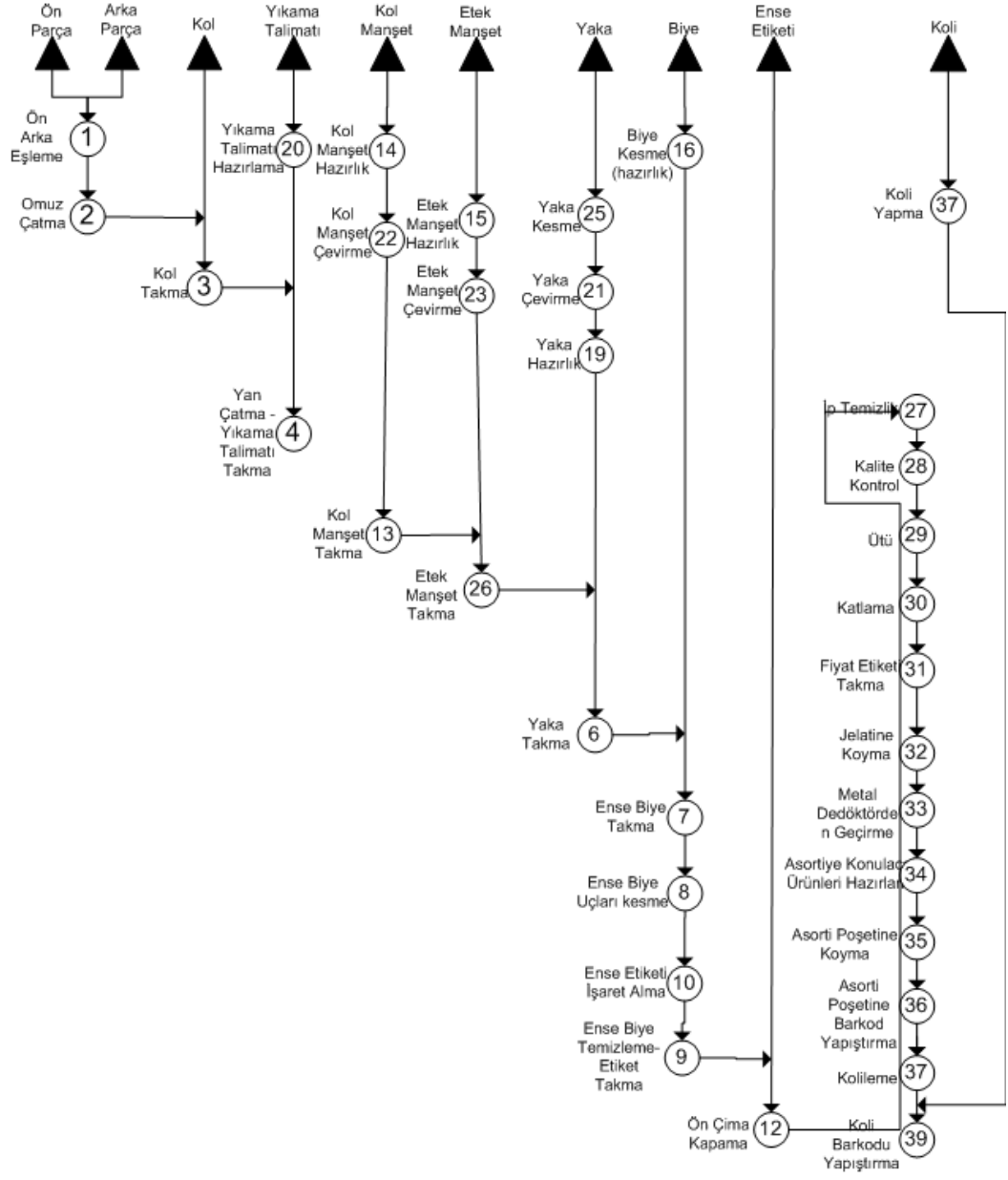
Senaryo 6'da yan çatma operasyonundan sonra etek manşet ve kol manşet takma operasyonu alınmıştır (Şekil 5.31).



Şekil 5.31: Erkek Uzun kollu kazak Modeli Senaryo 6

5.2.2.7 Erkek Uzun kollu kazak İyileştirilmiş Durum Senaryo 7

Senaryo7'de etek manşet ve kol manşet operasyonlarının yerleri değiştirilmiştir (Şekil 5.32).



Şekil 5.32: Erkek Uzun kollu kazak Modeli Senaryo 7

Senaryoların her biri için benzetim modeli çalıştırılarak sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Benzetim modeli her iş akışı için mevcut durumdaki gibi bir gün dokuz saat 20 koşum olarak çalıştırılmıştır. Senaryolardan elde edilen çıktılar aşağıdaki tabloda bulunmaktadır.

Tablo 5.20: Erkek Uzun kollu kazak Senaryoları Üretim Miktarları

<i>Erkek Uzun kollu kazak</i>	<i>S 1</i>	<i>S 2</i>	<i>S 3</i>	<i>S 4</i>	<i>S 5</i>	<i>S 6</i>	<i>S 7</i>
Müşteri Talep Miktarı	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400
Günlük Ortalama Paketlenmiş Üretim Miktarı(adet)	504	501	502	500	504	503	501
Günlük Ortalama Üretim Miktarı(koli)	19	19	19	19	19	19	19
Üretim Gün Sayısı	17	17	17	17	17	17	17
Personel Sayısı	18	18	18	18	18	18	18
Kişi Başı Günlük Paketlenmiş Üretim Miktarı	28	28	28	28	28	28	28

Tablo 5.21: Erkek Uzun kollu kazak Senaryoları Ortalama Kuyrukta Bekleme Sayıları

		<i>Ortalama Kuyruk Sayıları</i>						
	<i>Operasyon</i>	<i>S 1</i>	<i>S 2</i>	<i>S 3</i>	<i>S 4</i>	<i>S 5</i>	<i>S 6</i>	<i>S 7</i>
1	İstifleme	25	20	22	17	21	25	24
2	Omuz Çatma	22	9	2	2	2	21	22
3	Kol Takma	21	8	2	2	1	21	21
4	Yan Çatma-Yıkama Talimatı Takma	2	1	0	0	0	0	0
6	Yaka Takma	38	43	47	47	48	44	46
7	Ense Biye Takma	36	40	43	43	44	41	42
8	Ense Biye Kesme	0	0	0	0	0	0	0
9	Ense Biye Temizleme-Etiket Takma	0	0	0	0	0	0	0
10	Ense Etiketini İşareti Alma	0	0	0	0	0	0	0
12	Ön Çima Kapama	1	1	1	1	2	1	1
13	Kol Manşet Takma	1	1	0	3	2	15	3
14	Kol Manşet Hazırlık	0	0	0	0	0	0	0
15	Etek Manşet Hazırlık	1	1	1	1	3	1	2
16	Biye Kesme	0	0	0	0	0	0	0
19	Yaka Hazırlık	0	1	0	0	0	0	0
20	Yıkama Talimatı Hazırlık	0	0	0	0	0	0	0
21	Yaka Çevirme	0	1	0	0	0	0	0
22	Kol Manşet Çevirme	1	0	0	0	0	0	0
23	Etek Manşet Çevirme	0	1	1	1	1	1	1
25	Yaka Kesme	42	46	50	50	50	46	49
26	Etek Takma	0	0	0	0	0	0	0
27	Temizlik	0	1	1	1	1	1	1
28	Kalite Kontrol	5	8	8	8	8	1	2
29	Son Ürün Ütü	3	2	2	2	1	1	2
30	Katlama	11	13	14	14	13	2	2
31	Fiyat Etiketini Takma	11	12	13	13	12	2	2
32	Jelatine Koyma	4	4	5	5	5	2	1

<i>Ortalama Kuyruk Sayıları</i>								
<i>Operasyon</i>	<i>S 1</i>	<i>S 2</i>	<i>S 3</i>	<i>S 4</i>	<i>S 5</i>	<i>S 6</i>	<i>S 7</i>	
33	Metal Dedektör	0	0	0	0	0	0	0
34	Asorti Hazırlama (9 adet)	0	0	0	0	0	0	0
35	Asorti Poşetleme (9 adet)	0	0	0	0	0	0	0
36	Asorti Barkodlama	0	0	0	0	0	0	0
37	Koli Yapma	0	0	0	0	0	0	0
38	Kolileme	0	0	0	0	0	0	0
39	Koli Üzeri Barkod Yapıştırma	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 5.22: Erkek Uzun kollu kazak Senaryoları Kaynak Kullanım Oranları

<i>Personel</i>	<i>Kullanım oranı%</i>						
	<i>S 1</i>	<i>S 2</i>	<i>S 3</i>	<i>S 4</i>	<i>S 5</i>	<i>S 6</i>	<i>S 7</i>
Ayakci1	99	99	99	99	99	99	99
Ayakci2	61	61	61	60	67	61	60
Ayakci3	87	87	87	86	87	87	87
DüzMakineci1	80	81	80	79	86	80	79
DüzMakineci2	91	91	90	90	96	90	91
DüzMakineci4	81	80	80	81	80	81	80
OverlokMakineci1	100	100	97	97	96	100	100
OverlokMakineci2	98	96	91	91	90	98	97
OverlokMakineci3	100	100	100	100	100	100	100
OverlokMakineci4	91	92	93	97	96	100	99
OverlokMakineci5	85	85	86	83	82	89	91
Temizlik1	63	64	64	65	65	58	59
Ütü1	88	88	89	88	86	80	80
Kalite1	97	97	98	97	98	90	89
Paket1	100	100	100	100	100	97	96
Kolici1	15	15	14	14	15	15	15
Temizlik Kalite	84	84	85	85	85	76	75
Ustabaşı	88	82	81	82	84	78	78
Ortalama	84	83	83	83	84	82	82

Tablo 5.23: Erkek Uzun Kollu Kazak Senaryoları Genel Tablo

	Üretim Bandından Çıkan Ürün	Kalite Kontrolü Yapılmış Ürün	Kaliteli Ürün	Tamire Giden Ürün	Tamir oranı %	Paketlenmiş Ürün	Kolilenmiş Ürün
S1	697	693	551	142	20	504	510
S2	697	691	555	136	20	501	505
S3	710	699	560	139	20	502	508
S4	709	700	561	139	20	500	502

	Üretim Bandından Çıkan Ürün	Kalite Kontrolü Yapılmış Ürün	Kaliteli Ürün	Tamire Giden Ürün	Tamir oranı %	Paketlenmiş Ürün	Kolilenmiş Ürün
S5	711	699	559	140	20	504	509
S6	636	636	506	130	20	503	506
S7	635	634	505	129	20	501	508

Tablo 5.24: Erkek Uzun Kollu Kazak Senaryoları Gelişler Arası Süre(saniye)

	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7
Dikilmiş Ürün Gelişler arası Süre Ortalaması	41,34	41,2	40,57	40,61	40,47	45,29	45,32
Paketlenmiş Ürün Gelişler arası Süre	57,1	57,5	57,4	57,61	57,13	57,23	57,43
Kolilenmiş Ürün Gelişler arası Süre Ortalaması	57,1	57,6	57,4	57,6	57,1	57,3	57,6

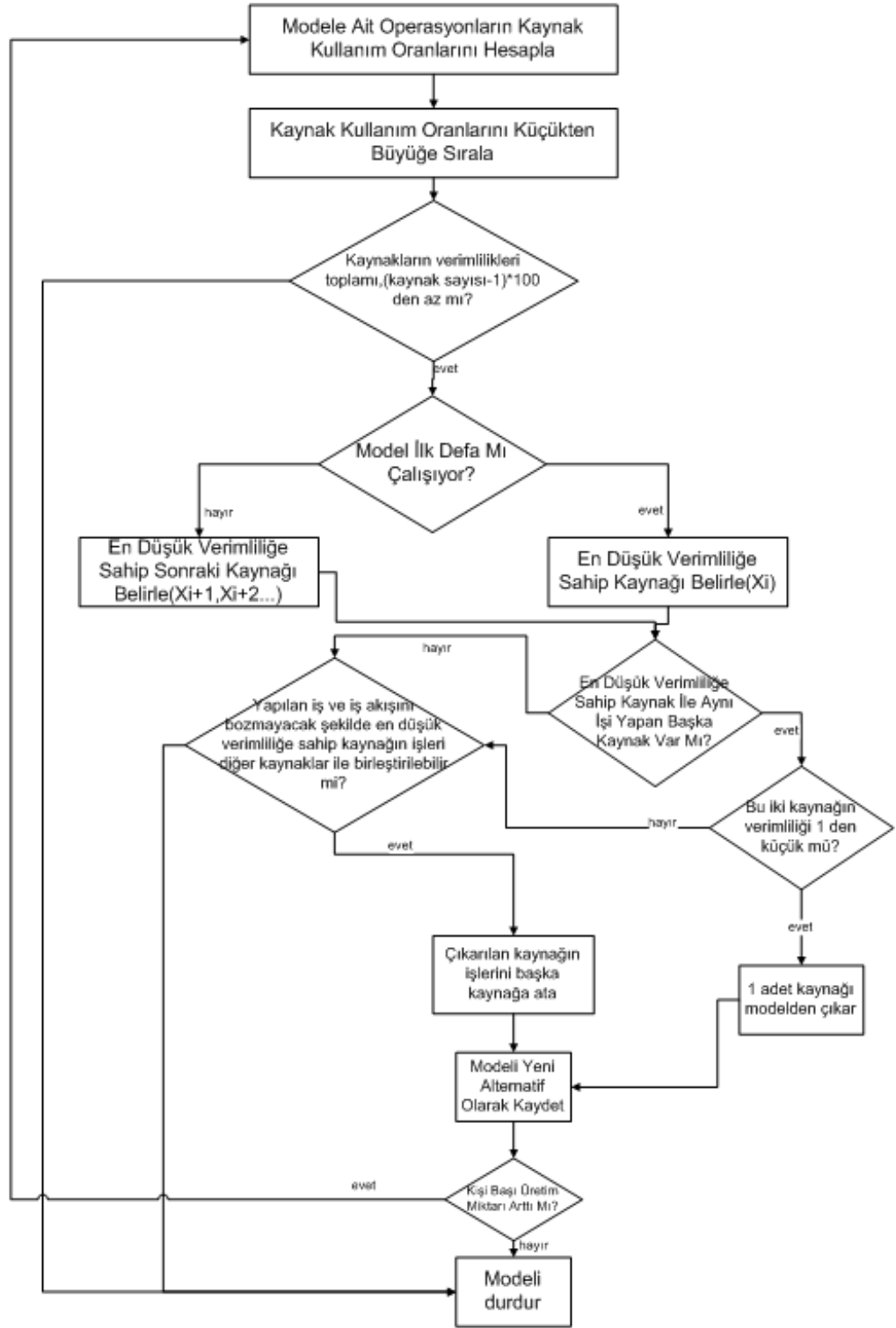
Senaryolar incelendiğinde üretim bandından çıkan ürünün en fazla senaryo 5 iş akışında olduğu görülmüştür. Buradan hareketle kaynak kullanım oranlarını dengelemek için senaryo 5 iş akışları dikkate alınarak bir algoritma geliştirilmiştir.

5.2.3. Kaynak Kullanım Oranını Dengelemek İçin Geliştirilen Algoritma

Mevcut durum incelendiğinde kişi başı üretim miktarı beklenenin altında çıkmaktadır. Bunun nedenleri analiz edildiğinde bazı kaynakların kullanım oranı %100'lere yaklaşırken bazılarının %65-70'lerde kalmaktadır. Kuyruk miktarları bazı operasyonlarda çok, bazılarında hiç yoktur. Bu problemi ortadan kaldırmak adına Bilget (2015) tarafından önerilen "kalp algoritması" referans alınarak operasyonların kaynak kullanım oranını %100 yaklaştırarak aynı sayıda kaynak ile çıktı sayısını artırmak amacıyla bir algoritma önerilmiştir. Kalp algoritmasında esas amaç, kaynakların verimliliğini (%100 verimlilik anlamına gelen) bir değerine yaklaştırabilmektir. Bu amaç doğrultusunda işçilere görev atamasının ne şekilde yapılması gerektiği, mevcut sisteme yapılan yoğun varlık beslemesi ile belirlenmektedir. Yapılan yoğun besleme kuyrukları ortaya çıkarmaktadır. Kuyrukları azaltmak ise kaynakların verimliliğini artırmakla sağlanmaktadır.

Algoritmanın başında sistemin yoğun bir şekilde beslenmesi kalbin kanı insan vücuduna pompalamasına benzetildiği için kalp algoritması denilmiştir.

Geliştirilen algorithmada ise yoğun varlık beslemesi yapılmadan kaynak kullanım oranlarına göre iyileştirme yapılmıştır. Modeldeki kaynak kullanım küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır. Tüm kaynakların verimlilikleri toplamı $(\text{kaynak sayısı}-1)*100$ den küçük ise sistemde bir veya daha fazla kaynağın fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre sistemde fazla olan kaynağın iş yükü aynı işi yapabilecek diğer kaynaklara paylaştırarak kaynak sayısı azaltılmıştır. Bu sayede sistemin kaynak kullanım oranı artırılmış ve kişi başına düşen üretim miktarı artırılmış olmuştur.



Şekil 5.32: Kaynak Kullanım Oranını Dengelemek İçin Geliştirilen Algoritma

Tablo 5.25: Erkek Uzun kollu kazak Senaryo 5 Kaynak Kullanım Oranı

<i>Personel</i>	<i>S5%</i>
Kolici1	15
Temizlik1	65
Ayakci2	67
DüzMakineci4	80
OverlokMakineci5	82
U.başı	84
TemizlikKalite	85
DuzMakineci1	86
Ütü1	86
Ayakci3	87
OverlokMakineci2	90
DüzMakineci2	96
OverlokMakineci1	96
OverlokMakineci4	96
Kalite1	98
Ayakci1	99
OverlokMakineci3	100
Paket1	100

Senaryo 5 modeli kaynak kullanım oranı küçükten büyüğe doğru sıralanarak incelendiğinde kolici ve ayakçı ikinin kaynak kullanım oranları toplamının biri geçmediği ve yapılan işlerin bir kişi tarafından yapılmasının uygun olduğu gözlenmiş ve ayakçı iki kaynağı modelden kaldırılmıştır. Ayakçı ikinin görevleri kolici bire devredilerek benzetim modeli çalıştırılmış ve senaryo 8 modeli oluşmuştur. Senaryo 8'e ait kaynak kullanım oranı aşağıdaki tablodadır.

Tablo 5.26: Erkek Uzun kollu kazak Senaryo 8 Kaynak Kullanım Oranı

<i>Personel</i>	<i>S8%</i>
Temizlik1	66
DüzMakineci4	81
Kolici1	81
OverlokMakineci5	82
U.başı	82
TemizlikKalite	83
DuzMakineci1	85
Ayakci3	87
Ütü1	89
OverlokMakineci2	90
DüzMakineci2	96
OverlokMakineci1	96
OverlokMakineci4	96
Paket1	97
Kalite1	98
Ayakci1	99
OverlokMakineci3	100
Ayakci2	-

Senaryo 8 kaynak kullanım oranı incelendiğinde temizlik ve kalite bölümünde toplam üç kişinin çalıştığı gözlenmiştir. Hem temizlik hem kalite bölümünde çalışan bir personel bulunmaktadır. (Temizlik Kalite) Temizlik bölümünde çalışan Temizlik1 kaynağının kullanım oranı %63 olduğu görülmüştür. Temizlik bölümü için ikinci bir kaynağa ihtiyaç yoktur.

Kalite bölümü için destek kaynak olarak kullanım oranı düşük ayakçı üç ve kolici atanmıştır. Böylece Temizlik Kalite kaynağı modelden çıkarılarak senaryo 9 oluşturulmuştur. Senaryo 9'a ait kaynak kullanım oranı aşağıdaki tablodadır.

Tablo 5.27: Erkek Uzun kollu kazak Senaryo 9 Kaynak Kullanım Oranı

<i>Personel</i>	<i>S9%</i>
DüzMakineci4	81
OverlokMakineci5	82
DuzMakineci1	83
Ütü1	84
Ayakci3	86
OverlokMakineci2	90
DüzMakineci2	93
Kalite1	94
Temizlik1	95
OverlokMakineci4	96
OverlokMakineci1	97
Paket1	97
Ayakci1	99
Kolici1	99%
U.başı	99
OverlokMakineci3	100
Ayakci2	-
Temizlik Kalite	-

Senaryo 9 kaynak kullanım oranı incelendiğinde en düşük kaynak kullanım oranının düz makineci 4 olduğu görülmektedir. Bu kaynağın görevi diğer kaynaklar ile birleştirilemediğinden dolayı algoritma durdurulmuştur.

Gerçek sistem incelendiğinde bir kaynak birden fazla operasyonda çalıştırıldığında verimliliğinin düştüğü tespit edilmiştir. Bundan dolayı bir kaynağı en az sayıda operasyonda çalıştırmak amacı ile kaynak sayıları artırılarak yeni senaryolar geliştirilmiştir. Bütün kaynakların kullanım oranlarının %100'e yakın olması amaçlanmaktadır.

Senaryo 9 kaynak kullanım oranları incelenerek darboğaz noktalarının kaynakları artırılmıştır. Sisteme bir overlok makinecisi, bir paket personeli, bir temizlik-kalite personeli eklenmiştir. Toplam kaynak sayısı 19 olacak şekilde senaryo 10 modeli oluşturulmuştur. Senaryo 10 modeli kaynak kullanım ortalaması %92'dir.

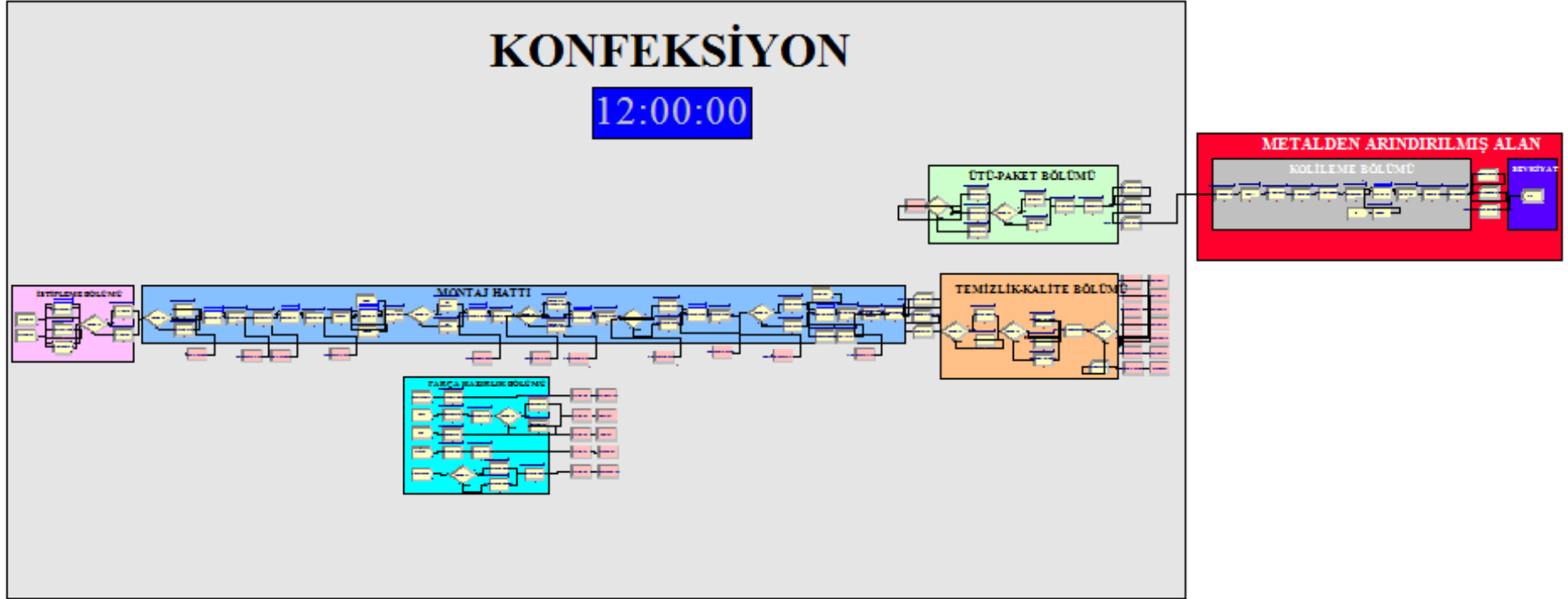
Tablo 5.28: Senaryo 10 Kaynak Kullanım Oranı

<i>Personel</i>	<i>S10%</i>
Ayakci1	83
Ayakci3	89
DuzMakineci1	94
DüzMakineci2	96
DüzMakineci3	-
DüzMakineci4	92
OverlokMakineci1	95
OverlokMakineci2	94
OverlokMakineci3	86
OverlokMakineci4	91
OverlokMakineci5	98
OverlokMakineci6	91
Temizlik1	90
Ütü1	92
Ütü3	-
Kalite1	95
Kalite2	-
Paket1	97
Paket2	71
Kolici1	95
Temizlik Kalite	96
Usta başı	85
<i>Ortalama</i>	<i>91</i>

Senaryo 10'dan elde edilen kaynak kullanım oranları incelendiğinde sisteme üç overlok makineci, bir paketleme, bir kalite, bir ütü personeli eklenerek senaryo 11 oluşturulmuştur. Toplam kaynak sayısının 25 olduğu gözlenmiştir. Senaryo 11 modeli kaynak kullanım ortalaması %94'tür. Senaryo 11 arena görüntüsü Şekil 5.34 de bulunmaktadır.

Tablo 5.29: Senaryo 11 Kaynak Kullanım Oranı

<i>Personel</i>	<i>S11</i>
Ayakci1	93
Ayakci2	99
Ayakci3	93
DuzMakineci1	98
DüzMakineci2	94
DüzMakineci3	99
DüzMakineci4	96
OverlokMakineci1	97
OverlokMakineci2	97
OverlokMakineci3	93
OverlokMakineci4	94
OverlokMakineci5	97
OverlokMakineci6	97
OverlokMakineci7	99
OverlokMakineci8	95
Temizlik1	98
Ütü1	81
Ütü3	82
Kalite1	93
Kalite2	97
Paket1	95
Paket2	98
Kolici1	97
Temizlik Kalite	94
U.başı	85
<i>Ortalama</i>	<i>94</i>



Şekil 5.33: İyileştirilmiş Durum Arena Görüntüsü (Senaryo 11)

5.3 BULGULAR

5.3.1 Erkek Uzun Kollu Kazak Üretimi Önerilen Senaryolardan Elde Edilen Benzetim Çıktıları

Erkek uzun kollu kazak üretimi mevcut durumu iyileştirmek adına 11 senaryo geliştirilerek benzetim programı çalıştırılmıştır. Senaryolara ait üretim miktarları, kuyruk sayıları, kaynak kullanım oranları, gelişler arası süreler aşağıdaki tablolarda bulunmaktadır.

Tablo 5.30: Senaryoların Üretim Miktarları Açısından Karşılaştırılması

<i>Erkek Uzun kollu kazak</i>	<i>Mevcut Durum</i>	<i>S 1</i>	<i>S 2</i>	<i>S 3</i>	<i>S 4</i>	<i>S 5</i>	<i>S 6</i>	<i>S 7</i>	<i>S 8</i>	<i>S 9</i>	<i>S 10</i>	<i>S 11</i>
Günlük Ortalama Paketlenmiş Üretim Miktarı(adet)	421	504	501	502	500	504	503	501	503	476	633	844
Günlük Ortalama Üretim Miktarı Koli (27 adet)	15	19	19	19	19	19	19	19	19	16	23	31
Üretim Gün Sayısı	20	17	17	17	17	17	17	17	17	18	13	10
Personel Sayısı	18	18	18	18	18	18	18	18	17	16	19	25
Kişi Başı Günlük Paketlenmiş Üretim Miktarı	23	28	28	28	28	28	28	28	30	30	33	34

Günlük ortalama paketlenmiş üretim miktarı dikkate alındığında üretim bandı için önerilen en iyi durum 11. senaryo olmuştur. Mevcut durum kişi başı üretim miktarı 23 adetten 34 adete yükseltilmiştir. Üretim miktarı 421'den 844'e yükseltilerek iki kat artırılmıştır. Personel sayısı 18'den 25'e çıkarılmıştır.

Tablo 5.31: Senaryolara Göre Kuyrukta Bekleme Sayıları

<i>Ortalama Kuyruk Sayıları</i>													
	<i>Operasyon</i>	Mevcut Durum	<i>S 1</i>	<i>S 2</i>	<i>S 3</i>	<i>S 4</i>	<i>S 5</i>	<i>S 6</i>	<i>S 7</i>	<i>S 8</i>	<i>S 9</i>	<i>S 10</i>	<i>S 11</i>
1	İstifleme	22	25	20	22	17	21	25	24	25	24	3	7
2	Omuz Çatma	20	22	9	2	2	2	21	22	2	2	2	5
3	Kol Takma	19	21	8	2	2	1	21	21	1	2	3	6
4	Yan Çatma-Yıkama Talimatı Takma	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12
6	Yaka Takma	16	38	43	47	47	48	44	46	48	44	2	4
7	Ense Biye Takma	16	36	40	43	43	44	41	42	43	41	3	6
8	Ense Biye Kesme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1	6
9	Ense Biye Temizleme-Etiket Takma	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
10	Ense Etiketini İşareti Alma	8	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1	6
12	Ön Çıma Kapama	0	1	1	1	1	2	1	1	2	2	4	1
13	Kol Manşet Takma	0	1	1	0	3	2	15	3	3	2	1	18
14	Kol Manşet Hazırlık	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
15	Etek Manşet Hazırlık	0	1	1	1	1	3	1	2	3	3	2	11
16	Biye Kesme	10	0	0	0	0	0	0	0	0	41	1	6
19	Yaka Hazırlık	37	0	1	0	0	0	0	0	1	1	2	5
20	Yıkama Talimatı Hazırlık	44	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	14
21	Yaka Çevirme	56	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	6
22	Kol Manşet Çevirme	56	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4
23	Etek Manşet Çevirme	52	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4
25	Yaka Kesme	19	42	46	50	50	50	46	49	50	46	3	9
26	Etek Takma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	15
27	Temizlik	11	0	1	1	1	1	1	1	1	3	2	11
28	Kalite Kontrol	5	5	8	8	8	8	1	2	8	5	10	12
29	Son Ürün Ütü	0	3	2	2	2	1	1	2	2	8	3	2
30	Katlama	0	11	13	14	14	13	2	2	13	3	4	3
31	Fiyat Etiketini Takma	0	11	12	13	13	12	2	2	13	3	4	3
32	Jelatine Koyma	0	4	4	5	5	5	2	1	5	15	0	4
33	Metal Dedektör	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0
34	Asorti Hazırlama(9 adet)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	Asorti Poşetleme(9 adet)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	Asorti Barkodlama	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	Koli Yapma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	Kolileme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	Koli Üzeri Barkod Yapıştırma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Mevcut durumda bazı operasyonlarda aşırı kuyruk oluşurken bazı operasyonlarda hiç kuyruk oluşmamaktadır. Senaryolarda yaka kesme, yaka takma, ense biye takma operasyonlarında kuyruk sayılarının artmasının nedeni senaryo2,3,4,5 de yaka kesme, yaka takma, ense biye takma operasyonları omuz

çatma operasyonundan sonraya alınması ve omuz çatma operasyonundan çıkan parçaların kuyruk oluşturmasıdır. Omuz çatma operasyonu diğer operasyonlara göre hızlı bir operasyondur. Önerilen senaryo 11'de parçaların kuyrukta bekleme sayıları dengelenmiştir. Fiyat etiketi takma operasyonunu kolici yapmaktadır. Mevcut durumda kolici sadece kolileme ve fiyat etiketi takma işini yaptığı için kuyruk oluşmamaktadır. Senaryolarda kolicinin mevcut durumdaki işlerine başka işler eklenmiştir. Bundan dolayı fiyat etiketi takma operasyonunun kuyruk sayısı artmıştır.

Tablo 5.32: Senaryolara Göre Kaynak Kullanım Oranları

<i>Personel</i>	<i>Mevcut Durum</i>	<i>Kullanım oranı%</i>										
		<i>S 1</i>	<i>S 2</i>	<i>S 3</i>	<i>S 4</i>	<i>S 5</i>	<i>S 6</i>	<i>S 7</i>	<i>S 8</i>	<i>S 9</i>	<i>S 10</i>	<i>S 11</i>
Ayakci1	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	83	93
Ayakci2	99	61	61	61	60	67	61	60	-	-	-	99
Ayakci3	100	87	87	87	86	87	87	87	87	86	89	93
DuzMakineci1	99	80	81	80	79	86	80	79	85	83	94	98
DüzMakineci2	75	91	91	90	90	96	90	91	96	93	96	94
DüzMakineci3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99
DüzMakineci4	100	81	80	80	81	80	81	80	81	81	92	96
OverlokMakineci1	100	100	100	97	97	96	100	100	96	97	95	97
OverlokMakineci2	98	98	96	91	91	90	98	97	90	90	94	97
OverlokMakineci3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	86	93
OverlokMakineci4	83	91	92	93	97	96	100	99	96	96	91	94
OverlokMakineci5	79	85	85	86	83	82	89	91	82	82	98	97
OverlokMakineci6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91	97
OverlokMakineci7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99
OverlokMakineci8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95
Temizlik1	98	63	64	64	65	65	58	59	66	95	90	98
Ütü1	67	88	88	89	88	86	80	80	89	84	92	81
Ütü3	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82
Kalite1	88	97	97	98	97	98	90	89	98	94	95	93
Kalite2	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97
Paket1	80	100	100	100	100	100	97	96	97	97	97	95
Paket2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71	98
Kolici1	13	15	15	14	14	15	15	15	81	99	95	97
TemizlikKalite	96	84	84	85	85	85	76	75	83	-	96	94
U.başı	64	88	82	81	82	84	78	78	82	99	85	85
Ortalama	77	84	83	83	83	84	82	82	89	92	91	94

Personel kaynak kullanım oranı ortalaması %85'ten %94'e çıkarılmıştır. Boş atıl süreler tüm personellere eşit dağıtılarak kaynak kullanım oranları arasındaki fark kapatılmıştır.

Tablo 5.33: Senaryolara Göre Üretilmiş-Paketlenmiş-Kolilenmiş Ürün Miktarı

	Üretim Bandından Çıkan Ürün	Kalite Kontrolü Yapılmış Ürün	Kaliteli Ürün	Tamire Giden Ürün	Tamir oranı	Paketlenmiş Ürün	Kolilenmiş Ürün
Mevcut Durum	648	625	421	204	33	421	417
S 1	697	693	551	142	20	504	510
S 2	697	691	555	136	20	501	505
S 3	710	699	560	139	20	502	508
S 4	709	700	561	139	20	500	502
S 5	711	699	559	140	20	504	509
S 6	636	636	506	130	20	503	506
S 7	635	634	505	129	20	501	508
S 8	707	697	559	138	20	503	505
S 9	682	661	529	132	20	476	423
S 10	815	803	647	156	19	633	632
S 11	1105	1074	857	217	20	844	829

Üretim bandından çıkan ürün miktarı 557 adet artırılmıştır. Kalite kontrolden çıkan ürün 450 adet artırılmıştır. Tamir oranı 33'ten 20'ye düşürülmüştür. Paketlenmiş ürün miktarı 412 artırılmıştır.

Tablo 5.34: Senaryolara Göre Gelişler arası Süre Ortalaması (saniye)

	Mevcut Durum	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10	S 11
Dikilmiş Ürün Gelişler Arası Süre	44,46	41,3	41,2	40,6	40,6	40,5	45,3	45,3	40,7	42,2	35,3	26,1
Paketlenmiş Ürün Gelişler Arası Süre	68,46	57,1	57,5	57,4	57,6	57,1	57,2	57,4	57,2	60,6	45,5	34,1
Kolilenmiş Ürün Gelişler arası Süre	68,6	57,1	57,6	57,4	57,6	57,1	57,3	57,6	57,3	67,5	46,2	34,9

Dikilmiş ürün gelişler arası süre 18,6 sn azaltılmıştır. Paketlenmiş ürün gelişler arası süre 34,36 sn azaltılmıştır. Kolilenmiş ürün gelişler arası süre 33,7 sn azaltılmıştır.

Tablo 5.35: Mevcut Durum ve Önerilen Durum (Senaryo11) Üretim Miktarı Karşılaştırılması

<i>Erkek Uzun kollu kazak</i>	<i>Mevcut Durum</i>	<i>S11</i>
Günlük Ortalama Paketlenmiş Üretim Miktarı(adet)	421	844
Günlük Ortalama Üretim Miktarı(koli)	15	31
Üretim Gün Sayısı	20	10
Personel Sayısı	18	25
Kişi Başı Günlük Paketlenmiş Üretim Miktarı	23	34

Tablo 5.36: Mevcut Durum ve Önerilen Durum (Senaryo 11) Kaynak Kullanım Oranı Karşılaştırılması

<i>Personel</i>	<i>Mevcut Durum%</i>	<i>S 11%</i>
Ayakci1	99	93
Ayakci2	99	99
Ayakci3	100	93
DuzMakineci1	99	98
DüzMakineci2	75	94
DüzMakineci3	-	99
DüzMakineci4	100	96
OverlokMakineci1	100	97
OverlokMakineci2	98	97
OverlokMakineci3	100	93
OverlokMakineci4	83	94
OverlokMakineci5	79	97
OverlokMakineci6	-	97
OverlokMakineci7	-	99
OverlokMakineci8	-	95
Temizlik1	98	98
Ütü1	67	81
Ütü3	0	82
Kalite1	88	93
Kalite2	0	97
Paket1	80	95
Paket2	-	98
Kolici1	13	97
TemizlikKalite	96	94
U.başı	64	85
<i>Ortalama</i>	<i>77</i>	<i>94</i>

Tablo 5.37: Mevcut Durum ve Önerilen Durum (Senaryo 11) Gelişler Arası Süre Karşılaştırılması

	Mevcut Durum	S 11
Dikilmiş Ürün Gelişlerarası Süre Ortalaması	44,46	26,1
Paketlenmiş Ürün Gelişlerarası Süre	68,46	34,1
Kolinenmiş Ürün Gelişlerarası Süre Ortalaması	68,6	34,9

5.3.2 Mevcut Durum ve İyileştirilmiş Durum Karşılaştırılması

Çalışma, bir tekstil firmasının erkek uzun kollu kazak üretim bandında yapılmıştır. İşletmenin mevcut durum analizinde tespit edilen problemler için farklı iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur. Hat yerleşimi düzenli bir malzeme akışı sağlayacak şekilde değiştirilmiştir. Yerleşim planında yapılan değişiklik ile 60 dakikalık üretime katma değer sağlamayan boş zaman ortadan kaldırılmıştır. Üretim bandının içindeki her makinenin önünde bulunan stok tekneleri kaldırılarak ara stokları ortadan kaldırıp üretim bandı yalın bir bant haline getirilmiştir. Mevcut durum yerleşim planındaki makinecilerin masaları yalın üretime uygun olmadığı tespit edilerek daha esnek masalar ile değiştirilmiştir. Ütü masalarının yanlarına uygun masalar konulmuştur. Malzeme rafı ikiye çıkarılmıştır. Malzeme raflarında 5S çalışması yapılmıştır. Gerekli ve gereksiz malzemeler ayrılmıştır. Gerekli malzemeler düzenlenmiştir, gereksiz malzemeler kaldırılmıştır. Raflar belirli aralıklar ile temizlenmektedir. Bantta operasyon iş akışına göre düzenlenerek aradaki fazla makineler kenara kaldırılmıştır. Bandın içinde bulunan hazırlık işlemleri üretim bandının akışını bozduğu için hazırlık bölümü oluşturulmuştur. Hazırlık işlemleri hazırlık bölümüne taşınmıştır. Her makineci yaptığı ürünü bir sonraki makinecinin önüne atmakta ve böylece ürünün bant içinde akışı sağlanmış olmaktadır.

Mevcut durum metot etüdü çalışması tamamlandıktan sonra erkek uzun kollu kazak üretimi iş ögelerine ayrılmış ve zaman etüdü çalışması yapılarak operasyonlara ait standart zamanlar tespit edilmiştir. Arena Input Analyzer programı kullanılarak verilere ait istatistiksel dağılımlar hesaplanmış ve mevcut durum benzetim modeli tasarlanarak Arena benzetim dili programına aktarılmıştır. Modelin doğru ve geçerli olduğu tespit edildikten sonra model üzerinde iyileştirme çalışmaları yapılmıştır.

Mevcut durumda 39 olan operasyon sayısı 35'e düşürülerek üretim bandı üzerindeki iş istasyonu sayısı en aza indirilmiştir. İp temizleme makinesi alınarak temizlik operasyonunun çevrim süresi 67,85'ten 40 saniyeye düşürülerek temizlik işleminin en kısa sürede tamamlanması sağlanmıştır. Bütün bu iyileştirmeler sonucunda erkek uzun kollu kazak çevrim süresi 12,4 dakikadan 11,07 dakikaya düşürülerek bir ürün üretiminde 1,33 dakika iyileştirilme sağlanmıştır. Prim sistemine geçilmesi ile tamir oranı %32'den %20'lere kadar düşürülmüştür. Tamir miktarı 2688'den 1680'e düşürülmüştür. Üretim bandındaki en iyi iş akışını bulabilmek için mevcut duruma ilave yedi senaryolar oluşturulmuştur. İyileştirilen çevrim süreleri ve operasyon sayıları dikkate alınarak yedi senaryo için benzetim çalıştırılmıştır. Benzetim personel kaynak kullanım oranı ortalaması %85'ten %94'e çıkarılmıştır. Boş süreler tüm personellere eşit dağıtılarak kaynak kullanım oranları arasındaki fark kapatılmıştır. Benzetim modelinden elde edilen çıktılara göre en iyi senaryonun beşinci senaryo olduğu tespit edilmiştir. Beşinci senaryo üzerinde kaynak kullanım oranları dikkate alınarak algoritma oluşturulup senaryolar geliştirilmiştir. Toplamda 11 senaryo oluşturularak sonuçlar analiz edilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tekstil sektörü Türkiye'de olduğu gibi dünyada da büyük bir öneme sahip hızla büyüyen bir sektördür. Üreticilerin pazarda rekabet edebilmesi için üretim maliyetlerini düşürmeleri gerekmektedir. Tekstil sektöründe konfeksiyon işletmelerinde direkt işçilik faaliyetlerinin en yüksek olduğu yer dikim atölyeleridir. Bu çalışmada benzetim tekniği kullanılarak bir konfeksiyon işletmesinin dikimhane bölümünde hat dengeleme çalışması yapılmıştır. Çalışmada düzenli bir malzeme akışı sağlamak, personel kapasitesini en üst düzeyde kullanmak, işlemleri en kısa sürede tamamlamak, üretim hattı üzerindeki iş istasyonu sayısını en aza indirmek, boş süreleri en aza indirmek, üretim maliyetini düşürmek ve verimliliği artıracak şekilde dengeli bir üretim hattı kurulmuştur.

Mevcut durumda operasyon sayısı düşürülerek üretim bandı üzerindeki iş istasyonu sayısı en aza indirilmiştir. Operasyonların çevrim süreleri iyileştirilerek en kısa sürede tamamlanması sağlanmıştır. Bütün bu iyileştirmeler sonucunda bir ürün üretiminde 1,33 dakika iyileştirilme sağlanmıştır. Farklı senaryolar üzerinde çalışmalar yapılarak sonuçlar analiz edilmiştir. Toplamda 11 senaryo oluşturulmuştur. Mevcut durumda %77 olan kaynak kullanım oranı %94'e çıkarılmıştır. Kişi başına düşen üretim miktarı 23'den 34'e çıkarılmıştır. Üretim miktarı 421'den 844'e çıkarılmıştır.

Önerilen durumda personel verimliliği ölçmek için akıllı sayaç sistemine geçilebilir. Her operasyon için personellere hedef belirlenerek personellerin hızları artırılabilir. Personel verimliliğini artırmak için performansa göre hesaplanan bir prim sistemi getirilebilir. Böylece personele hedef belirlenip o hedefe ulaşması için teşvik edilmiş olur. Bu çalışmada işletmede üretilen ürünlerden yalnızca biri ele alınmıştır. Bu çalışma dikkate alınarak gelecekte hazır giyim sektöründeki diğer modeller için uygulama yapılması düşünülebilir.

7. KAYNAKLAR

Altıok, T., Melamed, B., *Simulation Modeling and Analysis with Arena*, 1, New Jersey, Elsevier Inc., (2007).

Aslan, Ş., Akdağ R., Yıldırım A., "Bir Tekstil İşletmesinde Benzetim Yöntemiyle Montaj Hattı Dengeleme Uygulaması" *SSSJJournal*, 3, 7, 1355-1365, (2017).

Banks, J., "Introduction To Simulation", *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*, 8, (2000).

Banks, J., Nelson, B., L., Nicol, D., M., *Discrete-Event System Simulation* 4th Edition, New Jersey, Prentice Hall, (2004).

Baybars, I., "A Survey Of Exact Algorithms For The Simple Assembly Line Balancing Problem", *Manag Scie*, 32, 909–932, (1986).

Bilget, S., "Konfeksiyonda Benzetim Tekniğiyle Yalın Üretim Sistemlerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (NKUBAP tarafından 00.17.AR.12.12 numaralı proje ile desteklenmiştir), Tekirdağ, (2015).

Carrie, A., *Simulation of Manufacturing Systems*, John Wiley and Sons Ltd., (1988).

Chen, J. C., Chen, C. C., Su, L. H., Wu, H. B., Sun, C. J., "Assembly line balancing in garment industry", *Exp Syst with Appl.*, 39, 10073–10081, (2012).

Chung, A. C., *Simulation Modeling Handbook: A Practical approach*, New York, CRC Press, (2004).

Coşkuntürk, A. H., "Tv Montaj Hatlarında Benzetim Yaklaşımı", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Endüstrisi*, İstanbul, (2006).

Çörekçi, C., "Atölye Tipi Üretimde Simülasyon Teknikleri İle Dinamik Çizelgeleme Ve Atölye Simülasyonu", Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale, (2014).

- Demirbaş, Z. A., "Üretim Hat Dengelemede Konfeksiyon Sektörüne Uygun Algoritmaların İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ, (2019).
- El-Haik, B., Al-Aomar, R., *Simulation-Based Lean Six-Sigma and Design for Six-Sigma*, New Jersey, John Wiley & Sons, (2006).
- Eryürük, S., "Bir Konfeksiyon İşletmesinde Montaj Hattı Dengeleme", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2005).
- Güner, M., Ünal, C., "Line Balancing in the Apparel Industry Using Simulation Techniques", *Fibres Text East Eur*, 16, 75-78., (2008).
- Güner, M., İşler, M., Acar, E., "Bir Konfeksiyon Ürünü Üretiminde Dikim Hattının Farklı Yöntemler İle Dengelenmesi", *ISITES 2014*, Karabük, (2014).
- Güngör, F., Akkaya, M., "Seri Üretim Hattında, Kapasite Dengeleme ve Verimlilik Artışının Birim Maliyete Etkisi ve Bir Uygulama", *11. Ulusal İşletmecilik Kongresi*, 10-11, Konya Selçuk Üniversitesi, Konya, , 999-1004, (2012).
- Gürsoy, A., "An Integer Model and a Heuristic Algorithm for Flexible Line Balancing Problem", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 1: 58-63, (2011).
- Horoz, G., "PC Model İle Bir İmalat Benzetimi", Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (1992).
- Illgen, B., Sender, J., Flügge, W., "Simulation based production support system in the field of steel construction for large offshore structures", *Procedia CIRP* 81, 204–209, (2019).
- Kayar, M., Akalın, M., "A Research On The Effect Of Method Studyon Production Volume And Assembly Line Efficiency", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 24(2), (2019).
- Keskintürk, T., Küçük, B., "Karışık Modelli Montaj Hatlarının Genetik Algoritma Kullanılarak Dengelenmesi", *Yönetim*, 17(53): 52-63, (2006).
- Krajewski, L.J, Ritzman, L.P, Monoj, K.M., "Operation Management Process and Supply Chains", *Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık TİC.LTD.ŞTİ*, 468, 264-277, (2013).
- Kurşun, S., Kalaoğlu, F., "Dikim Bandında Benzetim ile Bant Dengeleme", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3, 257-261, (2010).
- Kurt, M., Dağdeviren, M., *İş Etüdü*, Gazi Kitapevi, 246, Ankara, (2003).

Law, M., Kelton, W. D., "Simulation Modeling and Analysis", NewYork, McGraw-Hill (2000).

Liu, X., Lei, M., Zeng, Q., Li, A., "Integrated Optimization on Mixed-Model Assembly Line Balancing and Buffer Allocation Basedon Operation Time Complexity", *Procedia CIRP* 81, 1040–1045, (2019)

Nagi, M., Chen, F.F, Wan, H.D.," Throughput Rate Improvement in a Multiproduct Assembly Line Using Lean and Simulation Modeling and Analysis", *Procedia Manuf*, 11, 593 – 601, (2017).

Özkan, R., "Tek Modelli Deterministik Montaj Hattı Dengeleme Problemlerine Genetik Algoritma İle Çözüm Yaklaşımı", Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2017).

Pektaş, İ., "Benzetim Yardımıyla İmalat Sistemlerinin Grup Teknoloji Esaslı Yeniden Yapılandırması", Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (1995).

Polat, O., "Montaj Hattı İşçi Atama Ve Dengeleme Problemlerinin Genetik Algoritmalarla Çözülmesi" Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 20-37, Denizli, (2008).

Rajakumar, S., Arunachalam, V., Selladurai, V., "Simulation of workflow balancing in assembly shopfloor operations", *J. of Manufacturing Technology Management*, 16, 265-281, (2005).

Sadeghi, P., Rebelo, R.D.Ferreira, J.S., "Balancing mixed-model assembly systems in the footwear industry with a variable neighbourhood descent method", *CAIE* 121, 161–176, (2018).

Shannon, R.E., "Systems Simulation:The Art and Science", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ., (1975).

Sime, H., Jana, H.,Panghal, D. "Feasibility of Using Simulation Technique for Line Balancing In Apparel Industry", *Procedia Manuf* 30, 300–307, (2019).

Supçiller, A. A., "A Novel Line Balancing Problem: Complex Constrained Assembly Line Balancing", A Thesis for a Degree of Doctor of Philosophy in Industrial Engineering, *Dokuz Eylül University Graduate School Of Natural and Applied Sciences*, İzmir:15-36, (2010).

Tanyaş, M., Baskak M., *Üretim Planlama ve Kontrol Kitabı*,İrfan Yayıncılık Yönetim Bilimleri Dizisi No:7, 323-374., (2013).

Üstün, S., "Bir Üretim Atölyesinde Darboğaz Problemlerinin Benzetimle Analizi", Yüksek Lisans Tezi, *KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon,(2005).

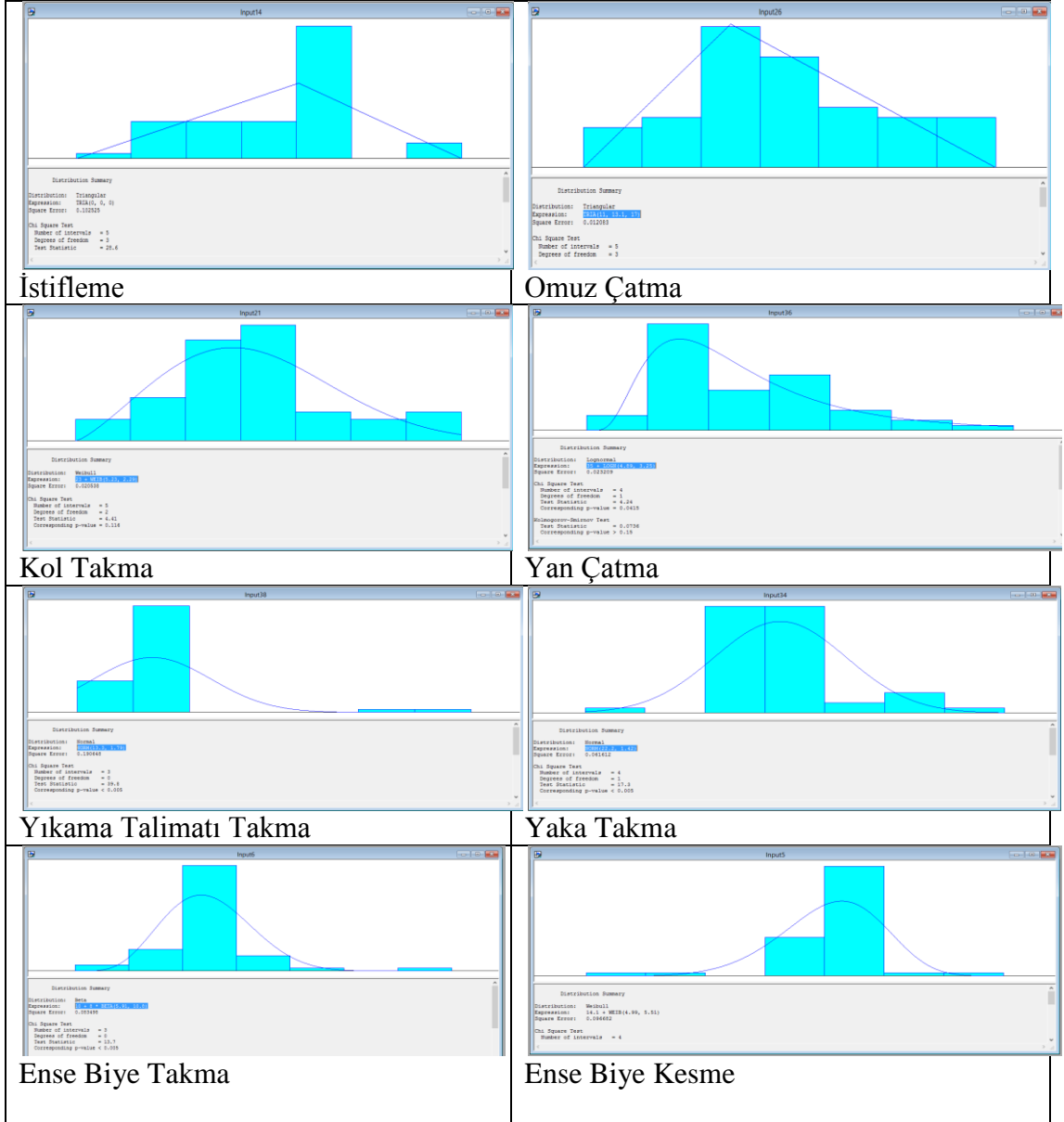
Yılmaz, A., "Hazır Giyim Sanayiinde Üretim Esnekliği Sağlamak Amacıyla Üretim Süreçlerinin Benzetim Yöntemi İle Yeniden Düzenlenmesi", Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2013).

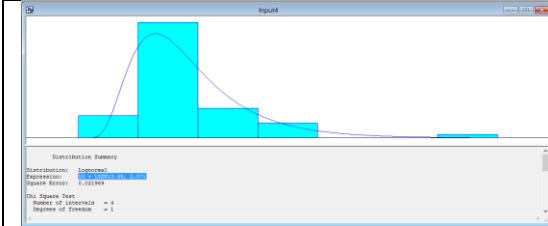
Zhou, W., Li, S., Huang, Y. Wang J. " Simulation-based Planning of a Kind of Complex Product General Assembly Line", *Procedia CIRP* 76, 25–30, (2018).

EKLER

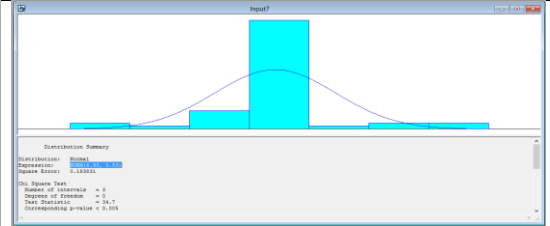
8. EKLER

EK-A Operasyonlara ait dağılım grafikleri

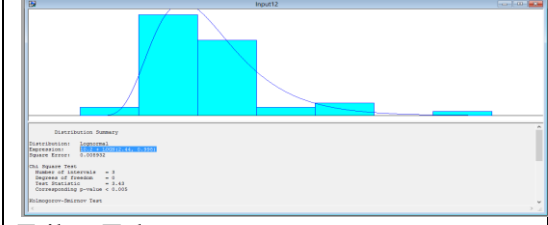




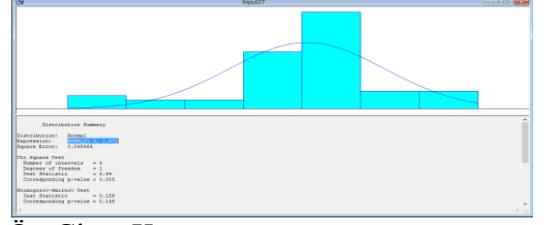
Ense Biye Kapama



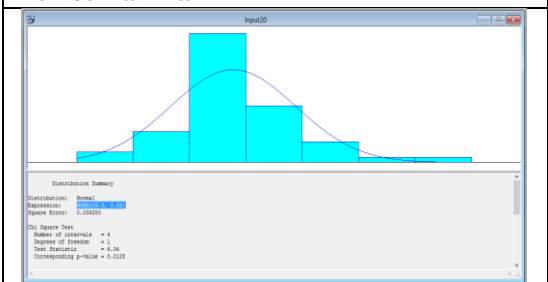
Ense Etiketi İşareti Alma



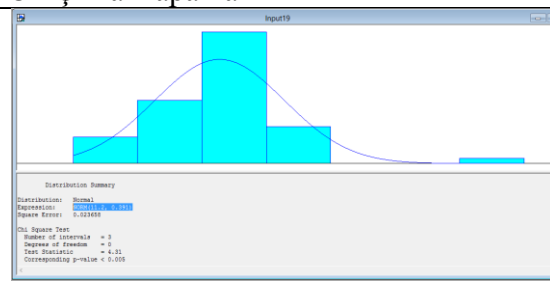
Etiket Takma



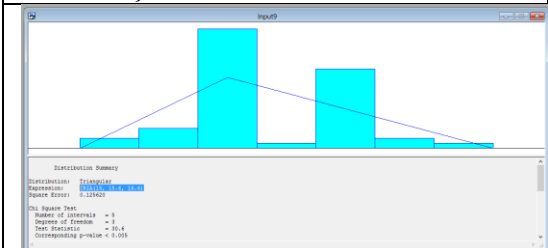
Ön Çıma Kapama



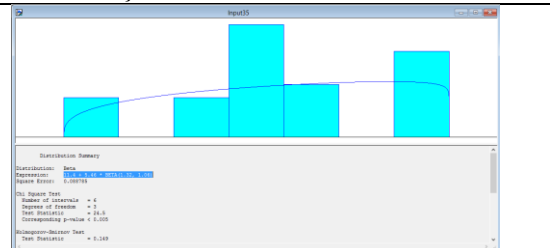
Kol Manşet Takma



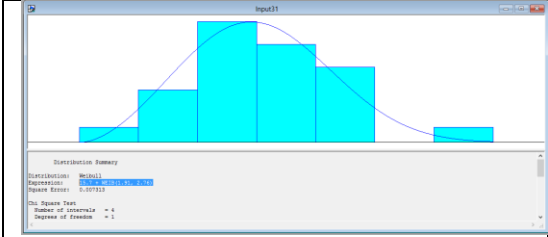
Kol Manşet Hazırlık



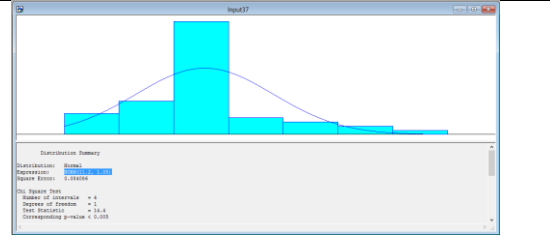
Etek Manşet Hazırlık



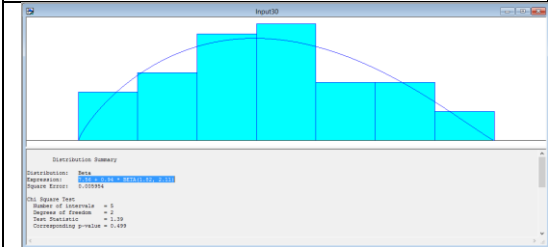
Yaka Ütü İzi Alma



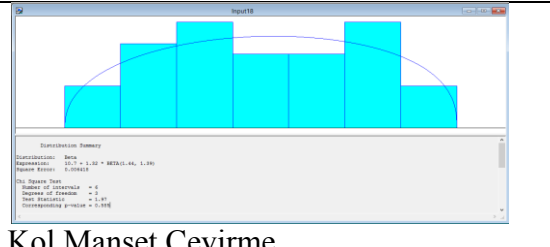
Yaka Hazırlık



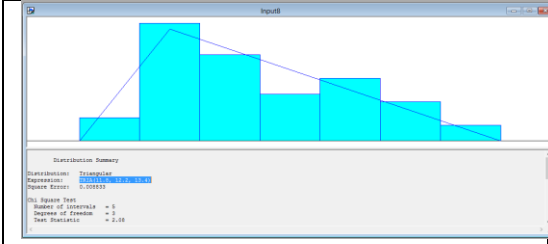
Yıkama Talimatı Hazırlık



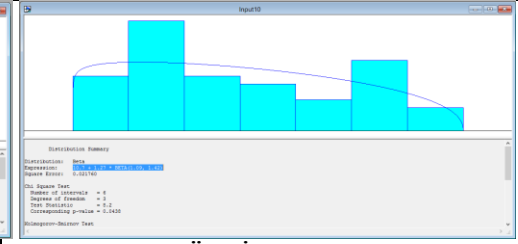
Yaka Çevirme



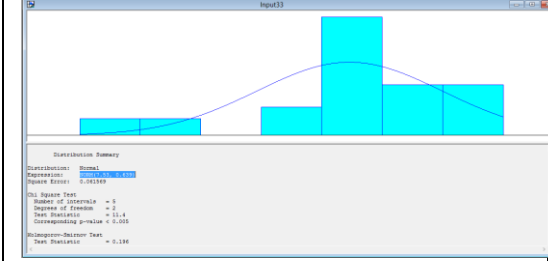
Kol Manşet Çevirme



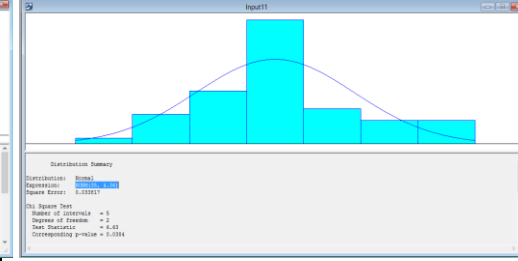
Etek Manşet Çevirme



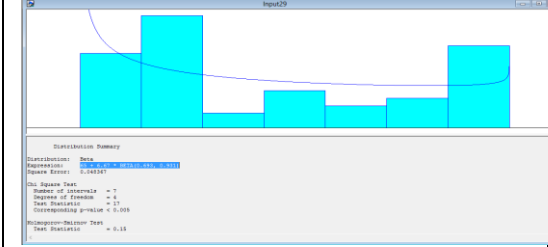
Etek Manşet Ütü İzi Alma



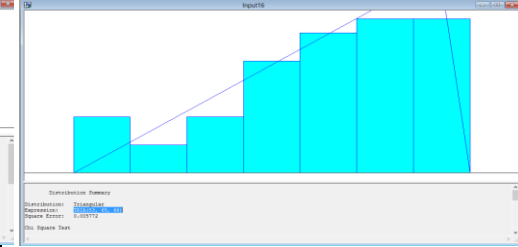
Yaka Kesme



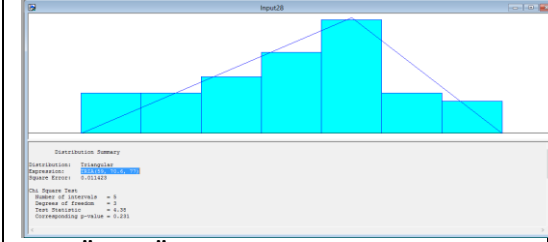
Etek Takma



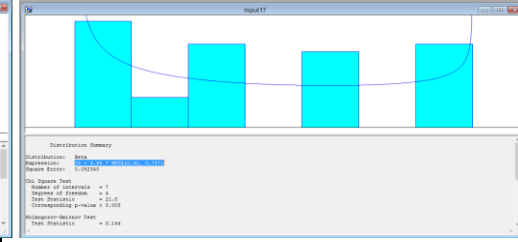
Temizlik



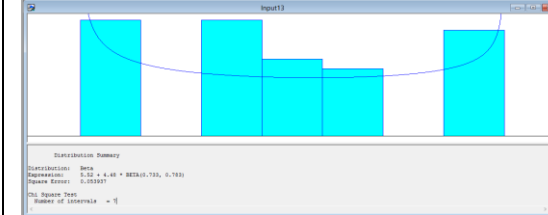
Kalite Kontrol



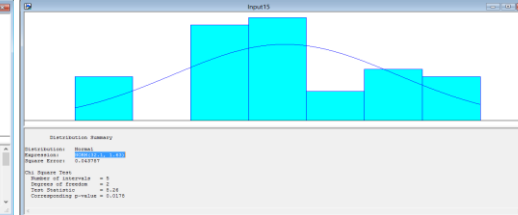
Son Ürün Ütü



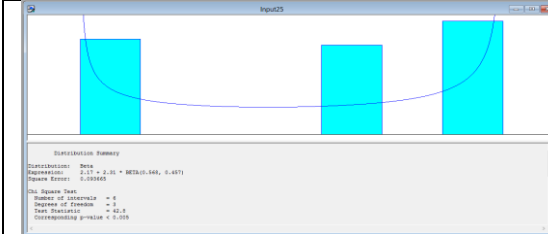
Katlama



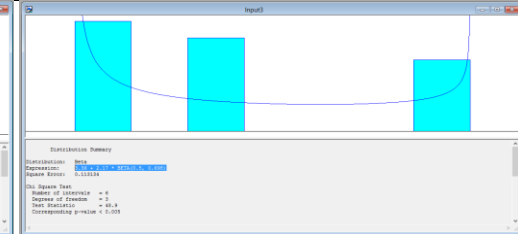
Fiyat Etiketleri Takma



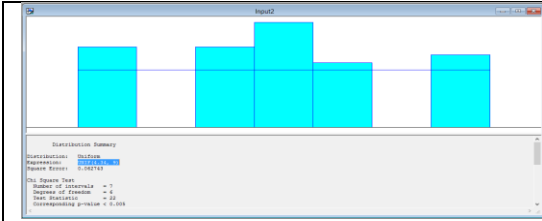
Jelatine Koyma



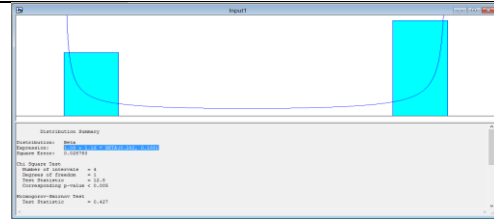
Metal Dedektör



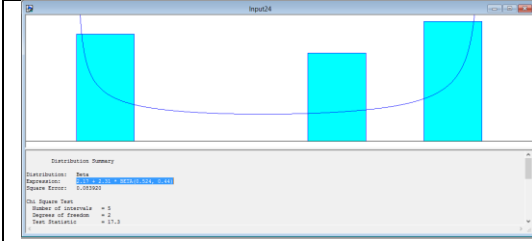
Asorti Ürün Hazırlık



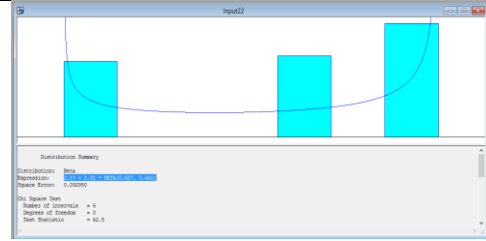
Asorti Poşetine Koyma



Asorti Poşetine Barkod Yapıştırma



Kolileme



Koli Üstü Barkod Yapıştırma

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : DUYGU TOSUN

Doğum Yeri ve Tarihi : KASTAMONU 1992

Lisans Üniversite : PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ

Elektronik posta : duygu.kbulut@gmail.com

İletişim Adresi : Fesleğen Mah. 992 Sok. Güven Apt. No7/25