

**T.C.**  
**GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**ÜRETİM ETKİNLİĞİNİN**  
**ARTIRILMASINDA SİMÜLASYON**  
**YAKLAŞIMI VE BİR ÜRETİM**  
**ATÖLYESİNDE UYGULAMA**

**SEMİH ÇÖREKÇİOĞLU**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**İŞLETME ANA BİLİM DALI**

**DANIŞMANI**  
**Doç. Dr. BÜLENT SEZEN**

**GEBZE**  
**2010**

**T.C.**  
**GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**ÜRETİM ETKİNLİĞİNİN**  
**ARTIRILMASINDA SİMÜLASYON**  
**YAKLAŞIMI VE BİR ÜRETİM**  
**ATÖLYESİNDE UYGULAMA**

**SEMİH ÇÖREKÇİOĞLU**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**İŞLETME ANA BİLİM DALI**

**DANIŞMANI**  
**Doç. Dr. BÜLENT SEZEN**

**GEBZE**  
**2010**



## YÜKSEK LİSANS TEZİ JÜRİ ONAY SAYFASI

G.Y.T.E. Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından ..... tarihinde tez savunma sınavı yapılan Semih ÇÖREKÇİOĞLU'nun tez çalışması İşletme Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

### JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Bülent SEZEN

ÜYE

: Doç. Dr. Hüseyin İNCE

ÜYE

: Yrd. Doç. Dr. Şakir GÖRMÜŞ

### ONAY

G.Y.T.E. Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...../...../20... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

# ÖZET

**TEZİN BAŞLIĞI : Üretim Etkinliğinin Arttırılmasında Simülasyon Yaklaşımı Ve Bir Üretim Atölyesinde Uygulama**

**YAZAR ADI : Semih Çörekçioğlu**

Günümüzde bilgisayar desteğiyle simülasyon yöntemi birçok alanda yaygınca kullanılmaya başlanmıştır. Her türlü alanda kullanılan modelleme tekniği ile kalite artırımı, kısa temin süreleri ve çevrim sürelerini azaltmak gibi şirketler için büyük önem taşıyan değerlerin optimizasyonu sağlanmıştır.

Bu çalışmada gerçek bir üretim sistemindeki verimliliğin değişimini farklı bir senaryo uygulayarak gözlemlenmesi amaçlanmaktadır. Sistemin verimliliğini olumsuz yönde etkileyen faktörler ve olaylar problemin esasını oluşturmaktadır.

Bu çalışmada Tefaş A.Ş otomotiv yan sanayi işletmesinin pres sac üretim sistemi PROMODEL 4.22 simülasyon programı ile modellenmiştir. Gerçek ve diğer olabilecek sistem arasındaki farklar karşılaştırılarak yorumlanmış ve final bölümünde çıkan sonuçlara göre önerilerde bulunulmuştur.

## **SUMMARY**

**THESIS TITLE : Using Simulation Method to Improve Manufacturing Efficiency and Performing in a Workshop**

**AUTHOR NAME : Semih Çörekçioğlu**

Today, with the support of computer, simulation method has become a widespread method. Significant issues for companies such as the quality, short supply time, and reduction in cycle times are optimized by the simulation modelling technique that is functional for all fields.

The aim of this study is to simulate the variations in efficiency for a real production system by applying different manufacturing scenarios. Factors and events which have negative impacts on the system efficiency constitute the core of the problem.

The production system of the press plate of Tefaş A.Ş, a company in the automotive parts industry, is modelled by PROMODEL 4.22 simulation program. Comparisons are made between the current system and the proposed system which is renewed by PROMODEL. Improvement suggestions are presented in the final.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin oluşturulmasına görüş ve düşünceleriyle yön veren değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Bülent Sezen'e, hayatım boyunca sevgilerini ve desteklerini esirgemeyen aileme, arkadaşlarıma ve dostlarıma teşekkürlerimi sunmak isterim.

Semih ÇÖREKÇİOĞLU

# İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2.SİMÜLASYONUN TANIMI VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	2
2.1. Simülasyonun Tanımı	2
2.2. Sistem Ve Sistemin Çevresi	7
2.3. Model Türleri	11
2.4. Simülasyonun Aşamaları	14
2.5. Literatür İncelemesi	18
3. TEFAŞ A.Ş. ÜRETİM SÜRECİNİN MODELLENMESİ	32
3.1. Firma Tanıtımı ve Gerekli Verilerin Toplanması	32
3.2. Üretim Süreci	33
3.3. Veri Toplama	36
3.4. Mevcut Modelin Oluşturulması	41
3.5. Onaylama	49
3.6. Değerlendirme	52
3.7. Yeni Modelin Oluşturması	52
3.8. Yeni Model ile Gerçek Sistemin Karşılaştırılması	54
4. SONUÇ	59
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	65

## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>FIFO</b>	: First in First out
<b>Vb.</b>	: ve benzerleri
<b>Bkz.</b>	: Bakınız
<b>Ve ark.</b>	: ve arkadaşları
<b>PCBA</b>	: Printed Circuit Board Assembly
<b>LAN</b>	: Local Area Networks
<b>PCB</b>	: Printed Circuit Board
<b>DES</b>	: Discrete Event Simulation
<b>AGVS</b>	: Automated Guide Vehicle System
<b>SCG</b>	: Simulation Code Generator
<b>P/D</b>	: P and D stations
<b>S-BPN</b>	: Stochastic Batches Petri Nets
<b>ITS</b>	: Intelligent Transportation System
<b>WIP</b>	: Work-in-Process
<b>et all.</b>	: And others



# ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1.1. Tek hizmet merkezli kuyruk modeli	4
2.1.2. Üretim modeli	6
2.2.1 Durum değişkeninin kesikli sistemde değişimi	8
2.2.2. Durum değişkeninin sürekli sistemdeki değişimi	9
2.2.3. Modelleme işlemi	10
2.3.1. Simülasyon modellerinde kullanılan değişkenler	12
2.4.1 Bir simülasyon sisteminin çalışmasındaki adımlar	14
3.2.1. Pres hane yerleşim düzeni	35
3.3.1. Statfit Çıktısı	39
3.4.1. Entities (Birimler)	42
3.4.2. Locations (Yerler)	43
3.4.3. Resources (Kaynaklar)	44
3.4.4. Path Networks (Yön Ağları)	45
3.4.5. Processing (İşlem)	46
3.4.6. Arrivals (Mal girişi )	47
3.4.7. Shifts (Vardiyalar)	48
3.7.1. Alternatif Sistem Makine Yerleşimi	53

# TABLolar DİZİNİ

<b><u>Tablo</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
3.3.1. Parça Akış Verileri	40
3.5.1 Simülasyon çıktıları	50
3.5.2 Kapasite raporu	51
3.8.1 Gerçek sistem ürün çıktıları	55
3.8.2 Öneri sistem ürün çıktıları	56

# 1. GİRİŞ

Hayatından her alanında olduğu gibi geçmişten günümüze gelen simülasyon bir çok gelişme göstermiştir. Simülasyonun gelişmesiyle geçmişteki kullanım oranı günümüzde artmıştır. Simülasyon ile modellenen sistemlerde yapılması düşünülen değişikliklerin nasıl sonuçlar getireceği görülerek ileriye dönük veya o an için işletme amaçlarına yönelik çalışmalar yapılabilir.

Alternatif sistemler, mevcut sistemlerde istenilen amaçlara ulaşmak için dizayn edilen ve sonuçlara göre mevcut sistemde değişiklikler yapılarak ulaşılmak istenen sistemlerdir. Simülasyon yapılırken oluşturulacak alternatif sistemlerin gerçekte uygulanabilir olması dşnlmeli ve alternatif sistemlerin buna uygun olarak dizayn edilmesi gerekir. Alternatif sistemlere geçiş finansal açıdan da düşünülerek uygulanmalıdır.

Bu alışmayla TEFAŞ A.Ő firmasının Promodel yardımıyla mevcut sistemin modellenmesi ve alternatif bir sistemin geliştirilerek, alternatif sistemin mevcut duruma karşı farkı ve işletme amaçlarına daha uygun olup olmadığı gözlemlenmek istenmiştir. Alternatif sistem sonuçlarının işletme amaçlarına daha uygun olması durumunda alternatif sisteme geçiş yapılabilir.

## **2.SİMÜLASYONUN TANIMI VE LİTERATÜR**

### **ARAŞTIRMASI**

#### **2.1. Simülasyonun Tanımı**

Simülasyon mevcut ya da hayali bir sistemin bilgisayar ortamında modellenerek, sistem içindeki birbiriyle ilişkili olan birimlerin ilişkilerini ölçmek veya sistemi verimli bir hale getirmek için yapılabilecek değişikliklerin denenebildiği bir bilgisayar modelidir.

Literatürde bazı simülasyon tanımları vardır. Basit olarak literatürlerdeki simülasyon tanımlarından biri;

Sistem ile simülasyon kavramları birbirine karıştırılmamalıdır. Bu kavramlar şekilde açıklanabilir;

Sistem; birbirleriyle bir amacı gerçekleştirmek için etkileşim halinde bulunan makineler ve insanlar topluluğudur.

Simülasyon ise: birbirleriyle belirlenen amaca ulaşmak için kurulan bu sistemin bilgisayar ortamına aktarılmasıdır.

Sistemlerin incelenmesindeki en önde gelen iki amaç;

- 1) Sistemleri oluşturan farklı bileşenlerin birbirleriyle olan ilişkilerini ortaya çıkarmak,
- 2) Yeni durumlarda sistemin davranış ve performansının ne yönde olabileceğini gözlemlemektir.

Bir sistemin var olmaması o sistemin modellenmesi için bir sorun teşkil etmez. Bilhassa maliyeti büyük olacağı bilinen sistemlerin modellenmesi şarttır çünkü bu tip

sistemlerde simülasyon yapılmadan kurulumu geçilirse ileride çıkabilecek sorunların giderilmesi için daha büyük masraflar oluşabilir.

Simülasyon yöntemini kullanmanın bir diğer önemli sebebi de yaptığımız değişikliği sisteme bilgisayar ortamında uygulamanız ve dolayısıyla gerçekte yapmanız gerekenden çok daha az maliyet ve zaman harcamasıyla yapmanızdır.

Simülasyon uygulamasının esas amacı genel olarak sistemin nasıl geliştirileceği ve bunu daha iyi bir ürün akışı mı yoksa daha iyi bir makine parkuru düzeniyle mi ya da sistemdeki herhangi başka bir değişiklikle mi yapılacağını araştırılmasıdır. Bu araştırma sonucunun bize en uygun kararı ve çıktıları göz önünde tutarak ve yorumlanarak göstermesidir.

Simülasyon programlarının yaygınlaşması, kullanım kolaylıklarının artması gibi özelliklerinin yanı sıra düşük maliyetleri karşısında getirdiği yüksek verimlilikleri sebebiyle hayatın birçok alanında kullanılmaya başlanmıştır.

Aşağıda üretim sistemlerinde simülasyonla yapılabilecek çalışmalar sıralanmıştır;

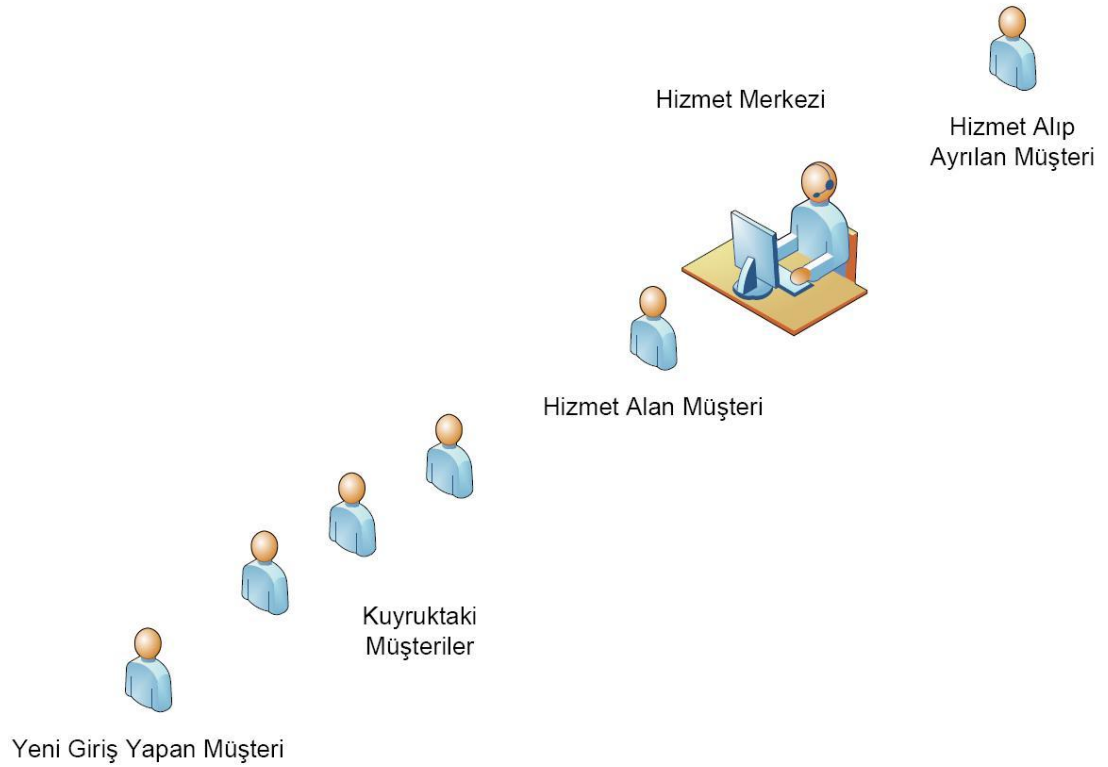
1. Simülasyon, sistem yapısını, ilişkilerini ve alt sistemlerini incelemek için kurulabilir.
2. Simülasyon, sistemdeki verimsizlikleri gözlemlemek ve bu verimsizliklere çözüm olabilecek öneriler getirmek için kurulabilir.
3. Simülasyon mevcut olmayan bir sistemin fizibilite çalışması olarak düşünülebilir ve karar verme sistemi olarak kullanılabilir.
4. Simülasyonla, gerçek sistemde yapılması düşünülen değişiklikleri ve neden sonuç ilişkilerini bilgisayar modelinde gözlemleyerek uygulama kararları alınabilir.

Simülasyon uygulaması aşağıdaki uygulama alanlarında kullanılabildiği diğer alanlarda başarıyla uygulanabilir;

- 1) Ulaşım sektörü.
- 2) Üretim sistemi.
- 3) Ekonomik sistemler ve maliyet sistemleri.
- 4) Askeri stratejilerle.
- 5) Pazarlama ve dağıtım.
- 6) Envanter sistemleri.

Simülasyon model çeşitlerinden bazıları aşağıda anlatılmıştır;

Tek hizmetli kuyruk modelinde müşterilerin sisteme geliş zamanları, hizmet zamanları ve dolayısıyla kuyrukta bekleme süreleri rassal olarak değişmektedir.



Şekil 2.1.1. Tek hizmet merkezli kuyruk modeli

Şekil 2.1.1 de görülen tek hizmetli kuyruk sistem modelinde her gelen müşteri eğer hizmet veren yer meşgulse kuyruğa girmektedir. Eğer kuyrukta kimse yoksa direkt hizmet alarak sistemden ayrılır. Her gelen müşterinin gelme süreleri rassal bir dağılım olarak belirlenir. Sistemde ilk gelen ilk çıkar (FIFO) sistemi uygulanmaktadır. İlk gelen müşteri tek hizmet kapasiteli sistemde hizmetini gördükten sonra ayrılarak arkasındaki müşteriye sırasını bırakır. Hizmet veren merkez başlangıç için boş olduğu varsayılır ve gelen ilk müşteri direkt olarak hizmet almaya başlar. İlk müşterinin gelişi de rassal olarak belirlenen bir süre içinde gelir. Diğer müşterilerin gelişiyle kuyruk (sıra) sistemi oluşmaya başlar ve bekleme salonuna doğru kuyruk uzanır. Simülasyonun çalıştırılması modeli kuran tarafından belirli bir süre veya belirli sayıda hizmet alan insan olacak şekilde modellenebilir, bu tamamen modeli kuran kişiye bağlıdır.

Bu tip bir kuyruk modelinde performansın değerlendirilebilmesi için 3 faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlar aşağıdakilerdir;

- Müşterilerin ortalama kuyrukta bekleme süreleri.
- Belirli bir zamanda kuyrukta bulunan müşteri sayısı.
- Hizmet merkezinin kullanım yüzdesi.

Müşterinin ortalama kuyrukta bekleme süreleri iki faktöre bağlı olarak değişmektedir; bunlardan birincisi müşterilerin kuyruğa geliş süreleri ve hizmet alma süreleri. Bu iki sürede rassal olduğundan bekleme süreleri de otomatikman rassal olmaktadır.

Belirli bir zamanda kuyrukta bulunan müşteri sayısı incelemektir; sistemde belirli bir zamanda ne kadar müşteri olduğunu belirlenebilir.

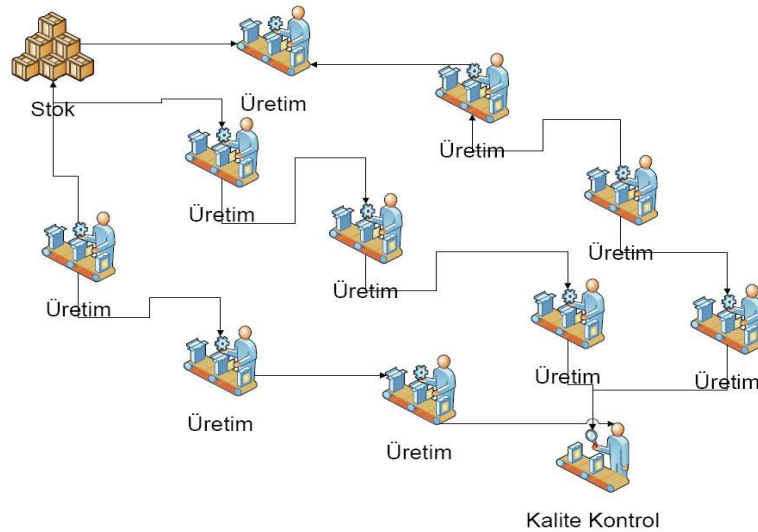
Hizmet merkezinin kullanım yüzdesi simülasyon süresince belirlenerek hizmet merkezinin verimliliği ölçülür. Bu değerlerin birine yakın olması sistemin hizmet merkezinin devamlı çalıştığını gösterir.

Simülasyonun kullanıldığı diğer bir alanda üretim sistemleridir. Üretim kurulan sistemin taşıma özelliklerine manüel veya otomatik olmasına göre değişebilir. Her bir makineye gelen parçalar eğer öncesinde parça varsa kuyrukta bekler. Gelen parçalar ilk gelen ilk çıkar prensibine göre tezgâhlardan işlenerek çıkar ve bir sonraki iş istasyonuna aktarılır. Kuyrukta bekleme süreleri, tezgâhların iş yapma kapasiteleri gibi kuyruk sistemindeki performans ölçütleri burada da sistemin davranışları hakkında bir fikir verebilir.

Üretim sistemlerindeki simülasyonu incelersek; modelleme tekniğine aktarılan, gerçek hayatta mevcut olan veya olmayan üretim sistemlerinin mevcut yapısında bulunan;

- Üretim süreleri
- Taşıma süreleri
- Bakım süreleri
- Hammadde geliş süreleri
- Hammadde kapasiteleri
- Taşıma kapasiteleri
- Vardiya süreleri
- Tatil süreleri gibi sürelerin modellenen sisteme aktarılarak sistemin

oluşturulması sağlanır.



Şekil 2.1.2. Üretim modeli



Bu tip değerlerin işletme çıkarlarına göre düzenlenmesi için sistemde bazı değişiklikler yapılara yani alternatif sistemler üretilerek modelin sorunların çözümlenmesi sağlanabilir. rnek olarak sistemde yapılacak akış değişikliği sistemdeki taşıma sürelerini azaltarak sistemin daha verimli çalışmasını sağlayabilir. İkinci bir örnek olarak sistemdeki taşıma kapasitelerinin değiştirilmesinin sistemi nasıl etkilediği araştırılabilir.

Bu Őekildeki düzeltmeleri uygulayıp kurulan modelde denemek için modeli yapılan sistem hakkında daha birçok bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır ve problemleri yerinde gözlemleyip sorunların nerelerden kaynaklandığını görerek sisteme aktarmak gerekir. Böylelikle sistemdeki gerçek sorunları çözmek için çalışılmış olunur.

Üretim simülasyonu sistemin çıkarlarına yönelik olarak aşağıdaki alanlarda kullanılabilir;

1. Mevcut sistemde makine yerleşim parkurunun değiştirilmesi,
2. Henüz kurulmamış bir sistemde yerleşim planlamasının yapılması,
3. Sistem içindeki yürüme ve çalışma yollarının belirlenmesinde,
4. Gerekli operatör sayısının belirlenmesinde,
5. Vardiya düzeninin test edilerek belirlenmesinde
6. Üretim miktarlarının test edilerek sistemin tekrar değerlendirilmesinde,

Vb. gibi uygulama alanlarıdır.

Simülasyon ile karmaşık üretim sistemlerinde doğru kararlar verilebilir. Simülasyonu yapılan sistemde birçok alternatif sistem denemek optimum getiri sağlayan sistemi bulmak açısından daha güvenli olabilmektedir.

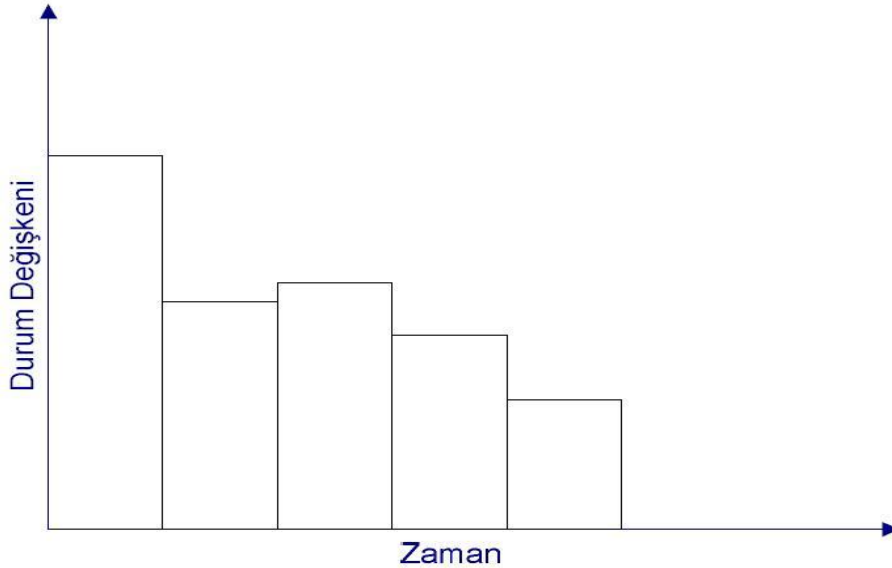
## **2.2. Sistem Ve Sistemin evresi**

Sistem kendi içinde birimleri olan ve bu birimlerin birbiriyle ilişkileri olan aynı zamanda bir bütün olarak dışarıdan da etkilenen bir düzendir. Sistemin kendi içindeki ilişkiler olduğu kadar dışarıyla ilişkileri de çok önemlidir.

Bir sistemi anlamak, değerlendirmek ve oluşturmak için birçok birim vardır;

1. Eleman; sistemi oluşturan ve birbirleri içinde etkileşim olan birimlerdir.
2. Özellik; bu birimlerin özellikleridir.
3. Faaliyet; belirli bir zamanda yapılan içi temsil eder.
4. Durum; belirli zaman dilimindeki sistem değerlerini temsil eder.
5. Olay; sistemin belirli bir zaman dilimindeki değerlerini değiştiren ani oluşumdur.
6. Sistem içi; sistem içindeki etkileşimlerin tanımlandığı yer.
7. Sistem dışı; , sistemi etkileyen çevredeki olayları ve faaliyetleri tanımlamak için kullanılmaktadır.

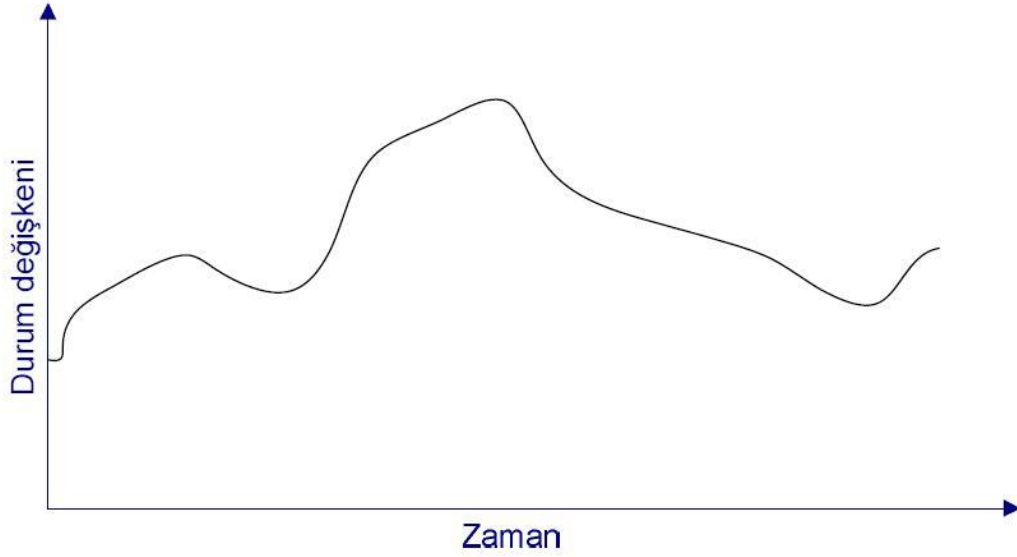
Sistemleri kesikli ve sürekli olarak sınıflandırdığında kesikli sistemin durum değişkenlerinin zamana göre kesikli nokta kümesinde değiştiğini söylenebilir. Banka sistemlerinde durum değişkeni hizmetin tamamlanması veya müşteri gelmesiyle değiştiği için kesikli bir sistem olduğu görülmektedir.



şekil 2.2.1 Durum değişkeninin kesikli sistemde değişimi

Durum değişkeninin zaman bağlı olarak sürekli değiştiği sistemlere sürekli sistem denir. Sürekli sistemlere örnek olarak rüzgâr hızı gösterilebilir.

Zamana bağılı olarak rüzgâr hızı sürekli değişmektedir. Şekil 2.2.1.'de kesikli ve Şekil 2.2.2.'de sürekli durum değişkenlerinin bir zaman periyodunda nasıl değiştikleri görülmektedir.



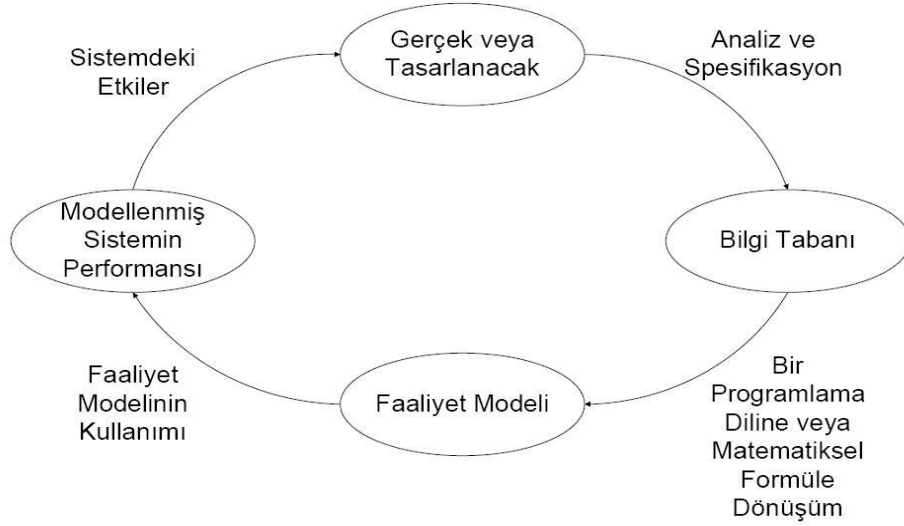
Şekil 2.2.2. Durum değişkeninin sürekli sistemdeki değişimi

Üretim sistemleri, yazılım sistemleri, ulaştırma sistemleri gibi sistemlerin boyutlarından ve bütün işlemlerin birbiriyle ilişkili olmasında dolayı bu sistemler karmaşık sistemler haline gelmektedirler. Karmaşık sistemlerin modellenmesinin zorluğundan dolayı seçilecek model oluşturma programı çok önem taşımaktadır.

Sistemin davranışlarını ve hareketlerini incelemek için bir model kurulması gerekmektedir. Bu modelle beraber sistemde uygulanacak farklı stratejileri sonucundaki davranışlarda incelenebilir ve optimum çıktı sağlayan stratejiler sistemin yeni stratejisi olarak belirlenebilir.

Bir sistemin performansı değerlendirilmek isteniyorsa ilk önce bu sistemle benzeşen, sistemi basit olarak tanımlayan bir model oluşturulmalıdır daha sonra bu model üzerinde çeşitli girdiler değiştirilerek çıktılarda oluşabilecek değişiklikler gözlemlenmelidir. Çıktı raporları değerlendirilerek sistemin performansı artırılması konusunda çalışmalar devam ettirilebilir.

Modellenecek sistemin oluşturulması için ilk önce sistemdeki veriler gözlemlenmeli eğer ortada gerçek bir sistem yoksa oluşturulacak sistem için düşünülen veriler değerlendirilmelidir. Bir bilgi modeli, faaliyet modeli ve modelleme işlemi arasındaki ilişkiler Şekil 2.2.3. 'de görülmektedir (Hill, 1996).



Şekil 2.2.3. Modelleme işlemi([http://img.blogcu.com/uploads/enmresim1\\_simulasyon004.GIF](http://img.blogcu.com/uploads/enmresim1_simulasyon004.GIF))

Model kurulurken modellemenin zamanını azaltmak için sistemde bazı kabullere gidilmesi gerekmektedir bu varsayımlar sistemi temsil edecek olan modelin temsil şartını bozmayacak şekilde olmalıdır. Diğer yandan model, bir sonraki araştırmaları değerlendirmek için uygun olmalıdır. İlerde yapılabilecek değişikliklerin göz önünde bulundurulması ve modelin ona göre tasarlanması ilerisi için zaman tasarrufu olarak düşünülebilir.

## 2.3. Model Türleri

Model matematiksel veya fiziksel olarak iki grupta düşünülebilir.

Bir matematiksel modelde sistemin temsili için sembolik notasyon ve matematiksel denklemler kullanılır. Simülasyon modeli, matematiksel denklemlerden oluşan sistem modelidir.

Simülasyon modellerinin bir başka sınıflandırma şeklide statik veya dinamik, deterministik veya stokastik ve kesikli veya sürekli olup olmamasıdır.

Zamanın belirli bir anındaki sistemi temsil eden Monte Carlo Simülasyonu statik simülasyon modelidir. Zamana göre değişen sistemler ise dinamik simülasyon modelleri denir. Örneğin çalışma saatleri 8.00 ile 17.00 arasında olan bir bankanın simülasyonu, dinamik simülasyona bir örnek olarak verilebilir.

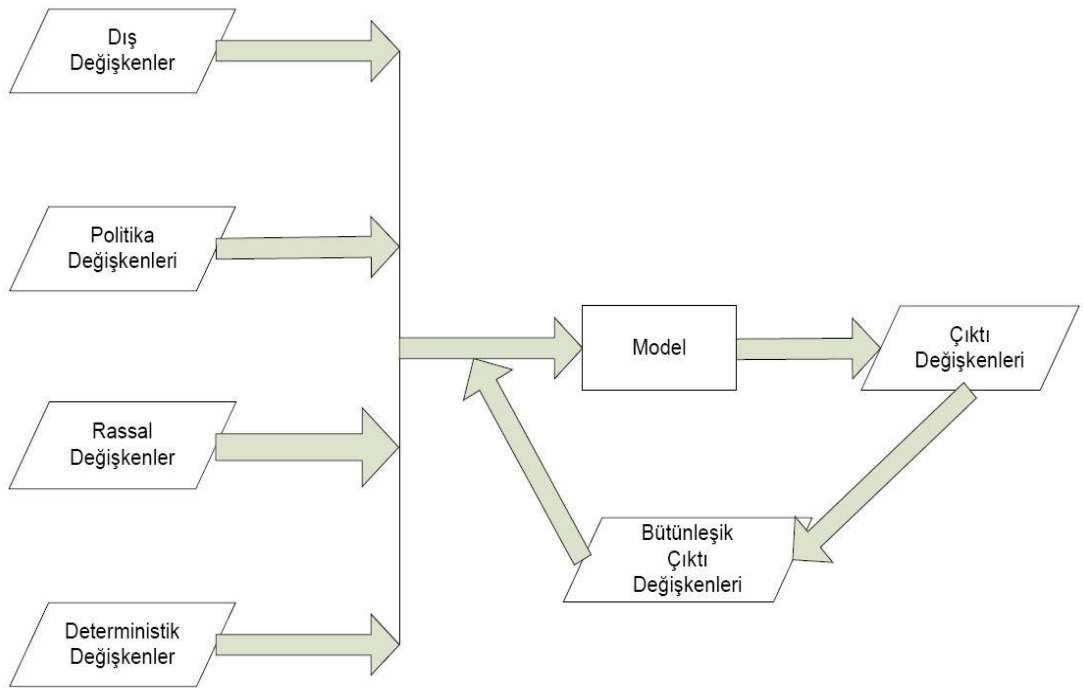
Deterministik modeller rassal değişkenler içermezken stokastik modeller birden çok rassal değişken içerir. Deterministik modeller, tek bir çıktı kümesi veren girdi kümesine sahiptir ve deterministik modellere örnek olarak, tüm hastaların randevu saatlerine göre geldikleri bir dişçi muayenehanesini gösterebiliriz.

Stokastik modellerdeki rassal girdiler, rassal çıktılar oluştururlar. Çıktıların rassal olması modelin gerçek karakteristiklerinin tahminleri olarak düşünülebilir. Bir bankanın simülasyonu, rassal servis sürelerinden ve gelişler arası sürelerinden meydana gelmektedir. Bu nedenle, stokastik bir simülasyonda, bekleyen ortalama müşteri sayısı ve bir müşterinin ortalama bekleme zamanı sistemin gerçek karakteristiklerinin istatistiksel tahminleri olarak düşünülür.

Kesikli ve sürekli modeller, analog bir şekilde tanımlanmıştır. Kesikli bir simülasyon modeli her zaman kesikli bir sistemi modellemek için kullanılmadığı gibi sürekli bir simülasyon modeli de sürekli bir sistemi modellemek için her durumda kullanılmaz. Bazı simülasyon modelleri, karma modeller (hem kesikli hem sürekli) olabilirler. Sistemiğin karakteristiğine göre gerekli olduğunda, sürekli simülasyon kullanarak sistem modelleme daha uygun olmaktadır.

Naylor ve Gatts'e (1976) göre simülasyonda kullanılan değişkenler çıktı, bütünlük çıktı, dış, politika değişkenleri veya rassal değişkenler olarak sınıflandırılabilirler. Birçok simülasyon modelleri probabilistik olmadığından, burada deterministik değişkenleri de göz önüne almak gerekmektedir. Şekil 2.3.1 simülasyon modellerindeki bu değişkenlerin rolünü göstermektedir (Watson ve Blackstone,1990).

Buradaki değişkenleri sırayla inceleyelim;



Şekil 2.3.1. Simülasyon modellerinde kullanılan değişkenler

Çıktı değişkenleri;

Çıktı değişkenleri yapılan modelin analiste sağladığı gerekli bilgilere çıktı değişkenleri denir. Bir üretim modelindeki çıktı değişkenleri; satılan üretim miktarları ve envanterdeki yarı mamulle ilgili bilgiler olarak düşünülebilir.

Bütünleşik çıktı değişkenleri;

Sistemin iki zaman periyodu hakkında bilgi veren değişkenlere bütünleşik çıktı değişkenleri denmektedir. Bir sistemin belirli bir zamandaki çıktı değişkenleri bir sonraki zaman periyodu için o sistemin girdi bilgileri olacaktır.

Dış değişkenleri;

Dış Değişkenler sistemin çevresinde bulunan faktörlere bağlı olan değişkenlerdir. Burada sistem çevreden etkilenir fakat çevre sistemden etkilenmemektedir. Bir üretim modelinde sisteme gelen hammadde zamanları dış değişken olarak düşünülebilir. Hammadde geliş zamanları çevredeki ulaşım koşullarına bağlı olarak değişebilir.

Politika değişkenleri;

Politika değişkenleri tamamen yönetim politikası ile ilgili değişkenlerdir. Üretime modellerinde örnek olarak yönetimin hangi makineyi hurdaya çıkartacağı veya ne zaman çıkartacağı, ne zaman yeni makine alacağı gibi değişkenler politika değişkenleri olarak nitelendirilebilir.

Rassal değişkenler;

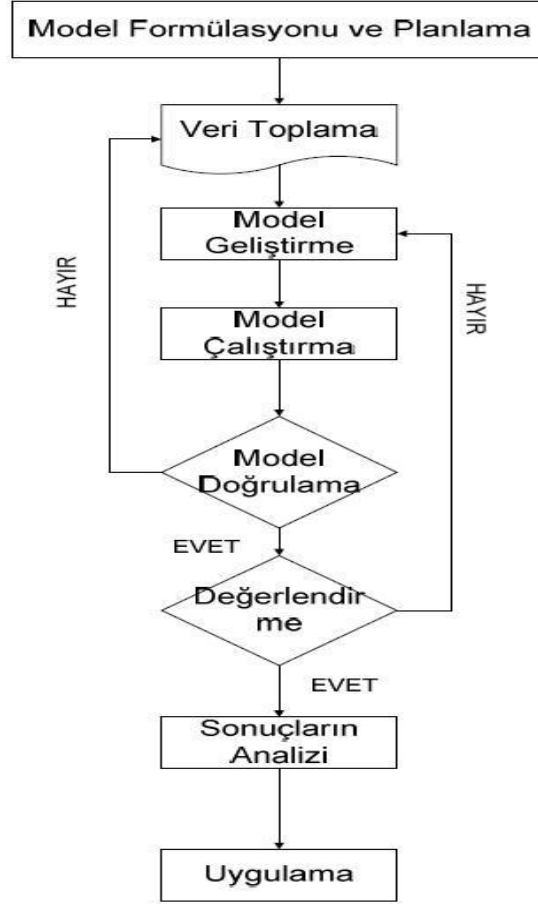
Sistemdeki rassal değişkenler müşteri gelme süreleri, ürün süreleri vs. gibi değişkenlerdir. Bu değişkenler sistemin temel taşlarını oluştururlar. Sistemin kurulmasında ve gerçeği yansıtmasında büyük rol oynarlar.

Deterministik Değişkenler;

Deterministik değişkenler sistemde değerleri belli olan veya modelde belli değerler dâhilinde kullanılması gereken değerlerdir. Üretim sisteminde bu değer vardiya düzeni veya yemek tatili olarak düşünülebilir.

## 2.4. Simülasyonun Aşamaları

Simülasyonu yapılacak sistemde aşamalar halinde ilerlemek modellemede hangi konumda olduğunu anlamak ve belirli bir düzende yürünmesi için bir kontrol mekanizması olarak düşünülebilir.



Şekil 2.4.1 Bir simülasyon sisteminin çalışmasındaki adımlar

Simülasyonun adımlarına aşağıdaki başlıklarda değinilmiştir.

- a) Model Formülasyonu ve Planlama
- b) Veri Toplama
- c) Model Geliştirme
- d) Model Çalıştırma
- e) Model Doğrulama
- f) Değerlendirme



g) Sonuçların Analizi

h) Uygulama

a) Model Formülasyonu ve Planlama

Model kurulmaya başlanmadan önce kurulması düşünülen modelde ne kadar detaya inileceği belirlenmelidir. Çok fazla detay zaman ve kullanım açısından zorluk çıkartabilir. Sistemdeki olay prensipleri, kullanılan makineler ve elemanlar belirlenmelidir. Ayrıca verilerin nasıl ve nereden toplanmasına karar verilmeli belirlenerek veri toplama kısmına hazırlık yapılmalıdır.

b) Veri Toplanma

Model gerçek bir sistem iste modeli kuran kişi verileri kendi toplayabilir veya üst düzey yetkililerden verilerle ilgili yardım isteyebilir. Model gerçekte olmayan bir sistem ise verileri tahmin yoluyla da belirlenebilir.

c) Model Geliştirme

Modelleme sistemin mantık şeması olarak düşünülerek sistemden elde edilen veriler bu mantık sıralarına göre modele aktarılarak model geliştirilir. Sistemin tanımındaki; birbiriyle ilişkili makine ve insanlar topluluğu ve bunların elde edilen verileri göz önünde bulundurulması gereken önemli noktalardır.

d) Model Çalıştırma

Model çalıştırılırken kullanılan dağılımların her denemede farklı sonuçlar vereceği bilindiği için ve modelin belli bir ısınma süresi olduğu kabul edildiğinden modelin çalıştırma basamağında gerekli işlemlerin yapılması gerekmektedir.

Isınma süresi sistemin belir bir çalışma saatinden sonra optimum çalışma noktasına kadar olan zaman miktarıdır.

#### e) Model Doğrulama

Model doğrulama modellemenin başarıyla geçilmesi basamaklarından biridir. Bu basamak kurulan modelin gerçek sistemi yansıtıp yansıtmadığı sorusuna cevap aramaktadır. Gerçek bir modelin doğrulanması için modelin çıktılarıyla gerçek sistemin çıktılarının birbirleriyle örtüşmesi gerekmektedir. Eğer sistem henüz kurulmamış bir sistemse; doğrulama sistemin, sistemi kuran kişinin amaçlarına yönelik çalışıp çalışmadığını gözlemle yoluyla incelenir. Çalışma hedefleriyle örtüşen sonuçlar sistemin doğrulandığını gösterir. Modelin sistemi yüzde yüz doğrulayıp doğrulamadığı her zaman gündemde olan bir sorudur ve bu soruyu giderebilmek için uygunluk testleri uygulanabilir.

#### f) Değerlendirme

Değerlendirme sistemin girdi verilerinin değiştirilmesi ve bu değerlerin çıktı verilerini nasıl değiştirdiğini gözlemleyerek test edilir. Değerlendirme kısmı kurulan modelin gerçek sistemle aynı tepkileri verdiğini gözlemlemeyi sağlayan bir basamaktır.

#### g) Sonuçların Analizi

Modeli kurulan sistemin çıktılarının gözlemlenmesi ve alternatif sistemlerle karşılaştırılması sonuçların analizinin yapılması gerekmektedir. Sonuçların analizi modeli kurulan sistemin yöneticileri tarafından incelenmeli uygulama adımı için ön çalışma yapılmaktadır. Eğer kurulan model normalde var olmayan bir sistemse, sistemi kuracak olan kişiler ve yöneticiler tarafından incelenerek sistemin kurulum aşaması değerlendirilmelidir.

#### h) Uygulama

Sonuçların analizinden sonra sistem yöneticileri uygulama kısmına karar vererek sistemin kurulmasına veya gerekli değişikliklerin yapılmasına karar vererek uygulama aşamasına geçilir.

Simülasyon ve modellemenin avantaj ve dezavantajları vardır ve bunlar aşağıda genel olarak maddeler halinde sıralanmıştır.

Avantajlar:

1. Gerçekte var olan veya olmayan sistemlerin performansını ölçmek için kullanılabilir.
2. Alternatif sistemlerin seçiminde kullanılabilir.
3. Sistemlerin uzun süreler çalışmasından sonra toplanabilecek verileri bilgisayar ortamında kısa bir sürede toplayabilme olanağı tanır.
4. Sistemde yapılabilecek analizde daha kolay ve hızlı olarak yapılabilir.
5. Sistemde deney yapmaya olanak tanır.

Dezavantajlar:

1. Model kurulumu için zaman ve deneyimli kurucular gerekmektedir.
2. Modellemeyle sistemde sadece tahminler yapılabilir bu nedenle modelin sistemdeki doğruları yansıtıp yansıtmadığı çıkartılacak tahminlerinde doğruluğuna yardımcı olur.

## 2.5. Literatür İncelemesi

Farklı üretim sistemlerinde farklı şartlarda üretim sistemlerinin simülasyonunun yapıldığı birçok çalışma vardır. Aşağıda bu çalışmaların çeşitli alanlarında yapılmış simülasyon çalışmalarından üretim ile ilgili yapılan simülasyon çalışmalarına doğru sıralanmış şekilde anlatılmıştır.

### Modellemede Simülasyon Kullanımının Faydaları ve Program Tanıtımı:

Harrell and Price(2002) makalelerinde Promodel simülasyon programının nasıl kullanıldığı ve ne gibi özelliklerinin olduğunu anlatmışlardır. Promodel programının küçük üretim hatlarından büyük üretim hatlarına kadar, esnek üretim modellerinden tedarik zincirine kadar birçok alanda kullanılabileceğine değinmişlerdir. Makalede Promodel programıyla kurulacak bir modelde gerekli olan temel birimlerin açıklamaları yapılmış ve grafiksel olarak gösterilmiştir. Makalede sonuç olarak Promodel programının son simülasyon tekniklerini kullanarak kaliteli sonuçlar verdiğini anlatmıştır. Bu program kullanılarak maliyetlerin azaltılabildiğini ve kapasitenin arttırılabildiğini belirtmişlerdir.

### Konveyör Sistemi Simülasyon Uygulamaları:

Wang and Zhou(2005) makalelerinde büyük dağıtım merkezlerinde sıklıkla bulunan büyük hacimli konveyör ağının kullanılmasının simülasyon metodolojisini tartışmışlardır. Modellemelerini Petri-Net tabanlı bir iskelet üzerinde yapmışlardır. Belirli kapasiteler ve şartlar altında modeli ve modelin kapasitesinin olabilirliğini araştırmışlar ve performans değerlendirme yapmışlardır. Makalede S-BPN yüksek hacimli taşıma sistem ağının simülasyonunun iskeleti olarak sunulmuştur. S-BPN; Batches Petri Net modelindeki konveyör sisteminin devamlı davranışlarını tanımlamak için kullanılmıştır. Başlangıçtaki bazı tanımlarda değişiklikler yaparak, elemanlar ekleyerek, yeni algoritmalara ekleyerek ve bazı sabitleri azaltarak çalışmalarına yön vermişlerdir. Bu çalışmalarında, sınırlı kapasite arabelleğinin modellemesini kolaylaştırmak, birikim tabanlı kontrol mantığını modellemek ve diğer simülasyon üniteleriyle birleştirmek için SBPN'in anlamı genişletilmiş. Revize edilmiş SBPN komplike ulaşım odaklı konveyör ağına, yalın ve açık bir şekilde

modelleme kapasitesine sahip olduğu ortaya konulmuştur. Modelleme yeteneklerinden akıcı simülasyonun uygulanabilirliğine, veri girişi, mantık kontrolü, performans ölçümleri ve hesaplama zamanı açılarından değerlendirilmiştir. Başlangıçtaki hesaplamalı deneylerde gösterildiği gibi, yavaş değişen çevre üzerinde, yüksek hacimli karmaşık bir ağ kurma modellemesi yapılırken, akıcı simülatör bazlı SBPN, öge düzeyinde hücre tabanlı simülasyonla karşılaştırıldığında daha az farklı sonuç oluşmasına neden olmuştur. Bu uygun bir üst düzey simülasyon yaklaşımı olduğu için ve sistemin tasarım aşamasında başarılı olabilmek amacıyla, gelecekteki araştırmalar SBPN'in simülasyon optimizasyon teknikleri ile birleştirilme olasılığını araştırmışlardır.

Uner ve ark.(2005) makalelerinde bir üretim sisteminde yüksek seviyede iş gücü kullanarak, fazla miktarda ara-stokla taşıma yapan forkliftler yerine otomatik konveyör sistemleriyle tek yönlü, operatörsüz taşıma yapabilen bir sisteme geçişi incelemişlerdir. PROMODEL 2002 simülasyon paket programı kullanılmış, alternatif tasarımların performans kriterlerine göre istatistiksel yöntemlerle karşılaştırılmasını yapmışlardır. Çalışmalarının sonucu olarak; kurdukları alternatif iki sistem arasında üretim miktarı, makine faydalanma oranı ve işgücü faydalanma oranı açısından fark olmadığı, çevrim süresi ve ara-stok kriterlerine göre bir sistemin diğer sistemden daha avantajlı olduğunu ortaya koymuşlardır. Konveyör sistemine geçiş yapıldığı için yükleme ve boşaltma süreleri ortadan kalkmış böylelikle işgücü verimi artırılmış ve çevrim süresi azaltılmıştır. Kurulan konveyörlü taşıma sistemlerine sahip alternatif sistemlerin belirlenen kriterlere göre gerçek sistemden daha avantajlı olduğu ortaya belirtilmiştir.

Cerda(1995) makale çalışmasında bir üretim sistemindeki malzeme akışının manüel veya otomatik çalışması durumundaki farkı kıyaslayarak sonuçlar elde etmiştir. Bu sonuçlar ışığında sistemi tartışmıştır. Simülasyon modellemesi, mühendislere ve yöneticilere bu günün dinamik ve değişken endüstriyel ortamındaki karmaşık üretim sisteminin performansının görüntülenme fırsatını verir. Simülasyon çalışmasında önerilen silindir bloğu işleme hattı için oluşturulan malzeme taşıma sistemi, bize sistemi zamanından önce uygulamada önemli bir tecrübe kazandırmıştır. Aynı zamanda, malzeme taşıma sisteminin tasarlanması ile ilgili ortak kuralların, makine arıza süreçleri ve işlem seviyeleri gibi faktörler nedeniyle,

her zaman doğru çalışmadığını göstermişlerdir. Otomatik malzeme taşıma sisteminin kullanımı, daha etkili ve kullanıcı dostu işlemlere neden olur aynı zamanda, silindirik bloğu işlemek için edinilen yeni malzeme taşıma ekipmanı işlemlerinin karar verme aşamasında ve şirketin gelecek projelerinde de desteklenmiştir.

#### Otomatik Geçiş Sistemleri Simülasyon Uygulamaları :

Ito and Hiramoto(2006) makalelerinde, Japon ITS sinde önemli bir rol oynayan ETC (OGS) sistemi kısaca gözden geçirilmiş ve OGS araç yayılımına engel oluşturan OGS trafik problemleri üzerinde durulmuştur. Makale, OGS geçiş ücretinin neden olduğu trafik sıkışıklığı sorunlarına, modeli ve prosedürlerini tanımlayarak genel bir simülasyon yaklaşımı önermiştir ve OGS nedeniyle otobanlarda oluşan trafik sıkışıklığını analiz etmek amacıyla simülasyon sürecini sunmuştur. Bu makalede geliştirilen model, aynı zamanda, geçiş kapılarından iyi faydalanmak amacıyla uygun zaman yönetimi tahminini destekler. Ayrıca makalede, daha iyi performans elde etmek amacıyla otoban geçiş ücreti noktalarının yeniden tasarlanmasını düşünülerek, bu modelin fizibilitesi doğrulanmıştır. I.C Sites ya da Kochi I.C otobanlarından alınan veriler kullanılarak, bu modelin pratik sonuçlar sunmak amacıyla neler yapabileceği ve bunun da OGS araçlarının artışına katkıda bulunacağı gösterilmiştir. İleri ki çalışmalarda, geçiş ücreti ödeme noktalarını kullanıp daha fazla vaka çalışması yaparak, modelin kalitesini arttırmak ve pratik sonuçlar önererek OGS'nin gelişimine katkıda bulunmak istenmiştir.

#### Simülasyon Uygulamalarının onaylanması:

Sargent(1998) makalesinde simülasyon sistemlerinin onaylanması konusunda geçmişten günümüze hangi tekniklerin kullanıldığını ve bu tekniklerin sonucunda ne gibi testlerin onaylama sürecinde kullanılması gerektiğini anlatmıştır. Sistemlerin doğrulanması için özel bir test olmadığını ve her sistemin farklı ve eşsiz bir sorun oluşturduğunu ve böylelikle her sistemde farklı onaylama sistemlerinin kullanılması gerektiğini belirlemiştir.

## AGV Sistemleri Simülasyon Uygulamaları :

Gong and McGinnis(1990) makalelerinde, AGVS tasarımı için bir simülasyon kod üreticisi sunulmuştur. Bir ağ şeklinde yeni bir sistem mantığı şeması geliştirmiş ve her bir ağ bir olaya ya da bir sürece karşılık olarak gösterilmiştir. Tüm kontrol politikasını modellemek amacıyla 16 farklı tipte fonksiyon kullanılmıştır. 4 fonksiyon araç hareketi ile ilişkilidir. 2 fonksiyon araç seyir yönü belirlenmesi ile ilgilidir ve 1 fonksiyon, aynı anda aynı kontrol noktasının kullanılmasından dolayı ortaya çıkan trafik problemini çözmektedir. Diğer fonksiyonlarsa üretim sistemleri aktiviteleri ile ilgilidir. Bu aktiviteler: sonraki çalışma istasyonunu belirlemek, arabellekler arasında ya da aynı çalışma hücresinde ki arabellek ve makine arasında zaman transferi yapmak, makine seçim kuralı, arabellek seçim kuralı, bloke makine seçim kuralı ya da sırasıyla arabellek rezervasyonudur. Ayrıca, rehber yol segmentinde hareket eden 2 tip aracın seyahat süreleri tartışılmıştır. Birinci tip seyahat süresi, segmentin başından iç kontrol noktasına hareketi gösterir. İkinci tip seyahat süresi ise iç kontrol noktasından segmentin sonuna kadar olan hareketi temsil etmektedir. Eğer, bir aracın hiç duraklamadan diğer bir segmente hareket etmesine izin verilirse, araç geçerli segmentin iç kontrol noktasını normal bir hızda geçecektir. Aksi takdirde, araç iç kontrol noktasında hızını azaltmak ve geçerli segmentin sonunda tamamen durmak zorundadır.

Gelecekteki çalışma, bu yeni ağ şemasını yeni bir SCG' de uygulamak içindir. Bu yeni SCG, bir çalışma hücresindeki çoklu P/D istasyonlarının, çoklu işlem yollarının ve birkaç farklı kontrol politikasının potansiyellerini sağlar. Tasarımcılar tarafından yazılmış olan ek kontrol kuralları da SCG ile bağlanma kapasitesine sahiptirler.

AGV uygulamalarının kompleks bir yapıya sahip olduğunu ve bunların analizi içinde en iyi yolun simülasyon olduğunu fakat simülasyon için harcanan zamanı azaltmak amacıyla SIMAN simülasyon programı için simülasyon kodu üreten bir uygulama geliştirdiklerini anlatmışlardır.

Dewsnup and Bollenbach(1995) makalelerinde Promodel ile AGV sistemlerinin modellenmesini tartışmışlardır. Bu makale, otomatik kılavuzlu araç sistemlerinin modellenmesi amacıyla Windows Promodelin kullanımını tartışmaktadır. En az çabayla sonuç üretmek üzere metodolojiler ve düşünceler sunulmuştur. Burada sunulan örnek, Caterpillar Gelişmiş Araç sistemleri tarafından tasarlanmış gerçek bir sistemi temsil etmektedir. Bu makale de, model üçüncü bir rota kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Belirlenen ve modele uygulanan kontrol mantığı AGVS kontrol sistemine entegre edilmelidir. Yüksek bir teknik simülasyon geçmişi olmayan kişilerin, simülasyon modelleri geliştirebilmeleri için, Windows ProModel ara yüz ve animasyon grafiklerinin kullanım kolaylığını sağlamıştır.

#### Üretim Sistemleri Simülasyon Uygulamaları:

Maas and Standridge(2005) makalelerinde simülasyon modelinden yararlanmanın hücre dizaynına yardımcı olacağını ve sistemi düzene koyacağını ileri sürmektedirler. Bu çalışmada simülasyon uygulaması, plastik tasarımı ve uygulamasına yardım için tartışıldı. Genel bir veri olarak, veriye dayalı simülasyon modeli, kapasiteyi analiz eden, ürünlerin müşteri talebine yönelik dağıtımını oluşturan ve simülasyon sonuçlarını özetleyen diğer yazılımlarla tamamlanmıştır. Paketteki tüm yazılımlar bir simülasyon ortamına entegre edilmiştir. Simülasyon ve diğer analizlerin sonuçları, müşteri hizmeti seviyesine karşı hedef odaklı yönetim, envanter seviyelerine karşı önceden belirlenmiş hedef seviyeleri ve istasyon kullanımı ile ilgili olarak hücrel performansı değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Alternatif ürün grupları ile iş istasyonları( çalışma yeri) karşılaştırılmıştır. Bu makalenin sonuçlarında müşteri servis düzeyi, üretim envanter düzeyini ve günlük üretim planını göstermiş ve üçüncü olarak yeni bir vakum paketleme makinesinin sistemi zorlayan ve gerekli olan bir ihtiyaç olmadığı görülmüştür.

Solding and Petku(2005) makalelerinde yoğun enerji üretim simülasyonu konseptini sunmuşlardır. Güney İsveç'te, iki farklı büyüklükte dökümhanedeki iki simülasyon çalışması yapmışlar ve sonuçlarını sunmuşlardır. Bu makale, yeni bir alan ve simülasyon metodolojisinin uygulamasını tanımlamıştır: bir dökümhanede ki enerji tüketimi. Özel simülasyon modelleri kullanmak firmalara üretim planı



yaparken harcadıkları zamandan daha az zaman harcamalarına yardımcı olduğunu anlatarak yeni bir metot geliştirdiklerini anlatmışlardır. Tanımlanan metottaki temel öğeler simülasyon topluluğunda kullanılan genel yöntemden üretilmiştir ve ihtiyaç duyulan özel gereklilikler eklenerek spesifik bir alanda uygulanmıştır. Odak noktası, enerji tüketimine bağlı olan ek verinin nasıl ayrıldığı ve simülasyon modelinde kullanmak üzere kategorize edildiğidir. Bu metot enerji parametrelerini 3 gruba indirerek ve simülasyon modelinin enerjisi ve gücü nasıl düşünceye çevirebileceğimizi anlatmaktadır.

Ivanova et al.(1996) makalelerinin odak noktası deneysel tasarım metodolojisinin, yarı-iletken üretim simülasyon modeline uygulanmasıdır. Kompleks bir yarı-iletken simülasyon modeli oluşturulmuştur. Araştırma için 17 giriş faktörü, iki aşamalı grup deneysel tasarımı vasıtasıyla ayarlanmıştır. Çoklu yanıt regresyon meta modeli, önemli girdi faktörleri ve 4 değişkenin ilgili yanıt arasındaki ilişkileri tanımlamak için kurulmuştur. Simülasyon modelinin deneysel tasarımı ve regresyon analiz teknikleriyle birleşimi, yarı-iletken üretim kolaylığının kapasite analizine izin vermiştir. Bu model yarı-iletken üretim kolaylığının kapasitesini analiz etmek için esnek bir araçtır. 2 aşamalı grup taraması, girdi faktörleri ve çoklu performans ölçümleri arasındaki ilişkileri çalışmak amacıyla tasarlanmıştır. Grup taramasının çoklu cevaplarla beraber simülasyon modeline uyarlanması, grup tarama metodunun çok fazla sayıda faktör ve bir değişken yanıt durumunda da etkili olduğunu bize göstermiştir, fazla sayıda değişken yanıt olduğunda grup taraması bu kadar etkili değildir. Birinci aşamanın sonunda, 7 grup faktöründen sadece ikisinin önemsiz olduğu deklare edilmiştir. Bu yüzden, sonuç olarak, yanıtların değişkenliğinin sayısı arttıkça, grup taraması tasarım modeli daha az etkili olacaktır.

Wang et al.(2002) makalelerinde yüksek otomasyonlu esnek üretim sistemi ve onun stokastik özellikleri, nihai yapılandırma tanımı için entegre bir yaklaşım gerektirmekte olduğunu belirtmişlerdir. Bunu başarmak ve sistemi yorumlayabilmek için, simülasyon tekniklerini (işlemsel ve bilgisayar transfer değişkenleri) ve istatistikî araçlar birleştiren bir esnek bir PCBA sistemi modeli geliştirilmiştir. Bu birleşik modelin performans tahmini yapabilme gibi bir kapasitesi vardır ve bu tasarımcıların optimal performansı verecek bir sistem oluşturmalarına izin vermiştir. Bu tür bir

metodoloji, her türlü üretim çevresine uygulanabilir. Simülasyon sonuçlarından görülmektedir ki transmisyon oranının 5mbs-1 olmasıyla en fazla gecikme olan 369 milisaniye ve 1499 milisaniyeye ulaşılmaktadır. Eğer transmisyon hızı 10 mb s-1 gecikme hızı 51 milisaniye ve 233 milisaniye arasında oluşmaktadır. Sonuç olarak transmisyon hızının 3 – 10 milisaniye arasında seçilmesi üretim sistemindeki haberleşmenin hatasız olacağını göstermiştir.

Zimmermann and Hommel(1999) makalelerinde üretim sistemleri için yeni bir modelleme tekniği tanımlamıştır. Bu uygulama alanı için, renkli Petri ağlarına dayanan özel bir modelleme yöntemi sunulmuştur. Sistemin biçimini etkileyen basit modeller yaratılmıştır ve bunlar, genel amaçlı türleri kullanan modellerden daha okunaklıdır. Zamanlama davranışı genellikle daha gerçekçi olarak modellenmiştir. Üretim yollarını ve sistemin yapısını ayrı modelleme imkânı da mümkün kılınmıştır. Bu yollar değiştirilebilir olarak dizayn edilmiştir ve modelin bütünüyle yeniden tasarlanmasına gerek yoktur. Tam bir model, her iki modelin parçalarının derlenmesi ile otomatik olarak ortaya çıkar. Bu model, sayısal analizleri ya da simülasyonu kullanarak, performans ve güvenilirlik ölçümlerini elde etmek için kullanılabilir. Farklı model değişkenlerinin performans ölçümlerini karşılaştırarak, optimizasyon sağlanabilir. Tanıtılmış modelleme tekniği gerçek hayatta ki bir probleme uygulanmıştır ve işe yararlığı başarılı bir şekilde gösterilmiştir. TİME NET yazılım paketinin bir uzantısı olarak uygulanmıştır. Sistemin modellenmesinde darboğazlar görülerek sistemdeki taşıyıcı sayısı maksimum çıktı miktarını almak için gerekli düzeye getirilmiştir. Çalışanların dağılımları performansların arttırılmasını amaçlayarak ve farklı olasılıkları düşünerek optimize edilmiştir. En yavaş iş merkezleri başlangıç gereksinimleri yerine getirilerek hızlandırılmıştır. Bu değişikliklerle görülmüştür ki çıktı miktarları %22 oranında arttırmıştır. Böylelikle sistem için düşünülen değişikliklerin sistem amaçlarına daha uygun olduğu görülmüştür.

Tanrıtanır ve ark.(2004) makalelerinde bir mobilya endüstrisi işletmesinde imalat ve montaj iş istasyonlarına ilişkin tüm faaliyetler ve bu faaliyetlere ait maliyetler dikkate alınarak, sistemin faaliyet tabanlı maliyet yaklaşımıyla simülasyon modeli oluşturulmuş, böylece daha verimli organizasyon yapıları geliştirilmeye çalışılmıştır. Femos ile oluşturdukları modellerinde faaliyet tabanlı maliyet yaklaşımı

ile değer oluşturmayan değerleri ortadan kaldırmışlardır. Ayrıca, değişik alternatif çözümler önerileri bilgisayar ortamında denenmiş ve sistemin yeniden tasarımı süreci bir örnekle ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak personel organizasyonundaki değişiklikler ile üretim maliyetlerinin ne ölçüde etkilendiğini bularak, tahmini ve tamamen gözleme ve tecrübeye dayanarak alınan kararların ne tür sonuçlar üretebileceği gözlemlenmiş ve alternatif sistemler değerlendirilerek normal sisteme göre avantajlı olduğu gösterilmiştir.

Law and McComas(2003) makalelerinde depolama ve üretim sisteminin nasıl dizayn ve analiz edileceğini tartışmışlardır. Üretim sorunlarının simülasyonla tespit edilmesi yeni ve geçerli üretim sistemleri kurulması konularına değinmişlerdir.

Bu makale, simülasyonun üretim ve depolama sistemlerinin tasarlanmasında ve analizinde nasıl kullanıldığını tartışır. Makalede tartışılan konular: simülasyon tarafından soruşturulan üretim sorunları, geçerli ve güvenilir bir model oluşturmak için teknikler, imalat simülasyon yazılımı, istatistiksel değerlendirmeler ve simülasyon tuzaklarıdır. Makale bir durum çalışmasını da içermektedir. Sırasıyla ,1.2.3.4 ve 5. istasyonlarda ki 2 makineyi ve 1 AGV sistemi simüle edilmiştir. Bu simülasyonlardan elde edilen sonuçlar makalede gösterilmiştir. Günlük işlem hacmi 94,2'dir, bu oran çok iyi tanımlanmış bir sistemde ki 120'lik işlem hacminden daha azdır ki bu tasarım bir veya daha fazla darboğaz içermek zorundadır. Ortalama taşıyıcı kullanımı 1'e çok yakın olduğu için ve buna oranla makinelerin bloke olduğu zaman dilimleri çok yüksek olduğu için, sisteme başka bir AGV eklemiştir ve simüle edilen sistem sonuçları makalede verilmiştir. Ancak, ortalama işlem hacmi hala 120 nin altındadır ve bu da hala bir darboğazın var olduğunu göstermiştir. İstatistiklerin (kuyruk miktarının) istasyon 3 için çok büyük olması sebebiyle başka bir makine eklenmiştir ve sonuçları makalede verilmiştir. Ortalama işlem hacmi olan 120,0, sistemde hiçbir darboğaz olmadığına işarettir. Aynı zamanda, istasyon 3 olan istatistikler azaltılmıştır. Ek makineler eklemenin etkilerini görmek için, istasyon 1,3 ve 5'e makineler eklenmiştir ve sistem sonuçları makalede verilmiştir. Sistem böylelikle dengelenmiştir çünkü makinelerin meşgul olduğu zaman dilimleri ve maksimum kuyruk boyutları bütün istasyonlar için eşitlenmiştir. Son 2 sistem tasarımları arasındaki tercih, sistem için olan performans gereksinimlerine ve makine maliyetlerine bağlıdır.

Shevell and Buzacott(1986) makalelerinde devre levhası üreten kompleks bir üretim sisteminde çeşitli faktörlerin sistem üzerindeki etkilerini ve sistemin performansını nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Bu makalede ki araştırma 2 temel sonuca neden olmuştur. İlk olarak, simülasyon modelinin ve bilgisayar programının tasarımı ve uygulanması araştırmanın önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Araştırma, üretim sistemini detaylı bir şekilde incelenmesini ve sonra, soyut bir temsiline oluşturulmasını içermektedir. Simülasyon programının oluşturulması ve inceliyle ayarlanması, üretim sistemine dair daha çok şeyin öğrenilmesini ve onun doğru ve etkili bir şekilde modellenmesini sağlamıştır. Bu çabaların sonucunda, üretim sistemindeki değişen çalışma koşullarının etkilerinin tahmin edilmesini sağlayan detaylı, doğru ve güvenilir bir araç ortaya çıkmıştır. İkinci olarak, simülasyon tecrübelerinin analiz sonuçları da makale de bulunmaktadır. Üretim sisteminin performansında önemli etkileri olan birkaç farklı faktör bulunmuştur. Aynı zamanda, bazı faktörlerin önemli bir şekilde etkileşim halinde olduğu bulunmuştur. Analiz göstermiştir ki, nitelik düzeylerinin ve bir gündeki çalışma saatlerinin, sistemin performansında büyük bir etkisi vardır. Bu sonuçlar umulan sonucu doğrulamıştır. Diğer faktörlerin etkileri önceden tahmin edilemez ve deneyler, sistem performansını optimum seviyeye çekmek için izlenen politikaların içyüzlerinin anlaşılmasına neden olmuştur. Özellikle, çok küçük, günlük üretim sipariş sürüm programları, simülasyon deneylerinde en iyi sonucu vermişlerdir.

Freudenberg and Herper(1998) makalelerinde üretim sistemlerindeki çalışanların da üretim sistemi dizaynı kadar önemli olduğunu ve çalışanlarında simüle edilmesi gerektiğini tartışmışlardır. Simülasyon modellerinde işçilerin düşünülmesi, yüksek oranda manüel işlem yapılan sistemlerde kullanışlıdır. Bu yüzden, farklı detay seviyeleri vardır. Seçilen seviye simülasyon amaçlarına ve şirketin özelliklerine bağlıdır. Bu yüzden genel bir işçi ögesini tanımlamak mümkün değildir. İşçilerin simülasyon modellerine entegre edilmesi ek bir çaba, ek maliyet ve uzun bir gelişim süresi gerektirmektedir. Bu ek gereksinimler çalışan elemanlarıyla sınırlı değildir, aynı zamanda lojistik sistemin için de geçerlidir. Soyutlama derecesi, işçilerin entegrasyonunun mümkün ve yararlı olduğu duruma göre seçilmelidir. Eğer daha fazla bilgi isteniyorsa, örneğin, işçilerin değer yaratmalarına dair beyanlar ya da fiziksel ve fiziksel olmayan stres ve tehlikeye dair beyanlar öğrenilmek isteniyorsa, modellemedeki ek çabaya bakılmalıdır. Ayrıca, çalışma yapılarıyla deneyler

mümkündür. Bu durumda, lojistik sisteminin etkinliğine dair sonuçları ortaya çıkarmak amacıyla, işçilerin detaylı modellenmesi gerekmektedir. Esnek çalışma yapısı modellenirken, merkezi bir işçinin yaratılışının uygulanmasının yeterli olduğu gösterilmiştir. Bu modellerde, belli miktarda görevin belirli bir zamanda ele alınabileceği gösterilmiştir. Gerçek şirketlerde optimizasyon kullanımında daha yüksek bir verim beklenmektedir. Geliştirdikleri işçi spesifikasyonu, kişisel odaklı simülasyon modelleri yaratmada ki çabayı azaltmaya yöneliktir. Ancak, entegre edilmiş işçilerin farklı seviyeleri dolayısıyla genel bir çözüm bulunamayacağını belirtmişlerdir.

Kibira and McLean(2002) bir montaj sisteminin parçalara ayrılmasını ve montaj işleminin analizini farklı görevler ve yerleşimler deneyerek incelemiş ve anlatmışlardır. Bu makale, sanal gerçeklik simülasyon modellemesi kullanılan prototip bir ürünün üretim aşamasının tasarlanması metodunu göstermiştir. Simülasyon modeli, detaylı manuel operasyonlarının grafik modellemesi ve genel işlem akışının ayrık olay simülasyonu kullanılarak inşa edilmiştir. Ayrık olay modellemesi nispeten daha kolay bir süreç olmuştur. Fakat, animasyonlu iş istasyonu alt yapı modellerinin oluşturulması zaman alıcı olmuştur. Bu sorun özellikle iş istasyonu döngü süresinin belirlenmesi ve montaj süreci çizimleri için gerekli olan operatör kinematik senaryoları için geçerliydi. Modelleme sürecini hızlandırabilecek bir yaklaşım arzu edilmektedir. Şu anki simülasyon sistemleri, ürün özelliklerini, işlem sürelerini, data dosyalarından ve diğer data kaynaklarından malzeme miktarı gereksinimlerini okumak için standart formatlar sağlamamaktadır. Aynı şekilde, ürün montajının simülasyonunu yönlendirecek olan özellikli veri dosyalarını okuyabilecek ve yazabilecek konuma gelmek istiyoruz. Nötr şekiller, bu tip verileri okumak için çok yararlıdır. Bir istasyonda ki operatörün montaj açıklamalarını sadece bir dosyadan okumadığı ve bunları öğrenme ve farklı durumlara ya da ürünlere uygulama yeteneğine sahip olduğunu bir durum düşünülebilir. Böylelikle, simülasyonu kontrol etme ve modelin farklı elemanları arasındaki ilişkiyi sağlayabilecek bir mantık oluşturmak mümkün olacaktır. Aynı zamanda, farklı senaryoları ve elemanlar arasındaki kuralları incelemekte kolaylaşacaktır. Üretim sürecinde, planlamayı, görselleştirmeyi, doğrulamayı, dökümantasyon ve üretim işçilerinin eğitimini birleştirecek ve kolaylaştıracak bir ortam oluşturmak faydalı olacağı görüşüne varmışlardır.

Jadhav and Smith(2005) makalelerinde baskı devre üretimi yapan üretim hattının simülasyon modelini üretim hattının karmaşık etkileşimlerini ve bunlar arasındaki ilişkiyi gözlemleyerek bir metot geliştirdiklerini anlatmışlardır. PCB montaj modelinden gelen modüller, model gelişimini kolaylaştırmış ve makine arızalarını, egzoz parçalarını kapsamak için ve aynı zaman da kaynak evreleri gibi istatistik ayıklamalar için gereken modelleme çabalarını azaltmıştır. Yedi farklı kaynak evresini ayırt etmek için modül tarafından sağlanan kapasite tartışılmıştır. Simülasyon modellemesi ve PCB montaj hatlarının analizi için 6 aşamalı bir metodoloji önerilmiştir. Bu metodolojinin doğru uygulanması, işlem hacmi ve santral tahsisi açısından önemli stratejilerin geliştirilmesine yol açabileceğini söylemişlerdir. Önerilen metodolojinin statik modelden simülasyon modelinin gelişim sürecinin makineleştirilmesini kapsayan gelişmiş halinin şu anda yapım aşamasında olduğunu belirtmişlerdir.

Faget et al.(2005) makalelerinde Toyota Motor Company işletmesinde üretim sistemindeki dar boğazın tespit edilmesini ve ayırık olay simülasyonunun üretim sisteminde farklılıkları gözlemlemek için önemli ve gerekli bir araç olduğunu vurgulamışlardır. Esas konu darboğaz analizinin otomatikleştirmek, anlaşılmasını kolaylaştırmak ve simülasyonun simülasyon bilgisi olmadan karar verenlerin bu simülasyonu benimsemesidir. Bu çalışmanın sonuçları gösteriyor ki, akıcı simülasyonla ilgili yeni çalışma metotları simülasyon projesinin uygulama aşamasına entegre edilebilir. Başarılan faydalar, darboğaz analizleri yürütürken hatasızlık, simülasyon çalışmalarının müşterilerine, simülasyon çıktılarını MS Excel gibi çalışma araçlarına entegre ederek daha yüksek bir yaklaşım sağlanması ve gelişmelerdeki önerilerin hızlı ulaşımıdır. Sonuç olarak, yalın üretim faaliyetteki üretim sistemlerinin geliştirilme çabalarını desteklemek için DES'in başarıyla uygulanabileceği kararına varmışlardır.

Ingemansson and Oscarsson(2005) makalelerinde üretim sistemindeki otomatik veri toplama sistemindeki bilgilerin kullanılarak sistemdeki darboğazın bulunmasında kullanıldığını anlatmışlardır. Otomatik veri toplama sistemiyle ilgili bazı sorunlar yeni çözülmüştür. Bugün açıklanmayan kısa duruş oturumları vardır. Bu nedenle tüm durum oturumları veritabanında geçerli değildir. Diğer sorular, veritabanı ve DES modeli arasındaki otomatik veri transferi ile ilgilidir, örnek olarak,

sistemde bulunan tıkanıklığı bulmak için bir haftanın üretimini modellemek verilebilir. Bu iş için uygun olan kişi her departmandaki üretim mühendisidir ve onun şirketteki rolü de bellidir. Farklı makinelerden toplanmış olan verileri otomatik olarak birleştirmek ve bilgiyi DES modelinde kullanmak faydalı bir çözümdür. Bölgelerde ki manüel çalışmalarla birlikte darboğaz analizleri düşük yatırımla gelişimle ilgili fikirler verir. Vaka çalışması 2 yıllık dönemde kapasitede 12% lik bir artış göstermiştir.

Gahagan and Herrmann(2005) üretim kontrol sisteminin kontrol ettiği basit üretim hattındaki üretim kontrolünün optimize edilmesini sağlayan tekniği tartışmaktadırlar. Bu teknik üretim sistemindeki kontrol bölgesini belirlemek için kullanılmıştır. Makale bu şablonun var olan simülasyon optimizasyon yazılımı ile kullanılarak optimum kontrol planının bulunmasını anlatmaktadır. Makale sonundaki deneysel sonuçlar gösteriyor ki, artan talep ve değişkenlik nedeniyle iyi müşteri servisi verebilmek için, daha fazla envantere(stok) ihtiyaç vardır. Değişen müşteri hizmetleri gereksinimlerinin farklı üretim kontrol politikalarının performansını nasıl etkilediğini anlamak için ek deneyler planlanmıştır.

Ali et al.(2005) makalelerinde büyük hacimli ve karışık bir üretim kombinasyonunda optimum dizayn gereksinimlerini belirlemek ve performansı yükseltmek için simülasyon modeli kullanılmışlardır. Farklı üretim senaryoları altında performansları ölçerek ilerideki müşteri talebine karşılık verebilecek sistemi araştırmışlardır. Baz model, var olan sistemin değiştirilmeden çoğaltılmasıdır. Üretim sistemindeki daha önceden bahsedilmiş potansiyel değişiklikleri temsil eden yeniden tasarlanmış model, tahmini değişkenliği kapsamak ve deneme kolaylığı sağlamak için geliştirilmiştir. Akıllı modele tahmini değişkenlik eklenmiştir ve bu model planlamamış kesintilerden, tampon boyutlarından, makine ve işgücü dinamiklerinden oluşmuştur. Simülasyonda önerilen modelleme çevresi, güç sürücü montaj sistemleri için simülasyon doğruluğunu geliştirebilir. Bu montaj modelleri sistemin performansını çok daha etkili olarak analiz etmek için gerçek bir sisteme uyarlanabilir. Modelleme çevreleri, hat dengesi ve hattın davranışları için kolayca kullanılabilir. Yönetim simülasyon modeli vasıtasıyla yapılan performans analizlerinde ki beklenmeyen sorunları engelleyebilir. Modellemenin doğrulanmasını geliştirmek için, simülasyon kaynakları gerçek senaryolarla ilgili faal ve sabit

karakterleri içermelidir. Önerilen modelleme sistemleri, tüm faaliyetlerin daha gerçekçi tanıtımıyla modellemenin doğruluğunu arttırabilir görüşüne varmışlardır.

Chan and Chan(2003) makalelerinde baskı devre üreten bir üretim sistemindeki simülasyon modelini ve analizini tartışmışlardır. Bu çalışmada, simülasyon modellemesi ve PCB üretimi analizi sunulmuştur. Sistem mühendisleri tarafından Faktöriyel tasarımlarla bir simülasyon örneği geliştirilmiş ve hangi faktörlerin daha önemli olduğuna, hangisinin ortalama zaman üzerinde büyük bir etki olduğuna karar vermek için birçok deneysel çalışma yapılmıştır. Simülasyon tekniğinin kullanımı birçok deneysel teste ve birçok değişikliğin tasarlanmasına elverişlidir. Çalışmada görülmüştür ki delik operasyon süresinin yeni bir teknoloji veya basitleştirilmesiyle azaltılması sisteme büyük katkı sağlamaktadır. Simülasyon tekniğinin kullanımı, tasarlanmış, ucuz bir üretim sistemi analizine olanak sağlamıştır. Sonuç olarak, üretim sistemi performansını geliştirmek için, pratik bir değerlendirme yöntemi yapılmıştır. Bu çalışmanın simülasyon modeli, makine hatasının etkilerine, ürünlerin oranına ve dükkânlardaki tamir operasyonlarının ne kadar zaman aldığına bakarak genişletilebilir. Bu, birçok üretim yapma ya da hali hazırda bulunan donanımı kullanma ve organizasyonun isteklerini karşılamak için gereken hizmet listesi kararını vermeye yardımcı olacağını savunmuşlardır.

Choi at al.(2002) makalelerinde motor blokları üreten bir fabrikada darboğazı bularak , makine performanslarını hesaplayarak , çevrim zamanlarını bularak etkili bir üretim kontrol sistemi geliştirilmek istediklerini ve bu geliştirme sürecinde Promodel programını kullandıklarını anlatmışlardır. Gerçek sistemden alınan veriler ışığında sistemin darboğazı ve makine performansları Promodel ile hesaplanmış ve daha iyi bir sistem geliştirmek için değişik senaryolarla sistem çalıştırılmıştır. Çalışmada görülmektedir ki sistemdeki dar boğazın ve montaj parkurunun stok ve üretim kontrolüne odaklanmış olması gerekir. Sistemdeki dar boğazların olduğu bölgelerde kullanım oranlarının büyük değerlere sahip olması beklenemez bu yüzden sistemdeki makine sayısını arttırmak darboğazların giderilmesi açısından en uygun çözüm olduğu düşünülmektedir. Çalışmada daha öncede performans değeri olduğu ispatlanmış olan WIP değerinin nasıl azaltılacağı araştırılmıştır. Makine sayısını arttırmak gibi bir alternatif çözümün üretim miktarını arttırırken WIP değerlerini de %23 e kadar azaltılması hedeflenmiştir. Beklendiği gibi makine sayısının arttırılması



sistemde ürün çıktı miktarının artırılmasını ve bunun yanı sıra WIP değerinin azalması sağlamıştır. Ayrıca simülasyon sonuçları sistem mühendislerine geliştirmek istedikleri sistemlerden hangisinin ekonomik açıdan daha verimli olabileceğini de göstermektedir. Çalışmaların sonucunda çıktı miktarı ve WIP değerlerinin mevcut sistemle karşılaştırılmasıyla görülmektedirki senaryo1 (makine sayısının artırılması) normal sisteme göre daha verimli çalışmaktadır.

Literatür incelemesinde ele alınan makalelerde üretim hatlarının verimliliği farklı senaryolarla incelenmiştir ve modellenme aracı olarak genel olarak Promodel kullanılmıştır. Bu makalede, İstanbul'da faaliyet gösteren TEFAŞ A.Ş otomotiv yan sanayi firmasının üretiminde bulunduğu sac otomobil parçalarının üretim süreçleri farklı bir senaryo altında denenerek mevcut sistem ile karşılaştırılacaktır. Elde edilecek bulgular doğrultusunda, söz konusu firmada üretim verimliliğinin nasıl ve ne kadar arttırılabileceğinin tespit edilmesi hedeflenmektedir.

## **3. TEFAŞ A.Ş. ÜRETİM SÜRECİNİN MODELLENMESİ**

### **3.1. Firma Tanıtımı ve Gerekli Verilerin Toplanması**

TEFAŞ A.Ş. 1976 yılında Mutfak eşyaları üreten şirketlere Teflon kaplama yapmak amacıyla kurulmuştur. 1983 yılından itibaren faaliyetini otomotiv yan sanayi olarak sürdürmeye başlayan şirket, şu anda biri Topkapı diğeri Dudullu Organize Sanayi Bölgesi olmak üzere iki yerde 22' si mühendis toplam 280 kişilik kadrosuyla sahip olduğu ISO-TS 16949 ve ISO 14001 belgeleriyle gerek yurt içindeki gerekse yurt dışındaki Otomotiv firmalarına hizmet vermektedir.

Üretim süreci simülasyonunda modellemeye tabi tutulan işletme hakkında kullanılan bilgilerin yeterli seviyede olması simülasyonun güvenilirliğini ve geçerliliğini arttıracaktır. Bu nedenle, öncelikle simülasyon ortamında gerekli olacak verilerin tespit edilmesi önemlidir.

TEFAŞ A.Ş. simülasyon uygulamasında kullanılan veriler;

- a) Farklı senaryolar hesaplamak veya üretim sistemindeki konfigürasyonu değiştirmek için ;
  - İşlem sırası
  - Çevrim süreleri
  - İstasyon sayısı
  - İşlem sayısı
  - Gerekli ekipmanlar
  - Gerekli olan çalışma alanı
  - Ürün taşıma ekipmanları
  - Ürün taşıma süreleri vb. gibi

b) Maliyet ve performans değerlerinin hesaplanması için

- Dar boğazların belirlenmesi
- Fire miktarı
- Hammaddenin gelme süresi
- Hammadde maliyeti
- Talep miktarı
- Kalite kontrol maliyetleri vb. gibi

Bu bilgiler ışığında üretim simülasyonunun çıktıları göz önüne alınarak sistemde nasıl bir değişiklik yapılacağına sonucuna varılabilir.

### **3.2. Üretim Süreci**

TEFAŞ A.Ş. üretim sürecinde esas teşkil eden işlemler kesme ve presleme işlemleridir. Bu işlemleri yapabilmek için işletmede 27 adet farklı tonaj ve çalışma prensiplerinde pres makineleri mevcuttur. 4 adet punta kaynak makinesi ve 2 adet giyotin makas, 1 adet profil makinesi ve 1 adet kasnak yarma makinesi mevcuttur.

Her bir parçanın işlem sırası farklı olduğu gibi işlem sayısı da farklıdır. Bu farklılık simülasyon modelini daha da karmaşık hale getirmektedir. Her bir işlemi gerçekleştirmek için her bir makinenin başında operatör bulunmaktadır. Bu operatörler farklı hızlarda çalıştığı gibi her bir parçanın da işlem süresi birbirinden farklıdır. Operatörlerin çalışma sürelerinin farklılığı tecrübeye bağlıdır. Bu süreler işletmede ölçülmek kaydıyla bulunacak, istatistik dağılımlara uygunlukları analiz edilerek bilgisayar ortamındaki simülasyon denemelerinde kullanılacaktır. Bu bilgileri veri toplama kısmında toplayacağız.

Ara ürünlerin işlemler arası taşınması trans palet ile gerçekleştirilmektedir. Taşıma süreleri makineler arasındaki uzaklığa bağlı olup farklı değerlere sahip olabilir. Bu süreler de yerinde incelenerek ölçüm yapılacaktır. Sistemde 5 adet trans palet bulunmaktadır.

Modellemesi yapılan üretim sisteminde 85 farklı ürün üretilmekte ve her bir ürünün işlem sırası, sayısı ve üretim süreleri farklıdır.

Modellemesi yapılan üretim sistemi 2 vardiya çalışmakta ve her vardiya 8 saat çalışmaktadır. Böylelikle üretim sistemi 16 saat çalışmaktadır. Sistemde 90 operatör çalışmaktadır.

Üretim süresi; Hammaddeden son ürüne kadar geçen süredir.

Şunları içerir ;

- Model değişim ve kurulum süresi
- İşlem süresi
- Kontrol süresi
- Hareket süresi
- Bekleme süresi

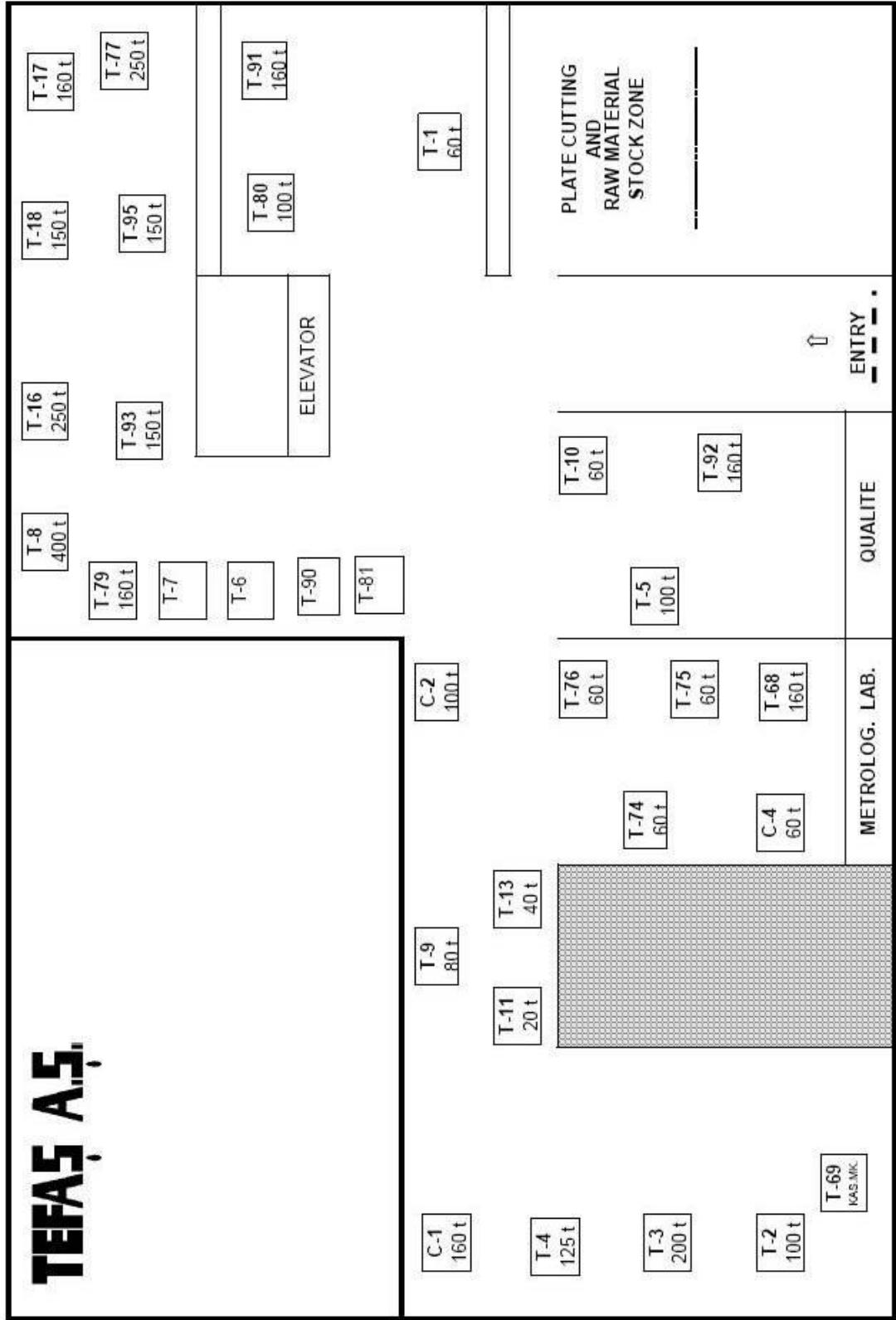
Model Değişim ve Kurulum süreleri; Model değişimi için gerekli parçaların hazırlanması ve gerekli kalıp ve aletlerin değiştirilmesi için harcanan süredir. (model değişim ve kurulum süresi göz ardı edilmiştir, Sistemin üretime hazır olduğu düşünülerek modelleme çalışması yapılmıştır.)

İşlem süresi; İş istasyonunda ürüne yapılan işlemin süresidir.

Bekleme süresi; Parçaların bir sonraki işlem için tampon alanda ya da kuyrukta bekledikleri süredir.

Hareket süresi; Parçaların bir işlemten bittikten sonra diğer işleme girmesi arasındaki taşımaya harcanan süredir.

Bakım zamanları; Parçaları işlemek için gerekli olan ekipmanın bakım süresidir. Bakım süresi her makine için farklı olup belli dönemlerde bakıma girerler. (bakım süresi göz ardı edilmiştir, bu şekilde modelleme çalışması yapılmıştır.)



Şekil 3.2.1. Pres hane yerleşim düzeni

### 3.3. Veri Toplama

Sistemin ProModel ile simülasyonunu uygulamak için her bir işlemin zamanını ölçmek, dağılımını tanımlamak ve Promodel programındaki işlem kısmına bu dağılımı aktararak sistemi çalıştırmak gerekir.

Girdi verileri, çeşitli kaynaklardan elde edilir;

- Geçmiş gözlemlerden
- Üretici spesifikasyonlarından
- Satıcılardan
- Operatör tahminleri
- Yönetimin tahminleri
- Otomatik veri toplama
- Direkt gözleme

Bütün bu yöntemlerin ortak amacı, girdilerin ne tür bir teorik dağılımdan gelebileceğini tahmin etmek için veri toplamaktır.

Bu çalışmada girdi verileri direkt gözleme, operatör ve yönetimin tahminleri ile elde edilmiştir ve Statfit programı ile analiz edilip bir dağılım tipi seçilmiştir. Dağılım seçilmesinin amacı elimizdeki direkt gözlemleyerek elde ettiğimiz sınırlı sayıdaki verinin dağılımına uygun biçimde yeni veriler elde ederek sistemdeki hata olasılığının azaltılmasıdır. Seçilen dağılım tipine göre Promodelde işlem zamanları sistemi en iyi temsil edecek şekilde üretilerek model çalıştırılmıştır.

Statfit ile yapılan analiz ve dağılım belirleme işleminde her bir iş istasyonu için 100 adet veri toplanmış ve bu verilere bağlı olarak dağılım belirlenmiştir. Statfit programı kendi içerisinde girdi verilerini her bir dağılım için ayrı Ki-kare, Kolmogrov Smirnov ve Anderson-Darling testlerine tabi tutarak uygunluğunu ölçmektedir.

Testler sonucunda girilen verilerin hangi dağılıma en uygun olduğunu ve kabul edilip edilemeyeceği konusunda bilgi vermektedir.

Ayrıca Statfit en uygun olarak seçtiği dağılımın parametrelerini Promodel için kullanılabilir formatta hazırlamaktadır.

Bu çalışmada çok sayıda iş istasyonu olduğu için ve bunların hepsi gösterilemeyeceği için sadece T9 tezgâhının örnek olarak Statfit çıktıları Şekil 3.3.1.'de gösterilmiştir.

Statfit çıktısında;

- 1) Girilen gözlemlerin sayısı
- 2) Toplamalı fark grafiği
- 3) Bu gözlemlere göre hangi dağılımlara uydurulmaya çalışıldığı
- 4) En uygun hangi dağılımın uygun olduğu
- 5) En uygun görülen dağılımın grafiği
- 6) En uygun görülen dağılımın Ki-kare, Kolmogrov Smirnov ve Anderson-Darling testleri gösterilmiştir.

Bu uygulama her bir tezgâh için ayrı yapılarak uygun dağılımlar gerçeğe en yakın şekilde belirlenmiştir.

Weibull Dağılımı ;

Sistemdeki bütün lokasyonların zaman dağılımları Weibull dağılımına göre düzenlenerek Promodel programına aktarılmıştır.

Bu dağılım modeli birçok alanda kullanılabilir bir dağılım tipidir. Yıpranma zamanları, endüstriyel durma ve çalışma zamanları, rüzgâr hızı gibi alanlarda kullanılmaktadır.

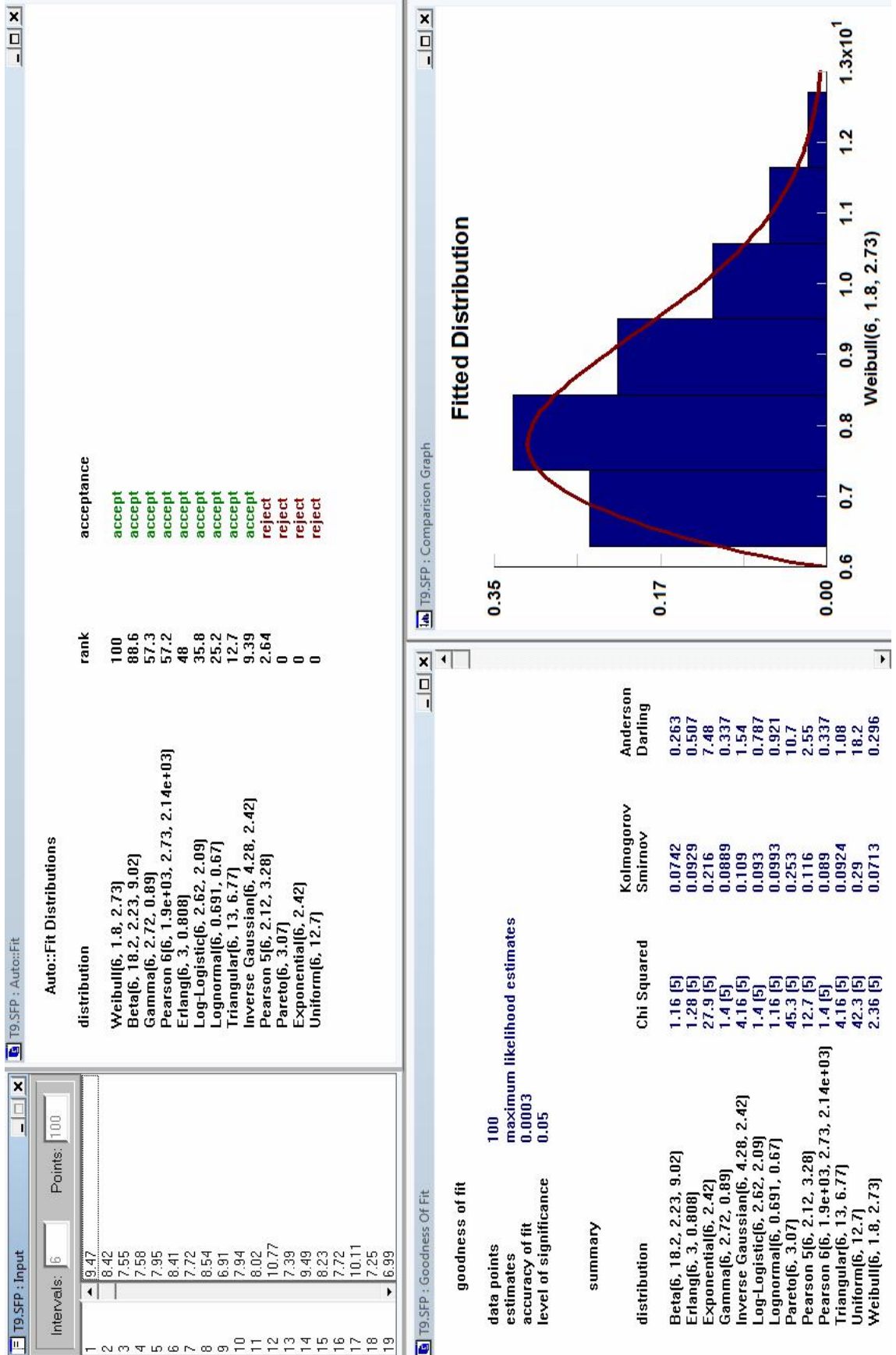
Endüstriyel mühendislik dalında fabrikasyon ve mal teslim zamanlarını temsil etmek için de modellemelerde Weibull dağılımı kullanılabilir.

Choi et all. (2002) makalelerinde motor blokları üreten bir fabrikada darboğazı bularak, makine performanslarını hesaplayarak, çevrim zamanlarını

bularak etkili bir üretim kontrol sistemi geliştirilmek istediklerini ve bu geliştirme sürecinde Promodel programını kullandıklarını anlatmışlardır. Mevcut modelin oluşturulması esnasında makine işlem zamanları dağılımlarında Weibull dağılımını ve diğer dağılımlardan faydalanmışlardır.

Chan and Chan(2003) makalelerinde baskı devre üreten bir üretim sistemindeki simülasyon modelini ve analizini tartışmışlardır. Bu çalışmada, simülasyon modellemesi ve PCB üretimi analizi sunulmuştur. Çalışmalarında kurdukları mevcut sistemin modelinde Weibull dağılımında ve diğer dağılımlardan faydalanarak sistemi oluşturmuşlardır.





Şekil 3.3.1. Statfit Çıktısı

Mevcut sistemde gerçekleştirilen üretim düzeni aşağıdaki tabloda belirtildiği gibidir.

	Ürün no.	Ürün no.	Ürün no.	Ürün no.	Ürün no.
	8200 640 031	8200 177 340	8200 082 851	7700 842 334	8200 672 780 Gövde
Tezgâh no.	T93	T10	T8	T16	T9
Tezgâh no.	T68	T76	C1		T4
Tezgâh no.	T75		T77		T3
Tezgâh no.			T18		T7
Tezgâh no.			T79		
Tezgâh no.			T13		
Tezgâh no.			T81		
	Ürün no.	Ürün no.	Ürün no.	Ürün no.	
	8200 672 780 detay	8200 565 874	8200 490 KASNAK	8200 104 380	
Tezgâh no.	T2	T5	T11	C2	
Tezgâh no.	C4	T80	T17	T95	
Tezgâh no.	T1		T 69	T91	
Tezgâh no.					
Tezgâh no.					

Tablo 3.3.1. Parça Akış Verileri

Mevcut sistemin tezgâh süreleri tek tek her tezgâhın başında ölçülerek bulunmuştur. Her bir tezgâh için 100 değer girilip bu değerlere göre uygun dağılım belirlenmiştir.

### 3.4. Mevcut Modelin Oluşturulması

Mevcut modelin oluşturulması için esnekliği ve kullanım kolaylığından dolayı Promodel for Windows (versiyon 4.22) seğilmiştir. Program paketi kolay bir ara yüze sahiptir ve bu çalışmadaki gibi kompleks modellerin oluşturulmasında görselliğiyle kolaylık sağlamaktadır aynı zamanda paket iyi bir istatistiksel kapasiteye sahiptir ve raporları kolayca anlaşılabilir bir formatta sunmaktadır.

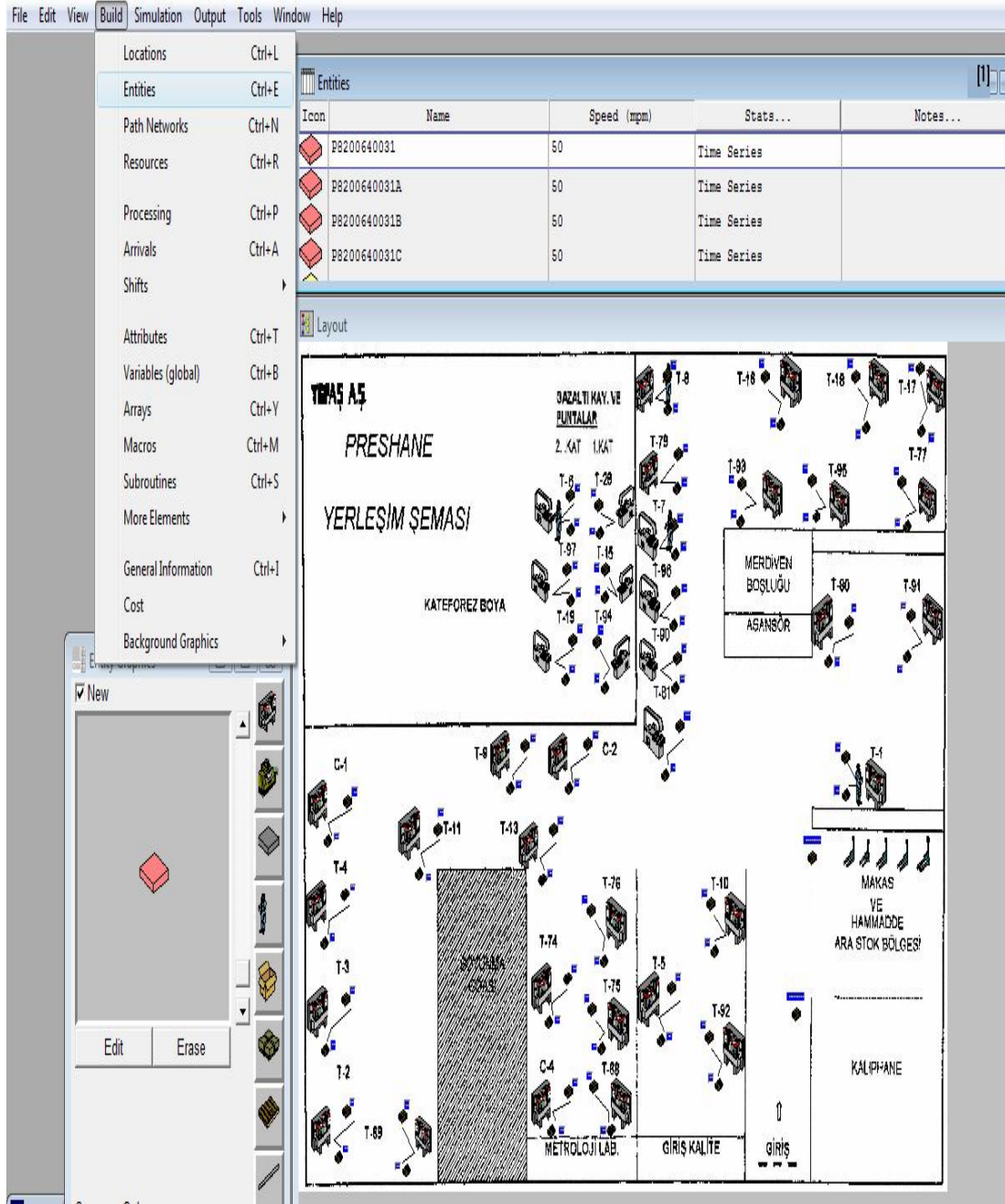
Çalışmada modelleme programının kolay kullanımı ve uygulanabilirliği açısından bazı kısıtlar vardır;

- Ürünlerin hammadde sahasında hazır olarak bulunduğu kabul edilmiştir.
- Sistemde 9 adet ürün ile çalışıldığı kabul edilmiştir ve sistem performans çıktıları bu 9 ürünün alternatif sistem çıktılarıyla karşılaştırılmasıyla değerlendirilmiştir.
- 32 adet tezgâh sayısı olduğu kabul edilmiştir.
- Tezgâhların kurulum süreleri göz ardı edilmiştir.
- Tezgâhların bakım süreleri göz ardı edilmiştir.
- Tezgâhlar arası taşıma süreleri sisteme girilmiştir fakat sistemdeki operatör sayısından dolayı oluşacak karışıklığı engellemek için trans paletlerin operatörsüz olarak kullanıldığı kabul edilmiştir.
- Warmup (ısınma) süresinin 7 saat olduğu kabul edilmiştir.
- Sistemin 306 saatlik bir çalışma sürecinde oluşacak çıktılarına göre değerlendirileceği ve karşılaştırma yapılacağı kabul edilmiştir.

Bu kısıtlar kabul edilerek sistemin modellemesi tamamlanmıştır.

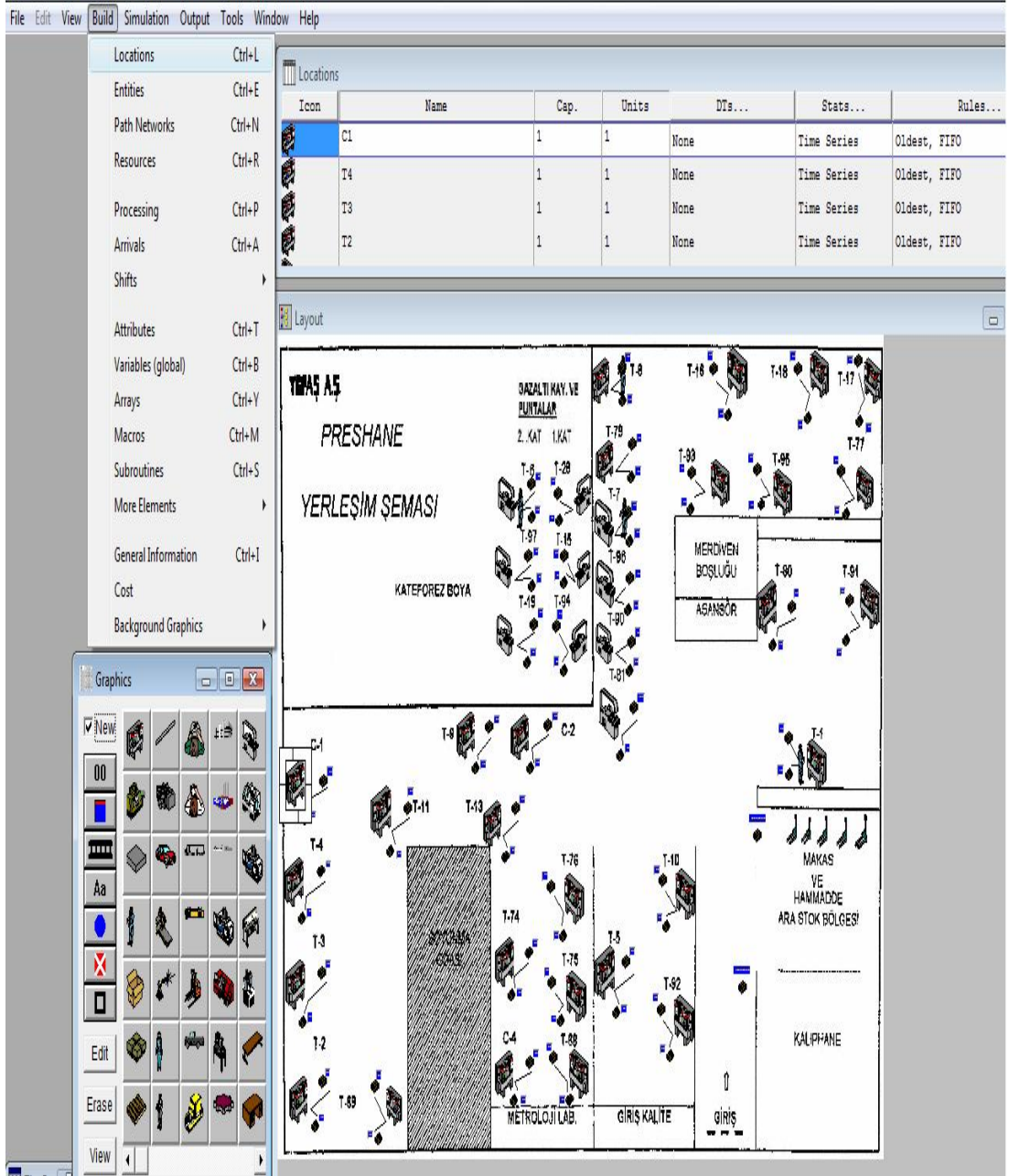
Aşağıdaki tanımlanan parametreler simülasyonun Promodel'e aktarılması için kullanılması ve tanımlanması gerekli parametrelerdir;

1) Entities ( Birimler ) ; Üzerinde çalışılan bu modelde üretilebilen toplam ürün sayısı 85'dir fakat günde çalışılan ürün sayısı 10'dur. Sistemin modellenmesinde 9 farklı tip ürün olduğu kabul edilip modellenmiştir.



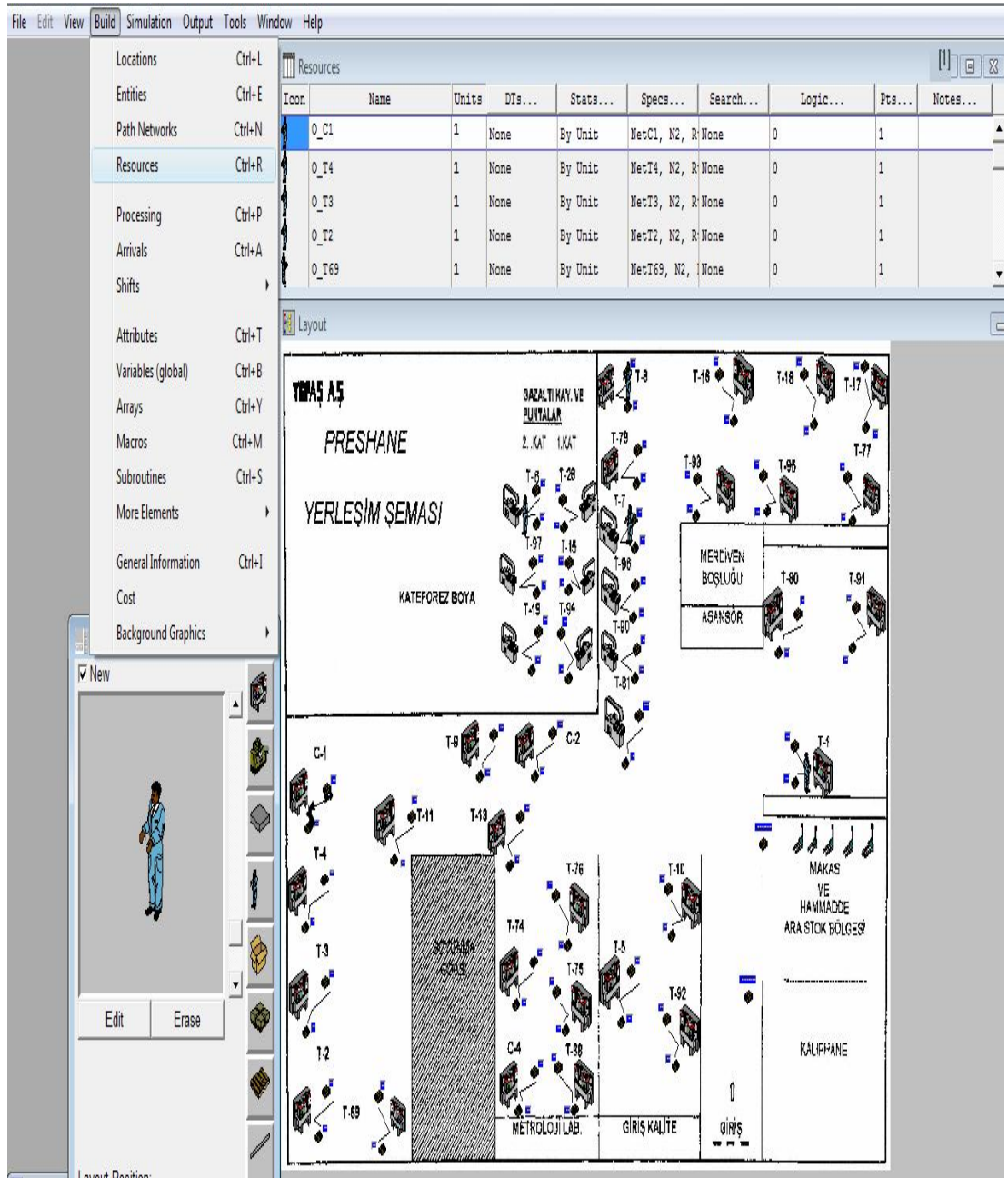
Şekil 3.4.1. Entities (Birimler)

2) Locations (Yerler); Sistem 27 adet farklı kapasite ve tonajdaki pres makinesi, 1 adet kasnak yapma makinesi, ayrı ayrı locationlar olarak yerleştirilmiştir. Ayrıca sistemdeki ürünlerin taşındığı yerleştirildiği, hammaddenin yüklendiği ve boşaltıldığı her bir palet ayrı birer location olarak modelde belirlenmiştir. Bütün locationlar kapasiteleri yerindeki ölçümlerle belirlenmiş ve sisteme aktarılmıştır.



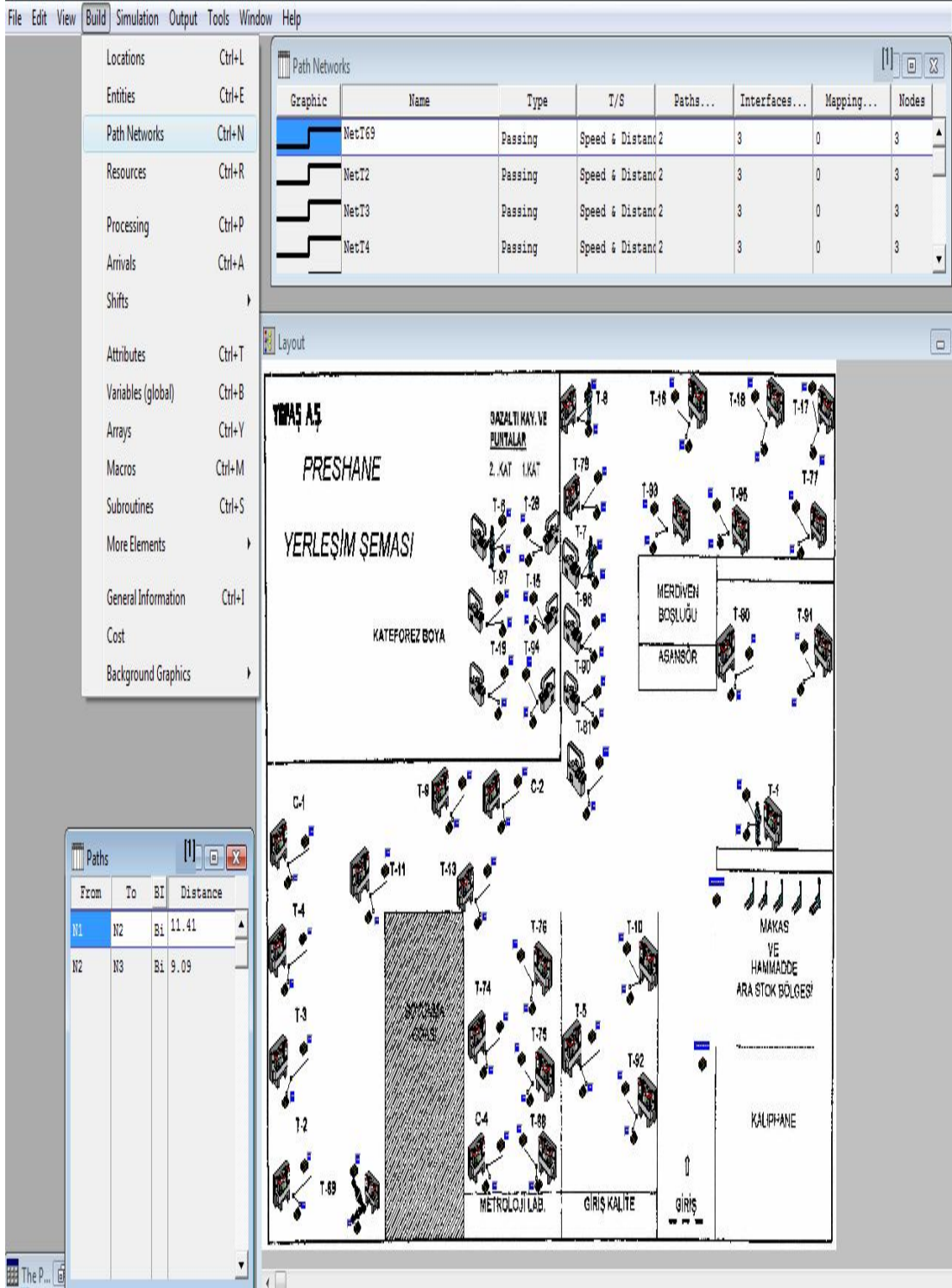
Şekil 3.4.2. Locations (Yerler)

3) Resources (Kaynaklar); Modeldeki üretim sisteminde 90 adet operatör, 5 adet trans palet bulunmaktadır. Bu kaynaklar modelde ayrı ayrı tanımlanmıştır. Operatörlerin iş yapma kapasiteleri tecrübeye göre değiştiğinden ve bunların ölçüm ile belirlenmesi mümkün olmadığından standart olarak belirlenmiştir. Özellikle kaynaklara iş yapma kapasitesi verilmemiştir. Bu kapasiteler zaten çalışmakta oldukları tezgâhların üretim zamanlarına yansıdığından tezgâh (locations) kapasiteleri modelde esas alınmıştır.



Şekil 3.4.3. Resources (Kaynaklar)

4) Networks (Ağlar); Üretim sistemi içinde locationlar arasında kullanılan yolları belirtmektedir. Teorik olarak ürünlerin izlediği yollar simülasyonda çizilmiştir ve kaynaklar bu yolları kullanarak işlemleri sırasına göre uygulamaktadırlar.



Şekil 3.4.4. Path Networks (Yön Ağları)

5) Processing (İşlem); Her entity için sırasıyla hangi makinelerden geçerek nihai ürün haline geldiği işletmeden temin edilmiş ve buna göre simülasyonda process kısmına işlenmiştir. Process kısmı simülasyonun en önemli ve dikkat edilmesi gereken kısımdır.

The screenshot displays the 'Processing' menu on the left side of the software interface. The menu items include: Locations (Ctrl+L), Entities (Ctrl+E), Path Networks (Ctrl+N), Resources (Ctrl+R), Processing (Ctrl+P), Arrivals (Ctrl+A), Shifts, Attributes (Ctrl+T), Variables (global) (Ctrl+B), Arrays (Ctrl+Y), Macros (Ctrl+M), Subroutines (Ctrl+S), More Elements, General Information (Ctrl+I), Cost, and Background Graphics. Below the menu are buttons for 'New Process', 'Add Routing', and 'Find Process'. The 'Entity:' field shows 'P8200640031' selected, with a list of related entities: P8200640031, P8200640031A, and P8200640031B. Below this are buttons for 'Route to Exit' and 'View Routing', along with checkboxes for 'Snap lines to border' and 'Show only current entity routes'.

The main window shows a 'Process' table with the following data:

Entity...	Location...	Operation...
P8200640031	TH2_PalletG	GROUP 50 AS P8200640031
P8200640031	T93_PalletG	WAIT 3 SEC
P8200640031	T93_PalletG	

Below the 'Process' table is a 'Routing for P8200640031 @ TH2\_PalletG' table:

Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	P8200640031	T93_PalletG	RANDOM 1	MOVE WITH Pallet_truck FOR 47..

The main area of the software shows a complex network diagram of a factory layout. The diagram is labeled 'YERLEŞİM ŞEMASI' (Layout Diagram) and includes various areas such as 'BAZALTI MAY. VE PUVTALAR 2. KAT 1.KAT', 'KATEFOREZ BOYA', 'MELERVEN BOSLUĞU', 'ASAĞUSOR', 'MAKAS VE HAMMADDE ARA STOK BÖLGESİ', and 'KALPHANE'. The diagram features numerous nodes (T-1 to T-99) and connections (C-1 to C-4) representing the flow of materials and processes within the factory.

Şekil 3.4.5. Processing (İşlem)



6) Arrivals (Mal girişi) ; hammaddenin sisteme girdikten sonra üretilecek parçalara göre giyotin makasta şekillendirilmektedir. Sistemde giyotin makas modellenmemiş üretime hazır olarak şekillenmiş parçaların stoktan kullanıldığı varsayılmıştır.

The screenshot displays the 'Arrivals' table in the simulation software. The table lists various entities with their locations, quantities, and arrival times. Below the table, a 'Layout' window shows a detailed floor plan of a factory with various workstations and equipment labeled with codes like T-1 through T-100. A 'Tools' window is also visible, listing the entities and their sub-components.

Entity...	Location...	Qty each...	First Time	Occurrences	Frequency	Logic	Disable
P8200640031	TH2_PalletG	10000	Mon, Jan 01 2007	1	1		No
P8200177340	TH2_PalletG	10000	Mon, Jan 01 2007	1	1		No
P8200104380	TH2_PalletG	10000	Mon, Jan 01 2007	1	1		No
P8200082851	TH2_PalletG	10000	Mon, Jan 01 2007	1	1		No
P8200672780G0VDE	TH2_PalletG	10000	Mon, Jan 01 2007	1	1		No
P8200672780DETAY	TH2_PalletG	10000	Mon, Jan 01 2007	1	1		No
P8200240588	TH2_PalletG	10000	Mon, Jan 01 2007	1	1		No
P7700842334	TH2_PalletG	10000	Mon, Jan 01 2007	1	1		No

The 'Tools' window lists the following entities:

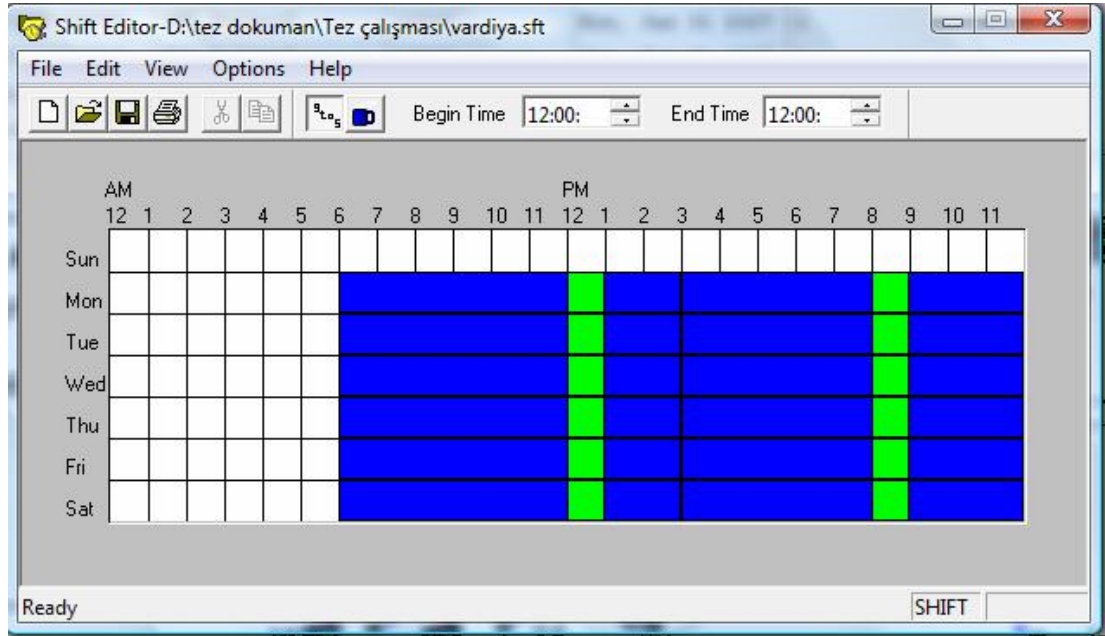
- Entity: P8200640031
- P8200640031A
- P8200640031B
- P8200640031C
- P8200177340
- P8200177340A
- P8200177340B
- P8200104380
- P8200104380A
- P8200104380B
- P8200104380C
- P8200082851
- P8200082851A

Şekil 3.4.6. Arrivals (Mal girişi)

- 7) Variables (Değişkenler)
- 8) Tables (Tablolar); makine bakım süreleri belirlenmelidir. Modelde bakım süreleri göz önünde bulundurulmamıştır.
- 9) Shifts (Vardiya düzeni); Üretim sisteminde her biri 8 saat çalışan iki vardiya sistemi kurulmuştur.

1. Vardiya; 06:00 – 15:00 (12:00 dan 13:00 öğlen yemeği)

2. Vardiya; 15:00 – 24:00 (20:00 dan 21:00 akşam yemeği)



Şekil 3.4.7. Shifts (Vardiyalar)

10) Yerleşim ve grafikler; Yerleşim İşletmenin yerleşimi simülasyona aktarılmıştır. Bütün locationlar simülasyonda adları belirtilerek şekilde yerleştirilmiştir.

11) Replications (Tekrarlar); Mevcut sistemin ve önerilecek olan sistemin performanslarını hesaplamak ve karşılaştırmak için aşağıdaki performans kriterleri göz önünde tutulacaktır. Sistem tek koşum olarak çalıştırılmıştır.

### 3.5. Onaylama

Modelin doğrulanması ve onaylanmasında simülasyonun gerçekçi sonuçlar vermesi ve bu sonuçların yanı sıra kurulan model sonuçlarının üretim sistemi yetkilerinin yorumlarıyla değerlendirilmesi onaylama sürecine yardımcı olacaktır.

Literatürde bazı onaylama teknikleri vardır ;

Animasyon: Animasyonun gerçek sisteme göre grafiksel hız olarak benzer şekilde çalışması.

Diğer modellerle karşılaştırmak: Sonuçları ve doğruluğu onaylanmış diğer sistemlerle karşılaştırılması.

Uç nokta testi: Uç noktadaki şartların sistemde denenmesi.

Yüz yüze onay: Sistem hakkında bilgi sahibi olan kişilerden onay almak.

Sabit değer testi: Sistemdeki sabit değerlerin simülasyon çıktıları ile karşılaştırılması ve sabitliğinin kontrol edilmesi.

Geçmiş sistem verileri: sistemin geçmiş verileriyle simülasyon çıktılarının karşılaştırılması.

Bilgisayar ortamına aktararak simülasyonu yapılan bu sistemin simülasyon çıktılarının Tefaş A.Ş kapasite raporlarıyla karşılaştırılmasıyla verilerin örtüştüğü gözlemlenmiş ve bilgisayarda oluşturulan sistemin gerçek sistemi temsil ettiği kabul edilmiştir.

ENTITY ACTIVITY

Entity Name	Total Exits	Current Quantity In System	Average Seconds In System	Average Seconds In Move Logic	Average Seconds Wait For Res, etc.	Average Seconds In Operation	Average Seconds Blocked
P8200640031	0	2854	-	-	-	-	-
P8200640031A	0	116	-	-	-	-	-
P8200640031B	0	67	-	-	-	-	-
P8200640031C	1516	91	70534.50	4124.70	4895.42	23.98	61490.39
P8200177340	0	2778	-	-	-	-	-
P8200177340A	0	79	-	-	-	-	-
P8200177340B	1717	70	69217.44	2033.84	3450.78	13.92	63718.89
P8200104380	0	3130	-	-	-	-	-
P8200104380A	0	102	-	-	-	-	-
P8200104380B	0	129	-	-	-	-	-
P8200104380C	1313	70	69966.84	3629.42	5951.00	29.56	60356.84
P8200082851	0	3231	-	-	-	-	-
P8200082851A	0	123	-	-	-	-	-
P8200082851B	0	103	-	-	-	-	-
P8200082851C	0	75	-	-	-	-	-
P8200082851D	0	101	-	-	-	-	-
P8200082851E	0	58	-	-	-	-	-
P8200082851F	0	47	-	-	-	-	-
P8200082851G	1212	95	71998.41	7276.07	14444.25	61.21	50216.87
P8200672780GOVDE	0	3124	-	-	-	-	-
P8200672780GOVDEA	0	105	-	-	-	-	-
P8200672780GOVDEB	0	101	-	-	-	-	-
P8200672780GOVDEC	0	101	-	-	-	-	-
P8200672780GOVDED	1414	0	71953.96	4173.02	8068.89	34.23	59677.80
P8200672780DETAY	0	3335	-	-	-	-	-
P8200672780DETAYA	0	98	-	-	-	-	-
P8200672780DETAYB	0	83	-	-	-	-	-
P8200672780DETAYC	1313	17	70279.15	3490.03	6474.23	29.19	60285.68
P7700842334	0	2180	-	-	-	-	-
P7700842334A	2122	41	71492.47	881.28	1488.82	4.60	69117.76
P8200565874	0	3240	-	-	-	-	-
P8200565874A	0	92	-	-	-	-	-
P8200565874B	1413	1	70733.73	2697.94	4336.56	18.80	63680.42
P8200492KASNAK	0	3616	-	-	-	-	-
P8200492KASNAKA	0	119	-	-	-	-	-
P8200492KASNAKB	0	143	-	-	-	-	-
P8200492KASNAKC	1010	58	68580.65	4276.14	7720.76	53.30	56530.43

Tablo 3.5.1 Simülasyon çıktıları



### 3.6. Değerlendirme

Kurulan sistemdeki giriş parametreleri değiştirilerek ve çıkış değerleri incelenerek sistemin beklenen sonuçları verip vermediği kontrol edilerek sistemin değerlendirilmesi yapılır. Üretim sistemindeki yetkili kişiler çıktı bilgilerinin yorumlayarak sistemin modellenmesinde benzerlikleri ve farklılıkları incelerler. Bu çalışmada öneri olarak geliştirilen sistemin çıktılarının tahmin edilen sonuçları verdiği gözlemlenmiştir ve değerlendirme aşaması bu şekilde kabul edilmiştir.

### 3.7. Yeni Modelin Oluşturması

Yeni model tasarımı mevcut sistemdeki uygulanabilirliği gerçekçi olan ve sisteme fayda sağlayabileceği dūřünölen değerlerin değiştirilmesiyle elde edilir. Mevcut model kabul edildikten sonra yeni modelin oluşturulması için sistemde gözlemlenmiş ve geliştirilmesi dūřünölen kriterlere bağlı olarak aşağıdaki maddeler yeni geliştirilen sisteme adapte edilerek çıkartılan sonuçlar mevcut modelle karşılaştırılır.

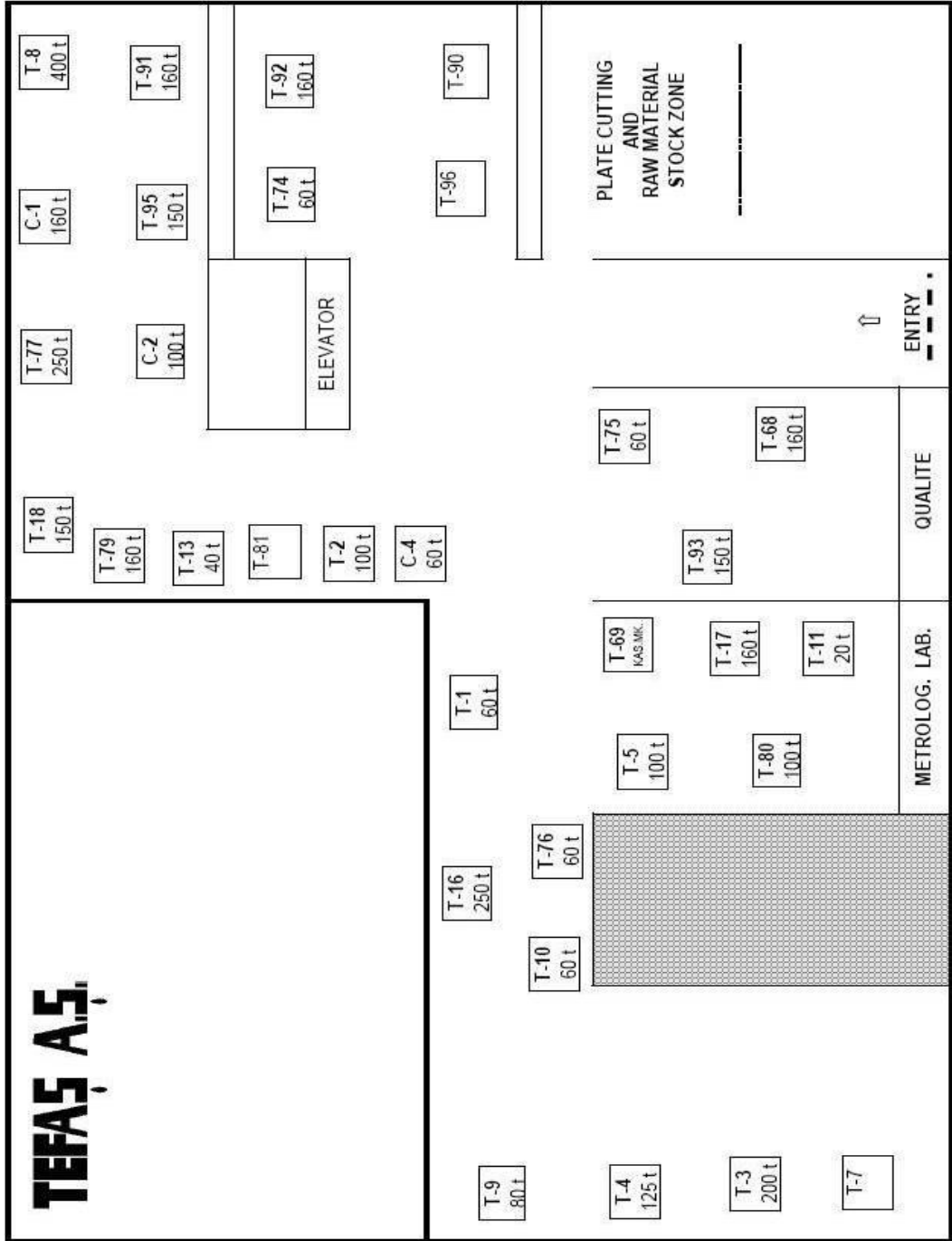
Bu maddeler ;

- a) Üretilen ürünlerin akış şemalarındaki işlem yerlerinin (Promodel paket programındaki locations adı altında geçen birimler) yeniden dizayn edilerek taşıma zamanının kaybını azaltmak.
- b) İki işlem yeri arasındaki taşıma zamanını azaltmak için trans palet sayısının değiştirilmesi.
- c) Her bir işlem yeri için belirlenen 1 adet giriş paleti ve 1 adet çıkış paletinin kapasitelerinin arttırılması.

Bu çalışmada üretilen ürünlerin akış şemalarındaki işlem yerlerinin yerleşiminin yeniden dizayn edilmesiyle ve trans palet sayısındaki artışla sistemdeki taşıma zamanları ve kaynak bekleme süreleri azaltılarak alternatif bir sistem

kurulmuştur. Bu sistemlerin ürün çıktı miktarlarındaki değişiklik karşılaştırılarak alternatif sistem değerlendirilmiştir.

Alternatif sistemde kullanılan yeni yerleşim düzeni aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.7.1. Alternatif Sistem Makine Yerleşimi

### **3.8. Yeni Model ile Gerçek Sistemin Karşılaştırılması**

Gerçek sistem ile yeni sistem arasındaki farkı karşılaştırarak işletme için önerilen sistemi işletme amaçlarına uygun olup olmadığı ve ne kadar uygun olduğu görülür.

Oluşturulan yeni modelde gerçek sisteme göre aşağıdaki değişiklikler yapılmıştır ;

- 1) Makine parkuru yeniden dizayn edilerek makine aralarındaki taşıma süreleri azaltılmak istenmiştir.
- 2) trans palet sayısı 5 adetten 9 âdete çıkartılarak sistemdeki kaynak bekleme süreleri azaltılmak istenmiştir.

Yapılan değişikliklerin sistemde oluşturacağı düşünülen farkı gözlemek için aşağıda gerçek sisteme ve önerilen sisteme ait ürün çıkış verileri verilmiştir.



ENTITY ACTIVITY

Entity Name	Total Exits	Current Quantity In System	Average Seconds In System	Average Seconds In Move Logic	Average Seconds Wait For Res, etc.	Average Seconds In Operation	Average Seconds Blocked
P8200640031	0	18795	-	-	-	-	-
P8200640031A	0	119	-	-	-	-	-
P8200640031B	0	72	-	-	-	-	-
P8200640031C	11110	0	562672.14	3832.99	9948.84	23.97	548866.33
P8200177340	0	18057	-	-	-	-	-
P8200177340A	0	118	-	-	-	-	-
P8200177340B	11816	4	560709.61	2057.78	6063.36	13.90	552574.55
P8200104380	0	19803	-	-	-	-	-
P8200104380A	0	93	-	-	-	-	-
P8200104380B	0	124	-	-	-	-	-
P8200104380C	9999	77	560595.53	3243.36	11900.72	29.55	545421.89
P8200082851	0	20933	-	-	-	-	-
P8200082851A	0	74	-	-	-	-	-
P8200082851B	0	101	-	-	-	-	-
P8200082851C	0	101	-	-	-	-	-
P8200082851D	0	67	-	-	-	-	-
P8200082851E	0	33	-	-	-	-	-
P8200082851F	0	101	-	-	-	-	-
P8200082851G	8887	1	574688.43	8013.16	29672.06	61.21	536941.99
P8200672780GOVDE	0	20331	-	-	-	-	-
P8200672780GOVDEA	0	70	-	-	-	-	-
P8200672780GOVDEB	0	102	-	-	-	-	-
P8200672780GOVDEC	0	99	-	-	-	-	-
P8200672780GOVDED	9594	1	565242.57	4516.70	17635.94	34.21	543055.70
P8200672780DETAY	0	20889	-	-	-	-	-
P8200672780DETAYA	0	104	-	-	-	-	-
P8200672780DETAYB	0	46	-	-	-	-	-
P8200672780DETAYC	9090	67	564639.41	3818.60	12067.53	29.20	548724.07
P7700842334	0	15141	-	-	-	-	-
P7700842334A	14645	8	566391.04	1001.49	2840.98	4.60	562543.95
P8200565874	0	20401	-	-	-	-	-
P8200565874A	0	101	-	-	-	-	-
P8200565874B	9595	0	561974.38	2636.50	7896.75	18.79	551422.33
P8200492KASNAK	0	23175	-	-	-	-	-
P8200492KASNAKA	0	115	-	-	-	-	-
P8200492KASNAKB	0	112	-	-	-	-	-
P8200492KASNAKC	6767	27	570670.19	4383.17	15729.33	53.35	550504.32

Tablo 3.8.1 Gerçek sistem ürün çıktıları

ENTITY ACTIVITY

Entity Name	Total Exits	Current Quantity In System	Average Seconds In System	Average Seconds In Move Logic	Average Seconds Wait For Res, etc.	Average Seconds In Operation	Average Seconds Blocked
P8200640031	0	16796	-	-	-	-	-
P8200640031A	0	87	-	-	-	-	-
P8200640031B	0	95	-	-	-	-	-
P8200640031C	13029	88	559134.57	707.51	10654.85	23.96	547748.25
P8200177340	0	15763	-	-	-	-	-
P8200177340A	0	104	-	-	-	-	-
P8200177340B	13938	89	563509.66	587.17	8443.00	13.90	554465.57
P8200104380	0	19083	-	-	-	-	-
P8200104380A	0	105	-	-	-	-	-
P8200104380B	0	128	-	-	-	-	-
P8200104380C	10706	73	561281.94	1082.84	11966.38	29.58	548203.12
P8200082851	0	18211	-	-	-	-	-
P8200082851A	0	69	-	-	-	-	-
P8200082851B	0	100	-	-	-	-	-
P8200082851C	0	103	-	-	-	-	-
P8200082851D	0	104	-	-	-	-	-
P8200082851E	0	94	-	-	-	-	-
P8200082851F	0	84	-	-	-	-	-
P8200082851G	11514	16	571465.07	3100.12	23979.99	61.19	544323.75
P8200672780GOVDE	0	19436	-	-	-	-	-
P8200672780GOVDEA	0	91	-	-	-	-	-
P8200672780GOVDEB	0	104	-	-	-	-	-
P8200672780GOVDEC	0	82	-	-	-	-	-
P8200672780GOVDED	10403	79	566221.08	1656.92	17367.51	34.21	547162.43
P8200672780DETAY	0	16854	-	-	-	-	-
P8200672780DETAYA	0	99	-	-	-	-	-
P8200672780DETAYB	0	81	-	-	-	-	-
P8200672780DETAYC	12928	32	564421.92	441.83	10661.58	29.19	553289.30
P7700842334	0	9639	-	-	-	-	-
P7700842334A	19897	56	559881.94	242.11	2632.40	4.60	557002.82
P8200565874	0	15756	-	-	-	-	-
P8200565874A	0	109	-	-	-	-	-
P8200565874B	13938	92	563306.88	625.72	6737.74	18.80	555924.60
P8200492KASNAK	0	20502	-	-	-	-	-
P8200492KASNAKA	0	171	-	-	-	-	-
P8200492KASNAKB	0	55	-	-	-	-	-
P8200492KASNAKC	9292	75	563692.51	1027.24	12504.51	53.34	550107.42

Tablo 3.8.2 Öneri sistem ürün çıktıları

Entity names ; Sistem dâhilinde işlem gören ve sistemden bitmiş halde çıkan ürünlere verilen isimlerdir. İsimlerin sonlarına eklenen A-B-C-D-E-F-G gibi sınıflandırma ekleri her bir ürünün geçirdiği işlemlerden sonra aldığı yeni isimdir. Böylelikle sistem içinde hangi üründen ne kadar olduğu görülebiliyor.

Total exits ; Sistemden bitmiş olarak ayrılan ürün sayısını gösterir. Çıktı raporlarında görüldüğü üzere gerçek sistem ile alternatif sistem arasında çıktı miktarları karşılaştırıldığında alternatif sistemdeki miktarlar işletme çıkarlarına daha uygun görülmektedir.

Çıktı miktarlarındaki artışın sebepleri aşağıdaki değerlerin karşılaştırılmasıyla daha net bir şekilde açıklanmıştır.

Current quantity in system : sistemde halen bulunmakta olan ara ürün sayısını ve bitmiş fakat sistemden henüz ayrılmamış olan ürün sayısını gösterir. Bu değerler arasında fazla bir fark bulunmamaktadır çünkü gerçek sistem ile alternatif sistem arasında giriş ve çıkış palet kapasitelerinde bir değişiklik yapılmamıştır. Gerçek sistemde bulunan giriş ve çıkış paletleri için belirlenen kapasite değeri alternatif sistem içinde kullanılmıştır.

Avarage seconds in system : Son ürünlerin sistemdeki ortalama bulunma süresini gösterir.

Avarage seconds in move logic : Son ürünlerin sistemdeki taşıma sürelerinin ortalamasını göstermektedir. Sistem çıktılarından görülmektedir ki yapılan değişikliklerle ( tezgâh yerleşiminin yeniden dizayn edilmesi ve trans palet eklenmesi) sistemdeki taşıma süreleri ortalamalarını büyük ölçüde azalmıştır ve bu ürün çıktı sayısına artış yönünde etki etmiştir.

Avarage seconds wait for resources : Son ürünlerin sistemde kaynak için bekledikleri ortalama süreyi göstermektedir. Çıktılarda 6 ürün için alternatif sisteme bu değer düşüğü diğer 3 ürün için bu değerlerin yükseldiği görülmektedir fakat bu değerler son ürün çıktıları için olduğundan Current Quantity in System değeriyle

karşılaştırılmalıdır. Görüldüğü üzere bu iki değer, iki sistemin çıktısı da karşılaştırıldığında birbirleriyle paralel olarak azalmakta veya artmaktadır.

Average seconds in operation : Son ürünlerin sistemdeki ortalama işlem süresini göstermektedir. Bu değer tezgâh işlem süreleri değişmediğinden iki sistem içinde aynı olduğundan bir fark oluşmamıştır.

Average seconds blocked : Son ürünlerin sistemdeki toplam süresinden taşıma süresi , kaynak bekleme süresi ve operasyon sürelerinin toplamının farkını göstermektedir.

Bu bilgiler ışığında sistemin alternatif uygulama çıktısıyla mevcut uygulama çıktısı karşılaştırılıp. Alternatif sistemdeki ürün çıktı sayısının işletme amaçlarına daha uygun olduğu görülmüştür.

## 4. SONUÇ

Simülasyon modelinin kurulmasındaki amaç, tezgâh bekleme sürelerinin azaltılmasıyla ne tür sonuçlar üretebileceğini, gerçeği üzerinde deneyler yapmaya gerek kalmadan model üzerinde öğrenebilmektir. Böylece gerçek sistemde uygulanmakta olan veya ileride uygulanabilecek alternatif yapılar model üzerinde deneyerek üretim çıktılarını ne derecede etkilediği gözlemlenmektedir.

Sistem çıktılarında son ürün çıktı sayısı değerleri karşılaştırılmıştır ve yorumlar bu değerlerin üzerine yapılmıştır. Alternatif sistem geliştirmek için yapılan değişiklik ; makine yerleşim parkuru değiştirilmiştir ve ayrıca trans palet sayısı arttırılarak taşıma süreleri ve kaynak bekleme süreleri azaltılması sağlanmıştır böylelikle daha fazla ürün çıktığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada gerçek sistem ürün çıktıları ve öneri sistem ürün çıktıları “toplam son ürün çıktı sayısı değerleri karşılaştırılmış ve önerilen sistemdeki değerlerin işletme amaçlarına daha uygun olduğu görülmüştür ve önerilen sistemin daha verimli çalışacağı görülmüştür. Bu sonuçla birbiriyle bağlantılı üretim sistemlerinde taşıma sürelerinin ve kaynak bekleme sürelerinin azaltılması sistemin üretim kapasitesini arttırdığı göstermiştir.

Alternatif olarak kurulan bu sistemde tezgâh sıralamasının değiştirilmesi bazı tezgâhların yerlerinin değiştirilmesi bazılarının ise sadece kalıp sisteminin değiştirilmesi ile sağlanabilir fakat bu alternatif işletmenin ancak durdurularak revizyon yapılmasını gerektirir. İşletmenin durdurulması ve sıralama sisteminin değiştirilmesi işletme amaçlarına zarar getirebileceği de göz önünden bulundurulmalıdır.

İkinci bir alternatif ise sistemin modellemesini kolaylaştırmak amacıyla kabul edilen kısıtlar değiştirilerek sistemin envanter simülasyonu ile birlikte modellenmesi yapılabilir.

Çalışmada modelleme programının kolay kullanımı ve uygulanabilirliği açısından bazı kısıtlar vardır;

- Ürünlerin hammadde sahasında hazır olarak bulunduğu kabul edilmiştir.
- 32 adet tezgâh sayısı olduğu kabul edilmiştir.
- Tezgâhların kurulum süreleri göz ardı edilmiştir.
- Tezgâhların bakım süreleri göz ardı edilmiştir.
- Tezgâhlar arası taşıma süreleri sisteme girilmiştir fakat sistemdeki operatör sayısından dolayı oluşacak karışıklığı engellemek için trans paletlerin operatörsüz olarak kullanıldığı kabul edilmiştir.

Yukarıdaki kısıtlar, yapılabilecek yeni modelde azaltılarak sistemin daha detaylı modellenmesi sağlanabilir.

Çalışmamızın amacına uygun olarak simülasyon vasıtasıyla bir üretim sisteminde farklı yerleşimin ve kaynak miktarının sistem üzerinde nasıl bir değişiklik yarattığını analiz etmiş durumdayız.

Simülasyon sistemini kurarken harcanan emek ve zaman kurulacağı düşünülen yeni sistemin analiz edilmeden kurulması için harcanabilecek zaman ve maliyetten daha az olduğu düşünülürse modellenme tekniğinin tercih edilebilirliği görülmektedir.

## KAYNAKLAR

Ali, S. A. , Seifoddini, H. ve Sun, H. “Intelligent Modeling and Simulation of Flexible Assembly Systems” **Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference**, Orlando, Florida, 1350-1358, 4-7 Dec. 2005.

Cerda, C. B. R. “Performance Evaluation Of An Automated Material Handling System For A Machining Line Using Simulation” **Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference** , Arlington, VA, USA , 881-888 , 3-6 Dec 1995.

Chan, F. T. S. ve Chan, H. K. “Simulation Analysis of a PCB Factory using Factorial Design – A Case Study” **International Journal Advanced Manufacturing Technologies**, 21:523–533 , 2003.

Choi, S.D. , Kumar, A. R. ve Houshyar, A. “A Simulation Study of an Automotive Foundry Plant Manufacturing Engine Blocks” **Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference**, 1035-1040, 8-11 Dec. 2002.

Dewsnup, M. C. ve Bollenbach, E. “How to Model Automated Guided Vehicle Systems Using Promodel for Windows” **Proceedings of the 27th Winter Simulation Conference**, Arlington, VA, USA, 482 - 486, 3-6 Dec 1995.

Faget, P. , Eriksson, U. , Herrmann F. “Applying Discrete Event Simulation And An Automated Bottleneck Analysis As An Aid To Detect Running Production Constraints” **Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference** , Orlando, Florida, 1401-1407 , 4-7 Dec. 2005.

Freudenberg, R. ve Herper, H. “Simulation Of Workers In Manufacturing Systems” **Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference** , Washington, DC, USA , 951-956 , 13-16 Dec 1998.

Gahagan, S. M. ve Herrmann, J. W. “Finding The Optimal Production Control Policy Using The Production Control Framework” **Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference**, Orlando, Florida, 1418-1427, 4-7 Dec. 2005.

Gong, D. C. ve McGinnis, L. F. “An AGV Simulation Code for Manufacturing Applications” **Proceedings of the 22nd Winter Simulation Conference**, New Orleans, LA, USA, 676 - 682, 9-12 Dec 1990.

Harrell, C. R. ve Price, R. N. “Simulation Modeling Using Promodel Technology” **Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference**, New Orleans, Louisiana , 192-198 , 8-11 Dec. 2002.

Hevell, S. F. ve Buzacctt, J. A. “Simulation And Analysis Of A Circuit Board Manufacturing Facility“ **Proceedings of the 1985 Winter Simulation Conference**, Washington, D.C., United States, 686-693 , 1986.

Ingemansson, A. ve Oscarsson, J. “Discrete-Event Simulation and Automatic Data Collection Improve Performance In A Manufacturing System” **Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference** , Orlando, Florida, 1441-1445 , 4-7 Dec. 2005.

Ito, T. ve Hiramoto, T. “A General Simulator Approach To ETC Toll Traffic Congestion” **International Journal Advanced Manufacturing Technologies**, Cilt 17, 597–607, 2006.

Ivanova, T. , Mollaghasemi, M. ve Malone, L. “Application Of A 2-Stage Group-Screening Design To A Whole-Line Semiconductor Manufacturing Simulation Model” **Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference** , 1039-1045 , 1996.

Jadhav P. D. ve Smith, J. S. “Analyzing Printed Circuit Board Assembly Lines Using A Pcb Assembly Template” **Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference** , 1335-1342 , 4-7 Dec. 2005.



Kibira, D. ve McLean, C. “Virtual Reality Simulation of A Mechanical Assembly Production Line” **Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference**, 1130-1137 , 8-11 Dec. 2002.

Law, A. M. ve McComas, M. G. “Simulation of Manufacturing Systems” **Proceedings of the 1987 Winter Simulation Conference**, 631-643, 2003.

Maas, S. L. ve Standridge, C. R. “Applying Simulation To Interactive Manufacturing Cell Design” **Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference** , Orlando, Florida , 1392-1400 , 4-7 Dec. 2005.

Sargent R. G. “Verification And Validation Of Simulation Models” **Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, Washington, DC, USA** , 121-130 , 13-16 Dec 1998.

Solding, P. ve Petku, D. “Applying Energy Aspects On Simulation Of Energy-Intensive Production Systems” **Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference**, Orlando, FL, 1428-1432 , 4-4 Dec. 2005.

Tanritanır, E. , Sütçü, A. Alkan, H. ve Koruca, H. İ. “Mobilya İmalatında Faaliyet Maliyetleri yardımıyla Simülasyon Destekli Personel Organizasyonu” **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fakültesi Dergisi**, Cilt 19, No 2, 151-160, 2004.

Uner, Ö. , Özkale, C. , Aladağ, Z. , B. Yazgan, Y. “Üretim Sistemi Tasarımında Konveyörlü Tasıma Alternatiflerinin Simülasyon Yöntemiyle Değerlendirilmesi **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, Yıl: 4 Sayı: 8 Güz 2005/2 s.49-73.

Wang, Q. , Chatwin, C. R. , Geha, A. , Young, R. C. D. ve Budgett, D. M. “Modeling and Simulation of Integrated Operations and Information Systems in Manufacturing” **International Journal Advanced Manufacturing Technologies**, 19, 142–150, 2002.

Wang, Y. ve Zhou, C. “Fluid Based Simulation Model For High Volume Dc Conveyor Systems“ **Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference**, Orlando, Florida, 1373-1380 , 4-7 Dec. 2005.

Zimmermann, A. ve Hommel, G. “Modeling and Evaluation of Manufacturing Systems Using Dedicated Petri Nets” **International Journal Advanced Manufacturing Technologies**, 15, 132–138, 1999.

## ÖZGEÇMİŞ

Semih Çörekçioğlu 27 Ekim 1982 Yılı'nda İstanbul'da doğdu. İlk öğrenimini İstanbul İcadiye İlk Öğretim okulunda tamamladı. Orta öğrenimini Özel Üsküdar Fazilet Vakfında tamamladı. Lise öğrenimini 2000 yılında İstanbul'da Cumhuriyet Lise'sinde tamamladıktan sonra aynı yıl Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'ne girmeye hak kazandı. 2004 yılında adı geçen üniversiteden mezun oldu ve 2005 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü İşletme Fakültesi'nde yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsünde yüksek lisans öğrenimini sürdürmektedir.