

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BENZETİM MODELİ VE PROGRAMLAMASI
KULLANILARAK KAPASİTE PLANLAMASI VE METAL
SANAYİDE BİR UYGULAMASI**

Endüstri Müh. Fulya KILIK

**FBE Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Sistem Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hüseyin BAŞLIGİL



Prof. Dr. Erhan ALTAN

Y. Doç. Dr. Tufan DEMİREL

Prof. Dr. Hüseyin BAŞLIGİL



İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. SİSTEMLER, SİSTEM MODELLERİ VE SİMÜLASYON	4
2.1 Sistem Nedir?	4
2.2 Sistemlerin Sınıflandırılması	6
2.3 Sistem Elemanları.....	8
2.3.1 Varlıklar.....	8
2.3.2 Faaliyetler	8
2.3.3 Kaynaklar	8
2.3.4 Kontroller	9
2.4 Sistemin Performans Kriterleri.....	9
2.4.1 Akış Süresi.....	10
2.4.2 Maliyet.....	10
2.4.3 Çıktı Kapasitesi	10
2.4.4 Toplam Üretim Süresi	10
2.4.5 Bekleme Süresi	10
2.4.6 Wıp (Work In Proses) İşlem Halindeki İşler	11
2.4.7 Kaynak Verimi	11
2.4.8 Esneklik (Flexibility).....	11
2.4.9 Verim.....	11
3. MODEL KAVRAMI VE MODEL GEREKSİNİMİ.....	12
3.1 Model Tipleri.....	12
3.1.1 Birinci Tip Sınıflandırma	12
3.1.2 İkinci Tip Sınıflandırma	13
3.1.3 Üçüncü Tip Sınıflandırma	14
3.2 Sistem Kararları Verme Mekanizması	14
3.2.1 Sistem Karmaşıklığının Artması	16
3.2.2 Performans Gereksinimlerinin Artması.....	16
3.2.3 Planlama Ve Değerlendirme Amaçlarının Önemi.....	16
4. SİMÜLASYONLA ÇÖZÜM	17
4.1 Simülasyon Kullanımı	17
4.1.1 Sistem Dizaynı.....	18
4.1.2 Sistemlerin Yönetimi.....	19
4.1.3 Eğitim Ve Öğretim	19
4.1.4 Haberleşme Ve Satış.....	20
4.1.5 Halkla İlişkiler	20
4.2 Simülasyonun Temelleri.....	20
4.2.1 Simülasyon Kavramı	20

4.2.2 Simülasyon Nedir?	21
4.2.3 Simülasyonun Tarihsel Gelişimi Ve Artan Önemi.....	23
4.2.4 Simülasyonun Kullanım Alanları	25
4.2.5 Simülasyonun Uygun Olduğu Durumlar.....	26
4.3 Simülasyonun Ekonomik Nedenleri.....	27
4.4 Simülasyon Kullanılırken Dikkat Edilecek Hususlar	28
4.5 Kesikli Olaylarla Sürekli Olayların Simülasyonunun Karşılaştırılması.....	28
4.6 Stokastik Ve Deterministik Simülasyonun Karşılaştırılması	29
4.7 Olasılığa Bağlı Çıktıların Simülasyonu.....	30
4.8 İstatistiksel Değişen Değerlerin Simülasyonu	30
 5. SİMÜLASYONLA ÇALIŞMAYA GİRİŞ	 31
5.1 Yönetim Kararları.....	31
5.2 Simülasyona Başlamanın Adımları	31
5.2.1 Simülasyon Liderinin Atanması	31
5.2.2 Simülasyon İhtiyaçlarının Belirlenmesi	32
5.2.2.1 Uygulama Tipleri.....	32
5.2.2.2 Sistem Karakteristikleri	33
5.2.2.3 Müşteriler	33
5.2.3 Mevcut Simülasyon Teknolojisini Değerlendirmek.....	33
5.2.4 Simülasyon Yazılımının Seçimi Ve Değerlendirmesi.....	34
5.2.6 Pilot Projenin Oluşturulması	35
5.3 Simülasyon İle Modelleme.....	35
5.4 Genel Yöntem.....	35
5.4.1 Problemin Belirlenmesi	37
5.4.1.1 Amaçların Tanımlanması	37
5.4.1.2 Kısıtların Tanımlanması	39
5.4.1.3 Simülasyon Spesifikasyonlarının Hazırlanması	39
5.4.1.3.1 Konu	39
5.4.1.3.2 Ayrıntı Seviyesi.....	40
5.4.1.3.3 Hassasiyet Derecesi	40
5.4.1.3.4 Deneme Tipi	40
5.4.1.3.5 Sonuç Formu	41
5.4.1.3.6 Bütçe Oluşturma Zamanı.....	41
5.4.2 Sistemin Tanımlanması	41
5.4.2.1 Neden Ve Sonuç İlişkisinin Tanımlanması	42
5.4.2.2 Etki Faktörleri İçin Anahtarlarının Aranması.....	42
5.4.2.3 Zamana Yada Koşula Bağlı Aktivitelerin Ayrılması	42
5.4.2.4 Nesneler Yerine Esas Üzerinde Yoğunlaşılması.....	43
5.4.2.5 Girdi Değişkenlerin Tepki Değişkenlerinden Ayrılması:.....	43
5.4.3 Veri Toplama.....	43
5.4.3.1 Veri İhtiyaçlarının İncelenmesi	44
5.4.3.2 Uygun Veri Kaynaklarının Kullanımı	44
5.4.3.3 Kabuller Yapma.....	45
5.4.3.4 Verilerin Uygun Forma Dönüştürülmesi.....	46
5.4.3.5 Teorik Dağılımlara Uydurma	47
5.4.3.6 Hareketlerin Gruplandırılması.....	47
5.4.3.7 Verilerin Onaylanması Ve Dokümantasyonu.....	47
5.4.4 Model Kurmak.....	48
5.4.4.1 İlerleyen Sadelik.....	48

5.4.4.2 Artan Genişleme	49
5.4.4.3 Model Doğrulama.....	49
5.4.4.4 Modelin Geçerliliği	50
5.4.5 Denemelerin Yapılması	51
5.4.5.1 Sonlandırılan Ve Sonlandırılmayan Simülasyonun Karşılaştırılması	52
5.4.5.2 Sonlu Simülasyonların Çalıştırılması	53
5.4.5.3 Sonlandırılmayan Simülasyonların Çalıştırılması	54
5.4.5.4 Geçiş Periyodunun Belirlenmesi	54
5.4.5.5 Örnekleme Gözlemlerinin Elde Edilmesi	55
5.4.5.6 Çalışma Uzunluğunun Belirlenmesi	55
5.4.5.7 Alternatif Sistemlerin Karşılaştırılması	56
5.4.5.8 Faktöriyel Tasarım.....	56
5.4.5.9 Rasgele Dizilerin Kullanımı	57
5.4.6 Çıktıların Analizi	58
5.4.7 Sonuçların Raporlanması.....	59
 6. PROMODEL VE ARENA PROGRAMINDA MODELLEME	 61
6.1 Gezen Birim Oluşturulması Ve Yok Edilmesi	63
6.2 Gezen Birimlerin Rotalanması	64
6.3 Gezen Birimlerin Hareketleri Ve Taşınması (Transportasyon).....	66
6.4 Gezen Birimlerin Artırılması Ve Azaltılmasının Simülasyonel Olarak Modellemesi	68
6.5 Kaynakların Gezen Birimler Tarafından Kullanılması	68
 7. KAPASİTE PLANLAMASI, KAPASİTENİN TANIMI VE ÖLÇME KRİTERLERİ	 70
7.1 Talep, Stoklar Ve Üretim Hızı İle Kapasite İlişkileri.....	70
7.2 Makine Kapasitesi	71
7.3 Çalışma Süresi Ve Kapasite	71
7.4 Kapasite Dengesi	72
 8. UYGULAMA	 73
8.1 İşletmeye Ait Bilgiler	73
8.2 Panel Bölümü	73
8.2.3 Panel İçin Çıktı Analizi	76
8.2.4 Panel Mevcut Durum Modeli Fiziksel	80
8.2.5 Panel Mevcut Durum Modeli Mantıksal	81
8.2.6 Panel Öneri Modeli Fiziksel	82
8.2.7 Panel Öneri Model Mantıksal	83
8.2.8 Panel Öneri Model İçin Çıktı Analizi	84
8.3 Kasa Bölümü	86
8.3.3 Kasa İçin Çıktı Analizi	88
8.3.4 Kasa İmalatı İçin Hazırlanan Fiziksel Model	91
8.3.8 Öneri Kasa İmalatı İçin Çıktı Analizi	95
8.4. Çıta Bölümü	97
8.4.3 Çıta İçin Çıktı Analizi	98
8.3.4 Çıta İmalatı İçin Hazırlanan Fiziksel Model	102
8.3.5 Çıta İmalatı İçin Hazırlanan Mantıksal Model	103
8.3.6 Çıta İmalatı İçin Hazırlanan Öneri Fiziksel Model	104
8.3.7 Çıta İmalatı İçin Hazırlanan Öneri Mantıksal Model	105
8.3.8 Öneri Çıta İmalatı İçin Çıktı Analizi	106

8. 5 Yıkama Bölümü.....	108
8.6 Montaj Bölümü.....	108
8.6.3 Montaj İçin Çıktı Analizi.....	109
8.6.4 Montaj Hattı İçin Hazırlanan Fiziksel Model.....	112
8.6.8 Öneri Montaj Hattı İçin Çıktı Analizi	116
8.7 Promodel Paket Programı Kullanılarak Yapılan Modeller Ve Çıktıları	117
8.7.1 Panel İçin Kurulan Model Ve Çıktı Analizi	117
8.7.1.1 Panel İçin Kurulan Model	120
8.7.1.2 Panel İçin Kurulan Öneri Model	121
8.7.1.3 Panel İçin Kurulan Öneri Model Ve Çıktı Analizi	122
8.7.2 Kasa İçin Kurulan Model Ve Çıktı Analizi	123
8.7.2.1 Kasa İçin Kurulan Model	126
8.7.2.2 Kasa İçin Kurulan Öneri Model	127
8.7.2.3 Kasa İçin Kurulan Öneri Model Ve Çıktı Analizi	128
8.7.3 Çıta İçin Kurulan Model Ve Çıktı Analizi	129
8.7.3.1 Çıta İçin Kurulan Model.....	131
8.7.3.2 Çıta İçin Kurulan Öneri Model.....	132
8.7.3.3 Çıta İçin Kurulan Öneri Model Ve Çıktı Analizi	133
8.7.4 Montaj Hattı İçin Kurulan Model Ve Çıktı Analizi	134
8.7.4.1 Montaj Hattı İçin Kurulan Model.....	136
8.7.4.2 Montaj Hattı İçin Kurulan Öneri Modeli.....	137
9. ARENA VE PROMODEL PROGRAMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	141
KAYNAKLAR.....	146
ÖZGEÇMİŞ.....	147

ŞEKİLLİSTESİ

Sayfa

Şekil 8.1 Panel üretimi akış şeması	75
Şekil 8.2 Kasa üretimi akış şeması.	87
Şekil 8.3 Çıta üretimi akış şeması	98
Şekil 8.4 Montaj hattı akış şeması	109



Çizelge 8.1 Panel imalatı için hazırlanan stokastik	76
Çizelge 8.2 Sistemden çıkan panel adetleri.....	77
Çizelge 8.3 Sistem içinde geçen süreler	78
Çizelge 8.4 Kapasite kullanım oranları.	78
Çizelge 8.5 Çevrim süresi içerisinde ortalama kuyrukta bekleme zamanı ve miktarları	79
Çizelge 8.6 Öneri modelden çıkan panel adetleri.....	84
Çizelge 8.7 Sistem içinde geçen süreler	85
Çizelge 8.8 Öneri panel için kaynak kapasite kullanım oranları.....	85
Çizelge 8.9 Çevrim süresi içerisinde ortalama kuyrukta bekleme zamanı ve miktarları.	86
Çizelge 8.10 Kasa imalatı için hazırlanan stokastik zamanlar	88
Çizelge 8.11 Sistemden çıkan kasa adetleri	89
Çizelge 8.12 Kaynak kapasite kullanım oranları.....	89
Çizelge 8.13 Bekleme süre ve adetleri.....	90
Çizelge 8.14 Sistemden çıkan kasa adetleri.	95
Çizelge 8.15 Kaynak kapasite kullanım oranları.....	96
Çizelge 8.16 Bekleme süre ve adetleri.	96
Çizelge 8.17 Çıta üretimi stokastik zamanlar	99
Çizelge 8.18 Sistemden çıkan çıta adetleri	100
Çizelge 8.19 Çıta imalatı için kaynak kullanım oranları.....	100
Çizelge 8.20 Kuyrukta bekleme süreleri ve bekleme miktarları.	101
Çizelge 8.21 Sistemden çıkan çıta adetleri.....	106
Çizelge 8.22 Kaynak kapasite kullanım oranları.....	107
Çizelge 8.23 Bekleme süre ve adetleri.	107
Çizelge 8.24 Montaj hattı için stokastik zamanlar.	110
Çizelge 8.25 Montaj hattından çıkan kolektör adetleri.	111
Çizelge 8.26 Kaynak kapasite kullanım oranları.....	116
Çizelge 8.27 Sistemden çıkan çıta adetleri.....	117
Çizelge 8.28 Kaynak kapasite kullanım oranları.....	118
Çizelge 8.29 Panel imalatı standart zamanları.	118

Çizelge 8.30 Sistemden çıkan panel adetleri.....	119
Çizelge 8.31 Kapasite kullanım oranları.....	122
Çizelge 8.32 Sistemden çıkan panel adetleri.....	123
Çizelge 8.33 Kapasite kullanım oranları.....	123
Çizelge 8.34 Kasa imalatı standart zamanları.....	123
Çizelge 8.35 Sistemden çıkan çita adetleri.....	124
Çizelge 8.36 Kapasite kullanım oranları.....	124
Çizelge 8.37 Çevrim zamanı içerisinde tezgâhların kullanım zamanları.....	125
Çizelge 8.38 Sistemden çıkan kasa adetleri.....	128
Çizelge 8.39 Kapasite kullanım oranları.....	129
Çizelge 8.40 Çita imalatı standart zamanları.....	129
Çizelge 8.41 Sistemden çıkan çita adetleri.....	130
Çizelge 8.42 Kapasite kullanım oranları.....	130
Çizelge 8.43 Sistemden çıkan çita adetleri.....	133
Çizelge 8.44 Kapasite kullanım oranları.....	134
Çizelge 8.45 Montaj hattı standart zamanları.....	134
Çizelge 8.46 Sistemden çıkan kolektör adetleri.....	135
Çizelge 8.47 Kapasite kullanım oranları.....	135
Çizelge 8.48 Sistemden çıkan kolektör adetleri.....	138
Çizelge 8.49 Kapasite kullanım oranları.....	139

ÖNSÖZ

Çok fazla rekabetin yaşandığı günümüzde işletmeler, ayakta kalabilmek için üretim sistemlerinde, teknolojilerinde değişiklik yapmak zorundadırlar. Simülasyon, bu rekabet ortamında zamanında, hızlı bir şekilde ve para harcamadan işletmelere geliştirilecek yeni yollar keşfetmeyi sağlayan bir tekniktir.

Bu tez kapsamında, simülasyon programları kullanılarak, bir üretim sisteminin mevcut durumu analiz edilmiş. Üretim sisteminin performansının geliştirilmesi için öneri modeller kurulmuş ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın hazırlanmasında değerli görüşlerini benimle paylaşan ve bana yol gösteren sayın hocam Prof. Dr. Hüseyin Başlıgil'e ve çalışmalarım süresince yakın destekleri ile bana güç veren aileme çok teşekkür ederim.



ÖZET

Bu tez kapsamında, görsel simülasyon tekniği incelenmiş, görsel simülasyon tekniğinin sağladığı faydalar belirtilmiştir. Görsel simülasyon tekniği olarak Arena 4.0 ve Promodel 4.2 paket programları kullanılmıştır. Kollektör imalatı yapan bir işletmede uygulama yapılmıştır. Uygulama kapsamında performans ölçütü olarak üretim miktarı alınmıştır. İşletmenin mevcut durumu, Arena 4.0 ve Promodel 4.2 paket programları ile modellenmiş, çıktı analizleri ile darboğaz oluşturan kaynaklar tespit edilmiştir. Darboğaz oluşturan kaynakları engellemek ve sistemin üretim performansını artırmak amacıyla sisteme tezgah ve işçi eklenerek yeni alternatif modeller kurulmuştur. Alternatif modellerin sonuçları analiz edilmiştir. Mevcut durum ile alternatif modellerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Görsel simülasyon, kapasite planlaması, arena, promodel



ABSTRACT

This study, the visual simulation technique was analyzed and the benefits that the visual simulation technique provides were stated Arena 4.0 and Promodel 4.2 packet programmers were used as a visual simulation technique. This technique was put into practice in the company where manufactures collector. At this practice, the production quantity was used as a performance measurement. The present situation of the company was modeled with Arena 4.0 and Promodel 4.2 packet programmers. The source, which constitutes obstacles, were determined by using output analysis. Counters and workers were added in order to prevent these obstacles and increase the production performance of the system. So, new alternative models were established. The results of the alternative models were analyzed. The present situation and the alternative models were compared.

Key Words: Visual simulation, capacity planning, arena, promodel



1. GİRİŞ

Giderek artan ve küreselleşen rekabet ortamında işletmeler, ayakta kalmak için üretimlerini iyileştirmek, süreklilik kazandırmak, hammadde pazarından ürün pazarına giden yolu kısaltarak daha da hızlandırmak ve ürün kalitelerini yükseltmek süretiyle pazara ayak uydurmak zorundadırlar. İşletmelerin bu uyumu sağlayabilme ve rekabet edebilmeleri için ileri teknolojilerden yararlanmanın yanı sıra üretim ve yönetim anlayışlarını değiştirmeleri gerekmektedir. Hızla değişen ve gelişen teknoloji, yalnız üretim ve iş yapma biçimlerini değil yönetim düşüncesi ve metotlarının da değiştirilmesini gerekli kılmıştır. Bu değişim sürecinde işletmelerin doğru kararları, doğru zamanda hızla alabilmeleri gerekmektedir. Bu durumda simülasyon tekniğinin önemini göstermektedir. Simülasyon tekniği günümüzde oldukça güçlü bir karar verme aracı olarak kullanılmakta ve kabul edilmektedir. Eğer yönetici:

- Sistemi etkileyen kısıtları tespit etmek istiyorsa,
- Üretim çıktılarını arttırıp stok seviyesini düşürmek istiyorsa,
- Yeni bir ürünün pazarlamasını yapmak ya da üretim hattını bu yeni ürüne göre değiştirmek istiyorsa,
- Tam zamanında üretim yapan bir hücre oluşturmayı düşünüyorsa,
- Eğer etkili bir ihtiyaçlar yönetimi zinciri kurmak istiyorsa,
- Pahalı hatalara yol açabilecek değişim mühendisliği uygulamalarını azaltmak ya da tamamen kaldırmak istiyorsa,
- Müşteri memnuniyetini ve ürün kalitesini geliştirmek istiyorsa,
- Kapasite planının geliştirilmesine ve üretim programının oluşturulmasına ihtiyacı varsa,
- Farklı müşteri talepleri yelpazelerinin üretim performansına olabilecek etkileri önceden tespit etmek istiyorsa,
- Çalışanların miktarını optimize etmek ve böylelikle minimum maliyetle maksimum müşteri tatminini sağlamak istiyorsa,
- Yerleşimini ve malzeme akış sistemini yeniden elden geçirmek ve ya tamamen değiştirmek istiyorsa, aradığı tüm soruların cevabı simülasyon tekniğinde yatmaktadır.

Simülasyon, sistemi doğrudan anlayabilmek kolay olmadığı için, gerçek dünya modeli hakkında öğrendiklerimizin mevcut sistem için de geçerli olduğuna emin olabileceğimiz kadar gerçek dünyaya yakın olan bir başka varlık (simülasyon modeli)oluşturarak , gerçek dünyaya dolaylı bir yoldan yaklaştırmaya çalışmaktır.

Yüzyılın son yarısında, eğitimden eğlenceye, kullanıcı eğitiminden taşımacılığa ve animasyona kadar, modelleme ve simülasyon bilim ve sanatı, çok hızlı bir şekilde ilerlemiştir. Son 40 yılda simülasyon dillerinin ve paket programlarının yetenekleri ve kapsamı arttıkça, simülasyonun kullanılma şekilleri ve kullanım alanları da çarpıcı bir şekilde artmıştır. Simülasyon, 1950 ve 1960'lı yılların sonlarına doğru, genellikle sadece büyük sermaye yatırımları gerektiren şirketlerin kullandığı çok pahalı ve özel alanlarda kullanılan bir araç iken günümüzde ise, herkesin sahip olabileceği bir kişisel bilgisayar bile kullanılabilmektedir.

Simülasyonun bugün bildiğimiz alanlardaki kullanımı ise 1970'li yılların sonunda başlamıştır. 1970' li yılların sonunda bilgisayarların maliyeti oldukça düşmüş ve çok daha hızlanmış ve simülasyonun değeri birçok alanda keşfedilmeye başlanmıştır. 1980'li yılların sonunda kişisel bilgisayarların kapasitelerinin de artmasıyla simülasyon kullanımı iş dünyasına iyice yerleşmiş ve birçok büyük firma simülasyonun değerini anlamıştır ve bunlardan birçoğu, büyük sermaye gerektiren yatırımları onaylamadan önce bir gereksinim olarak simülasyon uygulamaları yapmıştır. Yine de bu yıllarda simülasyon çok fazla yaygın değildi ve çok az sayıda ciddi firmalar kullanıyordu. 1990'ların başında simülasyon artık olgunlaşmaya başlamıştır. Bir çok kuruluş simülasyon araçlarını benimsemiş ve simülasyonu, en etkili olabileceği, projelerinin çok erken aşamalarında kullanmaya başlamışlardı. Çok iyi bir animasyon yeteneği, kullanım kolaylığı, bilgisayarların kapasitelerindeki gelişme, diğer paket programlarla kolay uyumu ve simülatörlerin gelişmesi, simülasyonu bir çok firma için standart bir araç haline getirmiştir.

Simülasyonunun uygulama şekli değişebilmektedir; sistemlerin tasarım aşamasında kullanılan simülasyon programları, yapılan herhangi bir değişiklikte sistemin farklı alanlarında kullanılabilmektedir, böylelikle yaşayan bir simülasyon kullanımı sağlanabilmektedir.

Simülasyonun kullanım amaçları şu şekildedir;

Değerlendirme: Belirlenen kriterlere göre önerilen sistemin ne kadar iyi çalıştığının gösterilmesi.

Karşılaştırma : Önerilen sistem tasarımlarının veya politikaların karşılaştırılması.

Tahmin: Önerilen koşullar altında sistemin performansının tahmin edilmesi.

Duyarlılık Analizi: Sistemin performansı üzerinde hangi faktörlerin etkili olduğunu belirlenmesi .

Optimizasyon: En iyi performans değerini veren faktör düzeylerinin bir kombinasyonunun belirlenmesi.

Darboğaz Analizi: Bir sistemde darboğazların belirlenmesi amacıyla kullanılır.

Bu tez kapsamında Arena 4.0 ve Promodel 4.2 programı kullanılarak metal sektöründe bir uygulama yapılmış, sistemdeki kapasite ile ilgili eksiklikler tespit edilmiş ve öneriler getirilmiştir.



2. SİSTEMLER, SİSTEM MODELLERİ ve SİMÜLASYON

Yeni bir sistem tasarımı veya mevcut sistemlere ilişkin sistem araştırmaları, sistemde var olan veya önerilebilecek farklı eylem seçeneklerinin sonuçlarını belirlemeye, kestirmeye ve değerlendirmeye yöneliktir. Ancak, uygulamada genellikle inceleme konusu olan sistem üzerinde farklı eylem seçeneklerini deneyerek sonuçlarını gözleme olanağı yoktur. Ortaya konan kuram, hipotez veya tekniklerin sınanması için modellerden yararlanılır. Rüzgar tünellerinde uçak modelleri üzerinde yapılan uçuş deneyleri, işyerleri ve atölyelerin ölçekli maketleri üzerinde yapılan tezgah yerleştirme çalışmaları gerçek sistem üzerinde deneyleme olanağı olmadığı veya zor olduğu durumlarda sistemin bir gösterimini olan modeller üzerinde deney yapılmasına ilişkin örneklerdir.

İnsan-makine sistemlerinde ise matematiksel modellerin kurulması söz konusudur. Sisteme ilişkin farklı eylem seçenekleri arasından en iyisinin bulunması matematiksel modeller yardımıyla sağlanır. Karmaşık yapıda, rassal değişkenler ve süreçler içeren insan-makine sistemlerinin matematiksel modellerinin kurulması ve analitik çözümler elde edilmesi her zaman mümkün değildir. Bu gibi durumlarda; sistemin matematiksel modelinin kurulamadığı veya modelin analitik çözümünün elde edilemediği zamanlar, simülasyon çözümleri eylem seçeneklerinin bir süreç sonundaki sonuçlarını belirlemede etkin bir yöntem olmaktadır.

2.1 Sistem Nedir?

Sistemler, içinde yaşadığımız evrenin tümüne yayılmış olan oluşumlar, yapılardır. Bu oluşumlar ve yapılar bir yandan evren kadar büyük, diğer yandan da bir atom ya da atom altı parçacıklar kadar küçüktür. Sistemler başlangıçta doğal formlarda ortaya çıkmışlar, yeryüzünde insanın ortaya çıkması ile beraber, çok çeşitli insan yapısı sistem dünyamızı kaplamaya başlamıştır.

Sistem, öğelerin veya parçaların karmaşık yada bölünmez bir bütün oluşturacak şekilde bir araya geldikleri oluşumlar (örneğin; nehir sistemi, ulaşım sistemi), birbiriyle karşılıklı ilişki içerisinde olan birimlerin oluşturduğu soyut yapılar (örneğin; yabancı para sistemi), herhangi bir bilgi yada düşünce alanının gerçeklerini, ilkelerini ve doktrinlerini, tümüyle içerisine alan düşünce akımları (örneğin; felsefi sistemler), karmaşık planlar, prosedürler, yöntemler bütünü (örneğin; örgüt sistemi, yönetim sistemi), bir prosedür planına yönelik herhangi bir sıradan yada özel yöntem (örneğin; işaretleme sistemi, ölçme sistemi)'dir.

Sistem kavramı pek çok anlamlara ve nitelemelere neden olmaktadır. Sistem terimi ile ilgili tanımlamalar;

Sistem, birbirleriyle etkileşim halinde olan bileşenler kümesidir.

Sistem, bir araya getirilmiş karmaşık bir bütündür.

Sistem, kendi aralarında ilişkileri ve etkileşimi olan bir veya daha çok amaca yönelik öğelerin kümesidir.

Sistem, bir amaç için belirli bir sınır içerisinde işleyen ve birbiriyle etkileşim içerisinde olan öğeler kümesidir.

Sistem, karmaşık ve bölünmez bütünü oluşturan öğelerin oluşturduğu kümedir.

Sistem, öğeler, öğelerin özellikleri arasında ilişkiler olan bir kümedir.

Sistem, bir amacı gerçekleştirmek için koordinasyon içerisinde olan parçalardan oluşan bir kümedir.

Sistem, ortak bir amaç doğrultusunda, birbiriyle ilişkili ve birlikte çalışan öğeler kümesidir.

Sistemi tanımlamada kullanılan üç temel kavram; öğeler, özellikler ve ilişkilerdir.

Öge, bir sistemi oluşturan parçalardır, bileşenlerdir. Diğer bir ifade ile, çeşitli girdiler kullanılarak sistem çıktılarını elde etmek amacıyla, birbirleri ile ilişki ve etkileşim içerisinde olan sistem parçalarıdır.

Özellik, sistemin niteliğinin belirleyicisidir. Sistem öğelerini belirginleştiren ve tanımlayan onların özellikleridir.

İlişki, öğeler arası ilişkiler, sistemi bir arada tutan öğeler ile özellikler arasındaki bağlardır. Öğeler arası ilişkiler, sistemi faydalı kılmada ve amaca hizmet eder durumda olmasında etkilidir (Binbaşoğlu, 1991).

Genel olarak sisteme dahil edilmeyen unsurlar sistemin çevresini oluşturur. İnceleme konusu sistemi etkileyen ve sistemin vasıflarındaki değişimlerden etkilenen unsurlar kümesi sistemin çevresidir. Sistem araştırmalarında önemli bir faktör sistem ve çevresi arasındaki sınırın belirlenmesidir. Bu sınır çalışmanın amaçlarına göre belirlenecektir. Sistem ve çevresi arasındaki sınırın belirlenmesi modelleme kavramı ile çok yakından ilgilidir. Sistem içinde yer alan elemanlar daha sonra sistem değişkenlerini oluşturacaklardır. İşletmeler için sistem ve çevresini belirleyen bir özellik sistem içindeki bir eylemin yönetimce kontrol edilebiliyor

olmasıdır. Sistem sınırları içindeki öğeler ve eylemler içsel veya iç kaynaklı (endojen) olarak adlandırılır. Dışsal veya dış kaynaklı (exojen) öğe veya eylemler sistem dışında olup sistemi etkilerler.

Sistem ve çevresi tanımlarına bağlı olarak alt ve üst sistemlerden söz edilebilir. Sistemi meydana getiren parçalar sisteme göre alt sistem, kendilerini meydana getiren daha küçük parçalara göre birer sistemdirler.

Sistemlerin birden fazla öğeden oluştuğu ve bu öğelerin öznelilikleri, zaman içinde değişik değerler alabilir. Zaman boyutunda herhangi bir anda sistem öğelerine ilişkin değerler sistemin dış etkilerini belirler. Örneğin bir işletme sistemine ilişkin durumlar stok düzeyi, üretim hızı, satış geliri, belirli bir atölyede çalışan tezgah sayısı, teslim edilmesi gereken sipariş sayısı, vb. olabilir. Sistem öğelerine ilişkin vasıflar zaman içerisinde sabit kalıyor veya belirli sınırlar içinde değişiyorsa sistem dengeli (stable) olarak adlandırılır. Eğer vasıfların önceden kestirilemeyen büyük oynama ve farklılıklar gösteriyorsa sistem dengesizdir (unstable). Özellik gösteren bir durum da, sistem öğelerinde (bilet satış yeri, banka gişesi, vb.) sabahleyin ilk açıldığında kuyruğun son derece hızlı arttığı veya azaldığı bir başlangıç süresi vardır. Bu başlangıç süresinin özelliklerini göz önüne almadan yapılacak genellemeler hatalı olacaktır. Geçişken durum (transition state) bu evreyi belirlemek için kullanılan terimdir. Ancak, sistem çalışmaları genellikle geçişken durumdan sonraki durağan durum veya kalıcı durum (steady state) ilişkin etkinliklerle ilgilidir.

Bir amaç altında çeşitli girdileri işlemek üzere anlamlı bir şekilde bir araya getirilmiş öğelerden meydana gelmiş sistemler girdi-süreç (değişim)-çıkış akışını oluştururlar. Bazı sistemlere ilişkin bir özellik de geri bildirim düzeninin varlığıdır. Bu tür sistemlerde, çıktılarda oluşan sapmaları düzeltmek üzere gerekli bilgi veya eylemler geri bildirim kanalı ile sisteme yeniden girdi olarak dahil edilirler (Ekrem, 2001) .

2.2 Sistemlerin Sınıflandırılması

Sistemler, sistem öğelerinin özellikleri, çevre sistemlerle etkileşimleri, davranışları, oluşum biçimleri ve yapısal özelliklerine göre çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır.

- Doğal veya insan yapısı sistemler şeklinde sınıflama sistemin oluşum biçimini yansıtmaktadır.
- Çevresi ile malzeme, enerji veya bilgi alışverişi olan sistemler açık sistemlerdir. Açık sistemler çevrelerini etkilerler ve ondan etkilenirler. Kapalı sistemler ise çevreleriyle

etkileşimleri yoktur. Genel olarak herhangi bir şekilde çevresinden etkilenmeyen sistem olmayacağından sistemlerin tümünün açık sistem özelliği vardır. Kapalı sistemler sistem sınırları ve durum koşullarına göre belirlenirler. Örneğin, Afrika'da ilkel bir orman köyünü sistem olarak ele aldığımızda, modern dünya ile hiç bir iletişimi olmayan bu topluluk kapalı sistem olarak ele alınabilir. Öte yandan doğa sistemi içinde bir açık sistem özelliği taşımaktadır.

- Deterministik sistemler, sistemin işleyişinde nasıl bir davranış göstereceği kesin olarak bilinebilen sistemlerdir. Probabilistik sistemlerin davranışları ise kesin ve belirgin değildir. Sistemin gelecek zamanda göstereceği davranışlara ilişkin öngörülerde daima bir yanılma payı vardır (Binbaşioğlu, .
- Dengeli veya durağan (stable) sistemlerde sistem durumları zaman içinde değişmemekte veya tanımlanmış sınırlar içinde değişmektedir. Buna karşılık dengesiz (unstable) sistemlerde sistem durumları önceden kestirilemeyen sınırlar arasında büyük değişimler göstermektedir (McMillan, 1965) .

Yukarıdaki sınıflamalardan başka sistemler sürekli veya kesikli sistemler olarak sınıflandırılabilir. Sürekli sistemlerde sistem değişkenlerinin aldığı değerler belirli sınırlar içindeki gerçek sayıların tümü olabilir. Kesikli sistemlerde ise belirlenen sınırlar içinde nokta değerler söz konusudur. Örneğin su deposu, içindeki suyun seviyesine bağlı olarak sürekli sistem özelliği gösterir. Envanter sistemi ise, stoktaki mamul sayısına bağlı olarak kesikli sistem özelliği gösterir. Girdisi ile çıktısı arasındaki ilişki tam olarak bilinen sistemler deterministik olarak adlandırılır. Bu ilişki tam olarak bilinmiyor ve rassal nitelikte süreçler söz konusu ise rassal sistem olarak adlandırılır.

Sistemleri, değişik yaklaşımlarla da sınıflamak mümkündür. Örneğin oluşum düzeylerine göre sistemler;

- ❖ Statik yapı
- ❖ İlkel devingen düzey
- ❖ Denetim düzeyi
- ❖ Açık sistem düzey
- ❖ İnsan düzeyi
- ❖ Toplumsal örgüt düzeyi

❖ Simgesel sistemler

olarak sınıflandırılmaktadır (Kara,1979)

2.3 Sistem Elemanları

Sistem, varlıklar, faaliyetler, kaynaklar ve kontrollerden oluşur. Bu elemanlar, varlıkların kimle, ne ile, nerede ne zaman ve nasıl işlem yapılacağını tanımlar.

2.3.1 Varlıklar

Müşteri, ürün, doküman gibi sistemde işlenen birimlerin her biridir. Farklı varlıkların, maliyet, şekil, öncelik, durum veya koşul gibi farklı karakteristikleri vardır. Varlıklar üç sınıfa ayrılabilir:

- ❖ İnsanlar veya canlılar(müşteri, hasta v.s.)
- ❖ Cansızlar(parça, doküman v.s.)
- ❖ Soyut varlıklar(çağrılar, elektronik posta projeler v.s.)

2.3.2 Faaliyetler

Faaliyetler, sistemde yer alan; müşteri isteklerini yerine getirme, parça kesme veya makineyi ayarlama v.s. gibi iş veya hareketlerdir. Faaliyet çeşitleri ;

- ❖ Varlıkların işlenmesi(kontrol, bakım, tedavi, üretim v.s.),
- ❖ Varlıkların hareketi,
- ❖ Kaynakların hareketi,
- ❖ Kaynakların model değişimleri,
- ❖ Kaynakların bakım ve onarımı,

2.3.3 Kaynaklar

Kaynaklar, faaliyetleri yapan birimlerdir. Kaynaklar, faaliyetlerin yerine getirilmesinde personel ve ekipman işin destekleyici ve kolaylaştırıcı bir fonksiyon üstlenirler. Kaynaklar,

kapasite, hız, çevrim zaman ve güvenilirlik gibi karakteristiklere sahip olabilir. Sistemde kullanılan tipik kaynaklar şunlardır; personel, ekipman, alan, alet, enerji, zaman, para...

2.3.4 Kontroller

Kontroller, faaliyetlerin nasıl, nerede ve ne zaman yapılacağını yönetir. Aynı zamanda belirli olaylar veya durumlarla karşılandığında hangi hareketlerin yapılacağını belirler. En üst seviyedeki kontroller, zamanlamalar planlar ve politikalarıdır. En alt seviyedeki kontroller ise yazılı kurallar ve bilgisayar mantık dizisidir. Kontrollere örnek olarak şunlar verilebilir; proses planları, kontrol yazılımları, iş planları, bakım planları, üretim planları v.s. (Yeroglu, 2001).

2.4 Sistemin Performans Kriterleri

Sistem dizayn ve geliştirme çalışmalarının amacı, girdileri zamanında verimli ve düşük maliyetle istenen çıktılara dönüştürmektir. Sistemin verimliliğini ölçmek ve yapılan geliştirmeyi değerlendirmek için performans ölçümleri gereklidir. En yaygın performans göstergeleri;

1.Mali performans kriterleri,

2.Teknik performans kriterleri.

Mali performans kriterleri, mali raporlar, gelir çizelgeleri, bilançolar, maliyet muhasebesi kayıtlarıdır. Mali performans kriterleri, belirli zaman aralıklarında düzenlenir, sistemin performansının değerlendirilmesinde yeterli olamamaktadır, bu yüzden teknik göstergelerle birlikte kullanılmalıdır.

Teknik performans kriterleri, ideal oluşum araçlarıdır. Sistemlerin performansının tüm boyutları ile ölçülmesine imkan sağlar. Teknik olarak sistemin performansının değerlendirilmesi için kalite, miktar, verim ve kapasite kullanımı gibi faktörlerin takip edilmesi gerekir. Teknik performans kriterleri işletmelerde en üst düzeyden en alt düzeye

kadar tüm faaliyetlerin sürekli olarak takip edilmesi ile kontrol edilmesine imkan sağlar (Akai, 1996) .

Üretim veya servis sistemlerinde en çok kullanılan performans ölçümleri aşağıda verilmiştir.

2.4.1 Akış Süresi

Bir parçanın veya müşterinin işlem görmek veya hizmet almak için sistemde geçirdiği ortalama süreye akış süresi denir. Akış süresiyle aynı anlamda diğer ifadeler çevrim süresi ve çıktı zamanıdır. Sipariş tipi üretim yapan veya hizmet veren işletmelerde siparişin kabulünden sürecin tamamlanmasına kadar geçen süreye akış süresi denir. Belirli bir sayıdaki işin tamamlanması için geçen süreye üretim süresi denir. Akış süresi; hazırlık, taşıma, imalat ve kontrol gibi faaliyetlerin süresi kısaltılarak azaltılabilir. Akış süresinin büyük bir kısmını depolama kuyrukta bekleme ve stok gibi ürüne katma değer oluşturmeyen faaliyetler için harcanan zamanlar oluşturmaktadır. Bu faaliyetlerin ortadan kaldırılması akış süresinin düşürülmesinde en önemli katkıyı sağlayacaktır.

2.4.2 Maliyet

Hem yatırım hem işletme maliyetini içerir. Yatırım maliyeti ekipman ve ilk kuruluş aşamasında yapılan harcamalardır. İşletme maliyeti ise yıllık harcanan işçilik, malzeme ve enerji maliyetleridir.

2.4.3 Çıktı Kapasitesi

Sistemin toplam çıktısıdır. Eğer sistemde birden fazla ürün tipi çalışıyorsa kapasiteyi tahmin etmek daha zordur.

2.4.4 Toplam Üretim Süresi

Ham maddeden son ürüne kadar geçen zamandır. Şunları içerir; model değişim veya setup süresi, işlem süresi, kontrol süresi, hareket süresi ve bekleme süresi. Bu zamanların minimuma indirilmesi üretim sırasındaki envanter seviyesini de azaltacaktır.

2.4.5 Bekleme Süresi

Parçaların bir sonraki işlem için tampon alanda ya da kuyrukta bekledikleri süredir. Kayıplar işlem süresinin aksine ürüne katma değer eklemeyen bekleme süreleridir. Üretimde yedi tip kayıp vardır.

1. Fazla üretimden kaynaklanan kayıp,
2. Zaman harcamadan kaynaklanan kayıp,

3. Taşıma kayıpları,
4. İşlem kayıpları,
5. Envanter kayıpları,
6. Hareketlerden kaynaklanan kayıplar,
7. Üretim hatalarından kaynaklanan kayıplar.

2.4.6 WIP (Work In Proses) İşlem Halindeki İşler

İşlem halinde geçen zamandır. Yerden yere veya zamandan zamana değişebilir.

2.4.7 Kaynak Verimi

Kullanılan kaynağın verimidir. Yüksek kaynak verimi bu kaynağın ,sürekli kullanıldığını gösterir. Yüksek kaynak verimi kaynağın çalıştığı kuyrukta birikmeler olabileceğini gösterir.

2.4.8 Esneklik (Flexibility)

Üretimdeki hızlı değişimleri yapabilmektir. Esneklik şunlardan birinde veya her ikisinde olabilir.

1- Değişkenlik :Ürün tipinde değişiklik ve/veya karışık üretim olabilir. Üretim miktarında dalgalanmalar olabilir.

2- Esnek üretim: Karışık üretime üretimdeki dalgalanmalara karşı fazla kuyruk oluşturmada yapılabilen üretimdir.

2.4.9 Verim

Üretim açısından bakıldığında çıkan ürünün toplam giren ürüne oranıdır.(Sezer,2003)

3. MODEL KAVRAMI ve MODEL GEREKSİNİMİ

Mühendislik dallarında deneyleme olanağı yoktur. Daha başka bir deyişle sistem çalışmaları ile ilgili olarak önerilen eylem seçeneklerinin sonuçları gerçek sistem üzerinde deneylenemez. İnsan - makine sistemlerinde gerçek değişimler karşısında sistemin davranışını belirleyerek sisteme ilişkin genellemelerin doğruluk gösterimini yapmak mümkün değildir (Özkul,2001). Gerçeğin basitleştirilmiş kavramsal yada fiziksel ifadeleri olan modeller bu amaçla kullanılır (Binbaşoğlu, 1991). Sistemi davranış gösterimi olan modeller yoluyla belirli eylem veya girdilerin sistemdeki sonuçları kestirilebilir:

Model kurulması genel olarak iki ana fonksiyondan oluşur:

- ❖ Model yapısının belirlenmesi,
- ❖ Veri toplanması.

Model yapısının belirlenmesi, sistem çalışmasının amaçlarına bağlı olarak ilişkin öge, özellik ve amaç belirlenmesini içerir. Veriler ise öğelerin özelliklerine ilişkin değerleri ve amaçları belirlemekte kullanılır. Sistem çalışmalarında sistemin tüm öğelerinin ele alınmayacağı açıktır. Model de sistemin yerine geçtiği için tüm ayrıntıları içermeyen, sistemin basitleştirilmiş gösterimidir (Gordon,1978) .

3.1 Model Tipleri

Modeller çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir.

3.1.1 Birinci Tip Sınıflandırma

Sistemi soyutlama derecesine göre sınıflandırmadır.

- ❖ İkonik Model: Fiziksel bir büyüklüğün belirli bir ölçekte temsilidir. Örneğin fabrika modeli veya oyuncak arabalar.
- ❖ Benzeşim Modelleri: Gerçek büyüklüklerin daha kolay işlem yapılabilecek olan küçük parçalarla ifade edilmesidir. Örneğin, fabrika içi proses akışları.
- ❖ Sembolik veya matematik model: İncelenen sistem veya problemin matematik anlamda semboller seti ile temsil edilmesidir. Soyutlamada sistemin karar değişkenleri esas alınır. Bu değişkenler sistemin davranışlarını tanımlamak için uygun matematik

fonksiyonların kullanılması ile ilgilidir. Problemin çözümü matematik teknikleri modelde uygulayarak elde edilir.

3.1.2 İkinci Tip Sınıflandırma

Sistemin davranışlarına göre sınıflandırmadır.

- ❖ Deterministik Model
- ❖ Probabilistik Model
- ❖ Stokastik Model

Sembolik veya matematiksel bir model gerçek her durumu kapsarsa çok karmaşık olur. Modele katılacak her bir yeni değişiklik veya karakteristik bize daha az avantaj sağlayacaktır. Belirli değişkenlerle kurulan model ve gerçek sistem karşılaştırıldığı zaman bir sapma söz konusu olur. Bu ise daha az önemli varsayılan değişkenlerin modele katılmamasından doğar. O halde kararlardaki hataların iki kaynaktan doğduğunu söyleyenebilir.

a- Mantık hataları,

b- Model kurarken yetersiz yada yanlış değişken seçilmesi.

Modelin kullanılmasında ortaya çıkan sakıncaların ortadan kaldırılması, model kurma ve bilgi derleme süreçlerinin dengelenmesiyle daha geçerli bir modele erişilerek yapılır.

Kantitatif karar verme tekniklerinin uygulanabilmesi için model kurma konusunda önemli noktalar aşağıda verilmiştir.

- 1- Problem kantitatif ölçülere göre formüle edilmelidir.
- 2- İncelenmekte olan sistemin gerçek yapıdan soyutlanması veya bir modelin kurulması gerçekleştirilebilmelidir.
- 3- Bilgi derleme ve model karma aşamasında sistemin işlerliğini yansıtacak şekilde düzeltme yapılmalıdır.
- 4- Model sistemin yapısal durumunu yorumlamaya ve değerlendirmeye olanak vermelidir.

3.1.3 Üçüncü Tip Sınıflandırma

Dinamik sistem modellemesidir.

- ❖ Sembolik modeller, ilişkileri göstermek için kullanılan şekil ve sembollerden oluşur. Sembolik modellere örnek olarak proses akış diyagramı verilebilir. Sembolik modeller, hızlı kolay geliştirilebilir ve başkaları tarafından kolay anlaşılabilir.
- ❖ Analitik modeller, ölçülebilir çözüm veren matematiksel bir formüldür. Analitik model, basit bir aritmetik hesap veya verilen problem grubu için optimum çözüm sağlayan lineer programlama algoritmasıdır. Analitik modeller hızlı cevaplar bulur, optimum çözümü verir.
- ❖ Simülasyon modelleri, simülasyon sistemdeki neden-etki ilişkisini bilgisayara taşıyan gerçek sistemdekine benzer davranışlar üretebilen bir modelleme tekniğidir. Simülasyon işlemi modelde yer alan bütün hareketlerin istatistiksel özetini de üretir. Simülasyonun çalıştırılmasından sonra çıkan sonuçlar sistem performansı için ölçülebilir değerler verir. Bu açıdan bakıldığında simülasyon bir değerlendirme aracıdır.

Simülasyon modeli koşul aracı olarak görülür. Tasarımcı veya yöneticiye alternatif dizaynların ve işletim stratejilerinin bütün olarak sistem performansına nasıl bir etki ettiğini denemelerini sağlar. Bir deney aracı olarak simülasyon modeli belirli bir dizaynın etkisini test etmek için kullanılır. Kendi başına probleme bir çözüm üretmez. Çözümü değerlendirmeye yardım eder probleme derinlemesine bir bakış sağlar. Optimum çözüme ancak simülasyon çalıştırılarak ve alternatif çözümler karşılaştırılarak ulaşılabilir. Bugünkü simülasyon modelleri, kaynak kullanımını ve bekleme zamanlarının ölçülmesine imkan sağlar. Sembolik ve analitik modelden farklı olarak kompleks istatistiksel dalgalanmaları ve etkileşimleri de modelde gösterebilir. Simülasyon saklı verimsizlikleri, gizli fazlalıkları ayıklamaya yardım eder.(Yeroğlu,2001)

3.2 Sistem Kararları Verme Mekanizması

Şiddetli global rekabet, artan müşteri talepleri ve teknolojinin gelişmesi şirketleri yeniden düşünmeye zorlamıştır. Bugünün müşteri talepleri, yüksek kalite eksiksiz ürün veya servis, düşük maliyet yönünde artmaktadır ve müşteri beklemek istememektedir. Kalite, servis, fiyat ve dağıtım konusundaki müşteri beklentileri arttıkça hangi ürün yada servis olduğuna bakılmaksızın ürün ve servislere daha fazla dikkat etmek zorunluluğu doğmaktadır. Teknoloji

alanında ve bilgi alanındaki büyük değişiklikler daha iyi nasıl üretebiliriz kavramına dönüşmüştür. Alışıl gelmiş kütle üretiminden daha hassas karışık kütle veya isteğe bağlı üretime doğru geçiş yapıyoruz.

Üretim ve servis sistemlerindeki gelişmeler, bugün daha önce hiç olmadığı bir düzeye ulaşmıştır. Bu sistemlerin dizaynı ve yönetimi hiç bugünkü kadar zor olmamıştı. Bunun nedeni şu faktörlerden kaynaklanmaktadır.

- ❖ Değişme, ihtiyaçlar ve gelişen yeni teknolojiden dolayı sistemlerin ömürleri kısalmıştır.
- ❖ Büyüyen teknolojik karmaşıklık ve proseslerdeki daha büyük entegrasyonlardan dolayı sistemler daha kompleks hale gelmektedir.
- ❖ Yükselen müşteri beklentileri ve artan rekabetle başa çıkabilmek için sistemlerin daha fazla performansa ihtiyaçları vardır.

Geçerli tek şeyin sabit değişim olduğu bir devirde üretim ve servis sistemlerinin sürekli revizyonda olmasını beklemek doğaldır. Değişikliğe neden gerek duyulduğuna da şöyle sıralanabilir:

- ❖ Zaman geçtikçe makine ve ekipmanlar aşınma ve bozulma belirtileri göstermeye başlar.
- ❖ Yeni veya düzenlenmiş üretim ve servisler, yeni ya da düzenlenmiş sistemler gerektirir.
- ❖ Üretim veya servis yükündeki artış ya da azalışlar sistemi yeniden ayarlamayı gerektirir.
- ❖ Rekabetin artması veya verimin düşmesi daha karlı çalışmak için yollar aramaya zorlar.
- ❖ Yeni teknoloji bazı şeyleri yapmayı zorunlu kılar.

Sistemlerdeki değişiklik frekansının artması sistemlerin yaşam sürelerini gittikçe kısaltır. Örneğin Ford'un T modeli yıllar boyu değişmemesine karşılık bugün en fazla birkaç yılda modeller değişmektedir. Yeni bir sistem kurulup devreye alındığında bile ihtiyaçlar değişmiş ve daha yeni teknolojiler ortaya çıkmış oluyor. (Yeroğlu, 2001).

3.2.1 Sistem Karmaşıklığının Artması

Gelişen teknoloji, elverişli üretim ve servis sistemlerinin bir sonucu olarak sistemlerin planlanması gittikçe daha kompleks hale gelmektedir. Sadece konuyla ilgili konfigürasyon seçimi ve yeni teknoloji entegrasyonun karmaşık ve komplike olması değil aynı zamanda tam olarak ne kadar yararlanılacağına karar vermekte oldukça zordur.

Bu kadar karmaşıklığa ek olarak sistemler işleme ilgili daha çok aktiviteyi bünyelerine alarak genişlemektedir. Şirketler bugün müşterileri ile entegre olmakta ve kendilerine hammadde sağlayanlara da yaklaşmaktadır. Bu eğilim dizayn ve yönetim sistemlerini çok daha zorlaştırıyor.

3.2.2 Performans Gereksinimlerinin Artması

Sistem karmaşıklığının iyice artması ve sistem yaşam sürelerinin oldukça kısılması iş dünyasını, üretim verimini maksimumda tutmaya zorlamaktadır. Etrafımız verimsiz üretim örnekleriyle doludur. Bir fabrikada veya bir hastanede şöyle bir gezince hemen düzeltilebilecek bir veya birçok eksiklik ya da hata bulmak hiç de zor değildir. Fazladan bekleme süreleri, gereksiz fazlalıklar ve katma değeri olmayan işleri hemen her iş alanında bulmak mümkündür. Birçok sigorta şirketlerinin bir gün içerisinde sadece iki yada üç saatini gerçek işlemler ve sigorta poliçesi yazmak için harcadığı gözlenmiştir.

3.2.3 Planlama ve Değerlendirme Amaçlarının Önemi

Bugün şirketler üretim ve servis sistemlerini daha fazla etkileyen daha zor ve hızlı kararlar vermek durumundadır. Mühendisler ve yöneticiler sistem dizayn ve işletmeyi planlamak için daha iyi yardımcı araçlar bulmayı arzu etmektedir. İş analizi, akış çizelgesi, proses haritalama, lineer programlama gibi alışlagelmiş metotlar bugünün karmaşık problemlerini çözmeye yetmemektedir. Bu araçlar sadece sınırlı uygulamalarda kullanılır ve sistem performansını yeterli olarak ölçmeye yetmemektedir. Planlama ve değerlendirme araçlarının olmaması nedeniyle birçok şirket deneme yanılma metodunu uygulamakta, bu ise oldukça pahalı, zaman alıcı ve tahrip edici olmaktadır. Günümüzde ki değişmeler, üretim sisteminin performansını ayarlamak için deneme yanılma metoduyla öğrenme süresinden daha hızlı gerçekleşmektedir. Neredeyse bu metotla öğrenilen şeyler anlamını yitirmiş olmaktadır. Neden-sonuç ilişkisini anlamaya dayanan formal tahmin metodolojisine ihtiyaç vardır (Solberg, 1988).

4. SİMÜLASYONLA ÇÖZÜM

Bilgisayar simülasyonu, sistem dizayn ve analizinde hızla popüler olan bir araçtır. Simülasyon, mühendis ve planlamacılara sistemin dizaynı ve işletimiyle ilgili, zamanında ve zekice kararlar vermeleri için yardımcı olur. Simülasyon tek başına problemleri çözemez fakat problemi açıkça tanımlar ve sayısal olarak alternatif çözümleri değerlendirir. Koşul ‘what-if ‘ analizi yapabilen bir araç olan simülasyon önerilen herhangi bir çözüm için sayısal ölçüm ve analiz yapılabilir ve kısa zamanda en iyi alternatif çözümü bulmaya yardımcı olur. Yeni bir sistemi kurmadan veya işletme politikalarını test etmeden önce bilgisayarda sistemi modelleyerek, sistem ilk çalıştırıldığında karşılayabilecek birçok tuzağı önceden görmemize yardımcı olur. Devreye alma aşmasında iyi ürün elde etmek için aylar belki de yıllar süren çalışmalar simülasyonla günlere hatta saatlere sıkıştırılmış olur.

Simülasyonun çok fazla sayıda ve çok fazla özellikli değişkeni tek bir modelde toplayabilme özelliği, bugünkü kompleks sistemlerin dizaynı için vazgeçilmez bir araç olmasını sağlamaktadır. Servis sistemleri için müşteri akış planlama, personel yönetimi, kaynak yönetimi, ve bilgi akışının simülasyonunu yapmakta üretim sistemleri kadar önemlidir. Simülasyon, üretim ve servis sistemlerinde, sistemin nasıl işlediğinin anlaşılması dolayısıyla zekice ve değerli kararları verilmesi, gerçek sistemde denemeler yapmak için harcanan zaman ve paranın azaltılması, gerçek sistemdeki hata yapma riskinin minimuma indirilmesi için yardımcı olur.

4.1 Simülasyon Kullanımı

Simülasyon birçok yerde kullanılacak çok yönlü bir araçtır. Bazılarını şöyle sıralayabiliriz:

- ❖ Sistem dizaynı,
- ❖ Sistem yönetimi,
- ❖ Eğitim ve öğretim,
- ❖ Haberleşme ve satış,
- ❖ Halkla ilişkiler (Yeroğlu, 2001).

4.1.1 Sistem Dizaynı

Simülasyon uygulamada en çok varolan sistemlerin iyileştirilmesinde, yeni bir yatırım yapılacağı zaman yatırımın uygunluğunun analizinde ve yeni bir sistem tasarımında kullanılır (Holst and Bolmsjö, 2001).

Var olan bir sistemde geliştirme yapmak için simülasyon kullanıldığında mevcut sistem tahrip edilmemiş olur. Hayali nesneler ve kaynaklarla daha ucuz ve değişiklik yapmak için çok fazla esneklik sağlar.

Yeni bir sistem tasarımında model üzerinde denemeler yapılmak zorundadır. Çünkü gerçek sistem henüz ortada yoktur. Simülasyon, sistemin kuruluş aşamasında gerekli olan hata bulma ve hassas ayarlar için harcanan zaman önemli ölçüde azaltır. Temelde bir tasarım aracı olarak kullanıldığında ister yeni bir sistem tasarımı olsun ister var olan bir sistemin düzenlenmesi olsun simülasyon şu alanlarda kullanılabilir:

Metotların Seçimi: Bütün aktiviteler hep beraber mi olacak yoksa farklı işlerde mi yer alacak?

Teknoloji Seçimi: Manuel işlem yerine otomasyonu seçmenin etkisi nelerdir?

Optimizasyon: En iyi performans amaçlarına ulaşmak için optimum kaynak sayısı nedir?

Kapasite Analizi: Sistemin çıktı kapasitesi nedir?

Kontrol Sistemi Kararları: Hangi iş hangi kaynağa verilmelidir?

Simülasyon sistemi tasarımı aracı olarak, sistem tasarımında, mühendislik analiz aracı olarak ürün tasarımında ve üretim işlemlerinde kullanılır. Hatalar maliyetli olmadan yakalayan bir test aracıdır. Üretim her işlemde katlanarak artar. Simülasyonun hedefi birçok değişiklik yaparak sistem tasarım aşamalarının ilk başlarında hataları bulup sistemdeki değişiklik maliyetini minimumda tutmaktır.

Tasarım aşamasında hiç problemle karşılaşılmasa dahi, sistematik yapı oluşturmak ve sistemdeki her birimin uygun adreslendiğinden emin olmak için simülasyon çalışması yapmak faydalı olacaktır. Bu aynı zamanda sistem dinamiklerinin tamamını anlamaya yardımcı olacaktır, aksi halde tüm sistemi kavramak oldukça zor olabilir.

Proses tasarımına bir disiplin getirmesi ve sistemin bütününe bir bakış açısı getirmesi dahi simülasyon kullanmak için yeterli bir sebeptir.

4.1.2 Sistemlerin Yönetimi

Sistem operasyonlarını yönetirken malzeme ve müşteri akışının kontrolünde, simülasyon en iyi yolu bulmamıza yardım eder. Çoğu zaman simülasyon deneme yanılma metoduyla yönetimden kaynaklanan gereksiz ve güvenilir olmayan uygulamalardan kurtulmamıza yardımcı olur.

Sistem yönetimi tahminlere dayanan bir harekettir. Oransal tahmin sistematik öğrenme ve hareketlerin mümkün olan alternatiflerinin sonuçlarından çıkartılan uzun dönemli veya kısa dönemli tahminlerin karşılaştırılmasını gerektirir. Doğru yönetim kararları vermenin anahtarı alternatiflere göre doğru tahmindir. Simülasyon bütün alternatif durumların öngörülerini tam olarak sağlar. Alternatif üretim sıralamalarının işletme politikalarının, eleman seviyelerinin, iş özelliklerinin karar kurallarının vs. simülasyonunu yaparak bir yönetici çıktıları çok daha doğru tahmin edebilir ve daha etkili kararlar verebilir.(Yeroğlu,2001)

Sistemlerin yönetiminde simülasyon şu kararların verilmesine öncülük eder.

Üretim/Müşteri Sıralaması: Sistemdeki müşteri isteklerini tam olarak karşılayacak en iyi sıralama ve zamanlama nedir?

Kaynak Sıralaması: Hangi vardiyada hangi personel ve ekipman kullanılacak?

Bakım Sıralaması: Sistemde hangi koruyucu bakımlar yapılacak?

İş Önceliği: Maksimum kazanç elde etmek için en iyi iş önceliği sıralaması nedir?

Akış Yönetimi: Sistemdeki malzeme/müşteri akışını en iyi tutacak yol nedir?

Gecikme/Envanter Yönetimi: Müşteri bekleme ya da envanter seviyesini minimumda tutmanın en iyi yöntemi nedir?

Kalite Yönetimi: Kontrol noktalarının kaldırılması ve personelin kalite bilinci ve tam sorumlulukla işini yapması durumunda operasyonlar nasıl etkilenecektir?

4.1.3 Eğitim ve Öğretim

Günümüzde rekabette başarılı olmanın yolu bilgiye dayalı karar verme ve hızlı uygulamalardan geçmektedir. Yanlış veya yavaş kararlar şirketlere çok büyük maliyetler yükleyebilmektedir. Gittikçe karmaşılaşan bir ortamda stratejik kararların doğru alınma ihtimalini yükseltebilecek araçlar daha sık kullanılmaktadır(Erkut,1992). Simülasyon,

operatörlere, servis sorumlularına, yöneticilere sistemin nasıl işlediğini görmelerini ve alternatif yönetim kararları veya işletme politikalarını uyguladıklarında ne olacağını görmelerini sağlar.

Simülasyon, bugün karmaşık servis ve üretim sistemlerindeki yapıyı öğrenmeleri açısından öğrencilerin eğitimlerinde kullanılmaktadır. Farklı durumlarda hangi metodunun en iyi çözüm olduğunu ortaya çıkartacak olan problem çözme tekniklerini sınıfta öğrenmelerini sağlar.

4.1.4 Haberleşme ve Satış

Yenilenmiş haberleşme ve satış sistemlerinde, simülasyon boyunca yapılan görsel animasyon, sistem performansının nasıl olacağı konusunda harika bir çözüm sunar. Sistemin animasyonu ile yönetimin dikkatini nasıl çektiği ve düşüncelerini nasıl etkilediği çarpıcı şekilde görülecektir. Teknik bir sunuşu dinleyen bir kişi animasyonla birden dikkatini toplayacak ve not almaya başlayacaktır.

Müşteriye özel bir çözüm metodunu satmaya kalkıştığımızda bu kavramın etkisini ve faydasını gösterebilmek için animasyon çok uygundur. Simülasyon görsel ve ölçülebilir miktarlarca sistemin çalışmasını ispat ederek kavramları açıklamaya yardımcı olur. Bir tek resmin binlerce kelimeyi ifade etmesi gibi tam bir animasyonda binlerce resmi ifade eder.

4.1.5 Halkla İlişkiler

Teknolojiye öncülük eden şirketler ileri görüşlü olan şirketlerdir. Simülasyon şirketin imajını halkın ve müşterilerinin gözünde görselleştirerek yüceltir. Şirketin nasıl işlediğini dünyaya gösterir.

Geçmişteki şirketler yaptıkları işlerin ve stratejik konuların resimlerini veya modellerini müşterilerinin görmesi için vitrinlerine koyarlardı. Gelecekte ise üç boyutlu animasyonla gösterilen modeller ziyaretçi ve müşterilere kılavuzluk yapacaktır (Yeroğlu,2001).

4.2 Simülasyonun Temelleri

4.2.1 Simülasyon Kavramı

Simülasyon, gerçek bir sistemin modelini tasarlama sürecidir ve sistemin işlemesi için sistemin davranışlarını anlamak veya değişiklik stratejilerini değerlendirmek amacıyla bu

model üzerinde denemeler yapmayı sağlar. O halde model kurma ve modelin analitik olarak kullanımı simülasyon sürecini oluşturur. Simülasyon pek çok bilim dalına uygulanabilen bir tekniktir.

Model; bir objenin, bir sistemin veya bir fikrin temsilidir. Modelin amacı, sistemi açıklamak, anlamak veya iyileştirmek hususlarında bize yardımcı olmasıdır. Modellemenin şu fonksiyonları vardır:

- ❖ Düşünmeye yardım etme,
- ❖ Haberleşmeye yardımcı olma,
- ❖ Eğitime hizmet etme,
- ❖ Tahmin aracı,
- ❖ Denemelere yardım etme(Gordon,1978).

Simülasyon bir teori değildir ama problem çözmek için metodolojidir. Burada akla gelebilecek sorulardan biri simülasyonun ne zaman faydalı olacağı sorusudur. Aşağıdaki koşullardan biri veya birkaçı bulunduğu zaman simülasyona başvurulabilir:

- ❖ Problemin tam bir matematik formülasyonu mevcut değildir veya matematik modelin analitik yöntemlerle çözümü henüz bulunamamıştır. Çoğu bekleme hattı, kuyruk modelleri bu grupta yer alır.
- ❖ Analitik yöntemler çözüm için elverişlidir, ancak matematik yöntemleri çok karmaşıktır.
- ❖ Analitik çözümleri vardır ve kullanılabilir ama problem üzerinde çalışanlarda bu bilgiler yoktur.
- ❖ Belirli parametrelerin tahmin edilmesi için simülasyona başvurulabilir.
- ❖ Deneme yapma açısından simülasyon tek yol olabilir.
- ❖ Sistemlerin veya süreçlerin davranış karakteristiklerini ortaya koymak zaman gerektirebilir (Yeroğlu, 2001).

4.2.2 Simülasyon Nedir?

Simülasyon kavramı ile ilgili pek çok tanımlama yapılmıştır, çeşitli kaynaklardan alınan

simülasyon tanımları;

Simülasyon, verilen bir sistemin davranışı hakkında neden-sonuç ilişkisine dayalı sonuçlar çıkartabilmek için ilgili modelin davranışlarını incelemektir.

Simülasyon, insan-makine sistemlerinin davranışını gösteren matematiksel veya mantıksal modeller kullanarak bilgisayar aracılığıyla -sistem üzerinde deneyler yapmaya yarayan sayısal yöntemlerdir(Schmidt,1970)

Simülasyon , sistemi temsil edebilecek bir model oluşturma işlemidir.

Simülasyon, geliştirilen veya yeniden düzenlenen sürecin proses işlemlerini tamamlamada ve deneme çalışmalarını yürütmeye ve süreçlerin hata zamanlarını tahmin etmek için yapılan deneysel çalışmadır.(1)

Simülasyon, gerçek yada türetilmiş bir zaman süresinde işletim sisteminin ya da bir bileşenin davranışını betimlemek üzere, matematiksel veya mantıksal modeller doğrultusunda deneylerin izlenmesi yöntemi olarak tanımlanmaktadır. (Çınar,1999)

Simülasyon, sistemin davranışını anlamak veya sistemin işlemesi için göz önüne alınan değişik stratejileri değerlendirmek amacıyla yönelik olarak, gerçek sistem modelinin tasarlanması ve bu model ile deneylerin yürütülmesi süreci olarak tanımlanabilir(Holst and Bolmsjö,2001).

Bu tanımlamalara göre simülasyon aşağıdaki işlevleri yerine getiren deneysel ve uygulamalı bir yöntemdir:

- ❖ Sistemin davranışını gözler ve tanımlar.
- ❖ Gözlenen davranış için geçerli olan teoriler ve hipotezler kurar.

Bu teorileri, gelecekteki davranışı öngörmek için kullanır. Yani sistemdeki veya işleme yöntemindeki değişiklikler sonucu oluşacak olan etkileri araştırır.

Bir bilim dalı olmasının yanı sıra bir sanat olarak da algılanan simülasyon yaklaşımının tercih edilmesi, uygulaması ve bu uygulamanın başarılı olabilmesi için böyle bir yaklaşımın kullanımını gerektiren koşullarında gelişmiş olması gereklidir. Bu koşulları şu şekilde sıralayabiliriz:

Belirsizlik: Çevre koşullarındaki ve iş olaylardaki belirsizlik öğelerinin fazlalığı ve yönetsel kararlar büyük ölçüde belirsizlik altında alınma zorunluluğu.

Rassallık: Çevresel gelişmelerin belli bir kurala ve düzene bağlı olmadan rassal olarak oluşması.

Deneysellik: Çevre koşulları ile iç yapıdaki değişkenler, parametreler ve sistemi sınırlandıran kısıt ve varsayımlarda değişiklikler yaparak alternatif plan, karar ve yön oluşturma gereksiniminin bulunması.

Davranış analizi: Yönetim ve karar sistemlerinin, belli gelecekteki belli bir noktada içerdikleri çözüm değeri yerine, gelecek sahnesindeki davranışlarının ve farklı politikalara gösterdikleri tepkilerin analiz edilmesi gereksiniminin ön planda olması.

Sistem görüşü: Yapı, sistem ve olayları bir bütün olarak ve çok yönlü geniş bir görüşle incelenme gereksiniminin bulunması.

Evrimsellik: Yapı, sistem ve olayların zaman içindeki nicel ve nitel değişimlerinin incelenme zorunluluğunun bulunması (Erkut, 1992).

4.2.3 Simülasyonun Tarihsel Gelişimi ve Artan Önemi

Simülasyon tarihi " WEICH " şeklinde adlandırılan Çin Savaş Oyunlarından, 5000 yıl öncesinden gelir ve 1780'lere kadar devam eder. Prussian'ların bu oyunları ordularındaki trenlerde kullanana kadardır. O zamandan beri, tüm askeri güçlerin başkanları, simüle edilmiş çevre koşulları altında askeri stratejileri test etmek için savaş oyunlarını kullanmışlardır.

2. Dünya Savaşı esnasında büyük matematikçi Jhon Van Neumann tarafından bu teknik askeriyeden ve operasyonel oyunlardan yeni bir teknik olan Monte Carlo Simülasyon Tekniği geliştirilmiştir. Bir nicelik miktar tekniği olarak Los Alamos Scientific Laboratuarında nötronlarla çalışılırken, Van Neumann Simülasyonu, elle veya fiziksel modellerle analizi karmaşık ve pahalı olan fizik problemlerini çözmede kullanıldı. Nötronların rassal yapısı ihtimallerle uğraşmada rulet tekeri kullanımını önerdi. Oyun yapısı nedeni ile Van Neumann Kanunların değişimi çalışmasını Monte Carlo Modeli olarak adlandırdı (1).

1950 'lerde iş bilgisayarlarının gelişi ve birleşik kullanımı ile simülasyon bir yönetim aracı olarak gelişti. Bu yıllarda uzay sanayisinde kullanılmaya başlandı. 1960'larda endüstriyel sistemlerde kullanılmaya başlandı. Simülasyonun çok yavaş gelişmesi, o dönemlerde bilgisayarın çok pahalı olmasıdır. Modelleme yapmak için çok pahalı programlar gerekiyordu. Bilgisayarların işlem hızı çok yavaştı ve bellek sınırlı idi. Simülasyon modelleri ilk önce FORTRAN gibi genel programlama dilleri kullanılarak geliştirilmiştir.

Simülasyona olan ilgi arttıkça birçok sistemin benzer özelliklere sahip olduğu fark edildi ve genel modelleme dilleri oluşturulmaya başlandı. Birçok simülasyon dilleri (GPSS, SIMAN, SLAM, v.b.) kuyruk sistemi olarak bilinen sistemleri modellemek için geliştirildi. Bu diller varlık işleme süresi, kaynak kullanımı ve kuyruktaki durumu tanımlayabiliyordu. Ayrıca raporlama kapasitesine sahipti.

1980'lerde simülasyonun çok farklı endüstrilerde kullanılmasıyla daha çok endüstriye özel simülasyon ürünleri (AutoMod, Promodel, witness) geliştirilmeye başlandı. Bu ürünlerin programlama kapasitesinin çok az olması nedeniyle bir yazılım dilinden çok Simulator olarak adlandırıldılar. Bu ürünlerden bazıları bugün tam programlama kapasitesine sahip esnek bir simülasyon dili haline gelmiştir(2).

Simülasyon ürünleri giderek daha uyumlu ve kullanımı kolay hale gelmektedir. Çünkü belirli endüstriler için belirli terminolojiyi kullanırlar ve bu endüstride çalışanların bu terminolojiyi anlamaları çok kolaylaşır.

Simülasyon ürünlerinin şu özellikleri de zamanla daha gelişmektedir;

- ❖ Dağılımların giriş verilerine uyumu,
- ❖ Model bileşenlerinin grafiksel girişi,
- ❖ Kılavuzlu giriş için diyalog kutusu,
- ❖ Anında yardım ve öğretici,
- ❖ İnteraktif hata bulma,
- ❖ Mantık ve tamlık kontrolü,
- ❖ Otomatik model geliştirme,
- ❖ Amaca yönelik deney ve dizayn modülü,
- ❖ Çıktıların tam istatistiksel analizi ve çıktı grafikleri.

Bu özellikleri geliştirilebilir ve tam uyumlu bir dil sağlar. Bu nedenle simülasyon bir dilden çok bir sistem özelliği gösterir.

Simülasyonun diğer bir gelişim trendi görsel interaktif simülasyondur. Modeli kullanan aktif olarak simülasyona müdahale edebilir. Simülasyon çalışırken, iş ataması, eleman seviyesinin

belirlenmesi v.s. gibi şeylere karar verilebilir. Bu müdahale edilebilir model denemeler yapmak ve kavram geliştirmek için kullanılabilir (Yeroğlu,2001).

4.2.4 Simülasyonun Kullanım Alanları

Simülasyonun üretim ve servis sistemlerindeki popülaritesinin artması ise son 10 yılda olmuştur. Birçok şirkette planlama ve değişiklikleri değerlendirmek için simülasyon kullanımı standart hale gelmiştir. Simülasyon kullanımının artmasının nedenlerini şöyle sıralayabiliriz:

- ❖ Teknolojinin daha iyi farkına varma ve daha iyi anlama
- ❖ Simülasyon yazılımlarının bulunabilirliğinin, kapasitesinin ve kullanım kolaylığının artması
- ❖ Bilgisayar işlem hızlarının ve belleklerinin artması
- ❖ Bilgisayar donanım maliyetlerinin düşmesi

Simülasyon geçmişte alternatif teknikler arasında en son başvuru alan ve uzman kişilerin kullanabileceği bir kaynak olarak görülmekteydi. Bugün ise bilgisayar teknolojisinde yaşanan hızlı gelişme ile birlikte yöneticiler ve planlamacılar için karar destek sistemleri arasında hak ettiği konuma yükselmiştir. Basitleştirilmiş veri giriş çizelgeleri, otomatik raporlama ve grafik arabirimleri sayesinde simülasyon kullanımı gittikçe kolaylanmakta ve yaygınlaşmaktadır.

Simülasyonun en başta gelen kullanım alanı üretim sistemleridir. Depolama ve dağıtım sistemlerini içeren üretim sistemleri, öğeler arası ilişkileri belirlenmiş olup simülasyon modellemesi için çok uygundur. Ayrıca üretim sistemleri, sermaye yatırım maliyetlerinin yüksek olması ve analiz amaçlı olarak sistemde yapılacak değişikliklerin etkisi büyük olacaktır, bu yüzden simülasyon en uygun analiz tekniğidir (Sezer, 2003).

Simülasyon teknikleri ekonomiden davranış bilimlerine kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarından bazıları şunlardır:

Havalimanlarında pist sayısı, bakım onarım personeli sayısı, terminal, hangar, gümrük bölümlerinin kapasitelerinin belirlenmesi, kavşaklarda trafik akımının yönü ve yoğunluğuna bağlı olarak trafik ışıkları sürelerinin belirlenmesi, işletmelerde bakım onarım görevlileri sayısının belirlenmesi, telefon sistemlerinde santral kapasitesi ve kanal sayısının belirlenmesi, sağlık sistemlerinde yatak kapasitesi, görevli sayısı, muayene ve tedavi birimlerinin tasarımı, kent içi ulaşım sistemlerinde otobüs seferlerini programlanması, ekonomi politikasında

yapılacak değişikliğin tüm ekonomiye olan etkilerinin belirlenmesi, dağıtım ve envanter sistemlerinin tasarım ve geliştirilmesi (Özkul,2001).

4.2.5 Simülasyonun Uygun Olduğu Durumlar

Bütün problemler simülasyon yardımıyla çözülmeyebilir. Simülasyonun konuya uyması gerekir. Eğer amaç sadece iş akış sırasını görmekse basit bir akış çizelgesi yeterli olur. İşlem kapasitesini bulmak kümülatif bozuk ürünü tespit edebilmek için basit matematik işlemler yeterli olabilir. Yani küçük bir koliyi taşımak için büyük bir tır kamyonu kullanmaya gerek yoktur.

Simülasyon, üretim sistemlerinin tasarım ve analizinin yapılmasında bir numaralı araç ve metottur. Simülasyon, gerçek sistemde büyük maliyetler oluşturacak, uzun zaman alacak değişiklikleri kısa sürede analiz ederek değerlendirilmesini sağlar, gerçek sistemin davranışlarını açıklar, sistemin performansının görülmesini sağlar, sistem tasarımında çeşitlilik sağlar (Aghaie ve Pooleçell,1997).

Sistemin karmaşıklığı simülasyon kullanımını seçmek için belirleyici bir etkidir. Örneğin eğer bir makinenin yanına ikinci bir makine ekleniyorsa bunun etkisini hesaplamak kolaydır. Ama eğer bir çok seri işlemin olduğu karmaşık bir yapısı varsa eklenen bir makinenin sistem çıktısını nasıl etkileyeceğini tahmin etmek Çok daha zordur. Genel olarak şu durumlarda simülasyon faydalı bir araç olur;

- ❖ Simülasyon, sistem analizcilerini daha genel ve geniş düşünmeye zorlar.
- ❖ Simülasyon, sistemleri evrimselliklerini öne çıkararak, dinamik yapılarının incelenmesini zorlar.
- ❖ Simülasyon yaklaşımı ile, dinamik sistemlerin gerçek zamanı, daraltılmış veya genişletilmiş süre içinde incelenebilir.
- ❖ Matematik modeller ile analitik çözümler bulunduktan sonra, simülasyon bunların doğruluğunu gerçeklemek üzere kullanılabilir.
- ❖ Simülasyon, herhangi bir sistemin içsel etkileşimlerini inceleme ve bunlar üzerinde deneyler yapma olanağını verebilir.
- ❖ Bildiğimiz bir sistemin, değişen koşullar ve yeni durumlar altında nasıl bir davranış göstereceğini araştırmak üzere deneyler yapmak için simülasyondan yararlanılabilir.

- ❖ Simülasyon modeli zerinde yapılacak incelemeler için gerekli veriler çoğu kez gerçek yaşamda olduğundan daha ucuz elde edilir.
- ❖ Sistemin verilerinin ayrıntılı ve yeterli olmadığı durumlarda simülasyon yöntemleri boşluğu kapatabilir.

Simülasyon modeli, kurulduktan sonra sistemin farklı durumlarının incelenmesi için istenildiği kadar süre kullanılabilir. Simülasyon modeli kurulacak olan sistemin, ayrıntılı gözlemi, sistemin daha iyi anlaşılmasını, daha önce fark edilmemiş eksikliklerin giderilmesini ve daha kullanışlı, daha etkin ve daha işlevsel bir sistem kurulmasını sağlayabilir. Matematik estetikten yoksun olmasına karşın simülasyon, yönetimi sorunlarının analizinde en çok kullanılan nitel tekniklerden bir tanesi olmaya devam etmektedir. (Özkul,2001)

4.3 Simülasyonun Ekonomik Nedenleri

Simülasyon kullanmada isteksiz olunmasını bir nedeni çok pahalı ve zaman alıcı olduğu yönünde yanlış bir kanı bulunmasıdır. Simülasyonun maliyeti, ilk yatırım ve çalıştırma maliyeti ayrıca bağımsız projeleri modelleme maliyetinin toplamıdır. Eğitimde dahil olmak üzere ilk yatırım maliyeti 10.000\$ ile 30.000\$ arasında değişir. Bu maliyet çoğu zaman ilk ya da ikinci projede kendini amorti eder. Kullanım maliyeti ise toplam proje maliyetinin yüzde 1 veya 3'ü kadardır (Yeroğlu, 2001).

Bir çok uygulamalarda projenin getirisi maliyetinden çok fazladır. Aslında sistemin nasıl çalıştığını anlamak için zaman nasıl olsa geçecektir. Bu süre içerisinde modelin kurulması gerçekleşebilir. Eklenecek olan ileri düzey modelleme araçları ise sadece birkaç gün ya da birkaç hafta zaman alır. Bu ise tüm projenin gerçekleşme zaman dikkate alındığında küçük bir zaman dilimidir.

Simülasyon üretim ve servis sistemlerinin performanslarında kısa zamanda büyük artışlar sağlamaya yardımcı olur. Verimli işleyen bir sistem elde edildiğinde simülasyon için harcanan para ve emek önemsiz kalır. Dizayn aşamasında simülasyon yapılması, öngörülmeleyen problemlerin ve verimsizliklerin tespit edilip tanımlanmasını ve elimine edilmesini sağlar. Aynı zamanda performansı etkilemeyen ve belirli olmayan fazlalıkların ve gereksiz koruma önlemlerinin açıklanmasını sağlayarak maliyetleri azaltır. Simülasyon kullanarak yüz binlerce dolar kar eden şirket sayısı az değildir. Model oluşturulduğunda çok büyük karlar edilmese dahi en azından dizayn edilen sistemin beklentilere cevap verdiği görülür, riskleri minimize eder ve çalışmaya daha güvenle başlamayı sağlar.

Çoğu zaman simülasyon yardımıyla çok pahalı yatırımlara ve genişlemelere gerek kalmadan mevcut ekipmanlarla verimlilik ve üretim artırılabilir. Sistemin tamamına kısa bir zaman içerisinde bütün olarak bakmak, uzun zamanda karşılayabilecek olan darboğaz, verimsizlik, fazlalık gibi problemleri görmemizi ve önlem almamızı sağlar (Sezer, 2003).

4.4 Simülasyon Kullanılırken Dikkat Edilecek Hususlar

Simülasyonun faydasının ispatlanmasına rağmen bazı durumlarda, potansiyel tehlike durumuna gelebilir. Simülasyon kullanırken şu noktalara dikkat edilmelidir.

- ❖ Başlangıçta pahalı ve zaman alıcı olabilir.
- ❖ Bazen daha basit ve daha iyi çözümler gözden kaçabilir.
- ❖ Sonuçlar yanlış yorumlanabilir.
- ❖ İnsan ve teknoloji faktörleri ihmal edilmiş olabilir.
- ❖ Simülasyon sonuçlarına çok fazla güvenilmiş olabilir.
- ❖ Sonucun geçerli olduğunu doğrulamak zor olabilir.
- ❖ Analitik çözümü mevcut olan konularda simülasyona başvurulmuş olabilir.
- ❖ Simülasyon teknolojisinin gelişmesine ve model kuran kişiyi ayrıntılarla daha az uğraştırmasına rağmen bu aracı akıllıca kullanabilmek için oldukça zaman harcaması gerekir.

4.5 Kesikli Olaylarla Sürekli Olayların Simülasyonunun Karşılaştırılması

Simülasyon tiplerini sınıflandırmada sıklıkla kullanılan tanımlamalardan birisi de kesikli olay simülasyonu ve sürekli sistem simülasyonudur. Kesikli olay simülasyonunda sistem durumundaki değişimler zamanın olaylarla tetiklenen belirli aralıklarında meydana gelirler. Parçanın iş istasyonuna gelmesi, kaynaklardan birinin faaliyetinin arıza nedeniyle durması, faaliyetin tamamlanması veya vardiyanın sona ermesi, tipik simülasyon olaylarına örnek olarak gösterilebilir. Olay gerçekleştiğinde sistem durumunda bir değişiklik meydana gelir. Modelin durumu, modeli oluşturan elemanların belirli bir zamandaki durumları bütünsellik açısından değerlendirilerek belirlenir. Kesikli olay simülasyonundaki durum değişkenleri, kesikli durum değişkenleri olarak adlandırılır. Bir restoran simülasyonu kesikli olay simülasyonu için güzel bir örnektir. Çünkü, restoranda bekleyen müşteri sayısı gibi

modeldeki durum değişkenlerinin tümü kesikli durum değişkenidir. Üretim ve servis sistemlerinin büyük çoğunluğu kesikli olay simülasyonu kullanılarak modellenir (Taha, 1997).

Bazı simülasyon yazıları hem kesikli, hem de sürekli olayları modelleme kapasitesine sahiptir bu tür sistemlere melez sistemler denir. Günümüzde geliştirilen simülasyon paket yazılımlarının pek çoğu hem kesikli hem de sürekli sistemlerin modellenmesine olanak sağlamaktadır. Sürekli durum değişkenleri içeren proseslerin pek çoğunda kesikli durum değişkenleri de mevcuttur. Örneğin yakıt tankerlerinin veya müşterilerin benzin istasyonuna gelişleri kesikli bir proses iken yakıt tanklarının doldurulması sürekli bir prosestir.

Sürekli ve kesikli durum değişkenleri arasında dört tip etkileşim bulunur:

1. Kesikli olaya bağlı olarak sistemdeki sürekli değişkenin değeri ani olarak artabilir veya azalabilir (bir envanter modelinde stokun yenilenmesi),
2. Kesikli olayın gerçekleşmesiyle sürekli değişkende eşik değerine ulaşılabilir (envanter modelinde yeniden sipariş noktasına ulaşılması),
3. Sürekli değişkendeki değişim oranı kesikli olayın meydana gelmesi sonucunda değişebilir. (talepteki ani bir değişime bağlı olarak envanter kullanım oranındaki değişim),
4. Kesikli olayın meydana gelmesi sonucunda sürekli değişkendeki değişim başlatılabilir veya kesintiye uğratılabilir (envanterin yenilenmesi veya tüketilmesinin sürekli değişkendeki sürekli değişimi başlatması veya sonlandırması) Böylece sistemlerin hem kesikli, hem de sürekli karakteristikleri modellenebilir (Sezer, 2003).

4.6 Stokastik ve Deterministik Simülasyonun Karşılaştırılması

Simülasyonun en güçlü özelliklerinden biride rasgele olayları veya değişimleri modelleyebilmesidir (İşlem süresi, ret oranları, geliş aralıkları v.s.) Hemen hemen her üretim ve servis sistemlerinde bu tür rasgele değişim ve davranışlar olabilir. Doğasında rasgelelik olan bir veya daha fazla değişkene dayalı olarak kurulan modellere stokastik modeller denir. Bir stokastik model kendiliğinden rasgele olan bir çıktı üretebilir. Ve modelin doğru olan davranışını tahmin edebilir. Hiç rasgele girdisi olmayan bir modele de deterministik model denir. Deterministik modelde bütün giriş verileri tanımlanmıştır. Deterministik modeldeki hareketler ve sonuçlar her zaman aynıdır. Rasgele girişler dışında, deterministik simülasyon

modeli stokostik modelle tamamen benzer şekilde kurulur. Temel farkları çıktıların analiz metodundadır. Deterministik modelde simülasyon modelinin bir defa çalıştırılmasıyla elde edilen sonuç modelin performansının tam olarak oluşumunu verir. Stokastik modeller içinse simülasyon bir çok defa çalıştırılır ve sonuçların ortalaması alınır. Bu sonuç ise, sadece modelin beklenen performansının tahmini değerini verir.

Model değişkeni rasgele demek, tanımlanamaz veya tahmin edilemez demek değildir. Fakat modellenen olay istatistiksel olarak değişiyor demektir. İstatistiksel değişen olaylar, tahmin edilebilir olaylardır. Bir modelde rasgele olay tanımlamak, olayın çıktısına ya da değerine bağlı olarak olasılık ifadeleriyle veya olasılık dağılımlarıyla tanımlanabilir (Özkul, 2001).

4.7 Olasılığa Bağlı Çıktıların Simülasyonu

Olasılığa bağlı çıktılar belirli zaman aralığındaki veya belirli bir sonuca bağlı kararlara dayanır. Her defasında simülasyon süresince karar verilir. Örneklem değerleri 0 ve 1 arasındaki sürekli dağılımından rasgele çıkartılır. 0 ve 1 arasında rasgele sayı üreten formüle, rasgele sayı üretici denir. Çıkartılan örneklem değerleri sistemdeki çıktı kararlarını belirler.

4.8 İstatistiksel Değişen Değerlerin Simülasyonu

Stokastik sistemler çoğunlukla bir olaydan diğerine istatistiksel olarak değişen zaman veya miktar değerlerine sahiptir. Olasılık dağılımı, hem değer alanını, hem de olasılığı verir. Bir sonraki zamanı, uzaklığı, miktarı vs. yi tahmin etmek için kullanılır. Örneğin makine bozulma sürelerinin ortalama süresi v.s. gibidir. Olasılık dağılımları, basit olasılık ifadelerinden farklıdır. Dağılımın alanını ve şeklini tanımlamak için birden fazla parametre ile ifade edilirler. Örneğin bir kontrol işlemini 5.2 ortalama ve 0.4 dakika standart sapmaya sahip bir normal dağılımla tanımlayabiliriz. Simülasyon süresince bir sonraki işlemin belirlenmesi gerektiğinde bu dağılım kullanılarak örneklemeler çıkartılabilir. Belirli bir dağılımdan çıkartılan değerler rasgele değişimler olarak adlandırılır. Olasılık dağılımları kesikli veya sürekli olabilir.

Olasılık dağılımına şöyle bir örnek verebiliriz; bir makinenin bozulmaları arasındaki süre 30 dakika ortalamalı eksponansiyel bir dağılım olabilir. Gerçek hayatta makine arızalanıncaya kadar tam olarak ne kadar zaman geçeceğini bilemeyiz. Bununla birlikte istatistiksel dağılımını biliyorsak bir sonraki bozulmanın oluşumunu bulmak için rasgele bir değer çıkartabiliriz. Yani bir sonraki bozulmayı tahmin edebiliriz (Sezer, 2003).

5. SİMÜLASYONLA ÇALIŞMAYA GİRİŞ

5.1 Yönetim Kararları

Her yeni projede olduğu gibi simülasyonda da başarılı olmak için şirket yönetiminin kararlarıyla destekleri çok önemlidir. Yeni bir teknolojiden fayda sağlamaya başlamak zaman alır ve çok dikkat gerektirir. Yönetimin desteği olmadan simülasyon gibi teknolojilerin başarı şansı çok zayıf olur. Planların yapılmasında, kaynak ve fon bulmada mutlaka destek gerekir.

Yönetim desteğini almanın en iyi yolu, simülasyonun faydalarının ve simülasyonun nasıl uygulanacağını çok iyi anlatılmasından geçer. Bu aynı zamanda yönetimin yanlış beklentilere girmesini de engeller. Bir çok simülasyon projeleri, yönetimin üç aylık bir işi üç günde bitirilmesini beklemesi nedeniyle, başarısızlığa uğrar. Yine yönetimin simülasyon konusunda yetişmiş eleman kullanmak yerine günlük işleri yapan insanları kullanması nedeniyle de projeler başarısızlığa uğrar.

5.2 Simülasyona Başlamanın Adımları

Yönetim simülasyon teknolojisinin temellerini anladıktan ve işlerindeki gereğine inandıktan sonra gerekli adımlar atılabilir. Şu sırayla adımları atmak faydalı olabilir.

Adım 1 : Simülasyon liderinin atanması.

Adım 2 : Simülasyon ihtiyaçlarının belirlenmesi.

Adım 3 : Mevcut simülasyon teknolojilerinin değerlendirilmesi.

Adım 4 : Simülasyon yazılımının seçilip değerlendirilmesi.

Adım 5 : Donanım ve ekstra yazılım ihtiyaçlarının belirlenmesi.

Adım 6 : Pilot projenin oluşturulması.

5.2.1 Simülasyon Liderinin Atanması

Simülasyonun başarılı olduğu her iş alanında simülasyonu görsel hale getiren en azından bir başarılı lider vardır. Sadece simülasyon teknolojisini anlamakla kalmayıp yöneticilerdeki şüpheleri aşabilen bir kişinin gayretleriyle çalışmalar başarılı olabilir. Bu çalışma, hem teknolojilerdeki gelişmeleri hem de simülasyonun sağladığı fırsatları anlatmaya ve dolayısıyla

bu teknolojinin kabul edilmesine yardımcı olur. Bu bireysel çalışmalar potansiyel kullanıcıların eğitilmesine de yardımcı olur.

Simülasyon uzmanlarının sadece bu bireysel çalışmalara odaklanmalarına gerek yoktur. Daha geniş açıdan bakmaları gerekir. Bazı büyük şirketler bir ya da birkaç simülasyon modelleme grubu oluşturmalarına rağmen çoğu şirket simülasyon projesi için bir grup oluşturma lüksüne sahip değildir. Şirketlerde çok az ya da hiç tecrübesi olmayan kullanıcılar bu konuda uzmanlaşabilir hatta eğitim dahi verebilirler.

5.2.2 Simülasyon ihtiyaçlarının belirlenmesi

Bir veya daha fazla simülasyon lideri belirlendikten sonra bu kişiler şirketin simülasyon ihtiyaçlarını belirlemeye başlarlar. Uzun dönemli veya kısa dönemli çalışmalar için şu sorular dikkate alınmalıdır.

- ❖ Simülasyon hangi sıklıkla kullanılacak?
- ❖ Hangi uygulamalarda kullanılacak?
- ❖ Modellenecek sistemin karakteristikleri nelerdir?
- ❖ Kimler kullanacak?
- ❖ Kimlere sunulacak ya da satılacak?
- ❖ Kullanım sıklığı ne olacak?

Bazı organizasyonlarda simülasyon, yılda bir ya da ikiden fazla kullanılmaz. Sadece önemli değişikliklerde kullanılır. Bu durumlar da modelleme işlemi için bir danışmanla anlaşmak daha uygun olabilir. Eğer daha sık kullanılıyorsa bir veya daha fazla kişiyi bu konuyla görevlendirmek uygun olabilir.

5.2.2.1 Uygulama Tipleri

Simülasyon yazılımının seçimi için uygulama tipleri önemlidir. Eğer uygulama çok özellikli ve spesifik ise, birden fazla simülasyon yazılımını incelemek gerekebilir. Modellenecek uygulamalar için uygun yazılımın seçilmesi gerekir.

5.2.2.2 Sistem Karakteristikleri

Modellenecek sistemin karakteristiklerinin yazılımın seçimine önemli etkisi vardır. Seçilecek yazılımın, modellenecek olan sistemin büyüklüğüne, karmaşıklığına göre seçilmesi gerekir. Kullanıcılar Simülasyon kullananların yetenekleri zamanlarının simülasyonun uygulanmasına önemli etkiler modelleri oluşturabilirler. Simülasyonun etkisi büyük ölçüde simülasyon yapan kişinin yeteneğine ve sistemdeki neden-etki ilişkisinin iyi belirlenmesine bağlıdır.

Son yıllarda geliştirilen kullanımı kolay simülasyon yazılımları sadece simülasyon uzmanlarını değil mühendis ve yöneticileri de simülasyon kullanımına cesaretlendirmektedir.

5.2.2.3 Müşteriler

Simülasyonun başarısının en önemli ölçüsü müşterilerin sonuçtan memnun olmalarıyla ölçülür. Bu nedenle, müşteri ihtiyaçlarını belirlemek, onların beklentilerini oluşturmak bakımından önemlidir. Böylece daha gerçekçi beklenti içerisine girerler.

Diğer birçok teknolojide olduğu gibi simülasyon da iki tip müşteriye hitap eder. Dış müşteri ve iç müşteri. Organizasyondaki hemen her fonksiyon iç müşteridir. Dahili olarak, üretim veya endüstri mühendisleri yeni işlemleri ve prosedürleri değerlendirmek için, işletme müdürleri çeşitli çalışma alternatiflerini değerlendirmek için pazarlamacılar ürünü tanıtmak için, satın almacılar maliyetleri değerlendirmek için, bakımıcılar alternatif bakım politikalarını değerlendirmek için, kalite kontrolcüler alternatif kontrol yöntemlerini değerlendirmek için simülasyonu kullanırlar.

Harici olarak, simülasyon müşterileri, şirketin müşterileri veya şirketin alt yapımcıları olabilir. Alt yapımcılar organizasyonların dağılımını nasıl etkilediğini bulmak için, müşteriler ise şirketin istedikleri kapasiteye sahip olup olmadığını görmek için simülasyonu kullanırlar. Bankalar ve finansal kuruluşlar ise yeni sistemlerinize olan kredi ihtiyaçlarınızı değerlendirmek için kullanırlar.

5.2.3 Mevcut Simülasyon Teknolojisini Değerlendirmek

Yazılım ve donanım teknolojilerinin gelişmesi en yeni ve en gelişmiş yazılımı seçmek için değerlendirme yapmayı önemli hale getirir. Bu aynı zamanda bütçeyi oluşturmaya ve zamanlama yapmaya yardımcı olur.. Organizasyonlar en yeni teknolojiden daha çok fayda sağlayacaktır. Aşağıda simülasyon ve modelleme teknikleri için bazı bilgi kaynakları verilmiştir. Bunlar;

- ❖ Uzman eğitimciler tarafından verilen seminerler,
- ❖ Kitaplar ve videolar,
- ❖ Eğitim sunuşları,
- ❖ Simülasyon konusunda yazılan makaleler,
- ❖ Konferanslarda sunulan ve basılan yazılar,

Simülasyon teknolojisini değerlendirme aşamasında şu sorular yardımcı olur.

- ❖ Simülasyonda uzmanlaşmak ne kadar zaman alır?
- ❖ Teknolojiyi değerlendirirken hangi problemlerle karşılaşabilirsiniz?
- ❖ Toplam yatırımımız ne kadar?
- ❖ Beklediğiniz faydalara ulaşabilir misiniz?
- ❖ Model geliştirme ve analizinde hangi uzmanlardan yardım alınacak?
- ❖ Başarı için hangi özelliğe ihtiyaç duyuyorsunuz?

Bu sorulara cevap verdikten sonra değerlendirmeye hazır olabilirsiniz ve bulgularınızı değerlendirebilirsiniz.

Eğer simülasyon şirketinizde daha önce kullanıldıysa en çok uygulamayı yeniden incelemeniz size yardımcı olabilir. Bu tekrarı yaparken şu soruları sorabilirsiniz

- ❖ Hangi faydalar sağlanmıştır.
- ❖ Sonuçlar uygulanabilmiş mi?
- ❖ Simülasyonu yapan kişi hala firmada çalışıyor mu?

5.2.4 Simülasyon Yazılımının Seçimi ve Değerlendirmesi

Birçok şirket, kriterlerini iyi oluşturmadan yazılım değerlendirir. Bu durumda, çok zaman kaybedilebilir. Gerçek ihtiyaçlarını belirlemede yetersiz kalabilir, çünkü yazılımın ihtiyaçlara göre seçimi önemli bir adımdır.

5.2.5 Yazılımı Destekleyecek Donanım İhtiyacının Belirlenmesi

Bundan üç-beş yıl önce donanımı belirlemek çok önemliydi ama bugün, bilgisayar teknolojisindeki çok büyük gelişmeler ve fiyatların ucuzlaması nedeniyle donanımı seçmek artık kritik değildir. Simülasyon ürünlerinin çoğu PC'lerde çalışır. Ancak karmaşık ve büyük modellerin çalıştırılması için hızlı ve yüksek belleğe sahip bir PC'nin seçilmesi gerekir. Simülasyon yazılımına ek olarak yerleşim dizayn (CAD) ve giriş-çıkış analizi için analiz yazılımlarına da ihtiyaç duyabilirsiniz.

5.2.6 Pilot Projenin Oluşturulması

Pilot projenin oluşturulmasının amacı gerçek simülasyon çalışmasına kolay geçiş sağlamaktır. Bu proje için uygulamalarınız küçük ama gerçekçi olmalıdır. Bu aşamada yapılan en çok hata modeli çok dikkate almaktır. Pilot proje iki-üç haftada tamamlanmalı ve bulgular özetlenmelidir. Pilot çalışmada kullanılan zaman ve kaynağı inceleyerek, gerçek simülasyon çalışmasında daha gerçekçi zaman ve bütçe tahminleri yapılabilir. Pilot projeler simülasyona ısınma hareketleridir.

5.3 Simülasyon ile Modelleme

Simülasyon yapabilmek, simülasyon programını kullanmaktan çok daha fazla şey gerektirir. Simülasyon çalışması doğası itibarıyla bir proje çalışmasıdır. Her projede olduğu gibi tamamlanması gereken işler ve kaynaklar vardır. Başarılı olmak için her işin gereklerinin anlaşılması ve planlanması gerekir. Başarısızlıkların çoğu simülasyon adımlarını tamamlamadan aceleyle atlamaktan kaynaklanır.

Simülasyonla modelleme iyi bir istatistik, haberleşme, organize edebilme ve mühendislik özelliği gerektirir. Modellemeyi yapan kişi sistemin performansını etkileyen etki tepki ilişkisi içerisinde olduğunu anlamak zorundadır. Sistemin performansını incelemek için en azından basit istatistik kuralları bilmelidir. Simülasyon çalışmasındaki verilerin, kabullerin ve sonuçların herkes tarafından anlaşılabilmesi ve amaca yönelik olabilmesi için simülasyon çalışması boyunca ilgili kişilerle sürekli iletişim kurulması gerekir (Yeroğlu, 2001).

5.4 Genel Yöntem

Simülasyon yapma kararı genellikle, yeni bir sistem ya da yeniden oluşturulacak eski bir sistemle ilişkili bir ya da daha fazla konunun çözümü için alınır. Simülasyonu yapılacak olan

problem hakkında yeterli bilgiye sahip olunur. Eğer simülasyon firmada çalışan kişilerce yapılırsa zaten problem hakkında yeterli bilgisi var demektir. Dışardan gelenler, ya da problemi iyi bilmeyenler için mutlaka sistemin tanıtımının yapılması gerekir. Var olan bir sistem için operasyonları teker teker incelemek sistemi tanımak için iyi bir yoldur. Temel olarak bir simülasyon sürecinde dört aşama bulunmaktadır. Bunlar:

- ❖ Problemin belirlenmesi,
- ❖ Uygun bir modelin oluşturulması,
- ❖ Oluşturulan modelin işletilmesi,
- ❖ Simülasyon sonuçlarının değerlendirilmesi (Grealey and Barlow, 1998)

Her bir aşamada değişik öncelikli işlemler yerine getirilmelidir. Bu işlemlerin en önemlisi ilgili verilerin toplanması ve gerçek durumun rassal oluşumunu sağlayacak simülasyon işleminin seçimi olmaktadır.

Simülasyon yöntemine ait algoritma:

Adım 1. Problemin Belirlenmesi.

- ❖ Problemin amaçlarını tanımla.
- ❖ Dikkate alınacak faktörleri tanımla.

Adım 2. Uygun bir modelin oluşturulması.

- ❖ Parametre ve değişkenleri belirle.
- ❖ Uygun bir karar kuralı belirle.
- ❖ Kullanılacak dağılım türünü belirle.
- ❖ Zaman değişikliği ölçüsünü belirle.
- ❖ Karar değişkenleri ile parametreler arasındaki ilişkileri tanımla.

Adım 3. Deneyleme için modelin hazırlanması.

- ❖ Simülasyona başlama koşullarını tanımla.
- ❖ Simülasyon dönem sayısını belirle.

Adım 4. Modelin işletilerek deneylerin yapılması.

- ❖ Adım 1 de tanımlanan faktörlerle ilişkilendirilecek rassal sayılar için kodlama sistemini tanımla.
- ❖ Rassal sayı oluşturma yöntemini belirle.
- ❖ Benzetimde kullanılacak rassal sayıları oluşturun.
- ❖ Rassal sayılar ile faktörleri ilişkilendirin
- ❖ Sonuçları Çizelgesal olarak özetle

Adım 5. Simülasyon sonuçlarının değerlendirilmesi (Çınar, 1999).

5.4.1 Problemin Belirlenmesi

Bir simülasyon problemiyle karşılaşıldığında yapılması gereken ilk adım problemin tanımlanması ve formülleştirilmesidir. Genellikle gerçek hayatta problemler ayrıntılı olarak tanımlanmış durumda değildir. Bu sebeple simülasyon analizini yapan kişiye düşen görev, simülasyon projesini talep eden müşteri ile diyaloga girmektir. Sistem ile ilgili çeşitli soruların sorulması yoluyla, problemin detaylı bir şekilde tanımlanması ve altında yatan faktörlerin belirlenmesi gerekir. Simülasyon proje süreci içerisinde problemin tanımlanması aşaması modelin doğru bir şekilde kurulabilmesi ve işletilebilmesi için büyük önem taşımaktadır. Problemi tanımlamak için yapılan çalışmalar çoğu zaman şaşırtıcı sonuçlar da vermektedir, öyle ki aslında sistemdeki gerçek problem başlangıçta belirlenenden çok farklı olabilmektedir (Sezer, 2003). Problemin tanımlanmasında ve yapılacak çalışmanın planlanmasında aşağıdaki adımlar takip edilir.

- ❖ Amaçların tanımlanması,
- ❖ Sınırlamaların belirlenmesi,
- ❖ Simülasyon spesifikasyonlarının hazırlanması,
- ❖ Zamanlama ve bütçenin geliştirilmesi.

5.4.1.1 Amaçların Tanımlanması

Sistemin temel işlevlerinin anlaşılması, dikkate alınacak veya ilgilenilecek konulardan haberdar olunmasıyla simülasyon çalışması için sadece amaçların çok açık belirlendiği zaman yapılmalıdır. Böylece simülasyon amaca ulaşmada çok güçlü bir araç olur.

Amaçların tanımlanması demek problemlerin hepsini çözmek anlamına gelmez. En mükemmel tanımlanmış geçerli amaçlar ilerdeki problemler için bir öngörü oluşturabilir. Simülasyon için amaçları şöyle genellenebilir.

Kapasite Analizi : Sistemin maksimum proses ya da üretim kapasitesi nedir?

Fizibilite Analizi: Sistem öngörülen spesifik performans gereklerini karşılayabilecek kapasitede mi, eğer değilse yapabilir duruma getirebilmek için ne gibi değişiklikler (kaynak ekleme, metot geliştirme gibi) tavsiye edilir.

Karşılaştırma Çalışması: Diğer bir çalışmayla karşılaştırıldığında sistemin performansı ne kadar iyi.

Hassasiyet Analizi: Bir yada daha fazla performans ölçümlerine etki eden hangi karar değişkenleri var ve nasıl etki ediyorlar.

Optimizasyon Çalışması: Verilen karar değişken seti için hangi geçerli değer kombinasyonları en iyi performans amacına ulaşıyor.

Karar/Tepki Analizi: Bir ya da daha fazla karar değişken değerleri arasındaki ilişki nedir ve sistem bunlara nasıl tepki gösterir.

Kısıt Analizi: Sistemdeki kısıtlar ve darboğazlar nedir ve bu kısıtları kaldırmak ya da azaltmak için uygulanabilir çözümler nelerdir?

Haberleşme Etkisi: Sistemin dinamik çalışmasını hangi grafik gösterimi en iyi anlatır.

Amaçları tanımlarken modelin hangi niyetle kullanılacağı dikkate alınmalıdır. Bazı modeller bir defa kullanılmak üzere hazırlanır ve sonra göz ardı edilir. Bazı modeller ise koşul (what-if) analizleriyle sürekli kullanım için tasarlanır. Bazı modeller sayısal cevaplar verirken bir diğeri ise şüpheli müşterilere uygun gerçekçi animasyonları içerir. Bazı modeller sadece analistler için kullanımı kolay modellerden oluşur. Bazı modeller küçük olaylar için karar vermekte kullanılırken bir diğeri majör finansal kararları vermek için kullanılabilir.

Simülasyon amaçlarını oluşturmak için hem istek hem de hedef olmalıdır. Amaçları oluştururken aşağıdaki soruların sorulması gerekir.

- Ne için simülasyon oluşturuluyor?

- Modeli kimler kullanacak?

- Simülasyonun sonucu kimlere sunulacak?
- Modelden hangi bilgiler bekleniyor?
- Model bir defalık olarak mı kuruluyor?
- Verilecek karar ne kadar önemli?

5.4.1.2 Kısıtların Tanımlanması

Amaçları tanımlamak kadar önemli olan bir konu da çalışmanın hangi kısıtlar altında yapılacağını tanımlanmasıdır. Simülasyon için gereken süre çok uzar mı? Veya sağlayacağı faydadan fazla maliyet gerektirir mi? Amaçlar, bütçe, kaynak gibi kısıtlar göz önüne alınarak oluşturulmalıdır. Çok ayrıntılı bir model oluşturup sadece son dakikanın gerçekten önemli olduğu simülasyon projesi sayısı hiç de az değildir.

Kısıtlar her zaman engel olarak görülmemelidir. Eğer kısıtlar bulunmazsa Çok fazla detaya inme ve analizler içerisinde felç olma riski vardır. Herhangi bir proje ayrılan zamanı doldurmak için kısalma ya da uzama eğilimi gösterebilir. Kısıtları oluştururken istenen amaçlara ulaşmak için sınırlama gerektiren şeyler dikkate alınmalıdır.

5.4.1.3 Simülasyon Spesifikasyonlarının Hazırlanması

Açıkça tanımlanmış amaç ve sınırlamalarla birlikte simülasyonun gerektirdikleri de belirlenmelidir. Simülasyon için spesifikasyonların belirlenmesi çalışmanın bitirilmesindeki zaman ve maliyet açısından oldukça önemlidir. Aynı zamanda çalışmaya kılavuzluk yapar ve simülasyona eklenecek ya da çıkartılacak olan beklentilerin açıkça tanımlanmasına yardım eder. Özellikle simülasyonu dışardan bir danışmana yaptırıyorsanız spesifikasyonlar daha da önem kazanır böylece ödediğiniz parayla ne alacağınızı tam olarak görebilirsiniz. Oluşturulan simülasyonun spesifikasyonları şunları içermelidir.

5.4.1.3.1 Konu

Konu belirleme modelin nefes almasını sağlamak gibidir; sistemle modelin ne kadar - örtüşeceğini gösterir. Konunun belirlenmesi, simülasyon amacına ulaşmak için ne kadar etkili aktivitenin oluşmasının belirlenmesi temeline dayanır. Genel eğilim problem alanını ve değişkenleri daha küçük alt sistemler içerisinde ele alıp tüm sistemi modellemek yönündedir. Örneğin; eğer amaç istenen üretim seviyesine ulaşmak için gerekli olan operatör sayılarını

belirlemekse burada büyük bir ihtimalle üretilen parçanın üretim biriminden ayrıldıktan sonra nereye gittiğinin pek bir önemi yoktur.

5.4.1.3.2 Ayrıntı Seviyesi

Projenin ayrıntı seviyesi modelin derinliğini ya da çözünürlüğünü belirtir. Buna ekstrem bir örnek verecek olursak bir fabrika rasgele aktivite zamanıyla kara kutu olarak modellenebilir. Diğer bir örnek olarak ta makinenin her hareketi bire bier bütün ayrıntıları ile modellenebilir.

Sadece modelin büyüklüğünü etkileyen modelin konusundan farklı olan ayrıntı seviyesi hem modelin büyüklüğünü, hem de karmaşıklığını etkiler Uygun bir ayrıntı seviyesine karar vermek oldukça önemli bir konudur. Çok fazla ayrıntı, geçerli bir model oluşturmayı hem zorlaştırır hem de model kurma süresini uzatır. Çok az ayrıntı da kritik değerleri dikkate almayan ve gerçeği olmayan bir model ortaya çıkartır. Aynı zamanda yeterli miktarda ayrıntının çalışmanın amacına ulaşması için çok önemli olduğunun altını çiziyor.

Ayrıntı seviyesi alınacak çıktıdaki hassasiyet derecesiyle yakın ilgilidir. Sadece kabaca kabuller yapılmışsa hareketleri meydana getiren spesifik detaylardan çok genel hareketler için yeterli olur. Eğer aynı zamanda hareket süresi, başlama süresi gibi ayrıntılar çıktıyı etkiliyorsa bunlarda simülasyona dahil edilmelidir.

5.4.1.3.3 Hassasiyet Derecesi

Hassasiyet derecesi kullanılan verilerin doğruluğuna bağlıdır. Modeller veya aktiviteler için verilerin doğruluğu bar başka modele göre daha önemli olabilir. Gerekli hassasiyet derecesi çalışmanın amacına bağlıdır. Eğer karar önemli veya karşılaştırma çok ilişkili ise daha büyük bir hassasiyet gerekebilir. Eğer yeni kurulacak bir sistemde olduğu gibi elimizde güvenilir veriler yoksa hassasiyet bazen feda edilebilir.

Gereken hassasiyet derecesi veri toplamak için sarf edilen zaman ve emek üzerinde önemli etkisi vardır. Model oluşturulurken tahmini veriler kullanılıp daha sonra doğru değerlerle değiştirilebilir. Çoğunlukla çıktıların hassasiyeti modelin doğruluk derecesiyle yönlendirilir.

5.4.1.3.4 Deneme Tipi

Alternatif çözümlerin doğası ve sayısı planlanmalıdır. Karar genellikle çalışmanın zaman kısıtı tarafından etkilenir. Oluşturulan model sadece küçük değişikliklere izin verecek ölçüde oluşturulmuşsa sadece basit farklılıklar değerlendirilebilir. Eğer alternatif konfigürasyonların

çok farklı olması isteniyorsa Asıl modeli oluştururken bu tür alternatifler göz önüne alınmalıdır. Eğer var olan bir sistemin geliştirilmesi isteniyorsa hem var olan sistemin hem de amaçlanan sistemin modellenmesi çalışmaya yardımcı olur. Temel varsayım şudur; mevcut olan sistemin nasıl çalıştığını çok iyi anlamadan sistemi geliştirmeye hazır olamazsınız. Çalışan bir sistemden bilgi almak değişen bir sisteme göre çok daha kolaydır. Bir defa mevcut sistemin modeli kurulunca, modifikasyon esnasında nelerin değiştirilebileceği rahatlıkla görülür. Modifikasyon yapıldıktan sonra her iki sistemde yan yana çalışacak şekilde aynı simülasyon da modellenir. Böylece sistemin hem mevcut durum hem geliştirme yapıldıktan sonraki durumunun sistem performansını nasıl etkilediği görülür.

5.4.1.3.5 Sonuç Formu

Simülasyon sonuçlarının sunulacağı form simülasyon çalışmasındaki süreyi ve harcanan emeği önemli ölçüde etkiler. Eğer ayrıntılı bir animasyon ve çok geniş bir rapor bekleniyorsa simülasyon çalışması birkaç hafta daha uzayabilir. Çoğu defa sadece basit sonuç raporu, sistemin üretim gereklerini karşılayıp karşılamayacağı belirler. Böyle bir durumda basit bir cevap yeterli olacaktır.

5.4.1.3.6 Bütçe Oluşturma Zamanı

Amaçlar ve kısıtlar açıkça belirlendikten ve spesifikasyonlar hazırlandıktan sonra simülasyon projesinin tamamlanması için gereken süre ve bütçe hazırlanmalıdır. Açıkça belli ki proje süresi, projenin büyüklüğüne ve zorluğuna bağlı olarak değişecektir. Eğer veriler hazır değilse belki de süreye birkaç hafta eklemek gerekir. Simülasyon proje çalışması üç-dört hafta ya da üç-dört ay sürebilir. Modellenen sistemin tanımlanması proje süresinin % 50'sini alabilir. Modeli oluşturma genellikle % 10-20 civarında zaman alır. Temel model oluşturulduktan sonra istenen deneylerin yapılması alternatif tasarımların karşılaştırılması birkaç hafta sürebilir.

Simülasyon yapma kararı para ve zamandan kazanmak için alınır. Simülasyon bu amaca ulaşmak için iyi bir araçtır. Fakat çok küçük ve gereksiz projeler için ise simülasyon maliyeti getireceği kardan daha fazla olabilir.

5.4.2 Sistemin Tanımlanması

Amaçların açıkça tanımlanması ve iyi organize edilmiş bir plan hazırlanmasından sonra simülasyonu yapılacak sistemin ayrıntılı tanımlanmasına başlanabilir. Bu konuya

simülasyonun temelini oluşturacak olan kavramsal modelin geliştirilmesi olarak bakılabilir. Birbiriyle ilişkisiz verilerle karşılaşınca sistem bilgilerini bir araya getirip geçerli sistem bilgileri elde etmek aşılabilir bir sorun gibi karşımıza çıkabilir. Tam olarak sistemin nasıl çalıştığını tamamlayan çok az sayıda veri mevcuttur. Çoğu zaman çok sayıda az önemi olan verilerin bir araya getirilmesiyle veri oluşturulabilir.

Veri toplama işlemi mutlaka bir amaca yönelik yapılmalıdır. Çalışmanın amaçları yönünde belirli hedeflere yoğunlaşmalıdır. Veri toplarken aşağıdaki kılavuzların göz önüne alınması bu işi oldukça kolaylaştıracaktır.

5.4.2.1 Neden ve Sonuç İlişkisinin Tanımlanması

Yapılacak olan aktivitelerin hangi şartlar altında ve hangi nedenlerle gerçekleştirileceğini doğru olarak tanımlamak çok önemlidir. Duruş süreleri bilgilerini toplamak için, arızadan dolayı mı, yemek arası gibi planlı duruş mu, model değişimi mi yoksa aşırı stoktan dolayı mı olduğunun belirlenmesi ve bu duruşların birbirinden ayrılması gerekir. Nedenler oluşturulup analiz edildikten sonra aktiviteler uygun olarak kategorilere ayrılabilir.

5.4.2.2 Etki Faktörleri İçin Anahtarlarının Aranması

Sistemin performansına etkisi çok az olan ya da hiç olmayan faktörler üzerinde zaman harcamamak için veri toplarken ayırım yapılmalıdır. Örneğin bir operatör özel bir makineyi çalıştırmakla görevlendirilmiş ve üretim gecikmesine herhangi bir etkisi yoksa bu operatörün modelde yer almasına gerek yoktur. Bunun gibi nadir yaşanan duruşlar, ihmal edilebilir hareketler hat üstü kontroller ve rutin sistem performansına etkisi olmayan diğer önemsiz ayrıntılar ihmal edilebilir.

5.4.2.3 Zamana Yada Koşula Bağlı Aktivitelerin Ayrılması

Zamana bağlı hareketler tamamlanması için tahmin edilen bir zaman süresinin geçmesi gereken hareketlerdir. Örneğin kalite kontrol süresi gibi. Koşula bağlı hareketler ise belirli koşulların gerçekleşmesi durumunda oluşan hareketlerdir. çünkü koşula bağlı hareketler kontrol edilemez ve tahmin edilemez. Örneğin müşteri siparişini karşılamak için birtakım parçalara ihtiyaç duyan bir üretim işlemi yapmak gerekebilir. Bu koşula bağlı bir durumdur. Birçok hareket kısmen zamana bağımlı ve kısmen de koşula bağımlıdır. Bu hareketler için veri toplarken gerçekten işlemin gerçekleşmesi için gereken süreyle koşula bağımlı bekleme

süresini birbirinden ayırmak gerekir. Örneğin bir onarım işi için gereken gerçek süreyi, onarım işini yapacak olan kişinin gelinesi için geçen süreden ayırmak gerekir.

5.4.2.4 Nesneler Yerine Esas Üzerinde Yoğunlaşılması

Modelleme amacıyla yapılan sistem tanımlaması neden sonuç ilişkisine bağlı noktaları yakalamalı ve rastlantıya bağlı ayrıntıları ihmal etmelidir. "Kara kutu" yaklaşımı olarak adlandırılan bu tarzda hareketin doğasıyla değil sadece varlık (malzeme) akışındaki gecikmeye ve kaynakların kullanımına olan etkisiyle ilgileniyoruz. Örneğin, bir makinede yapılan gerçek işlemin ayrıntısı çok da önemli değildir fakat bu işlemin ne kadar sürdüğü hangi kaynakları kullandığı ve makineyi ne kadar bağladığı önemlidir. Çok fazla ayrıntıya girmekten kurtulmak için modeli oluşturan kişinin sürekli soyut düşünebilmesi önemlidir.

5.4.2.5 Girdi Değişkenlerin Tepki Değişkenlerinden Ayrılması:

Modeldeki girdi değişkenleri sistemin nasıl çalıştığını belirler (aktivite süresi, işlem sırası gibi) Tepki değişkenleri ise girdi değişkenlerine sistemin nasıl tepki gösterdiğini belirler (çalışma boyunca geçen süre, boş bekleme süresi, kaynak kullanımı gibi). Girdi değişkenleri veri toplamaya odaklanmalıdır. Çünkü modeli tanımlamak için kullanılırlar. Tepki değişkenleri ise diğer yandan simülasyonun çıktılarını oluştururlar. Dolayısıyla tepki değişkenleri, model oluşturulurken modelin geçerli olmasına yardım etmek için bir araya getirilmelidir (Yeroğlu, 2001).

5.4.3 Veri Toplama

Çok az gerçek problem uygunlukla sınıflandırılmış ve çözüme hazır bir biçimde karşımıza çıkar. Genellikle problem uygun olarak tanımlanmadan önce, büyük miktarda veri toplanmak örgütlendirmek ve analiz edilmek gereğini doğurur. Verilerin toplanmasında bazen Pazar araştırması, seçilmiş veri temelinde örnekleme, problem alanı incelemeleri ve ayrıntılı anket uygulaması işlemler gerekebilir. Kayıtların, dokümanların ve diğer firma bilgilerinin istenen tür ve miktarda elde edilmesine yönelik çalışmalar fazla bir inceleme süresi de gerektirebilir. Tüm bunlar, eğer simülasyon problemi tam olarak gösterebilmesi ve anlam kazanabilmesi isteniyorsa katlanılması gereken uğraşlardır. Bu imaj ise uygun bir veri elde edilmeden gerçekleştirilemez. Kontrol edilmeyen değişkenlerin oluşturduğu doğal durumlara ilişkin veriler, geçmişte tutulan kayıtlardan yada karar süreci içinde yapılan gözlemlerden elde edilir.

Kontrol edilebilir değişkenlerden oluşan stratejilere ilişkin veriler ise karar ölçütünün ışığında belirlenir (Çınar, 1999).

Sistemi tanımlamak amacıyla veri toplamak için şu adımlar tavsiye edilir.

- ❖ Veri ihtiyaçlarının inceleyin
- ❖ Uygun veri kaynakları kullanın
- ❖ Gerekli yerlerde varsayımda bulunun
- ❖ Verileri gerekli forma dönüştürün
- ❖ Verileri onaylayın ve dokümanite edin. Bu adımların her biri aşağıda açıklanmıştır.

5.4.3.1 Veri İhtiyaçlarının İncelenmesi

Sistem verilerinin toplanmasındaki ilk adım modeli oluşturmak için hangi verilere ihtiyaç duyulduğunun belirlenmesidir. Daha önce açıklandığı gibi model amaçlarına ulaşmak için gereken ayrıntı seviyesi ve çalışma konusuna yönelik veri toplanmalıdır. Sistem verilerini toplarken genelden özele gitmek en iyi yoldur. İlk önce proses akışının bütün olarak iskeletini çıkartmak için yoğunlaşmalı daha sonra ayrıntılar eklenmelidir. Ayrıntılı bilgiler elde edildikçe eklenebilir (kaynak ihtiyaçları, proses süreleri gibi). Ana proses akışının iskeletiyle başlamak sadece verileri belirli bir düzen içerisinde toplamakla kalmaz aynı zamanda modeli oluşturma ve daha sonra düzeltmek için harcanacak zaman kısaltır. Aynı zamanda gözden kaçan veriler model oluşturulunca daha iyi görülür.

Varlıkların sistemde temel akışın belirlemek istersek, bir yerden diğer yere varlıkların fiziksel akışını görselleştirmek ve dökümanite etmekte akış çizelgesi bize yardımcı olur. Akış çizelgesi oluşturulduktan sonra yapı adım adım oluşturulabilir. Bir sonraki adım ise bir yerden diğerine varlık hareketinin nasıl ve hangi kaynaklarla gittiğini detaylandırmaktır. Bu noktada işlem yeri (makine gibi) kapasiteleri, hareket ve işleme süreleri belirlenmelidir.

5.4.3.2 Uygun Veri Kaynaklarının Kullanımı

Sistemi tanımlamak için belirli soruları oluşturduktan sonra cevapları araştırmak için hazırız demektir. Bilgiler çok nadiren tek bir kaynaktan gelir. Genellikle bilgi toplamak için rapor sonuçlarının taranması, kişilerle görüşme yapılması, kişisel gözlemler ve birçok kabuller yapılması gerekir. Büyük ölçekli sistemlerde sistemin nasıl çalıştığını yeterince anlayan çok

az sayıda insan vardır. Modeli oluşturacak olan kişi gerekli bilgilere doğru ulaşmak için birazda şanslı olmalıdır.

İyi bir sistem veri kaynağı şunlar olabilir.

- ❖ Proses planı
- ❖ Zamanlama çalışması
- ❖ Önceden belirlenmiş zaman standartları
- ❖ Akış çizelgesi
- ❖ Tesisat Yerleşimi
- ❖ Pazar hareketleri
- ❖ Bakım raporları
- ❖ Üretim kayıtları
- ❖ Ekipman üreticileri
- ❖ Müdürler
- ❖ Mühendisler
- ❖ Diğer çalışan personel
- ❖ Tesisatın gezilmesi
- ❖ Benzer işlemlerin karşılaştırılması

Belirli bir veri kaynağını kullanırken, kaynağın güvenilirliği, erişilebilirliği ve konuyla ilgisi oldukça önemlidir. Eğer veri kaynağı konuyla ilgili değilse bu kaynak dikkate alınmamalıdır. Kaynağın güvenilirliği modelin geçerliliğini belirler. Örneğin yöneticilerin tahmini gerçek üretim kayıtları kadar güvenilir olmayabilir. Son olarak da kaynağa ulaşmak zorsa, örneğin uzakta olan benzer bir tesisin incelenmesi gibi, bu kaynak ta ihmal edilebilir (Erkut,1992).

5.4.3.3 Kabuller Yapma

Veri toplamaya başladığımızda çok geçmeden bazı bilgilere ulaşamadığımızı bazı bilgilerinde güvenilir olmadığını göreceksiniz. Tam doğru ve güncel bilgilerin çok azı elde edilebilir. Özellikle yeni kurulacak olan ve hakkında az şey bilinen sistem için bu daha da zor olacaktır.

Hakkında az şey bilinen sistem elemanları için kabuller yapmak gerekir. Üzerinde hem fikir olduğunda ve bunun sadece bir kabul olduğu bilindiğinde kabuller yapmanın bir sakıncası yoktur. Doğru ve tam bilgi yoksa tasarım kabullerden yararlanılarak yapılabilir.

Bir çok kabuller doğru bilgiler elde edilinceye kadar geçici olarak kullanılır veya daha doğru bilgiye ihtiyar duyulduğunu göstermeye yarar. Sıkça potansiyel etki için değer aralığının test edildiği hassasiyet analizinde ise sadece ne kadar doğru bilgiye gerek duyulduğunu göstermeye yarar. Sonuçta kabuller geliştirilebilir veya öylece bırakılabilir. Örneğin, belirli bir işlem süresindeki değişim derecesinin sistem performansı üzerinde Çok az etkisi var ya da hiç etkisi yoksa buradaki zaman sabit alınabilir. Aksi halde işlem süresi için tam zaman dağılımını tanımlamak gerekebilir.

Kabul yapmadaki diğer bir yaklaşım ise üç farklı senaryo oluşturmaktır. Birincisi en iyimser değerleri alarak en iyi durumu gösteren senaryo, ikincisi en kötümser değerleri alarak en kötü durumu gösteren senaryo üçüncüsü ise en iyi tahmin değerlerini kullanarak en gerçekçi senaryo oluşturulabilir. Bu bize belirli değerleri alırken ne kadar risk aldığımızı görmemize yardımcı olur.

5.4.3.4 Verilerin Uygun Forma Dönüştürülmesi

Çok az sayıda veri, kullanma hazır formdadır. Genellikle bazı dönüşümler ve analizlere ihtiyaç duyulur. Toplanan verilerin rafine edilerek sayısal ve matematiksel ifadelere dönüştürülerek simülasyon modelinde kullanılabilir hale getirilmesine girdi analizi denir. Simülasyon modelleri iki şekilde işletilebilir. Bunlardan ilki, geçmiş sistem performansına ilişkin toplanan verilerin bir dosya ile modele entegre edilmesi ve simülasyon modelinin gerçek sistemden elde edilen gerçek veriler ile çalıştırılmasıdır. Gerçek sistem verilerinin kullanılmasının en büyük avantajlarından birisi modelin doğrulanması sürecinin kolaylaşmasıdır. Fakat uzun simülasyon koşum zamanları için modeli kesintisiz çalıştırabilecek kadar çok veriyi toplamak çoğu zaman mümkün değildir. Bunun yanında modellenecek olan sistem her zaman gerçekte bulunmayabilir. İşte tüm bu nedenlerden ötürü, simülasyon modellerinin çoğunda, sayısal ve matematiksel ifadelerin tanımlanmasında istatistiksel olasılık dağılımlarından faydalanılır. Toplanan verilerin istatistiksel testlere tabi tutularak, dağılımlara uygunluklarının belirlenmesine simülasyonda girdi analizi denir.

Günümüzde, geliştirilen simülasyon paket programlarının birçoğu girdi analizi yapabilen yazılımlar içermektedir. Arena - Input Analyzer, ProModel - StatFit ve BestFit gibi pek çok yazılım girdi analizi sürecinde modelleyicilere büyük kolaylıklar sağlamaktadır (Sezer, 2003).

5.4.3.5 Teorik Dağılımlara Uydurma

Teorik dağılımları kullanarak dağılımları ifade etmek için değişkenleri en iyi tanımlayan dağılımları seçmek gerekir. Kantitatif modellemenin temel kararlarından birisi de simülasyon girdileri için deterministik değerlerin mi yoksa olasılık dağılımlarıyla temsil edilen rassal değişkenlerin mi kullanılacağıdır. Bazı durumlarda bu kararı vermek oldukça kolay olmaktadır. Örneğin, istihdam edilecek tamirci sayısının optimal sayısı belirlenmek isteniyor ise, tamirci sayısının deterministik bir değer ile modellenmesi makul olacaktır. Deterministik değer değiştirilerek farklı senaryolara ait performanslar karşılaştırılarak optimal tamirci sayısı belirlenebilir.

Simülasyon modeli kurulurken rassal olmayan girdiler kullanılması simülasyon işletildiğinde rassal olmayan sonuçlar üretecektir. Fakat, tüm girdi değerlerinin deterministik olarak ifade edilmesi, modeli gerçek sistem davranışını doğru bir şekilde temsil etmekten uzaklaştırabilir ve modelin geçerliliğini tehlikeye düşürebilir. Bu yüzden sistemde rassallık gösteren değişimlerin belirlenerek olasılık fonksiyonları cinsinden tanımlandıktan sonra modele dahil edilmesi gerekir

5.4.3.6 Hareketlerin Gruplandırılması

Verileri uygun forma dönüştürürken dikkat edilmesi gereken diğer bir husus ta modellemede hangi aktivitelerin birlikte gruplandırılmasıyla önemli ayrıntılar feda edilmemiş olur. Bu işlem model tanımlamayı daha kolaylaştırır ve yönetilebilir analiz yapmaya imkan sağlar. Basitlik için çoklu aktivitelerin tek bir aktivite süresi içinde verilmesi durumunda aktivitelerin seri halde mi yoksa paralel mi olduğuna dikkat edilmesi gerekir.

Örneğin eğer makinede işi biten bir parçanın ayrılmasıyla aynı anda yeni bir parça yükleniyorsa sadece iki süreden en uzun olanı dahil edilir. Eğer bir makinede bir varlığa bir dizi işlem yapılıyorsa her bir işlem için ayrı ayrı zaman vermek yerine işlemlerin toplamına tek bir süre ya da zaman dağılımı vermek yeterli olabilir (Yeroğlu, 2001).

5.4.3.7 Verilerin Onaylanması ve Dokümantasyonu

Simülasyon modeli için tüm gerekli data toplanıp, analiz edilerek, kullanışlı hale getirildikten sonra, Çizelge, liste ve diyagramlar vasıtasıyla sonuçların dokümantasyonu yapılmalıdır (Sezer, 2003). Aynı zamanda verinin kaynağı da not edilmelidir. Bu dokümanlar verilerin geçerliliğini değerlendirebilecek ve kabulleri onaylayabilecek bir kişiye de incelenmelidir.

Bu dokümanlar daha sonra modelde modifikasyon yapmak için ya da sistemin modelden neden farklı olduğunu araştırmak için kullanılır.

Bunlara ek olarak önemsiz olduğu için modellemenin dışarıda tutulan faktörler de dokümantasyonda yer almalıdır. Örneğin eğer sistem tanımlanırken mola süreleri belirtilmemişse bunun nedeniyle beraber dokümantasyonda yer alması gerekir. Belirli faktörlerin neden model dışında bırakıldığı açıklanırsa daha sonra oluşacak sorulara yardımcı olur.

Özellikle çok fazla kabul yapıldığı zaman sistem verilerinin geçerliliğini sağlamak zamana bağımlı ve zor bir iştir. Pratikte verilerin gerekliliği sonunda ortak bir noktada buluşularak sağlanır. Bu onaylanmış veriler model oluşturmanın temelini oluşturmakla birlikte denemeler esnasında değiştirilebilir.

5.4.4 Model Kurmak

Sistemin temel operasyonlarını tanımlayabilecek yeterli bilgi sağlandıktan sonra model kurma işlemine başlanabilir. Model kurmaya çok erken başlamak gereksiz yere denemeler yapmak anlamına gelir. Model kurmaya başlamak için bütün verilerin eksiksiz toplanmasını beklemek ise model kurma işlemi gereksiz yere ertelemek demektir. Bazı bilgiler eksik dahi olsa model kurmaya başlandıktan sonra tamamlanabilir.

Model kurmanın amacı tanımlanan sistem operasyonlarının geçerli gösterimini yapmaktır. Buna ek olarak çalışmanın amacını karşılamak için model istatistik ve grafiksel gösterimleri de vermelidir. Model ne doğru ne de yanlıştır. Modelin faydaları ya da gereksiz olduğu önemlidir. Simülasyonun amacını karşılayacak faydalı bilgileri veriyorsa model geçerlidir (Özkul, 2001).

5.4.4.1 İlerleyen Sadelik

Simülasyonun iyi bir özelliği de model oluşturulurken son şeklindeki bütün ayrıntıların tamamlanmasına gerek olmamasıdır. Bu ilerleyen sadelik stratejisidir. Ayrıntılar modele aşamalar halinde eklenir. Böylece model kolay ve hızlı kurulmuş olur hem de hata bulma kolaylaşır. Örneğin daha modelin başında çok çekici grafikler hazırlamak gerekli değildir. Nasılsa daha sonra değiştirilecektir. Bu nedenle en sonunda eklenmesi gerekir.

İlk defada karmaşık bir model oluşturmak yerine basit bir modelle başlayıp karmaşıklığı daha sonra eklemek en iyi yoldur. Modele bir ayrıntıyı eklemek o ayrıntıyı çıkarmaktan daha

kolaydır. Modeli aşama aşama oluşturmak hataları çok daha kolay bulup düzeltmeyi sağlar. Bazı firmalarda modelleme işlemini belirleyen kurallar olsa da bütün yazarların hem fakir olduğu konu basit modelden başlayıp daha sonra gerekiyorsa ayrıntıları eklemektir. Model sadece yeteri kadar ayrıntıyı içermelidir. Sistemin bütün elemanlarıyla bire bir eşleme gerekli değildir (Sezer, 2003).

5.4.4.2 Artan Genişleme

Modele ayrıntıları aşamalar halinde eklemeye ilaveten bölümlerinde artan oranda modele eklenmesi kolaylık sağlar. Bu metoda "her defada bir lokma alarak bir fili yeme" metodu denir. Böylece modele eklenen her parçanın test edilmesi ve düzeltilmesi sağlanmış olur.

Çok fazla olmayan büyük modellerde modeli bölümlendirmek ve tanımlanabilir sınırlar koymak faydalı olabilir. Modeli bölümlendirme, sistem içindeki fiziksel bölümleri gösteren bir yada daha fazla alt bölümlere ayrılması demektir. Bunun amacı her bölüm için ayrı ayrı modeller oluşturmaktır. Hepsi bitince bölümler birleştirilerek ana modeli oluşturur. Bu "böl ve yok et" metodu model oluşturma süresini oldukça kısaltır (Yeroğlu,2001).

5.4.4.3 Model Doğrulama

Yazılım paketiyle model oluşturulduktan sonra doğru çalışıp çalışmadığı kontrol edilmelidir. Modelin doğru çalıştığını kontrol eden işleme model doğrulama denir. Modelin doğrulanması safhasında yapılacak olan ilk iş kurulan modelin değişik gelişler arası süreler, değişik parça karışımları, değişik işlem süreleri, değişik proses adımları, değişik vardiya düzenleri gibi farklı kriterler için test edilmesidir. Beklentinin dışında modelde gerçekleştirilen bu yapay değişikliklerin sistemde neden olduğu değişimler gözlenmeli varsa oluşan hatalar ayıklanarak model revize edilmelidir. Bu çeşit bir çalışma ile varılmak istenen nokta, geniş çeşitlilikteki farklı durumlar karşısında sistemin oluşturduğu tepkileri ve model mantığındaki muhtelif hataları belirlemektir. Kurulan modelin planlanan modeli en iyi doğrulukla temsil ettiğine inandığımız noktaya ulaşıncaya kadar yukarıdaki test tekniklerinin iteratif bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

Bu test safhası tamamlandıktan sonra üzerinde düşünülmesi gereken konu simülasyon analizi için hangi senaryo tiplerinin seçileceğidir. Model düşünülen senaryo alternatiflerinin tümü için ayrı ayrı işletilerek modelin doğru bir şekilde çalışıp çalışmadığı test edilmelidir (Sezer, 2003).

Model doğrulama işlemi minimum detayla ve bölümlerde yapılır. Kompleks ve büyük bir modeli doğrulamak daha zordur. Modeldeki hataları düzeltmek oldukça fazla zaman alır. Birçok simülasyon dili tarama kapasitesine sahiptir. Bunlar denemelerin denetimi; ekran mesajları ya da grafik animasyonu formunda olabilir. Tarama kapasitesi kullanıcının, simülasyonun gerektiği gibi çalışıp çalışmadığını kontrol etmesini sağlar. İyi bir simülasyon interaktif hata bulma kapasitesine sahip olmalıdır. Adım adım tarama yapmak her zaman avantaj sağlar.

5.4.4.4 Modelin Geçerliliği

Model oluşturma süreci boyunca model oluşturan kişi sürekli modelin sistemi ne kadar iyi yansıttığını kontrol etmek zorundadır. Modelin gerçek sistemi ne derece yansıttığının incelenmesine model geçerliliğinin sağlanması denir. Mutlak geçerliliği sağlamak olabilir bir amaç değildir. Bu nedenle yüksek derecede yüzeysel geçerliliği sağlamaya çalışmak yeterli olur. Yüzeysel geçerlilik demek; bütün çıktıların modelin doğru çalıştığını göstermesi demektir. Bu noktadan hareket edersek model geçerliliğini sağlamak uygulamalarla modelin yeterince doğru olduğunu ispat etme işlemidir.

Modelin geçerliliğini önceden irdelenmesi güçtür. Ancak yararlı olabilecek ve yol gösterebilecek bazı testler vardır. Bu testler:

1. Geçmiş verilerin üretilmesi: Dağılım simülatörüne geçmiş veriler verildiğinde, yüksek bir doğruluk derecesi ile olasılık dağılımını yeniden üretebilmelidir.
2. Ölçü testi: Modelin geçerliliğini ölçmek için birkaç hesaplama yapıp çıktı davranışın karakteristikleri bulunabilir. Örneğin, bazı sonuçlar kesinlikle negatif olmamalıdır. Bazı diğer sonuçlar da belli zaman sırasını izlemelidir. Örneğin, dönemsel eğilimler gibi. Ayrıca model kurulurken yapılan varsayımlar üzerinde belli testler yapılabilir.
3. Tamamlık için denetim: Modelin son bir kontrolü, herhangi bir önemli ve belirleyici faktörün unutulmuş olup olmadığını denetlemektedir (Erkut, 1992).

Geçerlilik, eldeki delillere dayanarak modelin doğruluğu hakkında, model oluşturan kişinin sonuçlar çıkarmasıdır. Model geçerliliğini sağlamak için delil toplama işi model yapısı (algoritma ve ilişkiler) incelenerek büyük ölçüde başarılabılır. Karmaşık kontrol mantıkları içeren modeller için grafik animasyonlar etkili geçerlilik aracı olarak kullanılabilir. Son olarak sonuçlar incelenerek uygun olup olmadığı kontrol edilir.

Eğer durum elverirse model gerçek sistemle karşılaştırılarak nasıl uyduğu görülür. Bütün bu işlemlerden sonra gerçek sistem ve model arasında farklılıkla karşılaşılmazsa model geçerlidir denilir.

5.4.5 Denemelerin Yapılması

Simülasyon çalışmasındaki dördüncü adım model ile denemelerin yapılmasıdır. Simülasyon temelde bilimsel bir metodun uygulanmasıdır. Hangi analiz tekniği kullanılırsa kullanılsın temelde yapılan iş sınırlı bilgi ile tutarlı çıkarımlarda bulunmaktır. Bu arada, çıkarılan sonuçların tutarlı istatistiksel tekniklere dayandırılması ve bir sistemin bir diğerinden iyi olduğu vurgulanacaksa iki sistem arasında önemli istatistiksel farklılık bulunması gerekmektedir (Sezer, 2003). Simülasyonda ilk teori, neden bazı belirli dizayn kuralları veya yönetim stratejilerinin diğerinden daha iyi olduğunun araştırılması teorisiidir. Bu teorilere dayanarak tasarımcı, simülasyonla test edebileceği hipotezler geliştirir. Simülasyon denemelerinde modeli tanımlayan bağımsız girdi değişkenleri değiştirilerek denemeler yapılır. Bu değişikliğin diğer bağımlı veya tepki değişkenlerine olan etkisi ölçülür ve ilişkilendirilir.

Bazı simülasyon denemelerinde modelin kararlı durumdaki (steady-state) davranışı ile ilgilenilir. Kararlı durum demek simülasyon çıktılarının durgun olduğu anlamına gelmez ancak verilerin dağılımı ya da çıktı sayısı zamanla değişmeyecek demektir. Örneğin bir kütle üretiminde üretim saatte 200 ile 220 arasında değişiyor olabilir. Birçok simülasyonda sadece belirli zaman dilimiyle ilgilenilir. Böyle bir durumda simülasyon hiçbir zaman kararlı duruma erişmeyecek demektir.

Rasgele (random) karakteristikleri olan herhangi bir deneyde olduğu gibi tek bir simülasyonun çalıştırılmasıyla oluşma ihtimali olan birçok çıktıdan sadece bir tanesi oluşur. Bu nedenle sonucu test etmek için birçok defa deneme tekrar edilmelidir. Aksi halde normalde beklenmeyen bir sonuç üzerinde karar verilebilir.

Çıktı da istenen hassasiyet derecesine bağlı olarak çıktı için bir güven aralığı oluşturulması istenebilir. Verilen güven seviyesi % 90 veya güven aralığı saatte 45.5 ve 50.8 birim olabilir. Bu durumda şunu söyleyebiliriz. % 90 olasılıkla modelin çıktıları saatte 45.5 ile 50.8 birim arasında olacaktır.

Model yapan kişi hangi tip denemelerin uygun olacağına karar vermelidir. Simülasyon denemeleri yapılırken aşağıdaki sorular sorulabilir.

- ❖ Belirli bir işlem periyodu için sistemin kararlı durumuyla ilgileniyor muyum?
- ❖ Modelin başlangıç koşullarını doğru olarak nasıl oluşturabilirim ?
- ❖ Modelin beklenen doğru davranışını tahmin etmekte kullanılabilecek olan gözlemleri elde etmenin en iyi metodu nedir?
- ❖ Simülasyonun uygun çalışma süresi ne kadardır?
- ❖ Kaç tekrar yapılmalıdır?
- ❖ Kaç farklı rasgele değişken kullanılmalıdır?
- ❖ Tekrardan tekrara giriş asıl değerleri nasıl kontrol edilmelidir?

Bu soruları cevaplan büyük ölçüde şu iki faktör tarafından belirlenecektir.

- ❖ Simülasyonun doğası (sonlandırılan ya da sonlandırılmayan)
- ❖ Simülasyonun amacı (kapasite analizi, alternatif karşılaştırmalar gibi)
- ❖ Gereken hassasiyet (kaba tahmine karşı güven aralığı tahmini)

5.4.5.1 Sonlandırılan ve Sonlandırılmayan Simülasyonun Karşılaştırılması

Simülasyon denemeleri yaparken simülasyonun ne tip çalıştırıldığına karar verilmelidir. Genellikle sonlandırılan ve sonlandırılmayan olmak üzere iki tipi vardır. İkisi arasındaki fark sistemin kararlı durumuyla mı yoksa belirli bir zaman dilimiyle mi ilgilenildiğiyle ilgilidir.

Sonlandırılan simülasyonda simülasyon belirli bir durum veya zamanda başlar ve başka bir tanımlı durum veya zamana ulaşınca biter. Başlangıç durumu çalışma gününün başlangıcında sistemde bulunan parça sayısı olabilir. Bitiş durumu ise belirli sayıda parçaya ulaşıncaya kadar süreceğini bilmek isteyebilir. Bu durumda simülasyonun başlangıç durumu sıfır alınır ve 200 adete ulaşınca da simülasyon bitirilir. Burada bu sayıda üretimin tamamlanması için gereken süre önemlidir. Ayrıca simülasyonun bitiş zamanı iş günü sonu, hafta sonu veya ay sonu olabilir. Örneğin üretimin haftalık değiştiği biliniyorsa hafta sonunda simülasyon bitirilir. Her 40 saat sonunda sistem boşaltılır ve yeni üretim başlar. Bu simülasyonda simülasyonun çalışma süresi 40 saat olarak belirlenmiş olur.

Sonlandırılan simülasyonlarda sistemin kararlı durumu (steady state) ile ilgilenilmez. Bu simülasyonda ortalama değerlerin çok az anlamı vardır. çünkü sonlu simülasyon bir geçiş periyodunu içerir.

Sonlandırılmayan veya kararlı durum (steady state) simülasyonu analiz yapılan sistemin kararlı duruma eriştikten sonraki davranışıyla ilgilenir. Sonlandırılmayan simülasyon demek, simülasyonun asla bitmeyeceği anlamına gelmez. Sadece sistemin davranışında istatistiksel bir değişme olmadan teorik olarak devam edecek anlamına gelir. Sonlandırılmayan modeller için model hazırlayan kişi uygun bir simülasyon çalışma uzunluğu belirlemelidir. Sonlandırılmayan simülasyona örnek olarak sürekli aynı miktarda devam eden yağ filtrelerinin üretim işlemini verebiliriz. üretim işlemi her vardiyada birer saat arayla iki vardiya sürmektedir. Molalar ve üçüncü vardiya süreleri modelin dışında bırakılır. çünkü çalışma mola ve vardiya sonunda nasıl bırakıldıysa işe tekrar başlarken tamamen ayrı durumdan başlayıp devam ediyor. Simülasyon uzunluğu modelin kararlı durumunun ne kadar gösterileceği ile ilgilidir.

5.4.5.2 Sonlu Simülasyonların Çalıştırılması

Sonlu simülasyon denemelerinde her defasında farklı kalıplar kullanılarak incelenmek istenen periyotta birçok defa simülasyonun çalıştırılmasıdır. Bu işlem simülasyonu yapılan periyot boyunca bağımsız gözlemlerin yapılmasını sağlar. İstatistikler genellikle bu periyot boyunca ölçülen performans değerlerinden toplanır.

Sonlu simülasyonlarda genellikle genel ortalama davranıştan çok, sonuç ürünle ve değişen yapılarla ilgileniriz. Örneğin bir simülasyonda günün ortalamasını aldığımızda iki operatör de % 40 ortalamaıyla çalışmış olsun. Böyle bakarsak burada iki operatöre ihtiyaç yoktur. Bir operatör yeter. Ama belki de daha detaylı incelersek üretimin sıkıştığı zamanlarda iki operatör dahi yetmiyor olabilir. Sonlu simülasyonlarda denemeleri çalıştırırken üç önemli soruya cevap vermek gerekir.

- ❖ Sistemin ilk durumu ne olmalı?
- ❖ Sonlandırma zamanı ya da şartı ne olmalı?
- ❖ Kaç tekrar yapılmalı?

Birçok sistem günlük, haftalık, aylık hatta yıllık periyotlarda olabil. Bazen bu periyotlarda da devam etmek zorunda değildir. Örneğin bazı üreticiler bir defa olan yeni bir ürün esnasında

üretimin artış zamanını görmek isterler. Tekrar sayısı çıktıdan beklenen hassasiyete göre belirlenmelidir. Kaba bir tahmin için 3-5 tekrar yeterli olabilir. Daha fazla hassasiyet için tekrar sayısı belirli güven aralığı oluşuncaya kadar artırılır.

5.4.5.3 Sonlandırılmayan Simülasyonların Çalıştırılması

Sonlandırılmayan simülasyonlarda anlamlı istatistiksel bilgi toplamak sonlandırılan simülasyona göre farklıdır. Steady state (kararlı durum) simülasyonunda aşağıdaki konulara dikkat etmemiz gerekir.

- ❖ Başlangıç geçiş periyodunun belirlenmesi
- ❖ Örnekleme gözlem elde etmek için birçok alternatifler arasından seçim yapılması
- ❖ Çalışma uzunluğunun belirlenmesi

5.4.5.4 Geçiş Periyodunun Belirlenmesi

Kararlı durum simülasyonunda modelin kararlı durumuyla yani stabilizeye ulaştığı durumundaki davranışıyla ilgileniyoruz. Sistemin stabilizeye ulaştığı durumda sistemdeki tepki değişkenleri (proses oram, verim gibi) istatistik olarak düzenlilik gösterir dalgalanma yapmazlar. Bu değişkenlerin dağılımı belirli bir zamandan bir başka zamana kadar yaklaşık olarak sabittir. Kararlı duruma ulaşma süresi aktivite süresinin ve oluşan aktivite miktarının fonksiyonudur. Bazı modeller için birkaç saatte kararlı duruma erişilirken bazı modeller için de bu süre birkaç yüz saat sürebilir. Kararlı durumun modellenmesinde modelin kararlı duruma ne zaman eriştiği problemiyle karşılaşılır. Bu periyot genelde geçiş periyodu olarak adlandırılır. Herhangi bir istatistiğe başlamadan önce geçiş süresinin bitmesini beklenir. Bu yolla modelin geçiş süresindeki gözlem hatalarını elimine etmiş olunur.

Geçiş süresini belirleyen birçok metot olmakla birlikte en basit ve en doğrudan yaklaşım simülasyonu 3-5 defa çalıştırıp sistemin istatistiksel olarak stabilizeye ulaştığı süreyi bulmaktır. Her defasında çok nadir olan duruş sürelerinin dahi hiç olmazsa 2-3 defa oluşmasına izin verecek kadar uzun olması gerekir. Bu metodu kullanarak tatmin edici bir geçiş süresi belirlemek için bir veya daha fazla kilit durumundaki tepki değişkenleri (kuyruktaki ortalama varlık sayısı veya kaynağın ortalama karlılığı gibi) belirli periyotta izlenmelidir.

5.4.5.5 Örneklemeye Gözlemlerinin Elde Edilmesi

Sonlu simülasyonlarda örneklemeye gözlemleri çoklu tekrarların çalıştırılmasıyla yapılır. Kararlı durum simülasyonlarında örneklemeye gözlemi almak için birçok seçeneğimiz vardır. En geniş kullanılan iki yaklaşım çoklu tekrarları çalıştırmak ve aralık gruplamadır. Promodel ve Arena paket programlarında desteklenen metod çoklu tekrardır.

Sonlandırılmayan simülasyonlar için çoklu tekrar metodunun kullanılması sonlandırılan simülasyonların çalıştırılmasına çok benzer, Tek fark (1) Başlangıç süresi (2) Uygun çalışma uzunluğunun belirlenmesidir. Tekrar yapıldığında önceki bölümlerde açıklandığı gibi güven aralığı hesaplanabilir. Bağımsız tekrarların çalıştırılmasının bir avantajı örneklemelerin bağımsız olmasıdır. Her tekrarda geçiş süresinin çalıştırılmasının bir negatif tarafı tekrarı yapacak zaman uzunluğunun artmasıdır. Bununla birlikte geçiş periyodunun uzunluğu ihmal edilebilir.

Aralık gruplama metodu belirli zaman aralıklarında istatistiklerin resetlendiği bir defalık uzun çalışmalarda kullanılır. Bu metotla her zaman aralığı için istatistik toplanmasına izin verilir. Her aralık bir önceki ve bir sonraki aralıkla ilişkili olduğundan gruplar tamamen bağımsız değildir. Daha bağımsız grup elde etmek için daha büyük bir grup kullanmalı ve her grup için ortalama değer alınmalıdır. Aralık gruplama kullanıldığında güven aralığı hesaplaması yapılabilir. İstenen güven aralığına bağlı olarak yaratılacak grup sayısı 5 ile 10 arasında olmalıdır.

5.4.5.6 Çalışma Uzunluğunun Belirlenmesi

Simülasyonun çalışma uzunluğunu belirlemek oldukça basittir. çünkü bitişi belirleyen doğal bir olay ya da zaman vardır. Kararlı durum (steady state) simülasyonun ise çalışma uzunluğunu belirlemek daha zordur. çünkü simülasyon doğası gereği sonsuza kadar çalışabilir. Bunun bir faydası iyi bir örneklemeye yaratabilmemizdir. Açıkça belli ki çok uzun çalışan simülasyonlar pratik değildir. Bu durumda yeterince örneklemeye alabildiğimiz çalışma uzunluğunu belirlememiz gerekir. Kararlı durum simülasyonu için tavsiye edilen çalışma uzunluğu şunlara bağlı olmalıdır.

1. En az meydana gelen olaylar arasındaki aralık.
2. Kullanılacak örneklemeye tipi (tekrarlama ya da aralık gruplama).

Eğer bağımsız tekrarlar çalıştırılıyorsa genellikle en az olan olayların dahi birkaç defa oluşunu beklemek gerekir. Model ne kadar uzun çalışırsa sonuçların kararlı durum davranışını o kadar iyi göstereceği unutulmamalıdır.

5.4.5.7 Alternatif Sistemlerin Karşılaştırılması

Simülasyonlar sıkça iki ya da daha fazla alternatif sistemi karşılaştırmak için kullanılır. Bu karşılaştırma bir ya da daha fazla karar değişkenine bağlı olarak yapılabilir. Alternatif tasarımların karşılaştırılması Çok dikkatli bir analiz gerektirir. Böylece aradaki farkın, sadece istatistiksel olmadığını gerçek performanstan kaynaklandığından emin olunur. Bu durumda çoklu tekrar yine faydalı olabilir.

Bazen de hipotezi reddetmek için yeterli delil olmadığına karar verilir. Hipotezi reddetmek için yeterli delil olmamasının bir nedeni de gerçekten iki metot arasında fark olmamasından kaynaklanabilir. Bu noktada daha fazla tekrar yapılabilir ya da tekniklerden birisi kullanılabilir.

5.4.5.8 Faktöriyel Tasarım

Simülasyon denemelerinde, hangi farklı giriş değişkeni grubunun, sistemin tepkisini nasıl etkilediğini bulmaya çalışırız. Her değişken seti için yüzlerce defa deneme yaptıktan bu tasarım tekniği kestirmeden bu değişkenleri büyük hassasiyetle bulmaya yarar. Deneysel tasarım terminolojisinde giriş değişkenleri "faktör", çıkış ölçümleri ise "tepki" olarak adlandırılır. Tepki belirlendikten ve bu tepkiye etki eden faktörler tahmin edildikten sonra faktöriyel tasarım metodu kullanılarak kaç defa çalıştırılacağı ve her faktör için hangi seviye veya değerlerin kullanılacağına karar verilebilir. Bütün simülasyon denemelerinde olduğu gibi sonuçların istatistiksel hassasiyeti için güven aralığı ve her faktörün seviyesini belirlemek amacıyla çoklu tekrar yapılır. Çoklu faktörlerle deney yapıldığında doğal bir eğilim de her faktörün ayrı ayrı sistem tepkisine olan etkisinin test edilmesidir. Bu Çok basit ve doğrudan bir yaklaşımdır, fakat faktörlerin birbirleriyle nasıl etkileştiğini göstermez. Her defasında iki yada üç faktörü birden değiştirerek yapılan deneme, her defasında sadece bir faktörü değiştirip diğerlerini sabit tutan denemeden daha farklı şekilde sistemi etkileyeceği kesindir.

Sistemin tepkisi üzerinde çoklu faktörlerin etkisini görmek için yapılan denemelere "iki seviyeli" ya da "tam faktöriyel" tasarım denir. Bu tip deneylerde basitçe her faktör için alt ve üst seviye değerleri tanımlarız ve her faktör grubu kombinasyonu için denemeler yaparız. Bu şu anlama gelir; Eğer 5 faktörümüz var ve her biri için iki farklı seviyemiz mevcutsa $2^5 = 32$

tane kombinasyonu denememiz gerekecek demektir: Eğer faktörlerin alt ve üst değerleri verilmemişse alt ve üst seviyeler rasgele seçilir: Örneğin eğer bir faktör "ilk giren ilk çıkar" ya da "ilk giren son çıkar" gibi çalışma politikasıyla ilgili ise bu çalışma politikalarından rasgele birini alt, diğerini üst seviye olarak alabiliriz.

Çok büyük sayıda faktörün kullanıldığı deneylerde "iki seviyeli" ya da "tam faktöriyel" tasarım metodu ile çok çok fazla sayıda test kombinasyonu karşımıza çıkabilir. Bu tip simülasyonlarda "ayrimsal faktöriyel tasarım" kullanılarak sistem performansı üzerine çok az etkisi olan ya da hiç etkisi olmayan faktörler dışarıda bırakılır. Kalan faktörlerle "tam faktöriyel" deneyi gibi daha detaylı denemeler yapılabilir.

Ayrimsal faktöriyel denemelerden sonra daha detaylı denemeler yapılarak bu faktörler daha anlamlı kullanılmalıdır. Böylece en anlamlı faktörler kullanılarak karar vermek için daha doğru bilgi sağlanmış olur.

5.4.5.9 Rasgele Dizilerin Kullanımı

Simülasyonun en önemli karakteristiklerinden biri de belirli bir model için rasgele tekrarların yapılabilmesine izin verilmesidir: simülasyon, kontrolü denemeleri yaparken sistem içerişimdeki istenildiği gibi kontrollü ya da rasgele probabilistik olaylara izin verir. Bu kontrol "rasgele diziler" metodunun kullanımıyla yapılır:

"Dizi" bağımsız bir çevrim sırasındır. Rasgele sayılar ise 0 ile 1 arasında dağılır. Rasgele sayı dizileri, diğer olasılık dağılımları.(Normal, Beta, Gama gibi) için rasgele fazladan sayı üretmekte kullanılır. Bütün rasgele (random) sayılar çevrim üzerine yerleştirildikten sonra çevrim sayısı sırayla tekrar başlar. Tekrar başlatılmadan önceki çevrim uzunluğu "çevrim periyodu" olarak adlandırılır ve genellikle çok uzundur.

Üretilmiş bulunan bir tesadüfi sayının tekrar ortaya çıkışına, kadar geçen süre veya mesafe çevrim süresi veya çevrim mesafesi olarak adlandırılır.

Rasgele diziler rasgele sayı üretici ya da formülü ile üretilir. Sayı üretici çekirdek bir değerle başlar ve bundan sonra üretilen her sayı bir öncekini girdi olarak alır. Simülasyondaki her dizinin kendine özgü bağımsız çekirdek değeri vardır, ve çevrimdeki her dizi kullanılan çekirdek değere bağlıdır:

Diziyi başlatmak için aynı çekirdek değer kullanılmışsa rasgele üretilen dizi elemanları da birbirinin aynısı olacaktır. Bunun anlamı; modeldeki bazı elemanlar performansları dikkate

alınarak sabit tutulabilir buna karşılık diğeri değeri değiştirilebilir. Basitçe bir aktivite grubu için bir rasgele dizi diğeri bütün aktiviteler grubu için diğeri bir rasgele sayı dizisi oluşturulabilir.

Aynı çekirdek değeri (seed value) aynı diziyi üreteceğinden her defasında model içinde tamamen bağımsız fonksiyonlar kullanılarak kendine özgü dizi yaratılması sağlanır. Örneğin gelişlerin dağılımı modelin bir yerlerinde rasgele sayı dizisine sahiptir. Bu nedenle rasgele sayı dizisinden örneklenerek modele eklenen aktiviteler geliş yapısını kasıtlı olarak değiştirmeyecektir. Çünkü gelişlerin dağılımında üretilen örnekleme değerini etkilemeyecektir.

Çoklu dizilerin nasıl çalıştığına bir örnek vermek için iki makine düşünelim. Bunlar Mak1 ve Mak2 olsun ve her 4 saatte bir onarım alınsın. Bunu modellemek için bozulmalar arası zaman ya da bozulma frekansı 240 dakika ortalamalı ve 15 dakika standart sapmalı normal dağılım gösterdiğini kabul edelim. $N(240,15)$. Onarım için geçen süre 10 dakika olsun. Eğer normal dağılımda bir dizi belirlenmemişse her iki makine için de örnekleme değeri elde etmek için aynı dizi kullanılır. Ama eğer alınan çekirdek değeri (seed value) 0.21837 ve 0.86469 gibi farklı iki sayı ise Mak1'in normal dağılımdan aldığı örnekleme değeri Mak2'den farklı olacaktır. Yani iki makine farklı zamanlarda bozulacaktır.

Bununla birlikte eğer iki makinenin bakımının aynı zamanda yapılması isteniyorsa bu durumda iki makinenin aynı anda durması gerekecektir. Her iki makine için de aynı çekirdek değerin kullanılması durumunda tamamen aynı dağılım elde edileceğinden her iki makinenin de durma zamanı aynı olacaktır.

5.4.6 Çıktıların Analizi

Gerçek sistem hakkında sonuç çıkarmayla ilgili çıktı analizi simülasyon çıktısına bağlıdır. Simülasyon denemelerini yaparken ve sonuçlarını yorumlarken çok dikkatli davranılmalıdır. Çünkü simülasyon denemesinin sonucu rasgeledir (girişlerin doğasının olasılığına bağlıdır) ve çıktının istatistiksel hassasiyetinin doğru ölçümü de gereklidir.

Üniversitelerde simülasyon yapan kişiler genellikle işi uygun yapılacak şekilde değiştirmekle ya da çok basit modeller kurmakla suçlanırlar. Diğer taraftan sanayi de çalışanlar genellikle geçerli verilerle model oluşturur ancak simülasyonun çıktılarıyla ilgili istatistiksel konuları ihmal ederler. Geçerli model kurma ve simülasyon çıktılarının istatistiksel yapısı arasındaki dengeyi kurmak oldukça önemlidir.

Simülasyonunun en önemli faydası mutlak cevaplar bulmak değil sistemin diğer iç yüzünü kavramaktır. Bu nedenle simülasyon çıktılarının hassasiyeti konusunda çok ileri gidilmemelidir. Yaklaşık 60 yıllık simülasyon deneyimi olan Conway, Maxwell ve Worona "Simülasyon çıktılarına her istatistiksel hassasiyeti eklemek fazla kuruntu yaratabilir. Ne yazık ki simülasyon çıktıları nadiren problemlerin nedenlerini tanımlar, fakat problemlerin semptomik davranışlarını (işaretlerini) raporlamayı yapar. Örneğin darboğaz analizinde kuyruk ya da makinelerden birisinin neredeyse her zaman dolu diğer bir ya da birkaçının bazen boş olduğu görülebilir. Buradaki darboğazı kaynağının tespiti bazen darboğazı tanımlamaktan daha fazla ustalık ister. Darboğazlar, çok fazla çalışma süresinden, kaynak yetersizliğinden dolayı gecikmeden veya düzensiz duruşlardan kaynaklanır. Sistemi geliştirebilmek için simülasyondan doğru sonuç çıkarmak oldukça önemlidir.

5.4.7 Sonuçların Raporlanması

Simülasyondaki son adım, simülasyon modelinin sonuçlarına dayanılarak gerçek sistemde geliştirme yapmak için önerilerde bulunmaktır. Bu öneriler desteklenmeli ve açıkça ortaya konmalıdır ki karar vermeye yardımcı olsun. Kullanılan verilerin dokümantasyonu, geliştirilen model ve yapılan denemeler simülasyonun sonuç raporunda yer almalıdır.

Eğer değişikliği desteklemek için kurulamayan bir değişikliği öneriyorsa simülasyon başarısız olmuştur. Simülasyon sonuçlarını satma işlemi, modelin inandırıcılığının oluşturulmasına bağlıdır. Çoğu zaman müşteri ya da yöneticiler için sadece modelin geçerli olması yetmez, eğer karar vermeye yardımcı olacaksa geçerliliğinin inandırıcı olması da gerekir: Sonuç olarak sunulan veriler ve sonuçların anlaşılması ve değerlendirilmesi kolay olmalıdır. Sistemde değişiklik yapmak için ekonomik faktörlerin azaltılması her zaman zorlayıcı bir etki yaratmaktadır.

Sonuçları sunarken önerilerin çok duyarlı yapılması önemlidir. Bu önerilerin sadece görülmesini ya da istenen sonuçların basit bir özetini vermeye yardımcı olur. Personel değişikliği ya da kesinti yapılması yönünde: bir sonuç çıkıyorsa burada sadece alternatif çözümleri sunmak birinden birini önermekten kaçınmak gerekir.

Animasyon ve çıktı grafikleri, simülasyon sonuçlarının sunulması açısından oldukça önemli yardımcılardır. Simülasyonu yapılan modelin görsel etkisi de göz önüne alınmalıdır. Sonuçları hazırlanırken modele birkaç rötuş yapmak gerekebilir. Böylece sunuş etkili bir şekilde simülasyon çalışmasının sonucunu sergilemiş olur.

Sunuş bitirildikten sonra yapılacak daha fazla analiz yoksa modelin ispatlanmış olan önerileri yerine getirilmeye hazırdır. Eğer simülasyon iyi bir şekilde dokümente edilmişse öneriyi gerçekleştirecek olan ekibe önemli bir kaynak sağlanmış olur.(Yeroğlu,2001).



6. PROMODEL VE ARENA PROGRAMINDA MODELLEME

Arena programı, Siman'ı da piyasaya süren Systems Modeling Corporation adlı bir firmanın geliştirdiği Windows ara yüzüne sahip popüler bir simülasyon programıdır. Arena programı, başarılı bir simülasyon için gerekli olan animasyon, giren ve çıkan verinin analizi gibi fonksiyonları ayrıntılı ve kapsamlı bir şekilde içermektedir.

Arena, bir program modeli oluştururken oluşturulmuş modeli çalıştırırken Siman komutlarını kullanır. Fakat bu programın özelliği komut bilgisine neredeyse hiç ihtiyaç duymamasıdır. Arena'da, şablonlarda kısa yolları verilmiş modülleri program sayfanıza ekleyerek ve bu modülleri çift tıklattığınızda açılan pencereye istenen bilgileri (geliş zamanı, yığın boyutu, bir sonraki istasyon adı v.b) girmek suretiyle model programınızı oluşturabilirsiniz.

Arena, Windows altında çalıştığı için araç çubukları, menüler ve pencerelerle çalışmak konusunda büyük kolaylıklar sağlar. Arena model sisteminin gücü üretim, sağlık sektörü, akış hatları, bilgisayar ağları gibi ortamlarda özel uygulamalara imkan vermesinden ileri gelmektedir (Arena user's guide,1995).

Promodel, her türlü üretim sistemlerinin analizi ve benzetimi için kullanılan Windows ortamında çalışan bir yazılımdır. Üretim sistemlerinin karakteristiklerinin tam olarak modellenmesi için kullanımı kolay bir araçtır.

Promodel, mühendis ve yöneticilere, geliştirdikleri yeni düşünceleri mevcut sisteme uygulamadan önce deneme şansı vererek zaman ve kaynakların gereksiz kullanımını engellemektedir. Promodel, kaynak kullanımı, üretim kapasitesi, verimlilik ve stok seviyesi gibi konuları ele almaktadır. Üretim sisteminin bu tür önemli elemanlarını modelleyerek, en iyi sonuçlara ulaşmak için farklı operasyon stratejileri geliştirilebilir.

Promodel'in kullandığı modelleme yapısı ve kullanıcı grafik arayüzü ile model kurulabilmektedir. Kullanıcıdan malzeme akışı ve operasyon mantığı istenmektedir. Otomatik hata kontrolü ve geçerlilik testi ile modelin istenilen sisteme uygun olması sağlanmaktadır. Benzetim süresince sistemin animasyonu ekrana getirilmektedir. Benzetim sonunda, kaynak kullanım etkinliği, verimlilik ve envanter seviyeleri gibi performans ölçütleri hesaplanmakta ve grafik olarak ekrana getirilmektedir. Promodel, Promodel PC üzerine geliştirilmiştir. Promodel PC'nin özellikleri geliştirilerek yeni bir yazılım yaratılmıştır. Promodel, Windows ortamında çalıştığı için Windows'un Kullanıcı Grafik Arayüzü'nün (GUI) tüm özelliklerinden yararlanabilmektedir. Böylece Windows ortamında çalışan diğer uygulamalarla beraber kullanılabilmektedir. Windows diğer uygulamalarla Promodel arasında bir arayüz oluşturarak

veri girişini kolaylaştırmaktadır. Örneğin, çizelgeleme verileri bir Çizelgelama programından direkt olarak yapılabilir.

Promodel programının yapısı gereği ilk olarak location(sabit değerler) tanımlanır, location'lar, modeldeki gezen birimlerin proses içerisinde dolaştığı sabit yerleri belirtmekte kullanılır. Örneğin, makineler, depolama alanları, iş istasyonları ve konveyörler gibi. Location editörü üç pencere içerir, location grafik penceresi, location yazma Çizelgesi, layout penceresi.

Location yazma çizelgesi, her model içindeki locationların ilgili karakteristik ve kapasitelerini içerir. Icon, name, cap., units ve DTs bölümünden oluşur. Icon, locationu tanımlanan listede belirtmek için kullanılır. Name, locationun isminin tanımlandığı bölümdür, cap., locationun bir seferde işleyeceği yada alacağı gezen birim sayısını belirtir. DTs, locationun durma zamanını, ayar zamanını girmek için kullanılır.

Location grafik penceresi, locationların şekil olarak oluşturuldukları bölümdür. Bu bölümde new, edit, erase ve view düğmeleri vardır. New düğmesi, yeni bir location grafik olarak oluşturur. Edit düğmesi, locationun rengini, boyutlarını ve yerleşimini değiştirir. View düğmesi, locationu layout içinde tanımlandırır. Bu bölümde tanımlanan grafikler, counter, gauge, tank, conveyor\Queue, label, status light, entity spot, region. Counter, locationdaki gezen birimlerin mevcut sayısını gösterir. Gauge, bir locationun simülasyon sırasında anlık olarak içerdiği gezen birim miktarını gösterir. Tank, tankların v.b. içinde bulunan likidlerin miktarını gösteren ve simülasyon çalıştıkça güncellenen bir çubuktur. Conveyor\Queue, bir kuyruğu yada konveyörü belli eden semboldür. İlk olarak conveyor mü yoksa queue mi olacak ona karar verilmelidir. Bu menüde, conveyor\queue nin genişliği, renk ayarı yapılabilir. Conveyors, yığılmalı konveyörlerde eğer lider gezen birim konveyörden çıkamazsa arkasından gelenler kuyruk oluştururlar. Yığılmasız konveyörlerde eğer lider gezen birim durağa gelirse, konveyör ve diğer bütün gezen birimler durur. Bir konveyöre tahsislenmiş kapasite, konveyörün bulundurulabileceği gezen birim sayısıdır. Kümülatif gezen birimlerin boyut toplamalarının konveyörü aşmama şartları vardır. Aslında istatistik sırasında gösterilen gezen birim miktarı aynı zamanda bize gerekli konveyör uzunluğunu yansıtmış olur. Gezen birimlerin bir konveyöre girebilmeleri için bir Move komutuna göre hareket etmeleri şarttır. Eğer bir Move komutu ile karşılaşırse gezen birim hareketi başlar. Move komutunun süresi şöyle belirlenir:

Süre = (Konveyör uzunluğu- Gezen birim uzunluğu veya genişliği)/Konveyör hızı

Queues, kuyruklardaki hareket konveyörlerde olduğu gibi Move komutu ile yapılmaktadır. Gezen birim alınır, kuyruğun sonuna bir mantık doğrultusunda hareket ettirir. Move ifadesi belirli bir zamanda o gezen birimi kuyruğun sonuna ulaştırıp müteakip işleme geçilmesini sağlayacaktır.

Label, bir locationu tanımlayabilmek için yazılan bir tekstdir. Label, locationun ismi ile senkronize hareket eder, isim değiştiği anda label da değişir. Status Light, simülasyon sırasında locationun boş veya dolu olduğunu gösterir. Entity Spot, gezen birimlerin locationların içinde nerelere yerleşeceğini, nerede duracağını gösteren işaretlerdir. Region, bir locationun alanını, bölgesini belli eden sınır çizgisidir. Daha sonra gezen birimler (entity), gezen birimlerin izleyeceği yol (path networks), kullanılan kaynaklar (resources), gezen birimlerin rotalanması ile gezen birimlere yapılacak operasyonların tanımlandığı processing modülü ile her gezen birimin sisteme gelişini tanımlayan arrivals modülünden oluşur (Promodel User's guide,1998).

6.1 Gezen Birim Oluşturulması ve Yok Edilmesi

Kesikli sistemleri oluşturan temel sebep, zaman içinde sistemin durumunun değişmesine neden olan olayların oluşumunu sağlayan gezen birimlerin hareketleridir. Modelin süreçten geçirdiği herhangi bir şeye gezen birim adı verilir. Parçalar, ürünler, kişiler veya çalışma kağıtları v.b. gibi şeyler gezen birim olabilir.

Arena 4.0 simülasyon programında gezen birimlerin yaratılması için Arrive modülü kullanılmaktadır. Gelişler arası süreler ise bu modül içindeki 'time between' değeri ile modellenir.

Arrive modülü Create, Count, Assign, Station ve Leave gibi çeşitli modüllerden oluşan bileşik bir yapıya sahiptir. Temelde gezen birimleri yaratan modül ise Create modülüdür.

Yaratılan gezen birimlerin yok edilmeleri için çıkış istasyonuna rotalanmaları ise Leave modülü ile yapılır. Leave modülü gezen birimlerin başka bir istasyon veya modüle taşınması amacıyla kullanılır ve Station ile Seize, Route, Access, Convey, Request, Transport gibi malzeme taşıma bölümünde ele alınacak taşıma modüllerini içerir. Ayrıca taşıma söz konusu değilse veya ihmal edilebilecek bir düzeyde ise Connect seçeneği seçilir ve modüller 'connect command' adi verilen bağlayıcı ile birleştirilebilir. Station modülü kullanıldığında ek olarak Assign, Delay ve Count gibi yardımcı modellerin kullanılması ile yapılabilecek resim atama

gibi animasyonlar, yükleme ve boşaltma zamanlarının modele dahil edilmesi ve gezen birimlerin sayılması gibi işlemler ilave bir modüle ihtiyaç duyulmadan Leave modülü ile yapılabilir.

Çıkış istasyonunu temsil eden modül olan Depart modülü Arrive modülü gibi bileşik bir yapıya sahiptir ve Enter, Count, Tally ve Dispose gibi modüllerden oluşur. Nasıl ki Arrive modülü içinde gezen birim yaratan esas modül Create ise Depart modülünde de gezen birim yok eden modül Dispose'dur.

Eğer simülasyonun belirli sayıda gezen birim işlem gördükten sonra sonlandırılacak ise, gezen birimlerin sayımı için Depart modülü içindeki Count modülü kullanılır. Üst limit değeri ise Statistics modülü tarafından kontrol edilir. Statistics modülü yardımcı bir modül olup ilgili performans ölçülerine ait istatistiklerin elde edilmesini sağlar. Simulate modülü ile ilgili modelin adı, proje sahibi gibi özellikler yanında simülasyon başlama zamanı, koşum süresi ve sayısı, geçiş döneminin uzunluğu, simülasyon sonunda sistem şartlarının başlangıç konumuna getirilmesi gibi özellikler de kontrol edilebilir. Yardımcı modüllerden olan Animate modülü ise koşum sırasında izleyicinin ilgili istatistikleri dinamik olarak izleyebilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Sezer,2003).

Promodel programında, gezen birimler entities modülü tanımlanır. Gezen birimler group ile bir palet üzerinde gruplanabilmekte, join ile birleştirilmekte, split ile daha fazla gezen birime ayrılabilir. Entities menüsü, boyut, ağırlık, kabul-red durumları, grubu tanıttıcı özelliklerin girilmesini sağlar.

Entities menüsünde, her gezen birimin isim ve özelliklerinin yazıldığı bir yazım çizelgesi ile gezen birimi temsil edecek grafiklerin bulunduğu grafik penceresi bulunur. Grafik penceresinde gezen birimlerin boyutları, ağırlıkları girilir. Yazım çizelgesinde icon, name, speed, stats, notes bölümleri bulunmaktadır (Promodel User's guide, 1998).

6.2 Gezen Birimlerin Rotalanması

Daha önce de tanımlandığı gibi gezen birimlerin rotalanmasında kullanılan belirleyici faktörler, modelleyicinin belirlediği olasılık değerleri, global değişkenler veya gezen birim özellikleridir. Arena programında her bir faktörü modellemek için geliştirilmiş ilgili modüller mevcuttur. Gezen birimlerin rotalanmasında yaygın olarak kullanılan modüller Inspect, Choose, PickQueue, PickStation ve Decide modülleridir.

Inspect modulu başlıca üç kısımdan meydana gelmektedir. Birinci kısımda kontrol fonksiyonunu yerine getirecek olan kaynağa ait parametreler bulunmaktadır. Burada hem kaynak ile ilgili ayarlamaları yapmak hem de olasılık değerini belirlemek mümkündür. Diğer kısım Pass Inspection Leave Data bölümüdür burada incelemeyi olumlu olarak tamamlayan gezen birimlerin rotalanacağı istasyon ve bağlantı turu tanımlanmaktadır. İncelemeyi olumsuz olarak tamamlayan gezen birimlerin rotalanması için ise Fail Inspection Leave Data bölümündeki benzer parametreler kullanılmaktadır. Choose modülü, global değişkene ya da gezen birim özelliğine bağlı olarak rotalama yapmaya imkan sağlar. PickQueue modülü ile gezen birimlerin paralel kuyruklar arasında çevrimsel, rassal, en kısa kuyruk, en uzun kuyruk, en büyük kuyruk kapasitesi, en küçük kuyruk kapasitesi gibi faktörlere bağlı olarak rotalanması sağlanır. Birden çok istasyon arasında seçim yapılması durumunda gezen birimlerin rotalanması için PickStation modülü kullanılır. PickStation modülünde gezen birimlerin rotalanması için kuyruk uzunlukları, kaynak kapasiteleri belirleyici faktör olarak seçilebilir. Decide modülü hem olasılıksal hem de durumsal bazda gezen birim rotalanmasına imkan sağlamaktadır (Sezer, 2003).

Promodel programında rotalanması Processing modülü ile yapılır. Processing modülü kısmı gezen birimlerin rotalandırılmasını ve her locationlara giren gezen birimin maruz kalacağı operasyonların tanımlanmasını sağlar. Gezen birimler bir kere sisteme girdiklerinde processing (işleme) kısmı gezen birimlerin locationdan çıkana kadar her özelliğin tanımlanmasını sağlar.

Bir processing yazmadan önce, prosesin ilgili olduğu bütün locationların ve gezen birimlerin tanımlanmış olması gerekmektedir. Processing editörü 4 bölümden oluşmaktadır, Process Edit çizelgesi, routing edit çizelgesi, tools window ve layout window. Process edit çizelgesi, bu çizelge sistem içerisindeki her locationdaki prosesleri çizelgede bir sıraya göre listeler. Routing Edit çizelgesi, bir location da işi biten gezen birimlerin nereye gittiklerini kontrol eder. Bütün proseslerin ilgili bir rota kaydı olmasına ihtiyaç yoktur. Eğer rota kaydı yoksa, promodel programı Çizelgede o gezen birim için o locationda başka bir prosesin yapıp yapılmadığına bakar. Bu Çizelgenin bölümleri, blk, output, destination, rule, move logic. Blk, mevcut rota bloğunun sayısını içerir. Rota bloğu, blok kuralına seçilmiş bir veya daha fazla alternatif rotadan oluşur. Output, eğer bir rota tanımlandıysa, bir operasyon sonucu ortaya çıkacak gezen birim buraya yazılır. Destination, işlem tamamlandıktan sonra gezen birimlerin nereye gidecekleri yeri tanımlar. Routing rule dialog kutusu, bir gezen birimin prosesinin bir parçası bitirildiğinde seçeceği yönün belirlenmesi için kral tespit edilmesinde

kullanılır. Bu kutu, start new block, new entity check box, quantity, routing rules bölümlerinden oluşur. Processing tools, bu pencerede proses ve rota kayıtlarının tanımlanmasına yardım eder. Aynı zamanda bir gezen birimin networku yolu dışında locationlar arasındaki yolun grafiksel olarak da tanımlanmasını sağlar (Promodel User's guide,1998).

6.3 Gezen Birimlerin Hareketleri ve Taşınması (Transportasyon)

Arena programında gezen birime bir taşıyıcı kaynağın tahsis edilmesi için Allocate modülü kullanılır. Request modülü ile daha önce Transporter modülü aracılığıyla ilgili özellikleri (hızı, adedi, distance modülü vb.) tanımlanmış olan taşıyıcı gezen birimin bulunduğu istasyona çağrılır. Buradaki önemli nokta taşıyıcı araç bir insan olarak kabul edildiğinde normal bir Resource modülü kullanarak modellenemeyecek olan ayrıntılar modele dahil edilebilir ve ilgili animasyonlar daha gerçekçi bir şekilde yapılabilir. Request modülü tarafından yakalanan taşıyıcı Delay modülü, Load Time veya Unload Time parametreleri kullanılarak yükleme ve boşaltma suresine tabii tutulur. Burada dikkat edilecek nokta Station modülü gibi temel modüllerde yükleme ve boşaltma zamanlarının modellenmesinde Delay modüllerinden faydalandığıdır. Bu süreler Enter modülleri ile ek bir modüle gerek kalmadan da direkt olarak modellenenilmektedir. Move modülü taşıcının yüksüz olarak bir noktadan bir noktaya yönlendirilmesinde kullanılmaktadır. Transport modülü ile taşıyıcı araç veya işçilerin hedef istasyona yüklü olarak yönlendirilmesi sağlanır. Şayet Transport delilde Leave modülü kullanılarak modelleme yapılsaydı taşıyıcı için tek bir hareket hızı tanımlanacağından farklı tip ve özelliklerdeki gezen birimler için farklı taşıma hızlarını modellemek mümkün olmayacaktı. Bu da ayrıntılı modelime için temel modüllerin kullanım gerekli ligini göstermektedir. İki istasyon arasındaki taşıma Distance modülü ile sağlanan bağlantı üzerinden yapılmaktadır. Distance modülü taşıcının iki istasyon arasında takip edeceği güzergahı ve bu güzergahın uzunluğunu tanımlamak için kullanılmaktadır. Taşıyıcı kaynak hedef istasyona ulaştığında gezen birimlerin boşaltılması gerekir. Bu durum herhangi bir şart gerektirmediğinden direkt olarak Free modülü ile modellenenebilir.

Gezen birimlerin sistem içerisinde taşınmasında sıklıkla karşılaşılan bir diğer taşıma şekli konveyör ile taşımadır. Konveyör ile ilgili (hız , hücre büyüklüğü, birikimli olup olmama vb.) özellikler Conveyor modülü içinde tanımlanmakta ve izleyeceği yol da Segment modülü ile belirtilmektedir. Gezen birimlerin bant üzerindeki hücrelere yerleştirilmesi ve parçaların kaç adet hücreye yerleştirileceği ise Access modülü ile modellenmektedir. Bantın hangi istasyona

yöneleceği ise Convey modülü ile tanımlanır. Hareket halindeki bir taşıyıcı araçtaki gezen birimlerin, araç durdurulmadan işlenebilmesi Arena 4.0 programı içerisinde Advanced Server modülü ile yapılmaktadır. Daha önce bahsedilen Server modülü ile Advanced Server modülleri arayız ve fonksiyonellik açısından oldukça benzer olmakla beraber Advanced Server ile aynı anda çok sayıda kaynak kullanılabilir ve taşıyıcı araçlar üzerinde işlem yapılabilir. Advanced Server modülü temelde Enter, Process ve Leave modüllerinin birleşiminden oluşur. Process modülü ise temel Seize, Delay ve Release modüllerini kapsar. Gezen birimler konveyör üzerinde hedef istasyona ulaştıklarında Exit modülü kullanılarak gezen birimlerin bulundukları konveyörü terk etmeleri sağlanır (Sezer,2003).

Promodel programında kaynaklar, locationlar arasında gezdikleri zaman oluşturulmuş bir yolu takip ederler. Gezen birimler de bu yolu takip ederler. Birçok gezen birim ortak bir yolu paylaşabilmektedir. Üç tip yol ağı vardır:

1. Passing (Geçişli yol),
2. Non passing (Geçişsiz yol),
3. Crane (Vinç),

Passing, gezen birimlerin ortak çizgili bir yolu özgürce paylaşabilmeleri özelliği vardır. Nonpassing e örnek olarak bir gezen birim sadece tanımlı olduğu yoldan geçer başka gezen birimler bu yol üzerinden geçemez crane yol ağları ise sadece köprü crane leri için oluşturulmuş ağlardır. Passing ve non passing ağları düğümlerden oluşur bunlar yol çizgileri ile birbirlerine bağlanırlar çizgi başlangıç ve bitiş düğümü ile tanımlanır ve tek yönlü veya çift yönlü olabilir. Yol düğümlerinin çoklu yol çizgileri katmak, bunları düğümlere bağlamak mümkündür yol ağları menüsü her yol ağı hakkında temel bilgileri barındıran bir yazma Çizelgesundan oluşur mesela burada network ismi, network tipi ve hareketleri network boyunca süre veya hızları gibi bilgiler bulunur. Path network Çizelgesunda graphic, name, type, T/S, paths, interfaces, mapping, nodes bölümleri bulunur. Graphic, geçişli yada geçişsiz tip yollarda ve vinç(crane) tipi yollarda yolun rengini, düğüm noktaları bu menü ile gösterilir. Name, yol ağlarının ismi verilir, type yol tipini belirlemek için kullanılır, T/S, yoldaki hareket zamanı yada hız ve mesafe cinsinden bu menü de verilir. Paths, yol ağı içerisindeki yol parçalarının sayısını gösterir. Interfaces, buradaki sayı yol ağıyla bağlantılı olan iş birimleri sayısıdır. Mapping, yol ağının belirli kollarına haritalama yapmak için kullanılır. Nodes, düğüm noktası sayısı bu menüde verilir, yol parçaları belirlendiğinde düğüm noktaları otomatik olarak belirlenir (Promodel User's guide, 1998).

6.4 Gezen Birimlerin Artırılması ve Azaltılmasının Simülasyonel Olarak Modellemesi

Üretim veya hizmet sistemleri içerisinde gerçekleşen paketleme ve gruplama gibi işlemlerin modellenmesi için Arena içerisinde kullanılan başlıca modüller; Batch, Group ve Combine'dir. Bunlardan Group modülü sadece gerici gruplar oluşturur ve bu grupların sistem modelinden çıkmadan önce dağıtılması gerekir. Bu işlem için ise Split modülünden faydalanılır. Combine modülü ise sadece sürekli gruplar oluşturur ve bunlar sistemi terk edene kadar dağıtılmazlar. Batch modülü ise en gelişmiş gruplama modülü olup hem geçici hem de sürekli grup oluşturma imkanı sunar. Ayrıca eşleştirmeli gruplama işlemine de olanak sağlar. Örneğin üç tip farklı parçanın üç ayrı şekilde gruplanması gibi (Sezer, 2003).

Promodel programında gruplama, entities menüsü ile yapılır.

6.5 Kaynakların Gezen Birimler Tarafından Kullanılması

Kaynaklar, gezen birimlerin belirli bir süre için kullanabilecekleri kısıtlı sayıda varlık olarak tanımlanabilir. Genellikle gezen birimler bazı kaynakların yerleştirilmiş oldukları belirli ve sabit belgelere hareket ederek bu kaynaklardan faydalanırlar. Ayrıca gezen birimler, gelişleri itibariyle kullanımlarına sunulan diğer çeşit kaynaklardan da faydalanabilirler. Bu tip kaynaklar gezen birimin kendisi tarafından üzerinde taşınabilir tamamen veya kısmen kullanılabilir yada tüketilebilir ve daha sonra kullanılmak üzere yerel stoğa geri bırakılabilir. Arena programında, gezen birimler belirli bir sayıda kaynağa ihtiyaç duyarlar. Kaynağın alınmasında (receive) belirli bir gecikme (delay) oluşabilir. Gezen birimler yakaladıkları (seize) kaynakları çeşitli proseslerden geçerken de tutabilirler. Kaynaklar kullanım sonrasında bir geri dönüş gecikmesinin de dahil olabileceği şekilde yerel stoga geri bırakılabilir. Gezen birimlerin kaynak kullanımı konusunda değişik öncelikleri olabilir. Daha öncelikli olan birim aynı kaynağa gereksinim duyan birimin önüne geçip onu engelleyebilir. Kullandığı kaynağı üzerinde taşıyan gezen birimlerde toplam kaynak kullanma süresinin kesin olarak verilmesine gerek yoktur.

Promodel programında, kaynak, bir insan, ekipman parçası, gezen birimleri taşımak için kullanılan alet veya bakım yapan bir alet olabilir. Kaynaklar aynı ortak karakteristiğe sahip elemanlardan oluşurlar. Örneğin teknik servis elemanları, taşıyıcı elemanlar gibi. Kaynaklar, ağ yollarında hareket eder şekilde veya hareket etmez şekilde bulunabilirler. Hareket eder kaynaklar, bir network yolu boyunca hareket eden, locationlar arası gezen birimleri taşıyan kaynaklardır, forklift gibi. Hareket etmez kaynaklar ise herhangi bir network yolu atanmamış

kaynaklardır. Hareket etmez kaynağa location da bir işlem yürütülecei zaman ihtiyaç duyulur, operatörün gözlem yapması gibi.

Kaynak editörü, Resource edit Çizelgesundan ve resource graphics Çizelgesundan oluşur. Bu iki Çizelge beraberce bir kaynağın karakteristiklerinin belirlenmesini sağlar.

Resource edit çizelgesi, icon, name, units, DTs, Stats, specs, search, logic, Pts, notes bölümlerinden oluşur. Bu Çizelge ile bir kaynağın ismi, kaynaktaki ünite adedini, her kaynağın networkte hangi yolu takip edeceğini sağlar,Resource graphics penceresi, kaynaklara ait grafiklerin belirlendiği penceredir (Promodel User's guide, 1998).



7. KAPASİTE PLANLAMASI, KAPASİTENİN TANIMI ve ÖLÇME KRİTERLERİ

Yeni bir fabrika kurulmadan önce belirlenmesi gereken birkaç önemli husustan biri kapasitedir. Bu aşamada kapasiteyi tanımlayan ölçüler çok geneldir. Örneğin bir tekstil fabrikası için kapasite, işlenecek ham madde miktarı veya üretilen tüm mamullerin metre olarak uzunluğu ile belirlenir. Daha sonra tahsis ve makinelerin tespiti amacı ile genel kapasite değerleri göz önüne alınarak ayrıntılara inilir. Fakat bu durumda dahi çalışmakta bir fabrikaya oranla tahminlere dayanan genel rakamlar üzerinde çalışma zorunluluğu vardır.

Üretim yapan bir fabrikanın kapasitesini tanımlamak oldukça güçtür. Makinelerin tek tek kapasitelerini bulup toplamakla tüm fabrikanın kapasitesini bulma olasılığı yoktur. Üretim birimleri veya iş istasyonları arasındaki ilişkiler karmaşık olduğundan kapasiteyi tanımlamak güçleşir. İş istasyonlarının üretim hızları arasındaki farklar, tamir-bakım faaliyetleri, program hataları yüzünden boş beklemler, ıskarta miktarı, işçi ve daha pek çok faktör fiziksel kapasite üzerinde sapmalara yol açar.

Kapasite genellikle; üretim oranı veya belirli bir zaman içindeki üretim miktarı olarak tanımlanır. Bu tanımların kısa ve basit görünümüne rağmen uygulamada pek çok sorunla karşılaşılır. Kapasitenin üretim oranı olarak ölçülmesi halinde, sistemin veya makinenin fiili üretiminin maksimum üretimine oranı söz konusudur. Maksimum üretim fiziksel yapı ile ilgili olduğundan kolay belirlenebilir. Fakat fiili üretim çeşitli faktörlerin etkisi altında değişir.

İkinci tanıma göre kapasite ölçümünde miktar ve zaman faktörlerinin belirlenme güçlüğü vardır yalnız bir cins mamul üretilen fabrikada böyle bir sorun yoktur. Fakat malzeme işlem süresi işçilik bakımından farklı çok çeşitli mamul üreten bir fabrikada miktar için ortak bir ölçü bulmak çok güçtür. Diğer taraftan üretim kapasitesinde makine ve tesisler kadar önemli olan ikinci husus insan gücüdür kapasitenin ayarlanması ve değişkenlik açısından insan gücünün çok daha karmaşık bir yapıya sahip olduğu ve ciddi yönetim soruları doğurduğu gerçektir.

7.1 Talep, Stoklar ve Üretim Hızı İle Kapasite İlişkileri

Talep tahminleri ve stok kontrolünün temel amacı üretim hızını mümkün olduğu kadar sabit tutmaktır. Talep tahminlerindeki yanılgılar ve minimum maksimum stok düzeylerinin seçimindeki isabetsizlik üretim hızının sık sık değiştirilmesini zorunlu kılar. Bu durumda, hazırlık maliyetleri yükseleceği gibi maksimum makine ve insan gücü kapasitesinin altında çalışılır. Düşük kapasite ile çalışma bir çeşit görünmez maliyet unsuru doğurur. Kapasite

kaybı verimlilik ve üretkenliği doğrudan olumsuz yönde etkiler. Üretim hızının düzgün tutulması amacı ile başvurulacak çareler şöyle sıralanabilir:

1. Stok yapılır.
2. Düşük talep dönemlerinde satışları artırıcı tedbirler alınır.
3. Yüksek talep düzeylerini düşürücü tedbirler alınır.
4. Çalışma saatleri artırılır veya azaltılır
5. Yeni işçi alma veya işten çıkarma ile insan gücü ayarlanır.

Bu çarelerin hiç birinin sorunu ekonomik olarak tek başına çözümlemesi beklenmemelidir. Fakat bunların bir kaçının uygun oranda karışımı ile oluşan bir politika izlenmesi istenilen sonucu gerçekleştirebilir.

7.2 Makine Kapasitesi

Makine kapasitesinin planlanmasına, bir işlem için harcanması gereken makine zamanının tespiti ile başlanır. Bunun için önce proses mühendisliğinden gelen bilgilere dayanarak işlemin çıplak makine süresi bulunur. Bu süreye hazırlık ve kaçınılamayan gecikmeler için hesaplanan süreler eklendikten sonra normal süre elde edilir. Üretilmesi istenen miktar normal süreye bölünürse makine- saat cinsinden gerekli kapasite buradan da makine sayısı belirlenir.

7.3 Çalışma Süresi ve Kapasite

Tek vardiya ile çalışan bir fabrikada üç vardiyaya çıkmakla, üç misli büyük bir fabrikanın üretim gücü elde edilir. Aslında sağlanan yararlar sadece tesis ve makine kapasitesiyle kalmaz. Mamul başına düşen genel masraf payları da azalır. Bütün bu avantajlı yanlarına rağmen, uzun süreli çalışmaya mecbur kalmadıkça gidilmez. Zira çalışma süresi uzadıkça sağlanan yararların karşısında bir takım mamul başına düşen amortisman payı aynı kalır. Sürekli çalışma düzeni esnek değildir üretimin azaltılması istendiğinde makine ve işçiyi boş bırakmaktan başka çare yoktur. Hâlbuki normal mesaide, zaman zaman çalışma süresini artırarak fazla talebi karşılama olanağı vardır.

7.4 Kapasite Dengesi

Çeşitli cins mamul üreten bir fabrikada her mamulün toplam üretim faaliyeti içindeki payı her an değişebilir. Bu değişim her makineye duyulan ihtiyacın değişmesi demektir. Diğer taraftan, fabrika kurulurken ne kadar dikkatli bir planlama yapılırsa yapılsın makinelerin arasındaki hız farklarından dolayı kullanma oranları aynı olmayacaktır. Dolayısıyla bir takım makineler yoğun bir şekilde çalışırken diğerlerinin boş durması gibi bir durum ortaya çıkacaktır. Yoğun makineler dar boğaza neden olacaktır dar boğaza neden olan makineler için yeni makineler eklenerek çözümlenir. Yeni makineler mümkün değilse darboğaza neden olan makineler çalışma süresini uzatmak sık başvurulmuş bir çaredir. Fakat fabrika içinde, hele bir üretim hattı üzerinde bir kısım makineye fazla mesai uygulanması uzun vadeli bir çözüm olarak kabul edilmemelidir. Olanak sağlandığında kapasite dengesinin yeni makinelerle sağlanması en köklü çözümdür.

Üretim hattındaki bazı makinelerin kapasitelerinin her hangi bir şekilde artırılması bir darboğaza giderirken, ortaya başka darboğazların çıkmasına neden olabilir. Bu nedenle, çalışan bir fabrikada kapasite planlamasının bir dizi darboğazları giderme işlemi olduğu söylenebilir (Kobu, 1987).

Bu tez kapsamında Arena 4.0 ve promodel 4.2 simülasyon programları ile darboğaz oluşturan kaynaklar bulunmuş ve alternatif çözümler geliştirilmiştir.

8.UYGULAMA

8.1 İşletmeye Ait Bilgiler

Kapasite planlaması için Kayseri Organize Sanayi bölgesinde faaliyet gösteren, güneş sistemleri üreten bir fabrikada gerçekleştirilmiştir. Bu sektörde yaşanan yoğun rekabetten dolayı fabrikanın adı gizli tutulmuştur. 1982 yılından beri bu sektörde olan fabrikanın başlıca ürünleri, güneş kollektörleri, güneş panelleri ve güneş depolarıdır. Üretimin %50'si ihraç edilmektedir. İhraç edilen ülkeler; Avrupa Birliği ülkeleri, Ortadoğu ülkeleri, Kuzey Afrika ülkeleri, Orta Asya ülkeleri ve Balkan ülkeleridir.

Uygulamanın yapıldığı fabrikada üretim,

1. Panel
2. Kasa
3. Çıta
4. Yıkama
5. Montaj olmak üzere beş bölümde gerçekleşmektedir.

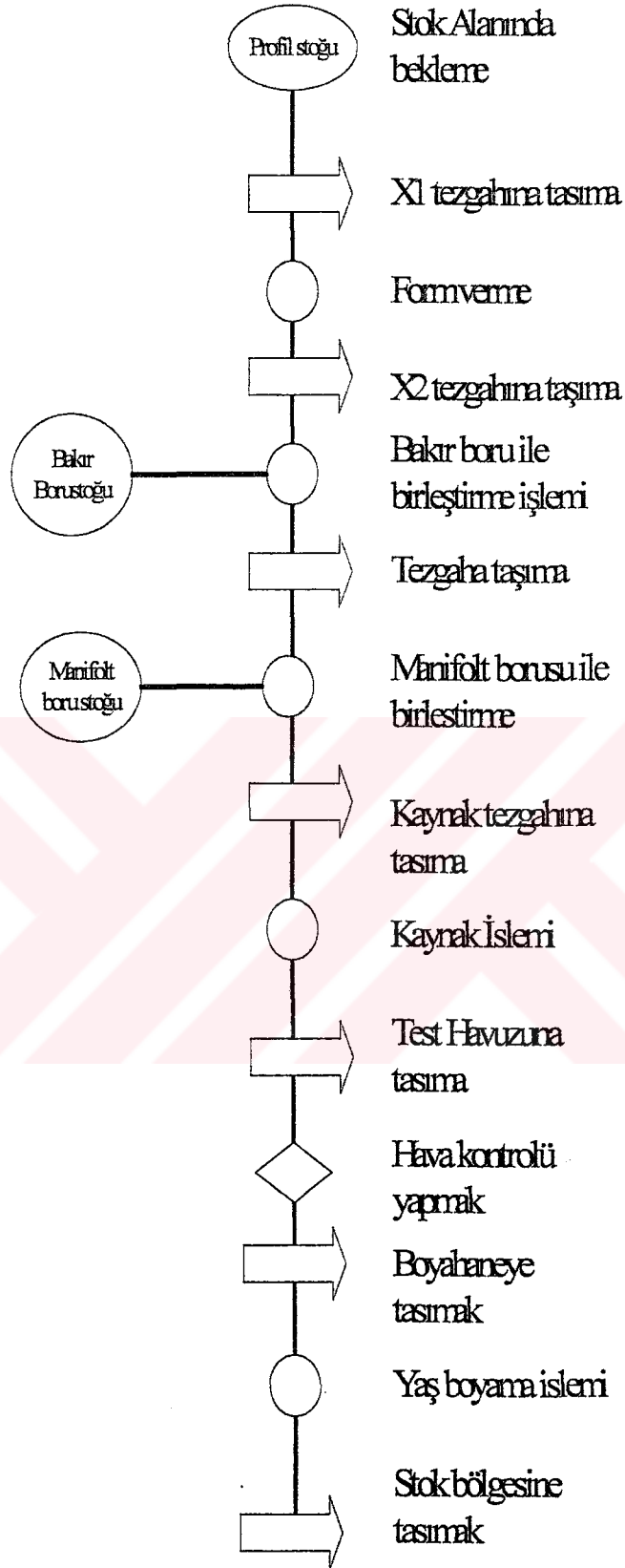
8.2 Panel Bölümü

1. 1 adet X1 makine
2. 1 adet X2 makine
3. 1 adet kaynak makinesi
4. 1 adet test havuzu
5. Boyahane bölümü

Panel, güneş ışınlarını emen, içinde kanallar bulunan iletkenliği yüksek malzemeden yapılan parçalardır. Panel imalatı, kollektör imalatının en önemli parçasıdır. Paneli oluşturan kanallar, kanatlar ve manifold borusundan oluşur, manifold borusu 29,8 mm çaplı taşıyıcı kanallardan gelen akışkanı toplayan ve dağıtan borudur. Manifold borusu dışarıdan tedarik edilmektedir. Panel üretimi X1 makinesi ile başlar, hammaddesi alüminyum şerittir. Alüminyum şeride, X1 makinesinde suyun geçtiği boru çapının yarısı kadar form verilir. X2 makinesinde form verilen şeritlerin içerisine bakır borular konularak mekanik kilitleme sistemi ile birleştirme

işlemi yapılır. Böylelikle kanatlar oluşur. X2 makinesinden çıkan kanatlar palete yerleştirilir. Palete yerleştirmede belli bir sayı gözetilmemektedir (Genelde 20 adet). Kanatlar, birleştirme tezgahında manifold borusuna takılır. Birleştirme tezgahında bulunan işçi, kanatları kendi tezgahına taşır, manifold borusuna takılmış kanatlar(paneller), tezgahın yanında bulunduğu duvara dayanır. Duvarın diğer tarafında bulunan kaynak işçisi paneli alır ve kanatların manifold borusuna geçirilen kısımlarına kaynak yapar. Kaynak işçisi, kaynak yaptığı panelleri duvara yaslar. Kaynaktan sonraki işlem test havuzudur, 16 bar hava basıncı ile kaynak kontrolü yapılır, amaç, panellerden suyun sızmasını önlemektir. Kaynak hatası var ise kontrol işçisi sızıntı yapılan bölgeyi işaretleyerek hatalı bölümüne paneli koyar, kaynak işçisi hatalı bölümünden panelleri alarak yeniden kaynatır. Kaynak kontrolünden geçen paneller, paletlere dizilir. Paletler, temizleme personeli tarafından boyahaneye taşınır burada güneşin daha iyi absorbe edilmesi için panellerin tek yüzeyi siyaha boyanır. Boyanan paneller, palete yerleştirilir, montaj bölümüne gönderilir. Panel üretiminin akış şeması Şekil 8.1'deki gibidir.





Şekil 8.1 Panel Üretim Akış Şeması.

8.2.3 Panel İçin Çıktı Analizi

Panel imalatı için hazırlanan simülasyon modelinde yer alan süreçler için uygun istatistiksel dağılımlar arena input analyzer programı kullanılarak türetilmiştir. Panel için yapılan zaman etütlerinden, her süreç için 100 adet gözlem değeri alınmıştır. Bu gözlem değerlerinden girdi analizi yapılarak, en düşük istatistiksel hataya sahip olan dağılımlar tespit edilmiştir. Panel imalatı için hazırlanan simülasyon modelinde yer alan stokastik zamanlar Çizelge 8.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 8.1 Panel imalatı için hazırlanan stokastik zamanlar.

Süreçler	Stokastik Zamanlar
Form verme	$5 + 0.331 * \text{BETA}(0.259, 0.519)$
Birleştirme	$\text{NORM}(17.1, 0.376)$
Panel Montaj	$2.52 + \text{WEIB}(0.0098, 5)$
Kaynak	$89.5 + \text{WEIB}(2.77, 1.38)$
Boyama	$13.5 + 7 * \text{BETA}(1.54, 1.44)$

Panel imalatı için hazırlanan model 8 saatlik simülasyon koşumu boyunca 10 defa çalıştırıldığında sistemin performansını etkileyen, darboğaz oluşturan noktalar belirlenmiştir. Simülasyon koşumu süresince sistemden çıkan ortalama panel adeti 310 adettir. Panel bölümünde kalite kontrol bölümü kaynak işleminden sonra yapılmaktadır. Kontrol formları incelenerek hatalı çıkma olasılığı %5 olduğu görülmüştür. Kaynak kapasite oranları incelendiğinde kaynak makinesinin %100 doluluk oranı ile çalıştığı görülmüştür. Sistem içi süreler incelendiğinde ortalama sistemde bekleme süresi 233,4 saniyedir. Bu sürenin ortalama 227 saniyesi kaynak işçisinin kuyrukta bekleme süresidir. Kaynak bölümünde işlem görmek için bekleyen ortalama 2668 adet malzeme beklemektedir. Bu oranlar incelendiğinde kaynak bölümünün darboğaz oluşturduğu düşünülmüş ve sistemin performansının

iyileştirilmesi adına, kaynak bölümüne kaynak yapan işçi ve kaynak makinesi ekleyerek kaynaktan sonra gelen süreçlerin kullanılabilir kapasitelerinden daha etkin olabileceği düşünülmüş ve öneri model geliştirilmiştir.

Çizelge 8.2 Sistem den çıkan panel adetleri.

Simülasyon Koşumu	Hatasız Panel	Hatalı Panel	Toplam Panel
1	301	9	310
2	295	15	310
3	289	21	310
4	296	14	310
5	303	7	310
6	291	19	310
7	291	19	310
8	295	15	310
9	297	12	310
10	286	24	310

Çizelge 8.3 Sistem içinde geçen süreler.

Simülasyon Koşumu	Transfer Zamanı	Bekleme Zamanı	Diğer zaman
1	0,02	223,42	1,54
2	0,02	234,52	1,55
3	0,02	234,7	1,55
4	0,02	234,38	1,54
5	0,02	234,58	1,54
6	0,02	234,42	1,54
7	0,02	235,21	1,55
8	0,02	234,43	1,54
9	0,02	234,56	1,54
10	0,02	234,19	1,55

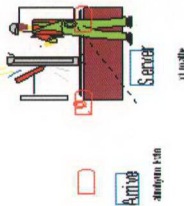
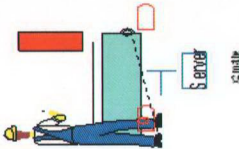
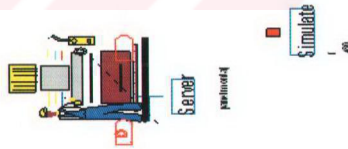
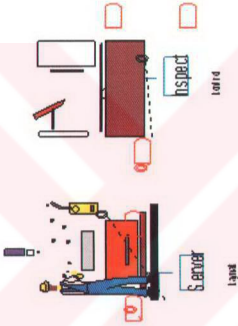
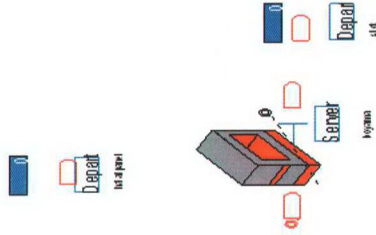
Çizelge 8.4 Kapasite kullanım oranları.

Simülasyon Koşumu	Panel montaj	Boyama	Kaynak	X1 makine	X2 makine
1	0,01	0	0,99	0,03	0,11
2	0,01	0	0,99	0,03	0,11
3	0,01	0	0,99	0,03	0,11
4	0,01	0	0,99	0,03	0,11
5	0,01	0	0,99	0,03	0,11
6	0,01	0	0,99	0,03	0,11
7	0,01	0	0,99	0,03	0,11
8	0,01	0	0,99	0,03	0,11
9	0,01	0	0,99	0,03	0,11
10	0,01	0	0,99	0,03	0,11

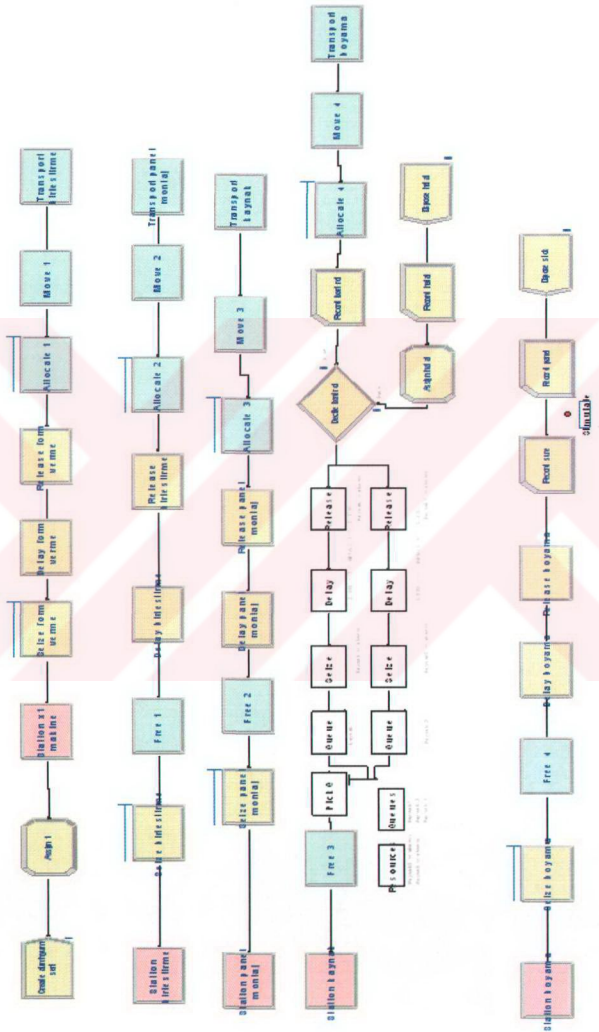
Çizelge 8.5 Çevrim süresi içerisinde ortalama kuyrukta bekleme zamanı ve miktarları.

Süreçler	Ortalama kuyrukta Bekleme Zamanı	Ortalama kuyrukta Bekleme miktarı
İsci	0,003	0
Montaj iscisi	0,005	0
Kaynak iscisi	227	2668
Boyama iscisi	0,001	0
X2 makine	0,037	0
Boyama	0	0
X1 makine	0,016	0
Kaynak	1,53	0
Panel	0	0

8.2.6 Panel Öneri Modeli Fiziksel



8.2.7 Panel Öneri Model Mantıksal



8.2.8 Panel Öneri Model İçin Çıktı Analizi

Öneri model 8 saatlik simülasyon koşumu boyunca 10 kez çalıştırılmış, kaynak 1 makinesi ve kaynak 2 makinesinin kapasite kullanım oranlarının % 99 olduğu görülmüştür. Sistemden çıkan ortalama panel miktarı 678 'e yükselmiştir. Boyama kapasite kullanım oranı % 1 olduğu görülmüş, bir önceki modele göre kullanım oranı %1 artmıştır. Sistem içi süreler incelendiğinde ortalama bekleme süresi 225 saniye olmuştur. Bu süreyi kaynak bölümü oluşturmaktadır. Fakat performans ölçütü olarak alınan üretim miktarı, mevcut durumda ortalama 310 adet iken öneri modelde ortalama 680 adete yükselmiştir.

Çizelge 8.6 Öneri modelden çıkan panel adetleri.

Simülasyon Koşumu	Hatasız Panel	Hatalı Panel	Toplam Panel
1	649	32	681
2	647	37	684
3	658	27	685
4	647	31	678
5	625	48	673
6	635	36	671
7	644	36	680
8	653	32	685
9	643	33	676
10	628	41	669

Çizelge 8.7 Sistem içinde geçen süreler.

Simülasyon Koşumu	Transfer Zamanı	Bekleme Zamanı	Diğer zaman
1	0,01	224,88	0,01
2	0,01	227,11	0,01
3	0,01	228,4	0,01
4	0,01	225,87	0,01
5	0,01	226,22	0,01
6	0,01	225,18	0,01
7	0,01	223,76	0,01
8	0,01	225,19	0,01
9	0,01	225,19	0,01
10	0,01	223,98	0,01

Çizelge 8.8 Öneri panel için kaynak kapasite kullanım oranları.

Simülasyon Koşumu	Panel montaj	Boyama	Kaynak	Kaynak 2	X1 makine	X2 makine
1	0,02	0,01	0,99	0,99	0,03	0,11
2	0,02	0,01	0,99	0,99	0,03	0,11
3	0,02	0,01	0,99	0,99	0,03	0,11
4	0,02	0,01	0,99	0,99	0,03	0,11
5	0,02	0,01	0,99	0,99	0,03	0,11
6	0,02	0,01	0,99	0,99	0,03	0,11
7	0,02	0,01	0,99	0,99	0,03	0,11
8	0,02	0,01	0,99	0,99	0,03	0,11
9	0,02	0,01	0,99	0,99	0,03	0,11
10	0,02	0,01	0,99	0,99	0,03	0,11

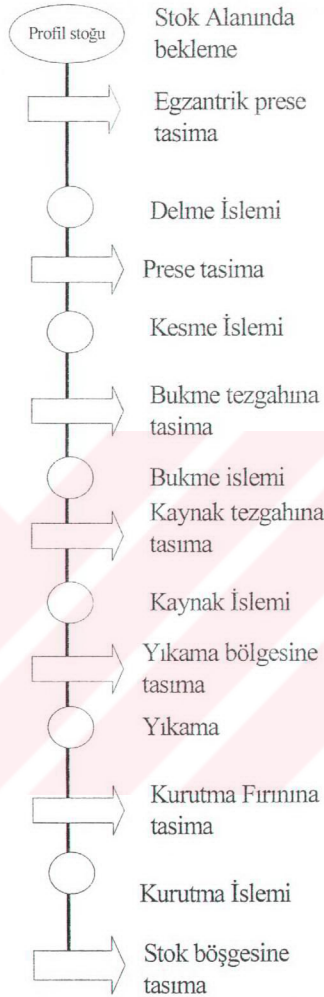
Çizelge 8.9 Çevrim süresi içerisinde ortalama kuyrukta bekleme zamanı ve miktarları.

Süreçler	Ortalama kuyrukta Bekleme Zamanı	Ortalama kuyrukta Bekleme miktarı
İşçi	0,036	0
Montaj iscisi	0,005	0
Kaynak iscisi	0,01	0
Boyama iscisi	0,003	0
Kaynak 2	226	2652
Kaynak	226	2652
Birleştirme	0,004	0
Boyama	0	0
Form verme	0,01	0
Panel Montaj	0	0

8.3 Kasa Bölümü

1. 2 adet eksantrik pres
2. 1 adet bükme tezgahı
3. 1 adet X1 makine
4. 1 adet kaynak makinesi

Kasa kolektörü oluşturan panelin dış hava etkilerinden korunması için kullanılan muhafaza ve birleştirme aksamıdır. Kasa imalatının hammaddesi, alüminyum profildir. Profiller, dışarıdan alınır ve profiller geldiği zaman preslerin olduğu bölüme stoklanır. Profile ilk kesme işlemi yapılır, ikinci presteki işçi profili alır, delme işlemi yapar. Bükme bölümündeki işçiler profilleri alarak bükme tezgahının yanına getiriler, uzun profiller dörtgen oluşturacak şekilde bükülerek köşeleri oluşturulur. Paletlere yerleştirilir. Kaynak bölümü işçisi, paleti alır, köşegenlerin ucunu birleştirmek için kaynak yapar. Kaynak yapılan kasaları palete yerleştirir. Yıkama personeli tarafından alınır. Kasa yüzeyindeki kir ve yağlar temizleme havuzunda temizlenir. Kasa üretimi akış şeması Şekil 8.2 deki gibidir.



Şekil 8.2 Kasa üretimi akış şeması.

8.3.3 Kasa İçin Çıktı Analizi

Kasa için hazırlanan simülasyon modelinde yer alan süreçler için uygun istatistiksel dağılımlar arena input analyzer programı kullanılarak türetilmiştir. İşletmede zaman etüdü yapılmadığı için her süreç için zaman etüdü yapılmış ve her süreç için 100 adet gözlem değeri alınmıştır. Bu gözlem değerlerinden girdi analizi yapılarak, en düşük istatistiksel hataya sahip olan dağılımlar tespit edilmiştir. Kasa için hazırlanan simülasyon modelinde yer alan stokastik zamanlar Çizelge 8.10 da gösterilmiştir.

Çizelge 8.10 Kasa imalatı için hazırlanan stokastik zamanlar.

Süreçler	Stokastik Zamanlar
Delme	$3.8+0.08*BETA(9.8,9.5)$
Bükme	$3.05+0.06*BETA(10.5,7.9)$
Kaynak	$1.99+ERL(0.0089,6.9)$
Temizleme	$TRIA(2.04,2.1,2.15)$
Kurutma	$2.08+ERL(0.0089,6.9)$
Kesme	$3.77+1.15*BETA(11.6,9.1)$

Kasa imalatı için hazırlanan model 8 saatlik simülasyon koşumu boyunca 10 defa çalıştırıldığında sistemin performansını etkileyen, darboğaz oluşturan noktalar belirlenmiştir. Simülasyon koşumu süresince sistemden çıkan ortalama kasa adeti 104 adettir. Kaynak kapasite oranları incelendiğinde kesme işlemini yapan eksantrik presin % 100 doluluk oranı ile çalıştığı görülmüştür. Sistem içi süreler incelendiğinde ortalama bekleme süresi 238 saniye ve bu süreyi kesme işleminin yapıldığı eksantrik pres oluşturmaktadır. Kuyrukta işlem görmek için bekleyen malzeme adetleri incelendiğinde kesme işleminin yapıldığı eksantrik pres önünde 24 adet iş beklemektedir. Diğer tezgahların önünde bekleme olmamaktadır. Bu sonuçlar doğrultusunda kesme işlemi yapan eksantrik presin darboğaz oluşturduğu düşünülmüş ve sistemin performansının iyileştirilmesi adına, kesme işleminin yapıldığı eksantrik presin kapasitesinin artırılması düşünülmüştür. Böylelikle kesme işleminden sonra kaynak, temizleme ve kurutma işlemlerinin yapıldığı makinelerin kullanılabilir

kapasitelerinden daha etkin faydalanılabilir. Bunun için kesme işlemini yapacak ek bir eksantrik pres sisteme dahil edilerek öneri model kurulmuştur.

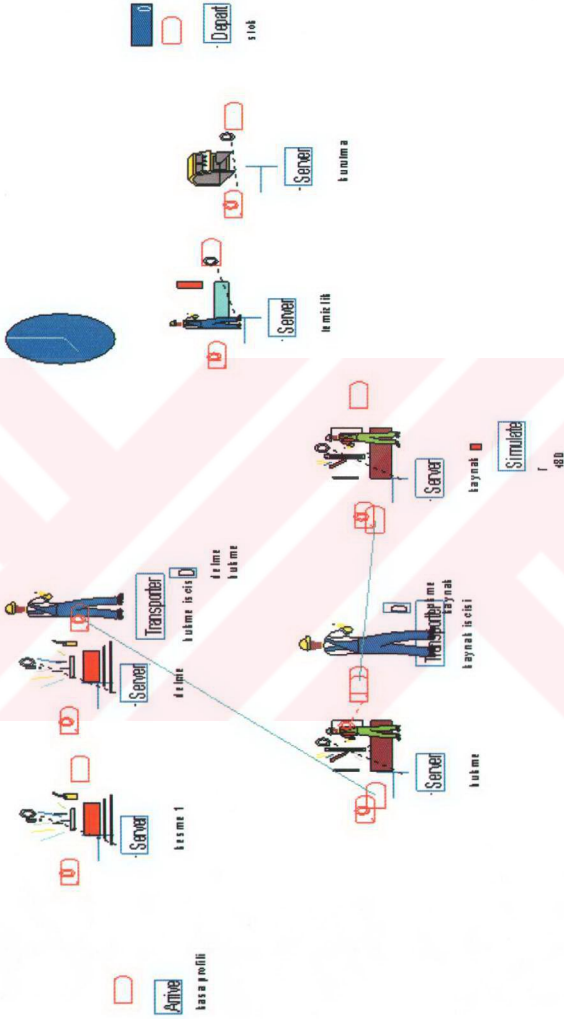
Çizelge 8.11 Sistemden çıkan kasa adetleri.

Simülasyon Koşumu	Sistemden çıkan kasa
1	105
2	104
3	104
4	105
5	105
6	105
7	105
8	105
9	105
10	105
Ortalama çıkan kasa	104

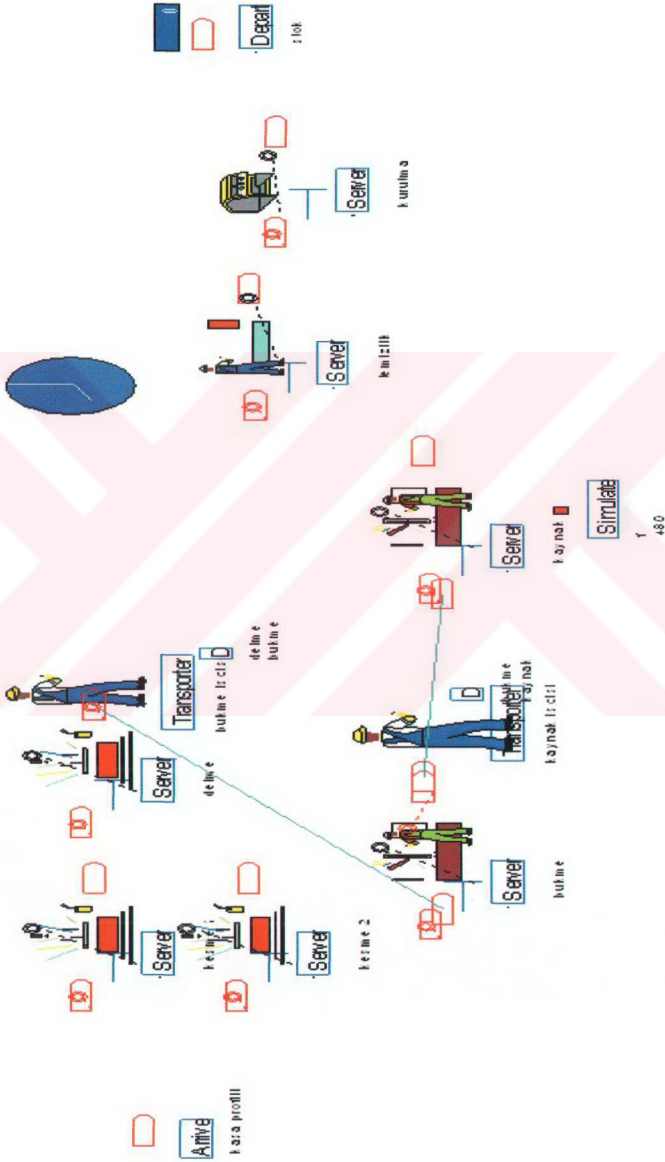
Çizelge 8.12 Kaynak kapasite kullanım oranları.

Simülasyon koşumu	Bükme İşlemi	Delme İşlemi	Kaynak İşlemi	Kesme İşlemi	Kurutma İşlemi	Temizlik İşlemi
1	0,69	0,87	0,45	1,00	0,55	0,68
2	0,69	0,86	0,45	1,00	0,55	0,67
3	0,69	0,87	0,45	1,00	0,55	0,68
4	0,69	0,86	0,45	1,00	0,55	0,68
5	0,69	0,86	0,45	1,00	0,55	0,68
6	0,69	0,87	0,45	1,00	0,55	0,68
7	0,69	0,86	0,45	1,00	0,55	0,67
8	0,69	0,86	0,45	1,00	0,55	0,68
9	0,69	0,86	0,45	1,00	0,55	0,68
10	0,69	0,86	0,45	1,00	0,55	0,67

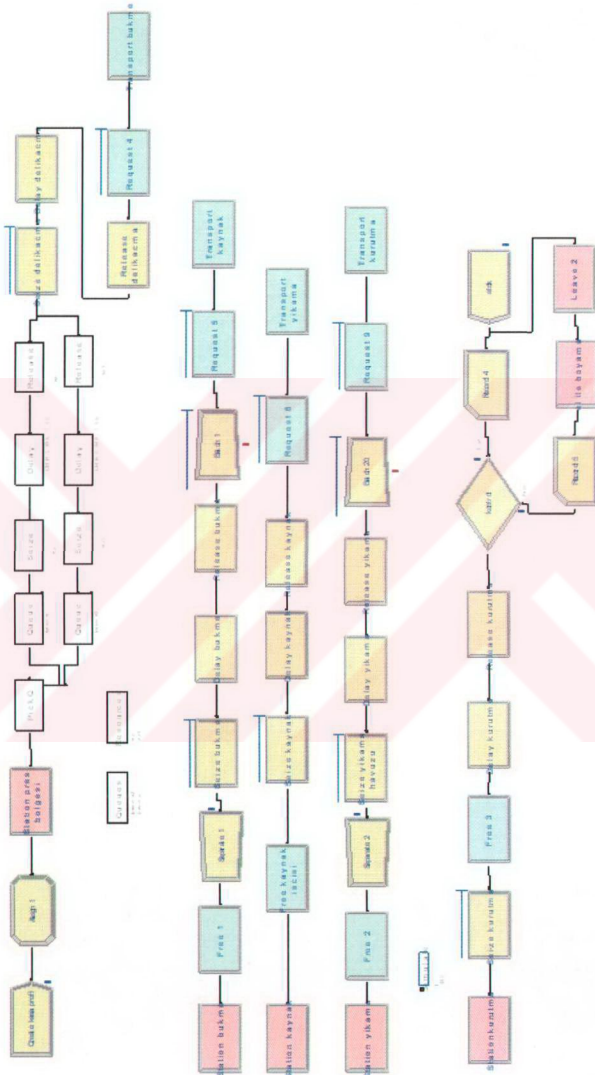
8.3.4 Kasa İmalatı İçin Hazırlanan Fiziksel Model



8.3.6 Kasa İmalatı İçin Hazırlanan Öneri Fiziksel Model



8.3.7 Kasa İmalatı İçin Hazırlanan Öneri Mantıksal Model



8.3.8 Öneri Kasa İmalatı İçin Çıktı Analizi

Öneri model 8 saatlik simülasyon koşumu boyunca 10 kez çalıştırılmış, kesme işlemi yapan eksantrik pres ile kesme 2 işlemi yapan egzanrik pres 3 kapasite kullanım oranlarının % 99 olduğu görülmüştür. Sistemden çıkan ortalama kasa miktarı 205 'e yükselmiştir. Kesme işleminden sonraki işlemleri bükme %69'dan %79'a , delme %87'den % 89'a , kaynak % 45'den %64 ' e kullanım oranlarının arttığı görülmüştür.

Çizelge 8.14 Sistemden çıkan kasa adetleri.

Simülasyon Koşumu	Sistemden çıkan kasa
1	205
2	206
3	205
4	205
5	205
6	205
7	205
8	205
9	205
10	205
Ortalama çıkan kasa	205

8.4. Çıta Bölümü

1. 1 adet eksantrik pres
2. 1 adet bükme tezgahı
3. 1 adet kaynak makinesi

Çıta camı kasaya monte etmeye yarayan parçadır. Çıta imalatının hammaddesi, çıta profilidir. Çıta profilleri, dışarıdan alınır ve profiller geldiği zaman çıta bölümündeki preslerin olduğu bölüme stoklanır. Çıta profili, pres işçisi tarafından alınır, kesme işlemi yapar. Bükme bölümündeki işçi profilleri alarak bükme tezgahının yanına getirir, çıta profillerinin dörtgen oluşturacak şekilde bükülerek köşeleri oluşturulur. Paletlere yerleştirilir. Kaynak bölümü işçisi, paleti alır, köşegenlerin ucunu birleştirmek için kaynak yapar. Kaynak yapılan çitalar palete yerleştirir. Temizleme personeli tarafından alınır. Çıta üretimi akış şeması Şekil 8.3 deki gibidir.



Şekil 8.3 Çıta üretimi akış şeması.

8.4.3 Çıta İçin Çıktı Analizi

Çıta bölümü için hazırlanan simülasyon modelinde yer alan süreçler için uygun istatistiksel dağılımlar arena input analyzer programı kullanılarak türetilmiştir. İşletmede zaman etüdü yapılmadığı için her süreç için zaman etüdü yapılmış ve her süreç için 100 adet gözlem değeri alınmıştır. Bu gözlem değerlerinden girdi analizi yapılarak, en düşük istatistiksel hataya sahip olan dağılımlar tespit edilmiştir. Çıta üretimi için hazırlanan simülasyon modelinde yer alan stokastik zamanlar Çizelge 8.17 de gösterilmiştir.

Çizelge 8.17 Çıta üretimi stokastik zamanlar.

Süreçler	Stokastik Zamanlar
Kesme	$3.79+0.09*BETA(7.8,8.5)$
Bükme	$2.78+2.15*BETA(10.6,8.9)$
Kaynak	$1.98+ERLA(0.000089,7)$
Temizleme	$0.89+WEIB(0.409,2.05)$
Kurutma	$3.81+1.15*BETA(11.6,9.1)$

Çıta üretimi için hazırlanan model 8 saatlik simülasyon koşumu boyunca 10 defa çalıştırıldığında sistemin performansını etkileyen, darboğaz oluşturan noktalar belirlenmiştir. Simülasyon koşumu süresince sistemden çıkan ortalama çıta adeti 104 adettir. Kaynak kapasite oranları incelendiğinde kesme işlemini yapan eksantrik presin % 100 doluluk oranı ile çalıştığı görülmüştür. Sistem içi süreler incelendiğinde ortalama bekleme süresi 546 saniyedir. Bu sürenin ortalama 238.20 saniyelik bölümünü kesme işlemini yapan eksantrik pres oluşturmaktadır. İşlem görmek için tezgah önlerinde bekleyen malzemeler incelendiğinde 198 adet malzeme kesilmek için beklemektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda kesme işlemi yapan eksantrik presin darboğaz oluşturduğu düşünülmüş ve sistemin performansının iyileştirilmesi adına, kesme işleminin yapıldığı eksantrik presin kapasitesinin artırılması düşünülmüştür. Böylelikle kesme işleminden sonra kaynak, temizleme ve kurutma işlemlerinin yapıldığı makinelerin kullanılabilir kapasitelerinden daha etkin faydalanılabilecektir. Sisteme ek bir kesme işlemi yapacak eksantrik pres ilave edilerek öneri model geliştirilmiştir.

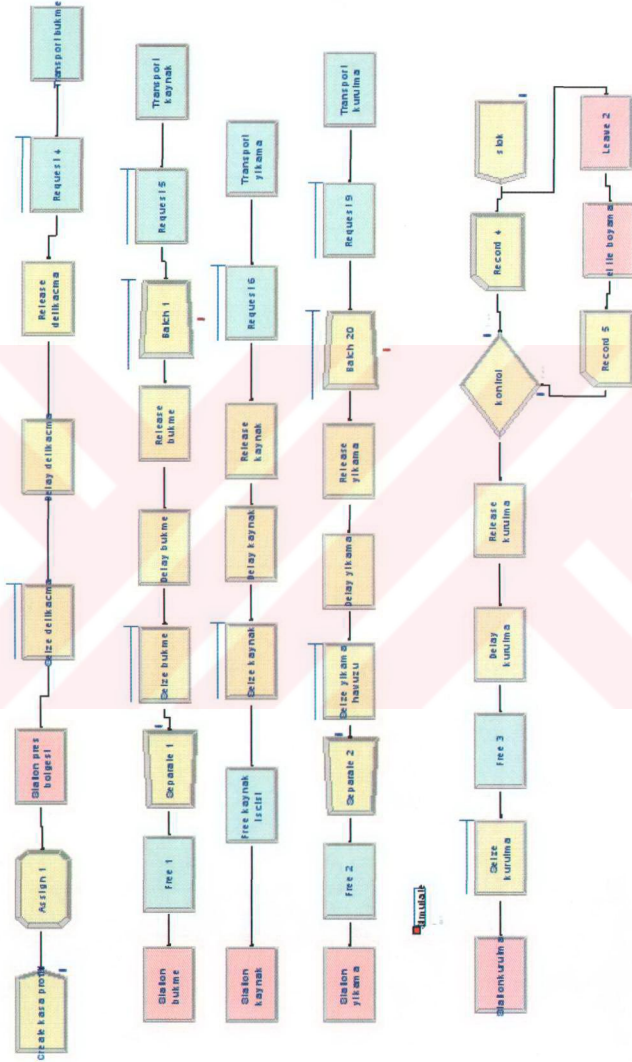
Çizelge 8.18 Sistemden çıkan çıta adetleri.

Simülasyon Koşumu	Sistemden çıkan çıta
1	105
2	104
3	104
4	105
5	105
6	105
7	105
8	105
9	105
10	105
Ortalama çıkan çıta	104

Çizelge 8.19 Çıta imalatı için kaynak kullanım oranları.

Simülasyon Koşumu	Kesme	Bükme	Kaynak	Kurutma	Temizlik
1	1.00	0.99	0.89	0.45	0.47
2	1.00	0.99	0.89	0.45	0.46
3	1.00	0.99	0.87	0.45	0.46
4	1.00	0.99	0.87	0.45	0.46
5	1.00	0.99	0.88	0.46	0.46
6	1.00	0.99	0.88	0.45	0.46
7	1.00	0.99	0.88	0.45	0.46
8	1.00	0.99	0.88	0.45	0.46
9	1.00	0.99	0.87	0.45	0.46
10	1.00	0.99	0.89	0.45	0.47

8.3.5 Çıta İmalatı İçin Hazırlanan Mantıksal Model



8.3.8 Öneri Çıta İmalatı İçin Çıktı Analizi

Öneri model 8 saatlik simülasyon koşumu boyunca 10 kez çalıştırılmış. Sistemden çıkan çıta adeti 207 e yükselmiştir. Kesme işlemlerini eksantrik presler, %100 doluluk oranı ile çalışmaktadır. Fakat temizleme ve kurutma tezgahlarının kullanım oranları artmıştır. Performans kriteri olarak alınan üretim miktarı artmıştır.

Çizelge 8.21 Sistemden çıkan çıta adetleri.

Simülasyon Koşumu	Sistemden çıkan çıta
1	207
2	206
3	207
4	207
5	207
6	206
7	207
8	207
9	207
10	207
Ortalama çıkan çıta	207

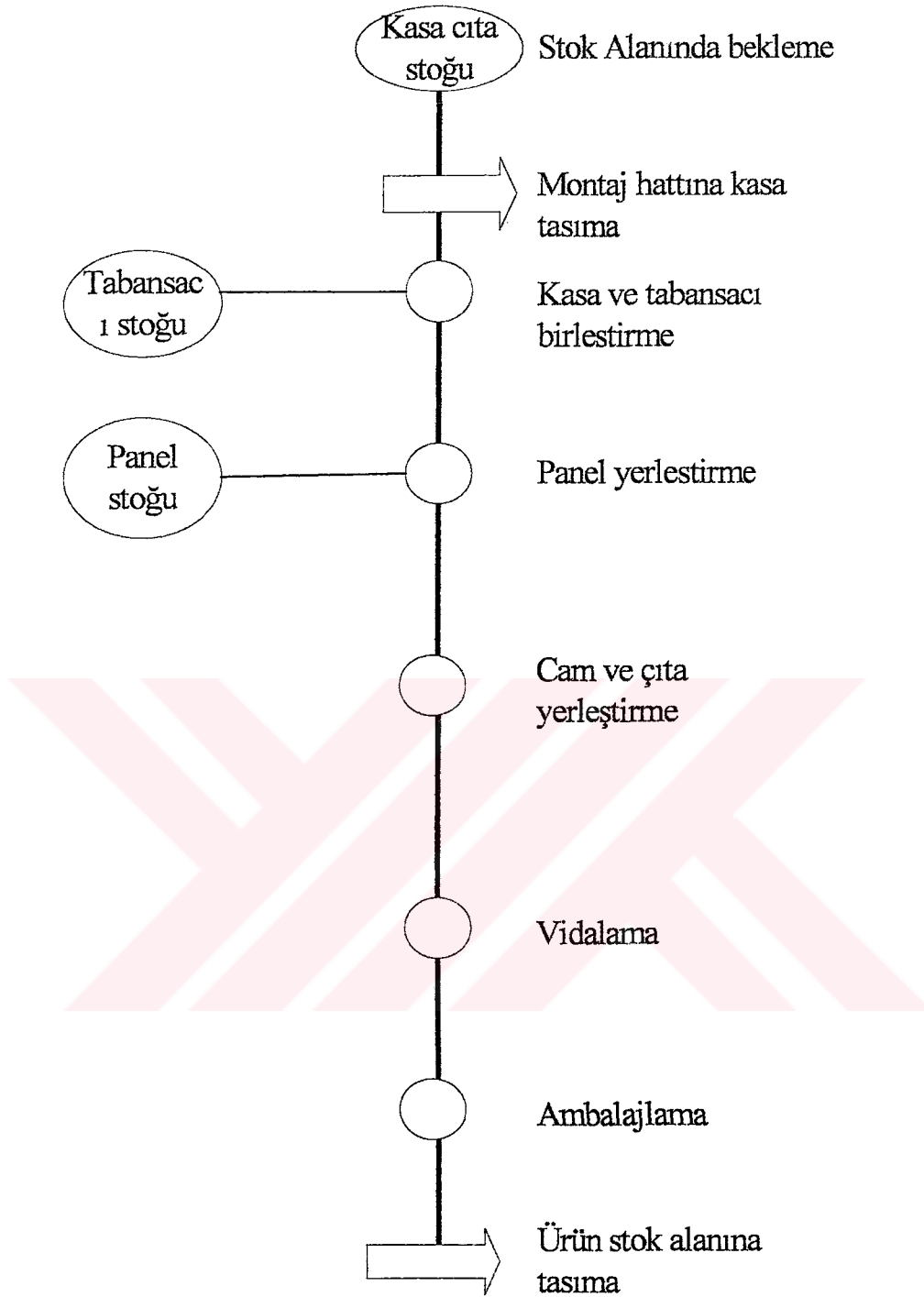
8.5 Yıkama Bölümü

Kasa ve çıta bölümünden çıkan ürünler, yıkama personeli tarafından alınır. Kasa ve çıta profil paletleri ilk olarak yüzey temizliği yapılacak temizleme havuzuna girdirilir, Temizleme havuzuna paletler vinç yardımı ile girdirilir. Temizleme yapıldıktan sonra temizlenmiş yüzeyler için kurutma işlemi yapılır. Kurutma fırınından çıkan kasa ve çitalar montaj hattına gönderilir.

1. 1 adet temizleme havuzu
2. 1 adet kurutma fırını

8.6 Montaj Bölümü

Montaj hattının başlangıcı kasa ile taban sacının birleşmesi ile başlar. Tüm montaj, bir konveyör üzerinde oluşur. Taban sacı ve kasa birleştikten sonra panel yerleştirilir, Panelden sonra cam yerleştirilir ve üzerine çıta konularak vidalama işlemi yapılır. Kolektör oluşmuştur. Kolektörler, montaj hattının sonunda bulunan ambalajlama makinesine girer, ambalajlandıktan sonra ürün stok bölümüne konur. Montaj hattının akış şeması Şekil 8.4'deki gibidir.



Şekil 8.4 Montaj hattı akış şeması.

8.6.3 Montaj İçin Çıktı Analizi

Montaj hattı için hazırlanan simülasyon modelinde yer alan süreçler için uygun istatistiksel dağılımlar arena input analyzer programı kullanılarak türetilmiştir. Her süreç için zaman

ettüdü yapılmış ve her süreç için 100 adet gözlem değeri alınmıştır. Bu gözlem değerlerinden girdi analizi yapılarak, en düşük istatistiksel hataya sahip olan dağılımlar tespit edilmiştir. Montaj hattı için hazırlanan simülasyon modelinde yer alan stokastik zamanlar Çizelge 8.24 de gösterilmiştir.

Çizelge 8.24 Montaj hattı için stokastik zamanlar.

Süreçler	Stokastik Zamanlar
Kasa ve taban sacı birleştirme	NORM(8.5,0.23)
Panel yerleştirme	6.79+WEIB(0.0034,2.07)
Cam ve çırta yerleştirme	NORM(6.23,1.2)
Vidalama	2.8+0.15*BETA(1.34,2.68)
Ambalajlama	NORM(4.56,0.76)

Kaynak kapasite kullanım oranları incelendiğinde panel yerleştirme % 98, vidalama işlemi yapan işçinin % 100 doluluk oranla çalıştığı görülmüştür. Sistem performansının iyileştirilmesi adına panel yerleştirmeye bir işçi ve vidalama işlemine ek bir işçi yerleştirilerek öneri model kurulmuştur.

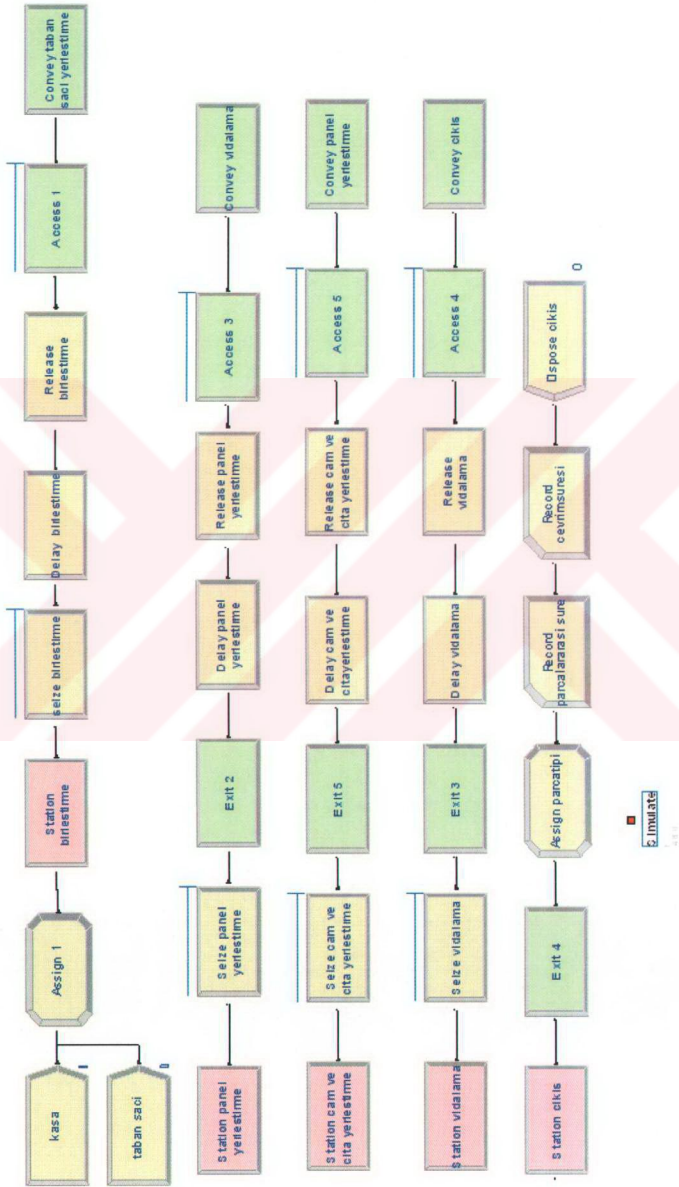
Çizelge 8.25 Montaj hattından çıkan kolektör adetleri.

Simülasyon Koşumu	Montaj hattından çıkan kolektör
1	200
2	200
3	201
4	200
5	200
6	200
7	201
8	200
9	201
10	200
Ortalama kolektör	200

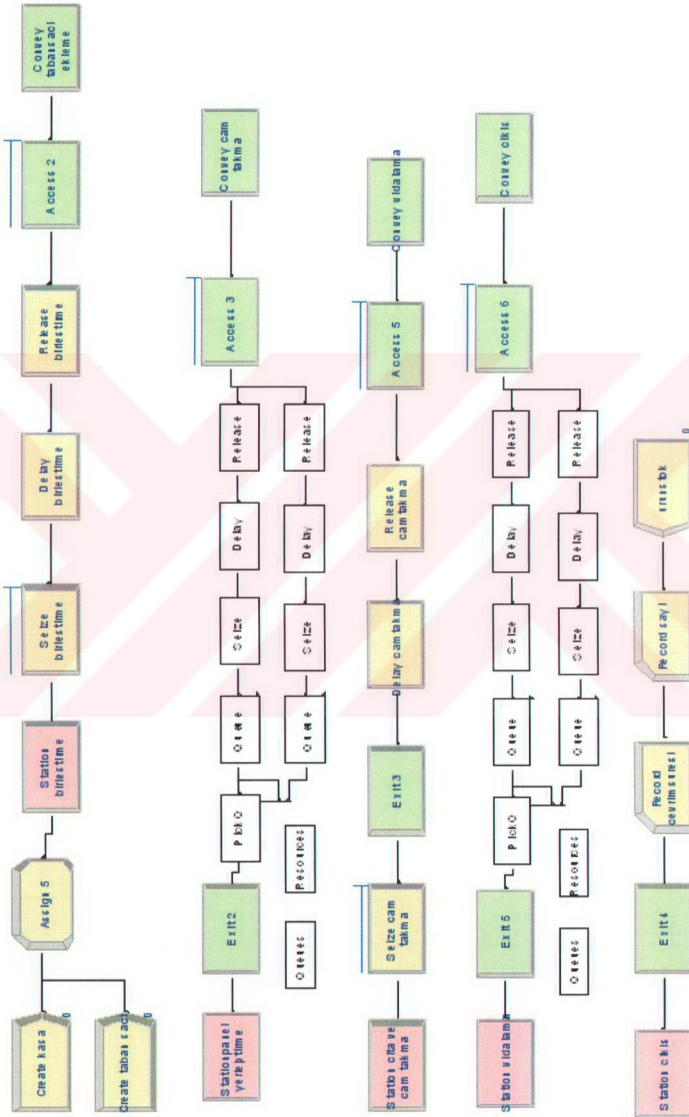
Çizelge 8.26 Kaynak kapasite kullanım oranları.

Simülasyon koşumu	Kasa ve sac birleştirme	Panel yerleştirme	Cam ve çita yerleş.	Vidalama	Ambalajlama İşlemi
1	0,68	0,73	0,98	1,00	0,50
2	0,77	0,64	0,98	1,00	0,50
3	0,65	0,74	0,98	1,00	0,50
4	0,73	0,68	0,98	1,00	0,50
5	0,64	0,76	0,98	1,00	0,50
6	0,74	0,66	0,98	1,00	0,50
7	0,68	0,72	0,98	1,00	0,50
8	0,71	0,70	0,98	1,00	0,50
9	0,86	0,53	0,98	1,00	0,50
10	0,85	0,55	0,98	1,00	0,50

8.6.5 Montaj Hattı İçin Hazırlanan Mantıksal Model



8.6.7 Montaj Hattı İçin Hazırlanan Öneri Mantıksal Model



8.6.8 Öneri Montaj Hattı İçin Çıktı Analizi

Öneri model 8 saatlik simülasyon koşumu boyunca 10 kez çalıştırılmış, Montaj hattından çıkan kolektör miktarı ortalama 300 adete yükselmiştir. Ambalajlama makinesinin kapasitesinin % 5 oranında yükseldiği görülmüştür.

Çizelge 8.27 Sistemden çıkan çıta adetleri.

Simülasyon Koşumu	Sistemden çıkan kolektör
1	300
2	301
3	300
4	300
5	300
6	301
7	300
8	300
9	300
10	300
Ortalama çıkan kolektör	300

Çizelge 8.28 Kaynak kapasite kullanım oranları.

Simülasyon koşumu	Kasa sac birleştirme	Panel yerleştirme	Panel Yerleştirme2.	Vidalama	Cam çıta yerleştirme	Vidalama2	Ambalajlama İşlemi
1	0,68	0,73	0,81	0,94	0,90	0,96	0,55
2	0,77	0,64	0,82	0,94	0,90	0,96	0,55
3	0,65	0,74	0,81	0,94	0,90	0,96	0,55
4	0,73	0,68	0,83	0,94	0,90	0,96	0,55
5	0,64	0,76	0,81	0,94	0,90	0,96	0,55
6	0,74	0,66	0,80	0,95	0,90	0,96	0,55
7	0,68	0,72	0,81	0,95	0,90	0,96	0,55
8	0,71	0,70	0,81	0,94	0,90	0,96	0,55
9	0,86	0,53	0,82	0,94	0,90	0,96	0,55
10	0,85	0,55	0,84	0,95	0,90	0,97	0,55

8.7 Promodel Paket Programı Kullanılarak Yapılan Modeller Ve Çıktıları

Arena programı ile kurulan tüm bölüm ve süreçler promodel programı ile kurulup sonuçların doğruluğu ve karşılaştırılması yapılmıştır. Fakat promodel programının kısıtlarından dolayı, kasa, çıta, panel ve montaj bölümlerindeki tüm taşıma zamanları süreçlere eklenmiştir. Her bir süreç için kurulan modellerde olasılık dağılımlar kullanılmamış, deterministik simülasyon modeli kurulmuştur.

8.7.1 Panel İçin Kurulan Model Ve Çıktı Analizi

Panel imalatı için kurulan modelde, kontrol için kullanılan test havuzu bir işlem merkezi olarak düşünülmüş ve hiç hata çıkmadığı varsayılarak model kurulmuştur. Panel imalatı için girilen standart zamanlar Çizelge 8.29 da gösterilmiştir.

Çizelge 8.29 Panel imalatı standart zamanları.

Süreçler	Standart Zamanlar
Form verme	5 sn.
Birleştirme	12 sn
Panel Montaj	25 sn
Kaynak	56 sn
Boyama	8 sn

Panel için kurulan model 8 saatlik simülasyon koşumu boyunca 10 kez çalıştırılmıştır. Sistemden 184 adet panel çıkmıştır. Kapasite kullanım oranları incelendiğinde panel montaj ve kaynak bölümünün %87 doluluk oranı ile çalıştığı görülmüştür. Kaynaktan sonra olan boyama bölümü % 32 doluluk oranı ile çalışmaktadır. Çizelge 8.30 Sistemden çıkan panel adetleri gösterilmiştir.

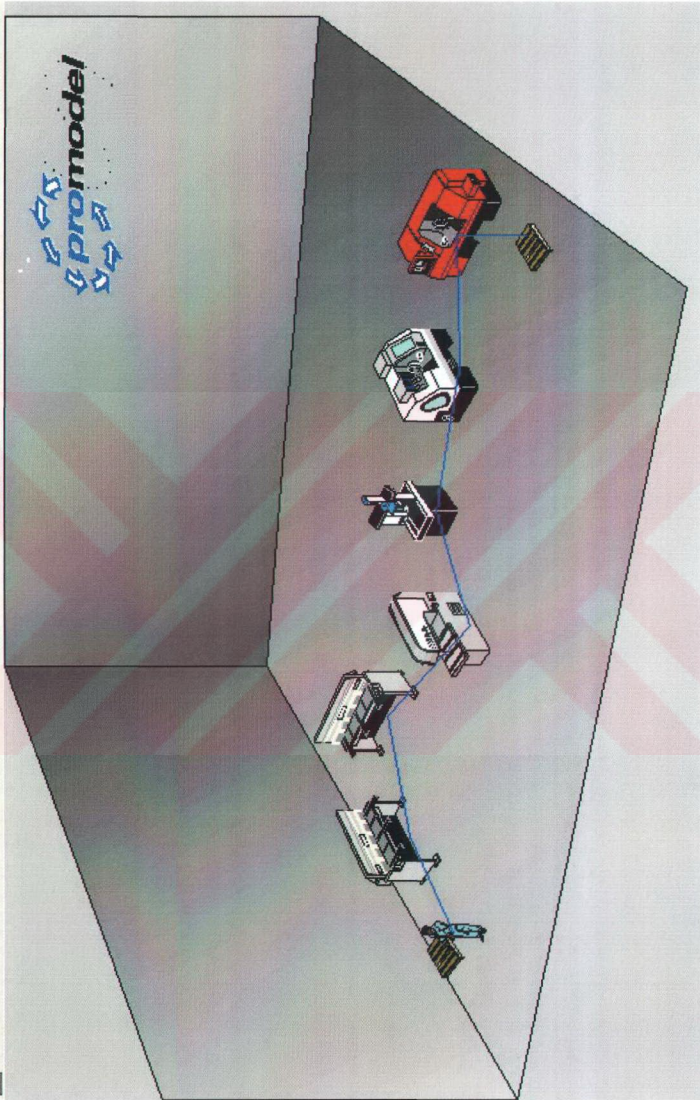
Çizelge 8.30 Sistemden çıkan panel adetleri.

Simülasyon Koşumu	Sistemden çıkan panel
1	184
2	184
3	184
4	184
5	184
6	184
7	184
8	184
9	184
10	184
Ortalama çıkan panel	184

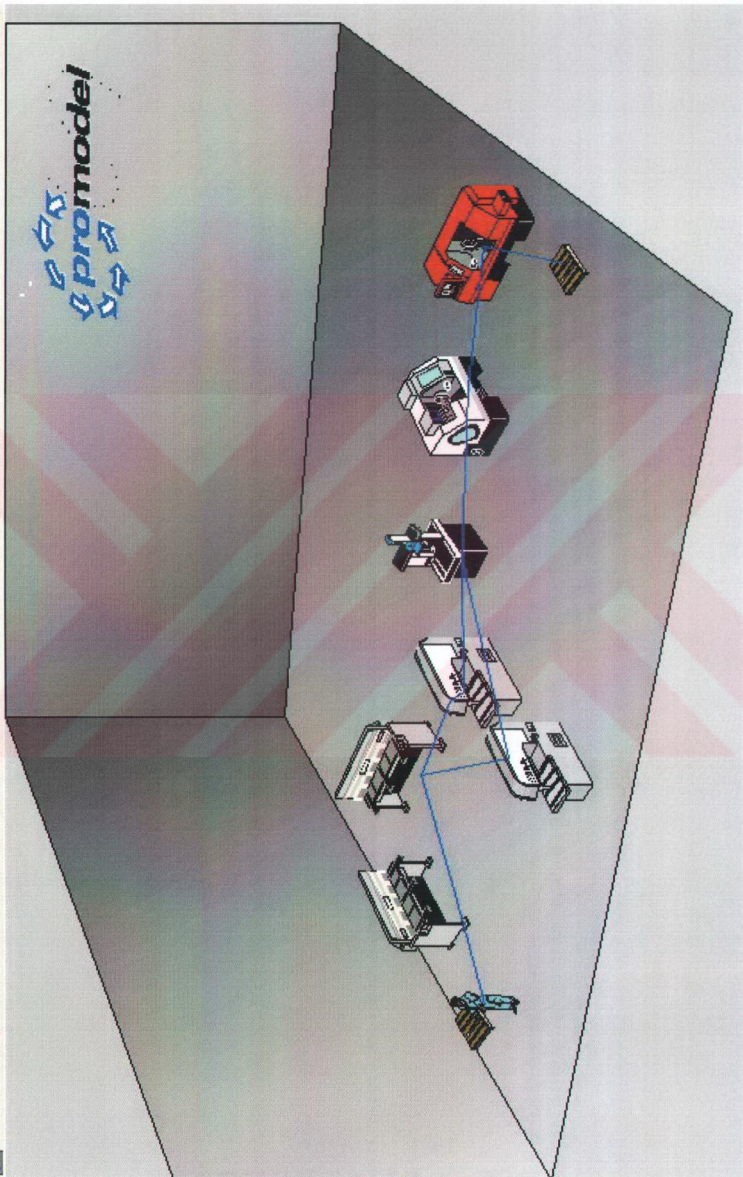
Çizelge 8.31 Kapasite kullanım oranları.

Simülasyon Koşumu	Panel montaj	Boyama	Kaynak	X1 makine	X2 makine	Test Havuzu
1	0,87	0,32	0,85	0,58	0,67	0,25
2	0,87	0,32	0,85	0,58	0,67	0,25
3	0,87	0,32	0,85	0,58	0,67	0,25
4	0,87	0,32	0,85	0,58	0,67	0,25
5	0,87	0,32	0,85	0,58	0,67	0,25
6	0,87	0,32	0,85	0,58	0,67	0,25
7	0,87	0,32	0,85	0,58	0,67	0,25
8	0,87	0,32	0,85	0,58	0,67	0,25
9	0,87	0,32	0,85	0,58	0,67	0,25
10	0,87	0,32	0,85	0,58	0,67	0,25

8.7.1.1 Panel İçin Kurulan Model



8.7.1.2 Panel İçin Kurulan Öneri Model



8.7.1.3 Panel İçin Kurulan Öneri Model Ve Çıktı Analizi

Panel için kurulan öneri model 8 saatlik simülasyon koşumu boyunca 10 kez çalıştırılmıştır. Sistemden 203 adet panel çıkmıştır. Kapasite kullanım oranları incelendiğinde kaynak bölümünün %87 doluluk oranı % 78'e düşmüştür. Boyama bölümü % 32 doluluk oranı %34'e çıkmıştır. Yinede kapasite kullanım oranları yeterli değildir.

Çizelge 8.32 Sistemden çıkan panel adetleri.

Simülasyon Koşumu	Sistemden çıkan panel
1	203
2	203
3	203
4	203
5	203
6	203
7	203
8	203
9	203
10	203
Ortalama çıkan panel	203

Çizelge 8.33 Kapasite kullanım oranları.

Simülasyon Koşumu	Panel montaj	Panel montaj 2	Kaynak	X1 makine	X2 makine	Boyama
1	0,68	0,65	0,78	0,56	0,65	0,34
2	0,68	0,65	0,78	0,56	0,65	0,34
3	0,68	0,65	0,78	0,56	0,65	0,34
4	0,68	0,65	0,78	0,56	0,65	0,34
5	0,68	0,65	0,78	0,56	0,65	0,34
6	0,68	0,65	0,78	0,56	0,65	0,34
7	0,68	0,65	0,78	0,56	0,65	0,34
8	0,68	0,65	0,78	0,56	0,65	0,34
9	0,68	0,65	0,78	0,56	0,65	0,34
10	0,68	0,65	0,78	0,56	0,65	0,34

8.7.2 Kasa İçin Kurulan Model Ve Çıktı Analizi

Promodel programında süreler, girdi analizi yapılmadan süreçlere ait standart zamanlar girilebilmektedir. Kasa imalatı için girilen standart zamanlar Çizelge 8.34 'te verilmiştir.

Çizelge 8.34 Kasa imalatı standart zamanları.

Süreçler	Standart Zamanlar
Kesme	45 sn
Delme	30 sn
Bükme	12 sn
Kaynak	45 sn
Temizleme	45 sn
Kurutma	50 sn

Kasa için kurulan model 8 saatlik simülasyon koşumu boyunca 10 kez çalıştırılmıştır. Sistemden 104 adet kasa çıkmıştır.

Çizelge 8.35 Sistemden çıkan kasa adetleri.

Simülasyon Koşumu	Sistemden çıkan kasa
1	104
2	104
3	104
4	104
5	104
6	104
7	104
8	104
9	104
10	104
Ortalama çıkan kasa	104

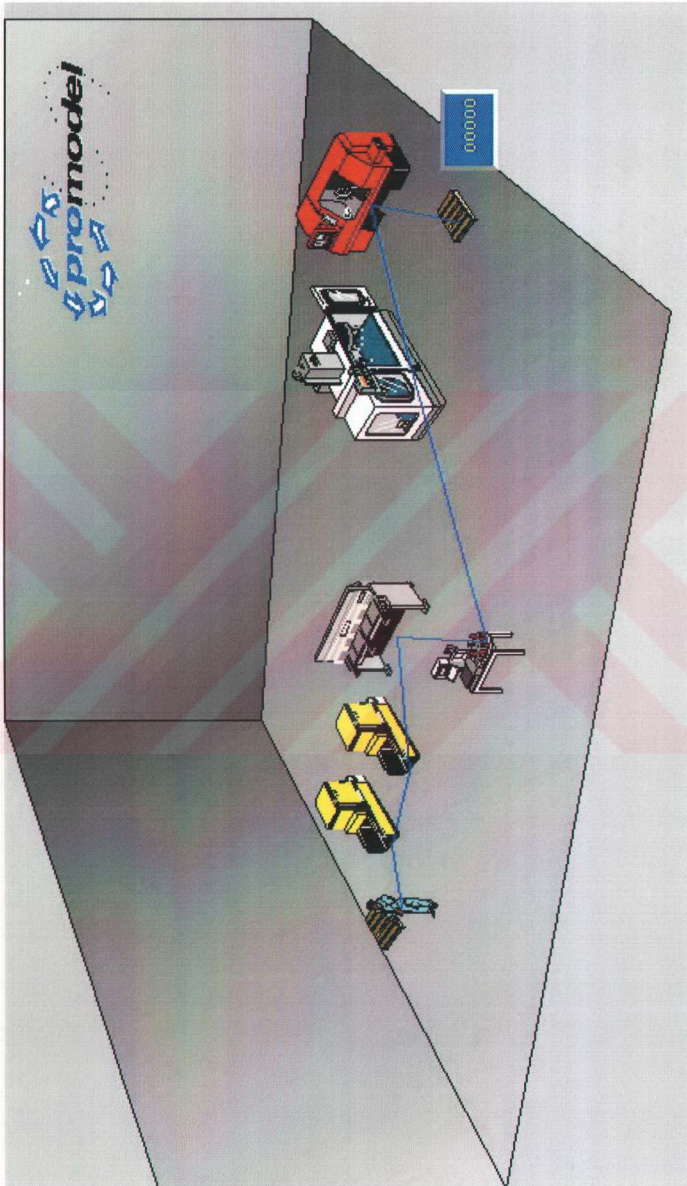
Çizelge 8.36 Kapasite kullanım oranları.

Simülasyon Koşumu	Kesme	Delme	Bükme	Kaynak	Temizleme	Kurutma
1	0,69	0,65	0,64	0,69	0,65	0,64
2	0,69	0,65	0,64	0,69	0,65	0,64
3	0,69	0,65	0,64	0,69	0,65	0,64
4	0,69	0,65	0,64	0,69	0,65	0,64
5	0,69	0,65	0,64	0,69	0,65	0,64
6	0,69	0,65	0,64	0,69	0,65	0,64
7	0,69	0,65	0,64	0,69	0,65	0,64
8	0,69	0,65	0,64	0,69	0,65	0,64
9	0,69	0,65	0,64	0,69	0,65	0,64
10	0,69	0,65	0,64	0,69	0,65	0,64

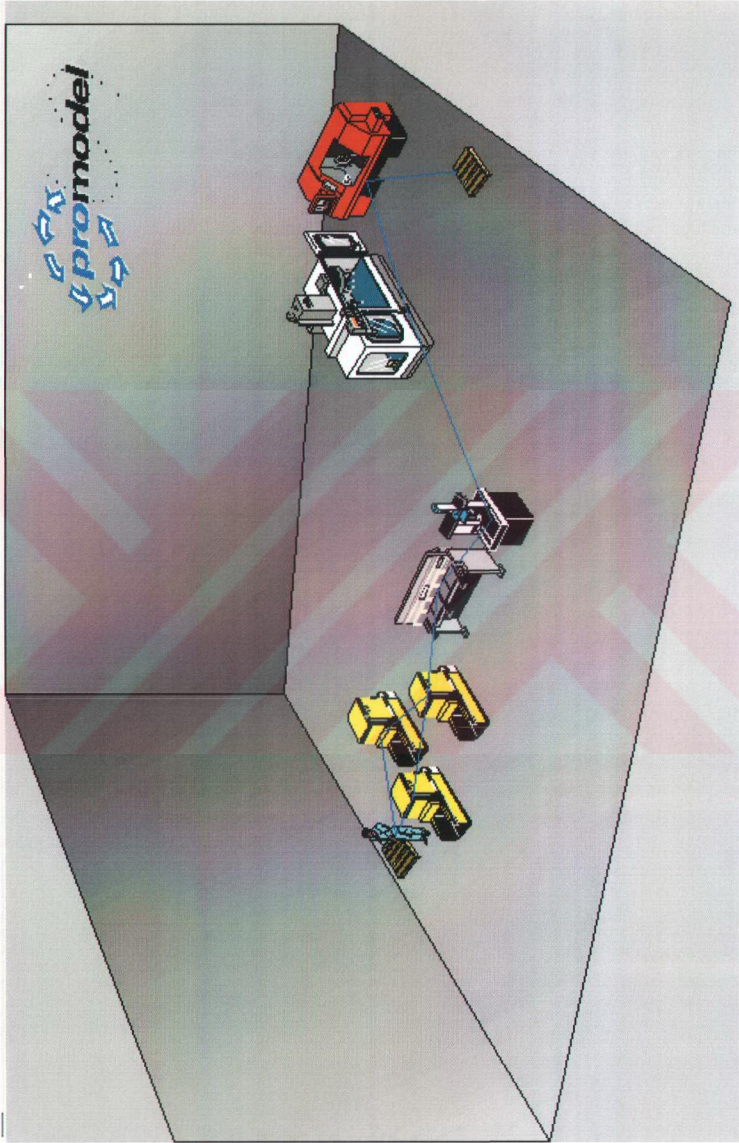
Çizelge 8.37 Çevrim zamanı içerisinde tezgahların kullanım zamanları .

Tezgahlar	Boş kalma zamanı	İş bekleme zamanı	Dolu zamanı
Ez 1	0, 30	0.32	0.51
Ez 2	0, 3448	0.32	0.14
Bükme tezgahı	0, 3565	0.28	0.285
Kaynak Makinesi	0, 3069	0.2737	0.13
Temizleme havuzu	0, 3486	0.314	0.4
Kurutma	0, 35	0.3263	0

8.7.2.1 Kasa İçin Kurulan Model



8.7.2.2 Kasa İçin Kurulan Öneri Model



8.7.2.3 Kasa İçin Kurulan Öneri Model Ve Çıktı Analizi

Kasa için kurulan öneri model 8 saatlik simülasyon koşumu boyunca 10 kez çalıştırılmıştır. Sistemden 229 adet kasa çıkmıştır.

Çizelge 8.38 Sistemden çıkan kasa adetleri.

Simülasyon Koşumu	Sistemden çıkan kasa
1	229
2	229
3	229
4	229
5	229
6	229
7	229
8	229
9	229
10	229
Ortalama çıkan kasa	229

Çizelge 8.39 Kapasite kullanım oranları.

Simülasyon Koşumu	Kesme	Delme	Bükme	Kaynak	Temizleme	Kurutma	Kesme2
1	0,85	0,32	0,87	0,58	0,67	0,67	0,77
2	0,85	0,32	0,87	0,58	0,67	0,67	0,77
3	0,85	0,32	0,87	0,58	0,67	0,67	0,77
4	0,85	0,32	0,87	0,58	0,67	0,67	0,77
5	0,85	0,32	0,87	0,58	0,67	0,67	0,77
6	0,85	0,32	0,87	0,58	0,67	0,67	0,77
7	0,85	0,32	0,87	0,58	0,67	0,67	0,77
8	0,85	0,32	0,87	0,58	0,67	0,67	0,77
9	0,85	0,32	0,87	0,58	0,67	0,67	0,77
10	0,85	0,32	0,87	0,58	0,67	0,67	0,77

8.7.3 Çıta İçin Kurulan Model Ve Çıktı Analizi

Promodel programında süreler, girdi analizi yapılmadan süreçlere ait standart zamanlar girilebilmektedir. Çıta imalatı için girilen standart zamanlar Çizelge 8.7.3 te verilmiştir.

Çizelge 8.40 Çıta imalatı standart zamanları.

Süreçler	Standart Zamanlar
Kesme	15sn
Bükme	37sn
Kaynak	50sn
Temizleme	20sn
Kurutma	30sn

Çıta için kurulan model 8 saatlik simülasyon koşumu boyunca 10 kez çalıştırılmıştır. Sistemden 104 adet çıta çıkmıştır.

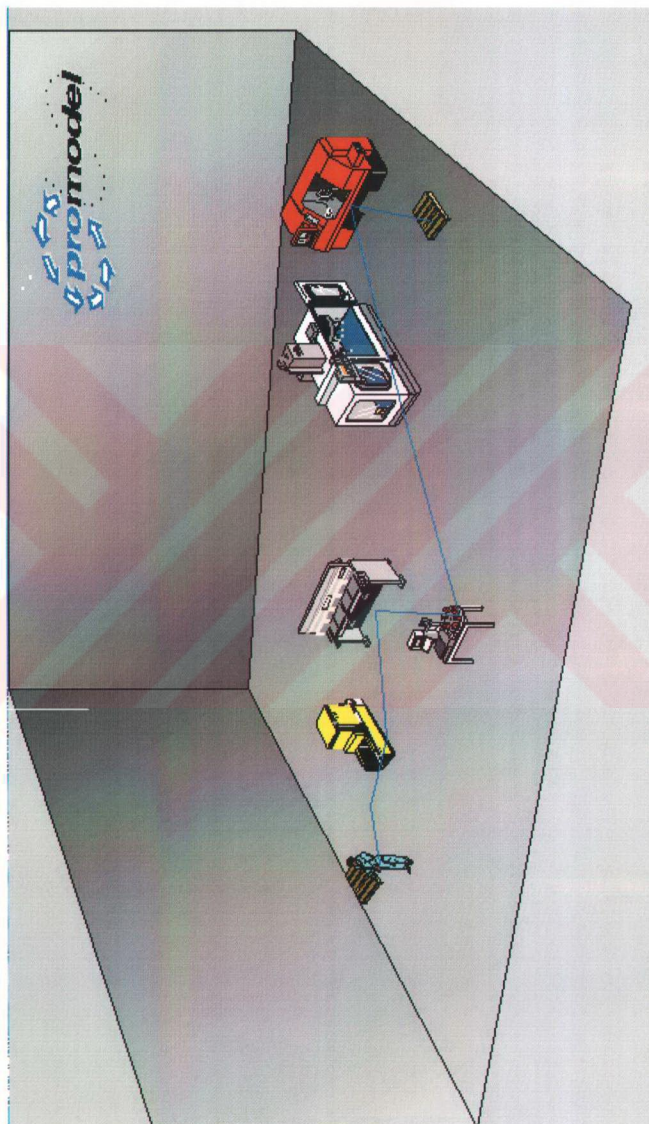
Çizelge 8.41 Sistemden çıkan çıta adetleri.

Simülasyon Koşumu	Sistemden çıkan çıta
1	104
2	104
3	104
4	104
5	104
6	104
7	104
8	104
9	104
10	104
Ortalama çıkan çıta	104

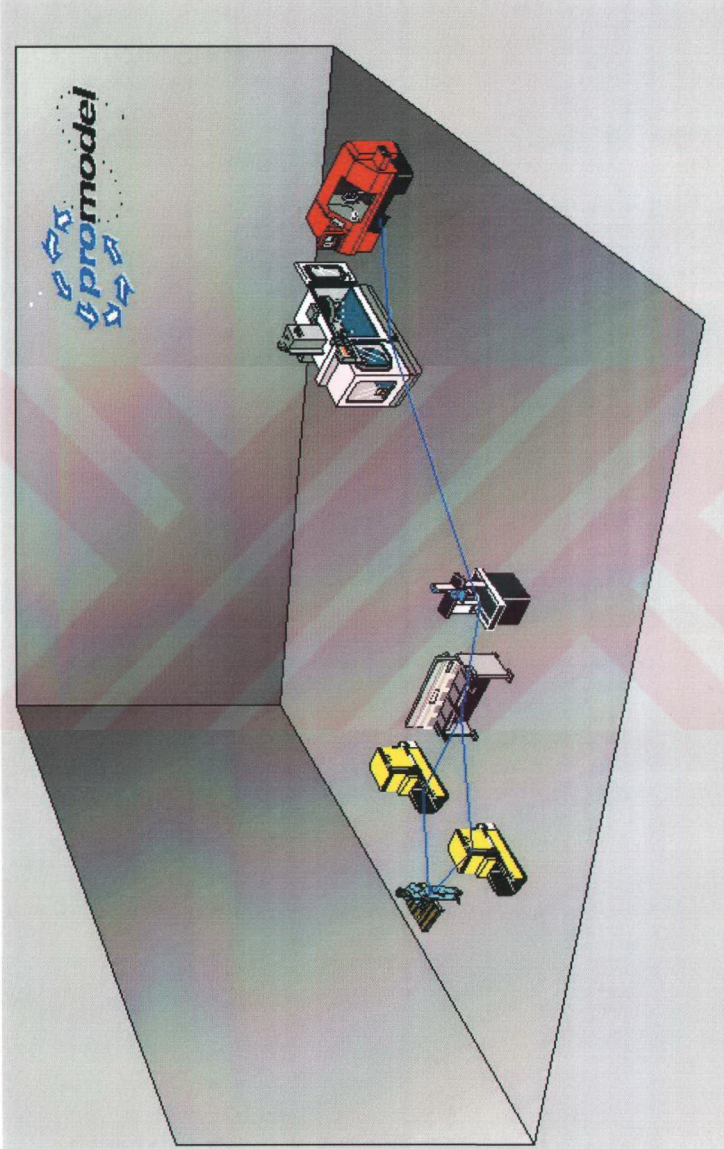
Çizelge 8.42 Kapasite kullanım oranları.

Simülasyon Koşumu	Kesme	Bükme	Kaynak	Temizleme	Kurutma
1	0,74	0,72	0,69	0,65	0,46
2	0,74	0,72	0,69	0,65	0,46
3	0,74	0,72	0,69	0,65	0,46
4	0,74	0,72	0,69	0,65	0,46
5	0,74	0,72	0,69	0,65	0,46
6	0,74	0,72	0,69	0,65	0,46
7	0,74	0,72	0,69	0,65	0,46
8	0,74	0,72	0,69	0,65	0,46
9	0,74	0,72	0,69	0,65	0,46
10	0,74	0,72	0,69	0,65	0,46

8.7.3.1 Çıta İçin Kurulan Model



8.7.3.2 Çıta İçin Kurulan Öneri Model



8.7.3.3 Çıta İçin Kurulan Öneri Model Ve Çıktı Analizi

Çıta için kurulan öneri model 8 saatlik simülasyon koşumu boyunca 10 kez çalıştırılmıştır. Sistemden 213 adet çıta çıkmıştır. Kesmeden sonraki süreçlerin doluluk oranlarında % 6-12 oranında artış görülmüştür.

Çizelge 8.43 Sistemden çıkan çıta adetleri.

Simülasyon Koşumu	Sistemden çıkan çıta
1	213
2	213
3	213
4	213
5	213
6	213
7	213
8	213
9	213
10	213
Ortalama çıkan çıta	213

Çizelge 8.44 Kapasite kullanım oranları.

Simülasyon Koşumu	Kesme	Kesme 2	Bükme	Kaynak	Temizleme	Kurutma
1	0,61	0,56	0,88	0,77	0,77	0,53
2	0,61	0,56	0,88	0,77	0,77	0,53
3	0,61	0,56	0,88	0,77	0,77	0,53
4	0,61	0,56	0,88	0,77	0,77	0,53
5	0,61	0,56	0,88	0,77	0,77	0,53
6	0,61	0,56	0,88	0,77	0,77	0,53
7	0,61	0,56	0,88	0,77	0,77	0,53
8	0,61	0,56	0,88	0,77	0,77	0,53
9	0,61	0,56	0,88	0,77	0,77	0,53
10	0,61	0,56	0,88	0,77	0,77	0,53

8.7.4 Montaj Hattı İçin Kurulan Model Ve Çıktı Analizi

Promodel programında süreler, girdi analizi yapılmadan süreçlere ait standart zamanlar girilebilmektedir. Montaj hattı için girilen standart zamanlar;

Çizelge 8.45 Montaj hattı standart zamanları.

Süreçler	Standart Zamanlar
Kasa ve çıta birleştirme	40 sn
Taban sacı yerleştirme	30 sn
Panel yerleştirme	40 sn
Vidalama	30 sn
Ambalajlama	15 sn

Montaj hattı için kurulan modelde panel yerleştirme ve vidalama işlemi bir işlem olarak düşünülmüş süreleri birleştirilmiştir. Model, 8 saatlik simülasyon koşumu boyunca 10 kez çalıştırılmıştır. Sistemden 252 adet kollektör çıkmıştır.

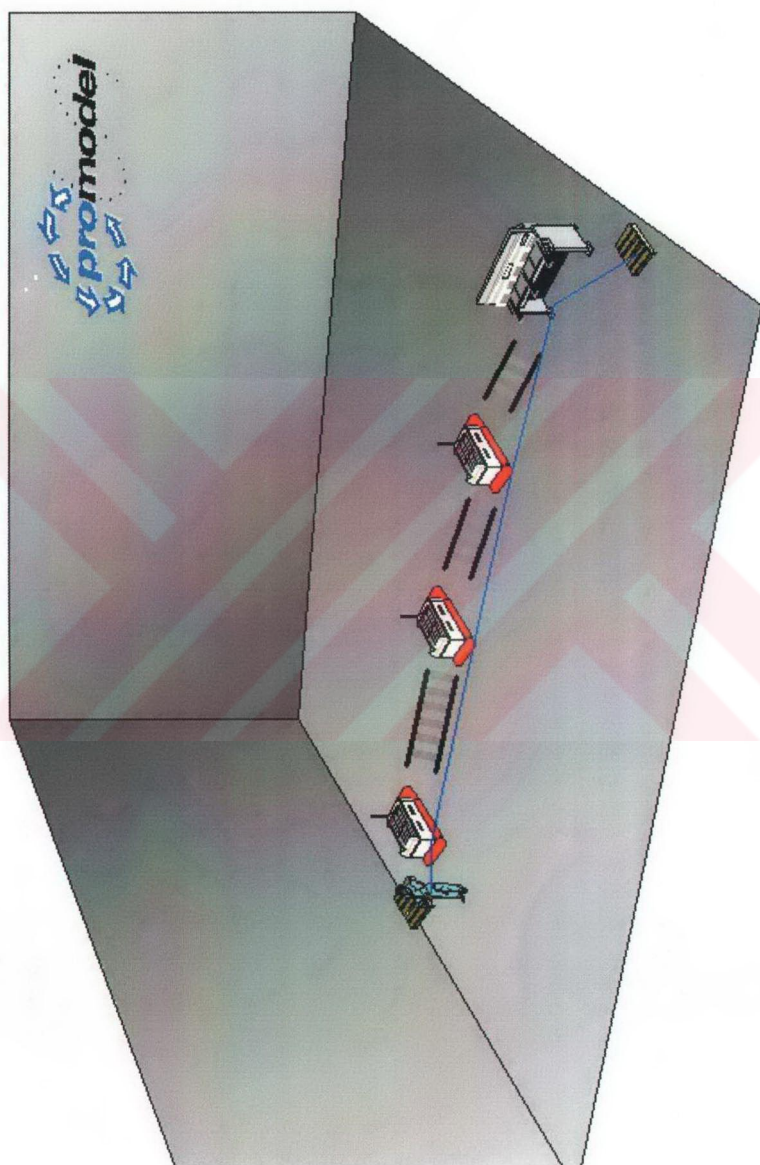
Çizelge 8.46 Sistemden çıkan kolektör adetleri.

Simülasyon Koşumu	Sistemden çıkan kolektör
1	252
2	252
3	252
4	252
5	252
6	252
7	252
8	252
9	252
10	252
Ortalama çıkan kolektör	252

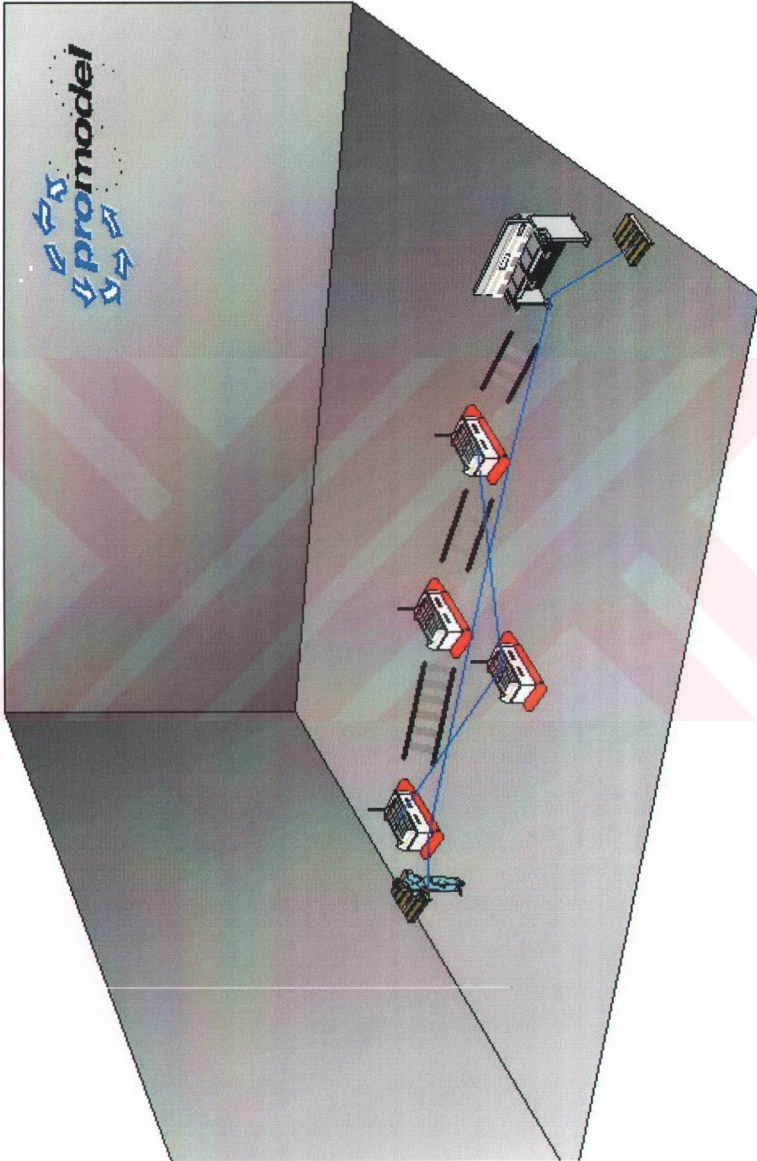
Çizelge 8.47 Kapasite kullanım oranları.

Simülasyon Koşumu	Kasa çita birleştirme	Taban sacı yerleştirme	Panel yerleştirme	Ambalajlama
1	0,93	0,99	0,87	0,25
2	0,93	0,99	0,87	0,25
3	0,93	0,99	0,87	0,25
4	0,93	0,99	0,87	0,25
5	0,93	0,99	0,87	0,25
6	0,93	0,99	0,87	0,25
7	0,93	0,99	0,87	0,25
8	0,93	0,99	0,87	0,25
9	0,93	0,99	0,87	0,25
10	0,93	0,99	0,87	0,25

8.7.4.1 Montaj Hattı İçin Kurulan Model



8.7.4.2 Montaj hattı için kurulan öneri modeli



8.7.4.3 Montaj hattı için kurulan öneri modeli ve çıktı analizi

Montaj hattı taban sacı yerleştirme bölümüne bir işçi ilave edilerek oluşturulan öneri model, 8 saatlik simülasyon koşumu boyunca 10 kez çalıştırılmıştır. Sistemden 382 adet kollektör çıkmıştır. Amabalajlama makinesinin kapasitesinin %10 oranında arttığı görülmüştür.

Çizelge 8.48 Sistemden çıkan kollektör adetleri.

Simülasyon Koşumu	Sistemden çıkan kollektör
1	382
2	382
3	382
4	382
5	382
6	382
7	382
8	382
9	382
10	382
Ortalama çıkan kollektör	382

Çizelge 8.49 Kapasite kullanım oranları.

Simülasyon Koşumu	Kasa çıta birleştirme	Taban sacı yerleştirme	Taban sacı yerleştirme2	Panel yerleştirme	Ambalajlama
1	0,93	0,92	0,90	0,87	0,35
2	0,93	0,92	0,90	0,87	0,35
3	0,93	0,92	0,90	0,87	0,35
4	0,93	0,92	0,90	0,87	0,35
5	0,93	0,92	0,90	0,87	0,35
6	0,93	0,92	0,90	0,87	0,35
7	0,93	0,92	0,90	0,87	0,35
8	0,93	0,92	0,90	0,87	0,35
9	0,93	0,92	0,90	0,87	0,35
10	0,93	0,92	0,90	0,87	0,35

9. ARENA VE PROMODEL PROGRAMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Sonuç olarak, uygulamanın yapıldığı işletmede tüm öneri modeller uygulamaya geçirilmiş ve öneri modellerde çıkan performans kriteri olarak alınan üretim miktarlarına ulaşılmıştır. Uygulama kapsamında arena ve promodel paket programları kullanılmıştır. Arena paket programı ile kurulan modelde veriler için olasılık dağılımları alınarak stokastik simülasyon modeli kurulmuş, promodel paket programı ile kurulan modellerde veriler için olasılık dağılımlar kullanılmamış, işlemlerin standart zamanları girilerek deterministik simülasyon modeli kurulmuştur. Deterministik ve stokastik simülasyon modellerinin birbirinden farkı modellerin çıktılarıdır. Kurulan modellerdeki sonuçlarda görüldüğü gibi promodel programının çıktılarında hareketler ve sonuçlar 10 koşum içinde aynı çıkmıştır. Arena ile kurulan modellerin çıktılarında 10 koşum için farklı sonuçlar çıkmış ve ortalama hareket ve sonuçlar elde edilmiştir.

Arena paket programı ile kurulan modellerde fiziksel model ile mantıksal model kurulmuştur. Fiziksel model, üretim sistemlerindeki işleyişin makineler, çalışanlar, konveyörler v.b. olarak animasyon şeklinde gösterilmesidir. Mantıksal model ise siman programlama dili komutları ile hazırlanmış şekilde gösterilmesidir. Mantıksal model, fiziksel modele göre daha kapsamlı bir gösterimdir. Arena programında mantıksal model kurabilmek için siman programlama dilini bilmek gerekmektedir. Siman programlama dilinin mantığı içerisinde model kurulmaktadır. Fiziksel model kurmak mantıksal modele göre daha basittir. Fiziksel model kurmak için sisteme gelişler tanımlanır. Gelişler, üretim sistemi için malzeme gelişi olarak hizmet sektörü için insan, evrak v.b. olarak tanımlanır. Sisteme malzeme gelişi tanımlandıktan sonra malzemenin işlenip ürün haline geleceği işlem merkezleri tanımlanır. İşlem merkezleri tanımlanırken o işlem merkezinin adı, malzemenin o işlem biriminde ne kadar süre kalacağı, daha sonra hangi işlem birimine gideceği, gideceği işlem birimine hangi yolla taşınacağı bilgileri girilir. Eğer iki işlem merkezi arasındaki taşıma, konveyör, palet, işçi v.b. ile taşınacaksa bu taşıma ayrı olarak tanımlanır. Taşıma sistemleri tanımlanırken hangi işlem merkezleri arasında taşıma yapılacağı, taşıma süresi bilgileri tanımlanır. Son olarak ürünlerin sistemden çıkışı tanımlanarak model kurulur.

Promodel paket programı ise tamamen fiziksel gösterimlidir. Promodel paket programında bir simülasyon sistemi oluşturmak için ilk önce işlemin gerçekleştiği tezgahlar modellenmektedir. Her bir tezgah için tezgah bazında kapasite, birim, kuyruk prensibi, vardiya düzenleri, taşıyıcı bant özellikleri gibi bilgiler girilebilmektedir. Promodel paket programında ikinci aşama olarak işlenecek malzemelere ait bilgi girilmektedir. Her bir

tezgaha gelen ve burada işlem görerek çıkan ve başka bir malzemeye dönüşen her bir varlık için tanımlama yapılmaktadır. Malzemelerin bir araya getirilmesi yani karışımlar oluşturulması, birkaç malzemenin belirli oranlarla gruplanması veya sistemde belirtilen sayıda parçaya bölünmesi gibi işlemler bu varlıklar üzerinden gerçekleştirilmektedir. Simülasyon çalışması bitirildiğinde her bir varlığın değerindeki değişim çıktılarından gözlenebilmektedir. Bu aşamalardan sonraki aşama, işlemlerin ifadesi aşamasıdır. Hangi malzemelerin hangi tezgahlara geldiği, buralarda ne kadar süreyle ve ne tür işlemler gördüğü, ne süreyle hangi tezgahlara gittiği veya kim tarafından götürüldüğü, kaç parça malzemenin hangi malzemelerle birleştiği ve kaç parça ve ne olasılıkla hangi tezgahlara gönderildiği bilgileri bu aşamada tanımlanır. Sonra malzemelerin sisteme gelişleri tanımlanır. Simülasyon başladığında stokta ne kadar malzemenin bulunacağı, malzemelerin, hangi tezgahta işleme gireceği, bu tezgaha hangi sıklıkla giriş yapacağı, her bir gelişte aynı malzemelerden kaç adet birden geleceği tanımlanır.

Promodel ve arena paket programlarının kullanışında, promodel programı daha basit bir programdır. Program, tüm kullanıcılar tarafından rahatlıkla öğrenilecek bir programdır. Arena programında fiziksel model oluşturmak mantıksal model oluşturmaya göre daha basittir. Fiziksel model kurmak da tüm kullanıcılar tarafından rahatlıkla öğrenilebilecek programdır. Arena programında fiziksel model kurmak promodel programına göre daha basittir. Çünkü arena programında üretim sistemlerinde olduğu gibi önce gelişler tanımlanır. Sonra işlem merkezleri tanımlanır. İşlem merkezleri tanımlanırken malzemenin o işlem merkezinde ne kadar süre kalacağı tanımlanır. Promodel programında ise sistem öncelikle şekil olarak tanımlanıyor. İşlem merkezleri, malzemeler şekil olarak tanımlandıktan sonra processing modülünde malzemenin gelişi, işlem merkezlerinde ne kadar sürede kalacağı, taşıma süreleri sıra ile tanımlanıyor. Promodel programlama dilinde en zor ve karmaşık olan kısım bu bölümdür. Bu bölümdeki yanlışlık programın çalışmamasına neden oluyor. Eğer yanlışlık yapılırsa yanlış olan kısım düzeltilemiyor, başlangıçtan itibaren yeniden oluşturmak gerekiyor.

Promodel ve fiziksel olarak modellenen arena programlarının kısıtları var, modellerin tam sürümleri olmadığı için üretim tam olarak modellenemiyor. İki programda da bir üretim sisteminin ayrıntılarına inmeden genel olarak işleyişi modellenenebilir ve bir gün sonunda oluşacak ürün sayıları, hatalı ürün sayıları, makine kullanım oranları gibi sonuçlar görülebilir. Bu sonuçlarda kullanıcıların üretim ile ilgili yapacakları değişikliklere, alternatif durumların oluşturulmasına imkan sağlar.

Arena paket programındaki mantıksal modelleme problem çözmek için en uygun modelleme şeklidir. Fakat kullanıcıların siman programlama dilini çok iyi bilmeleri gerekmektedir. Siman programlama dili ne kadar çok iyi bilinirse, ona göre karmaşık problemler rahatlıkla çözülebilecektir. Uygulamanın yapıldığı firma için kurulan modellerde en uygun program dili arena ve uygun olan modelleme şekli ise mantıksal modellemedir.



10. SONUÇ

Tez kapsamında ilk olarak arena paket programı ile modeller kurulmuş, promodel programı ile de aynı süreçlerin modeller kurularak doğrulaması yapılmıştır. Kurulan öneri modellerde performans ölçütü olarak üretim miktarları alınmıştır.

Panel bölümü için arena ve promodel paket programında kurulan modellerde mevcut kapasitesi ile üretim miktarı 310 adettir. Öneri modellerde sisteme bir kaynak makinesi ve kaynak işçisi ilave edilerek kapasite artırıldığında üretim miktarı, 681'e çıkmıştır. İşletmeye bir işçinin aylık maliyeti 650 milyon TL, alınan kaynak makinesinin maliyeti 15 milyar TL, bir panelin işletmeye maliyeti, 70 milyon TL'dir. İşletme maliyetlerine %15 kar ilave ederek satış yapmaktadır. Haftada 5.5 gün çalışılmaktadır.

Mevcut duruma göre yıllık üretim maliyeti: $310 \times 70.000.000 \times 5.5 \times 52 = 6.206.200.000.000 \text{ TL}$
 Öneri duruma göre yıllık üretim maliyeti: $618 \times 70.000.000 \times 5.5 \times 52 = 12.372.360.000.000 \text{ TL}$
 $12.372.360.000.000 - 6.206.200.000.000 = 6.166.160.000.000 \text{ TL}$

6.166.160.000.000 TL'nin %15 kar olarak hesaplarsak işletmenin kaynak makinesi ve işçi alımı ile kapasitesini artırması 7.091.084.000.000 TL kar elde etmiştir. Kaynak makinesinin maliyeti 15.000.000.000 TL, işçinin yıllık maliyeti $12 \times 650.000.000 = 7.800.000.000 \text{ TL}$
 toplam gider, $5.000.000.000 + 7.800.000.000 = 22.800.000.000 \text{ TL}$.
 22.800.000.000 TL'lik bir yatırım maliyeti işletmeye 7.091.084.000.000 TL'lik kar getirmektedir.

Kasa bölümü için arena ve promodel paket programında kurulan modellerde mevcut kapasitesi ile üretim miktarı 104 adettir. Öneri modellerde sisteme bir eksantrik pres ve presi kullanacak işçi ilave edilerek kapasite artırıldığında üretim miktarı, 214 adete çıkmıştır. İşletmeye bir işçinin aylık maliyeti 650 milyon TL, alınan eksantrik presin maliyeti 10 milyar TL, pres için kalıp maliyeti 5 milyar TL, bir kasa imalatının işletmeye maliyeti, 30 milyon TL'dir. İşletme maliyetlerine %15 kar ilave ederek satış yapmaktadır. Haftada 5.5 gün çalışılmaktadır.

Mevcut duruma göre yıllık üretim maliyeti: $104 \times 30.000.000 \times 5.5 \times 52 = 892.320.000.000 \text{ TL}$
 Öneri duruma göre yıllık üretim maliyeti: $215 \times 30.000.000 \times 5.5 \times 52 = 1.844.700.000.000 \text{ TL}$
 $1.844.700.000.000 - 892.320.000.000 = 952.380.000.000 \text{ TL}$

952.380.000.000 TL'nin üzerine %15 karı ekleyerek hesaplarsak işletmenin eksantrik pres ve pres işçisi alımı ile kapasitesini artırması ile 1.095.237.000.000 TL kar elde etmiştir. Egzantrik presin maliyeti 15.000.000.000 TL, işçinin yıllık maliyeti

$12 \times 650.000.000 = 7.800.000.000$. Toplam maliyet 22.800.000.000TL'dir
 22.800.000.000TL'lik bir yatırım maliyeti işletmeye 1.095.237.000.000TL'lik kar
 getirmektedir.

Çıta bölümü için arena ve promodel paket programında kurulan modellerde mevcut kapasitesi ile üretim miktarı 104 adettir. Öneri modellerde sisteme bir kaynak makinesi ve kaynak işçisi ilave edilerek kapasite artırıldığında üretim miktarı, 'e çıkmıştır. İşletmeye bir işçinin aylık maliyeti 650 milyon TL, alınan kaynak makinesinin maliyeti 15 milyar TL, bir panelin işletmeye maliyeti, 70 milyon TL'dir. İşletme maliyetlerine %15 kar ilave ederek satış yapmaktadır. Haftada 5.5 gün çalışılmaktadır.

Mevcut duruma göre yıllık üretim maliyeti: $310 \times 70.000.000 \times 5.5 \times 52 = 6.206.200.000.000$ TL
 Öneri duruma göre yıllık üretim maliyeti: $618 \times 70.000.000 \times 5.5 \times 52 = 12.372.360.000.000$ TL
 $12.372.360.000.000 - 6.206.200.000.000 = 6.166.160.000.000$ TL

6.166.160.000.000 TL'nin %15 kar olarak hesaplarsak işletmenin kaynak makinesi ve işçi alımı ile kapasitesini artırması 7.091.084.000.000TL kar elde etmiştir. Kaynak makinesinin maliyeti 15.000.000.000 TL, işçinin yıllık maliyeti $12 \times 650.000.000 = 7.800.000.000$ TL toplam gider, $5.000.000.000 + 7.800.000.000 = 22.800.000.000$ TL

22.800.000.000TL'lik bir yatırım maliyeti işletmeye 7.091.084.000.000TL'lik kar getirmektedir.

Montaj hattı için arena ve promodel paket programında kurulan modellerde mevcut kapasitesi ile üretim miktarı 200 adet kollektördür. Öneri modellerde montaj hattına iki işçi ilave edilerek kapasite artırıldığında üretim miktarı, 300'e çıkmıştır. İşletmeye bir işçinin aylık maliyeti 650 milyon TL, bir kollektörün işletmeye maliyeti, 150 milyon TL'dir. İşletme maliyetlerine %15 kar ilave ederek satış yapmaktadır. Haftada 5.5 gün çalışılmaktadır. Mevcut duruma göre yıllık üretim maliyeti: $200 \times 150.000.000 \times 5.5 \times 52 = 8.580.000.000.000$ TL
 Öneri duruma göre yıllık üretim maliyeti: $300 \times 150.000.000 \times 5.5 \times 52 = 12.870.000.000.000$ TL
 $12.870.000.000.000 - 8.580.000.000.000 = 4.290.000.000.000$ TL

4.290.000.000.000 TL'nin %15 kar olarak hesaplarsak işletmenin iki işçi alımı ile kapasitesini artırması 4.933.500.000.000.000TL kar elde etmiştir. İki işçinin işletmeye yıllık maliyeti $2 \times 650.000.000 \times 12 = 15.600.000.000$ TL

15.600.000.000TL'lik bir yatırım işletmeye 4.933.500.000.000.000TL'lik kar getirmiştir.

KAYNAKLAR

- Akal, M.,(1996), Performans Değerlendirme ve Ölçümlendirme Kriterleri, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara.
- Arena,(1995), Arena User's Guide, System Modelling Corporation, USA.
- Binbaşioğlu, E.,(1999), Sistem Analizi, Osmangazi Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.
- Çınar, M.,(1999), Sayısal Yöntemler, Erciyes Üniversitesi Yayınları, Kayseri.
- Erkut, H.,(1992), Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı, İrfan Yayıncılık, İstanbul.
- Gonzales, R.,(1965), System Analysis, Richard D. Irwin, Inc., Illinois.
- Gordon, G.,(1978), System Simulation, Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Holst, L.,Bolmjö, G.,(2001), Simulation integration in manufacturing system. development: a study of Japanese industry, Industrial Management&Data Systems 101/7,339-356.
- Kobu, B.,(1982), Üretim Yönetimi, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Özkul, E.,(2001), Simülasyon, Osmangazi Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.
- Promodel, (1998), Promodel User's Guide, System Modelling Corporation, USA.
- Schmidt, J.,(1970), Simulation And Analysis of Industrial Systems, Richard D. Irwin, Inc., Illinois.
- Sezer, D.,(2003), Kesikli ve Sürekli Sistemlerin Karşılaştırılması, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Taha, H.,(2000), Yöneylem Araştırması, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Yeroğlu, C.,(2001), Üretim ve Servis Sistemlerinde Pratik Simülasyon Teknikleri, Atlas Yayıncılık, İstanbul.
- Zacchea, N.,(1995), The Use Of Computer Modelling and Simulation in the Audit Process, Managerial Auditing Journal, Vol. 10, 25-30.

INTERNET KAYNAKLARI

- [1] www.bilgibirikimi.tripod.com
- [2] www.hacettepe89.tripod.com

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	16.07.1978
Doğum yeri	Kayseri
Lise 1992-1996	Melikgazi Süper Lisesi
Lisans 1997–2002	Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fak. Endüstri Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans 2002-	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Sistem Mühendisliği Programı
Çalıştığı Kurumlar	
(2003-2004)	Eziñç Metal San. Ve Tic.A.Ş., Kalite Yönetim Koordinatörü
(2004-2005)	Rota Mühendislik LTd.Şti., ISO 9000 KYS Uzmanı
(2005 –Devam ediyor)	Gürkar Tekstil A.Ş., Kalite Yönetim Koordinatörü