

154310

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SİPARİŞ ÜZERİNE ÜRETİM YAPAN BİR İŞLETMEDE
HAT DENGELMESİ ÇALIŞMASI VE BİR BENZETİM
YAKLAŞIMI UYGULAMASI**

Endüstri Müh. Şafak ŞEBER

FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Programında

Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

154310

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Bahadır GÜLSÜN

Prof. Dr. Erhan Altın

Prof. Dr. H. BAŞLIGİL

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
SİMGE LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
1 Giriş	1
2 Üretim Sistemleri ve Dizaynı	2
2.1 Üretim Kavramı	2
2.2 Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	4
2.2.1 Üretim Yöntemlerine Göre Sınıflandırma	4
2.2.2 Mamul Cinsine Göre Sınıflandırma	4
2.2.3 Üretim Miktarı ve Akışına Göre Sınıflandırma.....	5
2.3 Süreç Tasarımı ve Yerleşim Planı	7
2.3.1 Süreç Akış Analizi.....	8
2.4 Üretim Yerleşim Tipleri	13
2.4.1 Sürece Göre Yerleşim.....	14
2.4.2 Ürüne Göre Yerleşim.....	15
2.4.3 Sabit Pozisyonlu Mamule Göre Düzenleme.....	15
2.4.4 Grup Teknolojisi Yerleşimi	15
3 Montaj Hattı Dengeleme	20
3.1 Montaj Hatları ve Hat Dengeleme Kavramı	20
3.2 Montaj Hattı Dengelemenin Amacı:.....	20
3.3 Montaj Hatlarının Dengelenmesini Etkileyen Temel Etmenler Ve Kısıtlar.....	22
3.3.1 Temel Etmenler	22
3.3.2 Kısıtlar	22
3.4 Montaj Hatlarının Dengelenmesinde Kullanılan Kavramlar ve Temel.....	23
Temel Çözüm Algoritması	
3.5 Montaj Hattı Dengeleme Problemlerinin Sınıflandırılması.....	29
3.5.1 Ürün Sayısına Göre Sınıflandırma	30
3.5.2 Tamponlu ve Tamponsuz Hatlar	31
3.5.3 İşlem Zamanlarındaki Değişkenlik.....	34
3.5.4 Atama Kısıtları	36
3.5.5 Üretim Sisteminin Yerleşimi	36
3.5.6 İstasyon Tipi	38
3.5.7 İş Parçalarının Geliş Disiplini.....	40
3.5.8 Ekipman Seçimi ve İşlem Alternatifleri	41
3.5.9 Üretim Hacmi	41
3.5.10 Amaçlar	41
4 Sistemin Benzetimi.....	44

4.1	Benzetimin Tanımı	44
4.2	Bir Benzetim Modelinin Oluşturulması	44
4.2.1	Benzetim Süreci.....	45
4.3	Bir Benzetim Deneyinin Dizaynı	49
4.3.1	Benzetim Analizinin Gerçekleştirilmesi.....	50
4.4	Benzetim Model Tipinin Seçilmesi	51
4.4.1	Statik ve Dinamik Modeller.....	52
4.4.2	Devamlı ve Kesikli Benzetim Modelleri	52
4.4.3	Stokastik ve Deterministik modeller	54
4.4.4	Bütün ve Parçalı Modeller.....	54
4.5	Kesikli Benzetim Modelinin Mantığı	55
4.6	Üretim Sistemlerinin Benzetimi	61
4.7	Kullanılan Benzetim Dilleri, Programları ve Seçim Kriterleri.....	62
4.7.1	Tedarikçi Kriterleri.....	63
4.7.2	Model ve Girdi Kriterleri.....	63
4.7.3	Çalıştırma Kriterleri.....	64
4.7.4	Animasyon Kriterleri	64
4.7.5	Test ve Etkinlik Grubu Kriterleri.....	66
4.7.6	Çıktı Kriterleri.	67
4.7.7	Kullanıcı Kriterleri	68
5	UYGULAMA.....	70
5.1	Şirket Profili , Ürün ve Atölye Tanıtımı.....	70
5.2	Girdi Dağılımlarının Oluşturulması.....	86
5.3	Modelin Anlatımı	89
5.3.1	Mevcut Durumun Modellemesi.....	89
5.3.2	Önerilen Durumun Modellemesi	95
5.4	Benzetim Deneylerinin Yorumlanması	106
SONUÇ		115
KAYNAKLAR		116
EKLER		119
EK 1	Arena Benzetim Programı İle Yapılan 1. Deney Çalışması İstatistikleri	120
EK 2	Arena Benzetim Programı İle Yapılan 2. Deney Çalışması İstatistikleri	121
EK 3	Arena Benzetim Programı İle Yapılan 3. Deney Çalışması İstatistikleri	122
ÖZGEÇMİŞ		123

ÖNSÖZ

Sipariş üzerine üretim yapan bir işletmede benzetim yaklaşımı ile bir hat dengelemesi uygulaması yaptığım bu çalışmamdaki ilk bölümde; hat dengelemesi çalışmasına etkiyecek olan atölye yerleşim şekilleri, ve yeniden proses yapılandırma çalışmalarını anlatırken ; sistem yaklaşımı içerisinde bu çalışmaların hem gerçekleştirildikleri firmanın dış sistemine olan etkisini hem de içindeki sosyal sisteme olan etkisini de göstermeye çalıştım

İkinci bölümde montaj hatlarının tanımı, tipleri, çözüm elde edilmesi için neler yapmak gerektiği, bu tekniklerden benzetim yaklaşımının kategorisinden bahsedilmektedir.

Üçüncü bölüm benzetim tekniğinin tanımını, benzetim ile çözüm aramanın önemini, avantajlarını, ve benzetim yaklaşımı olarak bir yazılımın kullanılma nedenlerinden bahsetmektedir.

Dördüncü bölüm ise EMFA elektrik malzemeleri fabrikasının aydınlatma armatürleri üretim atölyesinde gerçekleşen talep artışına yönelik üretim hattı dengelenmesi probleminin benzetim yaklaşımı ile çözülmesini, bu çözüm sırasındaki adımları tarif ederek anlatmaktadır

Yüksek lisans eğitimimi tamamlayacağım bu tez çalışmamda bana gerekli sabrı ve desteği gösteren ve yönlendiren hocam Yrd. Doç. Dr. Bahadır Gülsün'e ; kaynak araştırmamda, projemin tamamlanmasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Cihat Kürşad Şen, Önder Sami Atay'a ve daima yanımda olan aileme teşekkür ederim.

ÖZET

Hat dengeleme problemi belirli bir yerleşim düzenine sahip iş istasyonu dizisine; görevlerin istasyonlar arasındaki öncelik ilişkilerini en iyi tatmin edecek ve belirlenen performans ölçütlerini optimize edecek şekilde atanmasıdır. Problemin karmaşıklığına göre tezimde bahsedilen bir çok yöntemden biri kullanılabilir. Ancak benzetim yaklaşımı yöntemi, gerçek hayat şartlarının uygulama modeline geçirilmesi ve sayısız ayar yapma imkanı, senaryo üretimi, değişkenleri ve performans değişkenlerini değiştirebilme olanağı vermesi ile diğer yöntemler arasından sıyrılmaktadır. Benzetim programları modelin animasyonunu gerçekleştirerek görsel olarak; tasarlanan sistemin nasıl çalıştığını canlandırabilmektedirler. Böylece oluşabilecek aksaklıklar gözle görülebilmektedir.

Hat dengelemeye etkiyen etmenlerin başında atölye yerleşim düzeni ile makine-çalışan kullanım etkinliği gelmektedir. Hedeflenen üretim artışı veya verimlilik artışı için hattın yeniden dengelenmesi; muhtemelen beraberinde hattın ve içerdiği istasyonların yeniden tasarlanmasını, işgücü miktarında değişimi, iş akışlarının yeniden düzenlenmesini beraberinde getirecektir. Bütün bu düzenlemelerin yapılmasında sosyal çevrenin etkisi ve payı matematiksel değişkenler ve ölçütler yanında unutulmamalıdır. Sistem yaklaşımı içerisinde bir üretim alanı ele alınacak olursa ilişkide olduğu bir çok alt ve üst sistemler hemen göze çarpacaktır.

Bu değişkenliği modelimize yansıtma imkanını veren benzetim yaklaşımının gerçeği en iyi şekilde temsil etmesini sağlayan faktör , girdi bilgilerinin doğru ve eksiksiz biçimde toplanması sağlayacaktır. Bu noktanın çalışma başlamadan akılda tutulması yararlı olacaktır. Bu veriler benzetim çalışmasının uygulamaya döküldüğünde başarılı olmasını sağlayacak ana etmenlerdir.

Anahtar Kelimeler: Montaj hattı dengeleme, Benzetim, Arena, Üretim yönetimi, İş Akış Analizi

ABSTRACT

The assembly line Balancing problem consists of assigning tasks to an ordered sequence of stations such that the precedence relations among the tasks are satisfied and some performance measure is optimised. Due to the problems complexity one of the methods mentioned in my thesis can be used. However applying simulation distinguish itself among other methods by giving the capability to its user using the real life variables in model, numerous setup options, creating scenarios, changing variables and performance measures. Besides these, simulation packages have the ability of animating the developed model, showing how it works. In this way it will be much easier to see any disorder of a model's as well as System's the simulation is applied to.

The main factors that affects line Balancing are shop floor layout and machine-worker utilization. Realising the planned output or efficiency increment goals, will certainly cause the rebalancing of the present line and lead change in work force, shop floor layout, process reengineering and forming new work stations. While undergoing such a study one must not forget the possible affects of social aspects. If a production area is considered with a systems approach, then it will be easy to see the lower and upper systems that it is interacting with.

For reflecting the variability and real life conditions in the right way, the main factor will be collecting of the necessary, complete, right input data. It will be useful to pay attention to this point in the beginning of simulation project. These data are the key elements for a successful study.

Key Words: Line Balancing, Simulation, Arena, Process Flow Analysis, Production Management

SİMGE LİSTESİ

D	Denge Kaybı
n	Montaj hattındaki iş ögesi sayısı
P	Değişik parça ürün sayısı
Q	Üretim lot miktarı



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Basitleştirilmiş Keynesian Makro Ekonomik Modeli	2
Şekil 2.2	Üretim sistemi.....	3
Şekil 2.3	Üretim yoluyla gelir elde edilmesi	3
Şekil 2.4	Yatay işletme organizasyonu (süreçler).....	8
Şekil 2.5	Süreç analizi için sosyo-teknik yaklaşım.....	9
Şekil 2.6	Süreç-akış şemasında kullanılan semboller.....	11
Şekil 2.7	Sürece göre yerleşim	14
Şekil 2.8	Ürün odaklı hat tipi yerleşim	15
Şekil 2.9	Q/P oranına göre yerleşim tipleri.....	17
Şekil 2.10	GT yerleşim şekilleri	19
Şekil 3.1	Hat Dengeleme Probleminin Ana Elemanları	24
Şekil 3.2	Montaj Hattı dengeleme Problemlerinin Sınıflandırılması	30
Şekil 3.3	Tek ve çok ürün sayısı için montaj hatları	31
Şekil 3.4	Tamponsuz üretim hattı yerleşimi	32
Şekil 3.5	Farklı tamponlu hat yerleşimleri.....	33
Şekil 3.6	Tampon büyüklüğünün maliyetlere etkisi	33
Şekil 3.7	U tipi montaj hattı yerleşimi	37
Şekil 3.8	Otomatik ve manuel hat seçim kriteri.....	39
Şekil 4.1	Benzetim çalışması şeması	45
Şekil 4.2	Bir benzetim çalışmasındaki adımlar	51
Şekil 4.3.	Bir tezgah operasyonun aktivite diyagramı	54
Şekil 4.4	X-ACD sembol seti	59
Şekil 4.5	H-ACD sembol seti	59
Şekil 4.6	4 faz metodunun diyagram halinde işleme metodu	60
Şekil 4.7	Hiyerarşinin ana kriter grupları	63
Şekil 4.8	Tedarikçi grubu için kriterler.....	63
Şekil 4.9	Model ve Girdi kriterleri tablosu	66
Şekil 4.10	Denemeye ilişkin grup kriterleri.....	67
Şekil 4.11	Animasyon grubu kriterleri	67
Şekil 4.12	Test ve Etkinlik grubu kriterleri	68
Şekil 4.13	Çıktı grubu kriterleri.....	70
Şekil 4.14	Kullanıcı grubu seçim kriterleri.....	70
Şekil 5.1	Fabrika üretim Şeması	72
Şekil 5.2	A grubu Ürünlere Ait Proseslerin Montaj Diyagramı	79
Şekil 5.3	A grubu Ürünlere Ait Proseslerin Montaj Diyagramı	80
Şekil 5.4	Mevcut atölye durumu	81
Şekil 5.5	Flexible Line Balancing Ana Menüsü	82
Şekil 5.6	Process Penceresi Veri Girişi	82
Şekil 5.7	Process Penceresi Öncelik İlişkilerinin Gösterimi	84
Şekil 5.8	A grubu üretim proseslerine ait hat dengeleme etkinliği.....	85
Şekil 5.9	B grubu üretim proseslerine ait hat dengeleme etkinliği.....	86
Şekil 5.10	Flexible Line Balancing 3.0 A parçası için istasyon oluşumu	87
	gösterim	
Şekil 5.11	Atölyenin Hat dengeleme çalışması yapılmadan önceki modeli.....	93
Şekil 5.12	A grubu parçalara ait proses modellemesi.....	94
Şekil 5.13	B grubu parçalara ait proses modellemesi	95
Şekil 5.14	Gelişleri belirleyen “create” modülü	97
Şekil 5.15	“Assign” modülü ile iş emri özellikleri atanması	97

Şekil 5.16	A ve B parçasının önerilen durumda modellemesi.....	100
Şekil 5.17	A ve B grubu mamullerin üretiminde işçilerin proseslere göre dağıtımı	101
Şekil 5.18	A parçası grubuna ait alt model	102
Şekil 5.19	Proses modülünde verilerin girilmesi	105
Şekil 5.20	“Öncelik” kuralın kullandığı TNOW değerinin verilmesi.....	106
Şekil 5.21	Hatalı parça karar modülü	106
Şekil 5.22	A grubu sağlam parçalar için “record” modülü.....	106
Şekil 5.23	A grubu sağlam parçalar için Dispose modülü.....	107



ÇİZELGE LİSTESİ

sayfa

Çizelge 2.1	Üretim tiplerini sınıflandırılması	7
Çizelge 2.2	Üretim sistemlerinde esneklik derecesi	7
Çizelge 3.1	Kase fenomeni	35
Çizelge 4.1	Model tiplerinin özetleri	55
Çizelge 3.2	Programlama yaklaşımlarının karşılaştırılması	58
Çizelge 5.1	A Grubu Ürünler Ait İş akım şeması	74
Çizelge 5.2	B Grubu Ürünler Ait İş akım şeması	75
Çizelge 5.3	A Grubu Ürünlerin Proseslerine Ait İşlem Zamanları.....	76
Çizelge 5.4	B Grubu Ürünlerin Proseslerine Ait İşlem Zamanları.....	77
Çizelge 5.5	A Parçası İçin İşlemlerin Öncelik Tablosu.....	78
Çizelge 5.6	B Parçası İçin İşlemlerin Öncelik Tablosu.....	79
Çizelge 5.7	İstasyonlara Proseslerin Atanması.....	86
Çizelge 5.8	A parçası için Dağılımlara Göre Öncelik Tablosu	89
Çizelge 5.9	B parçası için Dağılımlara Göre Öncelik Tablosu.....	90
Çizelge 5.10	1. durumda A ve B parçası için kuyrukta	109
	ekleme zamanı , kuyrukta bekleyen parça sayısı ve işlemdeki iş miktarları	
Çizelge 5.11	1. durumda A ve B parçası için kuyrukta	110
	bekleme zamanı , kuyrukta bekleyen parça sayısı ve işlemdeki iş miktarları	
Çizelge 5.12	Önerilen durumda A ve B parçası için kuyrukta	112
	bekleme zamanı , kuyrukta bekleyen parça sayısı ve işlemdeki iş miktarları	
Çizelge 5.13	Deney sonuçlarının toplu karşılaştırılması	113

1 GİRİŞ

Günümüzde, iktisadi gelişmenin sağlanabilmesi için amaç hızlı ekonomik büyümenin gerçekleştirilebilmesidir. Ekonomik büyüme, sanayi kollarının verimliliklerinin arttırılması ile sağlanabilir. Çalışmamın ilk bölümünde sistem yaklaşımı ile üretimin bir alt sistem olarak yer aldığı ekonomiye etkisini göstermeye çalıştım.

Mamul üretimi yapan bir işletmede pazarlama, finansman, personel vs. şeklinde sayabileceğimiz bir çok departman vardır. Bu departmanların her birinin ayrı bir önemi olmakla beraber işletmenin bir şeyler satabilmesi için öncelikle üretmesi gerekir. Bu üretimin en iyi şekilde (en düşük maliyetle, en kısa sürede, en uygun kalitede) gerçekleşmesini sağlamak ve aynı zamanda işletmenin diğer bölümleri ile üretim arasındaki ilişkileri düzenlemek için üretimin planlanması gerekmektedir. Montaj üretimi yapan işletmelerde bu planlamanın ilk aşamasını hat dengeleme oluşturur.

Hattın verimliliğine ve dengelenmesine etkiyecek önemli noktaları çalışmamın ikinci bölümünde ele aldım. Hattın yerleşim biçimi, mevcut hat üzerinde yapılacak yeniden tasarlama ve iş akış değişikliklerinin performans üzerinde kaçınılmaz bir etkisi olacaktır.

Montaj üretimine dayanan işletmelerde verimliliği arttırabilecek alternatiflerden en önemlisi olan hat dengeleme ile çalışan ve makine boş sürelerinin azaltılıp, etkin makine/eleman kullanımı ve sürekli iş akışı sağlamak amaçtır. Bu doğrultuda çalışmamın üçüncü bölümünde hat dengelemenin esaslarına değindim.

Montaj hattı dengeleme ile en az kayıp ve en yüksek verimi elde edebilmek için çeşitli matematiksel ve sezgisel yöntemler geliştirilmiştir. Çalışmamın üçüncü bölümünde yararlanmış olduğum benzetim yaklaşımına ait esaslara değindim. Benzetim yaklaşımı gerçekte olması muhtemel olayların bir bilgisayar programı ile animasyon katılarak bilgisayar ortamına aktarılmasıdır. Bu olayın gerçekleşmesi durumundaki rassallığı da katarak olası muhtemel sonuçların incelenmesi bu yöntemle çok kolaylaşmıştır.

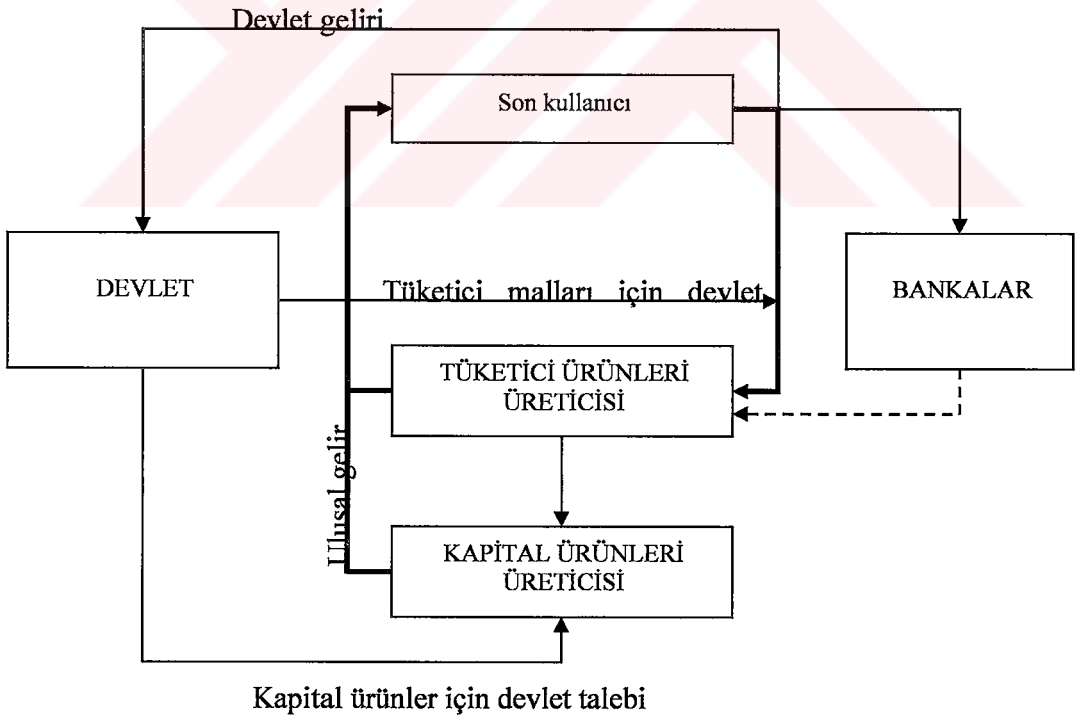
Çalışmamın uygulama bölümünde ise EMFA elektrik malzemesi fabrikasının, aydınlatma armatürü montaj bölümünün mevcut durumunu inceledim. İlerde oluşacak talep artışına mevcut çalışan sayısı ve yapılacak yerleşim değişikliği ile nasıl tepki vereceğini yaptığım benzetim çalışması ile ortaya koymaya çalıştım.

2 ÜRETİM SİSTEMLERİ VE DİZAYNI

Bu bölüm içerisinde üretim sistemleri ve üretim hatları hakkında teorik bilgiler verilmesi amaçlanmaktadır. Bunun sebebi ise ele alacağımız ve modelleyerek çözüm bulmaya amaçladığımız olayların daha iyi anlaşılmasını sağlamaktır. Ele alacağımız üretim ortamında geçen olaylar sipariş üretim ve montaj hatları olayları olduğu için bu konuda ayrıntılı bilgi verilmiştir. Böylece modelin kurulması ve çözümlenmesi sırasında kullanılacak olan kavramlar daha iyi anlaşılır hale gelecektir.

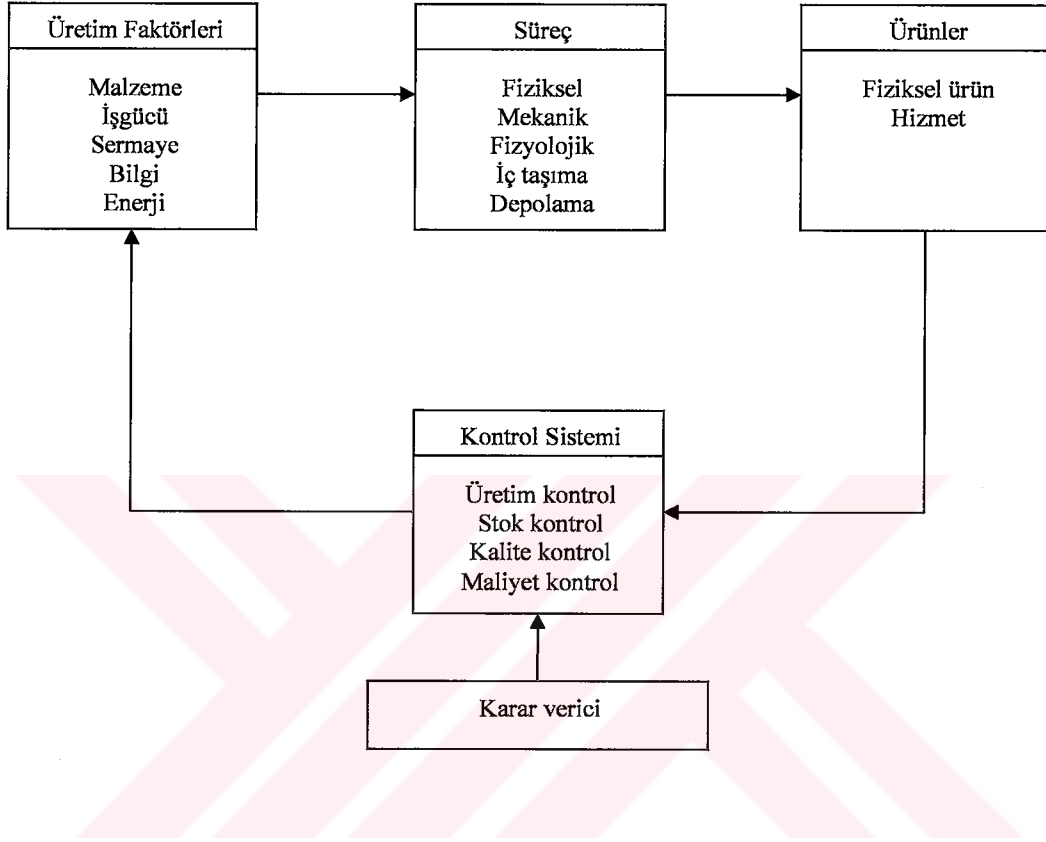
2.1 Üretim Kavramı

Bir ülkenin ekonomisi için üretim en önemli kavramlardan biridir. İş gücü ve diğer kaynakların yerinde kullanılması ile gerçekleştirilen yeterli düzeyde üretim, ekonominin sağlıklı bir şekilde yaşaması ve gelişmesi için ön şart olarak kabul edilir. Üretim yapan işletmelerin bu önemli rolünü aşağıdaki basitleştirilmiş Keynesian makro ekonomik şeması ile özetleyebiliriz.



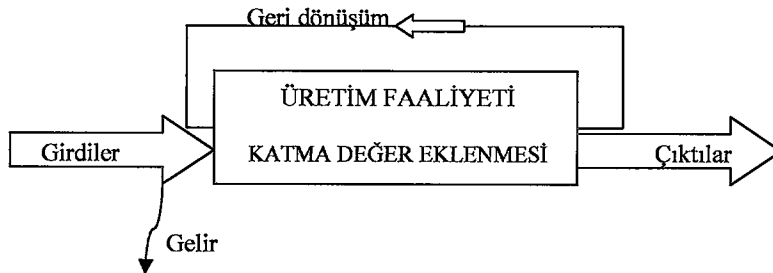
Şekil 2.1 Basitleştirilmiş Keynesian Makro Ekonomik Modeli (B.Wu ,1992)

Gerek hizmet gerekse ürün üreten bir üretim sisteminde üretim süreci Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Üretim sistemi (Akansel , 2004)

Bir üretim sistemi genellikle hammaddeleri son ürün haline getiren bir dizi katma değer ekleyici üretim faaliyetlerinden oluşur. Temelde bütün üretim sistemleri ürün veya hizmet oluşturulması için gerekli dönüşüm süreçlerini kapsarlar ve yine temelde bu sistemlerin tasarımı, planlanması, yönetimi ve kontrolünde karşılaşılan problemler ve bunları çözmede kullanılan teknikler benzerlik gösterirler



Şekil 2.3 Üretim yoluyla gelir elde edilmesi (Lupton , 1986)

2.2 Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

Üretim sistemlerinin sınıflandırılmasında genellikle fiziksel sistemlerden söz edilecektir. Fakat herhangi bir tanım ve sınıflandırmanın kapsamına istendiğinde, hizmet üreten sistemleri de katmanın çok kolay olduğu görülecektir (Atay Sami , 2000)

Üretim sistemlerini; üretim yöntemi, mamul cinsi, mamul miktarı veya akışı kriterlerine göre sınıflandırmak mümkündür.

2.2.1 Üretim Yöntemlerine Göre Sınıflandırma

Üretimin oluşmasında uygulanan temel yöntemlere göre sınıflandırma yapılmaktadır:

Birincil Üretim : doğada mevcut hammaddelerin işlenmek veya kullanılmak üzere çıkarılması söz konusudur. Bu üretimin çıktıları diğer bütün üretimlerin girdilerini oluştururlar (örn: petrol üretimi, orman işletmeciliği).

Analitik Üretim: Temel hammaddelerin bazıları daha sonra ayırıcı işlemlerle parçalanıp işlenerek çeşitli ürünlere dönüştürülür. Pancardan şeker , ham petrolden benzin , sütte yağ üretimi bu tip üretim için örneklerdir. Isıl işlem, elektro kimyasal reaksiyon ve damıtma gibi teknikler kullanılır

Sentetik Üretim: Doğadan elde edilen temel hammaddelerin bazıları da birleştirici işlemlerle yeni ürünlere dönüştürülür. Sentetik kauçuk, alaşımlı çelik, plastik, cam vb mamuller sentetik üretim grubuna girerler.

Fabrikasyon Üretim: temel veya diğer hammaddelerden şekil verme yoluyla yeni ürünlerin elde edilmesidir. Döküm, tornalama, pres kesme vb. Yöntemlerle şekil vererek mamul üreten sistemler fabrikasyon sınıfına girerler.

Montaj Üretimi: çeşitli hammadde, yarı mamul ve parçalar sistematik biçimde biraraya getirilerek karmaşık bir mamul üretilir. Bir montaj fabrikası ürettiği mamulleri oluşturan parçaların tamamını veya çoğunu diğer fabrikalardan hazır olarak alır. Montaj üretiminde önemli olan nokta miktar ve özellik bakımından büyük sayılara ulaşan elemanların en ekonomik biçimde bir araya getirilmesidir. Günümüzdeki ürünlerin karmaşıklığı, üretim miktarları ve kalite nitelikleri göz önüne alınırsa bunun kolay bir iş olmadığı görülebilir.

2.2.2 Mamul Cinsine Göre Sınıflandırma

Üretim sistemlerinin mamullerin cinsine göre sınıflandırılmasında önemli olan üretim sistemleri şunlardır (Atay Sami , 2000)

Demir-çelik üretimi : doğal kaynaklardan çıkarılan demir filizin büyük fırınlarda eritilmesi ile demir veya çelik elde edilir.

Kömür üretimi: maden kömürü, linyit ve kok üretimi beraberce aynı grup içinde yer alır

Takım tezgahları üretimi: torna , freze, planya gibi isimler alan takım tezgahlarının üretimi yüksek düzeyde teknik bilgi ve kalifiye insan gücüne ihtiyaç gösterir.

Kimyasal maddeler üretimi: çeşitli işlemlerde hammaddelerin kimyasal yapıları değiştirilerek yeni ürünler elde edilir.

Elektriksel araç gereç üretimi: elektrik enerjisi ile çalışan makine ve eve eşyaları ,ile elektrik üretiminde kullanılan sistemlerin üretimidir.

Elektronik mamulleri üretimi: son yıllara kadar bir önceki grupta yer alan elektronik cihazları kaydeden çok hızlı gelişmeler sonucu tek başına önemli bir endüstri olmuştur.

Tekstil mamulleri üretimi: doğal ve yapay giyecek hammaddelerinin çeşitli işlemlerle giyecek yapımına hazır hale getirilmesidir.

2.2.3 Üretim Miktarı ve Akışına Göre Sınıflandırma

Üretici işletme ve firmalar operasyonlarını yürütüş biçimleri ile ilgili olan terimlerle sınıflandırılırlar. İşletmenin; Organizasyon, ekipman ve operasyon yöntemleri (üretim sistemleri); müşterilerine sunduğu ürüne ve ortaya koyduğu müşteriye hizmet stratejisine ve envanter tutuş sistemine bağlıdır.

Bazı işletmeler “stok üretimi” yapan işletmelerdir. Bu işletmeler müşterilerinden sipariş gelmeden ürünlerini stoklamak üzere üretirler. Son ürün müşteri siparişi ile stoktan sevk edilir. Bazı işletmeler ise “siparişe göre” üretim yaparlar. Üretilecek ürün kendine özgü ise veya özel bir dizayna sahipse müşteri üretim için gereken hammadde, bileşenler ve üretim için uzunca bir süre bekleyecektir. Çünkü üretici her müşterisinin farklı isteği için üretim için gerekli ortak malzeme stok yapısına sahip değildir. Bazı firmalar “siparişe göre montaj” yapan işletmelerdir ki bu firmalar için otomobil üreticileri iyi birer örnektir. Müşteriden gelen siparişe göre arabaları düz-otomatik, klimalı-klimasız olarak, iç döşem seçenekleri, ve değişik motor seçenekleri ile daha önceden stoklanmış parçaların montajı ile üretim yaparlar. (Operations Management Dilworth James. B, 1992). Diğer yandan üretilen mamulün miktarı ile üretim faaliyetlerinin fabrika içinde akışı arasında yakın bir ilişki vardır. Üretim miktarı ve akışa göre şöyle bir sınıflandırma yapılabilir.

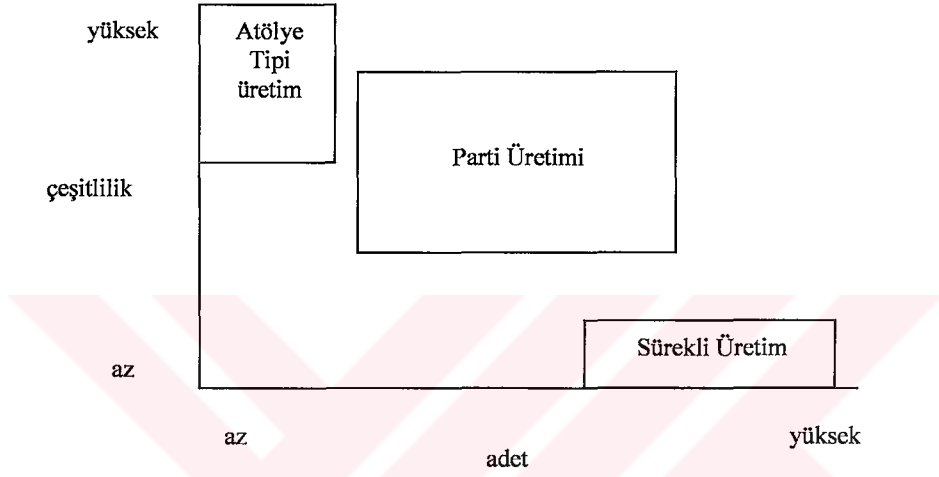
Atölye tipi üretim : Siparişe göre üretim yapan üreticiler genellikle çok çeşitli ürünü az sayıda partilerde üreten işletmeler olarak tanımlanırlar. Her siparişin üretimi kendine özgü veya kendine ait özel işlem adımlarını gerektiriyor olabilir. Bir sonraki siparişte istenen son ürün tamamı ile farklı bir ürün olabilir. Bu tür işletmelerde standart bir malzeme akışı söz konusu değildir. Üretim ekipmanı genel amaçlı, malzeme taşıma sistemi ise değişik parti ve lot büyüklüğündeki çeşitli boyut ve biçimdeki parçaları değişen rotalarda taşıyabilecek kadar esnek olmalıdır. Bu tip işletmelerde esneklik anahtar kelimedir. Bu tür işletmeler birbirine benzemeyen ürünlerin bileşenlerinin üretiminin koordinasyonunda , üretim planlamasında ve çizelgelemesinde büyük problemlerle karşılaşır. Sipariş üzerine üretim yapan işletmelerinin envanterlerinin büyük kısmı sistemlerinde dolaşan iş yükü olarak gözükmektedir. Bu tip üretim için sipariş üstüne çalışan bir mobilya atölyesi yada özel ekipman yapan bir metal işleme atölyesi verilebilir (Operations Management Dilworth James. B: 1992).

Sürekli Üretim: Büyük miktarda benzer özelliklere sahip ürünlerin , sabit iş ve malzeme akış adımları ile seri halde üretilmesidir. Otomobil montaj hattı bu tip bir üretim için iyi bir örnektir. Üretim alanı yalnız bir ürünün üretimine tahsis edildiği üretim şeklidir. Talebin üretim hızına uyduğu üretim, tek tip üretim sistemidir. Sipariş ve parti üretimlerinde, üretim hızının talepten biraz yukarıda olmasına izin verilebilir, yani bir miktar stoklama yapılabilir. Sürekli üretimde ise ancak talep hacminin üretimi her an yakından izlemesi şartı ile faaliyetleri sürdürmek mümkündür. Tesisattan en verimli şekilde faydalanmayı korumak için farklı zamanlarda meydana gelen üretim değişikliğinin bir program dahilinde düzenlenmesi gerekir. Sürekli üretimi kütle ve akış üretimi olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Kütle üretiminde bir mamulden çok büyük miktarlarda ve uzun süre imal edilir. Fakat gerektiğinde makine yerleşim düzeni, tertibat, kalıp vs. de değişiklikler yapmak suretiyle başka tip mamulün üretimine geçme olanağı vardır. Akış veya proses üretiminde ise makine ve tesisler yalnız bir cins mamulü üretecek şekilde tasarlanmıştır. Sürekli üretim tipinde üretim planlama ve kontrol faaliyetleri parti üretimine kıyasla çok daha basit ve az yoğundur. Üretime başlamadan önce ayrıntılı bir planlama yapılır. Ancak üretim esnasında bunu değiştirmek mümkün değildir.(Uslu,1999)

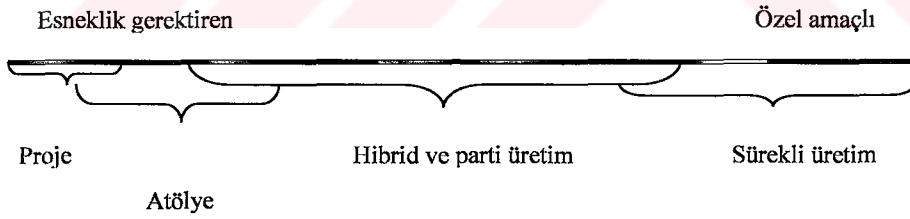
Parti üretimi: Bir mamulün özel bir siparişi veya sürekli bir talebi karşılamak amacıyla belirli miktarlardan oluşan partiler halinde üretilmesidir. Bir mamulün üretimi gerçekleştikten sonra makine ve tesisler başka bir cins mamulün üretiminde kullanılabilir. Parti üretiminde iki temel problem vardır:

- Parti büyüklüğünün saptanması,
- Minimum kapasite kaybına yol açan üretim programının hazırlanması.

Çizelge 2.1 üretim tiplerini sınıflandırılması (Operations Management Dilworth James.B,1992).



Çizelge 2.2 üretim sistemlerinde esneklik derecesi (Operations Management Dilworth James.B, 1992).



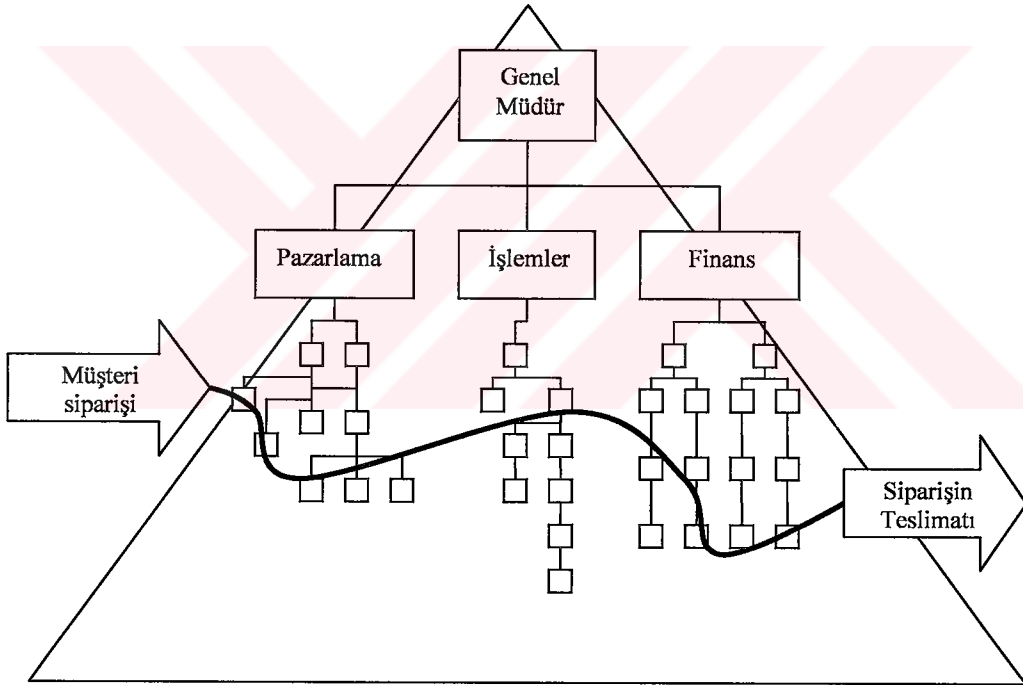
2.3 Süreç Tasarımı ve Yerleşim Planı

Süreç ve tesis tasarımı; (1) yeni bir tesis kurulduğunda, (2) üretimde belirgin bir değişiklik olduğunda, (3) yeni bir ürün sunulduğunda, (4) değişik süreçler ve donanımlar kurulduğunda gereklidir. Süreç ve tesis tasarımı üretimin dışında ayrıca kütüphane, hastane, lokanta ve banka gibi hizmet işletmeleri içinde yararlıdır. Bu tür işletmelerde amaç, müşterinin bekleme zamanını azaltmak, işçi verimliliğini arttırmak , vb.

2.3.1 Süreç Akış Analizi

Süreç akış analizi, ürünün veya servisin girdilerinin çıktılarına dönüşmesini sağlayan değişim sürecinin kendisini ve olası iyileştirmeleri ortaya koyar. Bu analiz malzeme, bilgi ve servis akışlarını incelemekte kullanılabilir. Akış şemaları sadece süreç akışlarını değil müşteri, tedarikçi ve çalışan girdilerini de daha iyi iş dizaynı için dikkate almalıdır.

Bir diğer önemli nokta ise genel olarak “sistem yaklaşımı”nın detaylı akış şemaları hazırlanırken göz önünde bulundurulmasıdır. Çünkü bir işletme organizasyonu içerdiği stratejik planlama, siparişlerin girişi, ürünün tedarik edilmesi, müşteriden paranın tahsil edilmesi, müşteri tatmininin sağlanması ve insan kaynakları yönetimi gibi birbirleri ile bağlantılı olan prosesler ile gerçek bir sistemdir. Bir sistem birbirleri ile bağlantılı olan ve toplamaları parçalarından daha büyük olan elemanların birleşiminden oluşur.

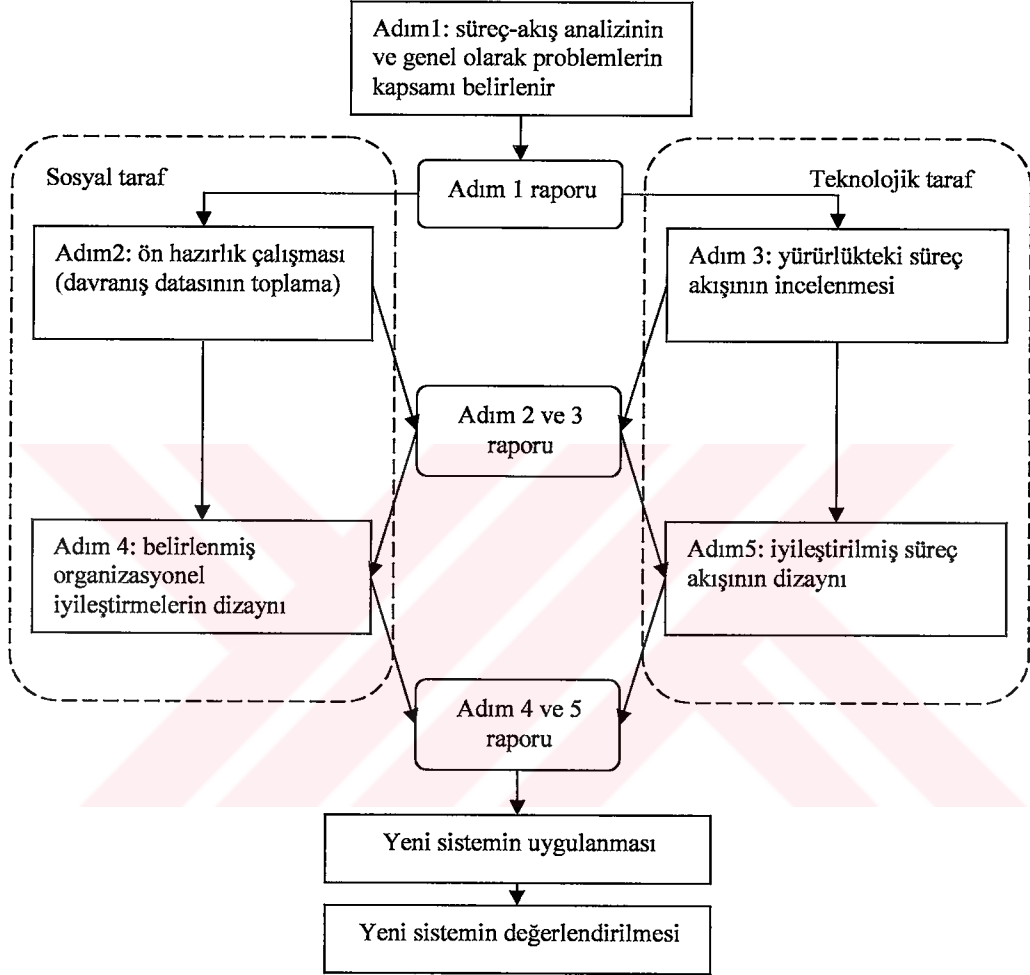


Şekil 2.4 Yatay işletme organizasyonu (süreçler) (V.Groger vd. ,1997)

Süreç-akış analizinde ilk olarak, incelenecek olan süreç yada sistem izole edilerek müşteriler ve tedarikçiler belirlenerek sürecin bir akış çizelgesi yapılır. Akış şemasından sonra “Ne, Kim, Nerde, Nasıl” soruları sonraki bölümlerde gösterildiği üzere sorularak yapılacak iyileştirmeler belirlenir.

Bu noktaya kadar süreç-akış analizi teknolojik bir olgu olarak ele alınmıştır (G.Roger Operations Management contemporary concepts , 2004) yapılacak değişiklik ve

iyileştirmelerin çalışanlar tarafından kabul görebilmesi, için bu değişikliklerden etkilenen çalışan ve insanların bu çalışmaya katılması gereğini ortaya koymuş ve süreç-akış analizinin sosyo-teknik bir problem olduğuna ilişkin aşağıdaki şemayı oluşturmuştur.



Şekil 2.5 süreç analizi için sosyo-teknik yaklaşım (G.Roger Operations Management contemporary concepts , 2004).

2.3.1.1 Akış Şeması Analizi

Akış şemaları işlerdeki taşıma işlemlerinin tanımlamak ve iyileştirmek için kullanılırlar. Üretim proseslerinin verimliliğinin iyileştirilmesi aşağıdaki değişimleri de beraberinde getirebilir :

- hammadeler
- ürün dizaynı
- iş dizaynı
- kullanılan süreç adımları

- kontrol yönetimi bilgi akışı
- ekipman ve malzemeler
- tedarikçiler

Sistem yaklaşımı kullanılarak süreç analizlerinde aşağıdaki adımlar kullanılır (G.Roger Operations Management contemporary concepts , 2004):

- iyileştirme yapılacak üretim prosesinin hepsi yada bir parçası seçilir
- proses birkaç sistemle ilgili ise diğer departmanlarla birlikte bir karma takım oluşturulur.
- analizin amacı belirlenir. (verimlilik artırımı, çevrim zamanı düşürülmesi, çalışan moralinin, etkinliğin, kapasitenin iyileştirilmesi vb.)
- prosese ilişkin iç ve dış müşteriler ve tedarikçiler belirlenir.
- akış şemaları ve etkinlik ölçümleri ile taşıma sistemleri ortaya konur.
- akış şeması yardımı ile proses akışlarının ve girdilerin incelenmesi ile elde edilen iyileştirilmiş proses dizaynı ortaya konur.
- yapılan iyileştirme için yönetim kademesinden onay alınır.
- iyileştirme uygulamaya geçirilir.

2.3.1.2 Malzeme Akış Analizi

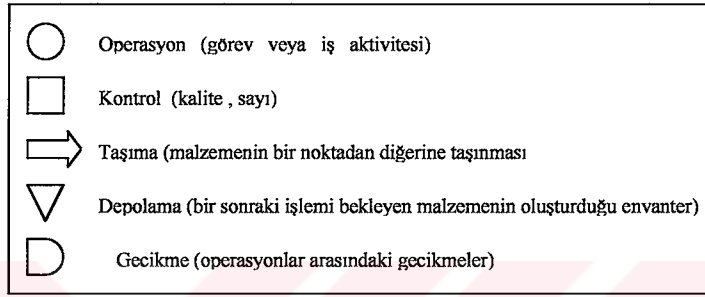
Günümüzde malzeme akış analizleri çevrim zamanının, siparişi teslimine kadar geçen sürenin, imal zamanının, ürünün baştan sona taşıma zamanlarının düşürülmesi için kullanılmaktadır. Zamanların indirgenmesi süreçlerdeki gereksiz etkinliklerin elenmesi ile sağlanmaktadır. Gereksiz etkinlik; üretim süreci içinde katma değeri olmayan işlem olarak tanımlanır ki bu etkinliğe, ürünün depoda kalma süresi, ürünün bir yerden bir yere sevki, kontrol zamanı gibi zamanlar dahildir. Sadece işçinin veya tezgahların işlem zamanları ürün üzerinde katma değere sahiptir. Malzeme akışının detaylı şekillendirilmesinde aşağıdaki öğelerden yararlanılır (G.Roger Operations Management contemporary concepts , 2004):

Montaj Çizimi : üretilecek ürüne ait bileşenlerin çizimle nerelere, nasıl montajlanacakları gösterilir.

Montaj çizelgesi: montaj çizimindeki parçaların montaj sırasını ve gruplarını gösteren şemadır.

Rota (dolaşım) çizelgesi: montaj çizelgesinden daha detaylıdır çünkü hem işlemleri hem de her bir bileşene ait rotayı belirtir. Her bir tezgah ve işçi gerekli olan malzeme ve ekipman ile gösterilir.

Süreç-akış çizelgesi: üretim süreci içersinde yer alan taşıma, kontrol, gecikme, depolama, operasyon işlemleri sembollerle akış çizelgesi üzerinde gösterilir. Sadece operasyonlar süreçte katma değere sahip işlemlerdir diğer gruplar gereksiz etkinlik olarak kabul edilir ve indirgenmeye, ortadan kaldırılmaya çalışılır. Analiz takımı bu çizelgeyi inceleyerek toplam etkinliği artırmak ve toplam çıktı süresini azaltmak için belli operasyonları birleştirebilir yada elimine eder. Sonuçta bu kararlar yerleşim düzeninin , ekipmanın, çalışma metotlarının, ürün dizaynının değişmesine neden olur.



Şekil 2.6 süreç-akış şemasında kullanılan semboller.

Bu şemaları incelemek için aşağıdaki anahtar sorulardan yararlanılmalıdır.:

Ne: müşterinin isteği nedir ? Hangi işlemler gerçekten gerekli? Bazı işlemler birleştirilebilir, yok edilebilir yada basitleştirilebilir mi ? ürünün yeniden dizaynı gerekli mi?

Kim: her işlemi kim yürütüyor? İşlem daha az işçilik ve efor kullanılacak şekilde tekrar şekillendirilebilir mi? Tedarikçiler kim? Farklı tedarikçiler kullanılabilir mi yada mevcut tedarikçiler daha etkili kullanılabilir mi? Bazı yada tüm operasyonlar için outsource yolumu seçilmeli ?

Nerede: her işlem tam olarak nerde gerçekleşmekte? Yerleşim düzeni değiştirilerek taşıma zamanları indirgenebilir mi ? işlemler daha ulaşılabilir hale getirilebilir mi?

Ne Zaman: her işlem ne zaman gerçekleştirilmekte? Fazladan bekleme veya envanter oluşumu var mı? Bazı işlemler darboğaz yaratıyor mu? Bekleme zamanı nasıl azaltılabilir?

Nasıl: süreçler nasıl gerçekleşiyor? Daha iyi prosedürler, metotlar, ekipmanlar kullanılabilir mi? Süreç daha az zaman harcayan ve daha kolay işlem görülen bir hale getirilebilir mi?

2.3.1.3 İş Süreçleri Yeniden Yapılandırılması:

Günümüzde süreç-akış analizi prensipleri iş süreçleri yeniden değerlendirmesi olarak uygulanmaktadır (İSY). İSY iş süreçlerinin radikal dizaynını öngörmektedir. Bir çok süreç küçük değişimlerle daha fazla iyileştirilemeyeceğinden baştan dizayn edilmeleri gerekir. İSY için 4 ana kavramdan söz edebiliriz:

Görevler ve işler üzerine değil sonuçlar üzerine odaklanmalıdır: klasik çalışan sınıflandırması ile görevlere göre iş bölümleri oluşturulmamalıdır. Bir kişinin bütün işleri yapması beklenemez ama işler genişletilerek İSY ile departmanlar arası ilgisizlikler azaltılabilir.

İşleri gerçekleştirenlerin kendi bilgilerini işleyebiliyor olması: bu kavram bilginin bir departmandan diğer departmana aktarıldığı ve gereksiz, fazladan bilginin üretildiği, bir çok duruma uygulanabilir.

Karar noktasını işin gerçekleştirildiği yere koymak ve kontrolü sürecin kendisi içine inşa etmek: bürokrasinin indirgenmesi ve karar verme sürecinin hızlanması içins, karar vermenin olabilecek en alt seviyede oluşmasının sağlanması gereklidir. Bunu sağlamak için sürecin kendisinin içersine kontrol ve bilgilendirme mekanizmalarının kurulmuş olması gerekmektedir.

Süreçteki gereksiz adımların elimine edilmesi: sürecin sıkça basitleştirilmesi ile gereksiz adımların ve kağıt işlerinin elimine edilmesi anlamına gelmektedir. Daha önce bahsettiğimiz akış şemaları kullanılarak her adım incelenmelidir ve sadece müşteriye yönelik katma değeri olan adımlar korunmalıdır (operasyonlar).

Hammer ve Champy (1993) Amerikada uygulanan İSY projelerinin %70'inin başarısızlıkla sonuçlandığını ortaya koymuştur. Bu başarısızlığın nedeni hem yaklaşımın kendi içinde hem de uygulama yolunda aranmalıdır. Üst yönetimin destek vermemesi, dar bir uygulama aralığı, projede yanlış insanların görevlendirilmesi, teşvik sistemlerindeki yetersiz değişimler ve İSY'nin kendi doğasında olan radikal dizayn ve ona karşı oluşan tepkiler başarısızlığın ana etmenleridir. Sürekli iyileştirme ile verimsizliğin radikal değişimler gerektirmeyecek değişimlerle önüne geçilerek istihdam olanakları geliştirilmelidir.

2.4 Üretim Yerleşim Tipleri

Yerleşim tipleri üretim sistemlerinin fiziksel olarak bütünleşme evresidir. Kapasite ihtiyaçları, süreç ve iş dizaynları, malzeme taşıma, iletişimi sistemleri gibi süreçleri birbirlerine bağlayan teknolojik kavramların seçiminin fiziksel olarak ortaya konmuş halidir.

Yerleşim düzenleme amaçları aşağıdakileri en yüksek düzeye getirmektir:

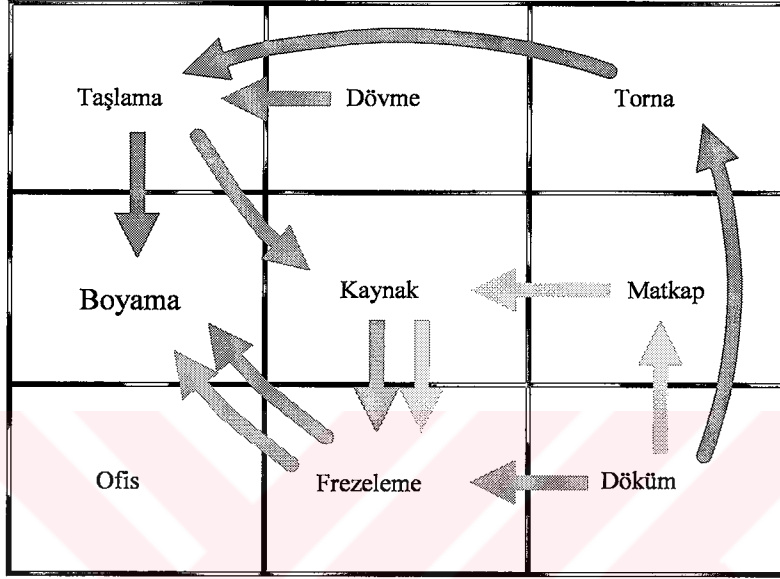
- Müşteri tatmini
- Alan, donanım ve insangücü kullanımı
- Bilgi, malzeme ve insanın etkin biçimde akışı
- İşgücü moral ve emniyeti
- Yerleşim düzeninin stratejik etkisi ise aşağıdaki şekilde olacaktır:
- Alan, donanım ve insangücünün daha yüksek kullanımı
- İyileştirilmiş bilgi, malzeme ve insangücü akışı
- İyileştirilmiş işgücü morali ve daha güvenli çalışma koşulları
- İyileştirilmiş müşteri etkileşimi
- Esneklik

Yanlış yerleşim düzenlemenin verimlilik üzerindeki etkileri ise aşağıdaki şekilde olacaktır

- İş akışının ve malzemenin kontrolünde etkisiz kalınması (DÜŞÜK MALZEME VERİMLİLİĞİ)
- İşçi üzerinde ağır iş yükü dolayısıyla bedensel veya zihni yorgunluk şikayetleri (DÜŞÜK EMEK VERİMLİLİĞİ)
- Üretim sürecinin uzaması ve teslimatta gecikmeler nedeniyle müşteri kaybı (DÜŞÜK SERMAYE VERİMLİLİĞİ)
- Kalifiye işçilerin gereksiz taşıma işlerini yapması veya boş beklemesi (DÜŞÜK EMEK VERİMLİLİĞİ)
- Gecikmeler ve malzeme yokluğu nedeniyle tezgahların boş kalması (DÜŞÜK SERMAYE VERİMLİLİĞİ)
- Fabrika alanından etkin biçimde yararlanamama (DÜŞÜK ALAN VERİMLİLİĞİ)

2.4.1 Sürece Göre Yerleşim

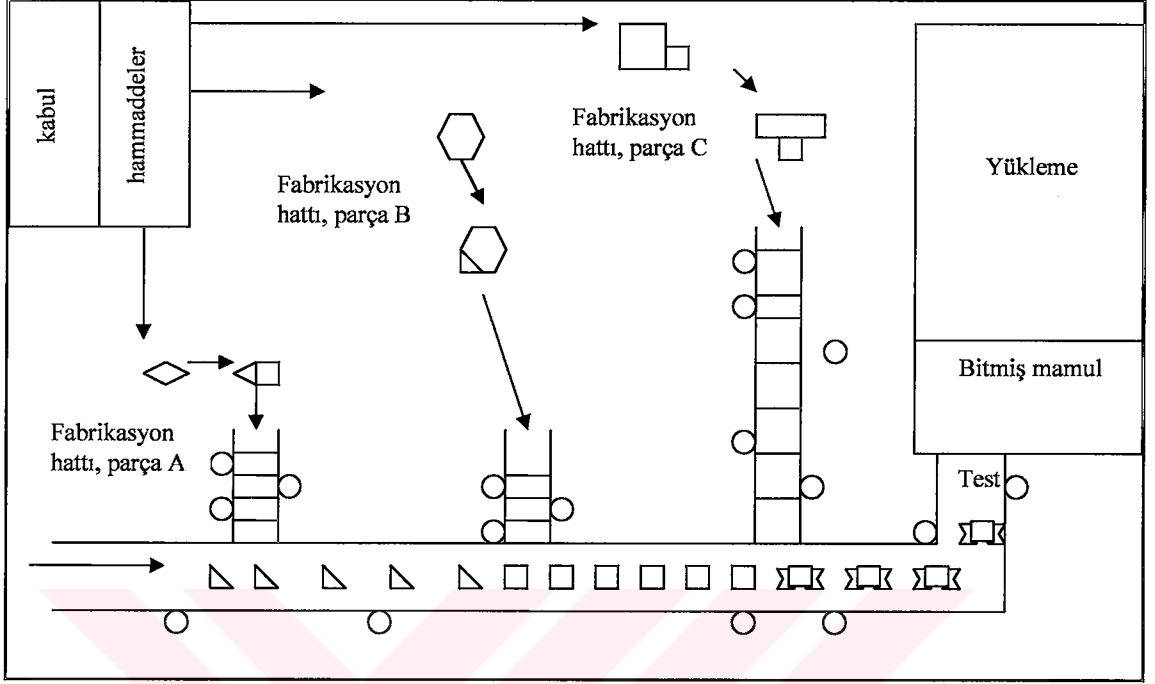
Sürece göre yerleşimde kaynaklar sürece göre organize edilir ve iş merkezleri veya bölümler işlevlerine göre gruplandırılır. Kesikli, yüksek çeşitlilikte, toplam üretim yüksek olsa bile birimlerin düşük hacimlerde üretilmesi gerekiyorsa bu tip yerleşim kullanılır.



Şekil 2.7 Sürece göre yerleşim (Akansel Mehmet, 2004)

Bu tür yerleşime sahip fabrikalar çok esnek bir yapıya sahiptir ancak yeterli seviyede satış yakalamak için az sayıda çok çeşitli sipariş almak zorundadırlar. Kullanılan tezgahlar genel amaçlı çalışanlar ise oldukça kalifiyedir. Malzeme taşıma (çoğunlukla manueeldir) sistemleri az sayıda mamulü kendilerine ait rotalarda taşıma esnekliğine sahip olmalıdır. Bu tür yerleşimde asıl problem yapılacak yerleşim sonucu malzeme taşıma maliyetinin minimum olmasıdır (Modern Productions Operations Management Elwood Buffa, 1987).

2.4.2 Ürüne Göre Yerleşim



Şekil 2.8 ürün odaklı hat tipi yerleşim (Elwood Buffa , 1987)

Bu tip yerleşimde kaynakların bir ürüne veya yakın ilişkili ürün ailesine atamaları yapılır. Tekrarlı, büyük hacimli, sürekli üretim içindir. İş istasyonları veya bölümler, ürünün oluşmasındaki işlem sırasına uygun olarak doğrusal bir hat üzerinde düzenlenir. Her mamul için ayrı üretim hattı oluşturulabilir. Otomobil montajı ve mobilya imalatı uygun örneklerdir (Akansel Mehmet , 2001)

2.4.3 Sabit Pozisyonlu Mamule Göre Düzenleme

Bu tip düzenleme gerektiren işyerlerinde üretilen mamul oldukça büyük ve fazla ağır olduğu için taşınması zordur. Bu nedenle üretim personeli, üretimde kullanılacak makine ve teçhizat gerekli işlemleri yerine getirmek amacıyla, bir yerde sabit tutulan bu mamulün yanına getirilirler. Yani mamul sabit tutularak, üretim personeline ve diğer üretim araçlarına hareketlilik kazandırılır. Büyük tankların, basınçlı kapların, gemilerin, uçakların imalinde bu tip yerleştirme düzeninden yararlanır (Kobu,B.;1999)

2.4.4 Grup Teknolojisi Yerleşimi

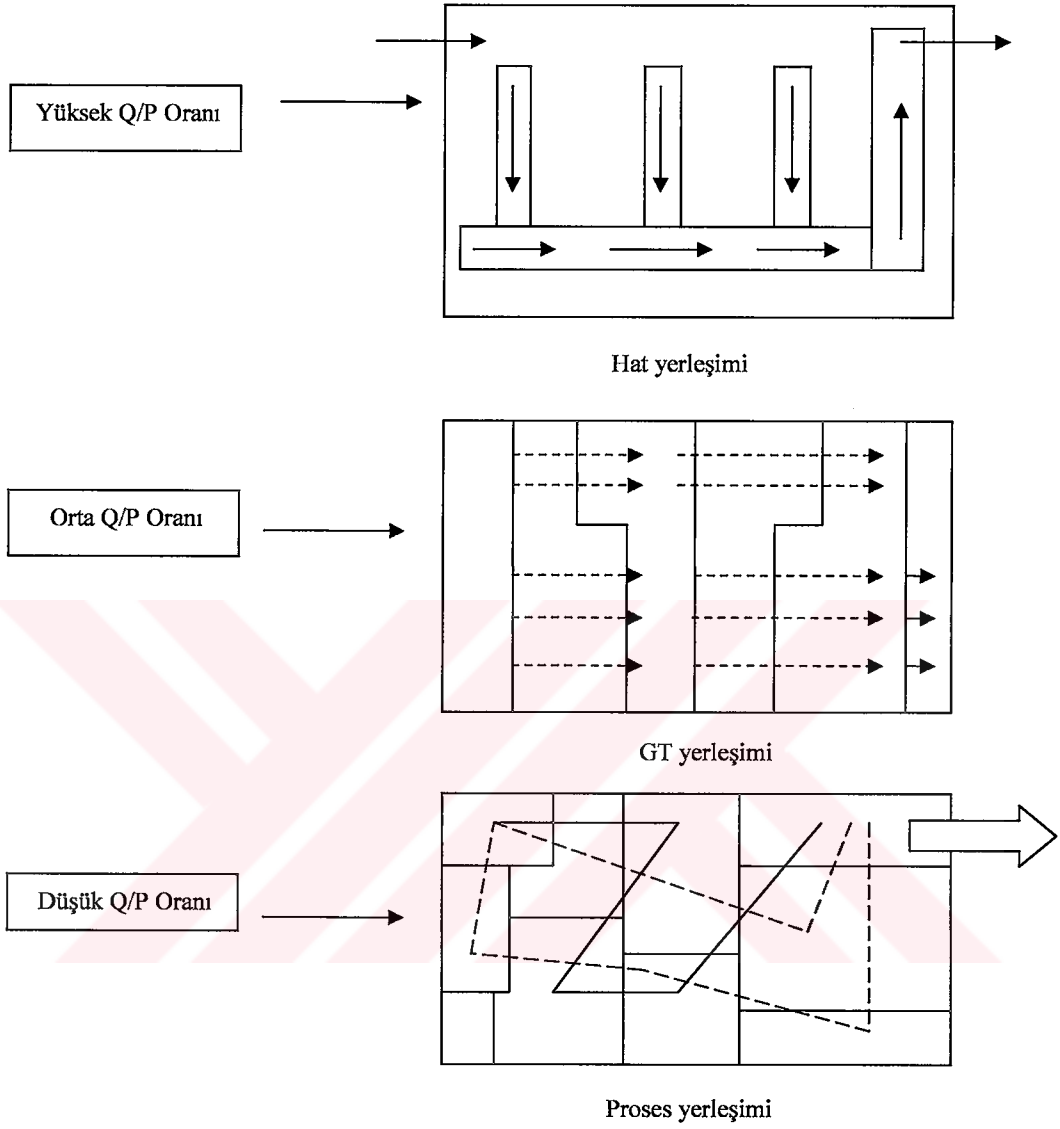
Grup teknolojisini (GT) en basit uygulama şekli bir tezgahta üretilecek birbirine benzer parçaların ardışıklığının sağlanması ile ayar değişikliklerinin minimize edilmesidir. Daha karışık bir uygulama ise parça ailelerinin oluşturulması ve tezgahların özellikle bu ailelere

atanmasının yapılmasıdır. Grup teknolojisinin ilk adımı mevcut sistemdeki parçalardan aileler oluşturulması ile gerçekleştirilse de asıl olarak ürünlerin yeniden dizaynı ile ürün parçalarının grup teknolojisi ailelerine mükemmel uyumu ile sağlanır (David M. Anderson, 1995). Parça ailelerini oluşturan parçaların işlenmesinde aynı sabitleme elemanları, işlem sırası ve aynı kapasiteye sahip tezgahlar kullanılmaktadır. İkinci adımda ise parça ailesine ait ortak akış kalıbına uygun tasarlanmış iş istasyonlarının ve hücrelerinin oluşturulması gelmektedir.

Bir kez grup teknolojisi uygulamaya konduğunda işlere ait üretim planlama zamanını azaltacaktır. Malzeme taşıma ve işlemdeki yük envanteri miktarını önemli ölçüde inecektir. Bunların yanı sıra ayar zamanından ve destek ekipmanlarından tasarruf sağlayacaktır.

GT'nin en ileri uygulaması hücresel üretimdir. Bir üretim hücresi bir yada daha çok parça ailesini üretmek üzere bir araya getirilmiş olan tezgah ve malzeme taşıma sistemlerinden oluşur.

Eğer üretim lot miktarı (Q) değişik parça ve ürünlerin sayısından (P) büyükse bu durum hat tipi üretim için uygun olacaktır. Q/P oranı küçüldükçe az miktarda çok çeşitli ürün üretimine uygun olan proses tipi yerleşim seçilmelidir. Bu iki değer arasında ortalama bir Q/P oranı GT yerleşimi için uygun büyüklüğü sağlar .



Şekil 2.9 Q/P oranına göre yerleşim tipleri. (Elwood Buffa , 1987)

Malzeme taşıma sistemlerinde, iş organizasyonunda ve dizaynında değişik seviyede avantajlar sunan 3 çeşit GT yerleşimi vardır:

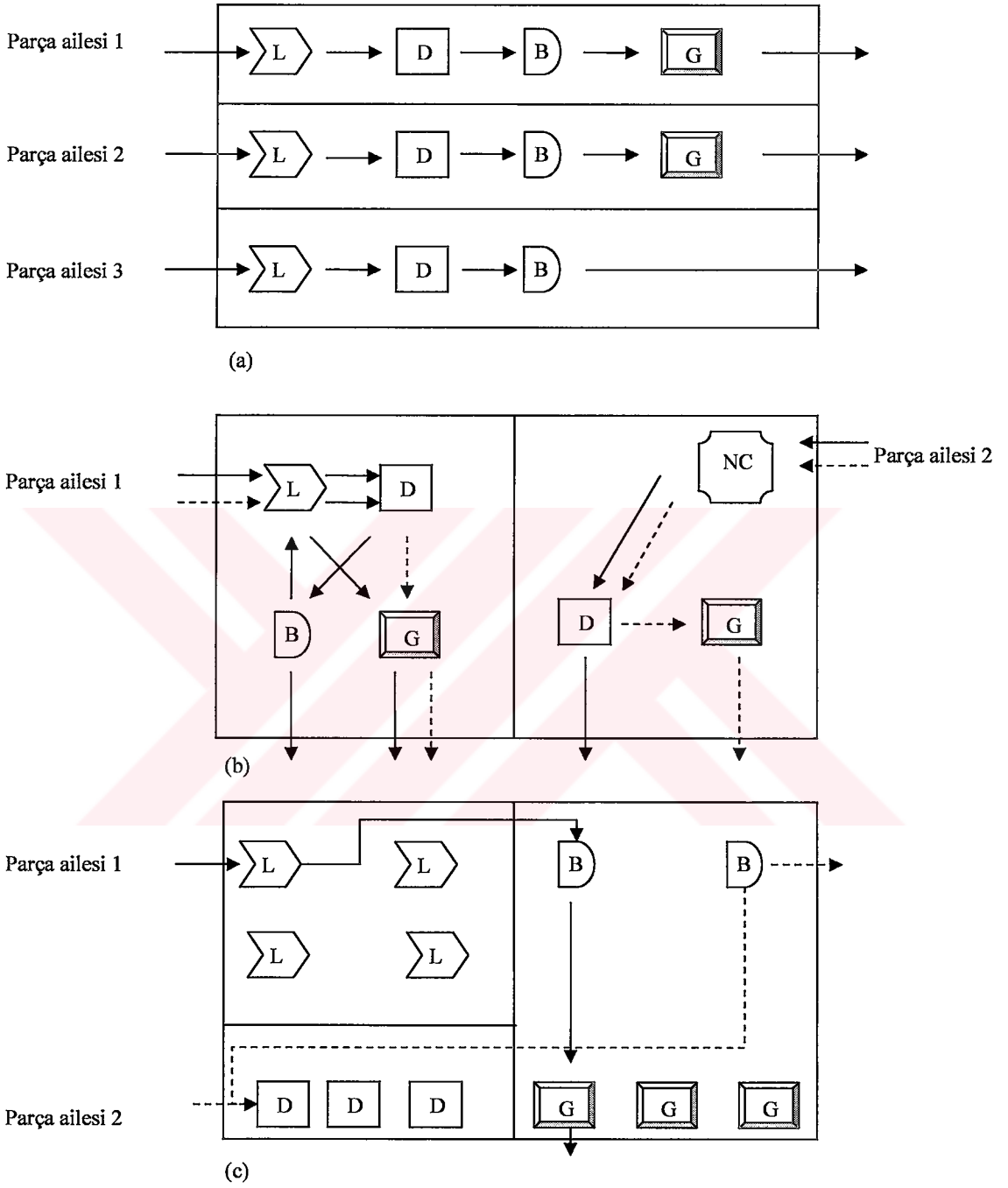
Akış Hattı Tipi GT yerleşimi: Q/P oranının GT yerleşimine izin verdiği en yüksek oranda geçerli olan bir yerleşimdir. Ürünler arasındaki çok yakın ilişki nedeni ile, işlenen her parça veya ürün neredeyse aynı süreç rotasını izler. Şekil 2.10a'da görüldüğü üzere yatayda bir aileye ait hat tipi varken dikey olarak normalde bir hat tipi üretimde görülmeyen proses merkezleri görülmektedir. Bu yerleşimde, akış hatlarındaki gibi düşük çevrim zamanı ve iş

yükü envanteri yanında prosese göre yerleşiminde esnekliği dikey yerleşimle sağlanmıştır bu sayede mükemmel kullanım oranları ve geniş iş dizaynları elde edilebilir.

GT Hücre Tipi Yerleşimi: parça aileleri için süreç akışlarının aynı olmaması durumunda Akış tipi GT yerleşimi uygun olmayacaktır. Bu durumda bir yada daha çok parça ailesine ait tüm süreci gerçekleştirecek ekipmandan bir üretim hücresi yaratılır. Bu yolla diğer farklı parça aileleri içinde şekil 2.10b de gösterildiği gibi hücreler oluşturulur.

GT merkezi yerleşimi: şekil 2.10c de gösterilmiş olan GT merkezi yerleşiminde sürece göre yerleşimde olduğu gibi benzer işlemleri gerçekleştiren ekipmanlar bir araya toplanmıştır ancak tezgahlar ve ekipmanlar aynı ekipman grubuyla en uzun süre işlenecek biçimde yerleştirilmişlerdir.





Şekil 2.10 GT yerleşim şekilleri. (Elwood Buffa , 1987)

3 MONTAJ HATTI DENGELEME

3.1 Montaj Hatları ve Hat Dengeleme Kavramı

Bir montaj sistemi; genel olarak iş istasyonlarının ardaşıklık ilişkisi ile dizildiği ve ürün bir istasyondan diğerine geçerken parçaların üzerlerinde işlemin gerçekleştirildiği bir özel tip üretim sistemi olarak tanımlanmaktadır (Andrew J. Day, 2002). Üretim sürecine ait bütün iş yükü tüm istasyonlara ardaşıklık sırası bozulmadan olabildiğince eşit olarak dağıtılmaya çalışılır. Üretimde bir senkronizasyonun oluşması için her istasyondaki iş yükü eşit zaman dilimi büyüklüğüne sahip olacak şekilde ayarlanmalıdır ki bu hat dengeleme problemi olarak adlandırılır ve ilk olarak 1950’lilerin ortasında ortaya konmuştur (Jackson, 1956).

Hat dengeleme konusu günümüze kadar bir çok araştırmanın konusu olmuştur. Hat dengeleme; bir ürünü üretmek için gerekli olan sürecin alt süreçlere ayrılarak her alt sürecin kendi iş hücresine atanmasıdır (Frazier Gregory, Mc.Mullen Patrick, 1999). Çok genel olarak şimdiye kadarki hat dengeleme yaklaşımları şu iki amaçtan birini öne sürmüştür:

Çoğunlukla Tip I problemi olarak kabul edilen ve belirlenmiş bir çevrim zamanına sahip hattaki işçi sayılarının minimize edilmesi veya Tip II problem olarak kabul görmüş olan; belirli işçi sayısına sahip bir hattaki çevrim zamanının en küçüklenmesidir. Bunların dışında bir üçüncü tip problem ise belirli bir görevi yerine getirmek için kaç işçinin görevlendirileceğidir (Mc.Mullen Patrick, Frazier Gregory, 1999). Bu tip bir yaklaşımda birden daha çok işçi bir hücredeki iş istasyonlarında aynı işle uğraşırlar ki buna paralelleşme yada paralel iş istasyonlarının kullanımı denilir. Eğer ki süreç içersindeki bir görevin değeri istenilen çevrim zamanından daha büyükse paralelleşmeyi kullanmak bir gereklilik halini alacaktır.

Yukarıda bahsedildiği üzere her üretim çevresinde ortak bir çevrim zamanından söz etmek mümkün olmayabilir. İş istasyonları değişik üretim oranlarına sahiptirler, işparçaları bir sonraki istasyona girene kadar beklemek zorunda kalacaktır. Bu sebeple paralelleşme fikrinden farklı olarak işistasyonları arasına süreç envanteri oluşturacak olan tamponlar kullanılmalıdır. Bu durumda ise tamponların yeri ve tampon kapasitesi problemleri ortaya çıkacaktır. Tamponlardaki envanter belli orandaki kapitali bağlayacağı gibi diğer yandan tampon seviyesinin aşılması durumunda ise üretimde aksamalar olacaktır.

3.2 Montaj Hattı Dengelemenin Amacı:

Montaj hattı dengelemenin ana amacı, hat boyunca işleri gruplandırarak istasyonlar oluşturmak, bu gruplar arasında yaklaşık olarak eşit zamanlamayı yakalamak ve oluşan bu şartlar altında montaj hattının sürekli olarak çalışmasını sağlamaktır. Böylece boş zaman minimize edilmiş, işçilik, malzeme ve teknoloji kombinasyonunda yüksek fayda sağlanmış olur.

Bir başka şekilde amaç; elemanter işlemler arasında bulunan öncelik şartlarını sağlayacak her istasyondaki toplam iş yükü süresi, verilen çevrim zamanından büyük olmayacak ve montaj hattındaki istasyon sayısı minimum olacak şekilde iş elemanlarının iş istasyonlarına tahsisi olarak da belirtilebilir. İstasyon sayısının sabit olduğu dengeleme problemlerinde amaç çevrim zamanının minimum yapılmasıdır. Dengeleme çalışmalarının etkinliği denge kaybı (D%) ile ölçülür.

Montaj hattı dengeleme çalışmalarında amaç denge kaybını en aza indirmek olmakla beraber gerçek işletme uygulamalarında bu amaç gerçekleştirilememektedir. İdeal durumda her bir iş istasyonunun süresi sıklık süresine eşit ve hiçbir denge kaybı yoktur. Oysa gerçek işletme uygulamalarında iş istasyon sürelerinin dengesiz ve maksimum iş süresinin sıklık süresine eşit olmadığı durumlarla karşılaşılır. Yani denge kaybını sıfır yapmak mümkün değildir. Bugünün endüstri işletmelerinde denge kaybının %5 ile %20 arasında olduğu bilinmektedir.

İmalat hatları genellikle işgücü zamanlarına göre dengelenir. İşler elemanlarına ayrılır ve standart zamanları bulunur. Ancak tüm önlemlere rağmen işlem zamanları sabit olamaz. Hatalı bir parça veya malzeme normal tempoda çalışan bir işçinin gecikmesine yol açar. Otomatik transfer hatlarında bu gibi problemler yoktur. Çünkü insanın yerini makineler almıştır. Ancak emek yoğun hatlarda işçiye bir serbestlik payı tanınmazsa iki durum söz konusudur. Ya işçi işini yetiştiremeyecek, mamul kısmen tamamlanmış olarak diğer istasyona gidecek ve reddedilecektir, yada işçi işini erken bitirecek, boş bekleyecek ve işgücü etkin olarak kullanılmamış olacaktır.

Bunların önüne geçmek için ilk öneri devir süresini arttırmaktır. Ama yine de toplam kayıplarda önemli bir azalma olmayacaktır. Bu yolla hatalı ve tamamlanmamış mamullerin maliyetinin çok yüksek olduğu üretimlerde başvurulabilir. Diğer bir öneri ise gecikmeyi ortadan kaldıracak tedbirler almaktır. Yani gecikmeye neden olan etmenler incelenip bunun ne şekilde önleneceği araştırılır. Üçüncü bir yolda istasyonlar arası emniyet stokları

bulundurmaktır. Pahalı bir yol olması sebebi ile küçük çaplı montaj parçaları için kullanılabilir.

Sonuç olarak montaj hattı dengeleme çalışmalarında kullanılan amaç fonksiyonları aşağıdaki maddeleri göz önüne alır :

- Boş operatör süresinin minimize etmek
- Üretim akışının gecikmesiz olmasını sağlamak
- İş istasyonlarının eşit sayıda iş yapmasını sağlamak
- İş istasyonu sayısını en aza indirmek
- Makine ve insan gücünün etkin kullanımını sağlamak
- İşin hat üzerinde en kısa yoldan devam etmesini sağlamak
- Minimum stokla çalışmayı sağlamak

Bu şartları pratikte sağlamak çok zordur. Personelin devam durumu, banda işlerin eksiksiz verilmesi, çalışılan iş ortamı, çalışanın iş tecrübesi ve becerisi, meydana gelebilecek arızalar vb. Faktörler iş akışında sürekliliği aksatır ve darboğazlar oluşturur. Bu nedenle tam bir dengeleme yapmak güçtür ama ona en yakın optimum durumu yakalayabiliriz (Bekem E. Fulya, 1998)

3.3 Montaj Hatlarının Dengelenmesini Etkileyen Temel Etmenler Ve Kısıtlar

3.3.1 Temel Etmenler

Montaj hattı dengelemeyi etkileyen temel etmenler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir (Koray Cengiz, 2002) :

Mühendislik spesifikasyonları; işlemler arası öncelikler ve gerekli kaynak gereksinimleri

İşin yapılmasında izlenen yöntem (bazı montaj işlerinde verilen belirli bir teknolojik sıra, işin kolay ve daha hızlı yapılmasını sağlayabilir.), kullanılan aygıtlar ve tezgahlar (bazı aletlerin, montaj hattının birden çok yerinde kullanılmasına gerek duyulabilir; böyle durumlarda aynı alet grubun birden fazla işlemcinin kullanabileceği bir şekilde, bazı istasyonları ardı ardına yerleştirmek gerekebilir)

3.3.2 Kısıtlar

3.3.2.1 Temel Kısıtlar

Montaj hatlarına iki temel kısıt vardır. Bunlar çevrim süresi ve öncelik ilişkileridir.

Çevrim süresi: Çevrim süresini, verilmiş net üretim hedefi, brüt çalışma süresi ve tolerans yüzdesi (yani kontrol edilemeyen nedenlerle yitirilen süreler ve önceden tasarlanmış duruş süreleri toplamının, brüt çalışma süresinin yüzdesi olarak ifadesi) birlikte belirlerler. Çevrim süresi, bir adet ürünün, üretimi sırasında herhangi bir istasyonda işlem görebileceği en büyük süre değeridir. Bir istasyona atanan iş öğelerinin süreleri toplamı, çevrim süresini aşamaz.

Öncelik İlişkileri: Tüm montajın içerdiği iş öğelerinin kendi aralarında söz konusudur. Yani bir iş öğesinin yapılmaya başlanabilmesi için, diğer iş öğesi veya öğelerinin kesinlikle bitirilmiş olması gerekebilir. İstasyonlara yapılan iş öğesi atamalarının, bu öncelik ilişkilerine aykırı olmamaları zorunludur.

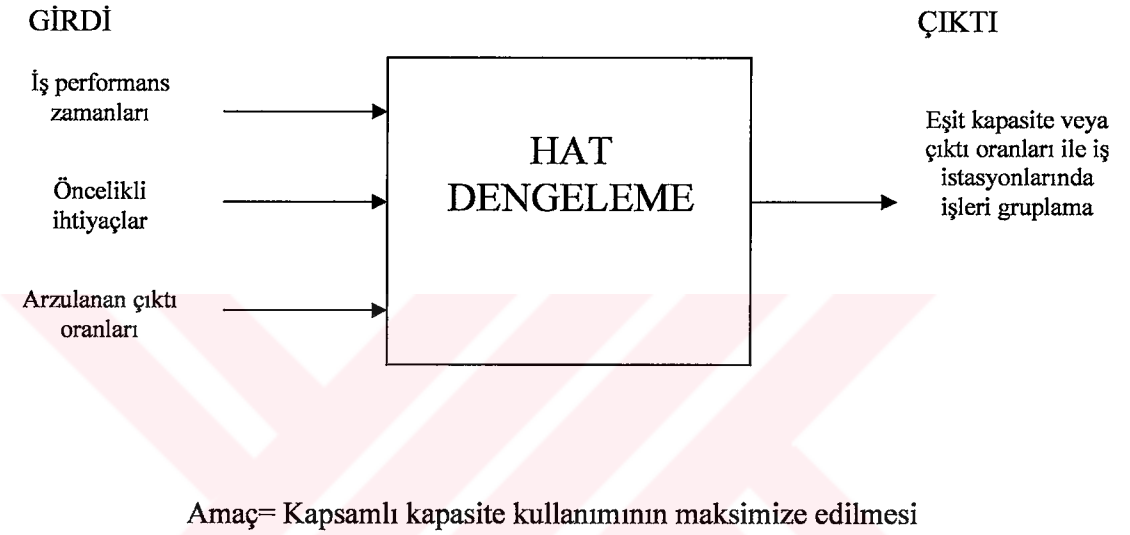
3.3.2.2 Yan Kısıtlar

Temel kısıtların dışında beş tane yan kısıt vardır. Bunlar aşağıda açıklanmıştır.

Konum Kısıtı: Konumsal kısıtlamalar, montajı yapılan nesnenin konumu ile, işlemcilerin banttaki konumu arasındaki ilişkiyi ifade etmekte kullanılan bir kavramdır. Konumsal kısıtlamalarla daha çok, büyük ölçekli ürünlerin montajında karşılaşılır. Ön ve arka konum kısıtı, işlerin, bandın iki yanından birinde yapılması gerektiğinde ortaya çıkar. Bu tip işler, hattın karşısına geçmek güç olacağından, aynı anda iki işçi tarafından yapılır. Montaj hattı dengelemenin amaçları da göz önüne alınacak olursa, bandın önünde ve arkasında yapılacak işlerin, birbirlerinden ayrılmasının gerekli olduğu söylenebilir. Alt-üst konum kısıtı ise, montajı yapılacak ürünün, belirli istasyonlarda ters veya yan çevrilmesi; işin, ürünün alt yada yan kısmında yapılması veya ürünün, hattın belirli bir yerinde, işlemcinin başının üstüne yükseltilerek yapılması durumunda ortaya çıkar. Her istasyonda, yükseltme ve ters çevirme işlemlerini yapacak donanım bulunmadığından, bulunabilse bile bu işleri yapmak ekonomik olmayacağından, ürünün altında yapılan işlerin bir veya birkaç istasyonda toplanması, daha verimli ve gerçekçi bir davranış biçimi olacaktır.(Koray Cengiz,2002)

3.4 Montaj Hatlarının Dengelenmesinde Kullanılan Kavramlar ve Temel Çözüm Algoritması

Gruplandırılmış işler, bir dengelenmiş montaj hattında iş performans zamanları hakkında sonuçlar vererek, kontrol altında tutulabilen fizibil sıralardaki öncelikli ihtiyaçlar ve arzulanan çıktı oranlarını ve ünite başına çevrim zamanları sağlayacaktır. Hat dengeleme probleminin ana özellikleri Şekil 3.1 de gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Hat Dengeleme Probleminin Ana Elemanları (Gökçen ve Erel, 1996)

Bir montaj hattı dengeleme probleminde şu terimler kullanılır:

İşler (Görevler): İşler, temel hareketlerden veya iş parçacıklarından oluşur. İş öğeleri; toplam işin, uygun ve pratik en küçük alt parçalarıdır ve bu iş parçacıklarının bir veya birkaçı tarafından oluşturulurlar. İş öğesi (work element); üretim süreci içinde, toplam iş içeriğinin, mantıksal olarak bölünmüş bir parçasıdır. Diğer bir görüşe göre iş öğesi; montajcılar arasında gereksiz karışıklıklara neden olmadan, iki veya daha fazla işçi arasında paylaştırılması olanaksız en küçük iş birimidir. Yani toplam işin kaç aşamada tamamlanacağını ve bunların hangi aşamalar olacağını belirleyen, işi yeterli ve anlamlı en azlara bölme sonucu ortaya çıkan birimler ve yapılacak işlemlerdir. Örneğin bir parçaya 5 tane delik açmak için beş farklı iş öğesi tanımlanabilir. Ama montaj hattının dengelenmesi söz konusu olunca, mantıksal iş öğesi, beş deliği birden açmayı içeren iş grubu olarak tanımlanmalıdır. Ayrıca bu işlem otomatik bir tezgahla tek bir seferde yapılıyor ise o zaman beş tane delik açma işi tek bir iş öğesidir.

Öncelikli İş: Ardışık sıraya yada emre göre işler yapılırlar. Her bir iş için öncelik demek, bilinen iş listesinden hemen öncelikli olarak yapılması gereken işi yapmaktır.

İş (Görev) Zamanı: Bir kalifiye işçi için gerekli olan zaman yada başlatılmamış bir makine için bir işi yapması için ihtiyaç duyulan zaman olarak tanımlanır. İş zamanı genellikle dakika ile ifade edilir. Montaj hattı üzerinde üretilecek bir ürünün montajı için gerekli olan süre veya işi oluşturan tüm iş öğelerinin standart süreleri toplamıdır. Toplam iş süresi;

N: Montaj hattındaki iş ögesi sayısı

t_i : i no.lu iş ögesinin işlem süresi

olmak üzere şu şekilde hesaplanır:

N

$$\sum_{i=1}^N t_i \quad (3.1)$$

Çevrim Zamanı: Çevrim süresi (cycle time), montaj hattında, ürünün bir istasyonda kalabileceği en büyük süre veya bir iş istasyonundaki işçinin o istasyonda yapılması gerekli işleri tamamlaması için gerekli süre olarak tanımlanabilir. Çevrim süresi, iş istasyonu süresine eşit veya daha büyük olabilen, iş istasyonundaki işçinin, işini tamamlayabilmesi için kullanabileceği süredir. Çevrim süresini seçmekteki ana düşünce, gerek duyulan üretim hızıdır. Bu süre, bazı hatlarda konveyör bandı hızına eşit alınır. Bir istasyonda, ardışık öğeler için iş tamamlama ve başlatma arasında bir süre geçer. Ayrıca o istasyondaki tüm işler bitmesine rağmen çevrim süresi dolmamış olabilir. Bu nedenle çevrim süresi üç alt süreye ayrılabilir; Üretken iş süresi, üretken olmayan iş süresi, atıl süre. Kurumsal olarak çevrim süresi, gerçekleşmesi istenen ürün çıktısından hesaplanabilir.

C : Çevrim süresi

T : Kullanılabilir üretim süresi

ÜS : Üretilmek istenen ürün sayısı

Olmak üzere şu ifade yazılabilir:(Chase vd., 1998)

$$C = T / \text{ÜS} \quad (3.2)$$

Saatteki Üretken Zaman: Her bir saat için bir istasyonda çalışılan zamanın ortalamasıdır. Bazen bir iş istasyonu çalışmayabilir; yemek arası, mola süresi, makine hazırlama ve kapatma süresi, makinenin bozulması durumunda geçen zamanlar olabilir.

İş İstasyonu: Montaj hattı üzerinde verilen bir işin, işçi/işçiler tarafından yapıldığı alandır. Her istasyonda, bir işçinin, bir işlem için gerekli araçlarla çalıştığı varsayılır. Genellikle iş istasyonu (Workstation) , bir montajcı tarafından doldurulan yer olarak düşünülür. Bir montaj hattı için; en az istasyon sayısının bir olduğu ve istasyon sayısı dengeleme çalışması sırasında saptanan gerekli en az istasyon sayısının altına düşmemek gerektiği kısıtları vardır.

İş Merkezi: İki veya daha fazla özel iş istasyonunun meydana getirdiği fiziksel alandır. Eğer bir veya daha fazla iş istasyonundan istenen üretim kapasitesinin aşılması isteniyorsa, bu iş istasyonları bir iş merkezinde toplanırlar.

Çalışan İş İstasyonlarının Sayısı: Bir iş merkezinde yapılan işin miktarı iş istasyonlarının sayısında ifade edilir. 28 saatlik bir iş, 8 saatlik bir çalışma süresinde yapılıyorsa; bu 28/8 veya 3,5 iş istasyonu çalışıyor diye ifade edilir.

Minimum İş İstasyonu Sayısı: Montaj hattındaki işlemleri, her istasyona, çevrim süresini tümüyle veya en az bir tanesi dışında tümüyle dolduracak şekilde atadığımızı düşünecek olursak gerekli en az iş istasyonu sayısı (nenk) şu şekilde bulunacaktır:

$$N$$

$$n_{enk} = \left\lceil \sum_{i=1}^N t_i / C \right\rceil \quad (3.3)$$

Burada $\lceil x \rceil$; x'e eşit ya da x'ten büyük en küçük tamsayı değeri ifade etmektedir.

Çevrim süresinin yarısından daha büyük süreye sahip iki iş ögesinin süreleri toplamı çevrim süresini aşacağı için bu ögeler, aynı istasyona atanamazlar. Dolayısıyla bu durumdaki iş ögeleri ayrı istasyonlarda bulunmalıdırlar. Bu durumda gerekli iş istasyonu sayısı ($n_{olası}$) şu şekilde bulunacaktır.

$n_{olası}$: Çevrim süresinin yarısından daha büyük süreye sahip olan iş ögesi sayısı

Bu durumda montaj hattını dengelemek için gerekli en az iş istasyonu sayısı (n_{enaz}), bu iki değerin en büyüğü olarak tanımlanır:

$$(n_{enaz}) = \text{Enb } (n_{enk}; n_{olası}) \quad (3.4)$$

Gerçek İş İstasyonlarının Sayısı: Üretim hattına girişte istenen toplam iş istasyonlarının sayısı: Çalışan iş istasyonları sayısının bir sonraki en yüksek tam sayı değeri alınarak hesaplanır.

Kullanım: Bir üretim hattında çalışılan zamanın yüzdesi genellikle şöyle hesaplanır:

$$\frac{\text{Minimum İş İstasyonu Sayısı}}{\text{Toplam Gerçek İş İstasyonu Sayısı}} \times 100 \quad (3.5)$$

Denge Gecikmesi: İş istasyonlarının üretim hattına dengesiz dağılımından kaynaklanan boş süre olarak tanımlanır.

Verimlilik: yapılan hat dengelemenin şu formülle verimliliği hesaplanır.

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{İşlem süreleri Toplamı}}{\text{İş istasyonu sayısı} \times \text{Çevrim zamanı (Chase vd., 1998)}} \quad (3.6)$$

Öncelik Diyagramı: Öncelik diyagramı (precedence matrix), teknolojik öncelik diyagramının üst üçgensel matris durumuna dönüştürülmüş şekildir. Bu matriste, aralarında doğrudan veya dolaylı öncelik ilişkisi bulunan iş öğeleri için, matriste önde gelen iş öğesi numaralı satırla; izleyen iş öğesi numaralı sütunun kesiştiği göze “1”, diğer gözlere ise “0” konur.(Ofıaz, 1999)

Montaj hatlarının dengelenmesinde üreticiyi ilgilendiren, monte edilen işin zamanında yetişip yetişmeyeceği, makinelerin ve çalışanların nasıl yerleştirildiği, hat üzerindeki istasyonlardan birinde gecikme olup olmadığı ve genel olarak hattın nasıl çalıştığıdır. Hat dengelemesiyle sorumlu kişinin görevi ise her görevin her istasyona düzgün bir şekilde dağılımını sağlamak ve işi gerçekleştirecek olan operatörlerin istasyona dağıtımını sağlamaktır. Montaj hatlarının dengelenmesinde her bir görevin üretim zamanlarına karar vermek çok kritik bir iştir. Belirlenen zaman birimine göre her bir iş istasyonunda aynı seviyede iş yapılması gereklidir. Aksi halde bir dar boğaz olması kaçınılmazdır.

Hat dengeleme işlemini gerçekleştirmede gerekli olan her bir görevin üretim zamanlarının belirlenmesi için şu teknikler kullanılabilir.

- Zaman etüdü
- Önceden belirlenen hareket zaman sistemleri
- İş örnekleme
- Standart veri geliştirilmesi

Hat dengeleme T.K. Bhattacharjee'ye göre şu kategorilere ayrılabilir.

Tek model hattı: deterministik görev zamanı: her bir istasyondaki iş elemanlarının görev zamanları sabit olarak kabul edilir ve her bir hatta tek bir ürün üretilir.

Tek model hattı: stokastik görev zamanı: 1 ile aynı fakat istasyon zamanlarının ortalama ve varyansları belirli bir normal dağılıma uygundur.

Çoklu model hatları: deterministik görev zamanı: her bir istasyonda iş elemanlarının görev zamanları sabit ve montaj hattı aynı ürünün birden fazla tipini üretmektedir.

Çoklu model hatları: :Stokastik görev zamanı: 3 ile aynı fakat istasyon zamanlarının ortalama ve varyansları belirli bir normal dağılıma uygundur.

Hat dengelenmesi işleminin verimliliğinin ölçülmesi Moodie ve Young(1985)'a göre şu şekilde olabilir.

$$SI = (\sum_{k=1}^{N_{stns}} (S_{max} - S_k)^2)^{1/2} \quad k=1,2,3,\dots,N_{stns} \quad (3.7)$$

Formüldeki S_{max} maksimum istasyon sayısı, N_{stns} iş istasyonlarının sayısı, S_k bağımsız istasyon zamanıdır. İstasyon zamanı şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$S_k = S_{mean} + \sigma (S_{var})^{1/2} \quad (3.8)$$

σ normal dağılımdaki sabiti, S_{mean} ortalamaların, S_{var} varyansların toplamını ifade etmektedir. σ genelde 1 olarak kabul edilebilir (Koray Cengiz 2002).

İlk formülde hat dengeleme verimliliği için zaman farkı kritik bir elemandır. SI ne kadar küçük olursa dengeleme verimliliği de o kadar iyidir.

Bir montaj hattının dengelenme probleminin çözümünde takip edilmesi gereken sırayı şöyle belirtebiliriz :

- Belirli bir ürünün bir parçasının, bir bölümünün tamamlanması için hangi görevlerin yapılması gerektiğini belirlemek.
- Hangi işlerin bir sıra veya düzen içinde yapılması gerektiğini belirlemek.
- Bir öncelik diyagramı çizmek. Bu şemada işler yuvarlak ile gösterilir ve öncelik ilişkisi bulunanlar oklarla birleştirilirler.
- İş (görev) zamanlarını tahmin etmek.
- Çevrim zamanını hesaplamak.
- Minimum iş istasyonu sayısını hesaplamak.
- Uygun bir algoritma kullanarak işleri istasyonlarına atmak ve böylece montaj hattını dengelemek. (Leung ve Fun, 1999)

Sabit Donanım Kısıtı: Tezgahlar, test araçları gibi sabit donanımlar, montaj hatlarının bütünleşik parçalarıdır ve değiştirilemez istasyonları oluştururlar. Sabit donanım kısıtı, iş öğelerinin değiştirilebilirliğini azaltır.

İstasyon Yüğü: Montaj hattında bazı istasyonların yüklerinin , çevrim süresinin %100'ünden az olması yeğlenebilir. Bu özellikle, ilk istasyonda veya istasyonlarda, hattın başında olabilecek aksamaların, tüm hatta etkisini azaltabilmek için yapılabilir.

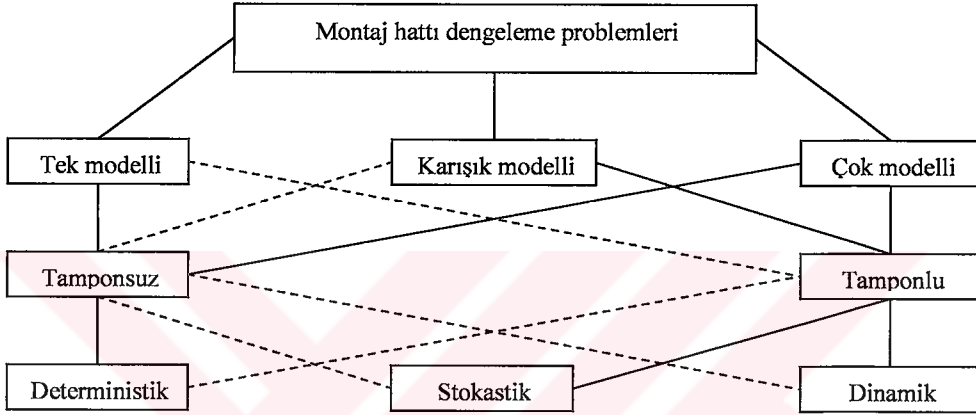
Aynı İstasyona Atanması İstenen İş Öğeleri: Bu özelliğe sahip işlerin, aynı veya birbirini izleyen istasyonlara atanması gereklidir. Böyle durumda bir iş öğesi alt grubu, tek bir iş öğesi gibi düşünülebilir. Örneğin, özel aygıt kullanımını gerektiren iki iş öğesinin aynı işçi tarafından yapılması, ikinci bir aygıt gereksinimini ortadan kaldıracağı için, istenilen bir durumdur.

Aynı İstasyona Atanmaması İstenen İş Öğeleri: Bu özelliğe sahip bir iş öğesi diğer bazı iş öğeleriyle, aynı istasyona atanamaz. Örneğin, aşırı fiziksel güç uygulamasını gerektiren iki iş öğesinin, iş yükü açısından ayrı istasyonlara atanmaları istenebilir. Benzer şekilde, birden

fazla iş ögesi, teknolojik olarak istenmediği için aynı işlemciye atanmazlar veya en azından bir aracı (tampon) istasyon ile birbirlerinden ayrılırlar. Titreşimli bir çalışma ile, hassas ölçme gerektiren bir çalışmanın ayrılması buna bir örnek olarak verilebilir. (Tuna,2001)

3.5 Montaj Hattı Dengeleme Problemlerinin Sınıflandırılması

Montaj hattı dengeleme problemlerinin aralarındaki ilişkiler ve literatürde ele alınış biçimleri şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Montaj Hattı dengeleme Problemlerinin Sınıflandırılması (Armin Scholl, 1999)

3.5.1 Ürün Sayısına Göre Sınıflandırma

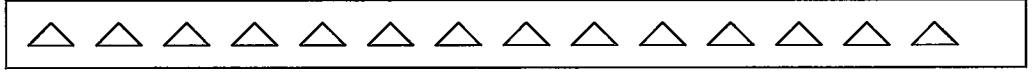
Bir üretim hattında üretilen değişik parçaların etkisi önemli bir etkendir.

3.5.1.1 Tek Modelli Hatlar

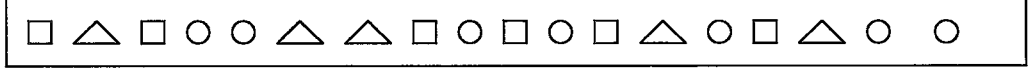
Daha çok kitle tipi üretimde görülen tek tip ürünün büyük miktarlarda üretilmesidir. Bütün işstasyonları aynı ürünler üzerinde tekrarlanan işlemler gerçekleştirirler. Zaman içinde tüm istasyonların iş yükü aynı kalır.

3.5.1.2 Karışık Modelli Hatlar

Temel bir ürüne ait birkaç değişik modelin üretilmesi durumunda karşılaşılr. Modellere ait olan üretim süreçleri birbirlerine benzer çünkü temel üründen sadece opsiyonlu özelliklerin montajının yapılması yada yapılmaması nedeni ile farklıdır. Bir modelden diğerine geçilirken çok az yada hiç ayar zamanı gerekmez. Karışık bir sıralama ile taleplerin karşılanması için aynı anda hatta modellerin üretimi gerçekleştirilir. Bu durumda dengeleme problemi kısa dönemde için etkili model sıralaması problemine dönüşür.



a. tek modellenli hat



b. Karışık modellenli hat



c. Çok modellenli hat

△ ○ □ Değişik modeller / ürünler

Şekil 3.3 Tek ve çok ürün sayısı için montaj hatları (Armin Scholl, 1999)

3.5.1.3 Çok Modelli Hatlar

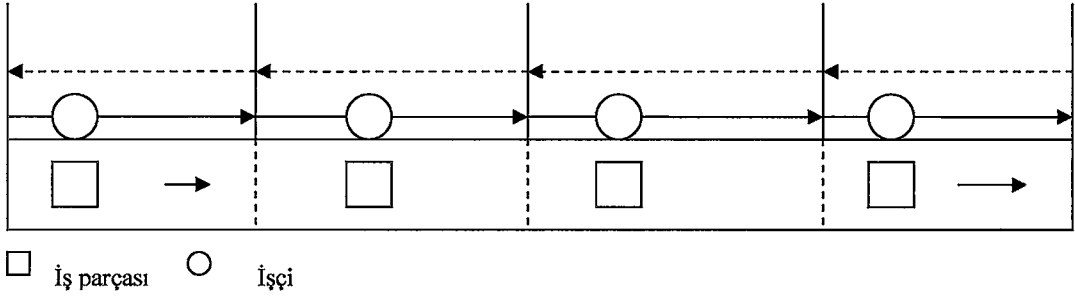
Bir yada birkaç hat üzerinde birkaç ürün üretilir. Ürünler arasındaki belirgin farklardan ötürü, üretilen ürün değiştiğinde hat ekipmanının yeniden ayarlanması gerekir. Buna bağlı olarak ürünler, farklı partiler halinde ayar zamanını minimize edecek şekilde üretilir. Bu durumda ayar zamanı maliyeti, büyüyen parti büyüklükleri ile azaltılırken envanter maliyetleri artmaktadır. Bu eğilimler bütün ürünler için ekonomik parti büyüklüğü ve üretim çevrimlerinin kararının verilmesi problemini ortaya çıkarırlar.

3.5.2 Tamponlu ve Tamponsuz Hatlar

Bir üretim hattı üretim alt sistemi ve malzeme taşıma alt sisteminin birleşiminden oluşur. Malzeme taşıma sistemi istasyonları birbirine bağlayarak üretim alt sitemini oluşturur.

3.5.2.1 Tamponsuz Hatlar

Konveyörler gibi mekanik malzeme taşıma sistemleri istasyonları birbirlerine bağlar. Bu durumda iş istasyonları aynı çevrim zamanına sahiptir ve konveyördeki ürünler ya sabit hızla yol alır ya da kesikli olarak bir istasyondaki iş bittikten sonra sıradaki istasyona aktarılır.



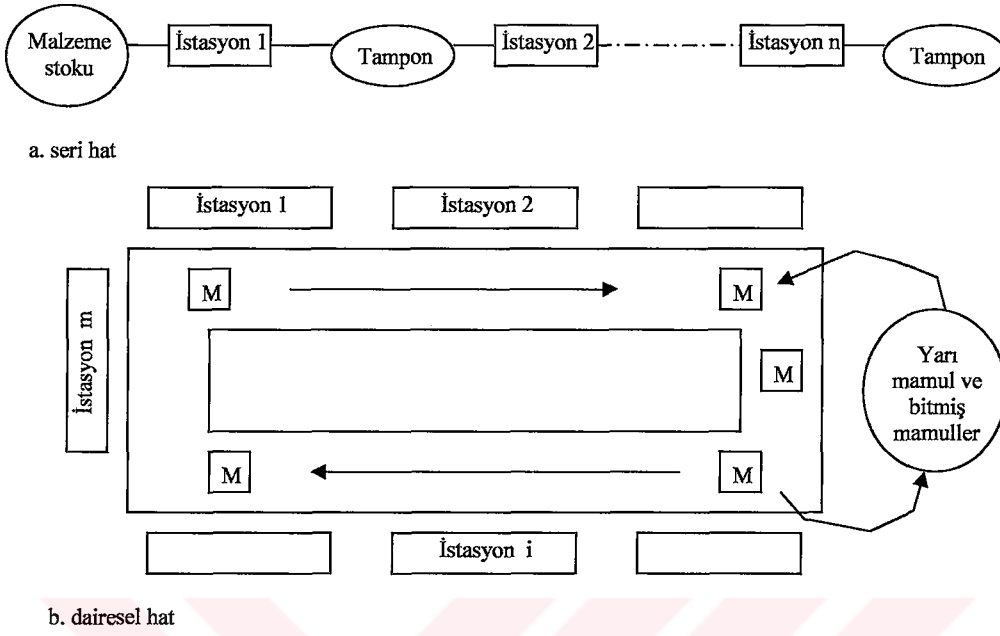
İş parçası konveyörde sabit hızla hareket ederken işçi parçayla istasyon sınırı içinde hareket ederek işlemi tamamlar ve başlangıç yerine geri döner. İş parçaları konveyör üzerine eşit aralıklarla yerleştirilmişlerdir

Şekil 3.4 Tamponsuz üretim hattı yerleşimi (Scholl Armin ,1999)

3.5.2.2 Tamponlu Hatlar

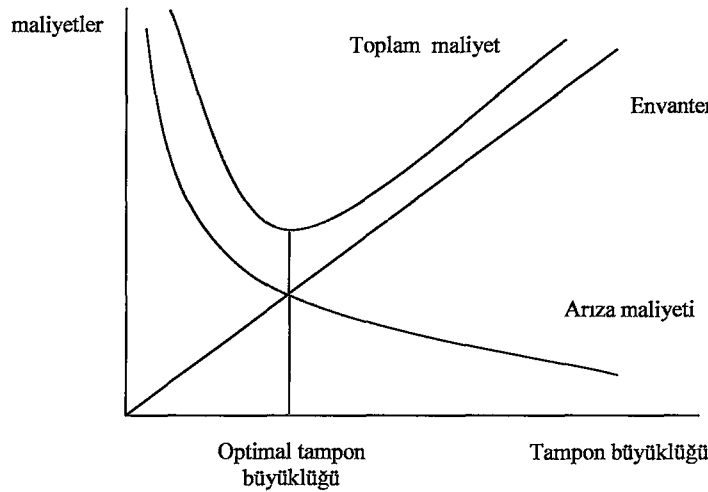
Tamponlu hatlarda istasyonlar sonraki istasyon iş parçasıyla meşgul iken ilgili parçayı depolayan tampon stoklarla birbirlerinden ayrılırlar. Şekil 3.5a'da tipik yerleşim şekilleri görülmektedir. Tamponların kapasiteleri kısıtlı olduğundan kapasiteleri dolduğunda öncesinde bulunan istasyonu bloke etmiş olacaktır. Diğer bir başka verimsizlik ise istasyona ait girdi tamponunda hiç iş parçası olmaması durumunda istasyonun yine boş kalmasıdır. Tamponun boş kalması genel üretim oranının düşmesinden veya önceki istasyonda bir arızanın oluşmasından olabilmektedir ve bu durumun önüne toplam yükün iş istasyonları arasında eşit dağıtılmayan sistemlerde geçilemez.

Şekil 3.5b'de yukarıdaki durumlara karşı alternatif bir sistem gösterilmiştir. Burada malzeme taşıma sistemi olarak kullanılan dairesel bir konveyör bütün istasyonlar için ortak bir tampon görevi görmektedir. Bu tip bir sistem elle yürütülen işlemlere sahip küçük sistemler için kullanışlı olacaktır. Buna karşın istasyonda halihazırda işleniyor olan veya işlenecek olan ürünleri ayırmak güçleşecektir.



Şekil 3.5 Farklı tamponlu hat yerleşimleri (Scholl Armin , 1999)

Tamponların yerleri ve büyüklükleri hattın direkt olarak üretim oranına etkir. Tamponların yokluğu herhangi bir arıza oluşmasında yedek ekipman yoksa tüm hattın durmasına neden olur. Büyük tamponlar istasyonları tamamen birbirlerinden ayırarak hattaki arızaların olumsuz etkisini azaltır ve üretim oranının yükseltirken , stok alanın, malzeme taşıma ve envanter maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Bu iki öge arasındaki ilişki tampon büyüklüğü problemini ortaya koymuştur (Malakooti , 1994). Şekil 3.6'da tampon büyüklüğü ve arızalar arasındaki ilişkin toplam maliyetler üzerindeki etkisi görülmektedir.



Şekil 3.6 Tampon büyüklüğünün maliyetlere etkisi (Malakooti , 1994)

Tampon büyüklükleri ile birlikte tamponların nerelere yerleştirilecekleri de belirlenmelidir. Gerçek hayatta oluşacak arızaların oluşturduğu gecikme ve olumsuz satış maliyetlerini hesaplamak oldukça zordur.

Karışık modelli hatlarda konveyör devamlı hareketli bile olsa tamponlar, istasyon zamanlarının modellerle değişiyor olmasından, mevcuttur. Bu durumda tamponlar değişen arz ve talepleri dengelemek için kullanılabilirler. Aslında konveyörün kendisi üzerindeki iş parçalarının arasındaki uzaklığın iş istasyonunun uzunluğundan kısa olması durumunda tampon olarak kullanılabilir.

İş istasyonlarını ayırmanın yanı sıra , tamponlar iş parçalarının yeniden sıralama dizimini sağlar (iş parçaları tampona giriş sıralarından farklı olarak iş istasyonundan çıkabilirler). Bu karışık modelli hatlarda sıralama bazlı verimsizliklerin azaltılmasına yardımcı olabilir. Bunlara ek olarak tamponlar üretimin durdurulmadan arızaları parçaların değiştirilmesi imkanını sağlar. Arızalı parçalar ayrı bir tamir istasyonunda tamir edilerek tekrar tampona yerleştirilir.

3.5.3 İşlem Zamanlarındaki Değişkenlik

Görevlerin ve işçilerin doğalarından ötürü işlem zamanları az çok değişkenlik gösterebilir. Basit işlemlerde bu değişimler çok az olmakla birlikte karmaşık, hassaslık gerektiren ve özellikle insan gücüne dayalı işlem zamanları dikkate değer değişimler göstereceklerdir (Becker Christian,2000).

3.5.3.1 Deterministik işlem zamanları

Bir çok hat dengeleme modeli deterministik zamanlara göre yapılmıştır. Bu kabul değişimlerin tatmin edici küçüklükte olmaları durumlarında doğrudur. İnsanların çalıştığı bir sistemde neredeyse aynı zamanları elde etmek için sağlam, sofistike bir metodun yanı sıra oldukça kalifiye işçiler gerekmektedir. Esnek transfer hatlarında kullanılan bilgisayar kontrollü tezgah ve robotlar devamlı bir şekilde sabit hızda çalışabilmektedirler.

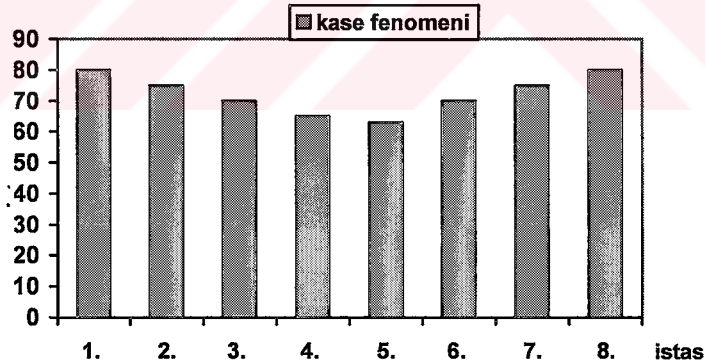
3.5.3.2 Stokastik İşlem Zamanları

İnsanların çalıştığı üretim sistemlerinde operatörün becerisi, o andaki motivasyonu ve çalışma hızı sistemin performansı üzerinde büyük etkisi olacaktır. Çevrim zamanını aşan işlem zamanları oluştuğunda tamponsuz sistemlerde atıl iş istasyonları oluşacak yada üretim hattı tümü ile duracaktır. Bu durumu engellenmesi için yedek istasyon kullanımı yada ek işçi

çalıştırılması gibi çözümler uygulanabilir. Hatalı parçalar üretildiğinde yine yukarıdaki sorunlarla karşılaşılabilir.

Otomasyon ile çalışan sistemlerde üretim zamanı çoğu zaman sabit kalacaktır (deterministik). Bu sistemlerde de hatta meydana gelebilecek arızalar nedeni ile atıl istasyon veya hattın durması gibi sorunlarla karşılaşılabilir. Dengeleme modeli içersine bu verimsizlikleri yansıtmak için tamir zamanı ve arıza olasılığını yansıtan stokastik öğeler eklenmelidir. Buda işlem zamanlarına yüksek sapma katsayılarının eklenmesini gerektirir.

Hattın çıktı oranı açıkça görev zamanlarının dağılımlarının dayanmaktadır. Eğer işlem zamanlarının üssel dağılıma uyduğu kabul edilirse “kase – fenomeni” etkisi tamponsuz sistemlerde kendisini gösterecektir.(Martin ve Pike, 1994). Sistem içersinde ortalama iş istasyonu süresi anlamında bazı dengesizlikler oluşturulursa toplam çıktı zamanı daha verimli olabilir. Deneysel çalışmalar göstermiştir ki hattın ortasındaki istasyonların kullanım oranları baştaki istasyonlara göre daha düşük olacak şekilde hesaplandığında daha iyi sonuçlar alınabilmektedir (El-Rayah , 1979). Bu durum aynı zamanda hattın ortasındaki tamponların kapasitelerinin baş ve sonlardakilere göre az da olsa daha büyük olmalarının toplam çıktı zamanına pozitif etkiyeceğini de göstermektedir (Hillier ve So 1993).



Çizelge 3.1 Kase fenomeni (Scholl Armin , 1999)

3.5.3.3 Dinamik İşlem Zamanları

İşlem zamanlarındaki stokastik değişimlerin yanı sıra öğrenme etkisinin ve üretim sürecindeki başarılı iyileştirmelerinde etkisi ile zamanlarda tasarruf sağlanabilir. Özellikle yeni yapılmış bir hatta işçiler başlangıçta daha uzun sürede yaptıkları işleri uzmanlaştıkça daha kısa sürede yapacaklardır. Öğrenmeye dayalı tasarrufun derecesi yapılan işin özüne, üretim sisteminin esnekliğine ve işçilerin kalifikasyonuna bağlıdır (Chakravarty, 1988) .

3.5.4 Atama Kısıtları

Bu bölüme ilişkin başlıkları daha önceki 2.3.2 bölümünde incelemiştik. Hat dengeleme problemlerine ilişkin olarak kısaca şu başlıklar altında toplayabiliriz (Becker Christian,2000).

3.5.4.1 Görevle İlişkili Kısıtları

Bazı durumlarda 2 görev (iş); örneğin bir iş parçasının diğeriyle aynı sıcaklık , nem vb. özelliklerde üretilmesi durumunda aynı istasyona atanmalıdır. Bu durum maksimum uzaklıklar yaklaşımı ile modellenenebilir (Deckro;1980).

Bazı durumlarda ise görevler istasyonun aynı bölümünde yapılmamak üzere uyuşmaya bilirler (matkap ve boyama işlemleri veya matkap ve ölçüm işlemleri vb. (Agnetis vd., 1995)). Bu durum görevler arasında minimum uzaklık yaklaşımı ile ele alınmalıdır. Bu kısıtlar genel olarak alan kısıtları olarak ele alınır.

3.5.4.2 İstasyonla İlişkili Kısıtlar

Bir işlemi yapacak özel tezgahların ve ekipmanın sadece bir yada birkaç istasyonda olması ve taşınmalarının çok maliyetli olması durumunda işle bu ekipman ve tezgahlara taşınmalıdır.

3.5.4.3 Yerle ilişkili Kısıtlar

Bu kısıtlara ilişkin bilgiyi bölüm 2.3.2’de vermiştik

3.5.4.4 Çalışanla İlişkili Kısıtlar

İşlerin karmaşıklığı ile ilgili olarak en uzman işçiler en karmaşık işlere verilmektedir. Bu nedenle karmaşık işler üzerinde birkaç istasyon yoğunlaşmalıdır (İskender ve Chou, 1990). Bazı durumlarda işçiler yapmak zorunda oldukları en karmaşık işlere göre ücretlendirilmektedirler.

Ergonomik bir açıdan konu ele alınırsa, değişken ve sabit yapılı işleri aynı istasyonda toplamak iş tatmini açısından istenen bir durum olacaktır (Downey ve Leonhard, 1992). Bu içerikteki bir iş dizaynında iş zenginleştirme ve iş genişletme gibi kavramlar atama kısıtları olarak ele alınabilirler (Globerson ve Tamir, 1980)

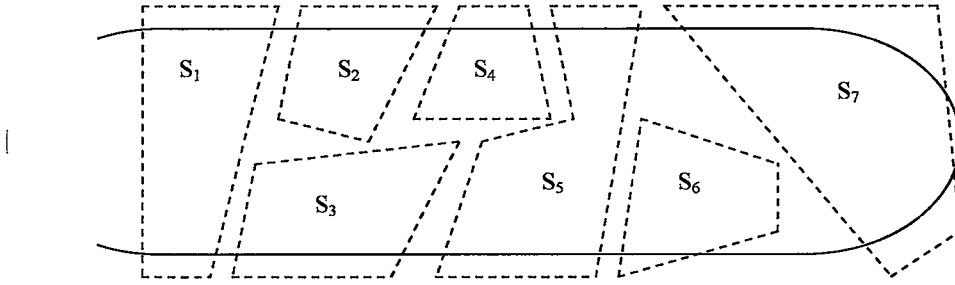
3.5.5 Üretim Sisteminin Yerleşimi

3.5.5.1 Seri hatlar

Montaj hatlarını geleneksel yerleşim biçimidir. Konveyör boyunca istasyonlar birer birer yerleştirilirler.

3.5.5.2 U şekilli hatlar

Geleneksel seri hat tipleri düşük kalifiye çalışan gerektiren monoton, sıkıcı, işlemler; ve değişen talep ile oluşan aksaklıklar karşısında esnek olmayan ve duyarlı bir yapıya sahip olmak gibi dezavantajlara sahiptir. Bir çok firma bunların üstesinden gelmek için “tam zamanında üretim” ve “grup teknolojisi” gibi kavramları uygulamaya geçirmiştir.



Şekil 3.7 U tipi montaj hattı yerleşimi (Scholl Armin , 1999)

U tipi yerleşimde operatörler hattın farklı yerlerinde uğraş sahalarını ve becerilerini zenginleştirecek şekilde çalışırlar. İstasyonlar çalışanlar tüm üretim prosesi görüş alanını ve aralarındaki iletişimi artıracak şekilde düzenlenir. İş zenginleştirmesinin sonucu olarak, çalışanlar daha çeşitli becerilere sahip olacaklardır ki buda daha artan motivasyon, daha iyi kaliteli ürünlerin ortaya çıkmasını ve esnekliği sağlayacaktır. Bu kriter özellikle tam zamanında üretimi uygulayan firmalar için önemlidir.

3.5.5.3 Paralel hatlar

Sistemin esnekliğini artırmak ve oluşabilecek arızalara karşı duyarlılığı azaltabilmek için birden fazla paralel hat kullanmak avantajlı olabilir. Bu sayede yönetim değişen talep doğrultusunda üretimi daha iyi kontrol edebilirken, üretim oluşabilecek arızalar karşısında kesintisiz devam edebilecektir ve birkaç ek avantajı olan daha büyük çevrim sürelerinin kullanılması imkanı doğacaktır. İlk olarak kombinasyon yapılabilecek daha fazla görev olduğundan daha iyi hat dengeleme sonuçları elde edilebilir. İkinci olarak işçilerin yatay iş zenginleştirme imkanını elde ederler (farklı görevlerle uğraşma). Paralel hatların ekonomik ve sosyal avantajları “yansımali (reflective) üretim” konsepti içinde yer alarak başarılı bir şekilde İsviçre firmalarında kullanılmıştır (Ellegard, 1992).

Bu durumda en iyi sonucu verecek paralel hat sayısını gerektirdiği kapital kısıtına göre bulmak, modellerin ve farklı ürünlerin üretim sıra çizelgesini ve işçilerin hattaki yüke göre dağıtımın yapılması olacaktır.

3.5.5.4 Paralel İstasyonlar

Tek bir hattın kullanılıyor olma durumunda bile darboğaz oluşan istasyonlarda oluşturulacak paralel istasyonlarda çalışanların yerleşimi ile paralelliğin avantajlarından yararlanılabilir. Bu durumda iş parçaları aynı görevi yapan çalışanlar arasında bölünecektir. Paralel istasyonlar istenilen çevrim zamanından daha büyük işlem zamanına sahip istasyonların olması durumunda toplam çevrim zamanının aşağıya çekilmesini sağlar (Becker Christian,2000)

Toplam çevrim zamanının en büyük görev zamanının altına çekilmesinin bir alternatif yöntemi de “paralel görevlerin” kullanılmasıdır. İlgili görevler bir döngü halinde değişik parçalar üzerinde aynı görevin tümünü tamamlayacak olan birkaç istasyona atanır .

3.5.5.5 İki Taraflı Hatlar

Ağır iş parçalarının imarı için iki paralel hattın oluşan bir hattın kullanımı zorunlu olabilir. Bazı durumlarda parça üzerinde sağ ve solda aynı anda işlem yapılabilirken önce bir taraftaki işin yapılmasını gerektiren durumlar veya bütün işin bir taraftaki operatör tarafından yapılabileceği durumlar söz konusu olabilir.

İki taraflı hatların kullanımı küçük parçaların montajı için de hem daha kısa çevrim zamanı hem de daha kısa fiziksel hat uzunluğu sağlayacağından avantajlı olsa da iki tarafta bir işçi çalışacağından maliyetli olabilir.

3.5.5.6 Besleme Hatları ve Tamamlayıcı Üniteler

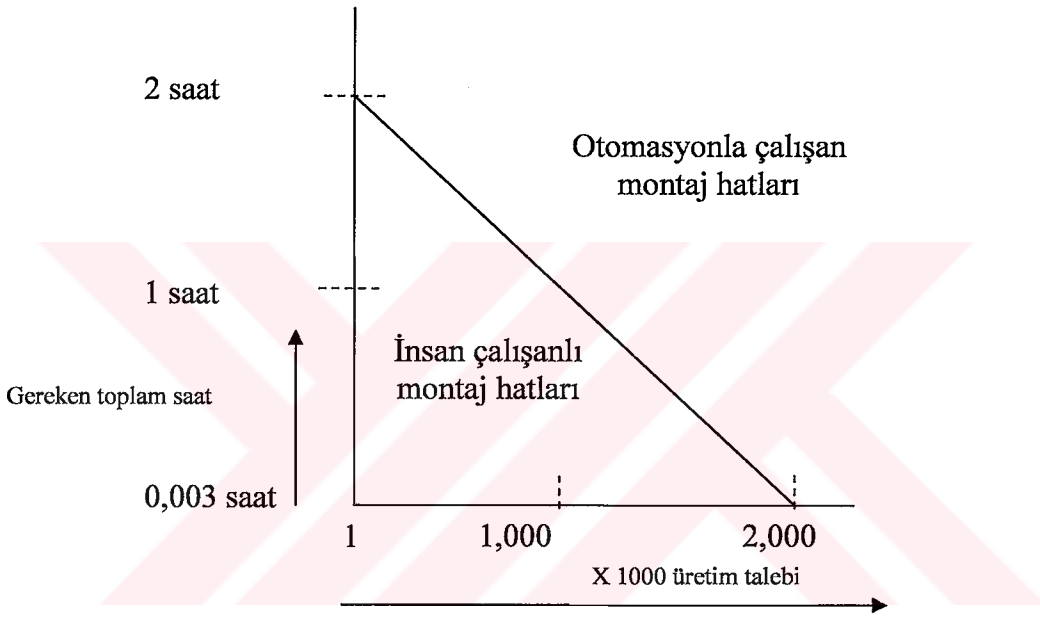
Esnek üretim sistemlerinde montaj hatları genellikle son montajda kullanılırlar. Ürüne ait parçalar ile alt montaj parçaları esnek imalat hücreleri ve prosese göre üretim tarzına sahip üretim bölümlerinden gelir. Bu durumda problem tüm üretim ünitelerinin senkronizasyonu olacaktır.

3.5.6 İstasyon Tipi

Uygulanan üretim kontrol yöntemi ve ekipmana göre istasyonların sahip oldukları esneklik seviyesi ve otomasyon seviyesi değişken olacaktır. Fiziksel hat yerleşimi tipi ve gerçekleştirilen görevlerin doğaları gereği istasyonlar açık yada kapalı olabilirler (Scholl Armin, 1999)..

3.5.6.1 Otomasyon ve Esneklik Derecesi

İstasyonlar manuel, yarı otomatik ve tam otomatik olarak gruplandırılabilirler. Manuel istasyonlarda bir yada birkaç işçi görece basit olan ekipmanlar yardımı ile işlemleri gerçekleştirirler. Yarı otomatik hatlarda insan etkileşimi üretim kontrol ve malzeme taşıma sistemi ile sınırlanmıştır. Tam otomatik sistemlerde ise malzeme taşıma ve üretim kontrol işlemi otomatik olarak gerçekleşmektedir.



Şekil 3.8 Otomatik ve manuel hat seçim kriteri (Asar Khan, Andrew J. , 2001)

Yarı ve tam otomatik üretim sistemlerinde bir veya benzer ürünlerin üretimi için yüksek üretim hızına sahip özel amaçlı makineler kullanılır. Parçaların tamponsuz bölgelerdeki dolaşımı otomatik malzeme taşıma sistemlerince yapılır. Aynı hatta değişik modellerin üretilmesi ancak daha esnek bir yapıya sahip olan esnek imalat sistemi” ile mümkündür. Bu sistemde CNC gibi genel amaçlı esnek tezgahlar kullanılır. Değişen modelin ve işlemin gerektirdiği ekipman dahili magazin şarjöründen otomatik olarak seçilir. Magazinde ekipmanın bulunmaması ve büyük ölçekli ayarların yapılması gereken durumlarda sistem durdurulur ve ayarlamalar yapılır.

Manuel istasyonların esnekliği çalışanların bilgi seviyelerine ve becerilerine bağlıdır. Otomatik hatlarda değişen talep doğrultusunda tezgahın çıktı hızı düzenlenebilirken manuel hatlarda bu durum söz konusu olamaz. Bu durumda istasyonun hızı orda çalışan işçi sayısını

değişmesi ile doğru orantılı değişirken oluşacak kısıt bazı işlemlerin birden fazla çalışan tarafından aynı anda gerçekleştirilemeyecek olmasıdır (Scholl Armin,1999).

3.5.6.2 Açık ve Kapalı İstasyonlar

Kapalı istasyonların sınırları sabittir ve çalışanların bu sınırları geçmeleri mümkün değildir. Kapalı istasyonlar boyama atölyesi veya ısıtma odaları gibi belli çalışma çevresi gerektiren durumlarda kullanılır.

Açık istasyonların sınırları geçilebilir. Fakat bu geçişler genellikle sınırlandırılmıştır (güç aletlerinin kısıtlı hareket alanı ve malzeme taşıma sisteminin özeliği). Bu istasyonların her iki yanı geçişlere açık olacağı gibi sadece tek yanları da geçişlere açık olabilir.

Açık istasyonlar; özellikle karışık modelli imalatatta; kısa dönemli kapasite ve ihtiyaç planlaması için kullanışlı olabilirler. Çünkü daha çok işçilik gerektiren parçalar için ucuz modellerin üretiminden işçiler kaydırılabilir

3.5.6.3 Kontrol İstasyonları

Montaj hattı üretiminin süreç odaklı olması üretim süreci içerisinde kontrol ünitelerinin bulunmasını zorunlu kılmaktadır. Bu durumda hat dengelem problemine kontrol istasyon sayısının hesaplanması ve yerleşimi problemi de eşlik edecektir.

3.5.7 İş Parçalarının Geliş Disiplini

Sisteme giren iş parçalarının aralıkları sistem performansını da direkt olarak etkileyecektir. Temel olarak iki farklı geliş disiplini vardır.:

3.5.7.1 Sabit Oranlı Gelişler

Ardaşık üniteler hatta sabit bir geliş veya besleme aralığı ile verilir. Bu aralık çevrim zamanına (c) eşittir. Her c zamanında bir parçanın işlemi istasyonda biter ve diğer parça işleme alınır. Bir parçanın işleme bir istasyon tarafından alınabileceği zaman , istasyonun uzunluğuna, konveyörün hızına bağlıdır. İş parçaları konveyör üzerinde eşit aralıklar ile yerleştirilmişlerdir.

3.5.7.2 Değişen Oranlı Gelişler

Bu durumda ilk istasyonların atıl zamanları azaltılmış olacaktır. İlk istasyon ilk ürünü bitirdikten sonra ikinci ürün sisteme girecektir. İlk istasyonların işlemleri zor ve sonraki istasyonla arasındaki mesafe kısa ise iş yığılması oluşacaktır. İlk istasyondaki iş uzunsa ve sonraki istasyonla arasındaki mesafe kısa ise sonraki istasyonlar atıl konuma düşeceklerdir.

Bu olumsuzlukları önlemek için geliş oranı disiplini darboğaz oluşturan istasyonlara göre ayarlanır. Gelişler öyle ayarlanır ki bir yada daha fazla dar boğaz istasyonun atıl zamanı minimum olur. Çünkü bu istasyonlar kullanılmayan kapasite içinde en önemli kalemlerdir.

3.5.8 Ekipman Seçimi ve İşlem Alternatifleri

Bir çok hat dengeleme probleminin modelinde istasyonda kullanılan ekipmanın ve üretim süreçlerinin sabit oldukları kabul edilir. Özellikle otomasyona sahip bir sistemde işlemleri yerine getirecek istasyonlar için bir kaç farklı dizayn mevcuttur. Montaj hatları dizaynında istasyonların hangi ekipman ve tezgahlardan oluşacağı göz önünde tutulmalıdır. Daha önce bahsettiğimiz istasyon kısıtları nedeni ile ekipman seçimi görevlerin ve işlerin atanmasına direkt olarak etkiyecektir. Bu nedenle dengeleme ve ekipman seçimi problemi dizayn aşamasında beraber düşünülmelidir. Bu birleşik probleme montaj hattı dizaynı problemi denir. Böylelikle sistemin sabit ve değişken maliyetleri en küçük halde iken istenilen üretim oranı sağlanmalıdır (Becker Christian, 2000).

3.5.9 Üretim Hacmi

Üretim hacmi ele alındığında küçük lotlarla üretilen büyük ve pahalı ürün üretimi ile yüksek miktarda seri olarak standardize şekilde üretilen ürünlerin farkları ortaya çıkaracaktır. İlk durum genelde ağır endüstride görülür (uçak ve gemi üretimi vb.) bu üretimde çevrim zamanı genelde çok büyüktür (hafta, ay). Öğrenim ve uzmanlaşma hızının düşük olması nedeni ile üretim zamanlarının çok değişken olması hat dengelemesini çok zorlaştırmaktadır. Bu nedenle üretilen parçaların pahalı olması ve çevrim zamanlarının büyüklüğü iş parçalarının işleme verilmiş disiplinini ve malzeme ihtiyacının zamanında karşılanmasını önemli kılmaktadır.

Standart parçaların hacimli üretim söz konusu olduğunda sıkça tekrarlanan işlemler ve yüksek iş gücü bölümü hızlı iş öğrenme ile sonuçlanır. İş parçalarının devamlı akışı sürekli hammadde ihtiyacını beraberinde getirir. Yüksek hacimli üretim dikkatli hat dengelemeyi gerektirir, çünkü ürün başına küçük bir verimsizlik toplamda büyük bir verimsizlik oluşturur.

3.5.10 Amaçlar

Bir montaj hattı sistemi kuruluşu uzun dönemli bir karardır ve büyük parasal yatırım gerektirir. Bu nedenle baştan verimli olacak şekilde dikkatli bir biçimde tasarlanmalıdır. Mevcut sistem ise yeniden gözden geçirilmelidir. Kuruluşun hedefleri doğrultusunda kullanılacak amaçlar dikkatle gözden geçirilmelidir. Bu amaçlar; kapasiteyi, maliyet ve karlılığı, sosyal ve organizasyonel faktörleri sırasıyla temel alabilir (Scholl Armin,1999).

3.5.10.1 Kapasite Odaklı Hedefler

Genel olarak hat dengeleme problemleri hattın kapasite kullanımını hat verimliliğini artırarak en büyükmeye çalışır (toplam üretken zamanın artırılması). Deterministik zamanlar ve tek model söz konusu olduğunda hat verimliliği sadece çevrim zamanı ve istasyon sayısına bağlı olacaktır :

- Belirli bir çevrim zamanı için istasyon sayısının en küçüklenmesi
- Belirli istasyon sayısı için çevrim zamanının en küçüklenmesi
- Ağırlıklandırılmış toplam çevrim zamanının ve istasyon sayısının en küçüklenmesi
- Diğer kapasite ve zaman ilişkili amaçlar şunları içerir:
- İş akış zamanının en küçüklenmesi (iş parçasının sisteme girişinden bitmiş ürün olarak hattan alınana kadar geçen süre)
- İstasyonların kapasite kullanım seviyelerinin eşitlenmesi
- Denge gecikmesi zamanının (toplam boş zamanların) en küçüklenmesi , denge gecikmesi oranının en küçüklenmesi.
- İş parçalarının bekleme sürelerinin en küçüklenmesi

3.5.10.2 Maliyet Odaklı Hedefler

Bir önemli amaçta hattın toplam maliyetinin uzun dönemdeki yatırım ve kısa dönemdeki işletme maliyetlerini göz önünde tutarak en küçüklenmesidir. Şu maliyet kategorileri montaj hatları tarafından dikkate alınır hepsi için çevrim zamanı ve istasyon sayısı etkindir:

- Tezgah ve ekipman maliyetleri
- Ücret giderleri: (normal çalışana, geçici işçiye veya mesaiye ödenen para)
- Malzeme maliyeti : (toplam çıktı hızına göre değişen kullanılan malzeme)
- Boş zaman maliyeti: (değişik kapasite kullanan tezgah ve uygunsuz iş bölümü sonucu ortaya çıkan üretken olmayan zaman)
- Ret ve ceza maliyeti: (zamanında siparişin yetişmemesi)
- Tamamlanmama maliyeti : (stokastik zamanlarda parçalar bazen istasyondan işlenmeden ayrılır ve bu parçalar hattın durdurulması ile işlemiden alınarak tekrar işlenirler)
- Ayar zamanı maliyeti: (çok modellenli hatlarda hattın ayarlanması için geçen zaman üretken zamanı düşürür)
- Envanter maliyetleri: (bitmiş ürünlerin ve yarı mamullerin üretken olmayan envanter olarak bağladıkları nakit değer, stoklama, malzeme taşıma ve depolama maliyetleri)

3.5.10.3 Kar Odaklı Hedefler

Maliyet odaklı hedefler çıktı hacmini sabit ve satışın sadece belli bir fiyattan yapılacağını esas alırken; kar odaklı amaçlarda üretim oranı (çevrim zamanı vb. ve fiyatlandırma karar değişkenleri olarak ele alınır. Bu iki değişken birbirleri ile ilişkilidir çünkü dış talep (pazarlanabilir çıktı) satış fiyatına dayanır. Amaç bir dönemdeki veya zaman birimindeki karı en büyüklemedir (Scholl Armin, 1999).

$$\text{Dönemdeki toplam kar} = (\text{toplam ürün çıktı adeti} \times (\text{birim fiyat} - \text{değişken maliyet}) - \text{sabit maliyet}) \quad (2.9)$$

3.5.10.4 Sosyal ve İşletme Amaçları

Sosyal ve işletmeye ait hedefler amaç yerine genelde kısıt olarak ele alınırlar. Sosyal içerikli kısıtlar iş zenginleştirmeyi ilgilendirir. Buna ek olarak iş genişletme yardımı ile paralellik ve üretim oranı düşümü uygulanarak uzmanlaşma belirli bir derecede tutulabilir.

İşletme açısından yeniden hat dengeleme veya yapılanma yapıldığında ağır, pahalı ve büyük aksamın yer değiştirilmesi istenmeyen ve çoğu zaman kaçınılan bir durum olmuştur. Bunlara ek olarak işletme malzeme akışı ve istasyonlara ekipman yerleştirilmesi konuları ile de ilgilenecektir.

Literatürde yukarıda bahsedilen başlıkların hemen hemen hepsi ana olarak çevrim zamanı ve iş istasyonu sayısı ile direkt ilişkili olduğundan hat dengelem problemleri için bu iki ölçütü minimize etmeyi amaçlamışlardır.

4 SİSTEMİN BENZETİMİ

4.1 Benzetimin Tanımı

Benzetim gerçek bir sistemin modelini tasarlama süreci ve sistemin işlemesi için sistemin davranışlarını anlamak veya değişik stratejileri değerlemek amacı ile bu model üzerinde denemeler yapmaktır. Benzetim , benzeri davranışları yada gerçek sistemleri geliştiren yaklaşımdır. Benzetim temsil edilen gerçeği yada sistemi andıran ve karmaşıklığı nedeniyle bilgisayar kullanımını gerektiren matematiksel ifade ve eşitlikleri kapsar. Öyleyse bugün işletmecilik alanında kullanılan benzetim bilgisayar kullanımı gerekli kılan matematiksel bir model aracılığı ile gerçek bir sistemin temsil edilmesini sağlayan bir tekniktir. Benzetim teknikleri 3 farklı biçimde uygulanmaktadır (Bekem Fulya,1999). Bunlardan ilki “yöneylem oyunları yöntemidir. Bu yöntem , benzetilmiş bir ortamda oyuncular yada karar vericiler arasında menfaat çatışmasının olduğu durumları kapsar. İkinci yöntem “Monte Carlo” adı ile bilinir. Olasılıklı ve çözüm için başvurulmuş bu yöntem , gerçek sistemi andıran kuramsal örnekler kullanarak çözüme ulaşmaya çalışır . son yöntem ise “sistem benzetim” yöntemidir. Bu yöntem gerçek sistemi temsil eden bir model üzerinde gerçek verileri kullanarak sistemin işleyişi konusunda bilgi edinilmesini sağlar.

Benzetim tekniği ; işletmeye ait olan ve gözleminin imkansız yada çok pahalı olduğu durumlarda işletmenin bir benzetim modeli üzerinde deneyler yaparak işletmenin faaliyetleri konusunda gerçek işletmenin işleyişini aksatmadan bilgi edinilmesini de kullanılır. Bunun yanı sıra işletme politikalarının etkileri gerçek uygulamaya konuşmadan değerlendirilebilir. Bu deneyler sonucu sistemin değişkenlerini ve bileşenlerinin birbirini etkileme derecesi ve yönü daha belirginleşir ve sistemin duyarlı noktaları saptanır. Karmaşık işletme sistemlerini analitik olarak çözülebilen matematiksel modeller biçiminde ifade etmek çoğu kez mümkün değildir. İşletmelerde özellikle araştırma ve geliştirme çalışmalarında önemli bir yeri olan modellerinin kurulmasında araştırmacılar zorunlu olarak benzetim tekniğine başvuracaklardır.

Benzetim tekniği, yönetici ve araştırmacılara gerçek sistemleri modelleştirirken zaman faktörünü göz önünde bulundurma olanağı verir. Bir zaman değişkeninin benzetim modelinde yer alması, dinamik sistemlerin bu modeller aracılığı ile uzun zaman dönemleri boyunca gözlenmesini ve incelenmesini mümkün kılar.

4.2 Bir Benzetim Modelinin Oluşturulması

Model bir objenin , bir sistemin veya bir fikrin temsidir. Modelin amacı; sistemi açıklamak, anlamak veya iyileştirmek konusunda bize yardımcı olmasıdır. Benzetim, modelleme

tiplerinden biridir ve bu metotla modelleme aşağıdaki şekillerde bir deneme ve uygulama metodolojisidir.

Sistemin davranışını tanımlama

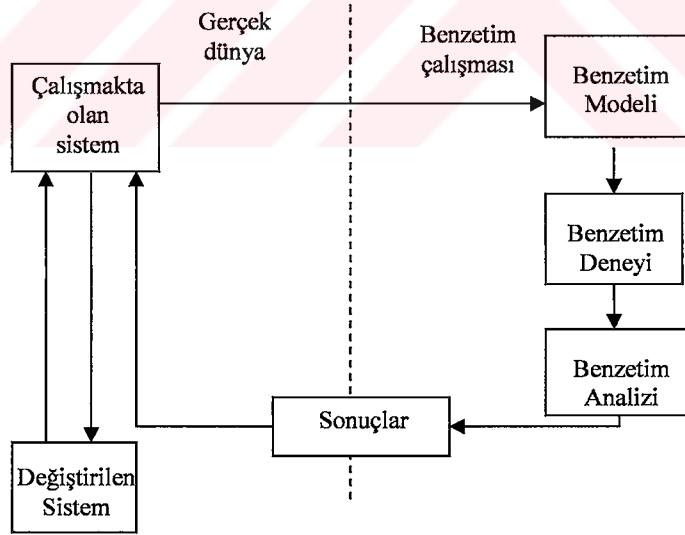
Teori veya hipotez kurma

Kurulan teoriyi sistemin gelecekteki davranışlarını tahmin etmek için kullanmak

Başarılı benzetim modelinin geliştirilmesi, pahalı ve zaman alıcıdır. Kurulan model doğru çözülmez ise yanlış sonuçlar doğurabilir.

4.2.1 Benzetim Süreci

Şekil 4.1’de bir simülasyon çalışmasının sistematik şeması görülmektedir. Çalışmanın konusu olan sistem değiştirilen sistem olur daha sonra inceleme altına alınan sistem olur ve döngü böyle sürer (Anu Maria , 1998). Bir benzetim çalışmasında insan kararı her aşamada gerekmektedir (aşamalar aşağıda verilmiştir). İnsan etkisine ihtiyaç duyulmayan tek aşama benzetim çalışmasının yürütülmesidir ki bu aşama bir çok benzetim programı tarafından başarı ile gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.1 Benzetim çalışması şeması (Anu Maria, 1997)

Bir benzetim modelinin geliştirilmesine, benzetim deneyinin dizaynına ve benzetim analizinin gerçekleştirilmesine ilişkin adımlar aşağıdaki gibidir:

Adım 1: Problemin belirlenmesi

Adım 2: Problemin formüle edilmesi

Adım 3: Gerçek sistem datalarının toplanması ve işlenmesi

Adım 4: Bir modelin formüle edilmesi ve oluşturulması

Adım 5: Modelin geçerli kılınması

Adım 6: İlerideki kullanım için modelin dökümanite edilmesi

Adım 7: Uygun olan deneysel dizaynın seçilmesi

Adım 8: Denemeler için deneysel koşulların sağlanması

Adım 9: Benzetim deneme çalışmasının yapılması

Adım 10: Sonuçların yorumlanması ve sunulması

Adım 11: İyileştirmeler için rotanın belirlenmesi

Bir benzetim modeli şu bileşenlerden oluşmaktadır ; sistem varlıkları, performans ölçütleri, girdi değişkenleri ve fonksiyonel ilişkiler. Örnek vermek gerekirse (M/M/1) kuyruk tipi modeli için servis sağlayıcı ve kuyruk sistem varlıklarıdır , gelişlerin oranı girdi değişkenidir, ortalama bekleme süresi ve maksimum kuyruk uzunluğu performans ölçütleridir ve “sistem zamanı = bekleme zamanı + servis zamanı” ise bir fonksiyonel ilişkidir.

Hemen her benzetim paket programı yukarıdaki bileşenleri modellemek için yapılar içermektedirler. Modelleme bir benzetim çalışmasının en önemli kısmıdır. Bu nedenle bir benzetim çalışması ancak modeli kadar iyi çalışacaktır.

Adım 1 Problemin belirlenmesi:

Varolan bir sistem içindeki problemlerin tek tek araştırılması. Önerilecek bir sistem için ihtiyaçların oluşturulması olarak özetlenebilir.

Adım 2 Problemin formüle edilmesi:

İlk olarak üzerinde çalışılacak olan asıl problem , sistemin sınırlarının içi yada bir kısmı seçilir. Çalışmanın bütününe ilişkin hedefler ve dikkat gösterilecek önemli başlıklar belirlenir. Performans ölçütleri belirlenir ki bunlar değişik sistem konfigürasyonlarını karşılaştırıp , değerlendirirken seçici kriterleri oluştururlar. Daha sonra sistem performansına yönelik hipotezler oluşturulur. Çalışmanın zaman süresi çerçevesi belirlenir ki bu çalışmanın bir kereliğine mi (örn: sermaye ihtiyacı) yoksa belirli bir zaman aralığı için düzenli olarak mı (örn: hava trafiği çizelgeleme) kullanılacağı ile ilgilidir. Problemler son kullanıcıda göz

önünde bulundurularak (şirket tepe yönetimi veya üretim şefi) mümkün olduğunca titizlik ile formüle edilmelidir.

Adım 3 Gerçek sisteme ilişkin verilerin toplanması ve işlenmesi:

Bu adımda bir telekomünikasyon ağı için bant genişliği gibi sistem özellikleri , girdi değişkenleri, mevcut sistemin performansı hakkında veri toplanır. Sistemdeki olasılık kaynakları belirlenir , örnek olarak stokastik girdi elemanları verilebilir. Bu durumda her bir stokastik girdi değişkeni için uygun olasılık dağılımı belirlenir ve karşılık gelen parametreler atanır (Lawrence Lemis, 1999) .

Expertfit, Bestfit, Spss gibi programların içerisinde yada eklentilerinde dağılım uygunluğu seçimine ve testine yönelik eklentiler vardır ki bu çalışmada Arena 7.01 programı içinde bulunan Input analyzer eklentisi kullanılmıştır. Bu programlar χ^2 , Kolmogorov-Smirnov testi, Andersson-Darling testi gibi uyumluluk testlerinin pozitif yönleriyle son kullanıcı dostu parametre kullanımını birleştirmektedirler.

Poisson , hipereksponansiyel , normal dağılım gibi standart dağılımların modellenmesi ve benzetimi kolaydır. Birçok benzetim paket programının, çoğu dağılımı standart özellik olarak içermesine karşın, rassal sayı üreteçleri ve çeşitli dağılımlardan rassal değişimlerin oluşturulmasına ilişkin başlıklar özellikle incelenmelidir. Ampirik dağılımlar, standart dağılımların uygun olmadığı veya eldeki sistem verilerine uymadığı zaman, kullanılır. Üçgen, uniform,normal dağılım gibi dağılımlar genelde elde erişilebilir hiç veri olmadığında ilk tahmin aracı olarak kullanılabilirler. Olasılık dağılımlarının daha detaylı kullanımı ve uygulaması için B.Wu Manufacturing System Design and Analysis (1992) ‘ den yararlanılabilir.

Adım 4 Bir modelin formüle edilip oluşturulması:

Bu adımda varlıkların sistemdeki ilerleyişlerine gösteren şemalar ve yerel ağ diyagramları oluşturulur. Daha sonra bu kavramsal modeller benzetim programlarının kabul edebileceği bir forma getirilirler. Benzetim modelinin bilgisayar ile yapılması şu aşamalardan oluşur (Rick G. Ingalls, 2002):

- Akış diyagramının çizilmesi
- Kodlama a) genel amaçlı derleyici b)özel amaçlı benzetim dilleri
- Hataların ayıklanması
- Verilerin kullanılması ve başlama koşulları
- Verilerin üretilmesi

- Çıktı raporunun üretilmesi

Akış diyagramının hazırlanmasından sonra özel amaçlı bir benzetim dilinin kullanılması daha çok bilgisayar zamanından tasarruf sağlamak içindir. Örneğin GPSS, SIMSCRIPT, GASP programlama ve bekleme hattı modellerinin benzetimi için çok elverişlidir. Bütün bu aşamalarda benzetim modelinin tasarlanana uygun bir şekilde çalışıp çalışmadığı doğrulanmalıdır. Doğrulama teknikleri ; izleme, rassal değişkenlere sabit değerlerin atanarak animasyonun ve sonuçların elle kontrol edilmesi ile girdi parametrelerinin kabul edilebilir sınırları içersinde değiştirerek sonuçlarının gözlemlenmesi gibi adımlardan oluşabilmektedir.

Adım 5 Modelin geçerliliğinin doğrulanması

Bu adımda bilinen koşullar altında modelin performansının gerçek sistemle tutup tutmadığı araştırılır. İstatiksel sonuç çıkarma testleri yapılır ve modelin sistem uzmanları tarafından incelenmesi sağlanır. Son kullanıcının model üzerindeki soruları belirlenir ve modele güven sağlanmaya çalışılır. Büyük ve önemli benzetim çalışmalarında yönetici ve sistem uzmanlarının önünde bir sunum yapılmadan önce deneyimli ve uzman danışmanlar benzetim analistlerinin önünde modelin yapılandırılmış bir sunumunu yaparak model kabullerinin, varsayımlarının geçerli, tam ve tutarlı olduğunun yanısıra modelin güvenli olduğunu ortaya koyarlar.

Bir benzetim modelinin geçerliliğini araştırmak için üç yöntem kullanılabilir:

- Modelin geçerli olması : parametrelere sınır değerler verildiğinde modelden olumu cevaplar alınabilmelidir.
- Varsayımların testi
- Girdi – çıktı dönüşümünün testi

Son iki yöntem, ortalama testi, varyans testi, regresyon analizi, faktör analizi, oto-korelasyon, ki-kare, parametrik-olmayan testler gibi istatistik ile ilgilidir.

Olasılık dağılımı ile ilgili yapılacak olan çalışmalar şunlardır:

- Ortalamanın testi
- Varyans testi (ki-kare ve F testi)
- Verilerin testi (oran testi, kontenjans tabloları, uygunluk testleri, k oran arasındaki farkların testi)
- Parametrik olmayan testler (işaret testi, toplamların derecelendirilmesi, medyan testi, U-testi, koşum testleri, sıralı korelasyon testleri)

Adım 6 İlerideki kullanım için modelin dökümante edilmesi :

İleride kullanabilmek için modelin içeriğindeki varsımlar, kabuller amaçlar ve girdi değişkenleri detaylı bir biçimde belgelenir.

4.3 Bir Benzetim Deneyinin Dizaynı

Bir benzetim deneyi bir veya bir dizi testlerden oluşur. Bu testlerde benzetim modelinin girdi değişkenlerinde değişiklik yapılarak önceden belirlenmiş performans ölçütlerinde oluşan değişikliklerin nedenlerini ve oluşumunu belirlenmeye çalışılır. Bir benzetim deneyinin dizaynı “hangi data elde edilmelidir, hangi formda olmalı, boyutu ne olmalıdır?” sorusunun cevaplarını içermektedir (Anu Maria, 1997).

Adım 7 uygun olan deneysel yapının seçimi:

İlk olarak bir performans ölçütü seçilir. Bunu etkileyecek olan birkaç girdi değişkeni ve seviyeleri belirlenir. Olası konfigürasyon sayısı yüksek ve benzetim modeli karmaşık olduğunda; Box-Wilson merkez kompozit dizaynı, Box-Behnken ve tam faktöryel dizaynlarını göz önünde bulundurulabilir. Daha detaylı bilgi için şu adresten bilgi edinilebilir. (<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pri/section3/pri32.htm>). Son olarak deneysel dizayn dökümante edilmelidir.

Adım 8 denemeler için deney ortamlarının belirlenmesi:

Bu adımda her benzetim çalıştırımında en çok ve en doğru sonuç elde edilmeye çalışılır. Buradan yola çıkılarak sistemin durağan/sabit sistem (performans ölçütünün zamana göre değişmediği durum) yada değişken/sabit olmayan sistem (performans ölçütünün zamana göre değiştiği durum) olduğu belirlenir (Averill M.Law ve Micheal McGoma, 2001). Daha sonra sonlu ya da sürekli bir benzetim çalışmasının yapılması gerektiği araştırılır ve benzetim çalışmasının uzunluğu seçilir. Uygun başlama durumu (boşta olması ya da 0. saniyede kuyrukta iş elemanın olması) ve gerekiyorsa ısınma zamanı belirlenir. Her bir benzetim çalışmasından önce bağımsız çalışmaların sayısına (her farklı benzetim çalışması farklı rassal sayı dizisi ve aynı başlama koşullarında gerçekleştirilmelidir) elde edilecek veri hacmine göre karar verilir. Sağlanacak veri hacmi performans ölçütlerinin güvenilirliğini ve geçerliliğini sağlaması için az olmamalıdır; bu nedenle her ayrı konfigürasyon için 3-5 kez benzetim çalışması tekrarlanmalıdır. Alternatif olarak her farklı konfigürasyon için ortak bir rassal sayı dizisi belirlenerek korelasyonla sonuçlar analiz edilebilir.

Adım 9 benzetim çalışmalarının gerçekleştirilmesi:

Bu adım 7 ve 8 gözönünde bulundurularak yapılır.

4.3.1 Benzetim Analizinin Gerçekleştirilmesi

Bir çok benzetim paket programı performans ölçütleri (örn: zamana dayanan istatistikte bekleme zamanı , zamana dayalı olmayan istatistikte işlemdeki stok miktarı) üzerinde istatistiksel incelemeleri (ortalama, standart sapma, maksimum değer) otomatik olarak yapmaktadır. Bir M/M/1 kuyruk modelinde yapılan n sayıdaki benzetim çalışmasından elde edilecek ortalama bekleme sürelerini $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$ olsun. Burada önemli olan nokta şudur ki “ w ” rassal bir bekleme süresidir ve sonuç analizinin amacı “ w ” nin gerçek ortalama değerini belirlemek ve geçerliliğini sağlamaktır.

Benzetimde herhangi bir veri toplama yanlışlığı olmamasına , kullanılan modelin çok iyi bilinmesine, tekrarların kullanıcı kontrolünde olmasına rağmen sonuçların değerlemesi zor olmaktadır. Normalde istatistiksel değerlendirme gözlemlenmiş bir olgunun çarpıcılığını ortaya koyar; ama bir çok istatistiksel incele teknikleri özdeş dağılımlı bağımsız dataları kabul etmektedir. Bir çok benzetim verisi otokorelasyona uğramıştır bu nedenle bu kabule zıt bir durum söz konusudur. Benzetim çalışmasının yorumu aşağıdaki 2 aşamadan oluşur (Sanchez M. Susan).

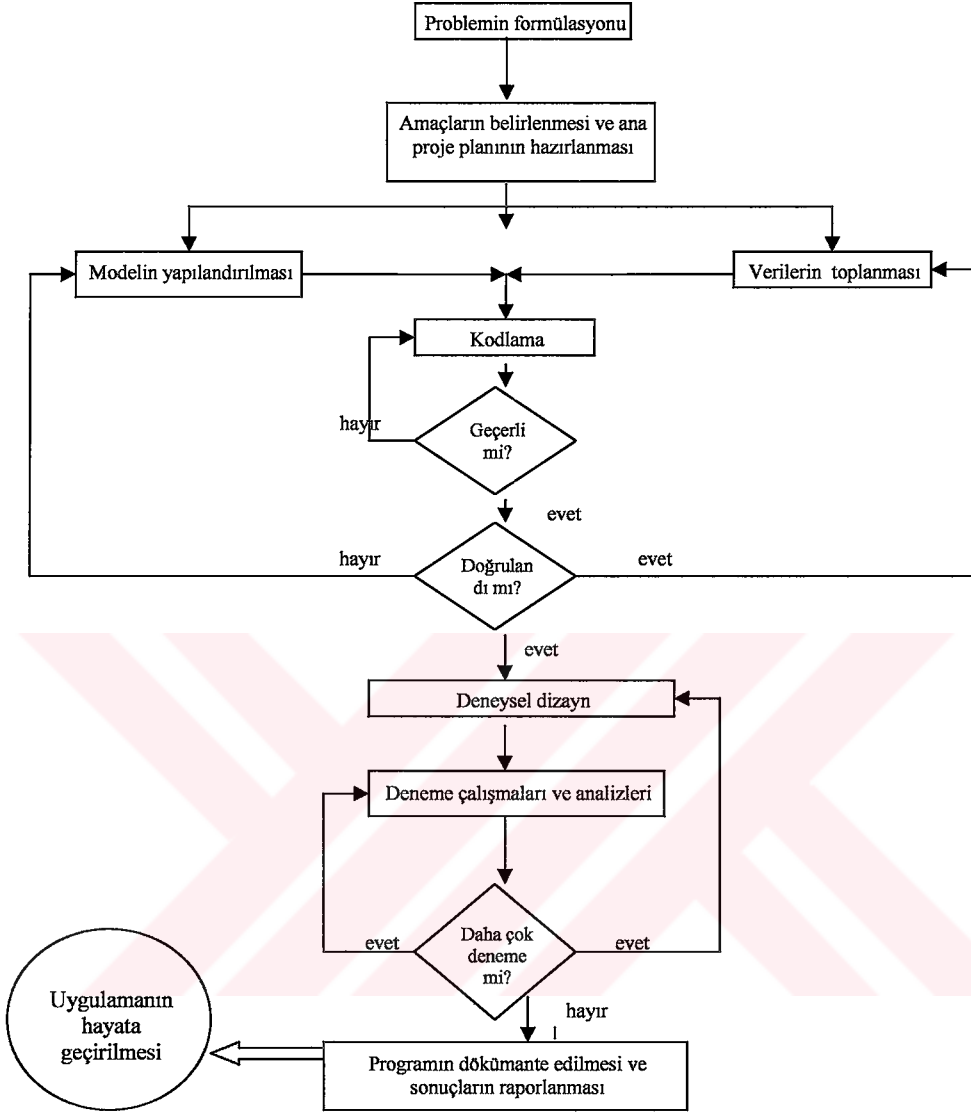
Adım 10 sonuçların yorumlanması ve sunumu:

Bu adımda ilgilenilen her bir konfigürasyon için performans ölçütlerine ait nümerik değerler hesaplanılır (örn: ortalama, güvenlik aralıkları). Otokorelasyonu yapılmış ortalamaların güvenlik aralıklarının belirlenmesi için , parti ortalamaları kullanılabilir. Parti ortalamalarında bir denemedeki orijinal ardışık veri seti , orijinal gözlemlere ait ardışık ortalamaları içeren daha küçük bir veri seti ile değiştirilir. Parti ortalamalarının bağımsız olduğuna dair kabul her zaman doğru olmaya bilir bu durumda toplam örnekleme sayısını ve parti uzunluğunu artırmak yararlı olacaktır.

Sistem performansı hakkındaki hipotezler test edilir. Sonuçlar grafiksel dökümlerle çıktı verisi haline getirilir. Sonuçlar ve neticeler dökümanteye edilir.

Adım 11 İlerisi için tavsiyelerin ve hareket planının tavsiye edilmesi:

Bu adım kesinliğin ve doğruluğun iyileştirilmesi ve tahminlerin bağımlılığını azaltmak ve duyarlılık analizleri için ileri deneyleri içermektedir.



Şekil 4.2 Bir benzetim çalışmasındaki adımlar (Banks Jerry vd., Discrete event simulation,2000)

4.4 Benzetim Model Tipinin Seçilmesi

Benzetim model tipinin seçilmesinde sistemin karakteristik özellikleri ve uğraşılacak sorunlar gözönünde tutulmalıdır. Genel olarak üretim sistemleri mühendisliğinde kullanılan benzetim modelleri aşağıdaki gibi gruplandırılabilir (B.Wu 1992 Manufacturing systems Design and Analysis):

- Statik / dinamik
- Sürekli / kesikli
- Stokastik / deterministik
- Toplu benzetim / parçalı benzetim

4.4.1 Statik ve Dinamik Modeller

Statik benzetim modelinde sistemin belirli bir zaman noktasındaki hali tasvir edilir. Bu tip modeller bir aktivite içermezler ve zaman içinde değişmezler. Monte Carlo benzetim modelleri ve tablolama programları ile hazırlanan benzetimler tipik örneklerdir.

Dinamik modeller ise statik modellerin tersine yapısal elemanlarını aktivitelerle birleştirerek zaman içinde değişim gösterirler. Bu tip bir benzetime tipik bir örnek olarak iş parçalarının girip çıktığı bir üretim sistemi verilebilir. Bu tip bir benzetim modelinden karar değişkenlerinin uygun değerlerinin bulunmasından yararlanılır (örn: ne zaman ve ne kadar üretilmelidir ki toplam operasyon maliyeti minimum olsun ?)

4.4.2 Devamlı ve Kesikli Benzetim Modelleri

Devamlı bir benzetim modelinde karar değişkenleri zaman içinde değişime uğrarlar. Tipik olarak bu model soyutlamaya, ayırmaya ve bütünlemeye dayanmaktadır ve sistem içindeki ilişkileri açıklayan bir veya birden fazla bilgisayar ortamında hesaplanabilen diferansiyel yada matematiksel eşitlik içerir. Çoğunlukla bir ekonomik sistemin davranışlarının modellenmesinde ve büyük ölçekli çok uzun zamana yayılmış sistemlerin planlanmasında kullanılır.

Kesikli benzetim, sistemin modeli kurulduğunda kesikli değişimlerin hakim olduğu durumlarda kullanılır. Sistem elemanları zamanın herhangi bir noktasında herhangi sayıda kesikli bir durumu ifade edebilir. Bu modelde 2 ana eleman vardır. Birincisi bir sonraki olayın ne zaman meydana geleceğini belirleyen kurallardır ; ikincisi ise bir olay meydana geldiğinde modelin durumunun değişmesi ile ilgili kurallardır. kesikli modellemenin bir çok uygulamasında genellikle kuyruk yapıları bulunmaktadır. Bu nedenle genellikle şu terminoloji kullanılır (Ricki G. Ingalls, 2002):

Yapısal elemanlar

Varlıklar (müşteriler): bir üretim sisteminde atölyede işlenmeyi bekleyen işler üretim sistemindeki tipik varlıklardır.

Nitelikler: nitelikler varlıklarla ilişkili bilgilerdir. İş sayısı, müşteri bilgisi, malzeme tipi ve yapısı (arabaya montajlanacak kapı sayısı) bir üretim ortamındaki tipik varlıklardır. Varlıkların o anki durumlarının kayıt edilmesinde ve belirlenmesinde kullanılırlar.

Kaynaklar (servis sağlayıcılar): işlemdeki varlıklara servis veren tezgah, iş istasyonu gibi oluşumlardır.

Kuyruklar: servis sağlayıcının dolu ve meşgul olduğu durumlarda sistemde bekleyen varlıklardan oluşurlar.

Dinamik elemanlar

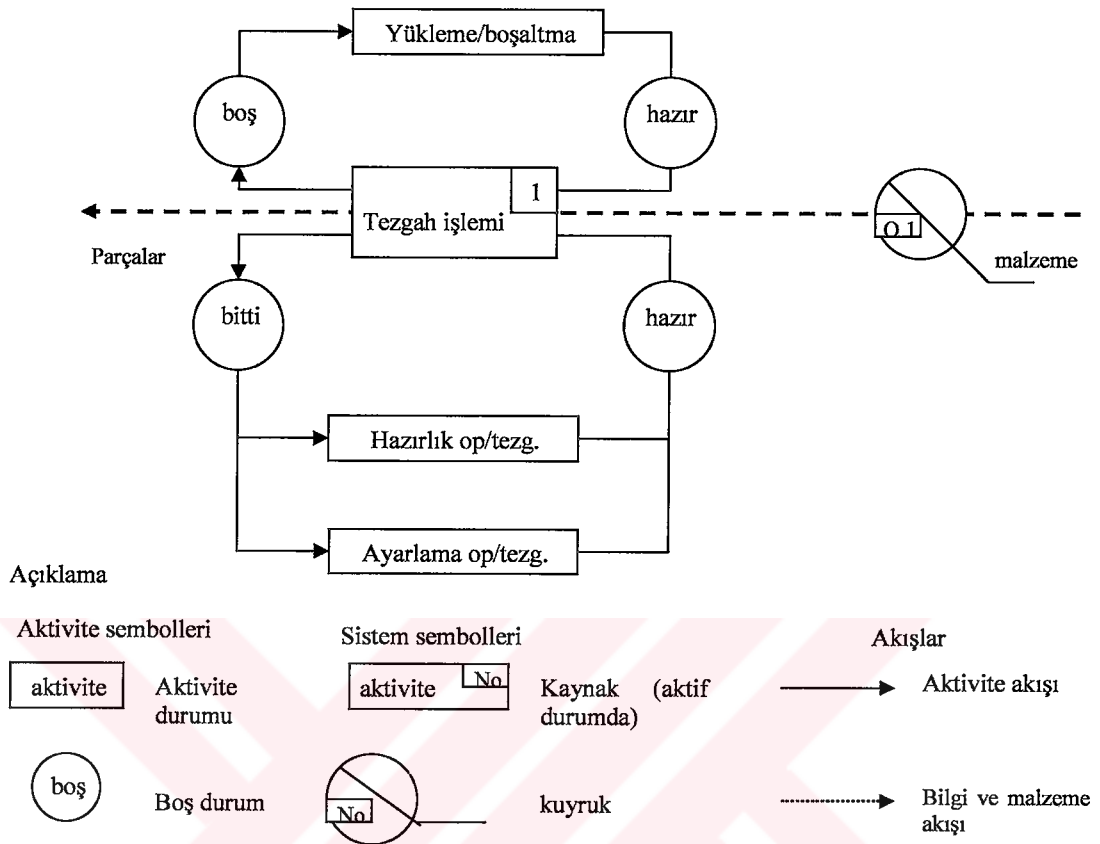
Olaylar. Bunlar; varlığın servis sağlayıcı ile birleştiği, kaynağın boşaldığı durumlar gibi sistemde değişimin yaşandığı zaman noktalarıdır.

Aktiviteler: her olaydaki operasyon ve prosedür bir aktivitedir. Aktiviteler hammaddenin bir parçaya dönüştürülmesi gibi varlıkların hallerin belli bir zaman içinde değişmesinden oluşur.

Prosesler: bir varlığın değişime uğradığı birbirini takip eden bütün yada bir kısım olaylar zinciridir.

Benzetim saati: benzetim çalıştığında o an ki benzetimi yapılan zamanın kaydının tutulmasını sağlayan model elemanıdır.

Aktivite diyagramları bir kesikli sistemi tasvir etmekte ve simule etmekte kullanılabilirler. En azından benzetim paketlerinden biri olan HOCUS (P.E. Inbucon tarafından geliştirilmiştir) aktivite diyagramlarını kendi modelleme metodu olarak kullanır ve direkt olarak benzetim modeline dönüştürür.



yapılandırılacak benzetim modeli amacı göz önünde bulundurularak üretim sisteminin operasyonel yapısının incelenmesi ve ürün yapısının incelenmesi ile cevaplanabilir. Bilgilerin birleştirilmesi ile üretim kontrol ve planlamasındaki hiyerarşik yapının doğrudan ilgisi vardır. Bütünleşik modeller daha çok şirket yönetimi seviyesine ait uzun vadeli planlamada kullanılır. Burada şirket amaçları, stratejik karar oluşturma ve bu amaçları gerçekleştirmek için amaçlar belirlenir (şirketin Pazar durumu, yeni ürün geliştirimi, iş gücü seviyelerinin ayarlanması). Bu tip modelde ürünler, iş gücü, malzeme ve diğer sistem kaynakları birleşik gösterilebilir. Detaylı üretim proseslerine ve üretim çıktıları ile ilgilenilmez. Ayrık modeller ise bir Malzeme İhtiyaç Sistemini benzetiminde kullanılabilir. Bu tür modellerde atölye seviyesinin kısa dönemde çok detaylı modeli kullanılır. Bu tür modellerin varlıkları olarak detaylı hammadde listesi, üretim için gerekli parça ve alt-montajlar, tezgahlar ve operatörler olacaktır.

Çizelge 4.1. model tiplerinin özetleri (B.Wu Manufacturing Systems Design and Analysis 1992)

Modellerin Kullanım alanı	Uygulama örnekleri	Zaman dilimi	Model tipi	Veri ihtiyacı
Kurumsal seviyede Stratejik araştırma	Pazar araştırması ve tahminleri, Toplam kapasite planlaması, Finansal değerlendirme, üretim sistemlerinin kavramsal dizaynı ve işlevi	Uzun dönem	Hem statik hem dinamik; çoğunlukla sürekli ama kesiklide olabilir; hem stokastik hem deterministi; hep bütünleşik	Kurumsal seviyede yüksek seviyede bütünleşmiş
Şirket seviyesinde üretim yönetimi karar değerlendirmesi	Envanter ve kapasite planlaması; ana üretim çizelgeleme; diğer üretim yönetimi kararlarının değerlendirilmesi; üretim faaliyetlerinin kavramsal dizaynı ve işlevi	Orta-uzun dönem arası	Bazen dinamik; sürekli yada kesikli; orta düzeyde bütünleşik deterministik yada stokastik	Şirket seviyesinde bütünleşik veri fakat yukarıdakinden daha detaylı; veya atölye seviyesinde indirgenmiş data seti
Atölye seviyesinde üretim çizelgeleme	Detaylı iş yükleme planı; çizelgeleme çalışması ve iş atama politikaları; üretim sistemlerinin detaylı planlaması ve işlevlendirilmesi	Kısa-orta dönem	Dinamik; kesikli; çevrimiçi planlama için deterministik; çevrim dışı planlama için deterministik yada stokastik	Atölye seviyesinde çok detaylı

4.5 Kesikli Benzetim Modelinin Mantığı

Tezimdaki uygulamada kullanacağım ve bir çok atölye seviyesindeki üretim benzetimi için kullanılan model kesikli modelleme olduğu için bu modellemeye biraz daha detaylı eğilmek istedim.

Bir çok üretim benzetimi doğaları gereği sürekli bir yapıya sahip değildir bu nedenle sistemdeki her durum değişiminin ilerisine bakmak için; kesikli-olay benzetimi durumun değerlendirmesi için kullanılır. Kesikli-olay benzetiminde belirli bir zamandaki olaydan simule edilecek zamana ait sıradaki olaya atlanılır. Kesikli-olay modellemesinin yapılabileceği en az 5 programlama yaklaşımı vardır (making simulation more accesible in Manufacturing through a 4 phase approach 1998 Hamadı.Odhabi vd), (B.Wu 1992)).

- Olay yaklaşımı
- Aktivite yaklaşımı
- Proses yaklaşımı
- 3 fazlı yaklaşım
- 4 fazlı yaklaşım

Olay bazlı yaklaşım:

Olay yaklaşımında; benzetim saati benzetim denemesinin başında oluşturulur ve gelecek olayların oluşma zaman noktaları belirlenir. Daha sonra benzetim saati en yakın zamandaki gelecek olaya alınarak sistemin durumu gelecek olayların oluşma zamanlarının bilgileri güncellenir. Benzetim bitene kadar döngü yinelenir.

Olay yaklaşımında oluşturulan model sistemde değişikliğe yol açan olaylar geldiğinde her birine ait hareketleri gösteren olay döngülerinden oluşur. Olay döngüleri olayların karakterleri incelendikten sonra oluşturulur. Basit bir tezgah operasyonunda, basit durum değişimleri iki olay döngüsü ile tanımlanabilir: a) bir iş parçasının sisteme girişi b) işlemin bitmesi .

Aktivite bazlı yaklaşım:

Aktivite bazlı yaklaşımda da benzetim modeli değişimin olduğu bir noktadan diğerine atlar. Olay bazlı yaklaşımın aksine bu yaklaşımda temel döngüler olaylar yerine aktivitelere dayanır. Bu yaklaşımda tezgah işlemini oluşturan aktiviteler şunlar olacaktır: a)iş parçasının gelişi b) tezgahın yüklenmesi ve başlaması c) işlemin bitirilmesi ve tezgahın boşalması. Olay bazlı yaklaşımdan farklı olarak her bir aktivite bağımsız olarak modelleneyecektir. Benzetim saati bir sonraki zaman noktasına geçerken benzetim akışı kontrolü bütün aktivite döngü setlerini tarayarak o sıradaki olması gereken tüm hareketleri başlatır.

Proses yaklaşımı:

Bu yaklaşımda model proses döngüleri ile oluşturur. Proses döngüsü varlığın simule edilen zaman dilimi içersinde sistemin içersinde ilerilerken ki zamansal gelişimini belirtir. Bir başka deyişle olay ve aktivite bazlı yaklaşım sistemi kaynaklar ve kuyruklar açısından

değerlendirirken proses bazlı yaklaşım varlıklar açısından değerlendirir. Parça sistem içersindeki ömrü boyunca 2 çeşit gecikmeye maruz kalır a) şartlı/koşullu gecikme(tezgah boşalana kadar kuyrukta bekler) b)koşulsuz gecikme (makine operasyonu boyunca tutan süre). Bu gecikmeler proses döngüsünün birden fazla giriş noktasına sahip olmasına neden olur. Şekil 7 deki parça giriş noktaları iş parçasının gelişi, kuyruktan ayrılışı ve tezgahtan ayrılışı olmak üzere 3 tanedir. Yeni gelen iş parçası akış şeması boyunca koşullu/koşulsuz bir gecikmeye uğrayana kadar yol alır. Gecikme noktasında akış-kontrol döngüsü başlar. Bütün geciken varlıkların durumunun kaydı için bir olay listesi kullanılır. Bu listeden akış-kontrol döngüsü hangi iş parçasının ve hangi proses olayını en yakın zamanda olması gerektiğini belirler ve ilgili giriş noktasına yöneltir. Bu döngü önceden belirlenmiş şart sağlanana kadar sürer.

Üç faz yaklaşımı:

Yukarıda bahsedilen 3 model tipinin avantaj ve dezavantajları tablo 3.2 de gösterilmiştir. Bu tablodan anlaşıldığı üzere aktivite bazlı yaklaşım ; küçük ve bağımsız yapı taşlarından oluşması nedeni ile diğer 2 yöntemle göre daha üstündür. Böylelikle modelin modifikasyonu ve geliştirilmesi çok kolayken diğer 2 yöntemin aksine bilgisayar ; bilgisayar benzetim zamanının her ilerleyişinde gereksiz olarak tüm aktivite setlerini baştan tarayarak uzun bilgisayar kullanımını beraberinde getirir. Üç faz yaklaşımı yapısında aktivite bazlı yaklaşımın basit yapıları programlaması ile olay bazlı yaklaşımın verimli çalışmasını birleştirmiştir. 3 fazlı yaklaşım modeli 3 faza bölmüştür (Paul ve Bremer, 2002). Bu 3 faz aşağıdaki gibi özetlenebilir (Hamad I. Odhabi vd. 1999):

Faz 1: modeldeki sıradaki olayın ne zaman işleme gireceğini belirlemek. Bu olay genelde mevcut olarak devam eden aktivitenin bitmesidir. Benzetim saati bir sonraki olaya ilerletilir

Faz 2: faz 1'de belirtilen aktiviteler gerçekleşir. Varlıkların henüz biten aktivitelerden modeldeki uygun kuyruklara yerleştirimidir.

Faz 3: şartlı aktiviteleri tarar ve artları sağlanmış olanları başlatır. Bu döngü başlatılacak aktivite kalmayınca kadar devam eder.

Bu fazlar belirtilen duruma ulaşıncaya kadar bir döngü halinde devam eder. 3 faz metodunun aktivite diyagramı gibi kısıtlı bileşenleri üretim sistemlerinin karışık davranışlarını dizayn etmede yeterli modelleme yeteneğini sunamamaktadır. Son zamanlarda uzman olamayan kullanıcılar için karmaşık durumlarda kullanılacak ikonik gösterim biçimleri geliştirilmiştir.

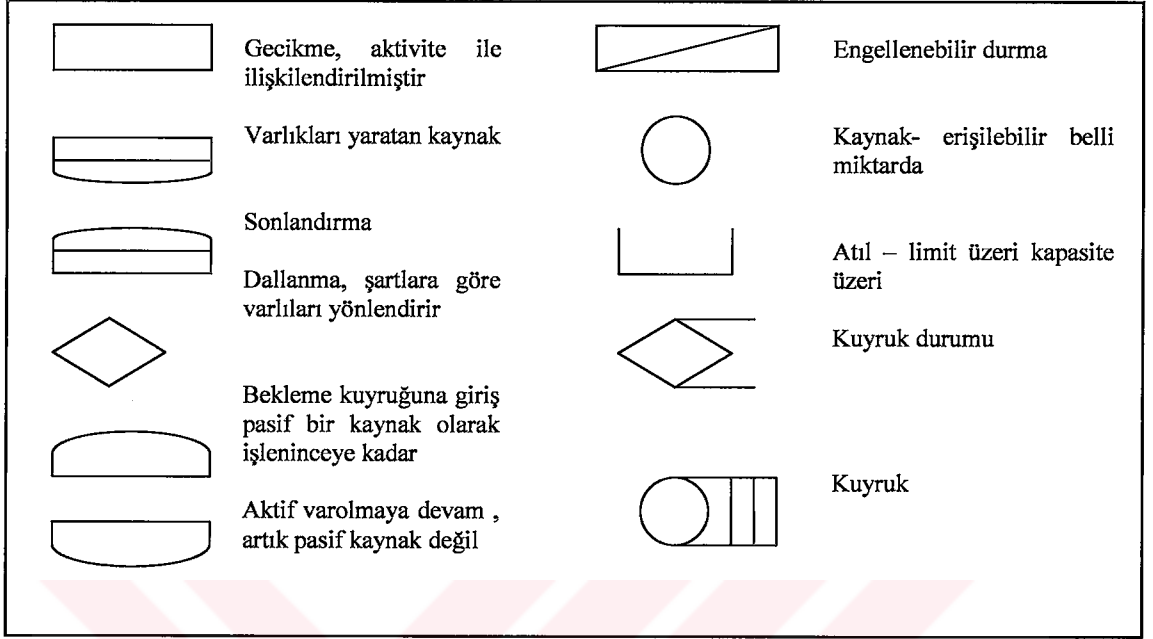
Ancak bu biçim 3 fazın aktivite diyagramları ile kolayca kullanılamaz (Tocher,1963). Bu nedenle Hamad'ın (1999) önerdiği 4 faz metoduna bir göz atmalıyız.

Çizelge 4.2. Programlama yaklaşımlarının karşılaştırılması

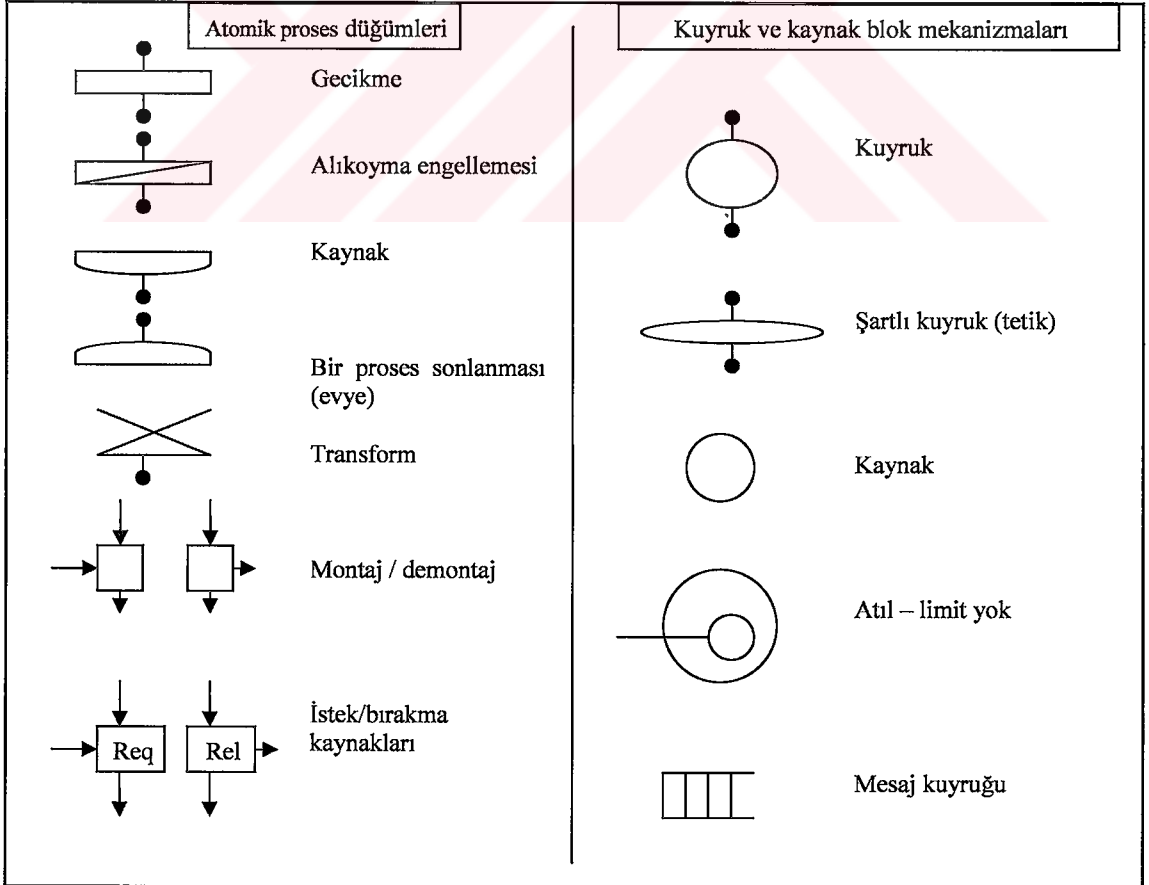
Yaklaşım	Avantajları	Dezavantajları
Aktivite	Bağımsız küçük aktivite blokları kullanır bu nedenle yazması, hata ayıklaması ve modifiye edilmesi kolaydır. Büyük kompleks modeller için çok avantajlı	Bilgisayar kullanım zamanı açısından oldukça verimsizdir
Olay	Benzetim aktivite bazlı yaklaşımdan daha hızlı çalışır, bilgisayar klanımı açısından daha verimlidir	Aktivite sırasına dayalı daha büyük program bölümleri vardır; bu nedenle modifikasyon yapmak zordur.
Proses	Modelleme için daha doğal bir yapı sağlar, modelin programlaması için daha az kodlama gerekir ve bilgisayar kullanımı açısından verimlidir.	Kompleks bir kontrol döngüsüne ihtiyaç duyar; modifikasyonu güçtür.

Dört fazlı yaklaşım:

4 fazlı yaklaşımı tanıtmadan önce onun dayandığı gelişmiş aktivite diyagramlarına kısaca bir göz atalım. Normal aktivite diyagramlarının karmaşık sistemlerin bilgisayar simülasyonda yetersiz kalması dolayısı ile Pooley gibi araştırmacılar kesikli olay modeline dayalı genişletilmiş aktivite diyagramlarını (x-ACDs) (Pooley 1991a, 1991b) önermişlerdir. Şekil 9'da semboller gösterilmiştir. Kienbaum ve Hughes (1991) xACD sembol setine bir takım eklentiler önermişlerdir ve sonucu hiyerarşik aktivite diyagramları olarak adlandırmışlardır (H-ACDs). Semboller şekil 4.4'de gösterilmiştir. H-ACD tam olarak bilgisayar ortamında nesne odaklı kesikli olay simülasyonu modellemesi için oluşturulmuştur.



Şekil.4.4 X-ACD sembol seti (Pooley ve Hughes 1991)

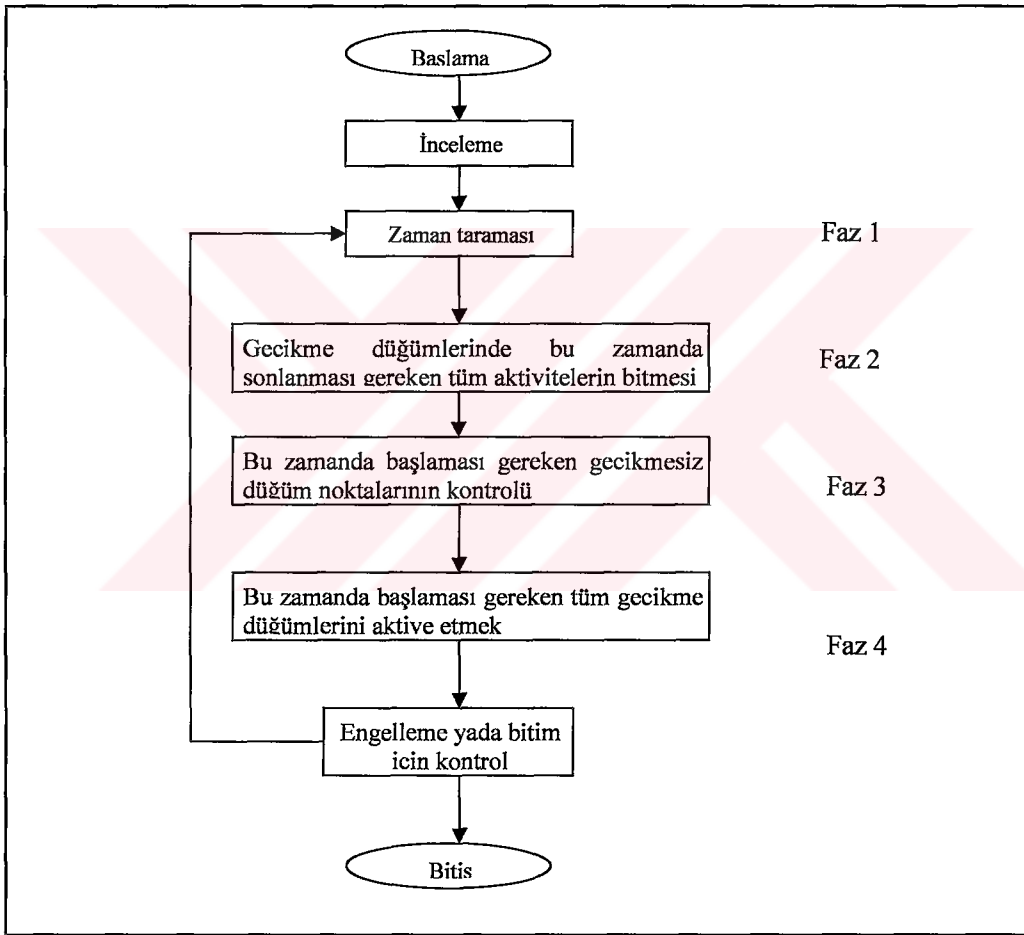


Şekil.4.5 H-ACD sembol seti (Kienbaum ve Paul 1994a)

4 faz yaklaşımında şu iki varsayım çok önemlidir:

H-ACD diyagramında her sembol iç kuyruğa sahiptir. Sembol işlevini yerine getirdiğinde ilgili varlığı serbest bırakma zamanı gelinceye kadar kuyrukta tutabilir.

Semboller arasında farklı iki ana grup vardır. Birincisi gecikme düğümleridir ki aktivite ve kaynak sembollerini içerirler ve iç kuyruğa göndermeden önce belirli bir süre varlıkları tutarlar. İkinci grup gecikme olmayan düğümlerdir ki montaj, demontaj, istek, bırakma, atama, kuyruk, ve tetikleme sembollerini içerir ve gecikmeye neden olmazlar.



Şekil. 4.6 4 faz metodunun diyagram halinde işleme metodu (Odhabi , Paul 1998)

Faz 1: işlemdeki tüm gecikme düğümlerinin bitme zamanlarını kontrol eder. En erkenini bularak saati bu zamana iletir

Faz 2: gecikme düğümleri için, bu zamana ait çizelgelenmiş tüm işlemleri bitirir ve ilgili varlıkları iç kuyruğa alır.

Faz 3: bu zamanda başlayacak olanları belirleyen gecikmesiz düğümleri kontrol eder. İlgili prosesleri gerçekleştirir (bekleme zamanı 0 olanları). Bu zamanda gecikmesiz düğüm kalamayınca kadar bu adım tekrarlanır.

Faz 4: ilgili bir gecikme düğümünün prosesini başlatır. Gecikme düğümünün işlemi ne kadar zamanda bitireceğini hesaplayıp bu zamanı kayıt eder. Bütün ilgili gecikme düğümleri işlendiğinde, engelleme veya bitme şartları için kontrol yapar. Eğer şart sağlanmamışsa faz 1'e geri döner.

4.6 Üretim Sistemlerinin Benzetimi

Benzetimin en geniş ve yaygın olarak uygulandığı alanlardan biride üretim sistemleridir ki bu alanda ilk benzetim çalışmaları 1960'larda başlamıştır. Aşağıdaki maddelerde üretimde benzetimin kullanılma amaçları özet olarak gösterilmiştir (M.Law Averill ve McGomas Micheal, 1999).

- Malzeme ve ekipman ihtiyaç nedeni ve miktarı
- Belirli bir amaç için tezgah sayısı, tipleri ve yerleşim şeklinin belirlenmesi
- Taşıyıcılar, konveyörler , palet gibi destek elamanlarına olan ihtiyaçlar
- Envanter tamponlarının yeri ve büyüklüklerinin belirlenmesi
- Ürün hacmindeki veya çeşidindeki değişimin sonuçlarının değerlendirilmesi
- Mevcut olan üretim sistemine dahil olacak yeni öğenin etkisinin değerlendirilmesi
- Kapital yatırımlarının değerlendirilmesi
- Vardiya sayısının belirlenmesi
- Performans değerlendirmesi
- Toplam çıktı analizi
- Sistemde kalma süresi analizi
- Darboğaz analizi
- Süreç prosedürlerinin değerlendirilmesi
- Üretim planlama
- Envanter politikaları
- Kontrol stratejileri (agv vb.)
- Güvenilirlik analizi (önleyici bakımın etkinliği vb.)
- Kalite kontrol politikaları

Benzetimde genel olarak aşağıda belirtilmiş olan performans ölçütleri kullanılır:

- Toplam çıktı
- Parçalar için sistemde kalış süresi
- Kuyruklarda parçaların bekleme süreleri
- Kuyruk büyüklükleri
- Malzeme taşımanın zaman etkinliği
- Personel ve ekipmanın kullanım etkinliği

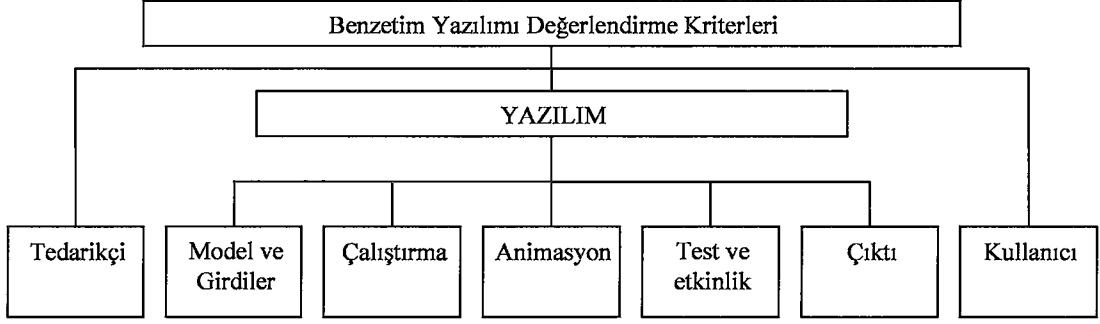
4.7 Kullanılan Benzetim Dilleri, Programları ve Seçim Kriterleri

Tarihsel olarak benzetim paketleri iki ad altında sınıflandırılmaktaydılar. Benzetim dilleri ve uygulama odaklı Simulatörler. Benzetim dilleri genel kullanım amaçlı olduklarından büyük kullanım esnekliğine sahipken, kullanımları ise zordur. Uygulama bazlı paketler ise sadece belli alandaki uygulamaları içeren grafik arayüzlerine, diyalog kutularına ve menülere sahipken çeşitli problemler karşısında etkinliğini yitirmekteydiler.

Son yıllarda program dilleri üreticileri yazılımlarını daha son kullanıcı dostu haline getirmişlerdir. Arenada olduğu gibi kullanıcı modelini grafik olarak belirlenmiş olaylardan seçer ve daha sonra bir fare tıklaması ile olayların arasındaki ilişkilerin prensiplerini belirler.

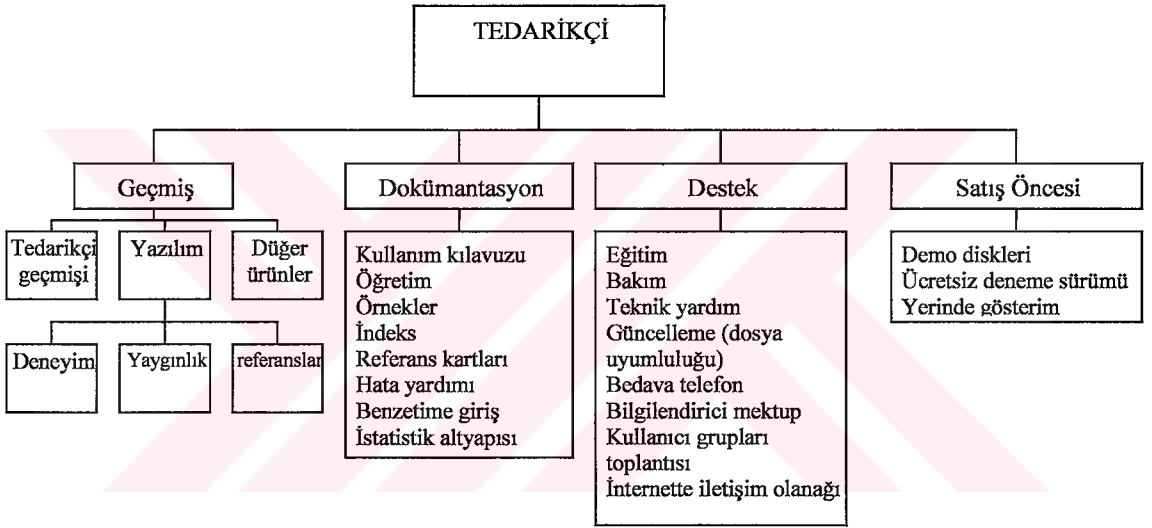
Şu durumda artık iki çeşit benzetim paketinden bahsetmek mümkündür. Genel amaçlı benzetim paketleri ki bunlar ; Arena, Awersim, Extend, Gpss/H, Micro Saint, MODSIM III, SIMPLE, SIMUL8, SLX ve Taylor İşletme Dinamikleri Geliştiricisi'dir. Diğer tarafta ise uygulama odaklı yazılımlar; yani üretim, sağlık veya çağrı merkezi gibi özel alanlar için tasarlanmış paketler olan Arena Ambalajlama Sürümü, Automod, AutoSched, Extend + MFG, Promodel, QUEST, TAYLOR ED, WITNESS vardır.

Benzetim yazılımı ve paket programlarının aksine literatürde bu programların seçimi ve değerlendirilmesi için pek çok araştırma ve yöntem mevcuttur. Ancak standart olarak bir kriter yapısı mevcut değildir. Yazılımların çeşitli ve değişken özellik yapıları gereği ortak kullanılacak bir kriter belirlemek zor olsa da uzmanlar (Nikoukuran Jalal vd., 1998) kriterlerin birkaç grupta toplandığı (3-11 grup) ve seçim metodolojisinin temel yapısını bozmadan ekleme çıkarmalı bir hiyerarşik dinamik liste ile seçim kriter yapısını ortaya koymuşlardır.



Şekil 4.7 Hiyerarşinin ana kriter grupları (Nikoukuran Jalal vd., 1998)

4.7.1 Tedarikçi Kriterleri



Şekil 4.8 Tedarikçi grubu için kriterler (Nikoukuran Jalal vd., 1998).

Bu kriter grubunda kısaca yazılımı satan işletmenin olduğu kadar yazılımında geçmişi, referansları, deneyimi yaygınlığını inceler. Dokümantasyon kısmı olabildiğince son kullanıcıyı tedarikçi firmadan bağımsız kılacak kadar anlaşılır ve problemi tanımlayıp çözecek iyi bir indeks'e sahip olmalıdır. Firma satış sonrasında kısa zaman içinde yeterince hızlı destek verebilmelidir. Satış öncesi müşteriye yerinde ve yeterli bir sunum yapılmalı ve ücretsiz deneme sürümü sağlanmalıdır.

4.7.2 Model ve Girdi Kriterleri

Bu kategorideki konular; oluşturulacak modeli ve geliştirilme aşamasını ve veri girdi bölümünü içermektedir.

Model yapılandırma: bu kategoride bilgisayar çevre birimlerinin modelleme çalışması sırasında kullanıcı dostu olma özellikleri değerlendirilir. Program dahilinde modelleme

yardımları içermelidir. Uyarı ve yardım iletileri yardımcı ile kullanıcıyı yönlendirebilmelidir. Sahip olduğu modüller yapı sayesinde model parça parça inşa edilebilmelidir. Alt modeller kolayca üst modellerle entegre olabilmelidir.

Girdi: data girdisi interaktif olarak , otomatik olarak yada bir dosyadan gerçekleştirilebilmelidir. Uygunsuzluk yaratan girdi değişkeni otomatik olarak kullanım dışı bırakılmalıdır.

İstatistiksel Dağılımlar: data sisteme bir istatistiksel dağılım olarak girecekse yazılım kendi içinde ampirik ve teorik dağılımların çoğuna yer vermiş olmalıdır.

Kodlama Özellikleri: bu özellik yazılım paketine esneklik kazandırır. Kullanıcıya kodlama imkanı vererek işlemlere ardan müdahale etmesini sağlar. Mesela kullanıcı pakete dahil olmayan bir işlemi siman dili ile kendisi aradan ekleyebilmelidir.

4.7.3 Çalıştırma Kriterleri

Çoklu koşum özelliğine sahip bir yazılımda her değişik koşumda Rassal üreteç çekirdeği değiştirilebilir ve her koşumun sonucu ayrı bir dosyaya yazılır. Otomatik parti koşumunda bu özelliklere ek olarak her koşumda değişkenlerden istenenler otomatik olarak değiştirilir. Deneme çalışmalarının hızları ayarlanabilir olmalıdır. Sistem gerekirse sıfırdan farklı bir değerde (boş olmayan durumda) çalıştırılabilir.

4.7.4 Animasyon Kriterleri

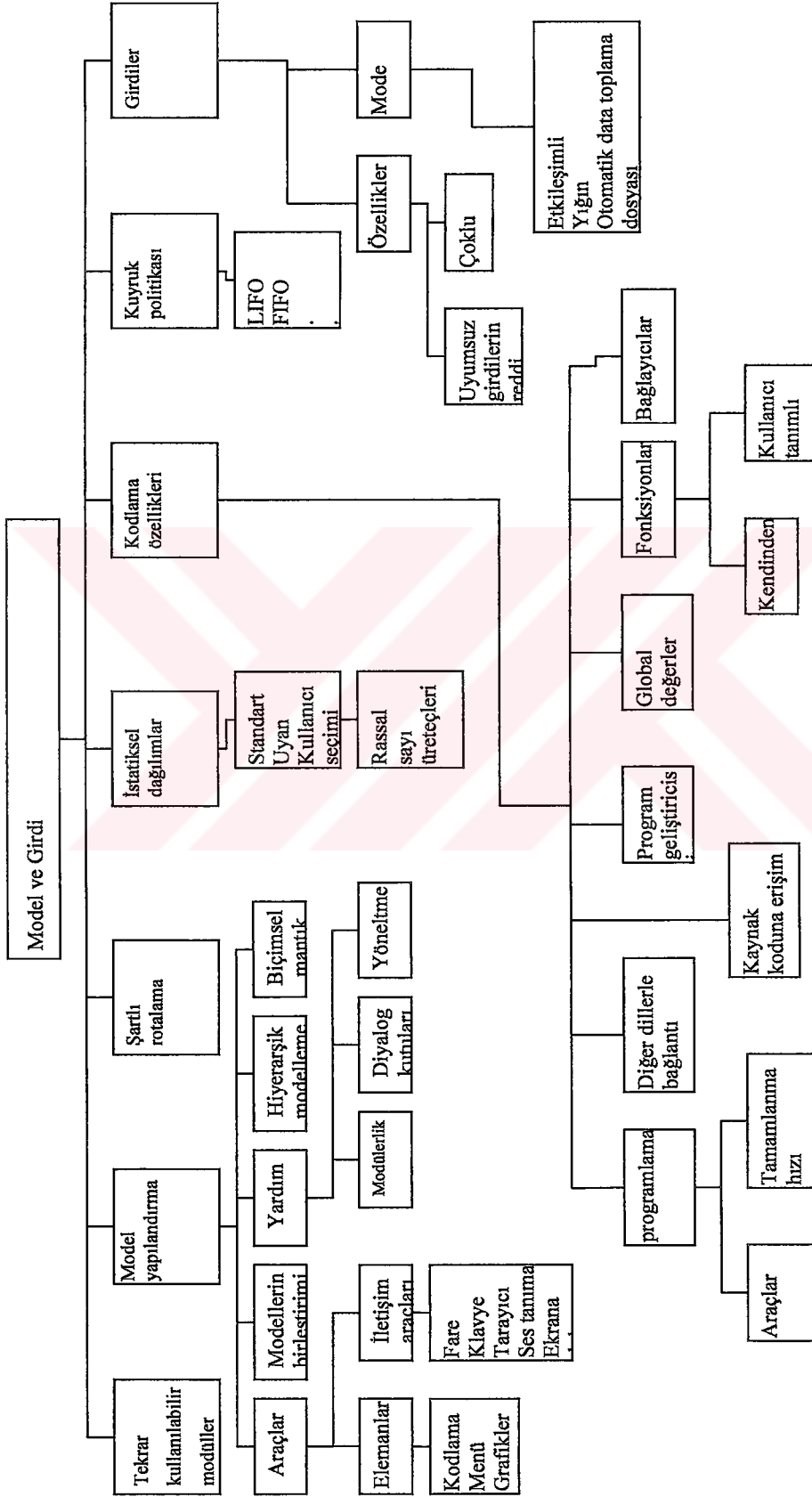
Animasyon özelliği pakete dahil olmalıdır sonradan eklenen bir eklenti olmamalıdır. Yazılımın gerçekleştirdiği animasyon yeterli detay sahip olmalı ve esnek bir şekillendirme yapısı sunmalıdır.

Simgeler: simge içeriği ve sayısı yeterli olmalıdır. Bazı yazılımlar simge yapım modülleri içermektedir.

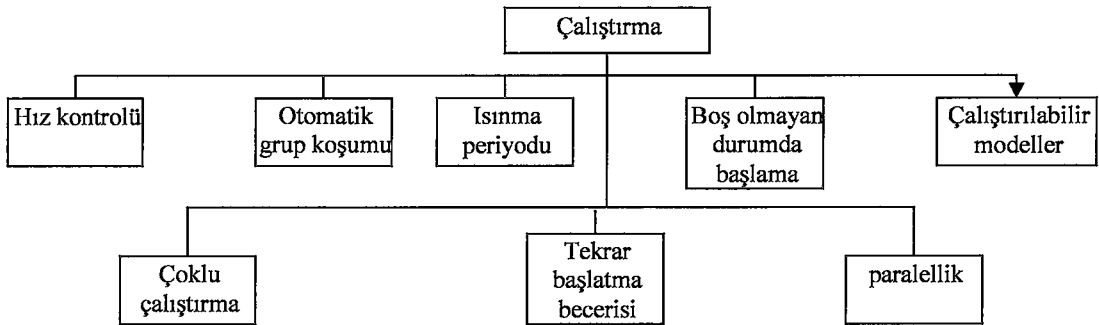
Ekran yerleşimi: bu başlık modelin grafik olarak gösterim özellikleri ile ilgilidir. Ekran çizimleri için yardımcı bir editör kullanılabilir. Buna ek olarak istenildiğinde ekran çıktısı alınabilmelidir.

Geliştirme: model geliştirme başlığında geçerli olanlar bu başlık içinde geçerlidir.

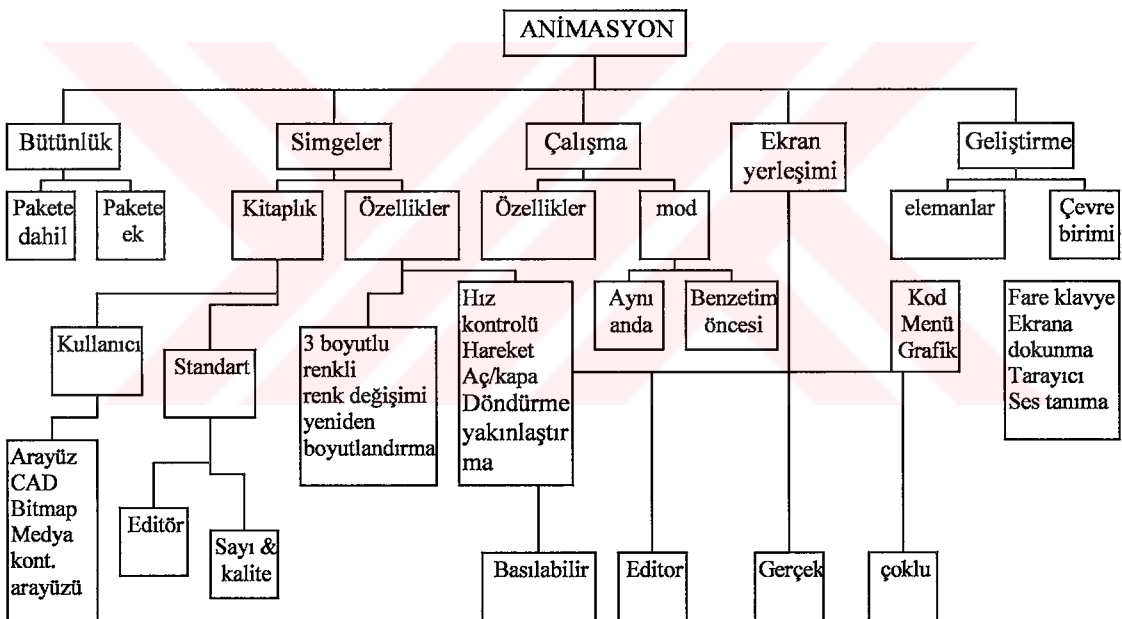
Çalıştırma: program modeli animasyonsuz olarak , animasyonlar birlikte ve sadece animasyon olarak ayrı ayrı çalıştırabilmelidir.



Şekil 4.9 Model ve Girdi kriterleri tablosu (Nikoukuran, Jalal vd, 1998)



Şekil 4.10 Denemeye ilişkin grup kriterleri (Nikoukuran Jalal vd., 1998)



Şekil 4.11 Animasyon grubu kriterleri (Nikoukuran Jalal vd., 1998)

4.7.5 Test ve Etkinlik Grubu Kriterleri

Bu kategori yazılımın test edilebilirlik, hata giderme ve bulma yeteneği ile yetkinliğini göz önünde bulunduran kriterleri içerir.

Geçerlilik ve Doğrulama: bu amaç için bir çok seçenek sunulabilir. Eş zamanlı yardım, yanlış mesajları ve eğitim olanağı bunlardan bir kaçıdır. Model içinde yer alan mantık kontrolü ve hata kontrolleri çok önemlidir.

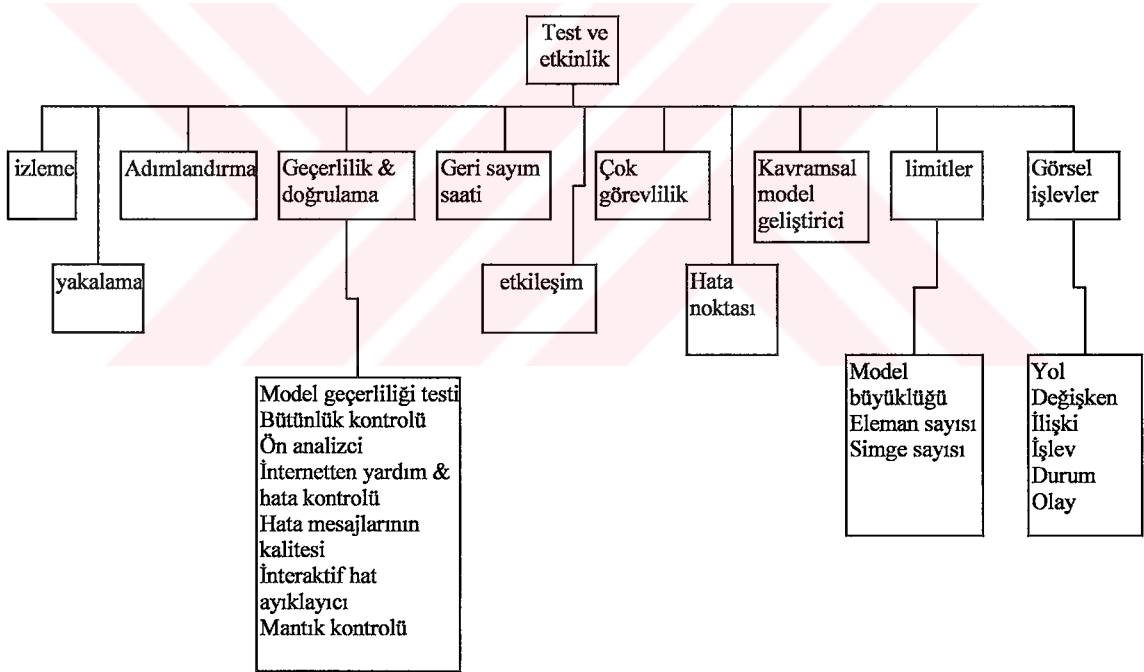
Aynı zamanda yazılım bir model çalışırken diğer model üzerinde veya işletim sistemi üzerinde çalışmaya izin verecek bir yapıya sahip olmalıdır.

Geri Sayım: çok sayıda yazılım bu özelliği içermez. Bu özellik model çalışması sırasında meydana gelen bozukluklara geri dönmeyi sağlayabilir.

Kavramsal Model Geliştirici: yazılım modelin mantığını petrinet , aktivite döngü diagramı gibi grafik arayüzlerle tasvir edebilmelidir.

Limitler: modelin büyüklük limiti, eleman sayısı limiti, kitaplıkta gösterilen simge limiti, varlık isim uzunluğu limiti göz önüne alınmalıdır.

Gösterim Özelliği: bazı yazılımlar varlıkların hareketlerini ve rotalarını ayrıca gösteren çizimlere sahiptirler. Değişkenlerin, özelliklerin, fonksiyonların ve bileşenlerin durumlarının dinamik gösterimi önemlidir.



Şekil 4.12 Test ve Etkinlik grubu kriterleri (Nikoukuran Jalal vd., 1998)

4.7.6 Çıktı Kriterleri.

Raporlama: benzetim yazılımı kuyruk uzunlukları, bekleme süreleri ve kullanım oranları gibi özelliklere ait standart raporlar hazırlayabilmektedir. Yazılım bunların dışında özel raporlara da izin vermelidir. Raporun çıktı formu üst yönetime sunulacak kalitede olmalıdır.

İletim: model çıktıları bir dosyaya, veya yazıcıya periyodik olarak yazdırılabilir olmalıdır. Yani çıktı belirli dönemlerde kaydediliyor olmalıdır. Çıktı dosyaları yapılacak ayarlar için erişilebilir olmalıdır.

Entegrasyon: yazılım diğer kelime işlemci, grafik işlemci, istatistiksel paket programlar ve veri tabanları gibi benzeri yazılımlarla anlaşabiliyor olmalıdır.

Grafikler: benzetim çalışması sonuçları grafik olarak sunulabilir olmalıdır.

Analiz: çıktı analizi önemli bir konudur. Paket yazılım dağılım, varyans ve uygunluk aralıkları gibi istatistiksel değerleri içeriyor olmalıdır. Çıktıların uygunluk testleri yapılarak gerçeğe ne kadar uyduklarını ortaya koyabiliyor olmalıdır (Nikoukuran Jalal vd., 1998).

4.7.7 Kullanıcı Kriterleri

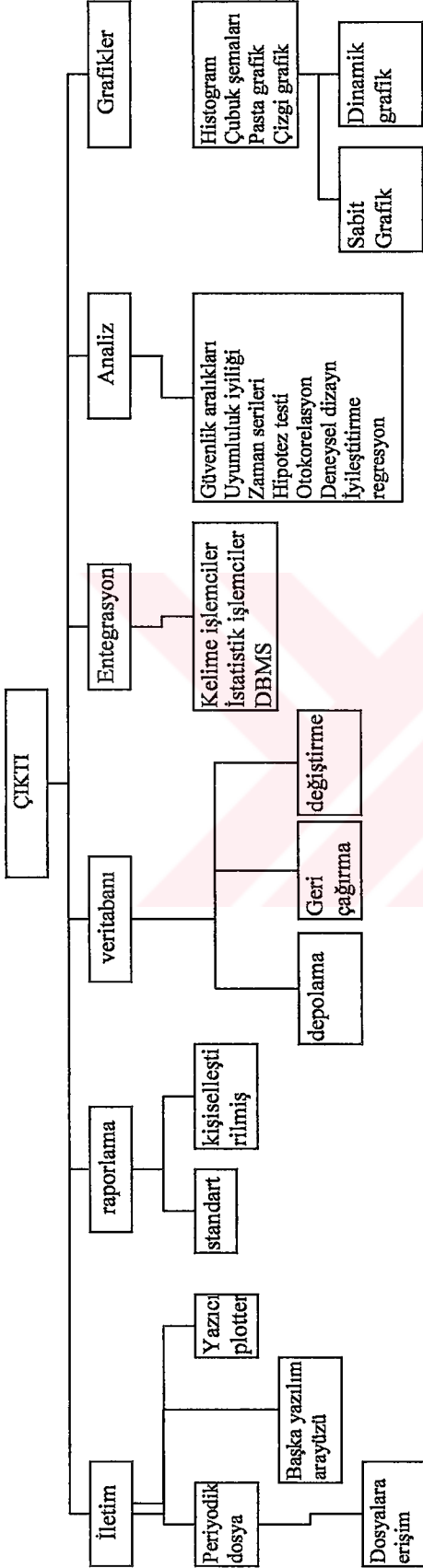
Kullanıcı modelinde kesikli, sürekli yada her kişinin kullanacağı bir seçenek yapısına sahip olmalıdır. Paketler ya genel amaçlı yada üretim, taşıma veya iletişim için özel tasarlanmış olurlar. Kullanıcı yazılımı kullanım amacını bu yönden değerlendirmelidir.

Yazılım diz üstü sistemlerde çalışırken ana iş istasyonlarında da çalışabilir olmalıdır. Bir makinede geliştirilen yazılım daha sonra diğer makinelerde de çalışabilmelidir. Değişik işletim sistemleri üzerinde çalışabilmelidir.

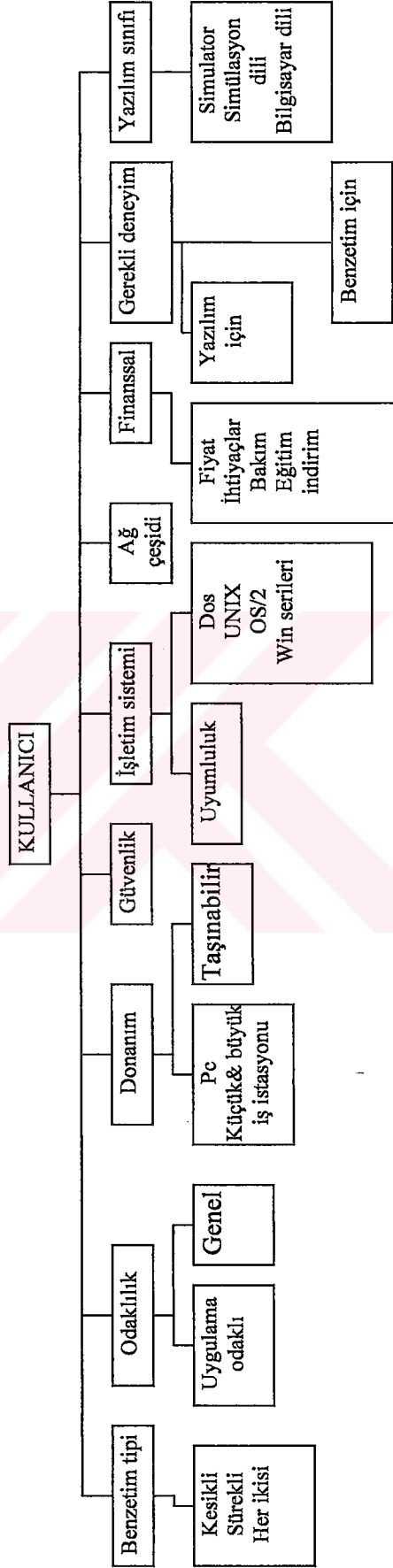
Gerekli deneyim: yazılımı kullanmak için gerekli deneyim ihtiyacı göz önünde bulundurulmalıdır.

Finansal: yazılımın toplam maliyeti içine ek olarak alınacak donanım maliyetleri, eğitim maliyetleri, bakım ve danışmanlık maliyetleri de katılmalıdır. Çoklu alım ve eğitim için alım indirimleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Yazılım Sınıfı: yazılım üç gruptan biri olabilir. FORTRAN gibi bir bilgisayar dili, GPSS gibi bir benzetim dili yada ARENA gibi bir benzetim yazılımı olabilir. Kullanıcı problemini çözecek en uygun seçeneği seçmelidir (Nikoukuran Jalal vd., 1998).



Şekil 4.13 Çıktı grubu kriterleri (Nikoukuran Jalal vd., 1998)



Şekil 4.14 Kullanıcı grubu seçim kriterleri (Nikoukuran Jalal vd., 1998).

5 UYGULAMA

Montaj hattı dengeleme konusundaki örnek çalışmamı İstanbul Topkapı'da bulunan EMFA elektrik malzemeleri fabrikasında yaptım. Yapılan çalışmada amaç aydınlatma armatürü üretimi yapılan bölümde mevcut personel sayısı sabit kalarak verimliliğin artırılması yolu ile mevcut kapasitenin artırılmasıdır.

Bu çalışmaların nasıl yapıldığını, daha önceden bahsedilen montaj hatlarını dengelemek için gerekli olan işlemlerin nasıl gerçekleştirildiğini, üretimin hattın dengelenmesinden ve iş istasyonlarına bölünmesinden evvel nasıl gerçekleştiğini, kapasitenin nasıl tayin edildiğini, bu sistemin bilgisayar ortamına bir benzetim modeli olarak nasıl aktarıldığı bu bölümde incelenmiştir.

5.1 Şirket Profili , Ürün ve Atölye Tanıtımı

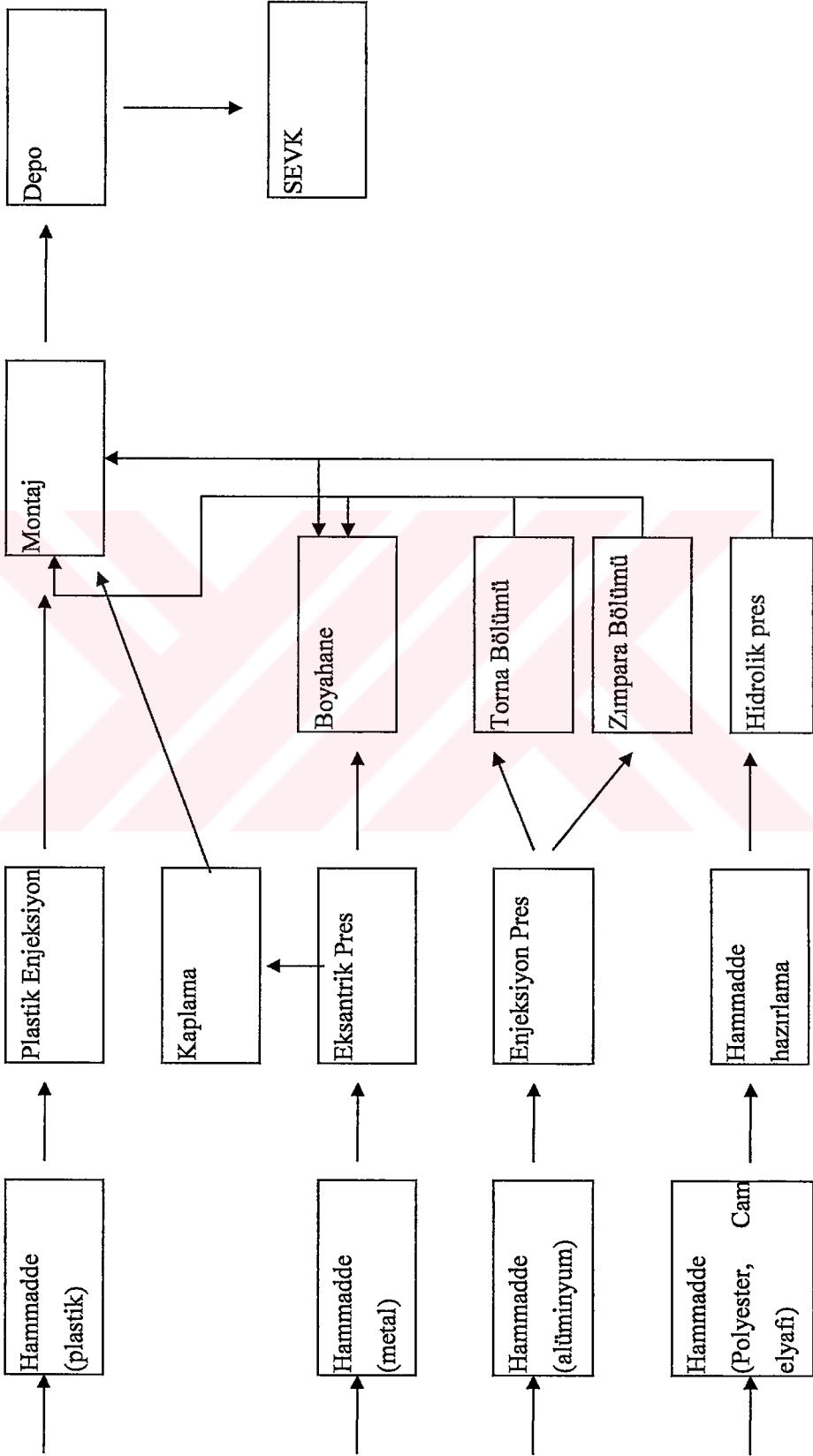
EMFA 1959 yılında kuruldu. 80'li yıllara kadar, tesisat malzemeleri ile birçok çeşit ve akımda devre kesiciler üretmiştir.

1984'den itibaren aydınlatma armatürleri imalatına ağırlık vermiş ve Türkiye'de dekoratif amaçlı armatürlerin ilk üreticisi olmuştur. İlerleyen yıllar içerisinde ürün çeşitlerini arttırmıştır. Termoplastik armatürlerin yanı sıra Termoset ve Alüminyum Enjeksiyon başta olmak üzere, birçok yeni mamul geliştirmiştir.

EMFA 1990 yılından bu yana dünya'nın çeşitli ülkelerine ihracat yapıp, çeşitli ülkelerde fuarlara katılmaktadır ve her geçen gün ihracat yaptığı ülkeleri ve firmaları arttırmaktadır. EMFA faaliyetlerini 100'e yakın çalışanı ile 3000 m² kapalı alanda gerçekleştirmektedir.

Çalışmamı yaptığım aydınlatma armatürleri bölümünde 4 işçi çalışmaktadır. Firma aydınlatma armatürlerine ait olan parçaların karton ambalajı dahil %90'ı kendi üretmektedir. Firma 3 katlı bir binada faaliyet göstermekte olup en alt katta armatürlerin plastik aksamlarının basıldığı enjeksiyon pres bölümü ve alüminyum döküm bölümü vardır. Orta kısımda ise boyahane ve kaplama bölümleri yer almaktadır. En üst katta Armatür ve diğer malzemelerin montaj bölümleri bulunmaktadır.

Şekil 5.1 Fabrika üretim Şeması



Çalışmamı yaptığım kısımda dış alanda yer alan bahçe, havuz ,otopark aydınlatması için kullanılan ürünler üretilmektedir. Ürünlerin montajı müşteriden gelen sipariş üzerine olmaktadır. Ürün yelpazesi çok geniş olmakla birlikte ürünleri birbirlerinden farklı kılan kısım armatürün en üst parçası yani dışardan görünen parçasıdır. Monte edildiği yerin içinde kalan kısımlar aynı olduğundan parça ailesi oluşturmak için çok elverişli bir yapıya sahiptir. Çizelge 5.1 ve 5.2 ‘de A ve B grubu ürünlerin İş akım şemaları gösterilmiştir. Çizelge 5.3 ve 5.4’te ise sırasıyla A ve B grubu ürünlere ait proseslerin standart zamanları gösterilmiştir



Çizelge 5.1 A Grubu Ürünlere Ait İş akım şeması

İŞ AKIMI ŞEMASI		MALZEME TİPİ						
Konu: Armatür		ETKİNLİK	MEVCUT					
		İŞLEM	15					
İş: A grubu montaj işlemleri		TAŞIMA	2					
		GECİKME						
		KONTROL	1					
Yöntem: Mevcut/Önerilen		DEPOLAMA	2					
Yer: EMFA montaj bölümü		UZAKLIK	10m					
ÇİZEN								
TANIM	Zaman (sn)	Uzaklık (m)	Simge					AÇIKLAMALAR
			İşlem	Taşm.	Gecik.	Kontr.	Stok.	
			○	⇒	D	□	▽	
Yarı mamullerin stoklanması							▽	
Yarı mamul ambarından malzemenin taşınması		5		⇒				
Malzemenin imalata hazırlanması	85		○					
Klemens kutusu iç kablo bağlantılarının yapılması	76		○					
Klemens kutusuna alt kapak ile somun ve lastiklerin montajı	86		○					
Montaj levhasına balans ignitör ve kondansatör montajı	64		○					
Klemens kutusu ile montaj levhası birleştirme ve alt kapak montajı	66		○					
Alt gövde yerleştirme	24		○					
Reflektörün ve lambanın duya montajı	85		○					
Duy ve reflektörün duy tabanı montajı	63		○					
Duy tabanının üst gövde altına montajı	58		○					
Üst gövde üzerine cam ve metal çerçevenin vidalanması	67		○					
Duy tabanı levhası ve klemens kutusu son kablo bağlantısı	99		○					
Sızdırmazlık lastik takılması ve alt üst gövdenin vidalanması	82		○					
Kalite kontrol	17					□		
Hatalı montaj düzeltimi	47		○					
Dış plastik kap yerleştirme	35		○					
Sevkiyat için stoklama		5					▽	

Çizelge 5.2 B Grubu Ürünlere Ait İş Akım Şeması

İŞ AKIMI ŞEMASI		MALZEME TİPİ						
Konu: Armatür		ETKİNLİK		MEVCUT				
		İŞLEM		15				
İş: B grubu montaj işlemleri		TAŞIMA		2				
		GECİKME						
Yöntem: Mevcut/Önerilen		KONTROL		1				
Yer: EMFA montaj bölümü		DEPOLAMA		2				
ÇİZEN		UZAKLIK		10m				
TANIM	Zaman (sn)	Uzaklık (m)	Simge					AÇIKLAMALAR
			İşlem	Taşm.	Gecik.	Kontr.	Stok.	
			○	⇒	D	□	▽	
Yarı mamullerin stoklanması							▽	
Yarı mamul ambarından malzemenin taşınması		5		⇒				
Malzemenin imalata hazırlanması	85		○					
Klemens kutusu iç kablo bağlantılarının yapılması	76		○					
Klemens kutusuna alt kapak ile somun ve lastiklerin montajı	86		○					
Reflektörün ve lambanın duya montajı	85		○					
Duy ve reflektörün duy tabanı montajı	63		○					
Duy tabanının klemensle bağlantısı	58		○					
Üst gövde üzerine cam ve metal çerçevenin vidalanması	67		○					
Kalite kontrol	17					□		
Hatalı montaj düzeltimi	47		○					
Dış plastik kap yerleştirme	35		○					
Sevkiyat için stoklama		5					▽	

Çizelge 5.3 A Grubu Ürünlerin Proseslerine Ait İşlem Zamanları

İşlem Numarası	İşin Tanımı	İşin Süresi
1	Malzemenin imalata hazırlanması	85sn
2	Klemens kutusu iç kablo bağlantılarının yapılması	76sn
3	Klemens kutusuna alt kapak ile somun ve lastiklerin montajı	86sn
4	Montaj levhasına balans ıgnitör ve kondansatör montajı	64sn
5	Klemens kutusu ile montaj levhası birleştirme ve alt kapak montajı	66sn
6	Alt gövde yerleştirme	24sn
7	Reflektörün ve lambanın duya montajı	85sn
8	Duy ve reflektörün duy tabanı montajı	63sn
9	Duy tabanının üst gövde altına montajı	58sn
10	Üst gövde üzerine cam ve metal çerçevenin vidalanması	67sn
11	Duy tabanı levhası ve klemens kutusu son kablo bağlantısı	99sn
12	Sızdırmazlık lastik takılması ve alt-üst gövdenin vidalanması	82sn
13	Kalite kontrol	17sn
14	Hatalı montaj düzeltimi	47sn
15	Dış plastik kap yerleştirme	35sn

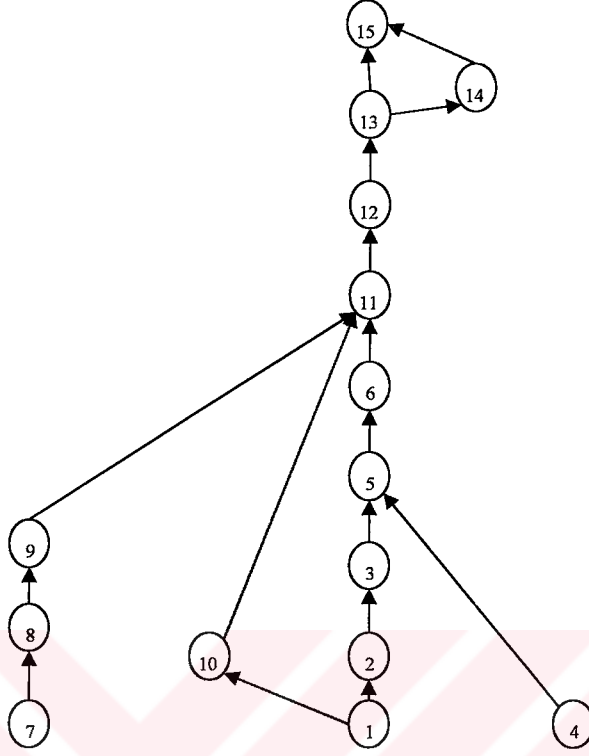
Çizelge 5.4 B Grubu Ürünlerin Proseslerine Ait İşlem Zamanları

İşlem Numarası	İşin Tanımı	İşin Süresi
1	Malzemenin imalata hazırlanması	57sn
2	Klemens kutusu iç kablo bağlantılarının yapılması	64sn
3	Klemens kutusuna alt kapak ile somun ve lastiklerin montajı	50sn
7	Reflektörün ve lambanın duya montajı	56sn
8	Duy ve reflektörün duy tabanı montajı	55sn
9	Duy tabanının klemensle bağlantısı	42sn
10	Üst gövde üzerine cam ve metal çerçevenin vidalanması	44sn
13	Kalite kontrol	27sn
14	Hatalı montaj düzeltimi	30sn
15	Dış plastik kap yerleştirme	25sn

Firmanın ürettiği armatürleri başlıca bu iki tip üretim akışı içinde toplayabiliriz. Firma içinde üretilip, montaj sırasında kullanılan malzemeler üretim aşamasına alınmamıştır çünkü bu malzemeler periyodik olarak topluca üretilmekte ve hazır olarak bulundurulmaktadırlar. Armatürlerin genel yapısını kabaca üçe ayırabiliriz. Birincisi ki burada armatürün monte edileceği yerle çıkış bağlantısını sağlayan bölümüdür bu en alt kısımdır. Orta kısımda lambanın çalışmasını sağlayan duy altlığı ,balans, ignitör gibi malzemelerin montajlandığı montaj plakası yer alır. En üst ve dışta armatürün şeklini ve modelini belirleyen dış gövde, cam ve çamı çevreleyen çember vardır. Çizelge 5.5-5.6 ve şekil 5.2 -5.3'te A ve B grubu ürünlere ait üretim prosesleri arasındaki öncelik ilişkileri aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 5.5 A Parçası İçin İşlemlerin Öncelik Tablosu

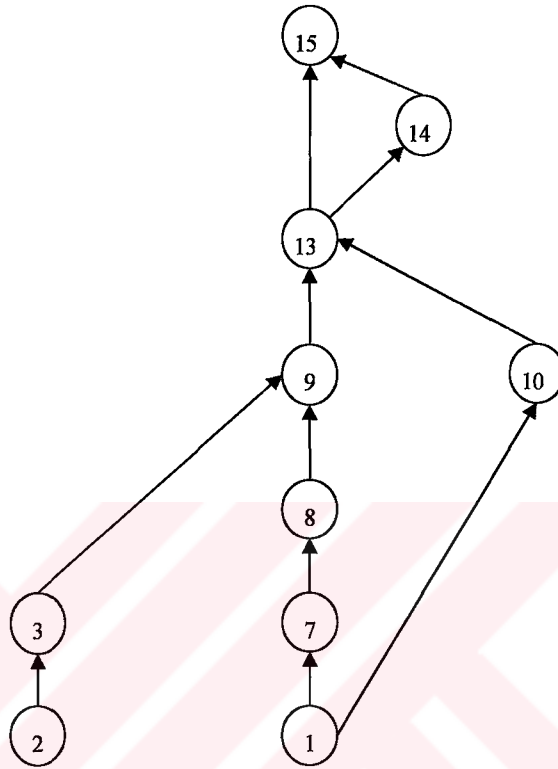
İşlem No	İşlem Tanımı	Öncesinde yapılması gereken işlemler
1	Malzemenin imalata hazırlanması	
2	Klemens kutusu iç kablo bağlantılarının yapılması	1
3	Klemens kutusuna alt kapak ile somun ve lastiklerin montajı	2
4	Montaj levhasına balans ignitör ve kondansatör montajı	
5	Klemens kutusu ile montaj levhası birleştirme ve alt kapak montajı	3,4
6	Alt gövde yerleştirme	5
7	Reflektörün ve lambanın duya montajı	
8	Duy ve reflektörün duy tabanı montajı	7
9	Duy tabanının üst gövde altına montajı	8
10	Üst gövde üzerine cam ve metal çerçevenin vidalanması	5
11	Duy tabanı levhası ve klemens kutusu son kablo bağlantısı	6,9,10
12	Sızdırmazlık lastik takılması ve alt üst gövdenin vidalanması	11
13	Kalite kontrol	12
14	Hatalı montaj düzeltimi	13
15	Dış plastik kap yerleştirme	13,14



Şekil 5.2 A grubu ürünlere ait proseslerin montaj diyagramı

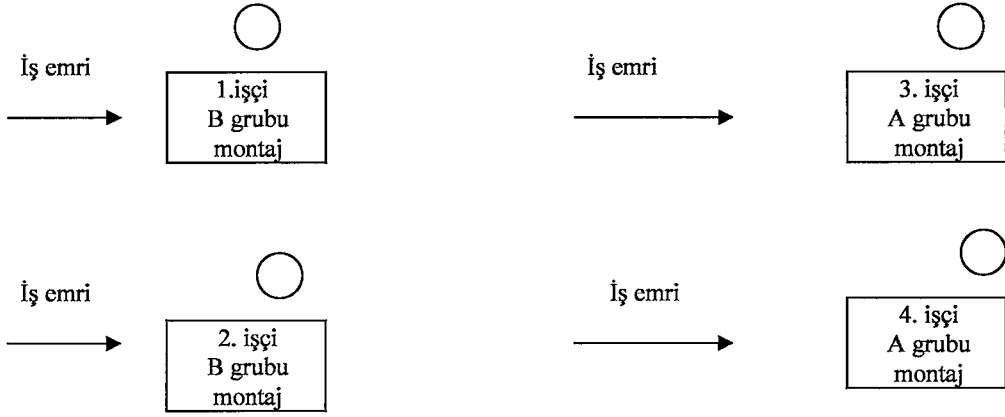
Çizelge 5.6 B Parçası İçin İşlemlerin Öncelik Tablosu

İşlem No	İşlem Tanımı	Öncesinde yapılması gereken işlemler
1	Malzemenin imalata hazırlanması	
2	Klemens kutusu iç kablo bağlantılarının yapılması	
3	Klemens kutusuna alt kapak ile somun ve lastiklerin montajı	2
7	Reflektörün ve lambanın duya montajı	1
8	Duy ve reflektörün duy tabanı montajı	7
9	Duy tabanının üst gövde altına montajı	8
10	Üst gövde üzerine cam ve metal çerçevenin vidalanması	1
13	Kalite kontrol	9,10
14	Hatalı montaj düzeltimi	13
15	Dış plastik kap yerleştirme	13,14



Şekil 5.3 B grubu ürünlere ait proseslerin montaj diyagramı

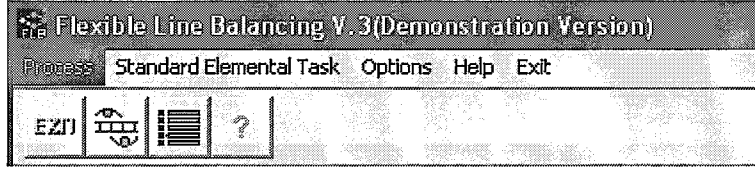
Mevcut atölye durumunda 4 operatörden her biri kendisine verilen işin tümünü kendisi gerçekleştirmektedir. Her işçi bir hücreyi temsil ediyor gibi düşündüğümüzde atölyede birbirinden bağımsız 4 kapalı istasyon vardır. Durum Şekil 5.4'te izah edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 5.4 Mevcut atölye durumu

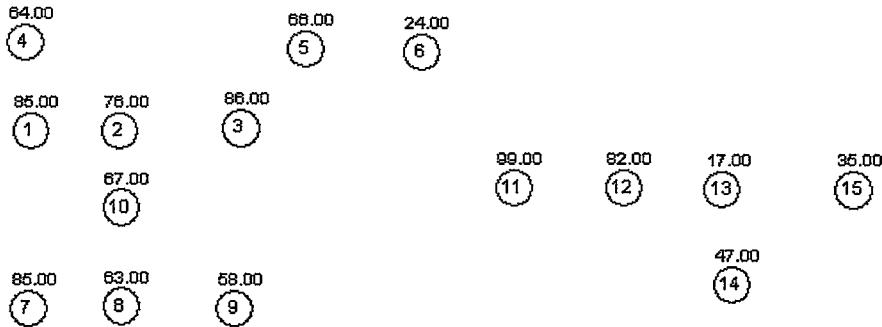
İşçilerin yeterince kalifiye oldukları göz önüne bulundurulursa bütün işi tek bir işçinin yapması yerine işçilerin ortak olarak tek bir mamul üzerinde kendi proseslerini içeren istasyon sınırlarında dönüşümlü (efor sarf eden işçi yorulunca diğer işçi ile proses grubunu değiştirebilir) çalıştıkları bir düzen daha verimli olacaktır. Böylelikle her işçiye ait operasyon hazırlık zamanı indirgenmiş olacaktır. Bu tür bir yapı ilerde siparişlerin artması durumunda mevcut işçi sayısını artırmadan çıktı oranını artıracak bir verimlilik artışını da beraberinde getirecektir. 4 işçiden oluşan bir düzende proseslerin istasyonlara en uygun dağılımları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Bu verilerin elde edilmesinde LG Electronic firmasına ait Flexible Line Balancing 3.0 programı kullanılmıştır. Şekil 5.5'te 4 işçi ile oluşturulmuş olan A parçasına ait proses yerleşimi ve iş istasyonları gösterilmektedir. Bu işlem B parçası içinde tekrarlanır. Mevcut durumda A parçası için standart zaman ortalama 916 sn ve B parçası için ise 449 sn'dir. İşletme sahibi ve çalışanlardan aldığım bilgiler doğrultusunda A parça özelliğine sahip ürünlerden günde ortalama 50 adet ve B parça özelliğine sahip ürünlerden 115 adet üretilmekteymiş. Firma sahibinin verdiği bilgi doğrultusunda gelecek sezon için mevcut siparişine ek olarak %20 fazladan A grubu mamul siparişi aldığını öğrendim. Bu durumda mevcut sistemin işlemesi mümkün gözükmemektedir. Çünkü B grubu parçalar yine kendi operatörleri tarafından üretilirken A grubunun montajı için mevcut kaynak durumu yetersiz gelebilecektir. Yeni durumun incelenmesi için ARENA 7.01 simülasyon programından yararlanarak, Flexible Line Balancing programının önerdiği atölye düzeninin gerçek hayatta hem yeni talep artışını karşılayıp karşılayamayacağı hem de eski sisteme göre daha verimli çalışıp çalışmadığını, oluşturduğum simülasyon ile ortaya koymaya çalıştım.

Flexible Line Balancing V.3 programına A grubu ürünlere ait verilerin girişi aşağıda özetlenmiştir. İlk olarak program ikonuna çift tıkladığımızda karşımıza çıkan pencereden “process” sekmesine tıklayarak (şekil 5.5) uygulamanın konusu olan A ve B grubu ürünlere ait verileri gireceğimiz şekil 5.6’daki pencere açılır.



Şekil 5.5 Flexible Line Balancing Ana Menü

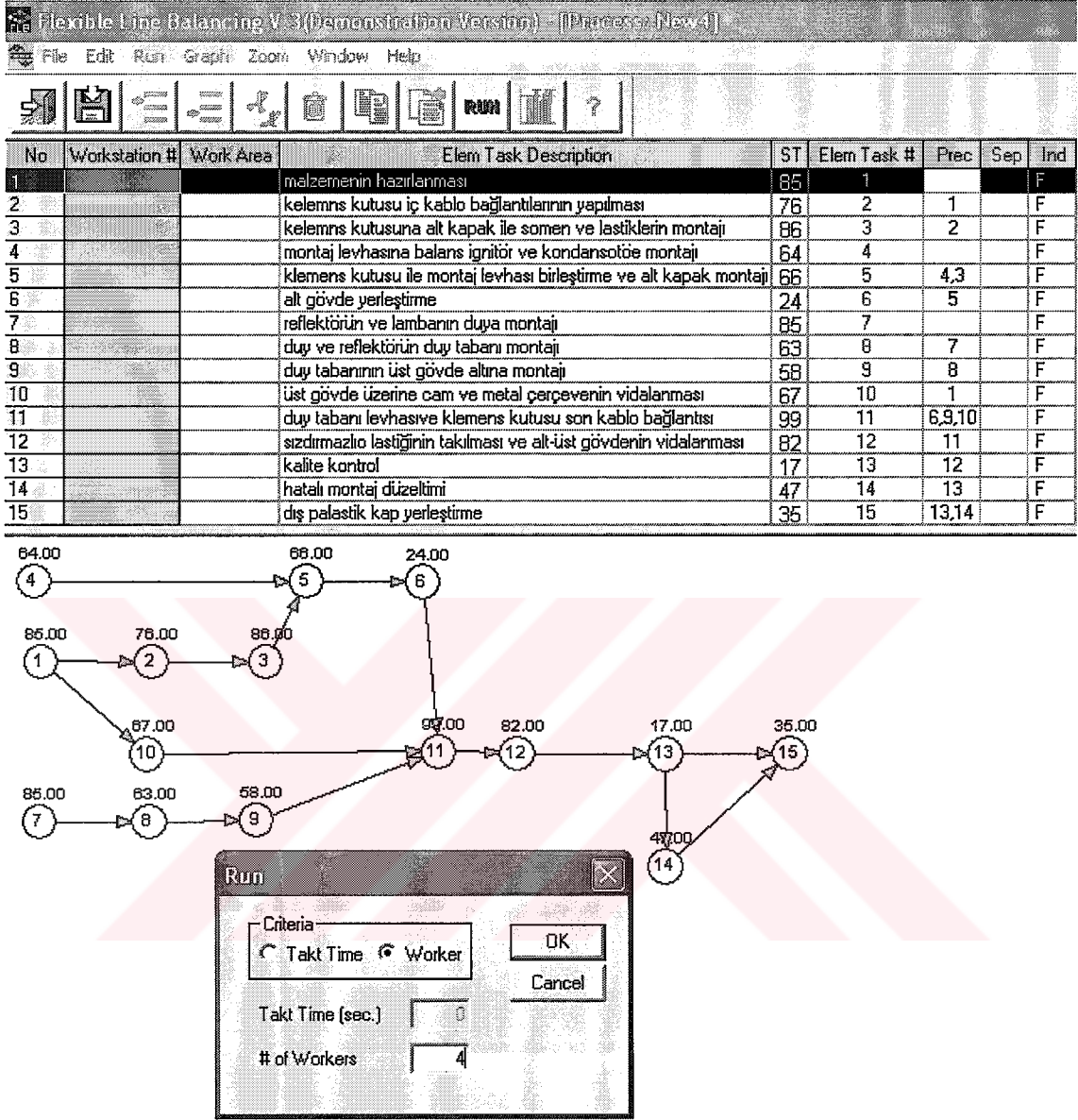
Flexible Line Balancing V.3(Demonstration Version) - [Process: New3]									
File Edit Run Graph Zoom Window Help									
No	Workstation #	Work Area	Elem Task Description	ST	Elem Task #	Prec	Sep	Ind	
1			malzemenin imalata hazırlanması	85	1			F	
2			klemens kutusu iç kablo bağlantısının yapılması	76	2			F	
3			klemens kutusuna alt kapak ile somun ve lastiklerinin montajı	86	3			F	
4			montaj levhasına balans ignitör ve kondansatör montajı	64	4			F	
5			klemens kutusu ile montaj levhası birleştirme ve alt kapak montajı	66	5			F	
6			alt gövde yerleştirme	24	6			F	
7			reflektörün ve lambanın duya montajı	85	7			F	
8			duy ve reflektörün duy tabanı montajı	63	8			F	
9			duy tabanının üst gövde altına montajı	58	9			F	
10			üst gövde üzerine cam ve metal çerçevenin vidalanması	67	10			F	
11			duy tabanı levhası ve klemens kutusu son kablo bağlantısı	99	11			F	
12			sızdırmazlık lastik contanın takılması ve üst alt gövdenin vidalanması	82	12			F	
13			kalite kontrol	17	13			F	
14			hatalı montaj düzeltimi	47	14			F	
15			dış plastik kap yerleştirme	35	15			F	



Şekil 5.6 Process Penceresi Veri Girişi

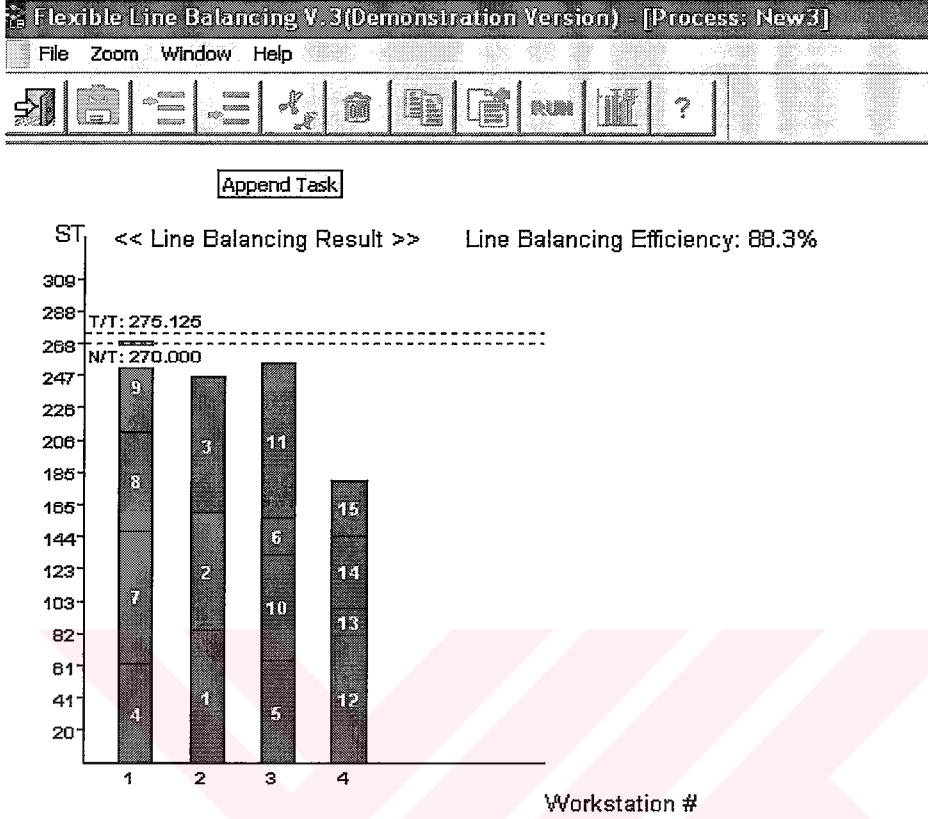
Bu pencerede ilk olarak çizelge 5.5 ve şekil 5.2’deki bilgiler ile çizelge 5.3’teki proseslerin standart zamanlarının girişi yapılır. Bunun için “append” komutu ile proses verilerinin

girileceği satırlar ve programın alt yarısında daire şeklinde gösterilen yuvarlak işlem şekilleri her bir proses için açılır. “Elem Task Description “ bölümüne işlemlere ait açıklayıcı bilgi veya isimler girilir. “ST” başlıklı bölüme ise ilgili standart zamanlar girilir. Prosesler arası öncelik ilişkileri ise şekil 5.7 de görüldüğü üzere “Prec” sütununa girilir. “Ind” sütununda yer alan hücrelerde 3 seçenek vardır. Eğer satırda tanımlanan proses bağımsız bir proses olarak bir operatör tarafından ele alınmışsa “T”, tezgah tarafından ele alınmışsa “M” ve eğer herhangi bir değer girilmemişse program otomatik olarak “F” değerini verir. Daha sonra program mönüsünden “Run” komutuna tıklanarak şekil 5.7’de gösterilen “RUN” penceresi açılır. Bu pencerede iki seçenek vardır. “Takt time” seçeneğine girilecek çevrim zamanını ile istenilen zamanı sağlayacak istasyon sayısının hesaplanması yapılır. “worker” seçeneği ile eldeki kaynak sayısı göz önünde bulundurularak prosesler istasyonlar arasında öncelik ilişkilerine göre en uygun şekilde paylaştırılır. Yaptığımız deneyde problem firmanın mevcut 4 işçi ile A grubu ürünlerdeki talep artışını karşılayıp karşılamayacağı görülmek istendiğinden aşağıda görüldüğü gibi “Run” penceresinde “worker” seçeneği işaretlenerek 4 değeri girilir ve “ok” düğmesine basılır.



Şekil 5.7 Process Penceresi Öncelik İlişkilerinin Gösterimi

Program otomatik olarak bize girdiğimiz veriler doğrultusunda hesaplanan istasyon durumlarına ait olan hat dengeleme verimliliğini gösteren tabloyu gösterir (Şekil 5.8 ve 5.9)

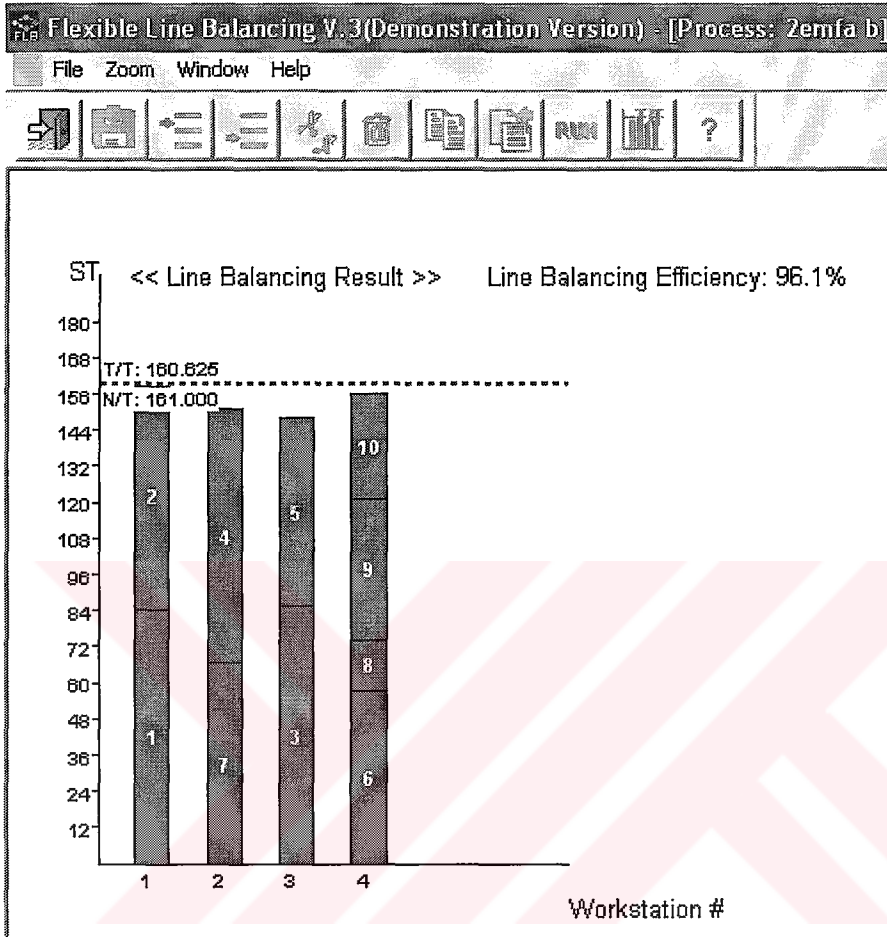


Şekil 5.8 A grubu üretim proseslerine ait hat dengeleme etkinliği

Yukarıdaki tabloda oluşturulan hattın etkinliği %88.3 olarak hesaplanmıştır. T/T (Takt time/çevrim zamanı) değeri bize mevcut çevrim zamanını vermektedir. Eğer “RUN” komutunu tekrar çalıştırır ve N/T değeri “takt time” seçeneği seçilerek girilirse elde edilecek hattın etkinlik değeri daha da yükselecektir. N/T değeri ien büyük işlem zamanına sahipistasyon süresini gösterir. Ancak bu uygulama çalışmasında geliş değerleri baştan bellidir bizim için önemli olan kaynak sayısının yani 4 işçiyle üretimdeki talep artışının karşılanıp karşılanmayacağı olduğundan yukarıdaki iyileştirme incelenmemiştir.

Aynı yerleşim şekli B grubu ürünlerin üretiminde hat etkinliği değeri şekil 5.9’da görüldüğü üzere %96.3 olmuştur. Yukarıda görüldüğü üzere mevcut durum için çevrim zamanı (T/T değeri) 113.688 sn olmuştur yuvarlak olarak bu değer 114sn olarak alınabilir.

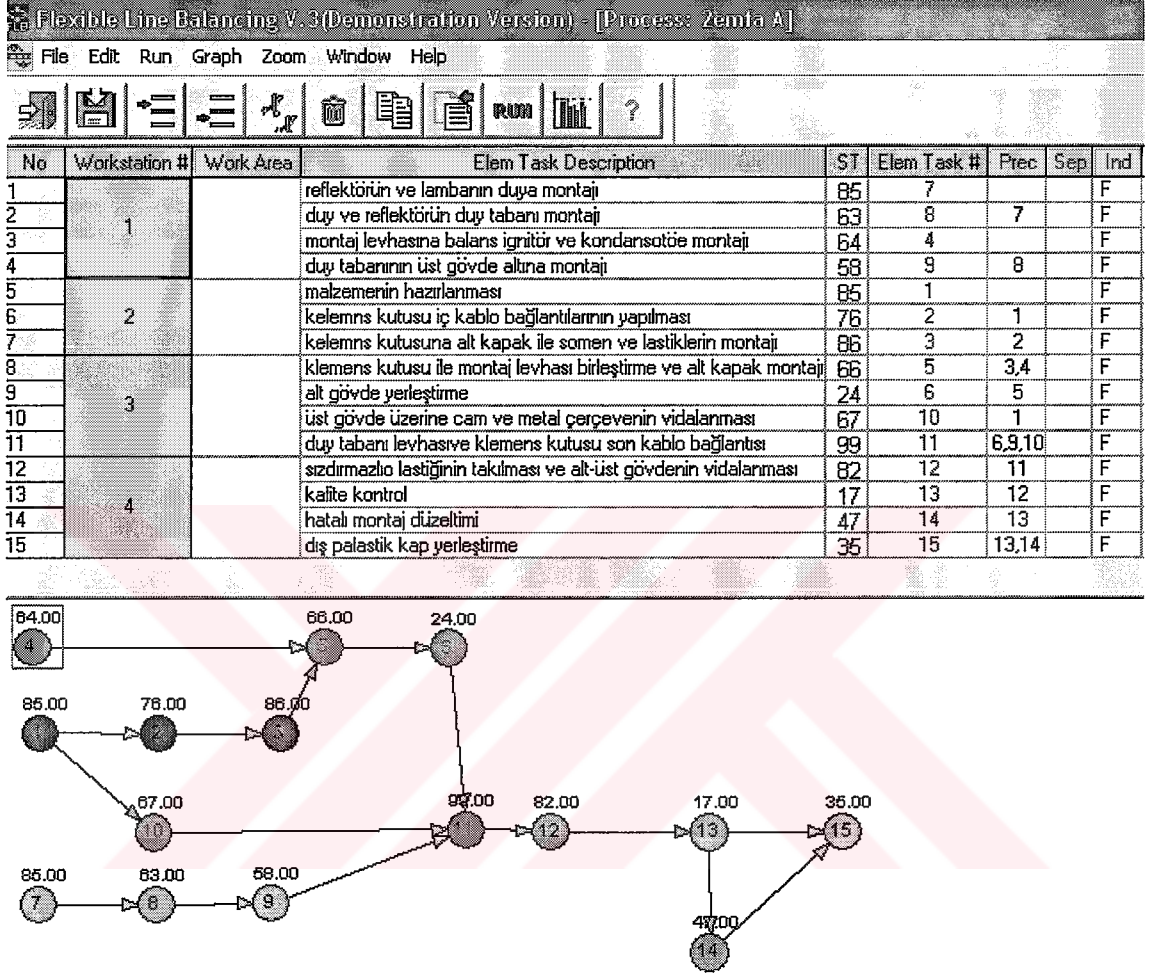
Tablo penceresi kapatıldığında istasyonlara ait proseslerin ayrı renklerde gösterildiği son dengelenmiş hatta ait pencere Şekil 5.10’da gösterilmiştir. Çizelge 5.7’de ise istasyonlara atanmış işlemlerin tablosu gösterilmektedir



Şekil 5.9 B Grubu üretim proseslerine ait hat dengeleme verimliliği

Çizelge 5.7 İstasyonlara Proseslerin Atanması

Ürün Grubu	İşlem Numarası	İşlem Süresi (sn)	Çevrim zamanı (sn)	Kalan Süre (sn)
A	4,7,8,9	270	275,1	5,1
A	1,2,3	247	275,1	28,1
A	5,10,6,11	256	275,1	19,1
A	12,13,14,15	181	275,1	94,1
B	1,2	161	160,2	-0,8
B	4,7	157	160,2	3,2
B	3,5	149	160,2	11,2
B	10,9,8,6	157	160,2	3,2



Şekil 5.10 Flexible Line Balancing 3.0 A parçası için istasyon oluşumu gösterimi

5.2 Girdi Dağılımlarının Oluşturulması

Bir benzetim çalışması içerisinde en önemli ve en masraflı kısım benzetim çalışmasının temelini oluşturacak olan istatistiksel verilerin toplanmasıdır. Bu verilerin doğru toplanmış olması yapılacak benzetim çalışmasının gerçek hayatta oluşacak performansla yakın bir performans göstermesini sağlayacaktır. Girdi dağılımlarının oluşturulmasında ARENA 7.01 programı dahilindeki Input Analyser modülünü kullandım. İlk olarak prosese ilişkin ölçümlenen zamanları aralarında tek karakter boşluk bırakarak, formatsız bir yazı editörü yardımı ile .dst uzantısı ile kaydettim. Analiz programı ile bu dosyayı açarak mevcut verinin dağılım eğilimini belirledim. Bu noktadan sonra eğer analiz programında fit all seçeneği seçilirse program kendisi en uygun dağılımı seçmektedir.

Olasılık dağılımları teorik ve ampirik dağılım olarak ikiye ayrılırlar. Teorik dağılımlar eldeki verinin çok olduğu zaman daha doğru sonuç vermektedir. Bu tip dağılımda örneklemeler matematiksel formüllerle yapılır. Ampirik dağılımlar ise eldeki veri örnek kütesinin az olduğu durumlarda gerçeğe daha yakın sonuçlar vermektedir. Üssel ve gamma dağılımları teorik dağılımlara örnek olarak verilebilir. Buna ek olarak her iki dağılım kesikli ve sürekli olarak alt gruba ayrılır üssel, triangular, weibull, normal ve uniform gibi dağılımlar sürekli teorik dağılımlar olup benzetim modellerinde zaman uzunluklarının temsilde kullanılırlar. Poisson dağılımı ise kesikli bir dağılım olup sadece tam sayı değerleri temsil edebilmektedir. Belirli bir aralıkta geçekleşen olay sayısının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Bir başka dikkat edilecek hususta şudur ki Normal dağılım ve Triangular dağılım bir prosesi tasvir etmede kullanılabilecek en uygun dağılımlardır. Normal dağılım ARENA içersinde uzun zamanlı benzetimlerde anormal büyüklükte proses zamanlarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. O nedenle triangular dağılımı proses zamanlarının temsilde daha verimli olacaktır.

Bunlara ek olarak dağılım seçiminde yardımcı olan 2 tane duyarlılık analizi vardır. Analiz programı κ^2 ve Kolmogorow - Smirnow testleri ile seçilen dağılımın uygunluğunu belirler.

Çizelge 5.8 ve 5.9 yukarıdaki esaslara göre girdi dağılımlarının Input Analyzer ile oluşturulmuş dağılımlarını göstermektedir.

Çizelge 5.8 A Parçası İçin Dağılımlara Göre Proses Tablosu

İşlem No	İşlem Tanımı	Dağılım	Uygunluk Testi
1	Malzemenin imalata hazırlanması	TRIA(43,47,48)	P=0.15
2	Klemens kutusu iç kablo bağlantılarının yapılması	TRIA(72,76,78)	P=0.10
3	Klemens kutusuna alt kapak ile somun ve lastiklerin montajı	TRIA(85,86,88)	P=0.09
4	Montaj levhasına balans ignitör ve kondansatör montajı	TRIA(61,64,67)	p=0.08
5	Klemens kutusu ile montaj levhası birleştirme ve alt kapak montajı	TRIA(65,66,68)	p=0.065
6	Alt gövde yerleştirme	TRIA(20,24,26)	p=0.073
7	Reflektörün ve lambanın duya montajı	TRIA(83,83,87)	p=0.12
8	Duy ve reflektörün duy tabanı montajı	TRIA(60,63,64)	p=0.097
9	Duy tabanının üst gövde altına montajı	TRIA(57,58,62)	p=0.14
10	Üst gövde üzerine cam ve metal çerçevenin vidalanması	TRIA(64,67,68)	p=0.085
11	Duy tabanı levhası ve klemens kutusu son kablo bağlantısı	TRIA(97,99,103)	p=0.12
12	Sızdırmazlık lastik takılması ve alt üst gövdenin vidalanması	TRIA(80,82,84)	p=0.18
13	Kalite kontrol	TRIA(13,17,24)	p=0.092
14	Hatalı montaj düzeltimi	TRIA((44,47,49)	p=0.11
15	Dış plastik kap yerleştirme	TRIA(33,35,39)	p=0.105

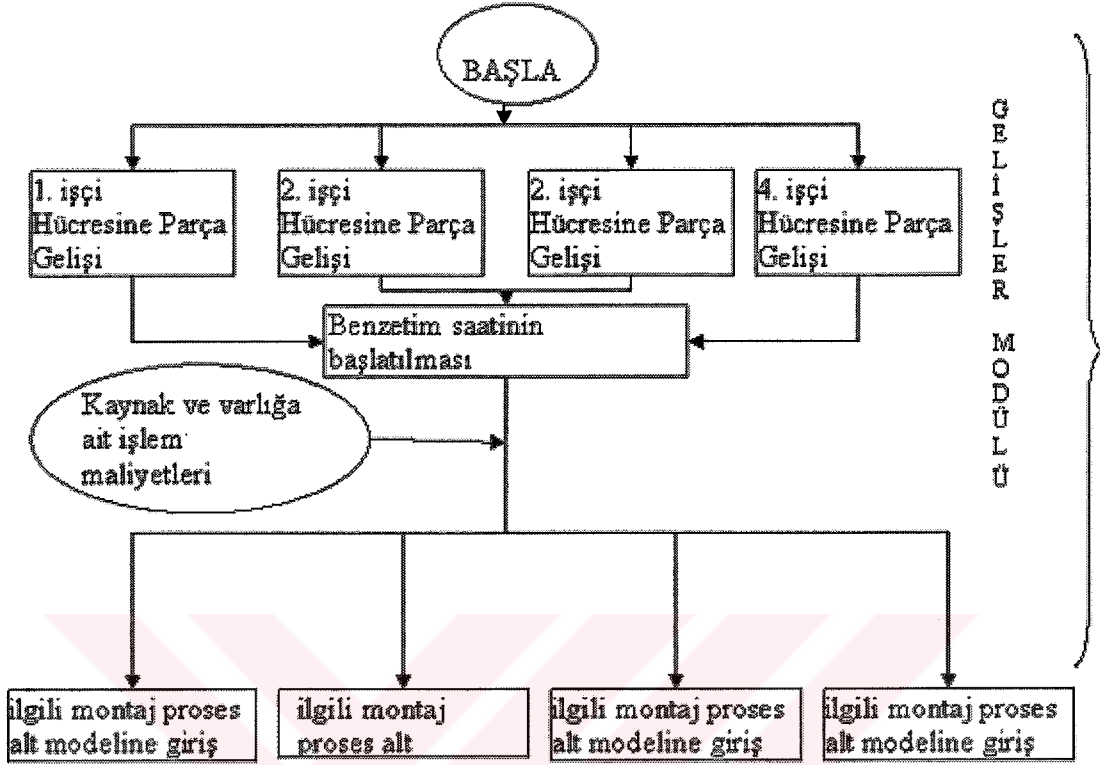
Tablo 5.9 B Parçası için Dağılımlara Göre Proses Tablosu

İşlem No	İşlem Tanımı	Dağılım	Uygunluk Testi
1	Malzemenin imalata hazırlanması	TRIA(55,57,60)	p=0.14
2	Klemens kutusu iç kablo bağlantılarının yapılması	TRIA(60,64,68)	p=0.102
3	Klemens kutusuna alt kapak ile somun ve lastiklerin montajı	TRIA(47,50,52)	p=0.1
7	Reflektörün ve lambanın duya montajı	TRIA(52,55,56)	p=0.95
8	Duy ve reflektörün duy tabanı montajı	TRIA(54,55,57)	p=0.12
9	Duy tabanının klemensle bağlantısı	TRIA(40,42,44)	p=0.13
10	Üst gövde üzerine cam ve metal çerçevenin vidalanması	TRIA(43,44,47)	p=0.87
13	Kalite kontrol	TRIA(23,27,29)	P=0.80
14	Hatalı montaj düzeltimi	TRIA(28,30,34)	p=0.79
15	Dış plastik kap yerleştirme	TRIA(23,27,29)	p=0.79

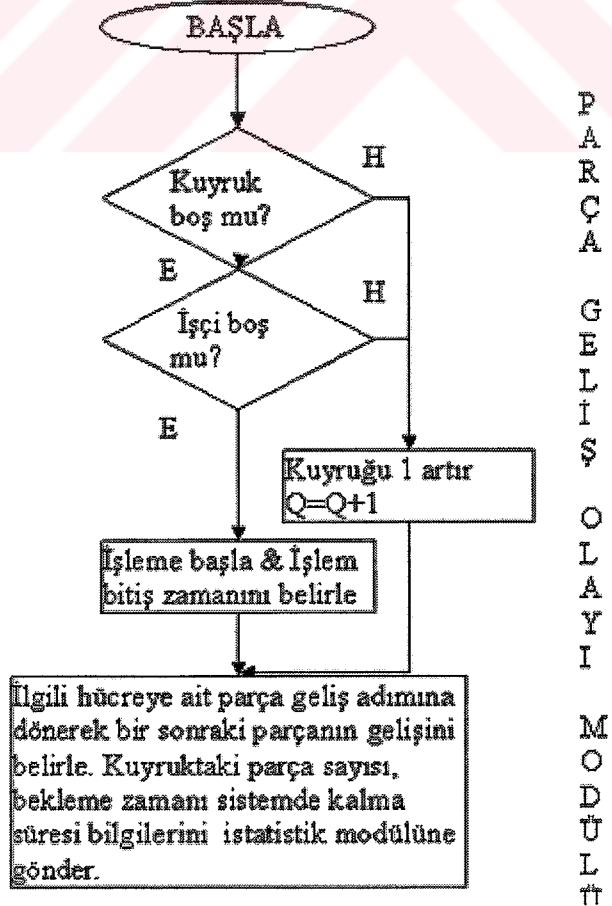
5.3 Modelin Anlatımı

5.3.1 Mevcut Durumun Modellemesi

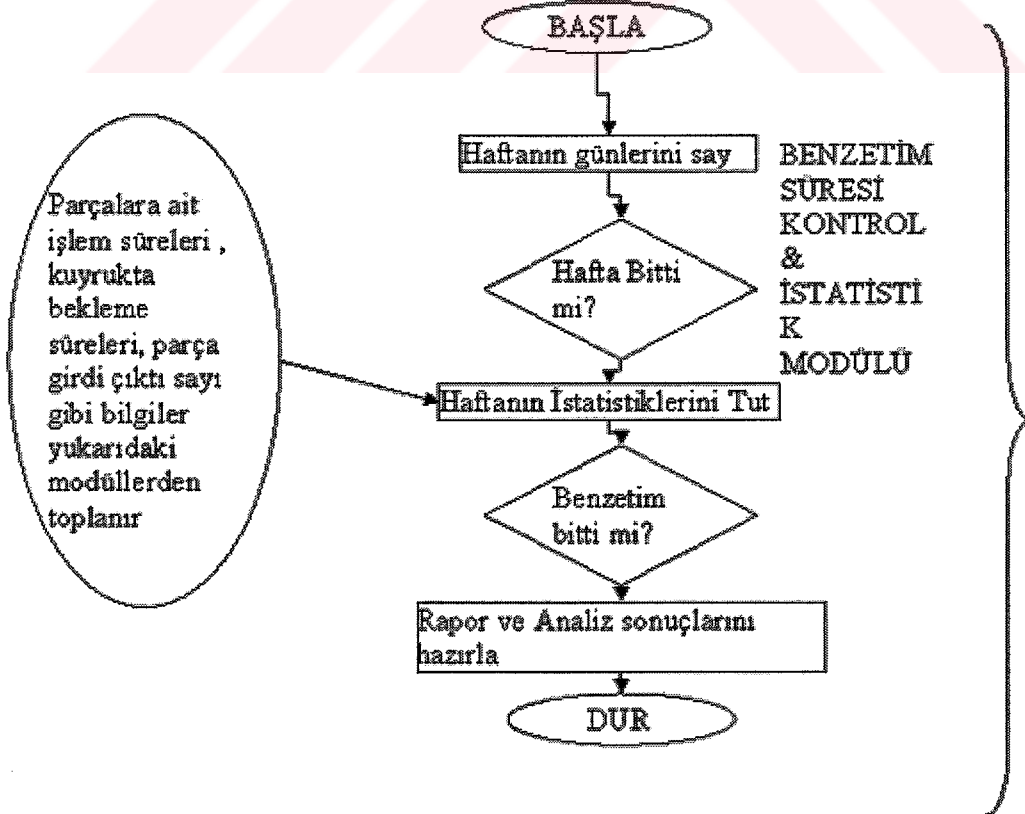
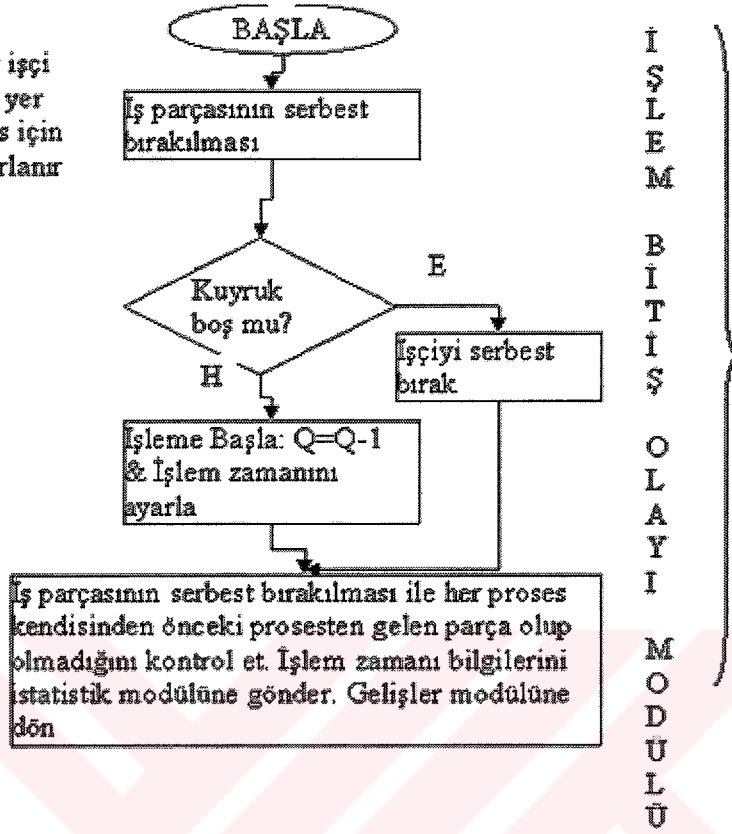
İlk olarak mevcut sistemin işleyişini içeren modeli kurdum. Bu sistem yukarda şekil 5.4'te gösterilmiştir. Bu sistemin modeli aşağıdaki gibi kurulmuştur. Şekil 5.11'de atölyenin hat dengeleme çalışması yapılmadan önceki durumunun modeli gösterilmiştir. A ve B modelleri kendilerine ait alt modellerde proses esaslı olarak modellenmişlerdir. Sırasıyla şekil 5.12 ve 5.13 bu alt modellere ait yapıyı göstermektedir. Birinci ve ikinci deneyde kullanılan algoritma aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. İlk modül parça gelişlerini tayin eden gelişler modülüdür. Areana kesikli-olay bazlı bir mantığa sahip olduğundan parça geliş olayı ve işlem bitiş olayı olmak üzere 2 olay döngü modülüne sahiptir. Bu modüllerden elde edilen varlıklara ait kuyrukta bekleme süresi, sistemde bekleyen parça sayısı, ortalama işlem zamanı gibi bilgiler son modül olan benzetim çalışmasının girilen tekrar sayısına göre bitmesini ve çalışmasının istatistiksel verilerini tutan İstatistik & Zaman kontrol modülüne iletilir.

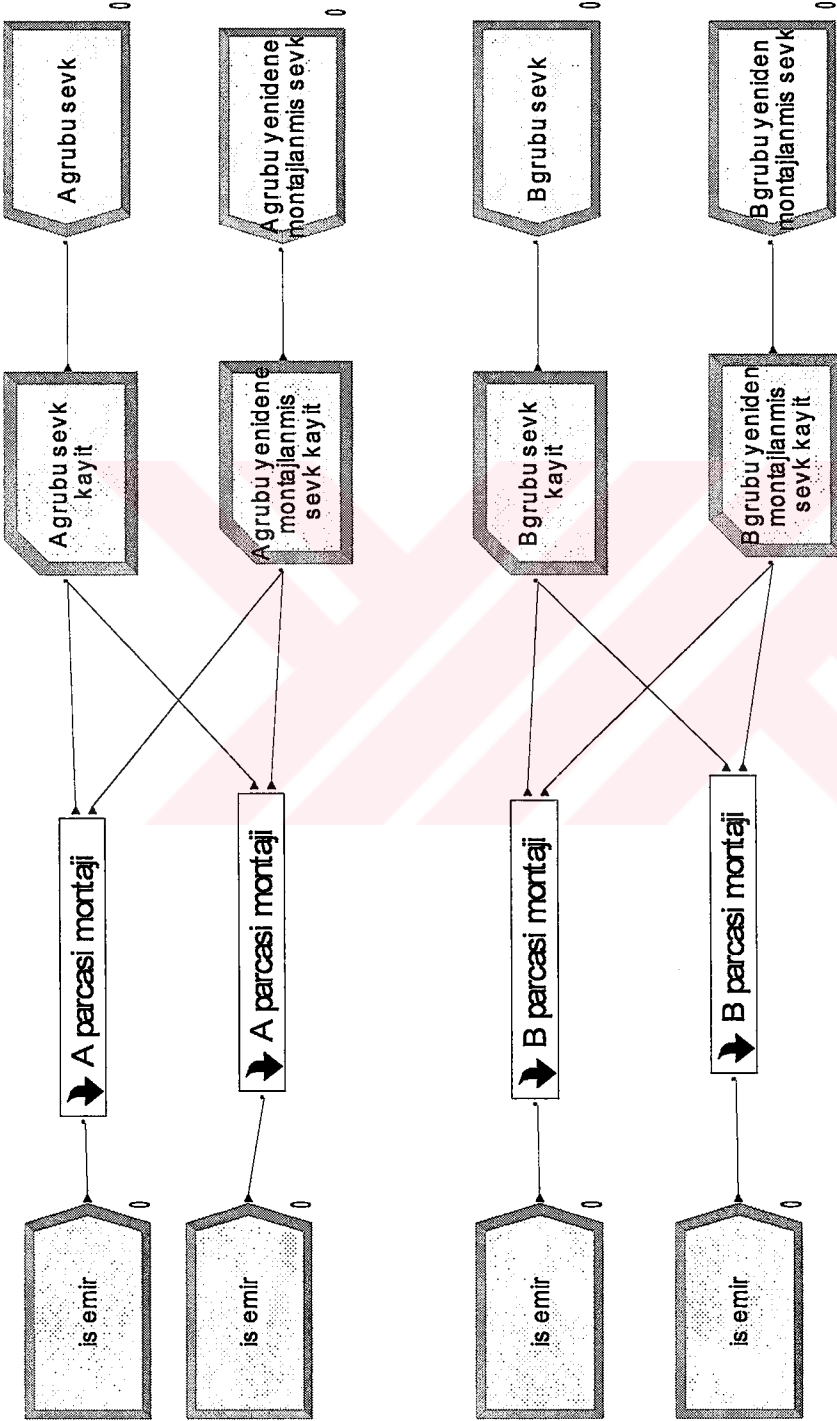


Bu döngü her işçi hücresi içinde parça gelişleri için tekrarlanır

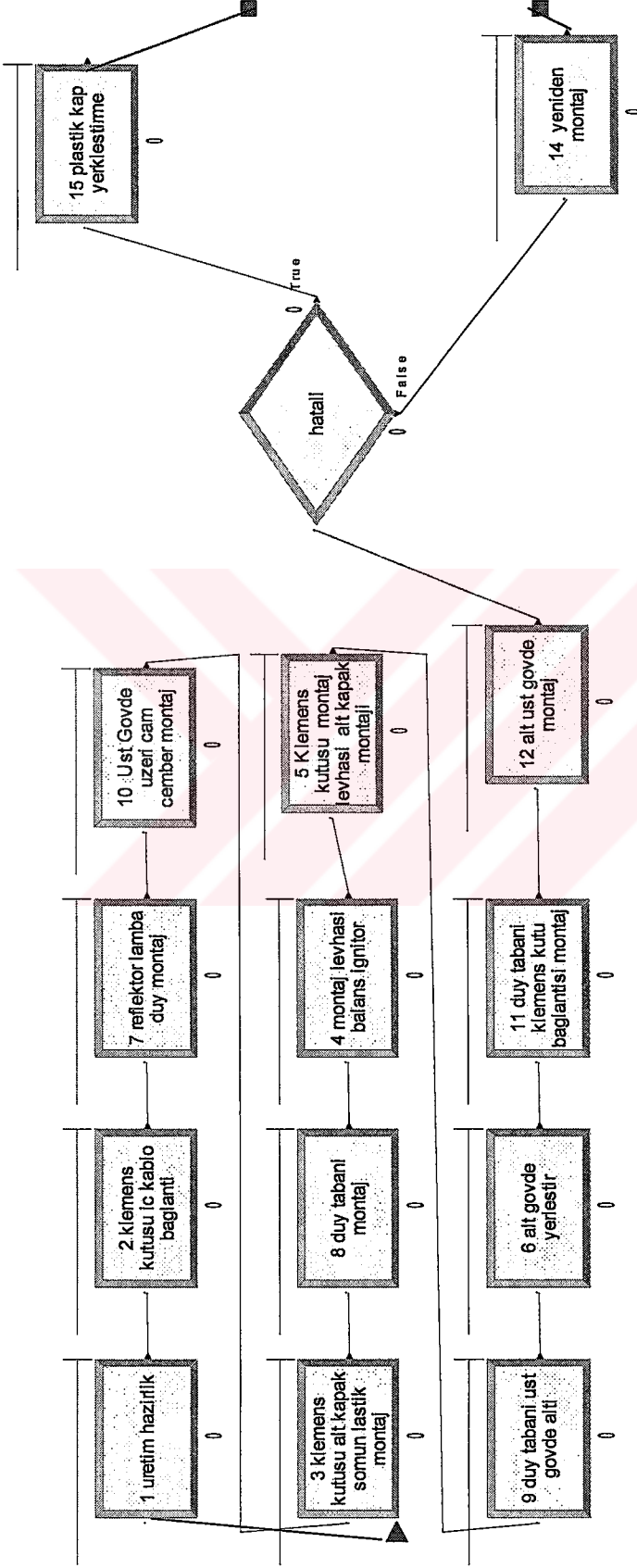


Bu döngü her işçi hücresi içinde yer alan her proses için ayrı ayrı tekrarlanır

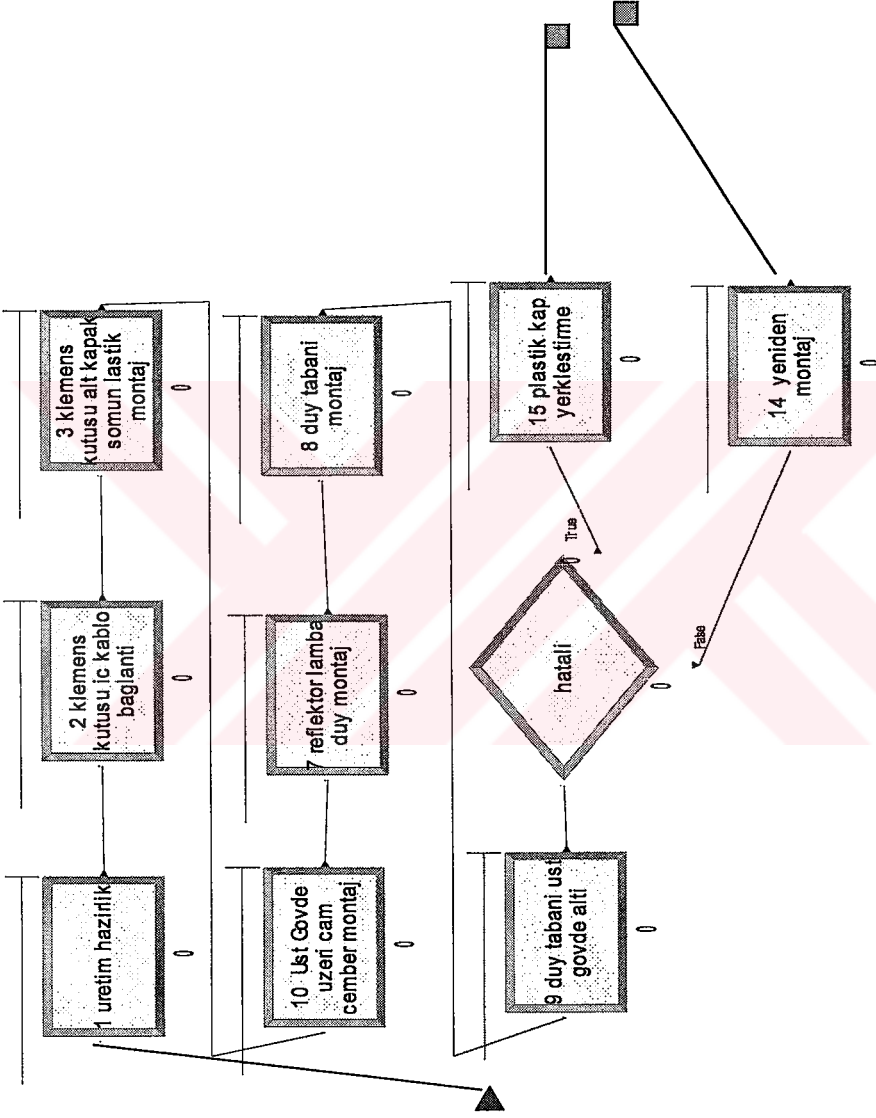




Şekil 5.11 Atölyenin Hat dengeleme çalışması yapılmadan önceki modeli



Şekil 5.12 A grubu parçalara ait proses modellemesi



Şekil 5.13 B grubu parçalara ait proses modellemesi

Firma bu durumda A parçası için günde ortalama 50 adetlik üretim gerçekleştirmektedir, B parçası için ise günde ortalama 115 adetlik üretim gerçekleşmektedir. Mevcut durumda A ve B parçası üreten istasyonlar için çevrim zamanları aşağıdaki gibidir.

A parçası için

1 günde çalışılan toplam dakika = 8 saat X 60 dakika = 480 dakika

Çevrim zamanı = $28800 \text{ sn} / 25 \text{ adet/(gün)}$ istasyon başına = 1152 sn dakika

B parçası için

1 günde çalışılan toplam dakika = 8 saat X 60 dakika = 480 sn

Çevrim zamanı = $28800 \text{ sn} / 55 \text{ adet/(gün)}$ istasyon başına = 523 sn

Bu modele ait raporlar ek1 de görülebilir. Raporlardan da anlaşılabileceği üzere işçilerin kullanım oranları çok yüksek değildir ve bir miktar atıl kapasite vardır.

Firma önündeki sezon üretimini yabancı firma ile yaptığı fason üretim anlaşması dolayısı ile A grubu ürünlerde %20 oranında artıracaktır. Bu durum mevcut kapasiteyi yetersiz kılmaktadır. Elde edilmesi istenilen çevrim zamanları aşağıdaki gibidir

A parçası için

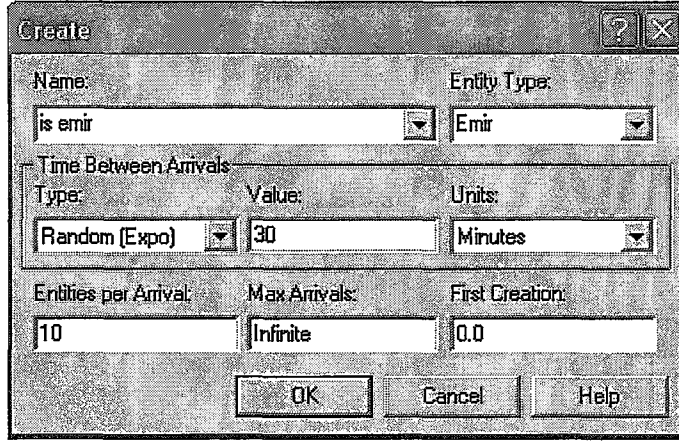
1 günde çalışılan toplam dakika = 8 saat X 60 dakika = 480 dakika

Çevrim zamanı = $28800 \text{ sn} / 30 \text{ adet/(gün)}$ istasyon başına = 960 sn dakika

B parçası için ise 523 sn'dir.

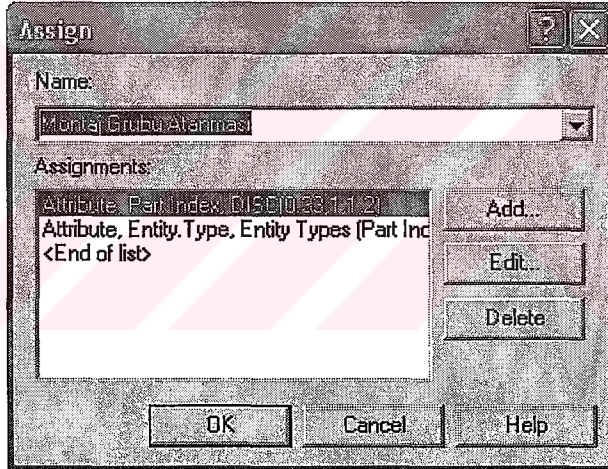
5.3.2 Önerilen Durumun Modellemesi

Mevcut çalışan sayısı ile artacak çalışma saati ihtiyacını karşılayacak olan daha verimli bir model kurmak gerekmektedir. Bu nedenle yan zamanların neden olduğu kaybı önleyen her ustanın kendi işlemine ait hazırlık zamanını yerine tek ustanın tüm işlem için tek hazırlık zamanı gerçekleştirmesine olanak veren bir model oluşturmaya çalıştım. Bu modelde ilk olarak "create" modülü ile A ve B parçalarına ait iş emri gelişlerini oluşturdum. Her yarım saatte 10'luk partiler halinde bir iş gelişi olmaktadır. Modülü oluşumu şekil 5.14'de gösterilmiştir.



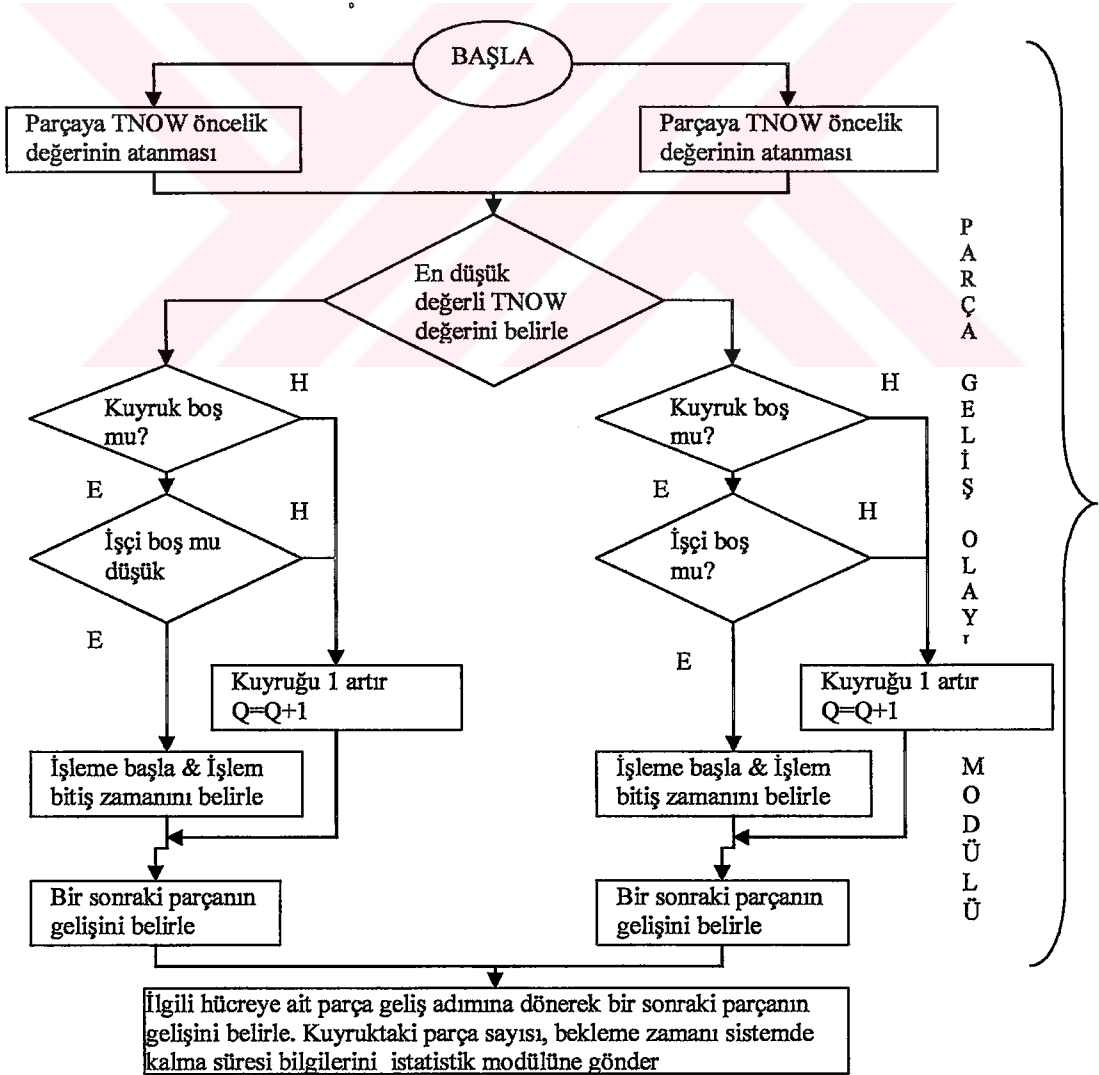
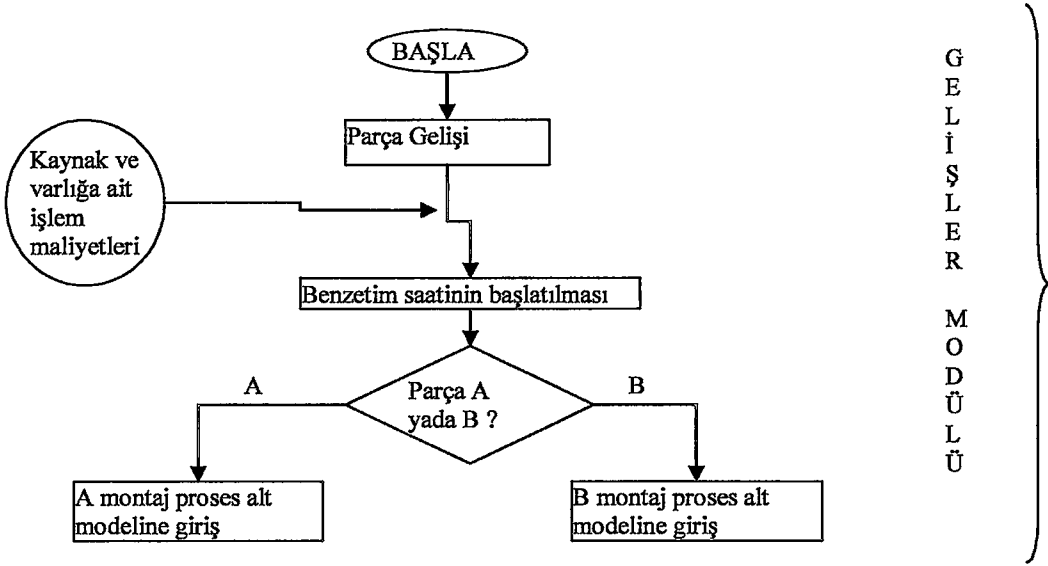
Şekil 5.14 Gelişleri belirleyen “create” modülü

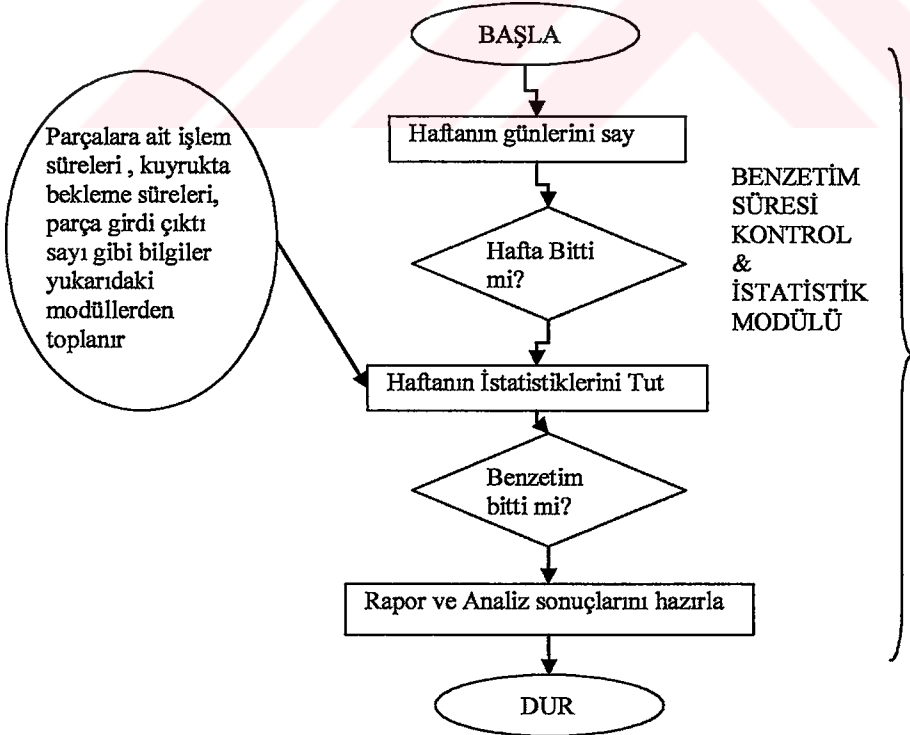
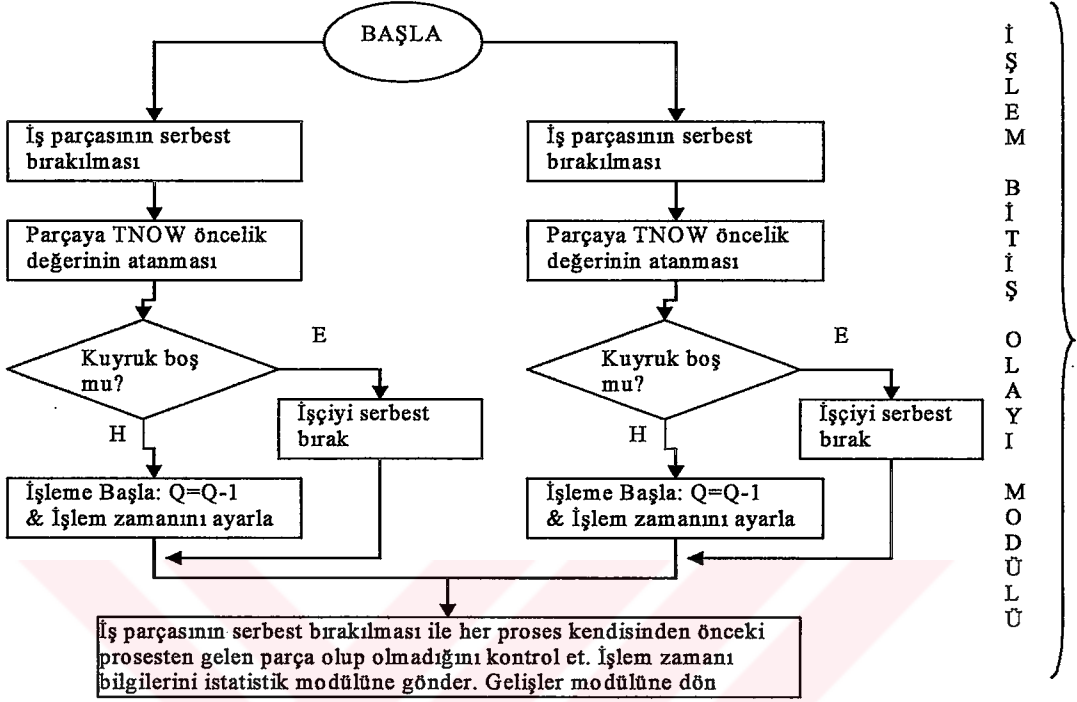
Daha sonra bu modülden “assign” modülüne geçen iş emrine modülde “attribute” özelliği ile A yada B grubuna ait olması özelliği atanırken A veya B parçası olma olasılığı belirtilir.

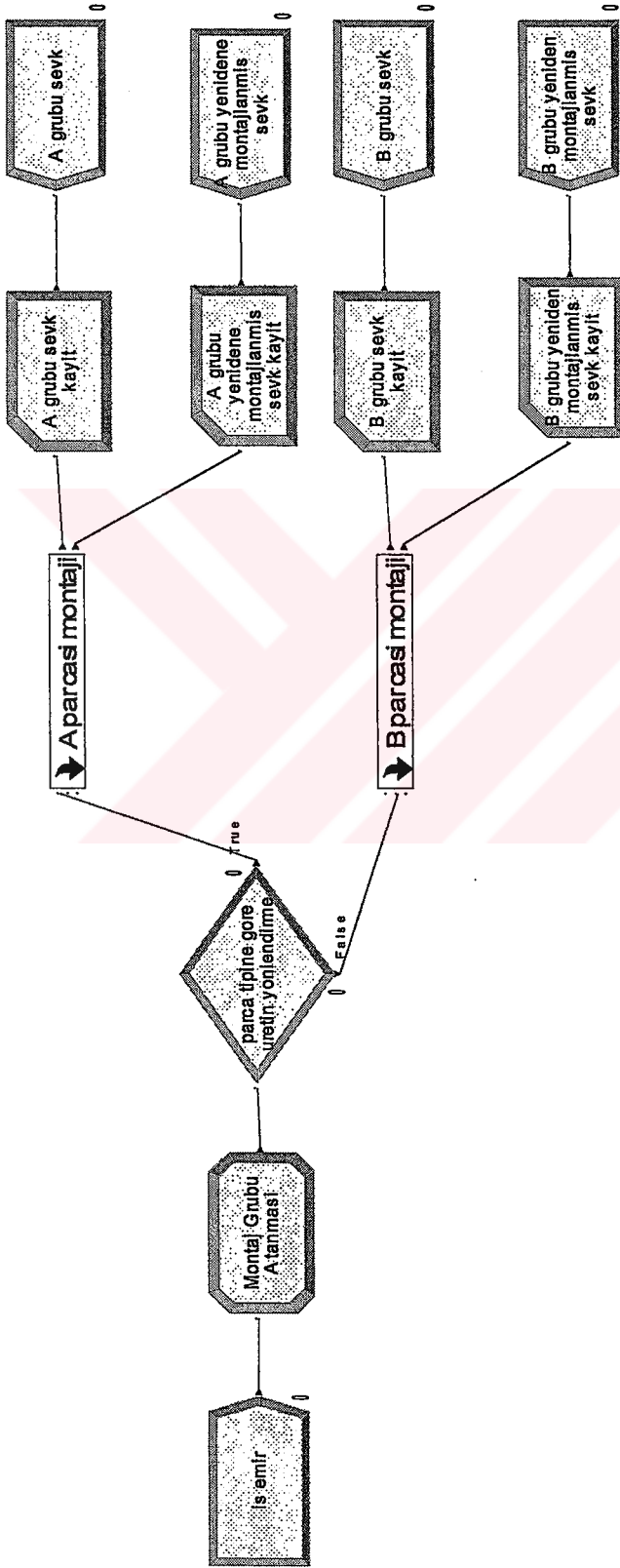


Şekil 5.15 “Assign” modülü ile iş emri özellikleri atanması

Daha sonra iş emri A veya B grubu parça olduğuna karar veren karar modülüne giderek A veya B parçası montaj modülüne yönlendirilir. Önerilen duruma ait algoritma aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Diğer algorithmadan farklı olarak işlemler tek bir hatta parçalara atana “TNOW” öncelik değerine göre kaynakların kullanımı yoluyla gerçekleştirilmektedir.

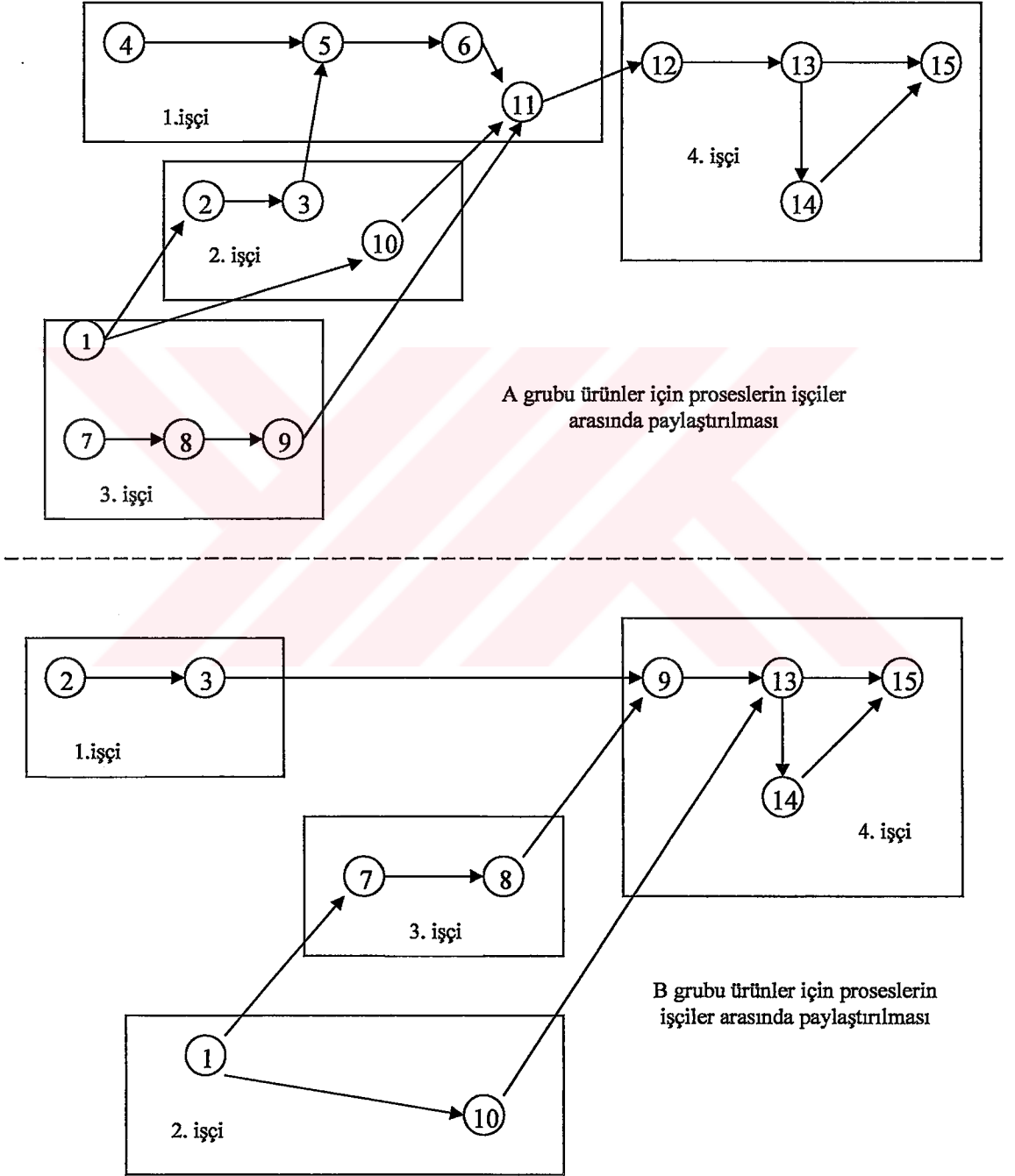




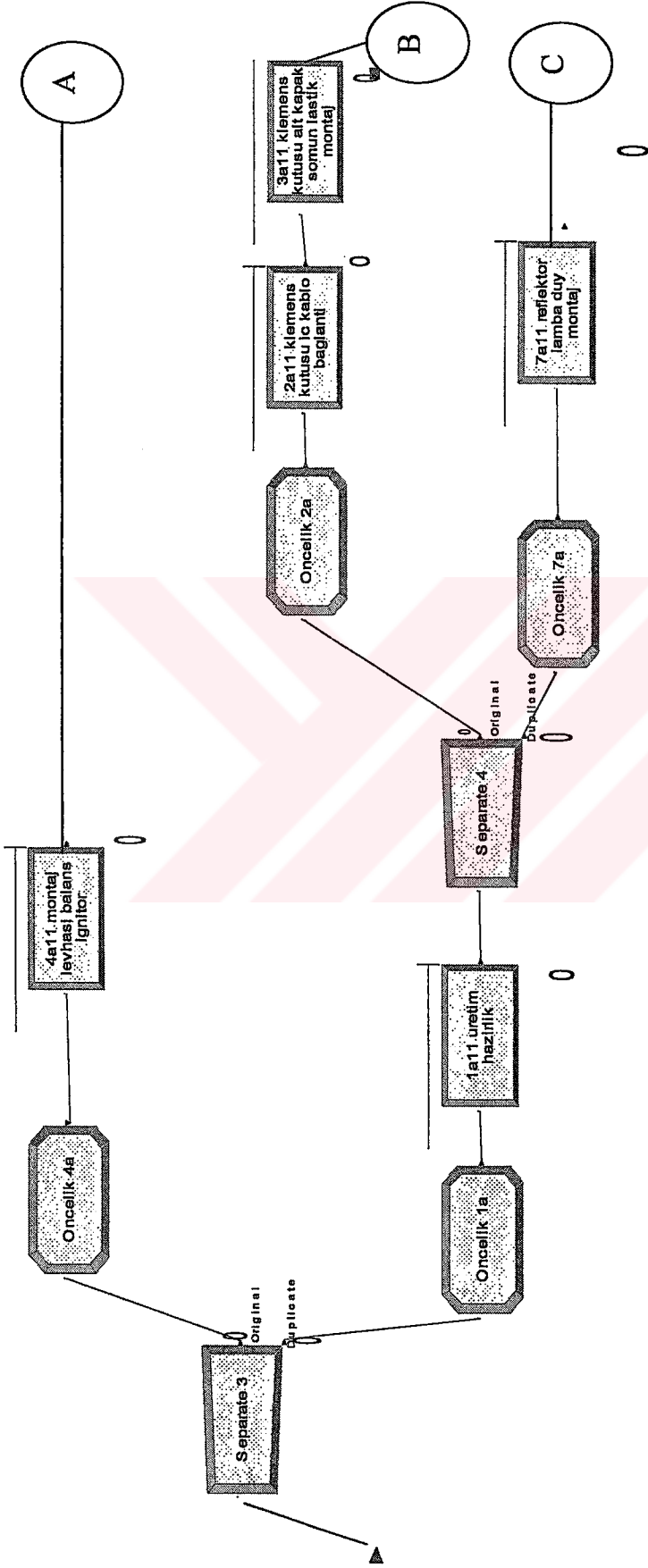


Şekil 5.16 A ve B parçasının önerilen durumda modellemesi

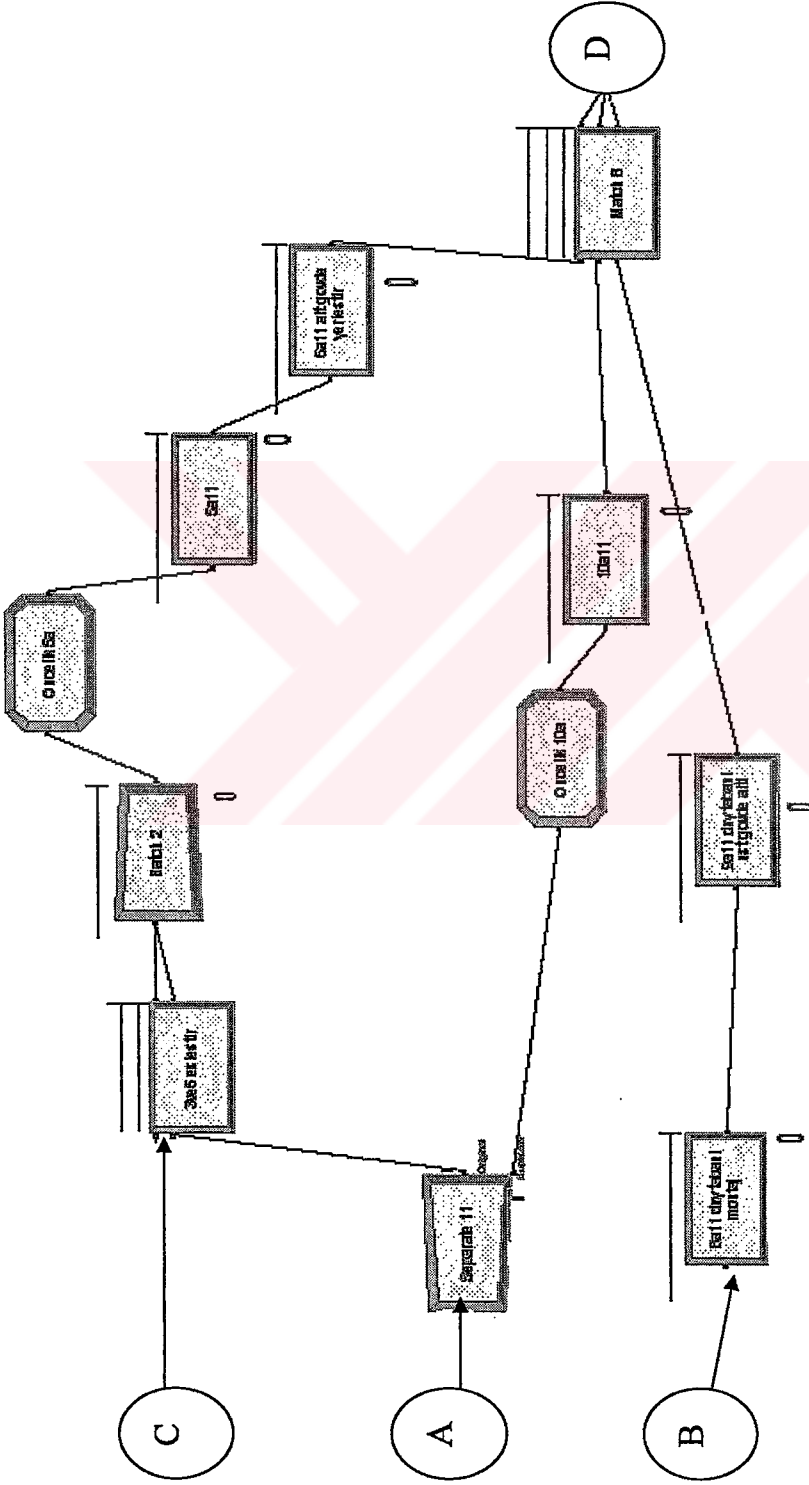
Bu yazıda sadece A parçası montaj alt modülünün oluşturulmasını anlatacağım çünkü diğer modellerin oluşturulma biçimi mantık olarak aynı olup sadece modül içeriklerinin atanması farklıdır. 4 işçi için A ve B grubu parçası için proseslerin işçiler tarafından paylaşılmış şekilleri aşağıdaki gibidir.



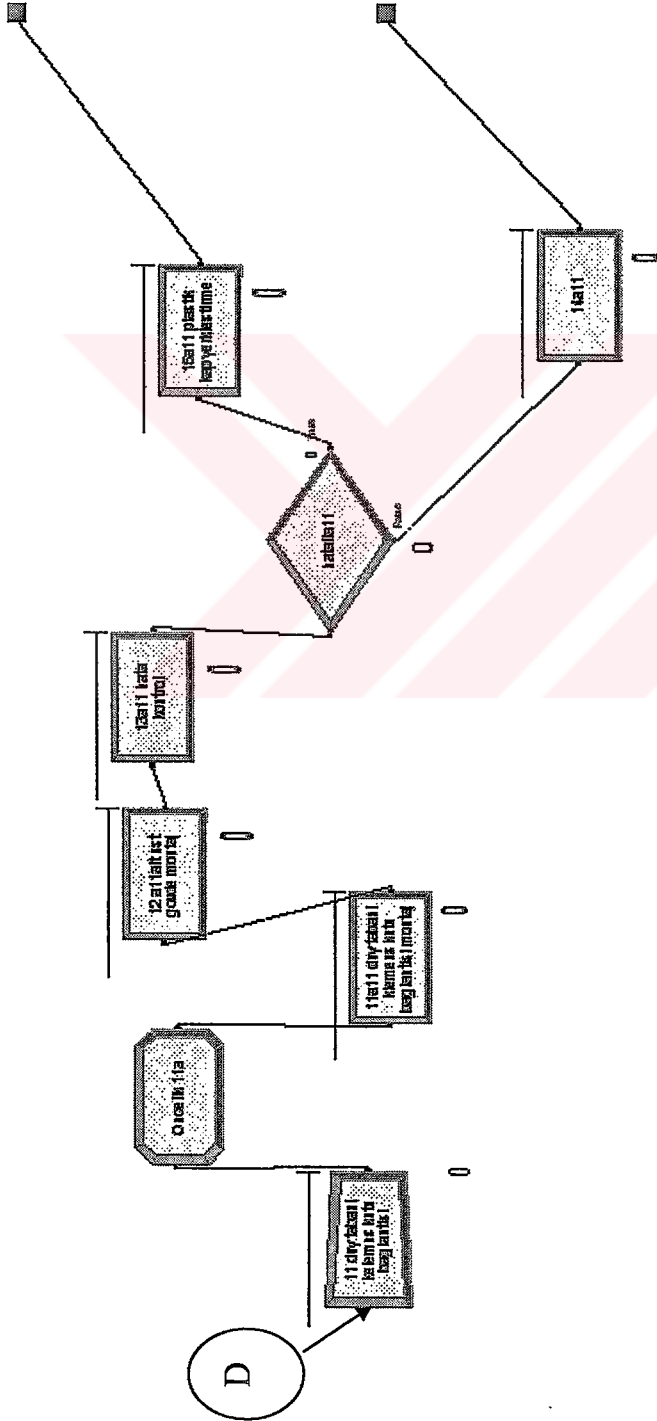
Şekil 5.17 A ve B grubu mamullerin üretiminde işçilerin proseslere göre dağıtımı



Şekil 5.18 a A parçası grubuna ait alt model



Şekil 5.18 b A parçası grubuna ait model

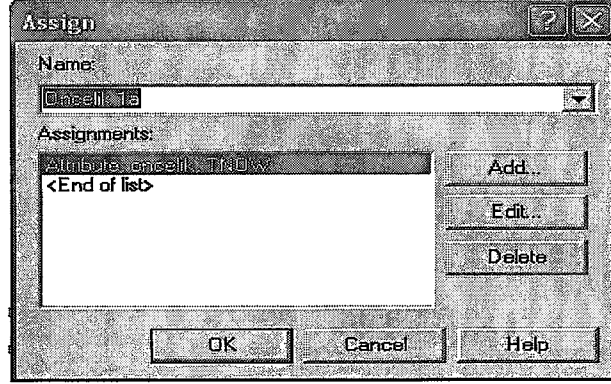


Şekil 5.18 c A parçası grubuna ait model

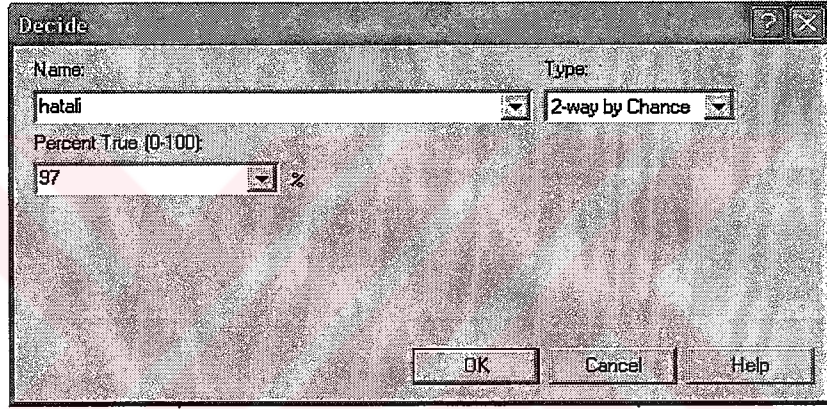
Burada daha önce akım şemasını çizdiğimiz 15 proses modülü vardır. A grubuna ait 2 numaralı prosesin modülünün oluşturmak için, prosesin adını , kullandığı kaynağın adını, ve proses zamanına ait dağılımlar şekil 5.19’da görüldüğü gibi girilir

Şekil 5.19 Proses modülünde verilerin girilmesi

Modelde yer alan “seperate” modülü varlığın bir kopyasını yaratarak bağımsız bir prosesin aynı zamanda başlamasını yaratmak için kullanılmıştır. “match” modülü ise 3 ile 5 ve numaralı proseslerde montajı bitmiş parçayı iki ayrı kuyrukta biriktirir ve ikisinden birer tane olduğunda bir sonraki proses modülüne gönderir. 11 numaralı “batch” modülü 6,10 ve 9 numaralı işlemlerden gelen parçaları tek bir bileşik parça haline getirerek birleştirir. Daha sonra 12 numaralı proses modülünden sonra yerleştirilen bir karar modülü ile son montaj aşamasına gelen parçanın çalışıp çalışmadığı kontrolü yapılarak ; hatalı olması durumunda yeniden montaj işlemine gitmesi, sağlam olması durumunda ise direkt alt modelden çıkışa yönlendirilir. Burada kullanılan karar modülü 2 seçenekli şans seçimidir. Ürünün hatalı çıkma şansı %3 olarak belirlenmiştir (şekil 5.21). Prosesler arasında modelde bulunan “Öncelik” başlıklı “Assign” modülleri ile o konumdaki i parçalarına TNOW özelliği verilmiştir. Proses modülleri parçaları “Öncelik” adlı “priority” kuralı ile işleme almaktadır. Yani sisteme en erken giren parça ilk önce işlenmektedir.

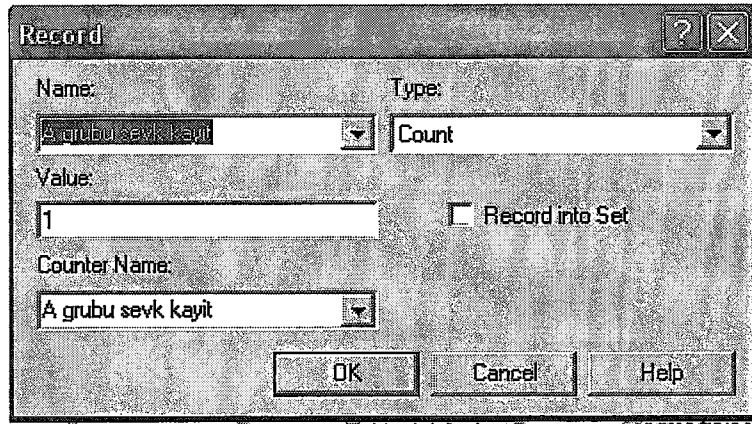


Şekil 5.20 “Öncelik” kuralın kullandığı TNOW değerinin verilmesi

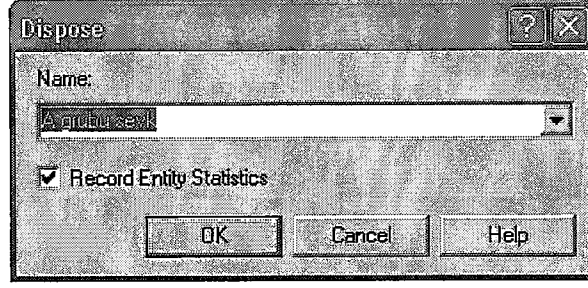


Şekil 5.21 Hatalı parça karar modülü

Artık alt modelden çıkan son montaj varlığı (parça A)’nın sayısı “record” modülü ile kayda geçilir ve “Dispose” modülü ile sistemden çıkartılır. Alt modüllerden 2’şer çıkış yeniden montajı yapılmış parçalar ile direkt sağlam çıkan parçaların ayrı ayrı kaydının tutulmasını sağlamaktadır. Bu işlemler şekil 5.22 ve 5.23’te sırasıyla gösterilmiştir.



Şekil 5.22 A grubu sağlam parçalar için “record” modülü



Şekil 5.23 A grubu sağlam parçalar için Dispose modülü

5.4 Benzetim Deneylerinin Yorumlanması

Daha önce şekil 5.11’de gösterildiği şekli ile çalışan Atölye, A parçası için %20 talep artışı ile karşılaştığında normal çalışma temposu ile bunu karşılayamayacaktır. Bu deney çalışmasında ve bundan sonraki deney çalışmalarında deneyin süresi olarak 1 hafta belirlenmiştir. Firma siparişlerini genel olarak bir hafta öncesinden almaktadır. Yeterli sayıda tekrar olması için her deney 100 kez tekrarlanmıştır. İlk olarak mevcut durumun verilerine bir göz atalım. A parçası ve kaynakların maliyetleri aşağıdaki gibidir

A sistemde kalma maliyeti : 5 birim

B sistemde kalma maliyeti: 2 birim

A kuyrukta bekleme maliyeti: 10 birim

B kuyrukta bekleme maliyeti: 5 birim

Sistemde kaynak olarak dört işçi kullanılmıştır. Kullanılan kaynakların çalışma halinde ve boşken ki maliyetleri aşağıdaki gibidir:

İşçilerin çalışırken ki maliyeti: 1000 birim

İşçilerin boş durumdaki maliyeti: 2000 birim

Boş durumdaki ceza maliyeti kaynakların daha verimsiz kullanıldığı sistemin belirlemek için ayırt edici bir faktör olacaktır.

İlk durumda kaynakların kullanımı ve sistemin performansını belirlemek için sistemin mevcut durumda sipariş fazlası olmadan çalıştırdım (ayrıntılı sonuçlar Ek 1)

Bu durumda A parçası üreten istasyonlar için gelişler 1152sn’de bir ve B istasyonu için gelişler 501sn’de birdir. Standart zamanlara kayıp zamanlar eklenmemiştir. İşçilerin çoğu işlem sırasında malzemenin bozuk oluşu, yanlış malzeme getirilmesi, yeniden dış açma ve dinlenme gibi sebeplerle kullanılmayan kaynak durumuna girmektedirler. Bu durum Kelton

David'in (Simulation With Arena)'da belirttiği gibi standart zamanlardan ayrı olarak ele alınmalıdır. Bu nedenle belirsiz aralıklarla oluşan kaynak erişilmezliği için en uygun dağılım olarak üssel dağılım belirtilmiştir. Bu durumu betimlemek için "resource failure" ifadesi ile kaynakların rassal olarak erişilmez durumda oldukları benzetim çalışmasına entegre edilir. A parçası montajı yapan parçalar için bu ifade kaynağın kullanılabilir durumu için EXPO(480) ve kullanılamaz durumu için EXPO(70) olarak girilmiştir. Yani 480 saniye kaynak katma değer yaratan bir çalışma gerçekleştirmekte ve 95sn bekleme konumunda kalmaktadır. Aşağıdaki veriler haftanın 5 günü için geçerlidir.

İlk Deneyin çalışmasından elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

Varlıklara ait katma değer yaratan maliyet : 124701 birim

Bekleme maliyeti: 88 birim

Varlıklara ait toplam maliyet: 124860 birim

Kaynaklara ait katma değer yaratan maliyet : 124271birim (varlık maliyetinde var)

Atıl durum kaynak maliyeti: 71422 birim

Toplam kaynak maliyeti: 195211 birim

TOPLAM SİSTEM MALİYETİ: 196201 birim

Ortalama A parçası çıktısı: 250 adet

Ortalama B parçası çıktısı 573 adet

Kaynaklara ait kullanım oranı ise şöyle olmuştur:

Anlık Kullanım Oranı

işçi 1 0.7548

işçi 2 0.7539

işçi 3 0.8154

işçi 4 0.7832

Çizelge 5.10 1. durumda A ve B parçası için kuyrukta bekleme zamanı , ve işlemdeki iş miktarları

Parca Grubu	Ort. Kuyrukta bekleme süresi (saat)	İşlemdeki iş miktarı
A	0,03324887	1,7169
B	0,040776230	2.1847

Yukarıda kullanım oranlarından ve atıl kaynak maliyetinden anlaşılacağı üzere sistemde bir atıl kapasite vardır. Buradan yola çıkarak yaptığım ikinci denemede atölye sistemi olarak yine aynı çalışma şekli ile devam etti ama A parçasına eklenen %20'lik talebe uymak için haftanın 5. gününde bir çalışanını mesaiye bırakmış olarak. Bu çalışmanın sonuçları EK-1B'de görülebilir. 2. deneyde 5. günün sonunda sisteme girip çıkmamış olan her ürün için işçinin mesai ücretinden kaynaklanan bir ceza puanı eklenecektir.

2. Deneyin çalışmasından elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

Varlıklara ait katma değer yaratan maliyet : 135712 birim

Bekleme maliyeti: 1023 birim

Varlıklara ait toplam maliyet: 136736 birim

Kaynaklara ait katma değer yaratan maliyet : 135228 (varlık maliyetinde var)

Atıl durum kaynak maliyeti: 49461 birim

Toplam kaynak maliyeti: 184689 birim

SİSTEM MALİYETİ ARA TOPLAM: 186196 birim

Ortalama A parçası sistem girişi: 302 adet

Ortalama A parçası çıktısı: 292 adet

Ortalama B parçası sistem girişi: 576 adet

Ortalama B parçası çıktısı 573 adet

A parçası için mesai ceza maliyeti 2000 birim

B parçası için mesai ceza maliyeti 2000 birim

TOPLAM SİSTEM MALİYETİ: 190196 birim

Kaynaklara ait kullanım oranı ise şöyle olmuştur:

Anlık Kullanım Oranı

işçi 1 0.9027

işçi 2 0.8805

işçi 3 0.8157

işçi 4 0.7829

Çizelge 5.11 2. durumda A ve B parçası için kuyrukta bekleme zamanı , kuyrukta bekleyen parça sayısı ve işlemdeki iş miktarları

Parça Grubu	Ort. Kuyrukta bekleme süresi (saat)	İşlemdeki iş miktarı (adet)
A	0,6438	6.6943
B	0,03898621	2,1587

Yukarıda özeti verilen durum için açıkça görülmektedir ki bekleme maliyetleri ve ceza maliyetlerine rağmen 2. denemede sistemin toplam maliyetlerinde bir düşüş vardır. İlk denemede toplam maliyet 196303 birim iken 2. denemedeki toplam maliyet 188470 birim olmuştur. Bunun nedeni şüphesiz atıl durumda olan 2 adet parça A montaj istasyonundaki sonradan gelen %20'lik talep artışı ile kullanım oranlarının artmış olmasıdır. Nitekim kaynakların kullanım oranlarına baktığımızda ise işçi 1 ve 2 için kullanım oranlarının 0.75 seviyelerinden 0.89 seviyelerine tırmandığını görüyoruz. A parçasına ait bekleme zamanı kapasitenin zorlanmış olmasından dolayı artmıştır.

Son olarak ise önerilen 2. modele ait 3. deney çalıştırmasına ait veriler aşağıda görülmektedir.

3. Deneyin çalışmasından elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

Varlıklara ait katma değer yaratan maliyet : 139495 birim

Bekleme maliyeti: 349 birim

Varlıklara ait toplam maliyet: 139495 birim

Kaynaklara ait katma değer yaratan maliyet : 139255 (varlık maliyetinde var)

Atıl durum kaynak maliyeti:	41453 birim
Toplam kaynak maliyeti:	180708 birim
SİSTEM MALİYETİ ARA TOPLAM:	181297 birim

Ortalama A parçası sistem girişi:	301.3 adet
Ortalama A parçası çıktısı:	300.2 adet
Ortalama B parçası sistem girişi:	575.9 adet
Ortalama B parçası çıktısı	573.5 adet
A parçası için mesai ceza maliyeti	0 birim
B parçası için mesai ceza maliyeti	2000 birim
TOPLAM SİSTEM MALİYETİ:	183297 birim

Kaynaklara ait kullanım oranı ise şöyle olmuştur:

Anlık Kullanım Değerleri :

işçi 1	0.8803
işçi 2	0.9019
işçi 3	0.9656
İşçi 4	0.7340

Çizelge 5.12 Önerilen durumda A ve B parçası için kuyrukta bekleme zamanı , kuyrukta bekleyen parça sayısı ve işlemdeki iş miktarları

Parca Grubu	Ort. Kuyrukta bekleme süresi (saat)	İşlemdeki iş miktarı
A	0,2530	7,9777
B	0,2302	76445

Yukarıdan da anlaşılaçağı gibi sistem en düşük maliyetli haliyle çalışmaktadır. Çalışan kullanım oranları özellikle 2. ve 3. işçi için çok yükselmiştir. Ancak daha öncede belirttiğimiz gibi işçilerin dinlenme, eksik ve bozuk malzeme için harcadıkları zamanlar standart zamandan ayrı olarak üssel dağılım ifadeleri ile girildiğinden kullanım oranlarının yükselmesi durumda da bu tür etkinlikler için ayrılmış zamanlar her zaman olacaktır. Bununla beraber bir de kuyrukta bekleme zamanı ve işlemdeki yük miktarlarını gösteren tabloya bakacak olursak A parçası için olan bekleme zamanının azaldığını fakat B parçası için olan bekleme zamanının arttığını görmekteyiz. Bunun nedeni ise atıl durumdaki B grubunun montajını yapan işçilere ait kapasitenin A grubu parçalarının montaj işlemlerine aktarılmasından kaynaklanmaktadır.



Aşağıdaki tabloda yukarıdaki deney sonuçlarının toplu olarak gösterimine bakılırsa :

Çizelge 5.13 Deney sonuçlarının toplu karşılaştırılması

	İlk durum	İkinci durum	Önerilen son durum
Maliyetler			
Varlıklar ait katma değer yaratan maliyet	124701 b	135712 b	139495 b
Varlıklara ait bekleme maliyeti	88 b	1023 b	349 b
Varlıklara ait toplam maliyet	124860 b	136736 b	139844 b
Kaynaklara ait değer yaratan maliyet	124701 b	135228 b	139255 b
Atıl durum kaynak maliyeti	124271 b	49461 b	41453 b
Toplam kaynak maliyeti	195211 b	184689 b	195714 b
Sistem maliyeti ara toplam	196201 b	186196 b	181197 b
Ceza maliyeti	0 b	4000 b	2000 b
Toplam maliyet	196201 b	188470 b	183297 b
Parça girdi-çıkış sayısı			
Ortalama A parçası girdisi	250 adet	302 adet	301,3 adet
Ortalama B parçası girdisi	573 adet	576 adet	575,9 adet
Ortalama A parçası çıktısı	250 adet	292 adet	300,2 adet
Ortalama B parçası çıktısı	573 adet	573 adet	573,5 adet
Kullanım oranları			
İşçi 1	0,7548	0,9027	0,8803
İşçi 2	0,7529	0,8805	0,9019
İşçi 3	0,8154	0,8257	0,9656
İşçi 4	0,7832	0,7829	0,7340
Sistem içinde ortalama kuyrukta bekleme süresi			
A parçası için	0,3324887 s	0,6438 s	0,2530 s
B parçası için	0,040776230 s	0,03898621 s	0,2302 s
İşlemdaki iş miktarı			
A parçası için	1,7169 adet	6,6943 adet	7,9777 adet
B parçası için	2,1847 adet	2,1587 adet	7,6445 adet

Açıkça görülmektedir ki maliyetler açısından en düşük sistem toplam maliyetine en son önerilen durum sahiptir. Bekleme maliyeti bize sistem içersindeki kuyruk uzunlukları hakkında özet bir bilgi vermektedir (daha detaylı olarak her prosese ait kuyruk büyüklüğü, ortalama kuyrukta parça bekleme süresi eklerde gösterilmiştir) 1. durum en düşük bekleme maliyetine sahip olmakla birlikte zaten sisteme girecek olan ek sipariş yükünü içermemektedir. 2. durumda a parçasını işleyen işçiler arza yeterince cevap veremediğinden sisteme girip çıkamayan A parçaları nedeni ile bekleme maliyetleri artmıştır. Son durumda ise işçilerin tek bir hücrede birleştirilmesi ile B grubu parça montajı yapanların atıl kapasitesi devreye sokulduğu için bekleme maliyetleri düşmüştür. Sisteme ait toplam maliyetlere göz atıldığında yine önerilen durum 2. duruma göre daha az maliyetli olmaktadır. A ve B parçası

için sistemden çıktı adetlerine baktığımızda atıl kapasitenin ve yan zamanların elimine edilmesi yardımı ile A parçasının çıktı oranının yuvarlak olarak 10 adet arttığını görmekteyiz.

Son durumda işçi kullanım oranlarının yüksekliği 1. 2. ve 3. işçilere ait gereksiz olan yani ilk 2 durumda her işlem için tek başlarına tekrarladıkları bozuk malzemelerin değiştirilmesi, yeniden delik açılması, yanlış montaj malzemesinin değiştirilmesi gibi işlemlerin artık sadece 4. işçi tarafından yapılması ile oldukça arttığı görülmektedir. A ve B parçalarının sistemdeki ortalama bekleme sürelerinin önerilen durumda düştüğü gözlenirken sistemdeki iş miktarının 2. duruma göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunu nedeni son surumda atıl kapasite yardımı ile aynı zamanda daha çok ürün üretilmiş olmasıdır. Bu nedenle A parçası için durum böyle olması için normal iken B parçası için sistemdeki iş miktarının 2. duruma göre artması çok belirgin olmuştur. Bunun nedeni ise artık B grubu parçaları işleyen özel işçilerin olmaması ve bütün parçaların tek bir hücrede işleniyor olmasıdır.

Yukarıdaki durum ile tezim dahilinde verdiğim bir zıtlık durumundan söz etmek istiyorum. Arminn Scholl ve Asar Khan'ın makalelerine göre çevrim zamanının büyütülmesi ile büyük çevrim zamanı içerisinde oynana bilecek proses çeşidi fazla olacağından olabilecek istasyonlar denge kayıpları daha az olacaktır. Bu nedenle büyük çevrim zamanına sahip sistemler daha iyi sonuçlar vermektedir. İkinci olarak Kase fenomenine göre hattın başındaki ve sonundaki istasyonlar ortadaki istasyonlara göre daha yüksek kullanım oranına sahip olmaları gerekmektedir. Uygulamamda ise bu durumun tama tersine döndüğü açıkça görülmektedir. Bunun nedeni ise önerilen sistemin verimliliğini etkileyen ve tasarımında ana etmen olan işçilerin sahip oldukları boş zamanların elimine edilmesine dayalı yapıdır. Sistemin orijinal halinde benzetim programına girilen 4 işçi için üretici olan zaman ve üretici olamayan zaman dağılımları saniye cinsinden EXPO(480); EXPO(70) (1. ve 2. işçi için) , EXPO (480), EXPO(50) (3. ve 4. işçiler için) ancak önerilen durumda her istasyonda ayrı ayrı çalışan işçilerin sadece kendi malzemeleri için yaptıkları (tekrar vida açma, renk uyumsuz parça değişimi, yanlış ve eksik montaj malzemesi arama, diğer işçilerden tornavida vs gibi malzeme alışverişi yapma) zamanların bir seferde tek bir kişi tarafından yapılması düşünülmüştür. Son durumda 1. ve 2. işçi için ile 3. ve 4. işçi için üretici ve üretici olamayan zaman dağılımları ise şu şekildedir. EXPO(480)-EXPO(15), EXPO(480)-EXPO(15),EXPO(480)-EXPO(15) ve son olarak 4. işçi için ise EXPO (480)-EXPO(70) olmuştur.

Yukarıdaki 3 durum incelendiğinde 4. işçi yani hattın sonunda bulunan işçinin kullanım oranı hiçbir zaman 0.78'in üzerine çıkmamaktadır. Bu nedenle hatta meydana gelebilecek uygunsuz durumdaki malzemenin telafi işlemlerini yalnız o gerçekleştirmektedir. İlk iki durumda

kullanımı en düşük orandaki kaynak olduğundan üçünü durumda üretken olmayan zaman sahip en büyük kaynak olarak 4. işçi belirlenmiştir. Yani hattın sonundaki işçi en düşük kullanım oranına sahip olmuştur.

İşte bu nedenlerden dolayı iki makalede öngörülen durumlara ters bir sonuç elde edilmiştir. Bu noktadan şu kanıya varabiliriz ki hat dengeleme çalışmaları yapıldıkları üretim hattın kendine has koşullarını da göz önünde bulundurmalıdır.



SONUÇ

Bu tez çalışmasında bir montaj hattının benzetim programlarından yararlanılarak mevcut kaynakları ile olabilecek bir talep artışına yanıt vermesi üzere dengelemesi yapılmıştır.

Montaj hattı dengeleme problemlerinin etkilendiği, üretim alanlarının yerleşim şekilleri ve proses akışları incelenerek gereksiz, üretken olmayan zamanların elimine edilmesi süreçlerinden bahsedilmiştir. Atölye yerleşim düzenine ek olarak makine-çalışan kullanım etkinliği de önemli bir faktördür. Hedeflenen üretim artışı veya verimlilik artışı için hattın yeniden dengelenmesi; beraberinde hattın ve içerdiği istasyonların yeniden tasarlanmasını, işgücü miktarında değişimi, iş akışlarının yeniden düzenlenmesini beraberinde getirecektir.

Yukarıda gerçekleştirilen işlemler sonucu yeni hattın performansının incelenmesi ise benzetim yaklaşımı ile yapılmıştır. Benzetim yaklaşımı gerçekte olması muhtemel olayların bir bilgisayar programı ile animasyon katılarak bilgisayar ortamına aktarılmasıdır. Bu olayın gerçekleşmesi durumundaki rassallığı da katarak olası muhtemel sonuçların incelenmesi bu yöntemle çok kolaylaşmıştır. Sayısız ayar yapma imkanı, senaryo üretimi, değişkenleri ve performans değişkenlerini değiştirebilme olanağı vermesi benzetim yaklaşımının avantajlarını ortaya koymaktadır.

Yapılan uygulamanın sonucunda ilerde oluşacak talep artışına yönelik firmanın mevcut işçi sayısı ile cevap vermesinin, üretimdeki atıl zamanları minimuma indirgeyecek ve işçi kullanım oranlarını en büyükleyecek bir yeniden hat düzenleme çalışması ve hattın yeniden dengelenmesi ile mümkün olduğu kullanılan benzetim programı ile ortaya konmuştur. Böylece işletme eldeki kaynaklarını en verimli şekilde kullanırken üretim maliyetlerini de azaltabilmiştir.

KAYNAKLAR

- Arminn Scholl , (1999), Balancing and Sequencing of Assembly Lines Physica-Verlag Heidelberg , New York , s1-24
- Agnetis A., A. Ciancimino, M.Lucertini ve M.Pizzichella, (1995), "Balancing Flexible Lines for Car Components Assembly", International Journal of Production Research Vol:33, s333-350
- Akansel Mehmet, (2004), Endüstri Mühendisliğine Giriş Ders Notları
- Anu Maria, (1997), "Introduction To Modelling and Simulation", Proceedindgs of the 1997 Winter Simulation Conference, s7-13
- Asur Khan, Andrew J.Day, (2002), "A Knowledge Based Design Methology for Manufacturing Assembly Lines", Elsevier Journal of Computers & Industrial Engineering s441-467
- Atay Sami, (2000), Montaj Hattı Dengeleme, Bitirme Projesi, YTÜ
- Averill M. Law, Micheal G. McGomas, (2001)," How To Build Valid and Credible Simulation Models", Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference, s22-29
- Averill M. Law, Micheal G. McGomas, (1999),"Simulation Of Manufacturing Systems", Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, s56-59
- Banks Jerry vd, (2000), "Introduction to Simulation", Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference
- Becker Christian , (2000),"A survey on Problems and Methods in Generalized Assembly Line Balancing", Friedrich-Schiller-Universitaat Jena Fakultaat für Wirtschaftswissenschaften (wiwi.uni-jena.de)
- Bekem Fulya, (1998), Montaj Hattı Dengeleme Yöntemleri ve Moped Fabrikasında Uygulaması, Lisans Bitirme Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi
- B.Wu, (1993), Manufacturing Systems Design and Analysis, Chapman & Hall Hong Kong, 205-225
- Chakravarty A.K., (1988), "Line Balancing With Task Learning Effects", IIE Transactions Vol:20, s186-193
- David M. Anderson, (1990), Design for Manufacturability, Amerika CIM Pres, s63-73
- Downey B.S., M.S. Leonhard, (1992), "Assembly Line with Flexible Work-Force", International Journal of Production Research Vol:30, s469-483
- Ellegard K. vd, "Reflective Production in the Final Assembly of Motor Vehicles - An Emerging Swedish Challange", International Journal of Production Research Vol:12, s117-133
- El-Rayah, (1979), "The Efficiency of Balanced and Unbalanced Production Lines", International Journal of Production Research Vol:17, s61-75
- Elwood S. Buffa, Rakesh K. Sarin, (1988), Modern Production / Operations Management, John Wiley & Sons, Singapore, s183-187
- Gökçen, H., Erel, E., (1996), "KarışıkÜrünölü Montaj Hattı Dengeleme Problemleri İçin Bir Sezgisel Yöntem", MPM Verimlilik Dergisi, 131 – 140
- Globerson S., A. Tamir, (1980), "Relationship Between Job Design, Human Behavior and System Response", International Journal of Production Research Vol:18, s391-400

- Hamad Odhabi, Ray J. Paul, Robert D. McRedie, (1998), "Making Simulation More Accesible in Manufacturing Sytems Through A Four Phase Approach", Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, s1070-1075
- Hammer Micheal, Champy James, (1993), Reengineering the Corporation, A manifesto for Business Revolution, HarperBusiness, NewYork
- Hillier F.S., K.C. So, (1993), "The Effect of Machine Breakdowns and Interstorage on the Performance of Production Sytems", International Journal of Production Research Vol:29, s2043-2055
- Ingalls Ricki G., (2002), "Introduction to Simulation", Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, s7 - 10
- İskander W.H. ve J. Chou, (1990), "Unbalanced Production Line Schedueling with Partial Job Specialization", Naval Research Logistics Vol:37, s789-805
- Jackson J.R., (1956), "A computing Porcedure for a Line Balancing Problem", Management Scince Vol:2, s261-171
- Jalal Nikoukaran, Vlatka Hlupie, Ray J. Paul, (1998), "Criteria For Simulation Software Evaluation", Proceedindgs of the 2001 Winter Simulation Conference, s399-405
- Kienbaum G, R. J. Paul, (1994a), "H-ACD : Hierarchical Activity Diagrams for object Oriented Modelling", Proceedings of the Winter Simulation Conference, s1056-1078
- Kienbaum G, R. J. Paul, (1994b), "H-ACDNET: An Object Oriented Graphhical User Interfece For Simulation Modelling Of Manufacturing Sysytems", Simulation Practise and Theory, vol:2, s141-157
- James B. Dilworth, (1992), Operations Management: Design Planing and Control for Manufacturing and Services, McGraw-Hill, Boston
- Kobu, B., (1999), Üretim Yönetimi, Alfa Yayınları, İstanbul
- Koray Cengiz, (2002), Kesikli seri üretim akış sistemlerinde hat dengeleme ve benzetim yaklaşımı ile bir uygulama, Yüksek Lisans Bitirme Projesi, YTÜ
- Lemis Lawrence, (1999), "Simulation Input Modelling", Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, s14 - 23
- Leung C. P. H., Fun S. F. N., (1999), "A study of the effect of time variations for assembly line balancing in the clothing industry", International Journal of Clothing Science and Technology, Vol 11 No. 4, 181 – 188
- Malakooti, B. (1994), "Assembly Line Balancing With Buffers by Multiple Criteria Optimization", International Journal of Production Research Vol:32, s2159-2178
- Oflaz, A., (2001), Üretim Hattı Dengeleme Teknikleri, Bitirme Projesi, YTÜ
- Paul R. J., D. W. Balmer, (2002), Simulation Modelling, Chartwall Bratt, Lund, Sweden,
- Pike R., G.E. Martin (1994), "The Bowl Phenomenon in Unpaced Lines", International Journal of Production Research Vol:32, s483-499
- Roger G. Schroeder, (2003), Operations Management Contemporary Cases and Concepts, McGraw-Hill, Boston, s 111-127

Sanchez M. Susan, (2001), “ABC’s of Out Put Analysis”, Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference, s30-38

Tuna, G., (2001), Montaj Hattı Dengeleme, Bitirme Tezi, YTÜ

Uslu, S., (1999), Montaj Hattı Dengeleme, Bitirme Tezi, YTÜ

W.David Kelton, (2004), Simulation With Arena, McGraw-Hill, Boston, s 49-456



EKLER

EK 1 Arena benzetim paket programı ile yapılan 1. deney çalışmasına ait istatistiksel çıktılar

EK 2 Arena benzetim paket programı ile yapılan 2. deney çalışmasına ait istatistiksel çıktılar

EK 3 Arena benzetim paket programı ile yapılan 3. deney çalışmasına ait istatistiksel çıktılar



EK 1

Arena Benzetim Paket Programı ile Yapılan 1. deney Çalışmasına Ait İstatiksel Çıktılar



02:44:52

Category Overview

Ağustos 24, 2004

Values Across All Replications

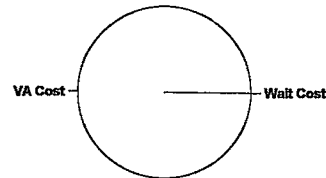
EMFA İlk Durum

Replications: 100 Time Units: Hours

Key Performance Indicators

All Entities

Average

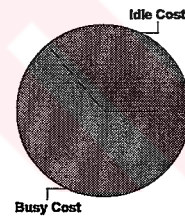


Non-Value Added Cost	0
Other Cost	0
Transfer Cost	0
Value Added Cost	124,701
Wait Cost	88

Total Cost 124,789

All Resources

Average



Busy Cost	124,271 *
Idle Cost	71,422
Usage Cost	0

Total Cost 195,693

* these costs are included in Entity Costs above.

System

Average

Total Cost	196,211
Number Out	823

Entity

Time

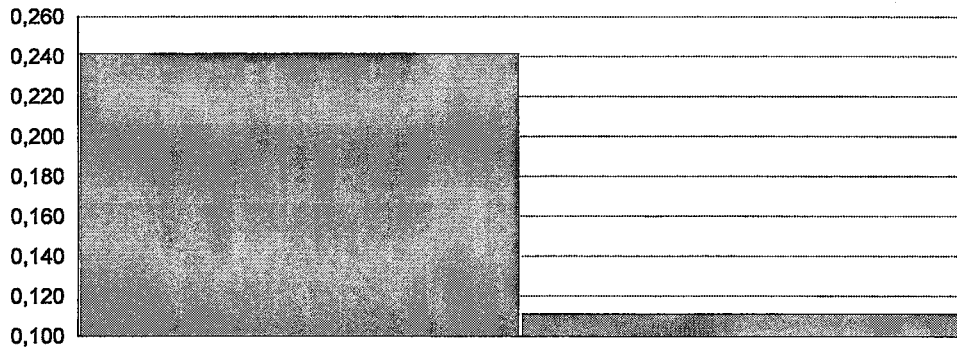
VA Time

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parçasi	0.2414	0,00	0.2413	0.2415	0.2376	0.2415
b parçasi	0.1112	0,00	0.1112	0.1113	0.1068	0.1113

12:44:52

Category Overview

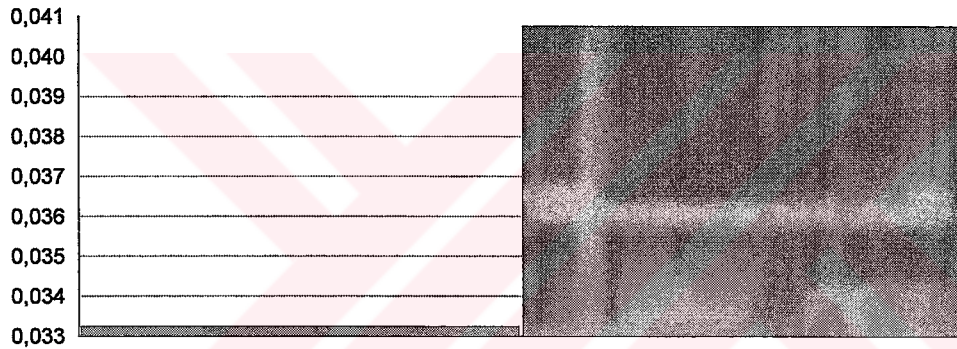
Ağustos 24, 2004



■ a parcasi
■ b parcasi

Wait Time

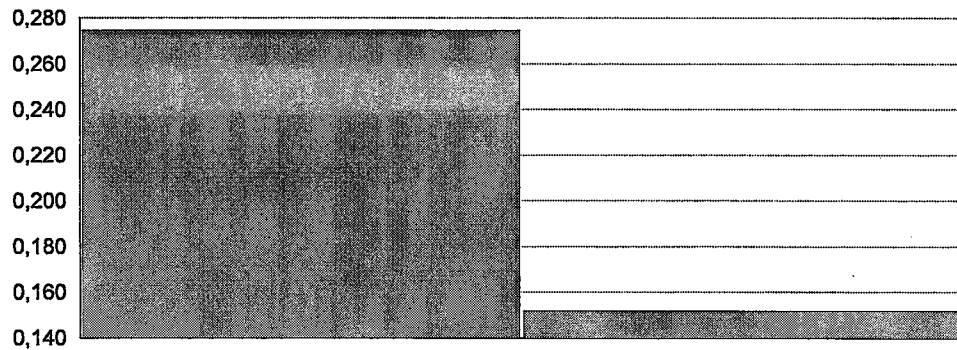
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parcasi	0.03324887	0,00	0.03002257	0.03977065	0.00	0.356
b parcasi	0.04076230	0,01	0.02698846	0.05806002	0.00	0.547



■ a parcasi
■ b parcasi

Total Time

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parcasi	0.2747	0,00	0.2714	0.2812	0.2384	0.596
b parcasi	0.1520	0,01	0.1383	0.1693	0.1068	0.660



■ a parcasi
■ b parcasi

Cost

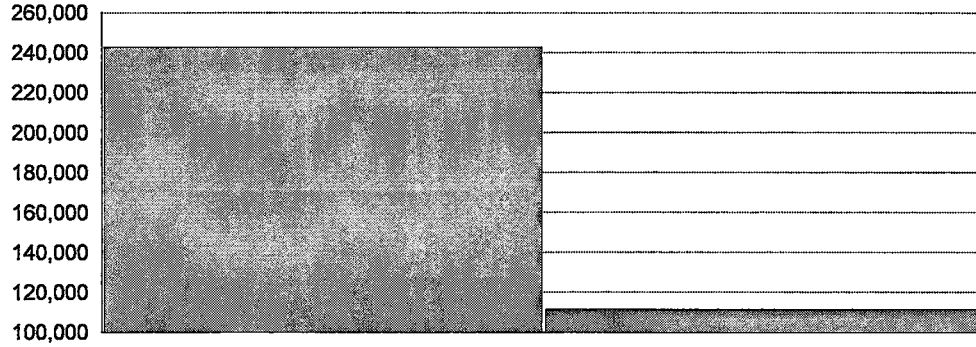
VA Cost

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parcasi	242.61	0,03	242.55	242.68	238.80	248.5
b parcasi	111.46	0,02	111.42	111.50	106.97	117.4

12:44:52

Category Overview

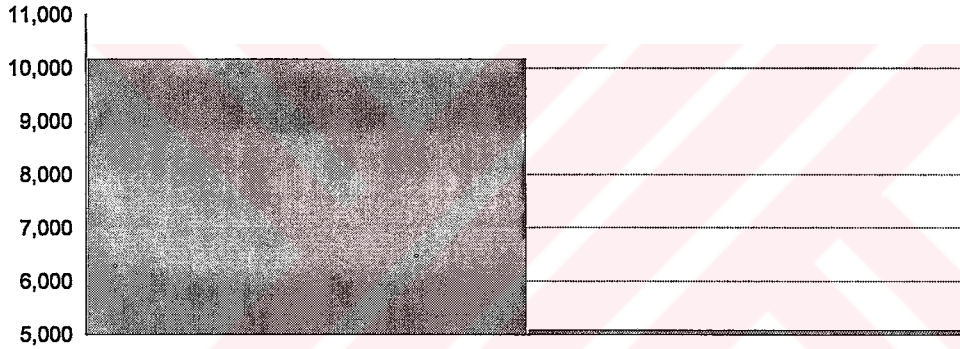
Ağustos 24, 2004



a parcasi
b parcasi

Wait Cost

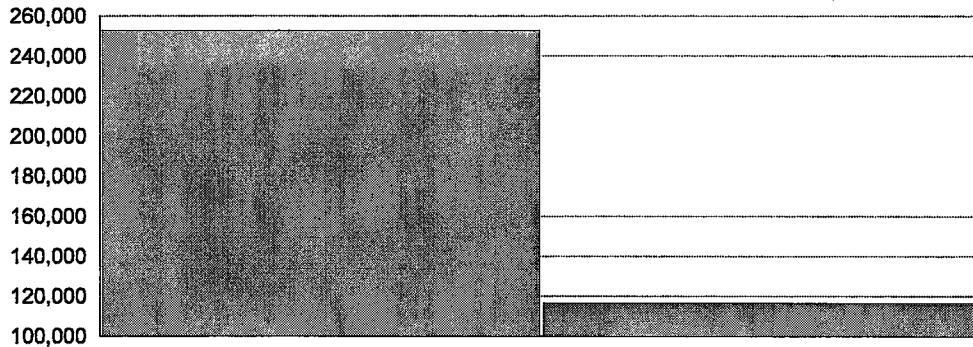
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parcasi	10.1662	0,01	10.1501	10.1989	10.0000	11.7800
b parcasi	5.0815	0,01	5.0540	5.1161	5.0000	6.0940



a parcasi
b parcasi

Total Cost

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parcasi	252.78	0,03	252.73	252.84	249.14	258.60
b parcasi	116.54	0,02	116.51	116.59	111.98	122.40



a parcasi
b parcasi

Other

12:44:52

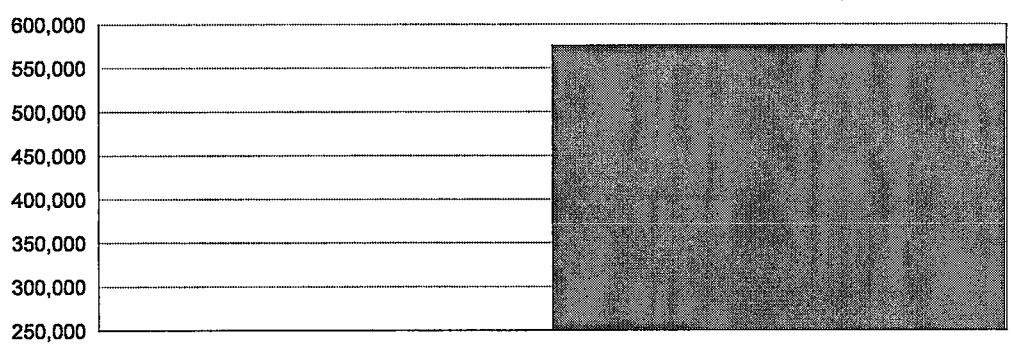
Category Overview

Ağustos 24, 2004

Number In

a parçası
b parçası

Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
250.00	0,00	250.00	250.00
576.00	0,00	576.00	576.00



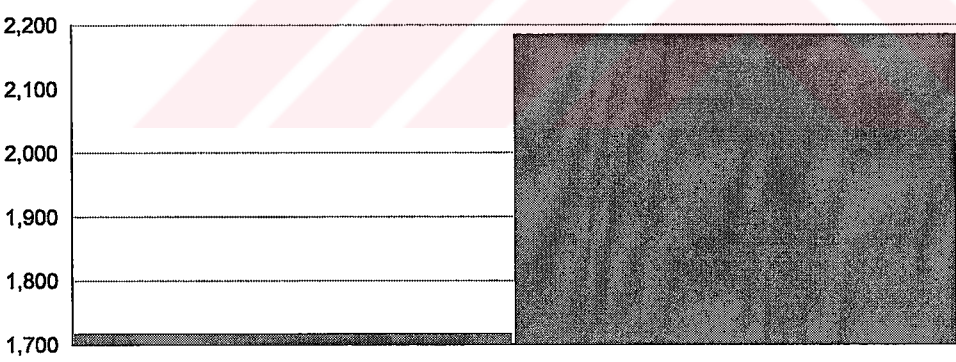
■ a parçası
■ b parçası

Number Out

a parçası
b parçası
WIP

Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
249.70	0,35	249.00	250.00
573.60	0,37	573.00	574.00

Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
1.7169	0,01	1.6962	1.7585	0.00	4.00
2.1847	0,08	1.9886	2.4332	0.00	7.00



■ a parçası
■ b parçası

Queue

12:44:52

Category Overview

Ağustos 24, 2004

Time

Waiting Time

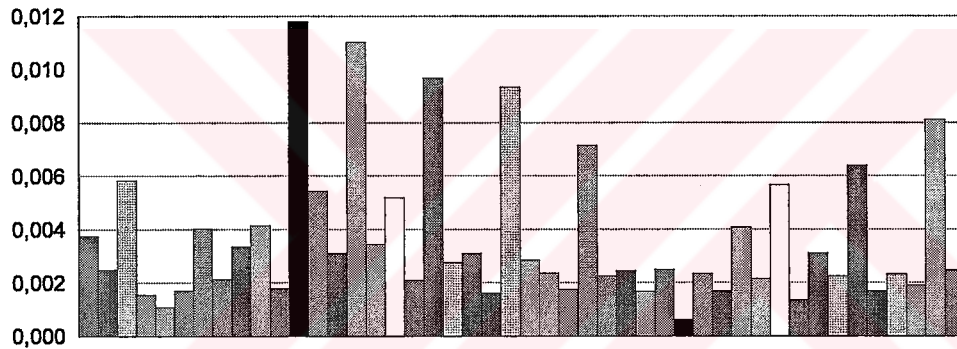
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
10a01.Queue	0.00374091	0,00	0.00243163	0.00552390	0.00	0.132
10a02.Queue	0.00247847	0,00	0.00127596	0.00382627	0.00	0.0824621
10b01.Queue	0.00581990	0,00	0.00230375	0.01107260	0.00	0.184
10b02 Ust Govde uzeri cam	0.00154183	0,00	0.00111786	0.00294070	0.00	0.0744458
ember montaj.Queue						
11a01 duy tabani klemens kutu	0.00106669	0,00	0.00	0.00227654	0.00	0.0673484
baglantisi montaj.Queue						
11a02 duy tabani klemens kutu	0.00169997	0,00	0.00096337	0.00288964	0.00	0.093
baglantisi montaj.Queue						
12a01alt ust govde	0.00401658	0,00	0.00289250	0.00567518	0.00	0.109
montaj.Queue						
12a02alt ust govde	0.00212261	0,00	0.00163796	0.00316652	0.00	0.0775320
montaj.Queue						
14 b02.Queue	0.00334295	0,00	0.00034307	0.00521553	0.00	0.0305373
14a01.Queue	0.00413130	0,00	0.00	0.01444761	0.00	0.0722380
14a02.Queue	0.00178467	0,00	0.00	0.00544022	0.00	0.0341857
14b01.Queue	0.01178904	0,00	0.00460193	0.02032775	0.00	0.190
15a01 plastik kap	0.00543250	0,00	0.00271114	0.00928724	0.00	0.151
yerklestirme.Queue						
15a02 plastik kap	0.00309778	0,00	0.00143044	0.00447821	0.00	0.096
yerklestirme.Queue						
15b01 plastik kap	0.01102168	0,00	0.00635780	0.01641768	0.00	0.147
yerklestirme.Queue						
15b02 plastik kap	0.00343564	0,00	0.00269810	0.00530428	0.00	0.102
yerklestirme.Queue						
1a01 uretim hazirlik.Queue	0.00518128	0,00	0.00271449	0.00996048	0.00	0.153
1a02 uretim hazirlik.Queue	0.00209843	0,00	0.00079644	0.00365911	0.00	0.098
1b01 uretim hazirlik.Queue	0.00968783	0,00	0.00557034	0.01552997	0.00	0.153
1b02 uretim hazirlik.Queue	0.00274518	0,00	0.00191440	0.00415651	0.00	0.0791371
2a01 klemens kutusu ic kablo	0.00309599	0,00	0.00154541	0.00548189	0.00	0.0752901
baglanti.Queue						
2a02 klemens kutusu ic kablo	0.00161601	0,00	0.00094499	0.00288046	0.00	0.100
baglanti.Queue						
2b01 klemens kutusu ic kablo	0.00933725	0,00	0.00632353	0.01327909	0.01327909	0.01327909
0.1095						
baglanti.Queue						
2b02 klemens kutusu ic kablo	0.00284592	0,00	0.00204966	0.00430217	0.00	0.0724122
baglanti.Queue						
3a01 klemens kutusu alt kapak	0.00234204	0,00	0.00137943	0.00428647	0.00	0.112
somun lastik montaj.Queue						
3a02 klemens kutusu alt kapak	0.00175797	0,00	0.00046681	0.00233610	0.00	0.0685877
somun lastik montaj.Queue						
3b01 klemens kutusu alt kapak	0.00715153	0,00	0.00375145	0.01081478	0.00	0.140
somun lastik montaj.Queue						
3b02 klemens kutusu alt kapak	0.00223626	0,00	0.00153981	0.00376686	0.00	0.0846679
somun lastik montaj.Queue						
4a01 montaj levhasi balans	0.00242921	0,00	0.00100407	0.00334885	0.00	0.0843420
ignitor.Queue						
4a02 montaj levhasi balans	0.00167054	0,00	0.00084076	0.00276626	0.00	0.0658554
ignitor.Queue						
5a01.Queue	0.00249470	0,00	0.00132435	0.00375311	0.00	0.0817719
5a02.Queue	0.00061273	0,00	0.00015973	0.00111085	0.00	0.0504624
6a01 alt govde yerlestir.Queue	0.00233312	0,00	0.00103597	0.00444846	0.00	0.0861609
6a02 alt govde yerlestir.Queue	0.00168208	0,00	0.00132039	0.00203408	0.00	0.0696528
7a01 reflektor lamba duy	0.00406897	0,00	0.00222628	0.00605687	0.00	0.123

12:44:52

Category Overview

Ağustos 24, 2004

montaj.Queue						
7a02 reflektor lamba duy	0.00213829	0,00	0.00106640	0.00356120	0.00	0.0796303
montaj.Queue						
7b01 reflektor lamba duy	0.00566164	0,00	0.00227079	0.00974931	0.00	0.121
montaj.Queue						
7b02 reflektor lamba duy	0.00135102	0,00	0.00103079	0.00199529	0.00	0.093
montaj.Queue						
8a01 duy tabani montaj.Queue	0.00311031	0,00	0.00192082	0.00411140	0.00	0.102
8a02 duy tabani montaj.Queue	0.00224195	0,00	0.00135833	0.00405386	0.00	0.109
8b01 duy tabani montaj.Queue	0.00639160	0,00	0.00399248	0.01135539	0.00	0.129
8b02 duy tabani montaj.Queue	0.00168908	0,00	0.00126613	0.00288889	0.00	0.0875695
9a01 duy tabani ust govde	0.00231457	0,00	0.00074828	0.00346320	0.00	0.096
alti.Queue						
9a02 duy tabani ust govde	0.00188965	0,00	0.00094101	0.00286433	0.00	0.0771490
alti.Queue						
9b01 duy tabani ust govde	0.00810850	0,00	0.00489739	0.01214414	0.00	0.155
alti.Queue						
9b02 duy tabani ust govde	0.00246915	0,00	0.00143620	0.00405552	0.00	0.0788980
alti.Queue						



10a01.Queue	10a02.Queue	10b01.Queue	10b02.Queue
11a01.Queue	11a02.Queue	11b01.Queue	11b02.Queue
12a01.Queue	12a02.Queue	12b01.Queue	12b02.Queue
13a01.Queue	13a02.Queue	13b01.Queue	13b02.Queue
14a01.Queue	14a02.Queue	14b01.Queue	14b02.Queue
15a01.Queue	15a02.Queue	15b01.Queue	15b02.Queue
16a01.Queue	16a02.Queue	16b01.Queue	16b02.Queue
17a01.Queue	17a02.Queue	17b01.Queue	17b02.Queue
18a01.Queue	18a02.Queue	18b01.Queue	18b02.Queue
19a01.Queue	19a02.Queue	19b01.Queue	19b02.Queue
20a01.Queue	20a02.Queue	20b01.Queue	20b02.Queue
21a01.Queue	21a02.Queue	21b01.Queue	21b02.Queue
22a01.Queue	22a02.Queue	22b01.Queue	22b02.Queue
23a01.Queue	23a02.Queue	23b01.Queue	23b02.Queue
24a01.Queue	24a02.Queue	24b01.Queue	24b02.Queue
25a01.Queue	25a02.Queue	25b01.Queue	25b02.Queue
26a01.Queue	26a02.Queue	26b01.Queue	26b02.Queue
27a01.Queue	27a02.Queue	27b01.Queue	27b02.Queue
28a01.Queue	28a02.Queue	28b01.Queue	28b02.Queue
29a01.Queue	29a02.Queue	29b01.Queue	29b02.Queue
30a01.Queue	30a02.Queue	30b01.Queue	30b02.Queue

Cost

Waiting Cost

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
10a01.Queue	0.01870453	0,00	0.01215814	0.02761951	0.00	0.66
10a02.Queue	0.01239235	0,00	0.00637978	0.01913134	0.00	0.412
10b01.Queue	0.01163979	0,00	0.00460750	0.02214520	0.00	0.368
10b02 Ust Govde uzeri cam	0.00308365	0,00	0.00223572	0.00588139	0.00	0.148
ceMBER montaj.Queue						
11a01 duy tabani klemens kutu	0.00533343	0,00	0.00	0.01138269	0.00	0.336
baglantisi montaj.Queue						
11a02 duy tabani klemens kutu	0.00849985	0,00	0.00481683	0.01444822	0.00	0.466
baglantisi montaj.Queue						
12a01alt ust govde	0.02008289	0,00	0.01446250	0.02837589	0.00	0.548
montaj.Queue						
12a02alt ust govde	0.01061306	0,00	0.00818981	0.01583260	0.00	0.387
montaj.Queue						
14 b02.Queue	0.00668591	0,00	0.00068614	0.01043106	0.00	0.0610746
14a01.Queue	0.02065650	0,02	0.00	0.07223803	0.00	0.36
14a02.Queue	0.00892334	0,01	0.00	0.02720108	0.00	0.170
14b01.Queue	0.02357808	0,01	0.00920386	0.04065550	0.00	0.38
15a01 plastik kap	0.02716251	0,01	0.01355570	0.04643621	0.00	0.758
yerklestirme.Queue						
15a02 plastik kap	0.01548892	0,00	0.00715222	0.02239105	0.00	0.480
yerklestirme.Queue						

12:44:52

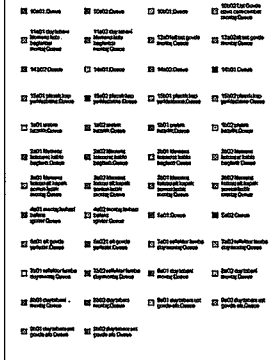
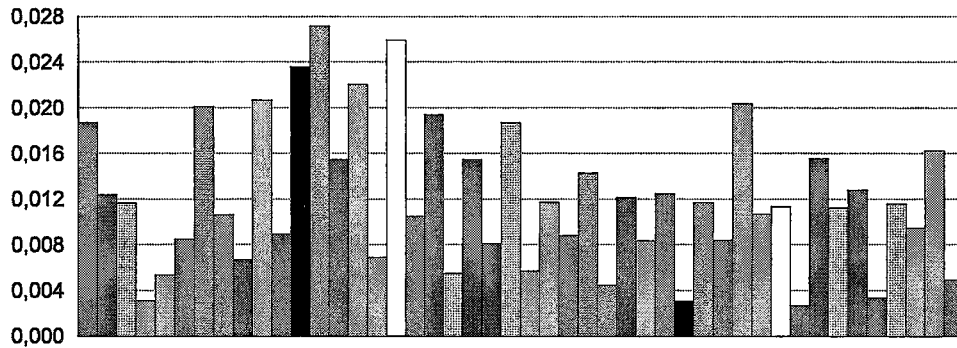
Category Overview

Ağustos 24, 2004

15b01 plastik kap yerklestirme.Queue	0.02204336	0,00	0.01271561	0.03283535	0.00	0.295
15b02 plastik kap yerklestirme.Queue	0.00687129	0,00	0.00539621	0.01060855	0.00	0.205
1a01 ¼retim hazirlik.Queue	0.02590640	0,01	0.01357245	0.04980238	0.00	0.769
1a02 ¼retim hazirlik.Queue	0.01049214	0,00	0.00398220	0.01829555	0.00	0.493
1b01 ¼retim hazirlik.Queue	0.01937566	0,00	0.01114067	0.03105995	0.00	0.306
1b02 ¼retim hazirlik.Queue	0.00549036	0,00	0.00382879	0.00831302	0.00	0.158
2a01 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.01547996	0,00	0.00772704	0.02740945	0.00	0.376
2a02 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.00808003	0,00	0.00472495	0.01440231	0.00	0.500
2b01 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.01867449	0,00	0.01264707	0.02655818	0.00	0.219
2b02 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.00569184	0,00	0.00409931	0.00860435	0.00	0.144
3a01 klemens kutusu alt kapak somun lastik montaj.Queue	0.01171021	0,00	0.00689715	0.02143234	0.00	0.562
3a02 klemens kutusu alt kapak somun lastik montaj.Queue	0.00878987	0,00	0.00233407	0.01168052	0.00	0.342
3b01 klemens kutusu alt kapak somun lastik montaj.Queue	0.01430306	0,00	0.00750290	0.02162955	0.00	0.280
3b02 klemens kutusu alt kapak somun lastik montaj.Queue	0.00447252	0,00	0.00307962	0.00753372	0.00	0.169
4a01 montaj levhasi balans ignitor.Queue	0.01214605	0,00	0.00502035	0.01674424	0.00	0.421
4a02 montaj levhasi balans ignitor.Queue	0.00835269	0,00	0.00420381	0.01383131	0.00	0.329
5a01.Queue	0.01247351	0,00	0.00662173	0.01876554	0.00	0.408
5a02.Queue	0.00306363	0,00	0.00079863	0.00555423	0.00	0.252
6a01 alt govde yerlestir.Queue	0.01166562	0,00	0.00517986	0.02224228	0.00	0.430
6a02 alt govde yerlestir.Queue	0.00841040	0,00	0.00660194	0.01017042	0.00	0.348
7a01 reflektor lamba duy montaj.Queue	0.02034485	0,00	0.01113141	0.03028436	0.00	0.615
7a02 reflektor lamba duy montaj.Queue	0.01069144	0,00	0.00533202	0.01780602	0.00	0.398
7b01 reflektor lamba duy montaj.Queue	0.01132328	0,00	0.00454157	0.01949861	0.00	0.242
7b02 reflektor lamba duy montaj.Queue	0.00270205	0,00	0.00206158	0.00399059	0.00	0.186
8a01 duy tabani montaj.Queue	0.01555153	0,00	0.00960409	0.02055700	0.00	0.510
8a02 duy tabani montaj.Queue	0.01120977	0,00	0.00679166	0.02026930	0.00	0.546
8b01 duy tabani montaj.Queue	0.01278319	0,00	0.00798495	0.02271079	0.00	0.259
8b02 duy tabani montaj.Queue	0.00337816	0,00	0.00253227	0.00577778	0.00	0.175
9a01 duy tabani ust govde alti.Queue	0.01157283	0,00	0.00374141	0.01731600	0.00	0.483
9a02 duy tabani ust govde alti.Queue	0.00944824	0,00	0.00470506	0.01432165	0.00	0.385
9b01 duy tabani ust govde alti.Queue	0.01621700	0,00	0.00979479	0.02428828	0.00	0.311
9b02 duy tabani ust govde alti.Queue	0.00493830	0,00	0.00287241	0.00811104	0.00	0.157

Category Overview

Ağustos 24, 2004



Other

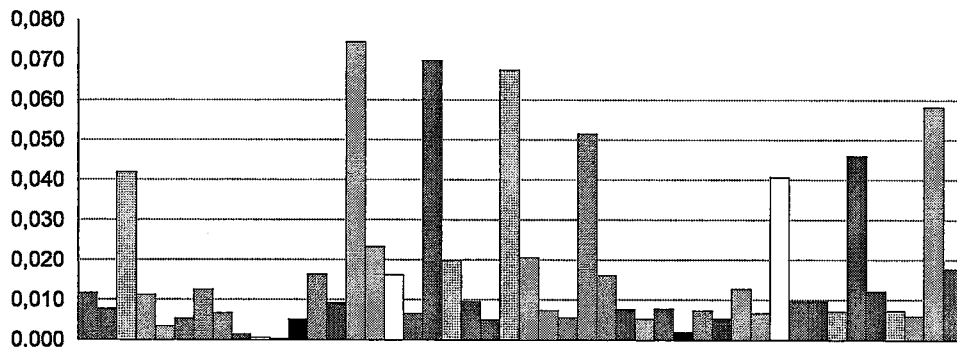
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
10a01.Queue	0.01169033	0,00	0.00759883	0.01726220	0.00	1.00
10a02.Queue	0.00774522	0,00	0.00398737	0.01195709	0.00	1.00
10b01.Queue	0.04181656	0,01	0.01652942	0.07944589	0.00	2.00
10b02 Ust Govde uzeri cam cember montaj.Queue	0.01112189	0,00	0.00804859	0.02117300	0.00	1.00
11a01 duy tabani klemens kutu baglantisi montaj.Queue	0.00333339	0,00	0.00	0.00711418	0.00	1.00
11a02 duy tabani klemens kutu baglantisi montaj.Queue	0.00531240	0,00	0.00301052	0.00903014	0.00	1.00
12a01alt ust govde montaj.Queue	0.01255180	0,00	0.00903906	0.01773493	0.00	1.00
12a02alt ust govde montaj.Queue	0.00663316	0,00	0.00511863	0.00989537	0.00	1.00
14 b02.Queue	0.00145434	0,00	0.00012865	0.00279006	0.00	1.00
14a01.Queue	0.00051844	0,00	0.00	0.00180595	0.00	1.00
14a02.Queue	0.00028587	0,00	0.00	0.00131542	0.00	1.00
14b01.Queue	0.00511596	0,00	0.00115048	0.01016387	0.00	1.00
15a01 plastik kap yerklestirme.Queue	0.01630283	0,00	0.00806564	0.02762954	0.00	1.00
15a02 plastik kap yerklestirme.Queue	0.00921145	0,00	0.00425557	0.01287486	0.00	1.00
15b01 plastik kap yerklestirme.Queue	0.07431338	0,01	0.04366227	0.1097	0.00	2.00
15b02 plastik kap yerklestirme.Queue	0.02321981	0,00	0.01841456	0.03606908	0.00	1.00
1a01 uretim hazirlik.Queue	0.01619150	0,01	0.00848278	0.03112648	0.00	1.00
1a02 uretim hazirlik.Queue	0.00655758	0,00	0.00248888	0.01143472	0.00	1.00
1b01 uretim hazirlik.Queue	0.06975238	0,01	0.04010642	0.1118	0.00	2.00
1b02 uretim hazirlik.Queue	0.01976531	0,00	0.01378366	0.02992687	0.00	1.00
2a01 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.00967497	0,00	0.00482940	0.01713091	0.00	1.00
2a02 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.00505002	0,00	0.00295310	0.00900144	0.00	1.00
2b01 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.06733898	0,01	0.04552945	0.0962	0.00	2.00
2b02 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.02049061	0,00	0.01475753	0.03097564	0.00	1.00
3a01 klemens kutusu alt kapak somun lastik montaj.Queue	0.00731888	0,00	0.00431072	0.01339521	0.00	1.00
3a02 klemens kutusu alt kapak	0.00549367	0,00	0.00145879	0.00730032	0.00	1.00

12:44:52

Category Overview

Ağustos 24, 2004

somun lastik montaj.Queue						
3b01 klemens kutusu alt kapak	0.05142214	0,01	0.02691664	0.07759602	0.00	2.000
-somun lastik montaj.Queue단기, Jan , 43333b02 klemens kutusu alt kapak	0.01610107	0,00	0.01108662	0.0271214		
0.00	1.0000					
somun lastik montaj.Queue						
4a01 montaj levhasi balans	0.00759128	0,00	0.00313772	0.01046515	0.00	1.000
ignitor.Queue						
4a02 montaj levhasi balans	0.00522043	0,00	0.00262738	0.00864457	0.00	1.000
ignitor.Queue						
5a01.Queue	0.00779595	0,00	0.00413858	0.01172846	0.00	1.000
5a02.Queue	0.00191477	0,00	0.00049914	0.00347139	0.00	1.000
6a01 alt govde yerlestir.Queue	0.00729101	0,00	0.00323741	0.01390143	0.00	1.000
6a02 alt govde yerlestir.Queue	0.00525650	0,00	0.00412621	0.00635651	0.00	1.000
7a01 reflektor lamba duy	0.01271553	0,00	0.00695713	0.01892773	0.00	1.000
montaj.Queue						
7a02 reflektor lamba duy	0.00668215	0,00	0.00333251	0.01112877	0.00	1.000
montaj.Queue						
7b01 reflektor lamba duy	0.04062227	0,01	0.01629289	0.06995127	0.00	2.000
montaj.Queue						
7b02 reflektor lamba duy	0.00969621	0,00	0.00739590	0.01431623	0.00	1.000
montaj.Queue						
8a01 duy tabani montaj.Queue	0.00971970	0,00	0.00600255	0.01284813	0.00	1.000
8a02 duy tabani montaj.Queue	0.00700611	0,00	0.00424479	0.01266831	0.00	1.000
8b01 duy tabani montaj.Queue	0.04588000	0,01	0.02864603	0.08147495	0.00	2.000
8b02 duy tabani montaj.Queue	0.01211913	0,00	0.00908451	0.02072778	0.00	1.000
9a01 duy tabani ust govde	0.00723302	0,00	0.00233838	0.01082250	0.00	1.000
alti.Queue						
9a02 duy tabani ust govde	0.00590515	0,00	0.00294066	0.00895103	0.00	1.000
alti.Queue						
9b01 duy tabani ust govde	0.05815663	0,01	0.03513880	0.08713420	0.00	2.000
alti.Queue						
9b02 duy tabani ust govde	0.01771614	0,00	0.01030477	0.02909836	0.00	1.000
alti.Queue						



10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
11.000000	11.000000	11.000000	11.000000
12.000000	12.000000	12.000000	12.000000
13.000000	13.000000	13.000000	13.000000
14.000000	14.000000	14.000000	14.000000
15.000000	15.000000	15.000000	15.000000
16.000000	16.000000	16.000000	16.000000
17.000000	17.000000	17.000000	17.000000
18.000000	18.000000	18.000000	18.000000
19.000000	19.000000	19.000000	19.000000
20.000000	20.000000	20.000000	20.000000

Resource

12:44:52

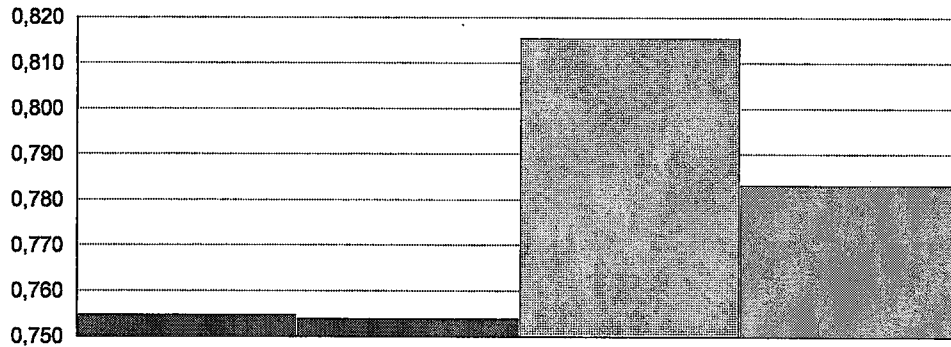
Category Overview

Ağustos 24, 2004

Usage

Instantaneous Utilization

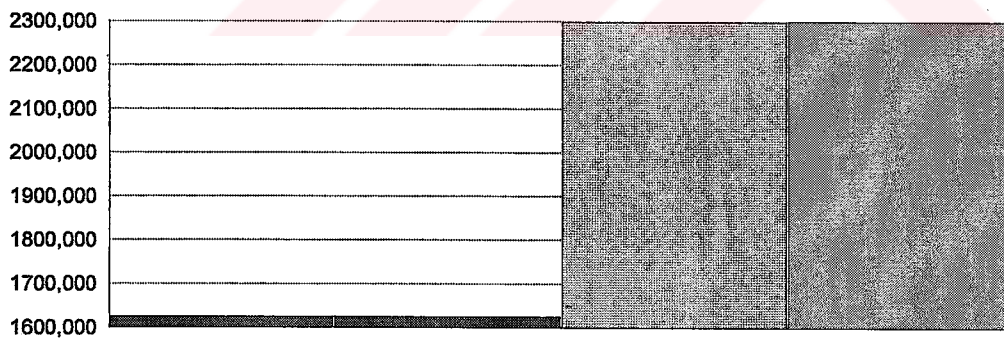
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
sci 1	0.7548	0,00	0.7545	0.7552	0.00	1.000
sci 2	0.7539	0,00	0.7533	0.7544	0.00	1.000
sci 3	0.8154	0,00	0.8140	0.8158	0.00	1.000
sci 4	0.7832	0,00	0.7827	0.7836	0.00	1.000



■ isci 1
■ isci 2
■ isci 3
■ isci 4

Total Number Seized

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
isci 1	1624.90	0,23	1624.00	1625.00
isci 2	1624.90	0,23	1624.00	1625.00
isci 3	2298.20	1,50	2294.00	2300.00
isci 4	2299.90	0,41	2299.00	2301.00



■ isci 1
■ isci 2
■ isci 3
■ isci 4

Cost

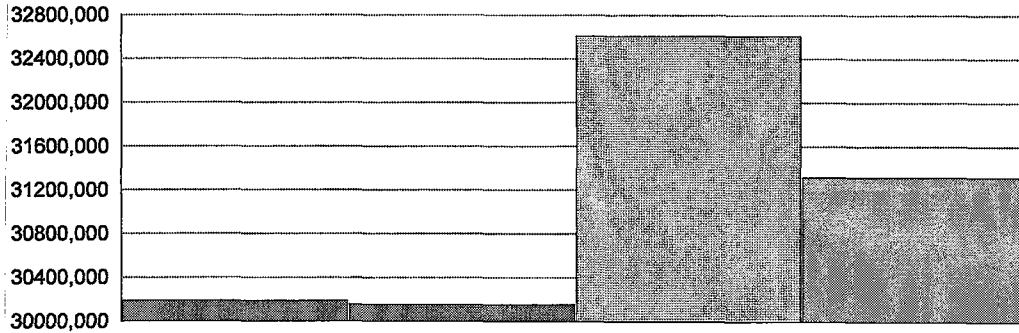
Busy Cost

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
isci 1	30190.68	5,64	30180.61	30209.15
isci 2	30154.31	10,89	30125.36	30175.15
isci 3	32606.98	13,92	32558.07	32629.50
isci 4	31319.11	9,14	31300.52	31333.69

12:44:52

Category Overview

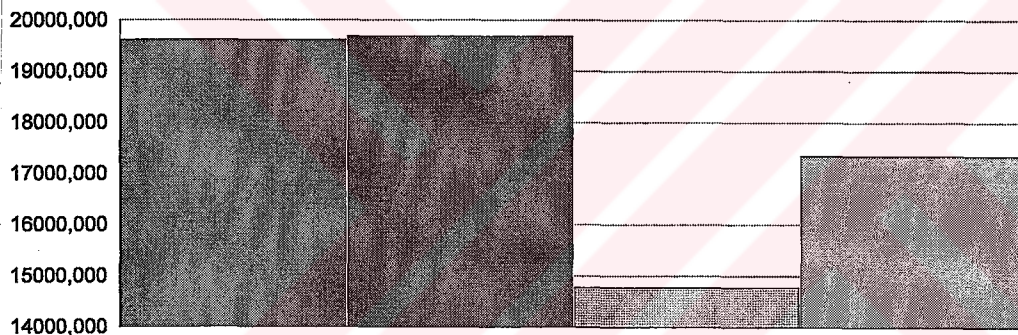
Ağustos 24, 2004



■ isci 1
■ isci 2
■ isci 3
■ isci 4

Idle Cost

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
isci 1	19618.63	11,29	19581.70	19638.78
isci 2	19687.43	17,13	19649.70	19733.02
isci 3	14770.15	30,48	14733.88	14883.86
isci 4	17346.00	18,88	17309.16	17386.09



■ isci 1
■ isci 2
■ isci 3
■ isci 4

Usage Cost

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
isci 1	0.00	0,00	0.00	0.00
isci 2	0.00	0,00	0.00	0.00
isci 3	0.00	0,00	0.00	0.00
isci 4	0.00	0,00	0.00	0.00

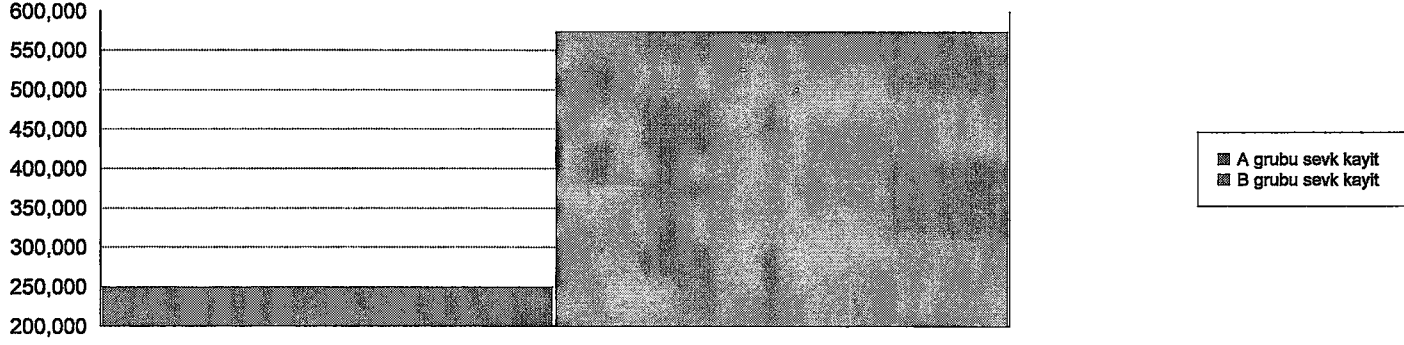
User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
A grubu sevk kayit	249.70	0,35	249.00	250.00
B grubu sevk kayit	573.60	0,37	573.00	574.00

Category Overview

Ağustos 24, 2004



EK 2

Arena Benzetim Paket Programı ile Yapılan 2. deney Çalışmasına Ait İstatiksel Çıktılar



02:26:39

Category Overview

Ağustos 25, 2004

Values Across All Replications

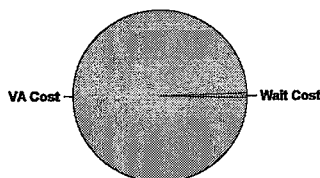
EMFA İlk Durum

Replications: 100 Time Units: Hours

Key Performance Indicators

All Entities

Average

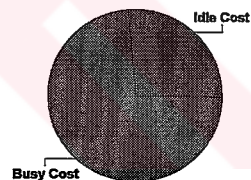


Non-Value Added Cost	0
Other Cost	0
Transfer Cost	0
Value Added Cost	135,712
Wait Cost	1,023

Total Cost 136,736

All Resources

Average



Busy Cost	135,228 *
Idle Cost	49,461
Usage Cost	0

Total Cost 184,689

* these costs are included in Entity Costs above.

System

Average

Total Cost	186,196
Number Out	864

Entity

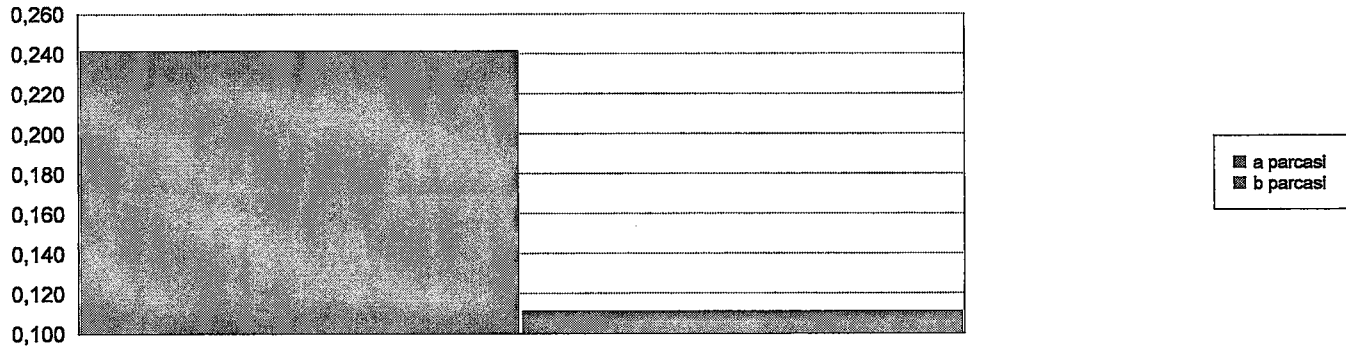
Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parçasi	0.2414	0,00	0.2413	0.2415	0.2383	0.2415
b parçasi	0.1112	0,00	0.1112	0.1113	0.1068	0.1113

12:26:39

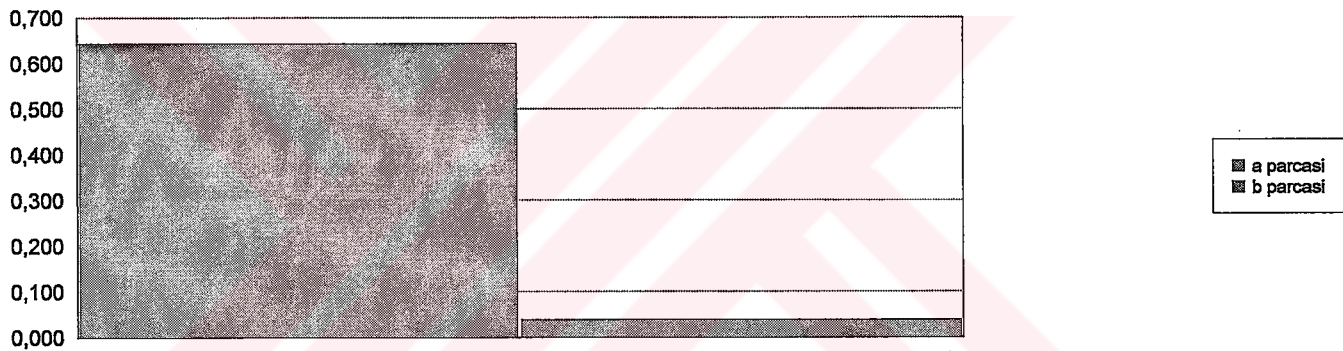
Category Overview

Ağustos 25, 2004



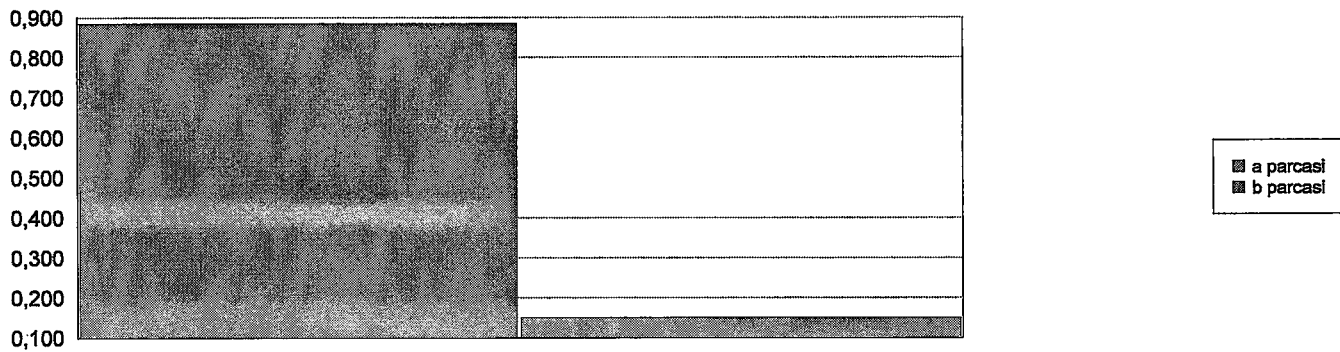
Wait Time

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parcasi	0.6438	0,13	0.3556	0.9098	0.00	3.027
b parcasi	0.03898621	0,01	0.02997881	0.05622627	0.00	0.538



Total Time

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parcasi	0.8853	0,13	0.5970	1.1513	0.2389	3.268
b parcasi	0.1502	0,01	0.1412	0.1675	0.1069	0.655



Cost

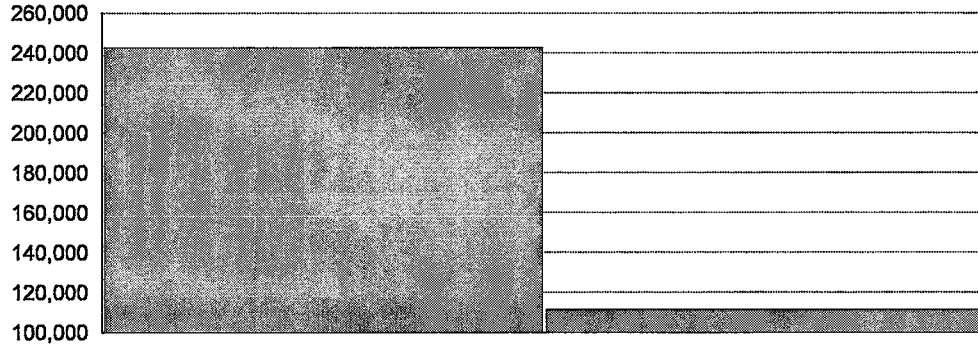
02:26:39

Category Overview

Ağustos 25, 2004

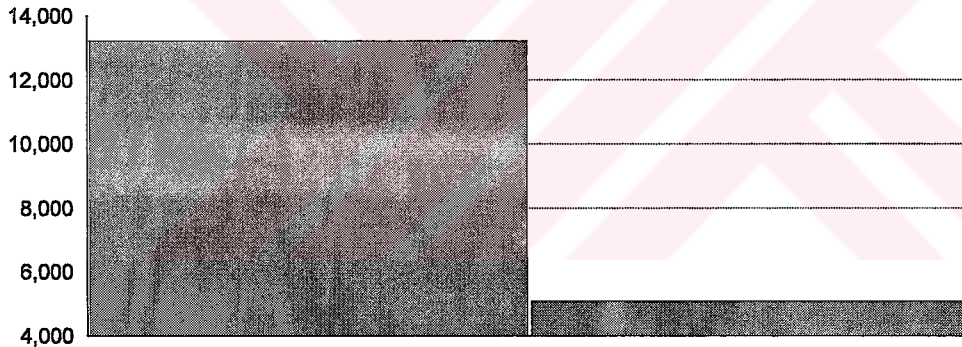
VA Cost

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parçasi	242.64	0,06	242.53	242.75	239.53	248.00
b parçasi	111.45	0,02	111.41	111.49	107.00	116.40



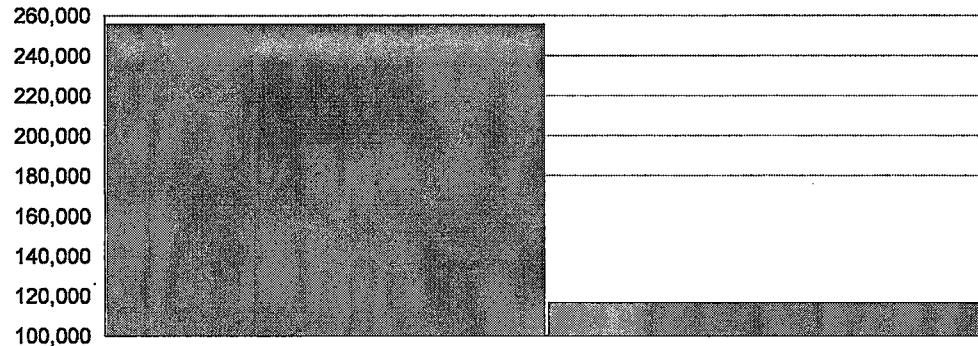
Wait Cost

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parçasi	13.2191	0,65	11.7781	14.5489	10.0000	25.1300
b parçasi	5.0780	0,01	5.0600	5.1125	5.0000	6.0700



Total Cost

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parçasi	255.86	0,65	254.38	257.25	249.92	270.00
b parçasi	116.53	0,02	116.48	116.56	112.08	121.00



Other

Number In

Minimum

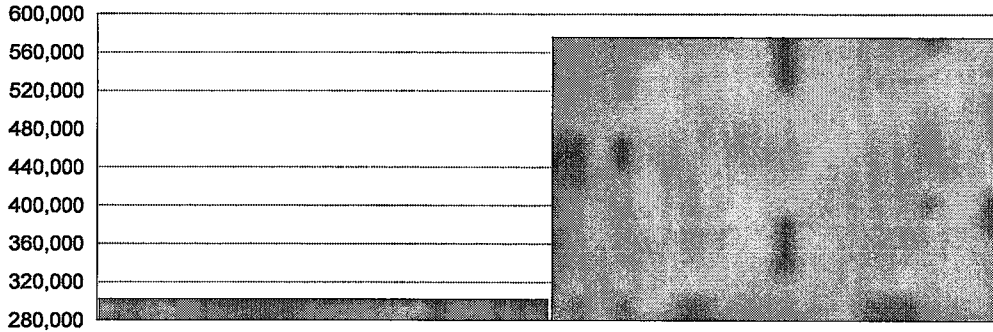
Maximum

12:26:39

Category Overview

Ağustos 25, 2004

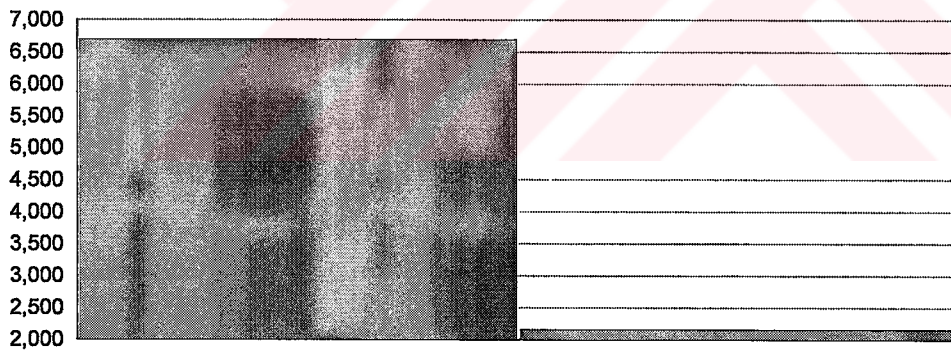
	Average	Half Width	Average	Average
a parçası	302.00	0,00	302.00	302.00
b parçası	576.00	0,00	576.00	576.00



■ a parçası
■ b parçası

Number Out

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parçası	290.50	1,73	287.00	294.00		
b parçası	573.90	0,23	573.00	574.00		
WIP						
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parçası	6.6943	0,99	4.4947	8.6759	0.00	15.00
b parçası	2.1587	0,10	2.0312	2.4059	0.00	7.00



■ a parçası
■ b parçası

Queue

Time

Waiting Time

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
10a01.Queue	0.08549808	0,02	0.04323944	0.1260	0.00	0.38
10a02.Queue	0.01323351	0,01	0.00221615	0.02872323	0.00	0.10
10b01.Queue	0.00542646	0,00	0.00206784	0.00950222	0.00	0.13
10b02 Ust Govde uzeri cam	0.00178862	0,00	0.00123531	0.00313307	0.00	0.12
ember montaj.Queue						
11a01 duy tabani klemens kutu	0.08805700	0,02	0.04357076	0.1289	0.00	0.38
baglantisi montaj.Queue						
11a02 duy tabani klemens kutu	0.01302710	0,01	0.00128654	0.02920650	0.00	0.10
baglantisi montaj.Queue						
12a01alt ust govde	0.08323512	0,02	0.04312296	0.1204	0.00	0.31
montaj.Queue						

12:26:39

Category Overview

Ağustos 25, 2004

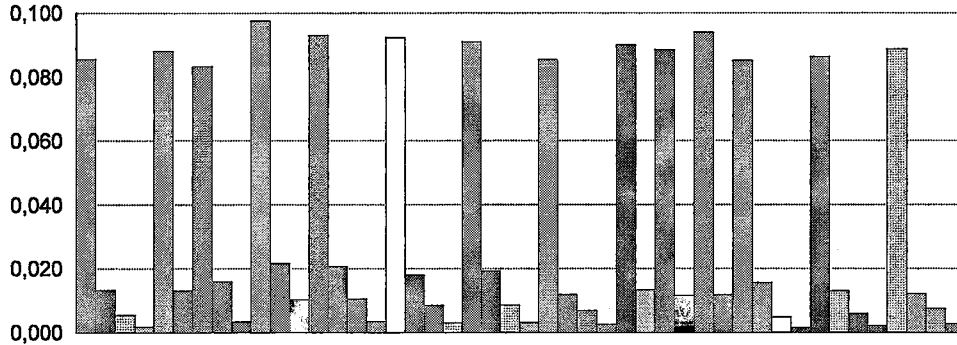
12a02alt ust govde montaj.Queue	0.01584875	0,01	0.00398165	0.03241412	0.00	0.09%
14 b02.Queue	0.00341106	0,00	0.00019599	0.00715803	0.00	0.051014%
14a01.Queue	0.0975	0,03	0.03871904	0.1711	0.00	0.21%
14a02.Queue	0.02155916	0,01	0.01074843	0.03319884	0.00	0.075439%
14b01.Queue	0.01029183	0,00	0.00509319	0.01991527	0.00	0.09%
15a01 plastik kap yerklestirme.Queue	0.0929	0,02	0.04785855	0.1315	0.00	0.28%
15a02 plastik kap yerklestirme.Queue	0.02058634	0,01	0.00850729	0.03815962	0.00	0.11%
15b01 plastik kap yerklestirme.Queue	0.01040242	0,00	0.00694398	0.01619710	0.00	0.16%
15b02 plastik kap yerklestirme.Queue	0.00335800	0,00	0.00233537	0.00430724	0.00	0.075402%
1a01 retim hazirlik.Queue	0.0922	0,02	0.04871983	0.1284	0.00	0.40%
1a02 retim hazirlik.Queue	0.01793025	0,01	0.00647491	0.03232439	0.00	0.11%
1b01 retim hazirlik.Queue	0.00846859	0,00	0.00558647	0.01356723	0.00	0.14%
1b02 retim hazirlik.Queue	0.00304440	0,00	0.00223415	0.00400245	0.00	0.09%
2a01 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.0910	0,02	0.04997170	0.1290	0.00	0.32%
2a02 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.01914804	0,01	0.00769229	0.03431853	0.00	0.12%
2b01 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.00856874	0,00	0.00539914	0.01290546	0.00	0.15%
2b02 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.00309876	0,00	0.00182398	0.00431275	0.00	0.076053%
3a01 klemens kutusu alt kapak somon lastik montaj.Queue	0.08536565	0,02	0.04195494	0.1210	0.00	0.37%
3a02 klemens kutusu alt kapak somon lastik montaj.Queue	0.01179586	0,01	0.00155284	0.02725413	0.00	0.10%
3b01 klemens kutusu alt kapak somon lastik montaj.Queue	0.00675585	0,00	0.00421928	0.01158115	0.00	0.10%
3b02 klemens kutusu alt kapak somon lastik montaj.Queue	0.00250483	0,00	0.00189958	0.00289835	0.00	0.10%
4a01 montaj levhasi balans ignitor.Queue	0.0901	0,02	0.04475729	0.1318	0.00	0.32%
4a02 montaj levhasi balans ignitor.Queue	0.01323865	0,01	0.00189481	0.03172476	0.00	0.13%
5a01.Queue	0.08846452	0,02	0.04255287	0.1249	0.00	0.31%
5a02.Queue	0.01148880	0,01	0.00051289	0.02862448	0.00	0.10%
6a01 alt govde yerlestir.Queue	0.0940	0,02	0.04692421	0.1349	0.00	0.39%
6a02 alt govde yerlestir.Queue	0.01182142	0,01	0.00177243	0.02764966	0.00	0.10%
7a01 reflektor lamba duy montaj.Queue	0.08509442	0,02	0.04231874	0.1208	0.00	0.29%
7a02 reflektor lamba duy montaj.Queue	0.01549391	0,01	0.00267183	0.03359673	0.00	0.11%
7b01 reflektor lamba duy montaj.Queue	0.00480030	0,00	0.00219739	0.01019902	0.00	0.13%
7b02 reflektor lamba duy montaj.Queue	0.00153175	0,00	0.00095600	0.00259520	0.00	0.11%
8a01 duy tabani montaj.Queue	0.08629188	0,02	0.04459912	0.1278	0.00	0.40%
8a02 duy tabani montaj.Queue	0.01291617	0,01	0.00205061	0.02989381	0.00	0.10%
8b01 duy tabani montaj.Queue	0.00586234	0,00	0.00278129	0.01012567	0.00	0.11%
8b02 duy tabani montaj.Queue	0.00215568	0,00	0.00126136	0.00284992	0.00	0.086642%
9a01 duy tabani ust govde alti.Queue	0.08863498	0,02	0.04635335	0.1270	0.00	0.31%
9a02 duy tabani ust govde alti.Queue	0.01204212	0,01	0.00273196	0.02912053	0.00	0.10%

12:26:39

Category Overview

Ağustos 25, 2004

9b01 duy tabani ust govde alti.Queue	0.00737121	0,00	0.00475774	0.01103859	0.00	0.117
-9b02 duy tabani ust govde alti.Queue	0.00276384	0,00	0.00195551	0.00343078	0.00	0.099



1b01 Queue	1b02 Queue	1b03 Queue	1b04 Queue
1b05 Queue	1b06 Queue	1b07 Queue	1b08 Queue
1b09 Queue	1b10 Queue	1b11 Queue	1b12 Queue
1b13 Queue	1b14 Queue	1b15 Queue	1b16 Queue
1b17 Queue	1b18 Queue	1b19 Queue	1b20 Queue
1b21 Queue	1b22 Queue	1b23 Queue	1b24 Queue
1b25 Queue	1b26 Queue	1b27 Queue	1b28 Queue
1b29 Queue	1b30 Queue	1b31 Queue	1b32 Queue
1b33 Queue	1b34 Queue	1b35 Queue	1b36 Queue
1b37 Queue	1b38 Queue	1b39 Queue	1b40 Queue
1b41 Queue	1b42 Queue	1b43 Queue	1b44 Queue
1b45 Queue	1b46 Queue	1b47 Queue	1b48 Queue
1b49 Queue	1b50 Queue	1b51 Queue	1b52 Queue
1b53 Queue	1b54 Queue	1b55 Queue	1b56 Queue
1b57 Queue	1b58 Queue	1b59 Queue	1b60 Queue
1b61 Queue	1b62 Queue	1b63 Queue	1b64 Queue
1b65 Queue	1b66 Queue	1b67 Queue	1b68 Queue
1b69 Queue	1b70 Queue	1b71 Queue	1b72 Queue
1b73 Queue	1b74 Queue	1b75 Queue	1b76 Queue
1b77 Queue	1b78 Queue	1b79 Queue	1b80 Queue
1b81 Queue	1b82 Queue	1b83 Queue	1b84 Queue
1b85 Queue	1b86 Queue	1b87 Queue	1b88 Queue
1b89 Queue	1b90 Queue	1b91 Queue	1b92 Queue
1b93 Queue	1b94 Queue	1b95 Queue	1b96 Queue
1b97 Queue	1b98 Queue	1b99 Queue	1b100 Queue

Cost

Waiting Cost

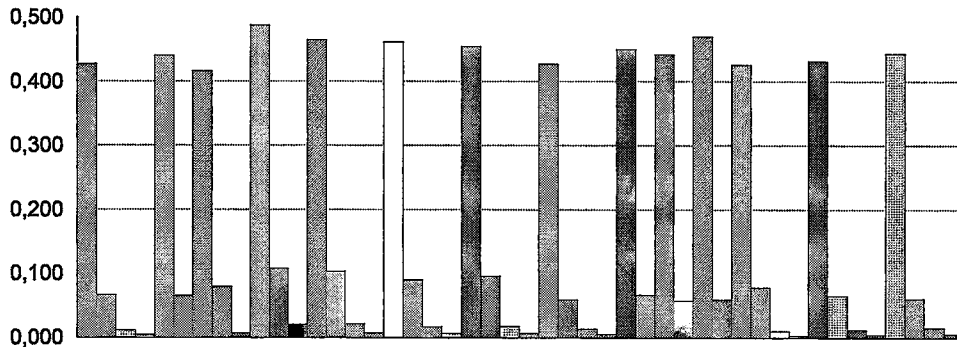
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
10a01.Queue	0.4275	0,10	0.2162	0.6298	0.00	1.94
10a02.Queue	0.06616755	0,03	0.01108074	0.1436	0.00	0.50
10b01.Queue	0.01085291	0,00	0.00413568	0.01900444	0.00	0.274
10b02 Ust Govde uzeri cam cember montaj.Queue	0.00357724	0,00	0.00247061	0.00626615	0.00	0.24
11a01 duy tabani klemens kutu baglantisi montaj.Queue	0.4403	0,11	0.2179	0.6444	0.00	1.91
11a02 duy tabani klemens kutu baglantisi montaj.Queue	0.06513550	0,03	0.00643269	0.1460	0.00	0.53
12a01alt ust govde montaj.Queue	0.4162	0,09	0.2156	0.6018	0.00	1.59
12a02alt ust govde montaj.Queue	0.07924377	0,03	0.01990825	0.1621	0.00	0.49
14 b02.Queue	0.00682211	0,00	0.00039198	0.01431606	0.00	0.10
14a01.Queue	0.4873	0,14	0.1936	0.8553	0.00	1.08
14a02.Queue	0.1078	0,03	0.05374215	0.1660	0.00	0.37
14b01.Queue	0.02058367	0,01	0.01018639	0.03983054	0.00	0.18
15a01 plastik kap yerklestirme.Queue	0.4647	0,10	0.2393	0.6576	0.00	1.42
15a02 plastik kap yerklestirme.Queue	0.1029	0,03	0.04253645	0.1908	0.00	0.56
15b01 plastik kap yerklestirme.Queue	0.02080483	0,00	0.01388796	0.03239420	0.00	0.32
15b02 plastik kap yerklestirme.Queue	0.00671600	0,00	0.00467073	0.00861448	0.00	0.15
1a01 uretim hazirlik.Queue	0.4611	0,10	0.2436	0.6418	0.00	2.00
1a02 uretim hazirlik.Queue	0.08965124	0,03	0.03237457	0.1616	0.00	0.59
1b01 uretim hazirlik.Queue	0.01693719	0,00	0.01117294	0.02713445	0.00	0.29
1b02 uretim hazirlik.Queue	0.00608881	0,00	0.00446830	0.00800490	0.00	0.19
2a01 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.4548	0,10	0.2499	0.6449	0.00	1.60
2a02 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.0957	0,03	0.03846147	0.1716	0.00	0.64
2b01 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.01713747	0,00	0.01079828	0.02581091	0.00	0.31
2b02 klemens kutusu ic kablo	0.00619752	0,00	0.00364796	0.00862550	0.00	0.15

5

Category Overview

Aðustos 25, 2004

baglanti.Queue						
3a01 klemens kutusu alt kapak	0.4268	0,10	0.2098	0.6049	0.00	1.891
somun lastik montaj.Queue						
3a02 klemens kutusu alt kapak	0.05897931	0,03	0.00776421	0.1363	0.00	0.516
somun lastik montaj.Queue						
3b01 klemens kutusu alt kapak	0.01351171	0,00	0.00843856	0.02316229	0.00	0.211
somun lastik montaj.Queue						
3b02 klemens kutusu alt kapak	0.00500966	0,00	0.00379916	0.00579670	0.00	0.204
somun lastik montaj.Queue						
4a01 montaj levhasi balans	0.4503	0,10	0.2238	0.6589	0.00	1.642
ignitor.Queue						
4a02 montaj levhasi balans	0.06619327	0,04	0.00947406	0.1586	0.00	0.664
ignitor.Queue						
5a01.Queue	0.4423	0,10	0.2128	0.6245	0.00	1.552
5a02.Queue	0.05744402	0,04	0.00256447	0.1431	0.00	0.531
6a01 alt govde yerlestir.Queue	0.4699	0,10	0.2346	0.6743	0.00	1.958
6a021 alt govde yerlestir.Queue	0.05910711	0,03	0.00886215	0.1382	0.00	0.509
7a01 reflektor lamba duy	0.4255	0,10	0.2116	0.6038	0.00	1.481
montaj.Queue						
7a02 reflektor lamba duy	0.07746957	0,03	0.01335914	0.1680	0.00	0.581
montaj.Queue						
7b01 reflektor lamba duy	0.00960059	0,00	0.00439477	0.02039804	0.00	0.269
montaj.Queue						
7b02 reflektor lamba duy	0.00306350	0,00	0.00191199	0.00519040	0.00	0.229
montaj.Queue						
8a01 duy tabani montaj.Queue	0.4315	0,10	0.2230	0.6389	0.00	2.039
8a02 duy tabani montaj.Queue	0.06458085	0,03	0.01025303	0.1495	0.00	0.511
8b01 duy tabani montaj.Queue	0.01172467	0,00	0.00556259	0.02025134	0.00	0.228
8b02 duy tabani montaj.Queue	0.00431136	0,00	0.00252271	0.00569985	0.00	0.171
9a01 duy tabani ust govde	0.4432	0,10	0.2318	0.6348	0.00	1.582
alti.Queue						
9a02 duy tabani ust govde	0.06021062	0,03	0.01365979	0.1456	0.00	0.541
alti.Queue						
9b01 duy tabani ust govde	0.01474243	0,00	0.00951549	0.02207719	0.00	0.231
alti.Queue						
9b02 duy tabani ust govde	0.00552769	0,00	0.00391101	0.00686157	0.00	0.191
alti.Queue						

[illegible]

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
10a01.Queue	0.3171	0.07	0.1611	0.4656	0.00	2.00
10a02.Queue	0.04958631	0.02	0.00831056	0.1073	0.00	1.00
10b01.Queue	0.03902462	0.01	0.01488845	0.06817842	0.00	1.00

12:26:39

Category Overview

Ağustos 25, 2004

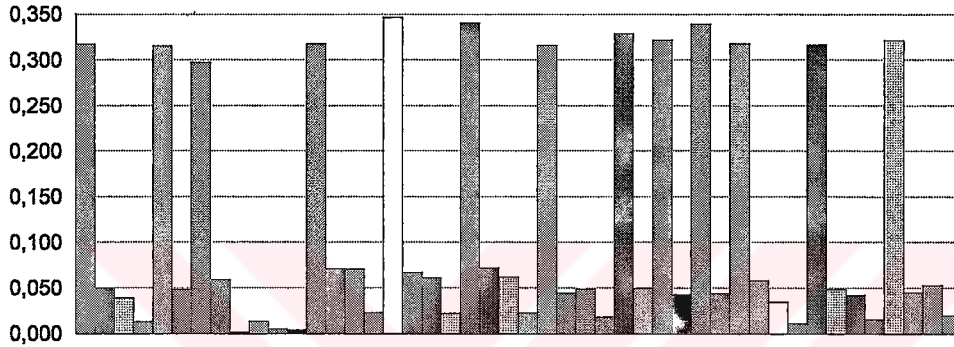
10b02 Ust Govde uzeri cam ember montaj.Queue	0.01285609	0,00	0.00889420	0.02247981	0.00	1.000
11a01 duy tabani klemens kutu aglantisi montaj.Queue	0.3151	0,07	0.1594	0.4575	0.00	2.000
11a02 duy tabani klemens kutu aglantisi montaj.Queue	0.04847260	0,02	0.00482452	0.1073	0.00	1.000
12a01 alt ust govde montaj.Queue	0.2972	0,06	0.1574	0.4249	0.00	2.000
12a02 alt ust govde montaj.Queue	0.05891963	0,02	0.01483165	0.1191	0.00	1.000
14 b02.Queue	0.00127008	0,00	0.00006370	0.00269303	0.00	1.000
14a01.Queue	0.01303564	0,00	0.00677583	0.02372548	0.00	1.000
14a02.Queue	0.00522809	0,00	0.00234572	0.00995965	0.00	1.000
14b01.Queue	0.00408493	0,00	0.00216461	0.00855347	0.00	1.000
15a01 plastik kap yerklestirme.Queue	0.3174	0,07	0.1668	0.4419	0.00	2.000
15a02 plastik kap yerklestirme.Queue	0.07127146	0,02	0.02956284	0.1288	0.00	1.000
15b01 plastik kap yerklestirme.Queue	0.07060089	0,02	0.04687187	0.1122	0.00	2.000
15b02 plastik kap yerklestirme.Queue	0.02282349	0,00	0.01605565	0.02885851	0.00	1.000
1a01 uretim hazirlik.Queue	0.3466	0,07	0.1827	0.4815	0.00	2.000
1a02 uretim hazirlik.Queue	0.06723843	0,02	0.02428092	0.1212	0.00	1.000
1b01 uretim hazirlik.Queue	0.06097388	0,01	0.04022257	0.0977	0.00	2.000
1b02 uretim hazirlik.Queue	0.02206065	0,00	0.01608588	0.02881766	0.00	1.000
2a01 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.3403	0,07	0.1874	0.4824	0.00	2.000
2a02 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.07180516	0,02	0.02884610	0.1287	0.00	1.000
2b01 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.06169489	0,01	0.03887380	0.0929	0.00	2.000
2b02 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.02237459	0,00	0.01313265	0.03175368	0.00	1.000
3a01 klemens kutusu alt kapak somon lastik montaj.Queue	0.3157	0,07	0.1563	0.4462	0.00	2.000
3a02 klemens kutusu alt kapak somon lastik montaj.Queue	0.04418620	0,02	0.00582316	0.1015	0.00	1.000
3b01 klemens kutusu alt kapak somon lastik montaj.Queue	0.04864216	0,01	0.03037882	0.08338425	0.00	2.000
3b02 klemens kutusu alt kapak somon lastik montaj.Queue	0.01802212	0,00	0.01367698	0.02086813	0.00	1.000
4a01 montaj levhasi balans ignitor.Queue	0.3288	0,07	0.1656	0.4777	0.00	2.000
4a02 montaj levhasi balans ignitor.Queue	0.04948179	0,03	0.00710554	0.1190	0.00	1.000
5a01.Queue	0.3217	0,07	0.1574	0.4498	0.00	2.000
5a02.Queue	0.04286532	0,03	0.00192335	0.1073	0.00	1.000
6a01 alt govde yerlestir.Queue	0.3389	0,07	0.1724	0.4823	0.00	2.000
6a02 alt govde yerlestir.Queue	0.04407590	0,02	0.00664661	0.1025	0.00	1.000
7a01 reflektor lamba duy montaj.Queue	0.3176	0,07	0.1588	0.4508	0.00	2.000
7a02 reflektor lamba duy montaj.Queue	0.05810217	0,02	0.01001935	0.1260	0.00	1.000
7b01 reflektor lamba duy montaj.Queue	0.03444213	0,01	0.01576624	0.07317797	0.00	2.000
7b02 reflektor lamba duy montaj.Queue	0.01099031	0,00	0.00685927	0.01862056	0.00	1.000

02:26:39

Category Overview

Ağustos 25, 2004

8a01 duy tabani montaj.Queue	0.3164	0,07	0.1650	0.4664	0.00	2.000
8a02 duy tabani montaj.Queue	0.04829397	0,02	0.00768977	0.1114	0.00	1.000
8b01 duy tabani montaj.Queue	0.04206227	0,01	0.01995578	0.07265167	0.00	2.000
8b02 duy tabani montaj.Queue	0.01546702	0,00	0.00905023	0.02044819	0.00	1.000
9a01 duy tabani ust govde alti.Queue	0.3210	0,07	0.1703	0.4561	0.00	2.000
9a02 duy tabani ust govde alti.Queue	0.04490820	0,02	0.01024484	0.1077	0.00	1.000
9b01 duy tabani ust govde alti.Queue	0.05288846	0,01	0.03413681	0.07920191	0.00	2.000
9b02 duy tabani ust govde alti.Queue	0.01983058	0,00	0.01403076	0.02461587	0.00	1.000



8a01 duy tabani montaj.Queue	8a02 duy tabani montaj.Queue	8a03 duy tabani montaj.Queue	8a04 duy tabani montaj.Queue
8b01 duy tabani montaj.Queue	8b02 duy tabani montaj.Queue	8b03 duy tabani montaj.Queue	8b04 duy tabani montaj.Queue
9a01 duy tabani ust govde alti.Queue	9a02 duy tabani ust govde alti.Queue	9a03 duy tabani ust govde alti.Queue	9a04 duy tabani ust govde alti.Queue
9b01 duy tabani ust govde alti.Queue	9b02 duy tabani ust govde alti.Queue	9b03 duy tabani ust govde alti.Queue	9b04 duy tabani ust govde alti.Queue

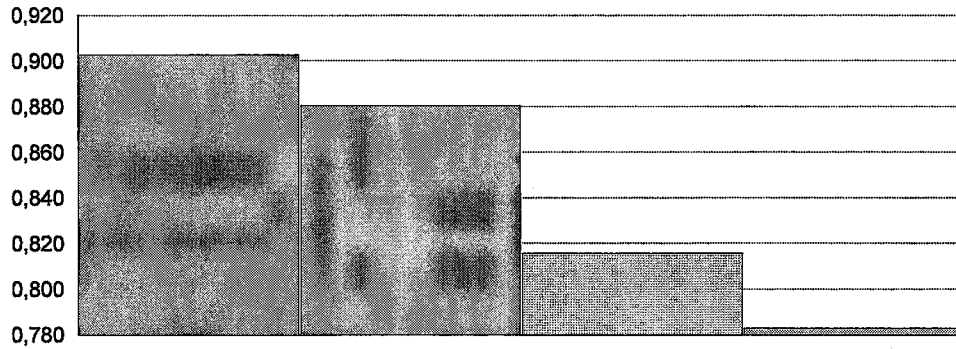
Resource

Usage

Instantaneous Utilization

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
isci 1	0.9027	0,00	0.8960	0.9057	0.00	1.000
isci 2	0.8805	0,01	0.8674	0.8920	0.00	1.000
isci 3	0.8157	0,00	0.8151	0.8161	0.00	1.000
isci 4	0.7829	0,00	0.7815	0.7835	0.00	1.000

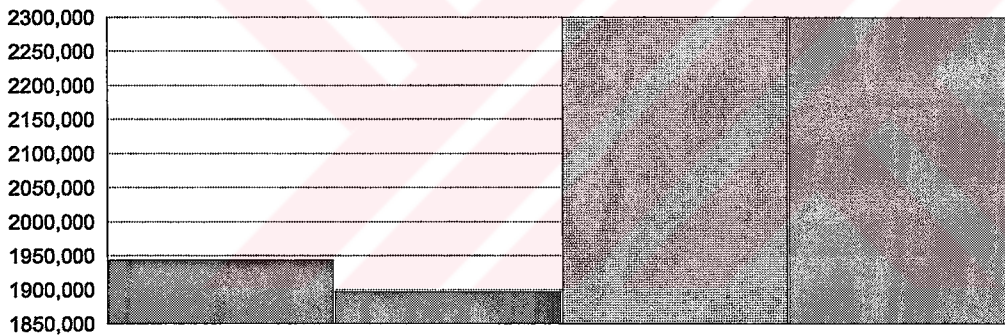
Category Overview



■ isci 1
■ isci 2
■ isci 3
■ isci 4

Total Number Seized

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
isci 1	1943.50	4,95	1930.00	1949.00
isci 2	1897.00	13,75	1868.00	1922.00
isci 3	2299.70	0,35	2299.00	2300.00
isci 4	2299.00	1,17	2296.00	2300.00

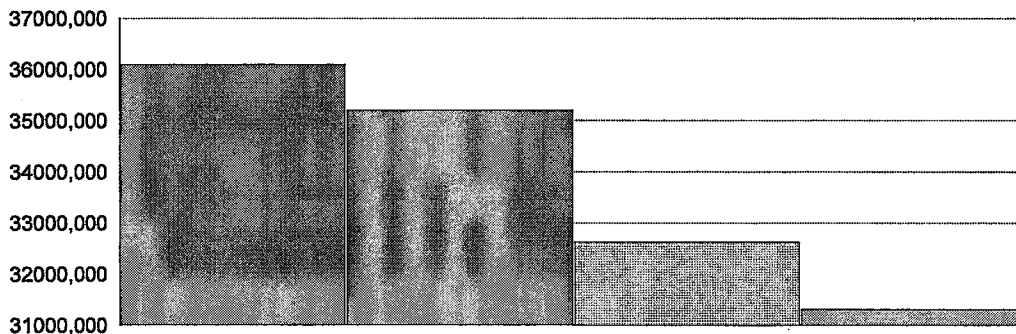


■ isci 1
■ isci 2
■ isci 3
■ isci 4

Cost

Busy Cost

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
isci 1	36096.20	98,51	35835.31	36213.72
isci 2	35206.07	251,56	34696.60	35665.36
isci 3	32618.52	7,90	32603.04	32631.42
isci 4	31307.28	15,64	31258.86	31326.00



■ isci 1
■ isci 2
■ isci 3
■ isci 4

Idle Cost

Minimum

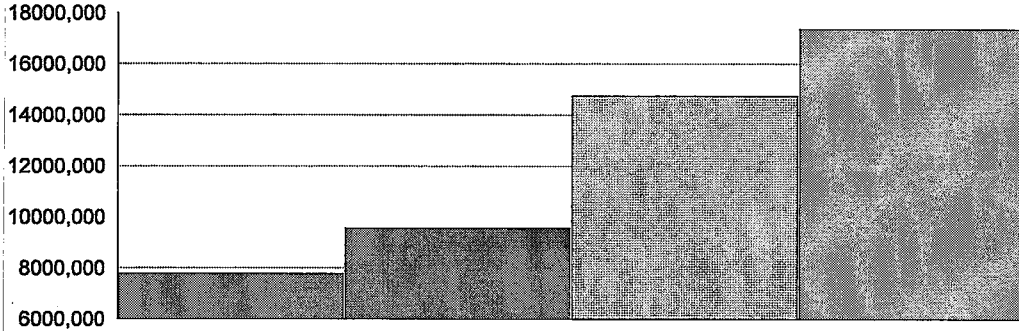
Maximum

12:26:39

Category Overview

Ağustos 25, 2004

	Average	Half Width	Average	Average
sci 1	7786.49	195,94	7547.11	8322.58
sci 2	9562.36	505,56	8638.89	10606.79
sci 3	14743.77	19,16	14715.11	14790.81
sci 4	17367.89	36,91	17323.64	17482.27



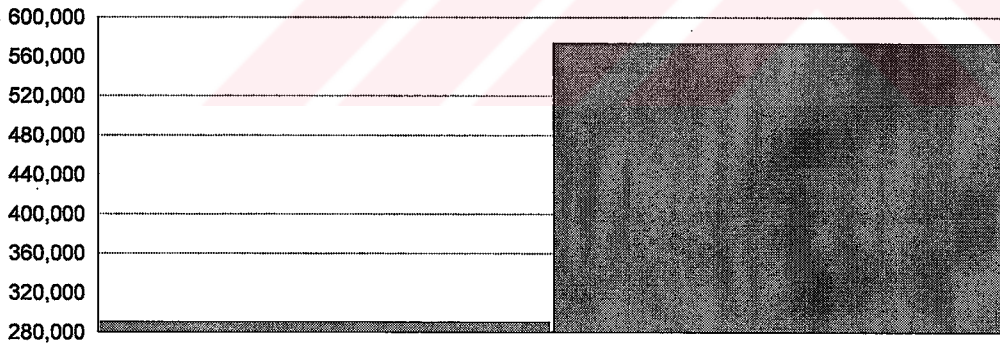
■ sci 1
■ sci 2
■ sci 3
■ sci 4

User Specified

Counter

Count

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
A grubu sevk kayit	290.50	1,73	287.00	294.00
B grubu sevk kayit	573.90	0,23	573.00	574.00



■ A grubu sevk kayit
■ B grubu sevk kayit

EK 3

Arena Benzetim Paket Programı ile Yapılan 3. deney (önerilen durum) Çalışmasına Ait İstatiksel Çıktılar



Values Across All Replications

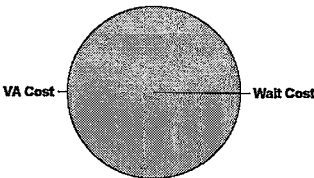
MFA ÖNERÝLEN DURUM

Replications: 100 Time Units: Hours

Key Performance Indicators

All Entities

Average

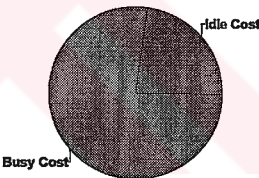


Non-Value Added Cost	0
Other Cost	0
Transfer Cost	0
Value Added Cost	139,495
Wait Cost	349

Total Cost 139,844

All Resources

Average



Busy Cost	139,255 *
Idle Cost	41,453
Usage Cost	0

Total Cost 180,708

* these costs are included in Entity Costs above.

System

Average

Total Cost	181,297
Number Out	872

0:59:16

Category Overview

Ağustos 26, 2004

Entity

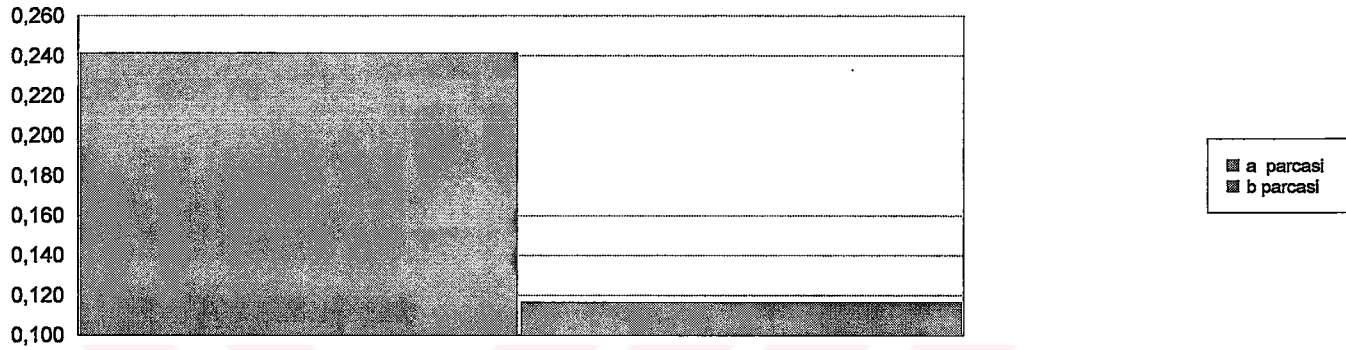
Time

VA Time

a parçasi

b parçasi

Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
0.2415	0,00	0.2414	0.2416	0.2385	0.247
0.1165	0,00	0.1164	0.1165	0.1136	0.119

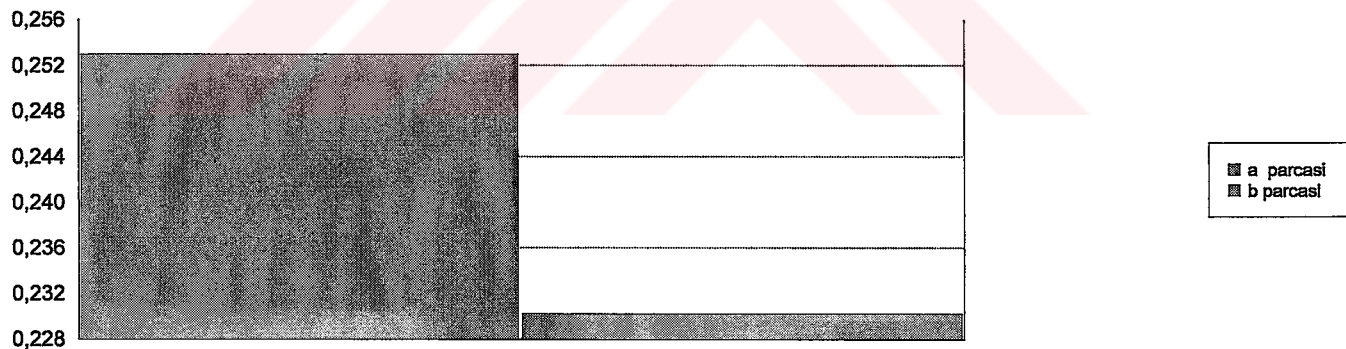


Wait Time

a parçasi

b parçasi

Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
0.2530	0,02	0.2176	0.3208	0.1011	0.636
0.2302	0,02	0.2012	0.2758	0.06730679	0.493



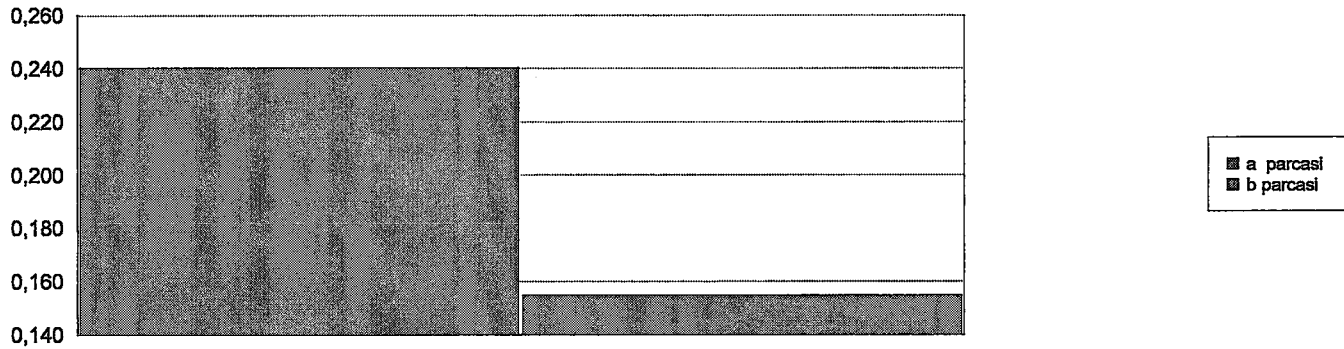
0:59:16

Category Overview

Ağustos 26, 2004

Total Time

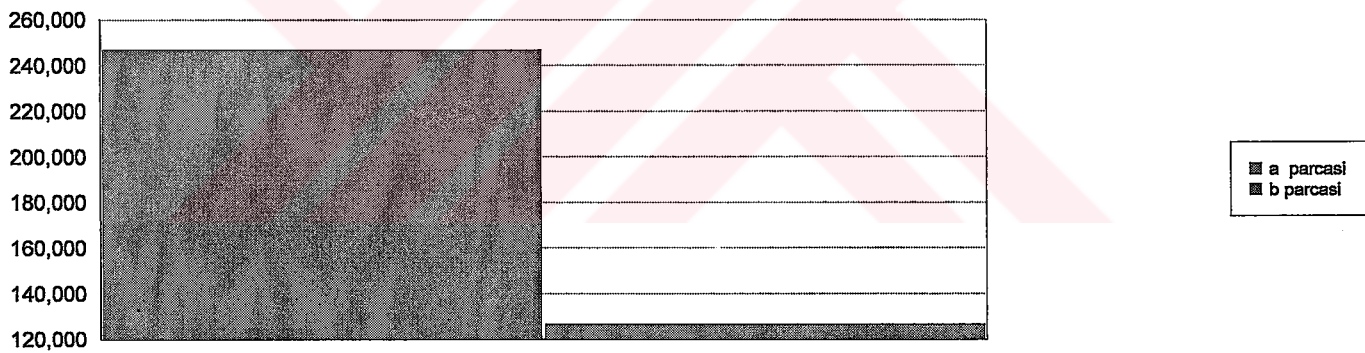
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parcasi	0.2403	0,01	0.2236	0.2696	0.1622	0.424
b parcasi	0.1549	0,01	0.1448	0.1718	0.08013604	0.283



Cost

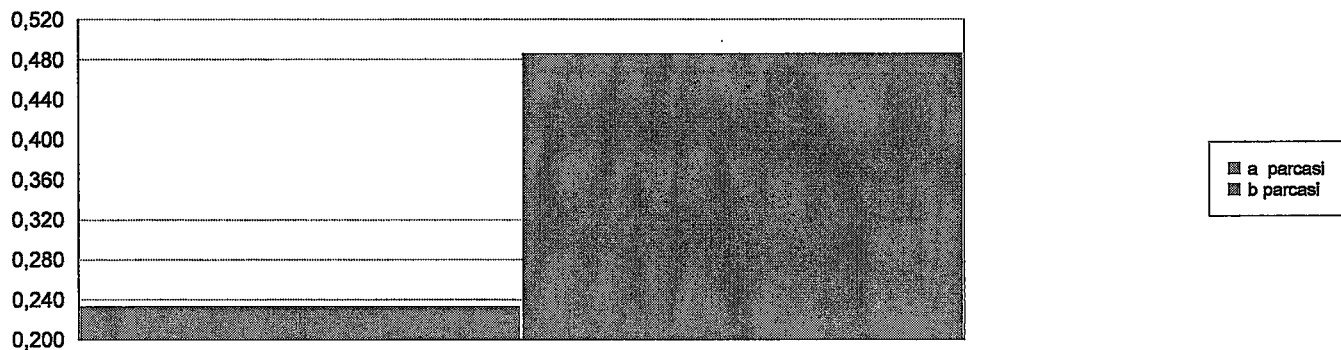
VA Cost

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parcasi	246.74	0,06	246.63	246.85	243.77	252.5
b parcasi	126.76	0,02	126.71	126.79	123.87	130.0



Wait Cost

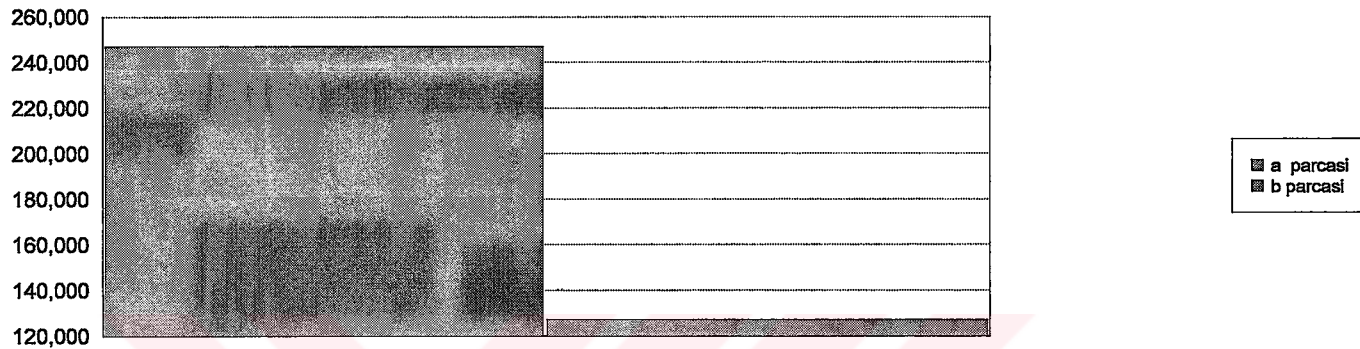
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parcasi	0.2331	0,02	0.2000	0.2919	0.07604680	0.600
b parcasi	0.4860	0,03	0.4353	0.5705	0.1116	1.132



Category Overview

Aðustos 26, 2004

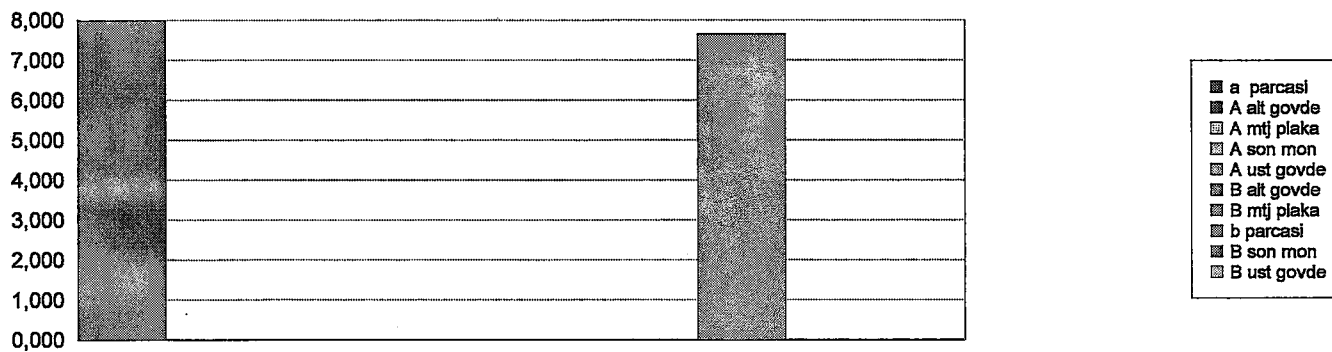
Total Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parcasi	246.98	0,06	246.83	247.05	243.96	252.00
b parcasi	127.24	0,02	127.20	127.31	124.14	130.00



Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
a parcasi	301.30	0,68	300.00	302.00
b parcasi	575.90	0,63	573.00	576.00

Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parcasi	300.20	2,07	299.00	300.00		
b parcasi	573.50	2,03	571.00	574.00		
WIP						
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
a parcasi	7.9777	0,21	7.5809	8.6495	0.00	19.00
b parcasi	7.6445	0,26	7.2233	8.4334	0.00	19.00



0:59:16

Category Overview

Ağustos 26, 2004

Queue

Time

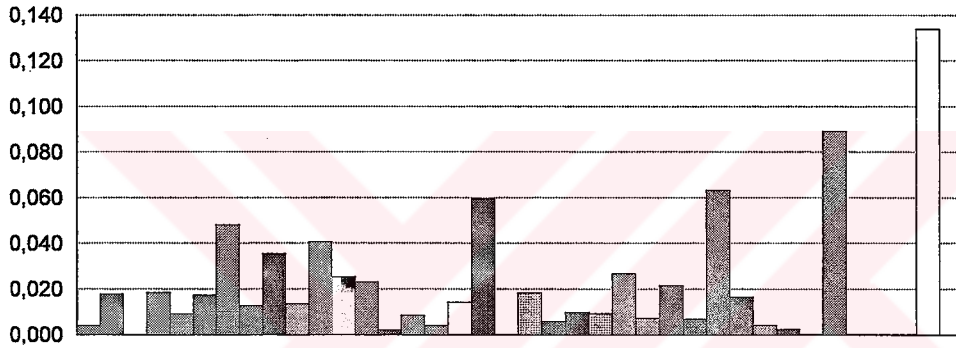
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
10a11.Queue	0.01599674	0,00	0.01534196	0.01632829	0.01170376	0.0529480
10b11 Ust Govde uzeri cam cember montaj.Queue	0.01421328	0,00	0.01360473	0.01473191	0.00	0.0720534
11 duy tabani kelemns kutu baglantisi.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
11a11 duy tabani klemens kutu baglantisi montaj.Queue	0.00922683	0,00	0.00731683	0.01095492	0.00	0.0470794
12 a11 alt ust govde montaj.Queue	0.00454162	0,00	0.00380506	0.00510692	0.00	0.0307634
13a11 hata kontrol.Queue	0.00869199	0,00	0.00775615	0.00963821	0.00	0.0546955
13b11 hata kontrol.Queue	0.00960990	0,00	0.00810932	0.01145748	0.00	0.0673955
14a11.Queue	0.00637212	0,00	0.00412090	0.00866646	0.00	0.0225237
14b11.Queue	0.00712173	0,00	0.00363200	0.00968754	0.00	0.0435386
15a11 plastik kap yerkestirme.Queue	0.00672273	0,00	0.00537008	0.00749514	0.00	0.0395840
15b11 plastik kap yerkestirme.Queue	0.00814238	0,00	0.00707785	0.00875438	0.00	0.0559710
1a11 uretim hazirlik.Queue	0.02543060	0,01	0.01518781	0.04367911	0.00	0.126
1b11 uretim hazirlik.Queue	0.00922377	0,00	0.00806725	0.01036674	0.00	0.0671900
2a11 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.00423766	0,00	0.00380706	0.00477438	0.00	0.0467923
2b11 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.00335155	0,00	0.00292054	0.00382954	0.00	0.0517022
3a11 klemens kutusu alt kapak somun lastik montaj.Queue	0.00793410	0,00	0.00682254	0.00894789	0.00	0.0332550
3b11 klemens kutusu alt kapak somun lastik montaj.Queue	0.00566792	0,00	0.00510228	0.00633259	0.00	0.0660674
3ve5 eslestir.Queue1	0.05964705	0,01	0.04654887	0.08054713	0.00	0.196
3ve5 eslestir.Queue2	0.00001080	0,00	0.00	0.00008849	0.00	0.0187526
4a11 montaj levhasi balans ignitor.Queue	0.01824551	0,00	0.01483563	0.02094779	0.00	0.0692367
5a11.Queue	0.00458088	0,00	0.00276227	0.00876293	0.00	0.0590913
6a11 alt govde yerlestir.Queue	0.00781248	0,00	0.00698087	0.00857782	0.00	0.0371393
7a11 reflektor lamba duy montaj.Queue	0.01851284	0,00	0.01393362	0.02843368	0.00	0.0862100
7b11 reflektor lamba duy montaj.Queue	0.02132461	0,00	0.01294471	0.03479328	0.00	0.106
8a11 duy tabani montaj.Queue	0.01418636	0,00	0.01341201	0.01477408	0.00	0.0419398
8b11 duy tabani montaj.Queue	0.01721242	0,00	0.01585942	0.01840130	0.00	0.0559853
9a11 duy tabani ust govde alti.Queue	0.01325627	0,00	0.01298232	0.01373383	0.00	0.0398742
9b11 duy tabani ust govde alti.Queue	0.01682844	0,00	0.01542892	0.01780294	0.00	0.0689960
A son montaj esleme.Queue1	0.01325228	0,00	0.01138014	0.01729578	0.00	0.0785673
A son montaj esleme.Queue2	0.01604759	0,00	0.01212909	0.02488926	0.00	0.0809738
A son montaj esleme.Queue3	0.00465846	0,00	0.00317154	0.00604174	0.00	0.0472503
B son montaj esleme.Queue1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
B son montaj esleme.Queue2	0.07118133	0,00	0.06334387	0.08486978	0.00819000	0.160
Batch 1.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Batch 2.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

10:59:16

Category Overview

Ağustos 26, 2004

8a11 duy tabani montaj.Queue	0.00709318	0,00	0.00670600	0.00738704	0.00	0.0209699
8b11 duy tabani montaj.Queue	0.02151553	0,00	0.01982428	0.02300162	0.00	0.0699816
9a11 duy tabani ust govde alti.Queue	0.00662813	0,00	0.00649116	0.00686692	0.00	0.0199371
9b11 duy tabani ust govde alti.Queue	0.06310665	0,00	0.05785846	0.06676101	0.00	0.256
A son montaj esleme.Queue1	0.01656535	0,00	0.01422517	0.02161973	0.00	0.098
A son montaj esleme.Queue2	0.00401190	0,00	0.00303227	0.00622231	0.00	0.0202434
A son montaj esleme.Queue3	0.00232923	0,00	0.00158577	0.00302087	0.00	0.0236251
B son montaj esleme.Queue1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0
B son montaj esleme.Queue2	0.08897667	0,01	0.07917984	0.1061	0.01023750	0.201
Batch 1.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0
Batch 2.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0
Batch 4.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0
eslestirme3 ve 8.Queue1	0.1338	0,01	0.1084	0.1687	0.00	0.398
eslestirme3 ve 8.Queue2	0.00003932	0,00	0.00	0.00011229	0.00	0.0332721



10a11.Queue	10b11.Ust Govde uzeri cam cember montaj.Queue	11 duy tabani kelemns kutu baglantisi.Queue	11a11 duy tabani klemens kutu baglantisi montaj.Queue
12 a11alt ust govde montaj.Queue	13a11 hata kontrol.Queue	13b11 hata kontrol.Queue	14a11.Queue
14b11.Queue	15a11 plastik kap yerklestirme.Queue	15b11 plastik kap yerklestirme.Queue	1a11 uretim hazirlik.Queue
1b11 uretim hazirlik.Queue	2a11 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	2b11 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	3a11 klemens kutusu alt kapak

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
10a11.Queue	0.1199	0,00	0.1151	0.1225	0.00	2.000
10b11 Ust Govde uzeri cam cember montaj.Queue	0.2043	0,00	0.1956	0.2118	0.00	2.000
11 duy tabani kelemns kutu baglantisi.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	3.000
11a11 duy tabani klemens kutu baglantisi montaj.Queue	0.06908618	0,01	0.05487624	0.08216190	0.00	1.000
12 a11alt ust govde montaj.Queue	0.03393581	0,00	0.02844280	0.03804656	0.00	1.000
13a11 hata kontrol.Queue	0.06494879	0,00	0.05797725	0.07204564	0.00	1.000
13b11 hata kontrol.Queue	0.1379	0,01	0.1164	0.1645	0.00	2.000
14a11.Queue	0.00138923	0,00	0.00053214	0.00346658	0.00	1.000
14b11.Queue	0.00556733	0,00	0.00263320	0.00799222	0.00	1.000
15a11 plastik kap yerklestirme.Queue	0.04878665	0,00	0.03960435	0.05527662	0.00	1.000
15b11 plastik kap yerklestirme.Queue	0.1104	0,00	0.0961	0.1193	0.00	2.000
1a11 uretim hazirlik.Queue	0.1908	0,05	0.1139	0.3276	0.00	1.000
1b11 uretim hazirlik.Queue	0.1326	0,01	0.1160	0.1490	0.00	1.000
2a11 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.03178245	0,00	0.02855297	0.03580787	0.00	1.000
2b11 klemens kutusu ic kablo baglanti.Queue	0.04817857	0,00	0.04198274	0.05504958	0.00	1.000
3a11 klemens kutusu alt kapak	0.05950576	0,00	0.05116907	0.06710920	0.00	1.000

Aðustos 26, 2004

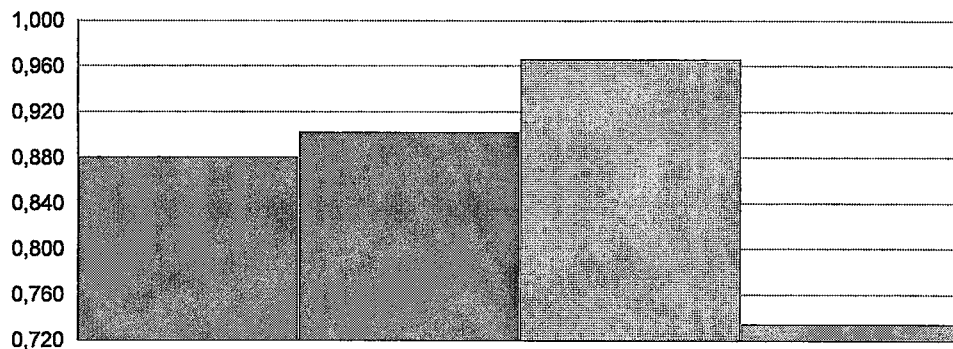
Sector	Number of Employees (approx.)
Agriculture, Forestry and Fishing	100
Manufacturing	200
Construction	100
Wholesale and Retail Trade	100
Accommodation and Food Services	100
Information and Communications	100
Health and Social Work	100
Education	100
Arts, Culture and Recreation	100
Other	1000

[illegible]

isci 1	0.8803	0,00	0.8795	0.8808	0.00	1.000
isci 2	0.9019	0,00	0.9003	0.9025	0.00	1.000
isci 3	0.9656	0,00	0.9631	0.9666	0.00	1.000
isci 4	0.7340	0,00	0.7330	0.7347	0.00	1.000

Category Overview

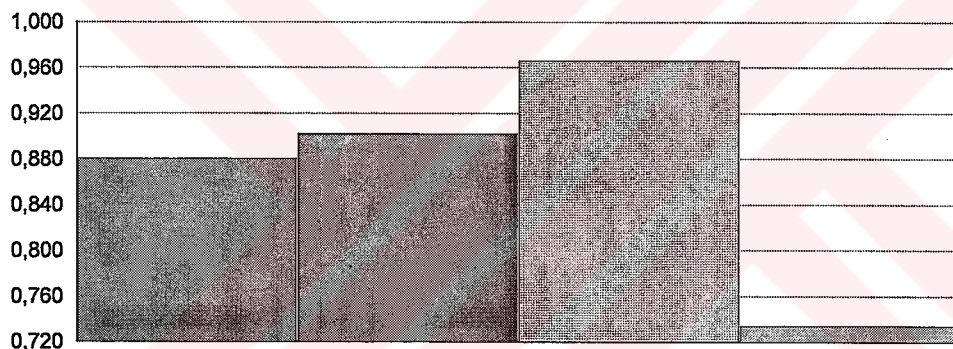
Aðustos 26, 2004



isci 1
isci 2
isci 3
isci 4

Number Busy

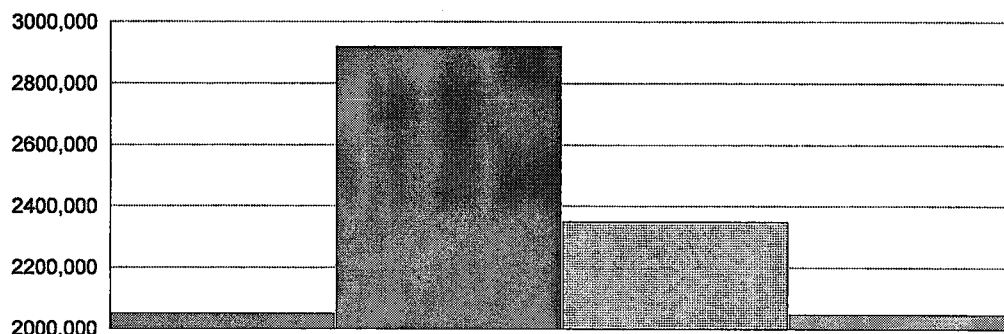
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
isci 1	0.8803	0,00	0.8795	0.8808	0.00	1.000
isci 2	0.9019	0,00	0.9003	0.9025	0.00	1.000
isci 3	0.9656	0,00	0.9631	0.9666	0.00	1.000
isci 4	0.7340	0,00	0.7330	0.7347	0.00	1.000



isci 1
isci 2
isci 3
isci 4

Total Number Seized

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
isci 1	2049.90	0,23	2049.00	2050.00
isci 2	2919.70	1,72	2914.00	2922.00
isci 3	2348.80	1,42	2344.00	2351.00
isci 4	2046.50	0,70	2044.00	2047.00



isci 1
isci 2
isci 3
isci 4

Cost

Busy Cost

Minimum

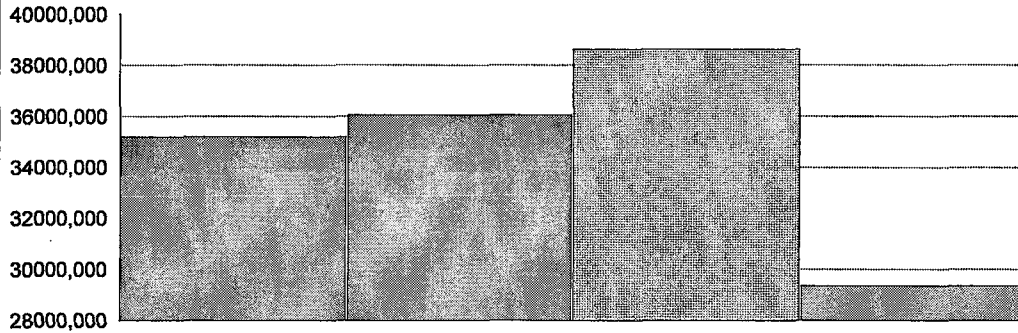
Maximum

10:59:16

Category Overview

Ağustos 26, 2004

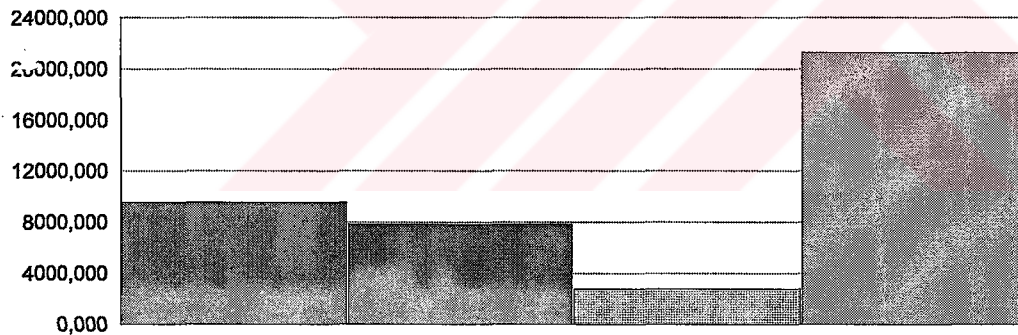
	Average	Half Width	Average	Average
isci 1	35209.73	11,65	35176.53	35232.02
isci 2	36066.87	22,04	35985.18	36088.28
isci 3	38618.70	30,10	38515.06	38655.92
isci 4	29360.08	15,36	29319.00	29389.37



■ isci 1
■ isci 2
■ isci 3
■ isci 4

Idle Cost

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
isci 1	9575.47	21,09	9535.96	9637.72
isci 2	7848.76	36,93	7796.28	7979.72
isci 3	2751.36	57,12	2672.42	2949.32
isci 4	21277.49	30,21	21221.27	21362.00



■ isci 1
■ isci 2
■ isci 3
■ isci 4

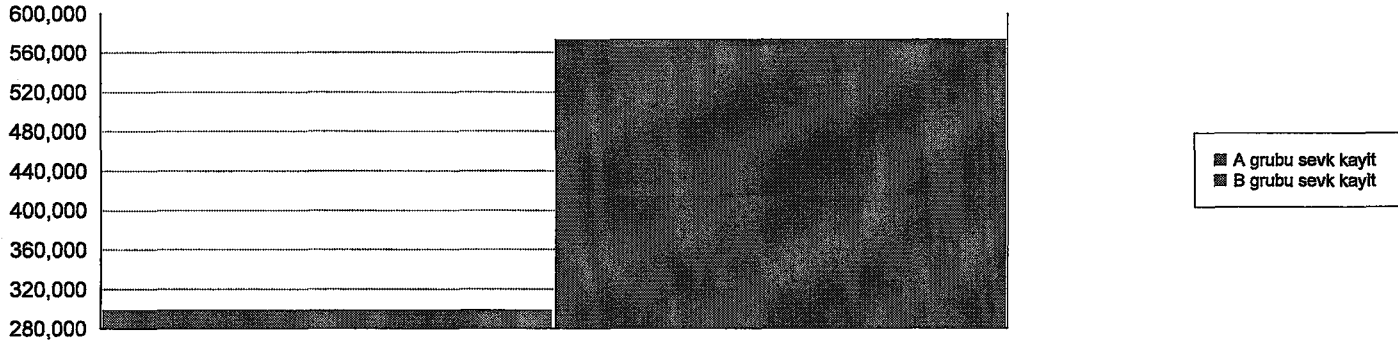
User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
A grubu sevki kayıtları	300.70	0,35	298.00	299.00
B grubu sevki kayıtları	573.10	0,41	572.00	574.00

Category Overview

Ağustos 26, 2004



ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi 17.05.1977

Doğum Yeri İstanbul

Lise 1988 – 1995

F.M.V Işık Lisesi

Lisans 1996- 2001

YTÜ Endüstri Müh. Bölümü

Yüksek Lisans 2001 -

YTÜ Endüstri Müh. Bölümü

Çalıştığı Kurumlar

2002 – 2003

ABBATE (Öztay) Planlama Mühendisi

2003 – 2004

Önday Ltd. Şti Müşteri Temsilcisi

