

**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ATÖLYE TİPİ ÜRETİMDE SİMÜLASYON TEKNİKLERİ İLE DİNAMİK  
ÇİZELGELEME VE ATÖLYE SİMÜLASYONU**

**Cihan ÇÖREKÇİ**

**AĞUSTOS 2014**

**Endüstri Anabilim Dalında** Cihan ÇÖREKÇİ tarafından hazırlanan “ATÖLYE TİPİ ÜRETİMDE SİMÜLASYON TEKNİKLERİ İLE DİNAMİK ÇİZELGELEME VE ATÖLYE SİMÜLASYONU” adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof.Dr.Burak BİRGÖREN  
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Doç.Dr.Ahmet KÜRŞAD TÜRKER  
Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan (Danışman) : Doç.Dr.Ahmet Kürşad TÜRKER \_\_\_\_\_  
Üye : Yrd.Doç.Dr. Suna ÇETİN \_\_\_\_\_  
Üye : Yrd.Doç.Dr.Ümit Sami SAKALLI \_\_\_\_\_

...../...../.....

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Doç.Dr.Erdem Kamil YILDIRIM  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ÖZET

### ATÖLYE TİPİ ÜRETİMDE SİMÜLASYON TEKNİKLERİ İLE DİNAMİK ÇİZELGELEME VE ATÖLYE SİMÜLASYONU

ÇÖREKÇİ, Cihan

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi

Danışman: Doç. Dr. Ahmet Kürşad TÜRKER

Ağustos 2014, 110 sayfa

Bu çalışmada atölye tipi üretim sistemlerinde bir problem olan üretim planlama ve iş çizelgeleme için simülasyon ile zamana duyarlı olarak, kendini sürekli yenileyen dinamik bir model geliştirilmiştir.

Bunun için ilk olarak 50 farklı ürün üretilebilecek ve içerisinde 4'er adet özdeş yani aynı işleri yapabilen makine bulunan, 4 iş merkezli hayali bir atölye tasarlanmıştır. Oluşturulan bu atölye Arena simülasyon paket programı ile modellenmiş ve 25 farklı alternatif senaryo hazırlanarak, sonuçlar analiz edilmiştir. Oluşturulan simülasyon modellerinde atölye dışı ve içi olmak üzere 2 noktada işlerin sıralanması belirlenmiştir. Atölye dışındaki kontrol mekanizması ile iş merkezlerine siparişlerin ilk ataması yapılmakta. Atölye içi kontrol mekanizması ile de işler sıralanarak iş merkezlerindeki boş makinelere atanması yapılmıştır.

Yapmış olduğumuz bu modeller sayesinde dinamik olarak gelen siparişlerin anlık olarak sıralanması ve üretilmesi sağlanmıştır. Bu sayede sürekli değişebilen dinamik bir çizelgeleme modeline sahip olunmuştur. Burada eğer model gerçek bir atölyede çalıştırılacak olursa modelin girdileri siparişlerin tutulduğu Excel, Access veya bir ERP programından reel zamanda dinamik olarak alınabilir.

**Anahtar kelimeler:** Simülasyon, Dinamik Çizelgeleme, Arena, Atölye tipi üretim

## ABSTRACT

### DYNAMIC SCHEDULING AND WORKSHOP SIMULATION IN JOB SHOP TYPE PRODUCTION SYSTEM

ÇÖREKÇİ, Cihan

Kırıkkale University

Institute of Science

Department of Industrial Engineering, Master's Degree Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Ahmet Kürşad TÜRKER

August 2014, 110 pages

In this study, a dynamic model which renovates itself continuously with a simulation model is developed for production planning and scheduling problems of workshop-type production systems.

To do so, firstly, an experimental workshop that includes four work centers which have four identical machines doing the same job to produce fifty different products is designed. Designed workshop is modelled with Arena simulation package program and results are analyzed with developed twenty five different scenario. External and internal jobs sequencing was determined at two points in the proposed simulation models. The first assignment of jobs to work centers is made with external Hold workshop modules. And then, the jobs are sequenced and assigned to available machines with the internal Holden Modules and Controllers.

Sequencing and production of dynamically incoming orders is achieved transiently with proposed simulation models. By this means, a dynamic scheduling model which can be changed continuously is acquired. If the model is used for a real workshop problem, the orders of the model can be gathered from Excel, Access or an ERP program dynamically.

**Key Words:** Dynamic Simulation, Scheduling, Arena, Job-shop-Type Production

## TEŞEKKÜR

Öncelikle bu tezin hazırlanmasında büyük emeği geçen tez danıŐmanım sayın Doç.Dr. Ahmet Kürşad TÜRKER hocama teŐekkürü bir borç bilirim. Tez sırasında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaŐan Kara Harp Okulu Endüstri ve Sistem Mühendisliği Bölümünde'ki değerli komutanlarıma ve çalışma arkadaşlarıma Őükranlarımı sunar, simülasyon alanındaki ilk çalıŐmalarımı beraber yaptığımız sayın Yrd.Doç.Dr.Müh.Bnb.Özkan BALI'ye, Mu.Bnb.Tolga BOYRAZ'a, Müh.Ütđm.Ali PALA'ya ve son olarak bana birçok konuda olduğu gibi, tezimi hazırlamam esnasında da yardımlarını esirgemeyerek anlayıŐ gösteren değerli eŐim Nevin'e teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>TEŞEKKÜR/ÖNSÖZ</b> .....	iii
<b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b> .....	iv
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	viii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	x
<b>SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	xi
<b>1.GİRİŞ</b> .....	1
1.1. Simülasyon Tanımı, Aşamaları, Avantaj ve Dezavantajları .....	2
1.1.1. Simülasyonun Avantajları.....	2
1.1.2. Simülasyonun Dezavantajları .....	3
1.1.3. Simülasyon İle Yapılabilecekler .....	4
1.1.4. Simülasyon Aşamaları .....	4
1.2. Simülasyon Sınıflandırılması .....	16
1.2.1. Dinamik-Statik Simülasyon Modelleri .....	16
1.2.2. Deterministik-Stokastik Simülasyon Modelleri.....	17
1.2.3. Kesikli-Sürekli Simülasyon Modelleri .....	17
1.3. Kuyruk Sistemleri ve Kuyruk Teorisi .....	17
1.4. Çizelgeleme .....	19
1.4.1. Dinamik Çizelgeleme.....	20
1.4.2. Yeniden Çizelgeleme Politikaları .....	22
1.4.3. Yeniden Çizelgeleme Stratejileri .....	22
1.4.4. Yeniden Çizelgeleme Teknikleri .....	23
1.5. Atölye Tipi Üretim Sistemleri .....	24
1.6. Atölye Tipi Çizelgeleme Problemleri (ATÇP-JSSP) .....	25

1.7. Simülasyon İle Dinamik Çizelgeleme .....	26
1.7.1. Performans Ölçütleri: .....	27
1.7.2. Karar Değişkenleri: .....	27
1.7.3. Cevaplanacak Sorular: .....	28
1.8. Literatür Taraması .....	28
1.9. Atölye Tipi Çizelgeleme Sürecinde Öncelik Kuralları .....	32
1.9.1. İlk Giren İlk Çıkar (İGİÇ-FİFO).....	33
1.9.2. Son Giren İlk Çıkar (SGİÇ-LİFO).....	33
1.9.3. En Kısa İşlem Süresi (EKİS-SPT), En Kısa Toplam İşlem Süresi (EKTİS-TSPT), .....	33
1.9.4. En Uzun İşlem Süresi (EUIS-LPT), En Uzun Toplam İşlem Süresi (EUTİS-TLPT), .....	33
1.9.5. En Erken Teslim Süresi (EETS-EDD).....	34
1.9.6. En Az Operasyon Sayısı (EAOS-LRNOP).....	34
1.9.7. En Çok Operasyon Sayısı (EÇOS-MRNOP).....	34
1.9.8. En Düşük Kalan İşlem Süresi (EDKİS-SPRT).....	34
1.9.9. En Fazla Kalan İşlem Süresi (EFKİS-LPRT) .....	34
1.9.10. Öncelikli İş (Öİ-PW).....	35
1.9.11. En Kısa İşlem Yolu (EKİY-SPS).....	35
1.9.12. En Uzun İşlem Yolu (EUIY-LPS) .....	35
1.9.13. En Kısa Bekleme Zamanı (EKBZ-SWT) .....	35
1.9.14. En Uzun Bekleme Zamanı (EUBZ-LWT).....	35
1.10. Atölye Tipi Üretim Problem Parametreleri ve Değişkenleri.....	36
1.10.1. Kurulum Zamanları (Setup Time) .....	36
1.10.2. İş Başlama ve Bitirme Tarihleri .....	36
1.10.3. Transfer Zamanı ve Stok Kısıtları.....	36
1.10.4. Zaman Gecikmesi ve “No-Wait” .....	37

1.10.5. Yönlendirme Esnekliği .....	37
1.10.6. Taşımlar.....	37
<b>2.ATÖLYE BİLGİLERİ VE SİMÜLASYON MODELİ GİRDİLERİ .....</b>	<b>39</b>
2.1. Atölye Bilgileri .....	39
2.1.1. Ürün ailesi.....	40
2.1.2 Ürün Guruplarının Rotaları.....	40
2.1.3 Makine Gurupları.....	41
2.1.4 Atölye İş Akış Süreci .....	42
2.2. Sipariş ve Ürün Bilgileri.....	44
2.2.1. Sipariş Miktarı, Sipariş Geliş Zamanı, Sipariş Teslim Zamanı .....	44
2.2.2. Makine Hazırlık Zamanları.....	46
2.2.3. Makine İşlem Zamanları .....	48
2.3. Arana Atölye İş Akışı, Genel Görünüm ve Arena Model Girdileri .....	49
2.3.1. Atölye Arena Genel Görünümü .....	50
2.3.2. Arena Sipariş Gelişleri ve Sipariş Özelliklerinin Girilmesi.....	52
2.3.3. Siparişlerin Excel' e Yazdırılması, Ayrıştırılması ve Hold Modülü İle Tutulması.....	60
2.3.4. Siparişlerin İş Merkezlerine Taşınması .....	62
2.3.5. Siparişlerin İş Merkezlerindeki İlerleyişi.....	63
2.3.6. Siparişlerin Atölyelerde İlerlemesi .....	63
2.3.7. Siparişlerin Rotalarının Girilmesi .....	74
2.3.8. İş Merkezleri Arası Mesafelerin (Distance) Oluşturulması .....	75
2.4. ARENA Okuma ve Yazma Modülü (Read and Write).....	76
<b>3.SİMÜLASYON İLE DİNAMİK ÇİZELGELEME YAKLAŞIMLARI .....</b>	<b>80</b>
3.1. Model Çalışma Kuralları ve Kabulleri .....	80
3.2. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-1 .....	81
3.3. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-2 .....	82



3.4. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-3 .....	83
3.5. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-4 .....	83
3.6. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-5 .....	84
3.7. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-6 .....	84
3.8. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-7 .....	85
3.9. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-8 .....	85
3.10. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-9 .....	86
3.11. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-10 .....	87
3.12. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-11 .....	88
3.13. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-12 .....	88
3.14. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-13 .....	89
3.15. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-14 .....	90
3.16. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-15 .....	91
3.17. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-16 .....	91
3.18. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-17 .....	91
3.19. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-18 .....	92
3.20. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-19 .....	93
3.21. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-20 .....	93
3.22. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-21, 22 .....	94
3.23. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-23, 24 .....	95
3.24. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-25 .....	97
<b>4.SİMÜLASYON SONUÇLARININ ANALİZİ .....</b>	<b>102</b>
<b>5.SONUÇ.....</b>	<b>104</b>

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Ürün rotaları .....	40
2.2. İş merkezlerindeki makine numaraları .....	41
2.3.Sipariş bilgileri .....	45
2.4. Makine ayar zamanları .....	46
2.5. Makine işlem zamanları .....	48
2.6. Siparişlerin oluşturulması (Create) .....	54
2.7. A,B,C,D,E gurubu özellikleri.....	55
2.8. (a1,b1,c1,d1,e1) Siparişi özellikleri .....	57
2.9. Siparişlerin Excel' e yazdırılması, Decide ve Hold modülü ile tutulması .....	62
2.10. Kontrolcünün uygun siparişi araması( tüm makinalar).....	68
2.11. Kontrolcünün uygun siparişi makinalara ataması( tüm makinalar) .....	69
2.12. Makinaların atanması (tüm makinalar) .....	71
2.13. Atölye içi Assign modülleri .....	72
2.14. Atölye içi Decide modülleri .....	73
2.15. Atölye içi Delay modülü .....	74
2.16. Makinelerin serbest bırakılması .....	74
2.17. Arena Sequence rotaları .....	75
2.18. Sequence-1 rotası .....	75
2.19. Arena Distance mesafeleri .....	76
2.20. Arena Read-Write Modülü.....	77
2.21. Arena File Modülü .....	77
2.22. Arena File Recordsets Modülü .....	78
3.1. Atölye dışındaki Hold modülü kuyruk disiplini(seneryo-2) .....	82
3.2. Atölye dışındaki Hold modülü kuyruk disiplini(seneryo-3) .....	83
3.3. Atölye dışındaki Hold modülleri kuyruk disiplini(seneryo-4).....	83
3.4. Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri kuyruk disiplini(seneryo-5) .....	84
3.5. Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri kuyruk disiplini(seneryo-6) .....	85
3.6. Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri kuyruk disiplini(seneryo-7) .....	85
3.7. Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri kuyruk disiplini(seneryo-8) .....	86
3.8. Atölye dışındaki Hold modülleri kuyruk disiplini(seneryo-9).....	87

3.9. Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri kuyruk disiplini(seneryo-10) .....	87
3.10. Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri kuyruk disiplini(seneryo-12) .....	89
3.11. Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri şartları(seneryo-13) .....	90
3.12. Atölye-1 Remove modülü (seneryo-14) .....	90
3.13. Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri şartları (seneryo-16) .....	91
3.14. Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri şartları (seneryo-17) .....	92
3.15. Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri şartları (seneryo-18) .....	92
3.16. Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri şartları (seneryo-19) .....	93
3.17. Atölye içi Search modülleri şartları (seneryo-20).....	94
3.18. Atölye içi Search modülleri şartları (seneryo-21, 22).....	95
3.19. Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri şartları (seneryo-23, 24) .....	95
3.20. Planlama dönemi dışı teslim tarihli siparişler (seneryo-24).....	96
3.21. Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri şartları (seneryo-25) .....	98
3.22. Atölye-1 Kontrolcü 2 Hold modülü .....	99
3.23. Atölye-1 Kontrolcü 2 Search modülü .....	99
3.24. Atölye-1 Kontrolcü 2 Assign modülü .....	100
4.1. Çizelgeleme Senaryoları Simülasyon Çıktıları .....	102

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Simülasyon aşamaları.....	5
1.2. Girdi veri analizi adımları .....	7
1.3. Model kurma, doğrulama ve geçerleme.....	11
1.4. Çıktı analizine göre simülasyon çeşitleri .....	15
1.5. Temel kuyruk yapısı.....	19
1.6. Atölye tipi çizelgeleme yaklaşımları.....	26
2.1. Atölye genel görünümü.....	39
2.2. Ürün rotaları .....	41
2.3. Atölye iş akış süreci .....	42
2.4. Atölye iş akış şeması.....	43
2.5. Sipariş gelişleri ve iş merkezlerine taşınması .....	51
2.6. İş merkezleri.....	51
2.7. Ürün gurupları sipariş gelişi.....	52
2.8. Sipariş gelişi .....	53
2.9. Siparişlerin Excel' e yazdırılması, Decide ve Hold modülü ile tutulması .....	61
2.10. Siparişlerin iş merkezlerine taşınması.....	63
2.11. Atölyeye gelen siparişlerin bekletilmesi .....	64
2.12. Kontrolcünün makinalara sipariş ataması .....	66
2.13.Kontrolcünün oluşturulması.....	66
2.14. Kontrolcünün bekletilmesi .....	67
2.15. Kontrolcünün boş makinaya yönlendirilmesi .....	67
2.16. Kontrolcünün uygun siparişi araması ( m11 makinası için) .....	68
2.17. Kontrolcünün uygun siparişi makinalara ataması( m11 makinası için).....	69
2.18. Makinelerin Arena görünümü .....	70
2.19. Makinelerin atanması ( m11 makinası için).....	71
2.20. Excel ID Verilmesi.....	79
3.1. Planlama dönemi dışı teslim tarihli siparişler (seneryo-24).....	96
3.2. Atölye-1 Kontrolcü 2 (Diğer Atölye 2,3 ve 4 içinde geçerli )(seneryo-25).....	98

## SİMGELER DİZİNİ

$\gamma$	Yerleşim parametresi
$\beta$	Ölçek parametresi
$\alpha_{(i)}$	Şekil parametresi

## KISALTMALAR DİZİNİ

ATÇP-JSSP	Atölye Tipi Çizelgeleme Problemleri
NP-Hard	Zor Problem Türü
GA	Genetik Algoritma
İĞİÇ-FİFO	İlk Giren İlk Çıkar
SGİÇ-LİFO	Son Giren İlk Çıkar
EKİS-SPT	En Kısa İşlem Süresi
EKTİS-TSPT	En Kısa Toplam İşlem Süresi
EUİS-LPT	En Uzun İşlem Süresi
EUTİS-TLPT	En Uzun Toplam İşlem Süresi
EETS-EDD	En Erken Teslim Süresi
EAOS-LRNOP	En Az Operasyon Sayısı
EÇOS-MRNOP	En Çok Operasyon Sayısı
EDKİS-SPRT	En Düşük Kalan İşlem Süresi
EFKİS-LPRT	En Fazla Kalan İşlem Süresi
Öİ-PW	Öncelikli İş
EKİY-SPS	En Kısa İşlem Yolu
EUIY-LPS	En Uzun İşlem Yolu
EKBZ-SWT	En Kısa Bekleme Zamanı
EUBZ-LWT	En Uzun Bekleme Zamanı
BUFFER SİZE	Atölye İçi Stok Kapasitesi

## 1.GİRİŞ

Simülasyon günümüzde oldukça yaygın kullanılan modelleme araçlarından bir tanesidir. Özellikle karmaşık yapıdaki sistemlerin modellenmesinde oldukça faydalıdır. Gerçek hayat sistemleri yapısı gereği oldukça karmaşık ve olasılık içerir. Bu da matematiksel modelleme tekniklerinin çoğu için büyük bir sorundur.

Bu tezin hazırlanma amacı; atölye tipi üretim sisteminde işlerin atölyede çizelgelenmesi problemine simülasyon yöntemi ile çözüm geliştirmektir. Ayrıca literatüre bakılacak olursa bu tip üretim sistemlerinin çizelgelenmesi oldukça zor ve yapısal açıdan bakıldığında çoğu statik yapıdadır. Yani mevcut bir sipariş listesi vardır ve bu listeye göre işler çizelgelenir. Fakat gerçek hayat bu şekilde değildir. Siparişler sürekli değişmekte her gelen siparişin miktarı ve teslim süreleri farklılık göstermektedir. Tabi bunun yanında atölye için ise her gelen sipariş tipine göre makinaların bir ayar zamanı söz konusudur. Bu da atölye tipi üretimde çizelgelemeyi oldukça zorlaştırmaktadır. Literatürde bu tip üretim atölyelerinin çizelgelenmesinde sezgisel teknikler kullanılmaktadır.

Bu tezde ilk olarak simülasyon ve atölye tipi üretimde çizelgeleme kavramlarını açıklanacaktır. Daha sonra geliştirilen simülasyon modelleri ile farklı senaryolar üzerinden atölye tipi üretim yapan bir işletmeye gelen siparişlerin nasıl daha iyi çizelgelenebileceği gösterilecektir. Kurulmuş olan alternatif modellerin karşılaştırılması yapılacaktır.

Simülasyon senaryoları Arena 14.0 Kara Harp Okulu lisanslı sürümü ile modellenmiştir.

## **1.1. Simülasyon Tanımı, Aşamaları, Avantaj ve Dezavantajları**

Simülasyon gerçek hayatın temsil edilme işlemidir. Bu bazen mevcut bir sistemde olabilir bazen de sıfırdan dizayn edilecek bir sistem olur. Simülasyon karmaşık sistemlerin analizinde oldukça yaygın kullanılan bir yöntemdir. Simülasyon ile gerçek sistem üzerine varsayımlar uygulanabilir. Simülasyon gerçek sistemin davranışlarını tahmin etmek için kullanılan bir yöntemdir. Sistem simülasyonu ise mevcut veya düşünülen bir sistemin benzetilmesi işidir.

Sistem simülasyonu tanımı yapabilmek için ilk olarak sistem tanımı üzerinde durmak gerekir. Sistem belirli bir amaç için aralarında karşılıklı etkileşim bulunan varlıklar bütünüdür. İşte bu yapının temsilinin oluşturulması ise simülasyondur. Yöneylem araştırmasının bir koludur. Son yıllarda simülasyon alanında birçok çalışma yapılmış ve yapılmaktadır.

### **1.1.1. Simülasyonun Avantajları**

- Simülasyon yöntemi oldukça esnek, istenildiği zaman değişiklik yapılabilir.
- Gerçek sistemler ve bileşenleri oldukça stokastik yapıdadır ve bu modellerin matematiksel olarak gösterilmesi oldukça zordur. Bu tip sistemlerin modellenmesinde simülasyon yöntemi oldukça kolaydır.
- Simülasyon zaman kavramı üzerinde tam bir kontrol sağlar. Sistem zamanının değiştirilmesi ve zaman parametrelerindeki değişiklikler kolaylıkla kontrol edilebilir.
- "...olsa ne olur?" gibi sorular sorularak model üzerindeki değişikliklerin sonuca yansması ve alternatiflerin geliştirilmesi açısından önemlidir. Bu da yöneticilere fikir verme konusunda yararlıdır.
- Simülasyon yöntemi gerçek sistem içinde değişiklikler, denemeler, alternatif fikirlerin uygulanması gibi kontrol ve zaman isteyen çalışmalarını kolay bir şekilde uygulama imkânı verir.
- Simülasyon yöntemi hem mevcut sistemdeki olası değişikliklerin sistem üzerindeki etkisini belirlemek için bir analiz aracı, hem de değişen koşullar

altında yeni oluşturulacak bir sistemin performansını belirleme için bir tasarım aracı olarak kullanılabilir.

- Yeni sistem dizaynları, planlar, taşıma sistemleri simülasyon modeli üzerinde herhangi bir kaynak harcanmadan test edilebilir. Bu kritik bir noktadır. Çünkü kararlar bir kez alındığında, tuğlalar yerleştirildiğinde değişiklikler ve düzeltmeler çok pahalı olabilir.
- Simülasyon, değişik koşullar altında sistemin nasıl olacağı hakkında çok az veya hiçbir veriye sahip olmadığımız durumlarda kullanılabilir.
- Simülasyon, analitik çözümlerin doğruluğunu gerçekleştirmek üzere de kullanılabilir.
- Simülasyon duyarlılık analizi yapmada da oldukça avantajlıdır. Girdi değerlerindeki değişikliklerin sonuca yansımaları kolaylıkla incelenebilir.

### **1.1.2. Simülasyonun Dezavantajları**

- Simülasyon modelleri alternatif sistemlerin karşılaştırmasında iyi olduğu kadar optimizasyonda iyi değildir. Bu konuda çalışmalar hala devam etmektedir.
- Simülasyon modellerinin kendine has özellikleri vardır yani modellemesi yapılan sistemlerin çözüm yaklaşımı başka modellerde kullanılmayabilir. Kısacası çözümler kendine özgüdür.
- Gerçek sistemi yansıtabilmek için modellemeye başlamadan önce verilerin eksiksiz ve hatasız olması gerekir. Aksi takdirde model yanlış sonuçlar verir.
- Denemeler neticesinde alternatif çözümler karşılaştırılır ve alternatif çözümler arasından en iyisi seçilir. Tüm alternatifleri denemek mümkün değildir. Fakat bu konuda da çalışmalar devam etmektedir. Simülasyon programlarına ek yamalar yapılarak optimizasyon çalışmaları yapılmaktadır.
- Modellenecek sistem karmaşıktıkça ve gerçekçi veriler elde edilememesi durumunda yararlı olmayabilir.



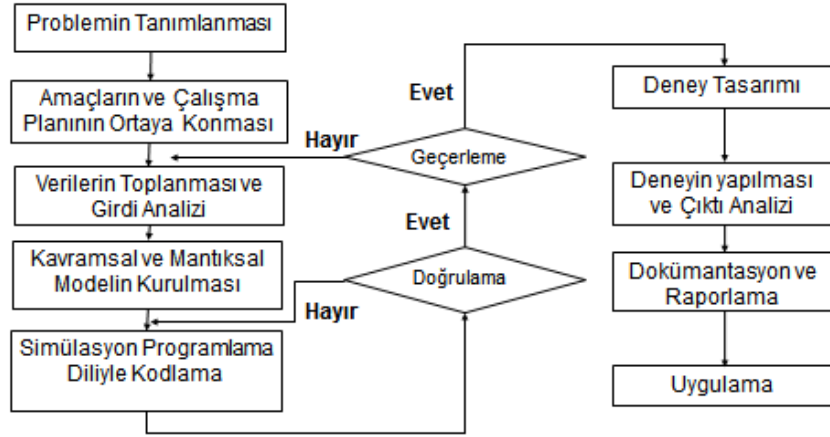
### 1.1.3. Simülasyon İle Yapılabilecekler

Simülasyon ile gerçek hayatın dinamik ve karmaşık yapısı incelenebilir ve dahası şu konulara cevap bulunabilir;

- Süreçlerdeki belirsizlikler ve varsayımlar dikkate alınabilir.
- Modeller sistemi etkilemeden yani risk almadan incelenebilir.
- Animasyon özelliği süreçlerin daha iyi görülmesini sağlar.
- Kapasiteler belirlenebilir.
- Altı-Sigma önerileri test edilebilir.
- Üretim hatlarının dengelenmesi yapılabilir.
- Maliyet analizleri ile finansal kararlar vermede yardımcı olabilir.
- Tüm sistem içi süreçlerin iyileştirilmesi ve alternatiflerin karşılaştırılması yapılabilir.
- Çizelgeleme ve planlama yapılabilir.
- Tedarik zinciri test edilmesinde kullanılabilir.
- Askeri lojistik ve harekât planlamasında kullanılabilir.

### 1.1.4. Simülasyon Aşamaları

- Problemin Tanımlanması
- Amaçların ve Çalışma Planının Ortaya Konması
- Verilerin Toplanması ve Girdi Analizi
- Kavramsal ve Mantıksal Modelin Kurulması
- Simülasyon Programlama Diliyle Kodlama
- Doğrulama
- Geçerleme
- Deney Tasarımı
- Deneyin yapılması ve Çıktı Analizi
- Dokümantasyon ve Raporlama
- Uygulama



**Şekil 1.1.** Simülasyon aşamaları

#### 1.1.4.1. Girdi Veri Analizi

Simülasyonu yapılacak sistemin ve alt bileşenlerinin sayısal verilerinin toplanması işlemidir. İyi bir istatistik bilgisine ihtiyaç duyar. Bu aşamada sistemle ilgili çok sayıda veri toplanması gereklidir.

Gerçek sistemi birebir yansıtabilmesi için oldukça fazla sayıda veri toplamak önemlidir. Sistemin içerisindeki olaylar ile ilgili ayrı ayrı gözlemler yapılarak veriler toplanmalıdır. Sistemin içerisindeki olaylar ile ilgili veriler deterministik yapıda ise bu yapıların incelenmesi kolaydır. Çünkü verileri bir dağılıma uydurma zorunluluğu yoktur. Fakat olaylarla ilgili veriler rassal ise yani stokastik veriler varsa anlamlı sayıda veri toplanması gereklidir.

Stokastik verilerin simülasyon modeline doğrudan girilmesi zor ve zahmetlidir. Örneğin her varışlar arası süresi farklı olan bir simülasyon modeli için her varış süresinin bir çizelge sırasında modele girilmesi gerekir ki buda oldukça zahmetlidir.

Stokastik verilerin anlamlı hale getirilmesi ve simülasyon modelinde kullanılabilmesi için en uygun yöntem verilerin olasılık dağılımlarına uydurulmasıdır. Eğer bu stokastik veriler bir olasılık dağılımına uyarsa, simülasyon modeline o dağılım parametreleri girilir ve model çalışırken belirtilen dağılıma uygun rasgele sayılar

üretmek için toplanan verileri karşılayan değerler üretir. Bu aşamada girilen olasılık dağılımına göre veri üretirken kullanılan rassal sayı üreteçleri ve rassal sayı veri setleri çok önemlidir.

Bir modelde Stokastik yapıda olabilecek bazı olaylar şunlardır;

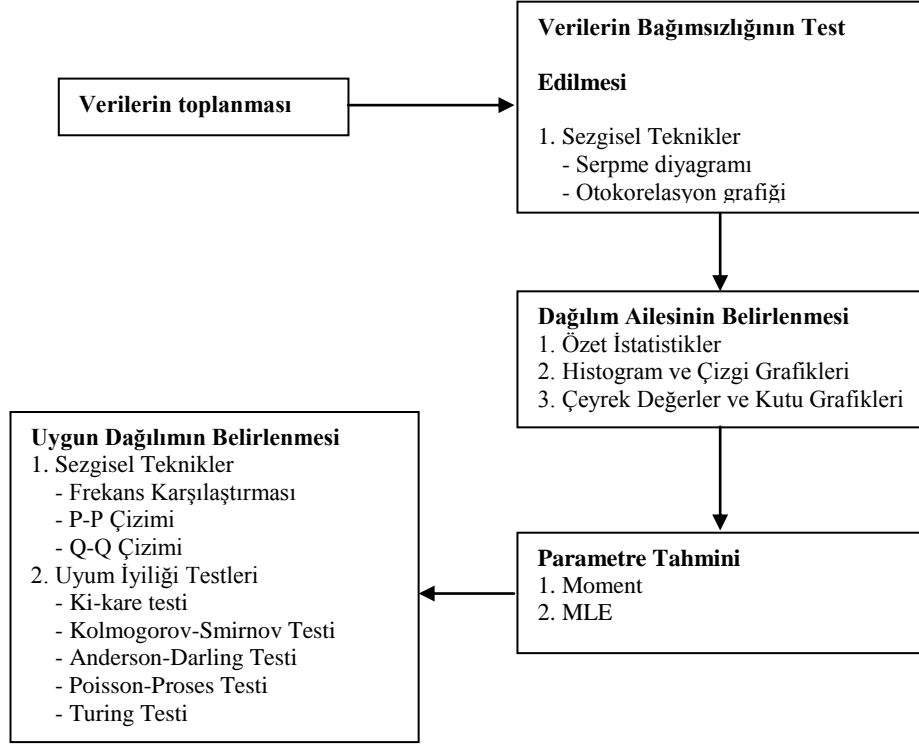
- Varış arası zaman dağılımı
- Hizmet zamanları
- Talep miktarları
- Makine arıza zamanları
- Makine ayar zamanları
- İşlem süreleri
- Hatalı ürün veya hatalı girdi oranı

Stokastik yapıdaki bir sistemin çıktılarında stokastik yapıdadır bu açıdan düşünüldüğünde gerçek sistemin yansıtılmasında simülasyon tekniği ne kadar önemli ise iyi bir simülasyon için de iyi bir istatistik bilgisine ihtiyaç vardır.

Sonuç olarak girdiler üzerindeki bu çalışmaya girdi veri analizi denilmektedir. Girdi veri analizinin uygulanabilmesi için ilk olarak gözlemler yapılarak işlenmemiş haldeki ham veriler toplanmalıdır.

Veriler toplandıktan sonra bağımsızlığı test edilmelidir. Veriler bağımsız ise verilerin uyabileceği dağılım ailesi belirlenir ve bu dağılımlara ait parametreler tespit edilir.

Son aşamada verilerin uyduğunu düşündüğümüz dağılımlar, sezgisel ve formal uyum iyiliği testleriyle test edilir. Girdi veri analizinin adımları Şekil 1.2'de görülmektedir.



**Şekil 1.2.** Girdi veri analizi adımları

#### 1.1.4.1.1. Verilerin Bağımsızlığının Test Edilmesi

Girdi veri analizinde verilerin hangi dağılıma uyduğunun tespitinden önce ilk olarak verilerin bağımsızlık testlerinin yapılması gereklidir. Çünkü bağımlı veriler simülasyon sonuçlarını olumsuz etkileyecektir. Bir başka değişimle bağımlı veriler yanıltıcı dağılımların çıkmasına sebep olur. Ki-kare testi ve En Çok Benzerlik yöntemi gibi istatistiksel tekniklerin birçoğu, gözlem değerlerinin bazı temel standart dağılımlardan alınan bağımsız (rastsal) örnekler olduklarını kabul eder. Eğer bağımsızlık varsayımına uyulmazsa, bu istatistiksel teknikler geçerli olmayabilir. Bu durumda histogramlar gibi sezgisel teknikler hala kullanılabilir.

Gözlem değerlerinin bağımsız olup olmadığını sezgisel olarak değerlendirecek iki grafiksel teknikten bahsedilebilir. Oto korelasyon grafiği ve serpme diyagramı. Oto korelasyon çizimi,  $j=1,2,\dots,l$  ( $l$  pozitif tamsayı) örnek korelasyon  $\hat{\rho}_j$ 'nin bir grafiğidir. Örnek korelasyon  $\hat{\rho}_j$ , zaman içinde  $j$  gözlem uzaklığında bulunan iki

gözlem arasındaki gerçek korelasyon  $\rho_j$ 'nin bir tahminidir. Eğer  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  gözlemleri bağımsız ise,  $\rho_j=0$ 'dır. Bununla birlikte,  $X_i$ 'ler bağımsız olduğu zaman bile  $\hat{\rho}_j$ 'ler tam olarak sıfır olmazlar. Eğer  $\hat{\rho}_j$ 'ler sıfırdan istatistiksel olarak farklı ise, bu  $X_i$ 'lerin bağımsız olmadığına dair kuvvetli bir delildir. (Ö.Bali, 2009)

Gözlem değerlerinin bağımsız olup olmadığını gösteren diğer bir teknik serpme diyagramıdır. Serpme diyagramı gözlem değerlerinin  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$   $i=1, 2, \dots, n-1$  için  $(X_i, X_{i+1})$  çiftlerinin bir çizimidir. Basit olması için  $X_i$ 'lerin negatif olmadığını varsayalım. Eğer  $X_i$ 'ler bağımsızsa,  $(X_i, X_{i+1})$  noktalarının,  $(X_i, X_{i+1})$  düzleminin birinci çeyrek dairesinde rastsal olarak dağılması beklenir. Bununla birlikte serpiştirmenin doğası,  $X_i$ 'lerin temelindeki dağılımlara bağlıdır.  $X_i$ 'ler pozitif korelasyonlu ise, noktalar birinci çeyrek dairede pozitif bir eğime sahip bir çizgi boyunca dizilme eğilimi gösterirler. Eğer  $X_i$ 'ler negatif korelasyonlu ise, noktalar birinci çeyrek dairede negatif bir eğime sahip bir çizgi boyunca dizilme eğilimi gösterirler. (Ö,Bali, 2009)

#### **1.1.4.1.2. Dağılım Ailesinin Belirlenmesi**

Gözlem değerlerinin hangi dağılıma uyduğunu bulmak için öncelikle, gözlem değerlerinin uyabileceğini düşündüğümüz dağılımları belirlememiz gerekir. Bunun için verilerin yapısından yola çıkılarak verilerin kesikli veya sürekli bir dağılım ailesinden gelip gelmediği tespit edilir. Ayrıca, verilere ait histogram veya çizgi grafikleri verilere ait dağılımın şekli hakkında bize bilgi verebileceğinden, verilerin hangi genel dağılım ailesinden gelebileceği görülebilir. Yine bu konuda verilere ait ortalama, varyans gibi özet istatistiklerden faydalanılabilir. Çeyrek değerler de verilere ait dağılımın çarpıklığıyla ilgili bize bilgi verebilmektedir.

Bazı durumlarda, bir modelleme dağılımını seçmek veya en azından bazı dağılımları denemek için, belli bir rastsal değişkenin bir sistemdeki rolü hakkında ön bilgi kullanılabilir; bu teorik temelde yapılır ve herhangi bir veriyi gerektirmez. Örneğin, müşterilerin bir hizmet merkezine, her zaman aralığında bir kişi olarak, sabit bir oranda geldiklerini ve dolayısıyla ayrı zaman aralıklarında varan müşterilerin

sayısının bağımsız olduğunu düşünürsek, varışlar arası zamanlarının üssel rastsal değişkenler olduğunu kabul etmemiz için teorik nedenler vardır.

#### **1.1.4.1.3 Parametre Tahmini**

Bir olasılık dağılımının değişmez karakteristik özelliği parametrelerdir. Sürekli bir olasılık dağılımı üç tip parametre ile ifade edilir:

- 1- Yerleşim parametresi ( $\gamma$ )
- 2- Ölçek parametresi ( $\beta$ )
- 3- Şekil parametresi ( $\alpha_{(i)}$ )

Kesikli dağılımlar ise çoğunlukla şekil ve yerleşim parametreleriyle gösterilmektedir.

Dağılım ailesi belirlendikten sonra, gözlem değerlerinin uyduğunu düşündüğümüz dağılıma ait parametrelerin tahmin edilmesi gerekir. Bir dağılımın parametre tahmini için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan en çok bilinenleri şunlardır:

- Moment Yöntemi
- En Çok Benzerlik Yöntemi (Maximum Likelihood Estimates: MLE)
- En Küçük Kareler Yöntemi
- Bayes Yöntemi

#### **1.1.4.1.4. Uyum İyiliği Testleri**

Verilerin hangi dağılım ailesine ait olduğu ve parametreleri belirlendikten sonra, verilerin uyabileceğini düşündüğümüz bir ya da birkaç aday dağılım belirlenmiş olur. Bu aday dağılımlar için sezgisel teknikler (Q-Q veya P-P çizimi gibi) kullanılarak verilerin uyabileceği dağılım için hipotez kurulur. Daha sonra formal uyum iyiliği testleri uygulanarak, hipotezin reddedilemez olduğu yani dağılımın iddia edilen dağılıma uyup uymadığı test edilir. Hipotezi şöyle kurabiliriz:

$H_0$ : Veriler iddia edilen dağılımdan gelen bağımsız gözlem serilerinden oluşmaktadır.

Uyum iyiliği testleri özellikle sürekli dağılımlar üzerine yoğunlaşmıştır. Aşağıda bahsedilen uyum iyiliği testlerinin tümü iddia edilen dağılımın birikimli dağılım fonksiyonu ile verilere ait birikimli dağılım fonksiyonunun karşılaştırılmasından oluşmaktadır.

Bazı en çok kullanılan uyum iyiliği testleri şunlardır:

- Ki-kare Testi
- Kolmogorov-Smirnov Testi
- Anderson-Darling Testi
- Poisson-Proses Testi
- Turing Testi

#### **1.1.4.2. Simülasyon Modeli Kurma**

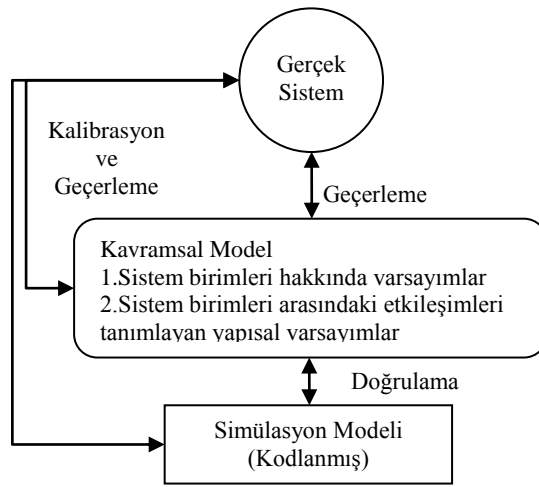
Banks'e göre model kurma üç adımda gerçekleşmektedir.

Birinci adım; gerçek sistemi gözlemlemek ve sistemin farklı parçaları/bileşenleri arasındaki etkileşimleri ve bileşenlerinin davranışları hakkında bilgi toplamaktır. Ancak modellemeci'nin/analizcinin yalnız başına sistemi incelemesi nadiren yeterli bilgileri elde ettirir. Bu nedenle, sistem ve sistemin alt sistemleri hakkında bilgisi olanlara sorular yönelterek, onların bu değerli bilgilerini toplamak gerekmektedir. Bu sayede bir uzmanın açıklayamadığını diğlerinin açıklaması sağlanabilmektedir. Model geliştirilirken, bu adıma bazen geri dönerek, ortaya çıkan yeni sorunlara cevap bulmak için sistemin yapısı ve davranışları irdelenebilir.

İkinci adım; kavramsal modelin kurulmasıdır. Kavramsal model, kişinin topladığı bilgilerin sonucunda zihninde, ilgili sistemin nasıl çalıştığının formüle edilmesidir.

Bu adımda, sistemin yapısı ve bileşenleri hakkında varsayımları toplama, modelin girdi parametrelerinin değerleri hakkında hipotezde bulunma işlemleri yapılmaktadır.

Üçüncü adım; bilgisayar yazılımı ile simülasyon modelinin ortaya çıkarılmasıdır. Bu adımda, daha önce tespit edilen kavramsal modelin varsayımları, yazılım konseptine ve algılama durumuna göre birleştirilmektedir. Gerçekte model kurma, bu üç adımın sırayla yapılmasından çok, Şekil 1.3’de belirtildiği gibi ihtiyaç duyulan adımlara tekrar geri dönerek, doğrulama ve geçerleme sonucunda ortaya çıkan hataların düzeltildiği bir süreçtir ve devamlılık arz etmektedir.



Şekil 1.3. Model kurma, doğrulama ve geçerleme (Ö.Bali , 2009)

#### 1.1.4.3. Model Doğrulama ve Geçerleme

Model doğrulamanın amacı, simülasyon modelinin, kavramsal modeli doğru olarak yansıtmasından emin olmaktır. Diğer bir ifadeyle bilgisayarlaştırılan modelin bilgisayar programının ve onun uygulamalarının doğru olduğundan emin olmaktır.

Doğrulama, modeli doğru kurmakla ilgilidir. Kavramsal model ve bilgisayar kodunun karşılaştırılması ile artırılır. Model doğrulama, müşteriden çok modellemeci'nin içinde bulunduğu bir süreçtir. Doğrulama süreci boyunca, modellemeci model verileri ve mantığı ile ilgili istenmeden yapılan hataları tespit



etmeye ve onları kaldırmaya çalışmaktadır. Temelde modeli hatadan ayıklama sürecidir. Çok sayıda model doğrulama tekniği bulunmaktadır. Bazıları şunlardır:

- Model kodunu gözden geçirme,
- Kabul edilebilir çıktıların kontrolü,
- Animasyonu izleme,
- İzleme(trace) ve hata ayıklama(debug) işlemlerinin kullanılması,
- Programın yapısal baştan sona gezilmesi,
- Ticari simülasyon programları kullanmak.

Geçerleme, modelin, gerçek sistemin anlamlı ve doğru temsili olup olmadığının belirlenmesi sürecidir. Model, belirli bir amaç için geliştirilmeli ve geçerlemesi bu amaca göre belirlenmelidir. Geçerleme, kavramsal modelin altında yatan teori ve varsayımların doğruluğunu, modelin yapısının, mantığının, matematiksel ve tesadüfi ilişkilerinin mantıklı olduğunu belirlemektedir.

Geçerleme, doğru modeli kurmakla ilgilendir. Bu nedenle hissedarlar, araçlar ve müşteriler, geçerleme süreci içerisinde büyük oranda yer almalıdır. Var olan bir sistemin veya ona benzerinin bir modeli kurulduğu zaman, model davranışı gerçek sistemle karşılaştırılabilir. Yeni bir sistemin tasarlanması durumunda, önceden ortaya konmuş performans bulunmadığından, gerekli veriler, sistemin tasarım özelliklerini tam doğru yansıtmalı ve model dikkatlice doğrulanmalıdır. Eğer model, doğru bilgi üzerine kondurulmuş ve model istenilen şekilde çalıştığı doğrulanmışsa, o zaman modelin geçerli bir model olduğu söylenebilir. Model, yazılım hatalarına sahipse geçerli model olamaz. Bu da geçerleme sürecinde doğrulamanın önemini vurgulamaktadır.

Geçerleme, modellemeci'nin elindeki deliller ışığında, modelin doğruluğu hakkında sonuçlar üretebileceği tümevarım sürecidir. Bir çok teknik, model doğrulama ile benzerdir, ancak bu defa, sistem hakkında bilgi sahibi olanların dahil edilmesi gerekmektedir.

Doğrulama ve geçerleme, her ne kadar kavramsal olarak farklı olsa da modellemeci tarafından aynı anda uygulanır. Geçerleme, modelin ve onun davranışlarının, gerçek

sistem ve onun davranışlarıyla karşılaştıran bütün bir süreçtir. Modelin, istenen uygulamalarda tamamen geçerli olduğunu belirlemek çok masraflı ve zaman alıcıdır. Bunun yerine modelin istenen uygulamalarda geçerli olduğunu gösteren yeterli bir güvenilirlik elde edene kadar test ve değerlendirmeler yürütülebilir. Gerçek ile modelin karşılaştırılması için uygulanan testlerin bazıları öznel, bazıları nesneldir. Öznel testler, genellikle, model ve onun çıktıları üzerinde değerlendirme yapan, sistemin bazı yönleri hakkında bilgi sahibi olan kişileri dahil eder. Nesnel testler için, sistem davranışları ile ilgili veriler ve bunlarla paralel model tarafından üretilen veriler gerekmektedir. Sonra, sistemin ve modelin ortak yönlerine ait veri setlerini karşılaştırmak için bir ya da daha çok istatistiksel testler uygulanmaktadır. Birçok model geçirme tekniği bulunmaktadır. Bazıları şunlardır:

- Animasyonu izleme,
- Gerçek sistemle karşılaştırma,
- Diğer modellerle karşılaştırma,
- Dejenere ve aşırı durum testleri yapma,
- Yüz(face) geçerliliğinin kontrolü,
- Geçmiş verilerle test,
- Duyarlılık analizi uygulama,
- İzleme(trace) çalıştırmak,
- Turing testi,
- Sistemle ilgili kaliteli bilgi ve veri toplamak,
- Düzenli aralıklarla yöneticiler ile irtibat kurmak,
- Kavramsal modeli korumak ve yapısal gözden geçirme,

#### **1.1.4.4. Çıktı Analizi**

Çıktı analizi, simülasyon modelinin doğrulanması ve geçerlemesinden sonra, simülasyon modelinin çalıştırılmasıyla elde edilen sonuçlara uygulanan istatistiksel analizlerden oluşmaktadır. Bilindiği gibi simülasyon, sistem gerçek hayatta mevcut olduğunda veya olmadığında da kullanılabilen bir tekniktir. Çıktı analizi, mevcut bir

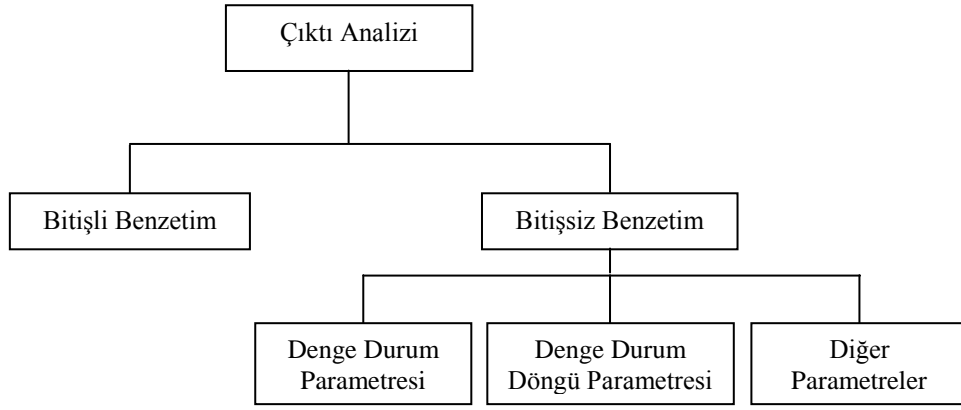
sistemin performansını incelemek için veya henüz mevcut olmayan bir sistemin performansını tahmin etmek için kullanılabilir. Girdi analizi yapılırken, sistemin yapısı, verilerin analizinde farklılık göstermez. Girdi analizinde sadece verilerin yapısı önemlidir. Ancak çıktı analizinde sistemin yapısına göre çıktı analizinin yapılması farklılık gösterir.

Simülasyon modelinin girdileri rastsal olduğu için çıktıları da rastsaldır. Dolayısıyla, rastsal olan bu çıktıları girdi analizinde olduğu gibi istatistiksel analizlerin uygulanması gerekir. Girdileri rastsal olan simülasyon modelinin her bağımsız tekrarında farklı rastsal sayı setleri kullanılarak gerçek hayatta oluşabilecek çeşitli durumlar canlandırılmaya çalışılır. Her tekrarın sonucunda elde edilen farklı sonuçların değerlendirilmesi çıktı analizi olarak adlandırılır.

Bir simülasyon modelinin birden fazla tekrarı ile oldukça fazla sayıda çıktı elde edilir. Hem çıktı çeşidi hem de çıktı miktarı olarak çok sayıda sonuç elde edilir. İlk bakıldığında, sistem hakkında bir fikir edinmek çok zordur. Bu sebeple, analizi yapan kişi ya da grup problemin tanımlanması ve amaçların belirlenmesi aşamasında tespit edilen bir ya da birkaç ölçüte odaklanmalıdır. Bu ölçütler, problemin çözülmesinde en önemli rolü oynayanlar arasından seçilir. Çıktı analizinde dikkate alınacak ölçütlere;

- Ortalama işlem süresi,
- Ortalama sistemde geçirilen süre,
- Ortalama kuyrukta bekleme süresi,
- Ortalama kuyruk uzunluğu,
- Kaynakların kullanım oranları örnek olarak verilebilir.

Çıktı analizine göre simülasyon çeşitlerini Şekil 1.4'deki gibi ifade etmek mümkündür.



**Şekil 1.4.** Çıktı analizine göre simülasyon çeşitleri (Ö.Bali, 2009)

Bitişli sistem; her bir simülasyon tekrarının önceden belirlenen bir E olayı ortaya çıkınca sonlanmasıdır. Bu E olayının bitiş zamanı  $T_E$  ile gösterilir. Genellikle modelin çalışma süreci olarak günlük, haftalık veya aylık gibi periyotlar tercih edilir. Örneğin, bir bankanın sabah 9:00'da çalışmaya başlaması ve akşam 17:00'de kapanması gibi. Aslında gerçek hayattaki birçok sistemin bitişli olduğu söylenebilir.

Bazen simülasyonun bitiş zamanı bir şarta da bağlı olabilir. Örneğin, parti tipi üretim yapan bir fabrikada 1000 adet ürün üretildiğinde simülasyonun bitmesi gibi. Genellikle simülasyonların sıfır anında başladığı düşünülürse bir simülasyon tekrarı  $0-T_E$  zaman aralığında gerçekleşecektir.

Bitişli simülasyonların yapılabilmesi için aşağıdaki unsurlar belirlenmelidir:

- Modelin başlama zamanı,
- Modelin bitiş zamanı veya bitiş şartı,
- Tekrar sayısı.

Bitişsiz sistem ise; herhangi bir olayla bitiş tanımlanamayan bir sistemdir. Dolayısıyla, simülasyon modelinin bir tekrarının sonsuza kadar sürdüğü düşünülür. Ancak elbette ki bir noktada simülasyon bitirilmelidir. Bu bitiş noktası öyle tespit edilmelidir ki bu noktadan sonra çıktılarda istatistiksel olarak bir değişim gözlenmemelidir, yani olası tüm istatistiksel sonuçların ortaya çıkması sağlanmalıdır.

Bitişsiz simülasyonlara örnek olarak, hudutları gözetleyen radar sistemi, kan bankası, ATM, internet, hastane acil servisleri verilebilir.

Bitişli simülasyonlarda genellikle geçici (transient) ve bitişsiz simülasyonlarda genellikle denge durum analizi yapılmaktadır. Ancak bazen bitişli sistemler için denge durum analizi ve bitişsiz sistemler için de geçici durum analizi yapılabilmektedir.

Bitişli simülasyonların çıktıları modelin toplam çalışma süresi içinde incelenirken, bitişsiz simülasyonların çıktıları modelin toplam çalışma süresinin periyotlara bölünmesiyle incelenir.

## **1.2. Simülasyon Sınıflandırılması**

Simülasyon yöntemi benzetimi yapılacak sistemin özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. Zaman bakımından Dinamik-Statik, Olasılık içermesi bakımından Deterministik-Stokastik, zaman içerisindeki devamlılık bakımından Kesikli-Sürekli olarak sınıflandırılabilir.

### **1.2.1. Dinamik-Statik Simülasyon Modelleri**

Statik modeller zaman içerisinde belirli bir noktada sistemin temsil edilmesidir. Bu modeller zamandan etkilenmez. En bilinen statik simülasyon yapısı Monte Carlo simülasyonudur.

Dinamik modeller zamandan etkilenirler. Sistem dikkate alınırken tüm süre veya belirli bir zaman aralığı dikkate alınır. Bu modellere örnek üretim sistemlerinin aylık, yıllık veya bir zaman aralığı (örneğin t saat) çalıştırılması.

### **1.2.2. Deterministtik-Stokastik Simülasyon Modelleri**

Deterministtik modeller rassal veri içermeyen modellerdir. Bu modellerin girdi parametreleri sabittir.

Stokastik modeller bir veya birden fazla olasılıklı veri içerirler. Dolayısı ile girdiler rassal olduğundan çıktılarda rassal olur. Gerçek hayat sistemleri genellikle stokastik yapıdadır. Örneğin sipariş miktarları, teslim süreleri, siparişler arası geçen süreler vb. stokastik olabilir.

### **1.2.3. Kesikli-Sürekli Simülasyon Modelleri**

Kesikli modellerde durum değişkenleri zaman içerisinde belirli noktalarda değişir. Örneğin bankadaki müşteri sayısı zaman içerisinde ya yeni bir müşteri geldiğinde ya da mevcut müşteri sistemden ayrıldığında değişir. Sürekli modellerde ise durum değişkenleri zamanın her anında değişir. Örnek olarak uçakların havadaki seyri sırsındaki konumları sürekli değişir. Simülasyon modelleri incelenirken içerisinde sürekli ve kesikli yapıları beraberinde bulundurabilir. Buna en güzel örnek trafik ışıkları sistemidir. Sistem içerisinde arabaların durumu kesikli iken trafiğin tamamı sürekli bir modeldir.

### **1.3. Kuyruk Sistemleri ve Kuyruk Teorisi**

Simülasyon ile modelleme sürecinin en önemli halkalarından biri de kuyruklardır. Gerçek hayat sistemlerinin hepsinde kuyruktan söz edebiliriz. Banka vezne kuyruğu, markette kasa kuyruğu, otobüs duraklarında kuyruk, trafikte kuyruk, hava alanında uçak kuyruğu, yolcuların kuyruğu, üretim hattında bekleyen işlerin kuyruğu kısacası hayatın her alanında bir kuyruk söz konusudur. Hatta hizmet sektörleri için de düşünülebilir hastaneler, adli veya idari sistemlerdeki süreçler hepsi birer kuyruk içerir ve hepsinin kendisine has özellikleri vardır. Çoğu insan bakıldığında hayatının bir bölümünü kuyruklarda geçirmektedir

Hem hizmet sektöründe hem de üretim sektöründe girdiler kuyrukta beklemek istemez. Bu nedenle kuyrukta bekleme süresinin en az olması istenir ve bunun için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Aslında bu çalışmaya bakıldığında işlerin makine önlerinde beklemelerinin minimum olması amaçlanmaktadır. İşte burada “Kuyruk teorisi” terimi yani bekleyen kuyrukların matematiksel olarak incelenmesi öne çıkıyor.

Kuyruk temel olarak bir kuyruk kaynağı ve bir hizmet verenden oluşur. Bir kuyruk sistemi bir veya birden fazla servise sahiptir. Sistem içerisinde kaynak dolu ise müşteriler veya ürünler kaynak önünde kuyruk oluşturur. Gerçek hayat simülasyonlarının çoğunda kuyruk bulunur. Dolayısıyla kuyruğun performansı sistemin performansını doğrudan etkileyecektir.

Kuyruk sistemleri ile ilgili bazı temel kavramlar aşağıdaki gibidir.( Walter,1978: 244, Taha, 2002: 618).

**Entity’ler (Müşteri veya Gezen Birim):** Sisteme hizmet almak veya işlenmek için giren kişiler veya hammaddelerdir.

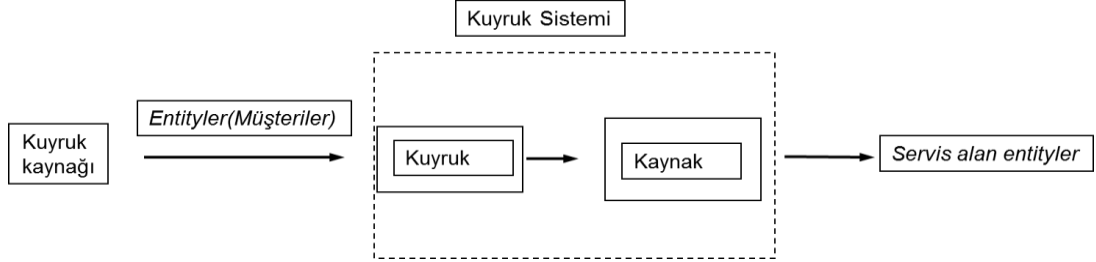
**Kuyruk:** Servis veya işlenmek için kaynak bekleyen gezen birimlerin oluşturduğu sıra.

**Geliş özellikleri:** Gezen birimin sisteme giriş özellikleridir. Gezen birimler sisteme birer birer, grup olarak, belirli bir dağılıma göre veya bir çizelge dahilinde gelebilir.

**Kuyruk disiplini:** Servis için kuyrukta bekleyen entity’lerin kaynağa nasıl alınacağı kuralıdır. Genel kuralı FIFO ilk giren ilk çıkar yaklaşımıdır (İĞİÇ). Gerçek hayat sistemlerinin çoğu bu kural dahilinde işler. Fakat özellikle ilerleyen bölümlerde bahsedilecek atölye tipi üretim sistemlerinin içerisinde bulunan kuyruk kaynaklarında her zaman bu kural uygulanmaz. Bölüm 1.9’da kuyruk disiplinleri ayrıntılı verilmiştir.

**Sistemde izin verilen kuyruk miktarı:** Kuyruk alanı sınırlı veya sınırsız olabilir. Özellikle üretim sektöründe stok alanı kısıtları ve fabrika içi bekleme yerlerinin kapasitesi ve maliyetler bu miktarı belirlemektedir.

**Kuyruk beslenmesi:** Kuyruğu besleyen kaynak sınırlı veya sınırsız olabilir



**Şekil 1.5.** Temel kuyruk yapısı

#### 1.4. Çizelgeleme

Çizelgeleme kısaca işlerin kaynaklara atanma işlemidir. Çizelgeleme işlerin işlenmesi için belirli kriterlere göre atanması işlemidir. Çizelgeleme probleminin farklı bileşenleri; görevler, potansiyel kısıtlar, kaynaklar ve amaç fonksiyonu. Görevler belli bir amacı optimize etmek için programlanmalıdır. Pratikte birkaç kriter bir arada düşünülmelidir. (T'kindt ve Billaut, 2006).

Üretim Çizelgeleme tarihi, Henry Gantt tarafından geliştirilen ilk çizelgelenmelerden, gelişmiş algoritmalara içeren gelişmiş çizelgelere kadar uzanır (Herrmann, 2006).

Henry L. Gantt, üretim kontrolü için şemalar geliştirmiştir. Cox ve arkadaşlarına göre Gantt şeması; planlanan performans ile gerçekleşen performans arasındaki ilişkiyi grafik olarak göstermek üzere dizayn edilen ilk ve en çok tanınan kontrol şemasıdır. (Herrmann, 2006).

En bilinen üç Gantt Şeması; yükleme, yerleşim ve proje Gantt şemalarıdır. Aslında Gantt Şeması bir bar şemasıdır. Şemada yatay eksen süreyi, dikey eksen aktiviteler, makineler, çalışanlar veya diğer kaynakları gösterir. Barlar (çubuk diyagramlar),



yükleme süreleri veya aktivitelerin başlama ve bitiş sürelerini göstermek için kullanılır. Gant Şeması kompleks çizelgelemeyi açıklayan görsel bir özettir. (Nahmias, 2001).

Çizelgeleme günümüzde artan rekabet koşulları altında daha da önem kazanmış bir problem sahasıdır. İşlerin zamanında teslim edilmesi, makine kullanım oranlarının azaltılması, makine ayar zamanlarının düşürülmesi, süreç içi envanterlerin azaltılması, ortalama akışın azaltılması, kısacası verimliliğin artırılması ve maliyetlerin azaltılması için iyi bir çizelgeleme yapmak zorunludur. Temel çizelgeleme problemleri şunlardır;

- İş çizelgeleme
- Personel çizelgeleme
- Tesis çizelgeleme
- Araç çizelgeleme
- Tedarikçi çizelgeleme
- Proje çizelgeleme

Çizelgelemenin iki temel problemi “öncelikler” ve “kapasite” olarak ifade edilir.(Wight, 1984). Diğer bir ifade ile hangi işi daha önce yapmalıyım, seçtiğim işi hangi kaynakta yapmalıyım, hangi operasyon ne zaman başlamalı ve ne zaman tamamlanmalı sorularına cevap aranır.

#### **1.4.1. Dinamik Çizelgeleme**

Dinamik çizelgeleme konusu, özellikle bilgisayar ve üretim endüstrisi alanlarında son yirmi yıl içinde birçok araştırma ve yayının konusu olmuştur. Dinamik çizelgeleme dört başlık altında tanımlanmıştır. (Mehta ve Uzsoy, 1999, Vieira ve ark, 2003, Aytuğ ve ark, 2005, Leus ve Herroelen, 2005).

1. Tamamen duyarlı çizelgeleme; bu durumda önceden herhangi bir çizelgeleme oluşturulmaz ve iş çizelgeleme gerçek zamanlı şekilde elde edilir.

2. Akıllı duyarlı çizelgeleme; Bir çizelgeleme önceden oluşturulur. Fakat gerçek zamanlı olarak çizelgeleme yenilenir.
3. Güçlü tahmin-Duyarlı çizelgeleme; Bir çizelgeleme önceden oluşturulur ve istisnaların performans ölçütleri üzerindeki etkisi önemli derecede olduğunda yeniden çizelgeleme yapılır.
4. Sağlam aktif çizelgeleme; istisnaların üretim sistemine etkisi daha önceden tahmin edilerek çizelgeleme yapılır.

Dinamik çizelgeleme modelleri aşağıdaki teknikler kullanılarak çözülebilir;

- Lineer programlama yaklaşımı
- Sevk kuralları yaklaşımı
- Sezgisel yaklaşımlar (Yapay sinir ağları, Genetik algoritma, Tabu araştırması, Karınca algoritması, Hybrid)
- Yapay zekâ yaklaşımı
- Benzetim(Simülasyon) yaklaşımı

Dahası; birçok çizelgeleme yöntemi de vardır.

#### **1.4.1.1. Dinamik Çizelgeleme Kullanımının Nedeni**

Statik çizelgeleme problemleri bütün bilgilerin en baştan bilindiği ve zaman içinde değişmeyeceği durumlarda kullanılır. (Pfeiffer, 2007). Fakat gerçek hayat böyle değildir. Bu tip problemlerde genel amaç, işlerin tezgâhlardan geçiş sırasını bulmaktır. Artan müşteri talepleri, acil müşteri siparişleri, değişen atölye koşulları (Xiang ve Lee, 2008) çizelgelemenin dinamik olması gerekliliğini gösterir. Sürekli gelen işlerden dolayı iş setinin farklılaşması (Pfeiffer, 2007) işlerin çizelgelenmesini oldukça zorlaştırır. Tüm bu sebeplerden dolayı dinamik yaklaşımlar geliştirilmiştir.

#### **1.4.1.2. Dinamik Çizelgeleme Uygulamaları**

Dinamik Çizelgeleme kavramı dünya çapında endüstride sınır tanımayan bir kullanıma sahiptir. Dinamik çizelgeleme uygulamalarına ait endüstriyel kullanım alanlarından bazıları şunlardır; Lagodimos ve arkadaşları (2004) imalat

endüstrisinde, Webster ve Azizođlu (2001) bilgisayar mühendisliği alanında, Liang (2009) lojistik endüstrisinde, Warburg ve arkadaşları (2008) havacılık endüstrisinde ve Aissani ile arkadaşları (2009) petrol endüstrisinde uygulamalar sunmuşlardır.

#### **1.4.2. Yeniden Çizelgeleme Politikaları**

Yeniden çizelgeleme politikası genel olarak gerçek zamanlı olaylara ne zaman karşılık verilecek sorusunun yanıtını oluşturmak için ifade edilmektedir.

##### **1.4.2.1. Periyodik Yeniden Çizelgeleme Politikası:**

Yeniden çizelgeleme sürecinin önceden tanımlanarak periyot boyunca ortaya çıkacak gerçek olaylardan bağımsız olarak yapıldığı yaklaşımdır.

##### **1.4.2.2. Olaya Dayalı Yeniden Çizelgeleme Politikası:**

Çizelgeleme süreci gerçek zamanlı bir olayın ortaya çıkmasıyla tetiklenmektedir.

##### **1.4.2.3. Melez Yeniden Çizelgeleme Politikası:**

Yeniden çizelgeleme tekrar çizelgelemeyi tetikleyecek olayların oluşmasına kadar olaylar arasında periyodik olarak gerçekleşmektedir.

#### **1.4.3. Yeniden Çizelgeleme Stratejileri**

Yeniden çizelgeleme stratejileri ve yeniden çizelgeleme teknikleri gerçek zamanlı olaylara nasıl yanıt verileceğini ortaya koymaya çalışırlar.

Yeniden çizelgeleme stratejisi en büyük yapılan değişikliklerle ilgilenirken, yeniden çizelgeleme tekniği ise çizelgelemenin yeniden gözden geçirilmesinde takip edilen metot ve yaklaşımları ele almaktadır.

#### **1.4.3.1 Çizelgeleme Revizesi**

Çizelgeleme revizesi gerçekleşen olayın hemen ardından minimum müdahale ile gerçek zamanlı olayın yıkıcı etkisinin azaltılmasıdır. Bu stratejinin sistem kullanıcılarına en büyük yararı hesaplama yükünü azaltması olmaktadır.

#### **1.4.3.2 Çizelgeleme Yenilenmesi**

Sıfırdan proje çizelgelemesini yenileyici bir süreçtir. Bu strateji hesaplama zamanı ve eforu gerektirmesi sebebiyle pratik olarak tercih edilmemektedir. Ancak, optimuma yakın sonuçların elde edilmesine de yardımcı olmaktadır.

#### **1.4.4. Yeniden Çizelgeleme Teknikleri**

Yeniden çizelgeleme tekniği proje planını bilgisayar ortamında yeniden çizelgeleyen metodolojileri ve algoritmaları kapsamaktadır. Dinamik çizelgeleme çerçevesinde kullanılan teknikler şunlardır:

##### **1.4.4.1. Sezgisel Teknikler:**

Bir sezgisel teknik mantıklı işlem süresi ve hesaplama maliyeti ile sürekli daha iyi sonuçlar arar. Ancak, optimal çözümü sunduğunu veya bulduğu uygun çözümün optimal çözüme yakınlığı ile ilgili bilgiyi vermeyi garanti etmez (Reeves, 1995). En genel ama yeterli olmayan çizelgeleme onarım yöntemi Doğru Vardiya Çizelge Onarımıdır; kapsadığı süreçte ilerleyen faaliyetlerin durumlarının güncellendiği ve

kalan işlerin ileriye doğru kaydırıldığı zaman tabanlı çizelgeleme tekniğidir. Diğer sezgisel metotlar: Karşılaştırmalı Çizelge Onarımı (süreçteki bir noktada orijinal durumu korumak üzere yapılan iyileştirmeyi kapsamaktadır.), Kısmî Çizelge Onarımı (yalnızca etkilenen çizelge kısmı iyileştirilir), ve İş Başlatma Kuralları (kaynak seviyesinde alınan ancak ana çizelgenin tamamını dikkate almayan karar almaları kapsamaktadır).

#### **1.4.4.2. Meta-Sezgisel Teknikler:**

Yerel arama kılavuzlarını yönlendirerek yerel en iyiden kurtulmayı amaçlayan yüksek seviyeli sezgisellerdir. Çizelgelerin yeniden çizelgelenmesinde veya onarımında kullanılan meta-sezgiseller şunlardır: tabu arama (Mehta ve Uzsoy, 1999), tavlama benzetimi (Zweben ve Fox, 1994), genetik algoritmalar (Rossi ve Dini, 2000; Chryssolouris ve Subramaniam, 2001), ve karınca kolonisi (Xiang ve Lee, 2008).

#### **1.4.4.3. Diğer Yapay Zeka Teknikleri:**

Dinamik Çizelgeleme yapay zekâ alanındaki çalışmalar için ideal problemlerdir. Farklı araştırmacılar tarafından uyarlanmış bu problemler farklı yapay zekâ yaklaşımları ile çözülmüştür. Bu çalışmalar, Bilgi Tabanlı Sistemler (Fox, 1994; Park ve arkadaşları, 1996; Le Pape, 1994; Henning ve Cerda, 2000), Olay Tabanlı Muhakeme (Miyashita ve Sycara, 1995), Sinir Ağları (Suresh ve Chaudhuri, 1993; Meziane ve arkadaşları, 2000), Bulanık Mantık (Schmidt, 1994; Petrovic ve Duenas, 2006), ve farklı yapay zeka teknikleri arasındaki hibrit sistemler (Jahangirian ve Conroy, 2000).

### **1.5. Atölye Tipi Üretim Sistemleri**

Atölye tipi üretim sistemi üretim hücrelerinden oluşur. Her hücre kendisine özgü işlem gerçekleştirir. Bu yüzden sonuç olarak üretim sistemi sade ve genel amaçlıdır.

Bu tip bir sistemde çizelgeleme kuralları iş ne zaman işlemeye başlanacak ve işlem sıralaması nasıl olacağını içerir.

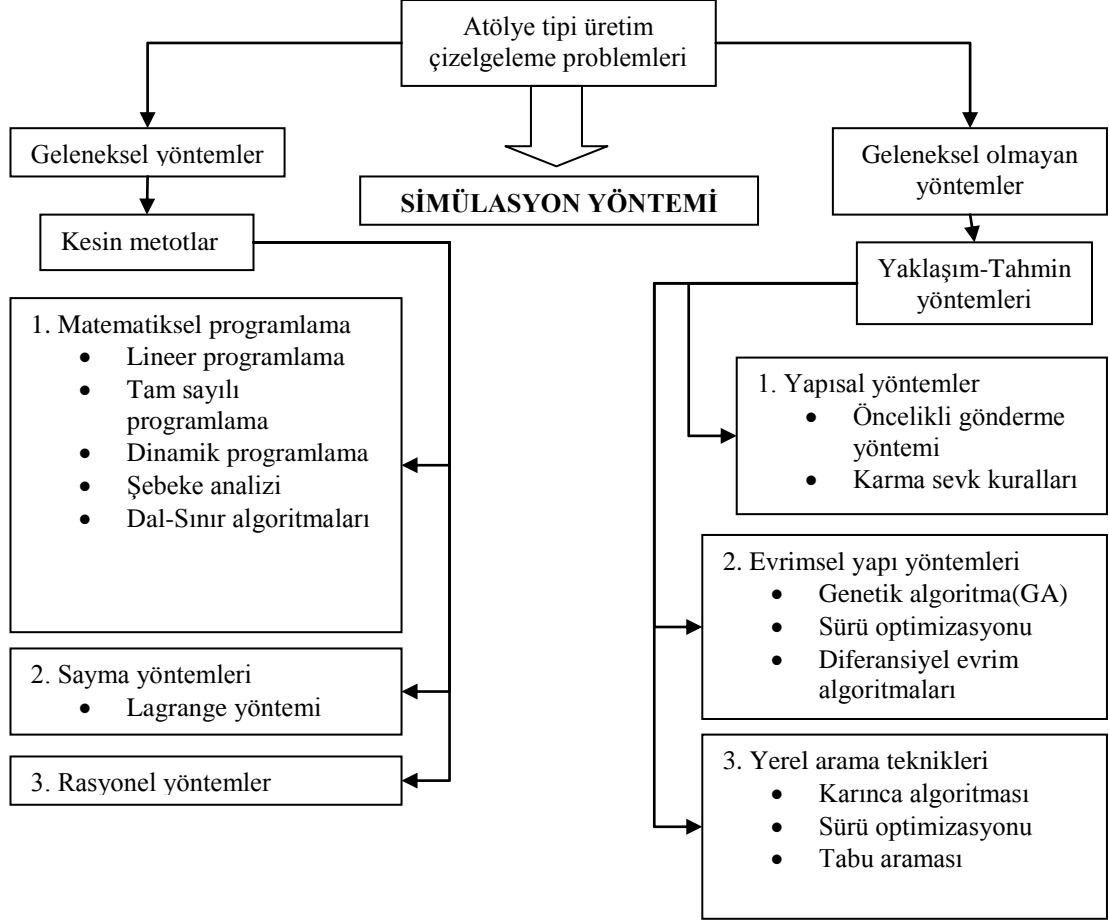
### **1.6. Atölye Tipi Çizelgeleme Problemleri (ATÇP-JSSP)**

Atölye tipi çizelgeleme problemleri (ATÇP) NP-hard problemlerinden ve sınıfının en zorlarından biri. Bunun bir kanıtı 10x10 boyutundaki bir problemin 20 yıldır optimum çözümünün bulunamamasıdır. Pek çok teknik araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Matematiksel modelleme, lineer programlama gibi daha az bilinmeyenli problemlerde çözüm elde etme teknikleri olduğu gibi son yıllarda özellikle karmaşık modellerin çizelgelenmesinde genetik algoritma, tabu arama, tavlama benzetimi gibi sezgisel yöntemlerde başarıyla uygulanmıştır.

ATÇP NP-hard problemlerdir. Bu nedenle objektif bir program oluşturmak için mümkün olduğu kadar kısıtlamaları sağlayarak genel zamanı minimize etmek gereklidir. Atölye tipi çizelgeleme problemleri çok önemli ve hem endüstri sektöründe hem de hizmet sektöründe bir problem teşkil etmektedir. İyi bir çizelgeleme ile hem parasal hem de zaman olarak kazanç sağlayabilirsiniz. Gerçek hayatta ATÇP araştırmacılara oldukça güçlük çıkarmaktadır. Çünkü çok kompleks problemlerdir. Gerçek hayatta ATÇP için biz bir veya birden fazla faktörü dikkate almalıyız. Bunlar taşıma zamanları, paralel işlemler, ayar zamanları gibi birçok faktör.

Son 50 yıldır ATÇP araştırmacılara oldukça zorluk çıkarmış özellikle konunun çözümüne Yöneylem araştırması, Yönetim bilimleri, Bilgisayar bilimleri, Üretim bilimlerinde çözüm yöntemleri araştırılmıştır. ATÇP üretim ve hizmet sektöründe çok sayıda uygulamaya sahiptir. Üretim sektöründe ATÇP işlerin makinalara tatmin edici bir şekilde atanması, öncelik ve kaynak kısıtları zaman içinde optimize edilmiştir. ATÇP zor problemlerdendir. Bu nedenle araştırmacılar birçok çözüm yöntemi üzerine çalışmışlardır. Uygulayıcılar çözüm yöntemlerinin çoğunu kullanamamış çünkü araştırmacılar problemi çözerken çok sayıda kabul ve varsayım altında çalışmıştır. Bu varsayımlar gerçek yaşamdan çok uzak ve yansıtmamaktadır.

Gerçek hayatta ATÇP taşıma süreleri, ayar zamanı, makine arıza süreleri, paralel işlemler gibi çoğu faktörü dikkate alması gereklidir. Şekil 1.6.'da atölye tipi üretimde çizelgeleme yaklaşımları gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Atölye tipi çizelgeleme yaklaşımları.

### 1.7. Simülasyon İle Dinamik Çizelgeleme

Atölye tipi üretim sistemleri ürüne göre ya da işe göre yerleştirilmiş makinelerden oluşurlar. Bu tip sistemler genelde çok çeşitlilikte az miktarda ürün üretmek amacı ile kullanılırlar. Üretilen her ürünün kendine özgü bir rotası vardır. Bu rota sistemin o anki durumunda hangi makinenin boş, hangisinin dolu olduğuna göre değişiklik gösterir.

Simülasyon, üretim planlama ve çizelgeleme probleminin deterministik ve kısıt bazlı modellerle çözülemeyen yönlerini çözmeye yardımcı olur. Simülasyon;

kaynakların miktarının, işlem zamanlarının ve hammadde kalitesinin belirsizliği ve şartlı işlemlerin olduğu durumlarda kısacası stokastik verilerin çizelgeleme sistemine entegresinde kolaylık sağlar. Ayrıca, simülasyon sistemi üretim veri tabanına bağlanırsa, modeldeki parametreler reel üretim modellerine uygun bir şekilde güncel bir şekilde hesaplanabilir.

Çizelgeleme problemi simülasyon ile çözme isteğimizin iki sebebi var: İlki, çizelge modellerini daha zengin ve ayrıntılı modellerde deneme şansı, ikincisi de gerçek hayatın deterministlik olmayan karakterini yansıtabilmesi.

Çizelgeleme uygulamalarında simülasyon; planlama safhasında, çizelgenin istatistik analizi, çizelgenin geliştirilmesini ve bir sonraki adımda planlar için yol gösterici olur. Bir başlangıç modeli oluşturulur ve performansına göre alternatif sistemler ve çizelgeler geliştirilebilir.

Simülasyon hem yeni bir üretim sisteminin modellenmesinde hem de gerçek bir fabrikayı modellemede kullanılabilir. Simülasyon ile ayrıca, sürekli olarak sisteme yeni gelen işler çizelgenir ve uygulanır. Beklenmeyen bir olay meydana geldiğinde veya önemli bir performans değeri eşik değerini aşınca yeniden çizelgeleme yapılabilir.

#### **1.7.1. Performans Ölçütleri:**

- Bir dizi iş parçasını tamamlamak için gereken zaman
- İşlerin ortalama gecikme ya da erken bitme zamanı
- Ekipmanların kullanım oranları
- Süreç içi stok miktarları

#### **1.7.2. Karar Değişkenleri:**

- İş parçası seçme kuralları
- Alternatif rotaların söz konusu olduğu durumlarda rota seçim kuralları



- İşler için kaynak atamaları
- Transfer parti büyüklükleri
- Vardiya ve fazla mesai politikaları
- Kaynakların iş istasyonlarına atamaları

### **1.7.3. Cevaplanacak Sorular:**

- İşlerin tamamlanması minimize edecek optimum iş çizelgesi nedir?
- Ortalama gecikmeyi yada geciken iş sayısını minimize edecek optimum iş çizelgesi nedir?
- Ortalama akış süresini minimize edecek optimum iş çizelgesi nedir?
- Ortalama teslimat süresini minimize eden optimum parti büyüklüğü nedir?
- Süreç için stokları minimize eden optimum parti büyüklüğü nedir?
- Yukarıdaki bazı performans ölçütlerinin ağırlıklandırılmış kombinasyonlarını optimize eden en iyi iş çizelgesi nedir?

### **1.8. Literatür Taraması**

Optimizasyon tabanlı yaklaşımlar, optimum çizelgeyi matematiksel yollarla elde etmeye çalışırlar. Çözülen probleme göre uygulanan metot da değişebilir. Optimal çizelgeleme kurallarına göre çalışan yaklaşımlar, problemin matematiksel özelliklerine ve çizelgenin karakteristiğine göre değişen kurallardan faydalanırlar. Bir çizelgeleme kuralının, bir problemin genel sebeplerine çözüm bulduğuna kanaat getirilirse, bu kural, bu problem sınıfının tüm elemanları için kullanılabilir.

Matematiksel programlama veya diğer adıyla lineer programlama, çok sayıda problemi temsil edebilir ve kısıtlı optimizasyon problemlerinde kullanılır. Burada amaç fonksiyonu ve kısıtlar lineer denklemler olarak ifade edilir. Önemli bir dezavantajı, orta ölçekli problemlerde bile çok vakit harcamasıdır Gerçek hayat

çizelgeleme problemi, bazı basitleştirmeler kullanmadan çözülemez, Bu basitleştirmelerle de problem esas şekliinden sapar.

Laguna ve Marti (2003)'de ifade ettiği gibi, " İş ve bilim dünyasındaki birçok gerçek hayat problemi, matematiksel formülle çözmek için fazla komplekstir. " Kempf ve arkadaşları (2000)'da, üretim bandındaki problemlerin matematiksel olarak modellenmesinin gerçekçi olmadığını söyler. İşte tüm bu sebeplerden dolayı sezgisel yaklaşımlar geliştirilmiştir.

Son zamanlarda karınca kolonisi yaklaşımı jop-shop problemlerinin çözümünde kullanılmaya başlanmıştır. Peeters ve arkadaşları (2001), böcek kolonilerinin koordinasyon yapısını incelemiş; fenomen tipi yaklaşımların en büyük avantajı da dinamik ve optimum çözüme yakın çözümler vermesidir.

Yu ve Ram (2006) Dinamik atölye çizelgeleme için çok amaçlı esnek ve bağımlı kurallı yöntem önerdi. Böcek kolonilerinin iş bölüm stratejisi bir ilhan kaynağı oldu. Bu stratejide hesaplama modeli yanıt verme hassasiyeti, öğrenme ve makine merkezli öğrenme başarılı bir şekilde gerçekleşmiştir. Biyo temelli yaklaşım Simülasyon deneyleri ile ajan tabanlı yaklaşım ve kural tabanlı yaklaşımlardan daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Xiang ve Lee (2008) karınca kolonileri yaklaşımından esinlenerek ajan sistemlerini sunmuşlardır. Birden fazla iş paralel çok amaçlı makinalarda işlenir. Sistem makine ayar zamanlarına bağımlıdır. Dahası makine arıza zamanları üretim sistemine dâhildir. Karınca kolonileri Uygun işi bulmak ve işlem sırasında bir sonraki işi bulmada yardımcı olur.

Reiter ve arkadaşları (2008), feromon tabanlı özerk kontrol sistemli değişik atölye tiplerinde dinamik talep durumları test edilmiştir. Kuyruk uzunluklarını tahminliyerek karşılaştırmışlardır. Sistem performansı ise parçaların geliş zamanı ve çıkış zamanı olarak ele almışlardır.

Zhou ve arkadaşları (2009) karınca kolonisi algoritması ile atölye tipi üretimde 3 makine seviyesi teklif etmişlerdir. Üç farklı işlem süresi dağılımı ve üç farklı performans ölçütü ile çizelgeleme yaptılar. Ölçülen performanslar ise şunlardır; ortalama akış süresi, ortalama gecikme. Farklı deneysel ortamlarda toplam verim

sevk kuralları karşılaştırıldığında ilk giren ilk çıkar, en kısa işlem süresi ve minimum boş(gevşek) zaman. Deneysel sonuçlarda karınca kolonisi algoritmasının daha iyi sonuçlar gösterdiği görülmüştür.

Renna (2009) Atölye tipi çizelgeleme problemlerinin çözümü için 2 sezgisel yaklaşım geliştirdi. Birinci yaklaşım tek bir parçanın son bilgilerine dayanır. Diğer yaklaşımda isi üretim hücresindeki kuyruğu dikkate alır. Önerilen yaklaşımlar dinamik bir ortamda test edilmiş ve simülasyon sonuçları üretim hücrelerinin kuyruğunun çevre koşullarının etkisi ile daha dinamik bir yaklaşım sergilediği görülmüştür.

Bir üretim işletmesinde, süreç planlama işlevi statik çalışmaktadır. Bu durum ideal şekilde atölyedeki kaynakları dikkate almamaktadır. Süreç planlamacıları atölyede en çok tavsiye edilen alternatif süreç planı üzerinden sınırsız kaynaklar varsaymaktadırlar (Usher ve Fernandes, 1996). Bu arzu edilen makinelerin planlamacılar tarafından tekrar tekrar seçilmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle, oluşturulan süreç planlamaları gerçekçilikten uzaktır. Dolayısıyla, iş atölyelerinde değişim kolayca sağlanamaz (Lee ve Kim, 2001). Buna göre başlangıçtaki planların devam eden süreçte optimizasyonu sağlayamadıkları görülmüştür.

Planlama aşamasında, süreç planlamacıları atölyedeki mevcut kaynakları dikkate alsa bile, süreç planlama aşamasında dikkate alınmayan kısıtlamaları nedeniyle zaten planlama aşamasında ve uygulama fazı arasındaki zaman gecikmesinde planlar büyük ölçüde değişmiş olabilecektir. Bu başlangıçtaki optimize işlem planının uygunsuzluğuna yol açabilmektedir. Araştırmalar belirli bir dönemde toplam üretim planlarının % 20-30'unun, bir üretim ortamının dinamik değişen ortamına uyum sağlamak için değiştirilmesi gerektiğini göstermiştir (Kumar ve Rajotia, 2003).

Çizelgeleme planları genellikle süreç planlarından sonra belirlenmektedir. Bu durum çizelgeleme aşamasında, çizelgeleme planlamacılarının belirlenen süreç planlarını göz önünde bulundurmalarını gerektirmektedir. Dolayısıyla, sabit süreç planları ciddi dengesiz kaynak yüklemeleri ile süreç boyunca gereksiz darboğazların oluşmasına sebep olmaktadır.

Çoğu durumda, süreç planlama ve çizelgeleme için, tek bir kriteri dikkate alan optimizasyon tekniği ile iyi çözüm belirlenmeye çalışılmaktadır. Ancak, gerçek üretim ortamında en iyi çözüm aynı anda birden fazla ölçütü dikkate alanlar ile elde edilebilecektir (Kumar ve Rajotia, 2003). Ayrıca, süreç planlama ve çizelgelemenin çakışan amaçları olabilmektedir. Çizelgeleme zamanlama esaslarını dikkate alırken süreç planlama süreç planlama teknolojik gereksinimleri değerlendirmektedir. Dolayısıyla aralarında uygun koordinasyon yoksa birbirleriyle çelişen problemler ortaya çıkabilmektedir.

Bu sorunların üstesinden gelmek için, entegre bir üretim planlaması ve çizelgeleme sistemine büyük bir gereksinim vardır (Shao ve arkadaşları, 2008). İki fonksiyonun entegrasyonu ile çizelgeleme çatışmalarının azaltılması, üretim kaynaklarının etkin kullanımı ve süreç iyileştirmede karşılaşılabilecek sorunların azaltılması sağlanarak üretim tesislerinin verimliliğinde önemli iyileştirmeler gerçekleştirilebilecektir (Lee ve Kim, 2001).

Literatürde Dinamik İş Atölyeleri konusu ilk kez 1974 yılında Halloway ve Nelson tarafından ifade edilmiştir. Dinamik İş Atölyelerinde rassal işlem zamanlarını dikkate alan çizelgeler oluşturarak çok geçişli sezgisel çizelgeleme programını geliştirmişlerdir. Daha sonra, standart kurallardan kayma olarak adlandırılan basit bir sezgisel iş başlatma kuralı, Pierreval ve Mebarki tarafından tasarlanmıştır (1997). Aynı yıl Kouiss, Pierreval ve Mebarski tarafından ilk kez çizelgeleme stratejisinde çok ajanlı mimari yapı dinamik iş atölyeleri için önerilmiştir.

İş başlatma kuralları dinamik iş atölyelerinde geniş bir kullanım alanına sahip olmuştur. Rajendran ve Holthaus (1999) üç iş başlatma kuralı önermiş ve dinamik iş atölyeleri için toplamda on üç iş başlatma kuralını ele almışlardır. Subramaniam ve arkadaşları (2000) üç makine seçme kuralı önermişlerdir. Dominic, Kaliyamoorthy ve Kumar (2004) dinamik iş atölyeleri için farklı iş başlatma kurallarını karşılaştırarak birçok verimli iş başlatma kuralı elde etmişlerdir. Malve ve Uzsoy (2007) dinamik iş varışlarının söz konusu olduğu paralel, özdeş ve toplu üretim yapan makinelerde tekrarlanan sezgisel iyileştirmelerle, maksimum gecikmeleri minimize etme problemini çözmeye çalışmışlardır.

Alpay ve Yüzügüllü (2009), teslim tarihi atama modelinin eksik teslim tarihi performansının geliştirilmesinde ve iş başlatma kurallarının da teslim tarihi atamasında oldukça başarılı olduklarını işaret etmişlerdir.

Dinamik tek makineli çizelgeleme problemlerinde etkili bir çizelgeleme problemi oluşturmak için Nie ve arkadaşları gen aktarmalı programlama tabanlı çizelgeleme kuralları yapısı tasarlamışlardır. Yeniden çizelgeleme üzerine yapılan çalışmalara rağmen halihazırda yeniden çizelgeleme literatüründe yer alan stratejiler, politikalar ve metodlar için standart tanımlar ve sınıflandırmalar bulunmamaktadır. Vieira, Herrmann, ve Lin (2003) ve Ouelhadj ve Petrovic (2009)'in sundukları tanımlar dinamik imalat sistemleri için şu andaki en uygun tanımlamalardır. Sabuncuoğlu ve Kızılışık (2003) birkaç reaktif çizelgeleme politikası önermiştir. Tam çizelgeleme şemasının genel olarak kısmi çizelgelemeden daha iyi sonuçlar ortaya koyduğunu bulmuşlardır. Sabuncuoğlu ve Gören (2009) imalat ortamındaki çizelgeleme kararlarında ve analizlerinde temel yaklaşımların karşıladığı problemleri ele almışlardır.

Çizelgeleme verimliliğinin artırılmasının makine kullanım oranının etkin kullanımını beraberinde getirdiği literatürde yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Ancak başlangıçta ortaya konan orijinal çizelgeye göre yapılan diğer faaliyet planlamaları sonradan yapılan değişikliklerden dolayı performanslarını kaybedebilmektedirler. Sonuç olarak alanda çizelgelemenin yeterliliğini ve diğer planlar için stabilizesinin sağlanması amaçlarını kapsayan çok amaçlı bir yapı hâlihazırda ele alınmamıştır. Bununla beraber gerçek zamanlı olaylara uyarlanabilen matematiksel modellerin kurulmasının zorluğu da bilinmektedir.

### **1.9. Atölye Tipi Çizelgeleme Sürecinde Öncelik Kuralları**

Çizelgeleme yaklaşımlarında belirli kurallar uygulanır. Siparişler belirlenen kurallara göre atölyeye alınır. Burada atölye tipi üretimlerde kullanılan öncelik kurallarından bir kısmı açıklanacaktır ve uygulama bölümünde bunlardan bazıları kullanılacaktır.

### **1.9.1. İlk Giren İlk Çıkar (İGİÇ-FİFO)**

Bu kuralda gayet basit olarak ilk sisteme gelen ilk hizmet alır. Gerçek hayat sistemlerinin çoğunda geçerli kuraldır. Sırada ilk seniz hizmeti de ilk siz alırsınız. Hem üretim sektöründe hem de hizmet sektöründe kullanılan temel bir kuraldır. Model ilk gelen ile başlar ve sırasıyla birbirini gelme sırasına göre takip ederek devam eder.

### **1.9.2. Son Giren İlk Çıkar (SGİÇ-LİFO)**

Bu kuralda sisteme son gelen iş veya hizmet ilk olarak işleme alınır. Diğer kurallara göre uygulama alanı fazla değildir.

### **1.9.3. En Kısa İşlem Süresi (EKİS-SPT), En Kısa Toplam İşlem Süresi (EKTİS-TSPT)**

Sisteme girmeyi bekleyen veya makine önünde bekleyen işlerden en kısa işlem süreli işin seçilmesidir. Ayrıca birden fazla istasyona veya makineye uyaracaksa toplam süre üzerinden de düşünülebilir. Temel amacı toplam akışın minimize edilmesidir. Özellikle n adet işin m adet makinayı gezeceği zaman kullanılır. Bu kurallar çizelgelemedeki performans kriterine göre oldukça popüler bir yöntemdir.

### **1.9.4. En Uzun İşlem Süresi (EUİS-LPT), En Uzun Toplam İşlem Süresi (EUTİS-TLPT)**

Bekleyen işlerden en uzun işlem süreli işlerin seçilerek sıralanması ve bu sıraya göre sisteme alınmasına dayanan bir kuraldır. Ayrıca birden fazla istasyona veya makineye uyaracaksa toplam süre üzerinden de düşünülebilir. Genel olarak paralel makinalı atölyelerde yük dengeleme için kullanılır.

### **1.9.5. En Erken Teslim Süresi (EETS-EDD)**

Bekleyen işlerden teslim zamanı yakın olan iş önceliklidir ve bu sıraya göre işler sıralanarak sisteme alınır. Bu yöntemde temel amaç işlerin gecikmesinin önlenmesi ve dolayısı ile müşteri memnuniyetinin artırılmasıdır.

### **1.9.6. En Az Operasyon Sayısı (EAOS-LRNOP)**

Bekleyen işler arasında operasyon sayısı az olan işler öne alınır. Böylelikle teslim edilecek ürün veya hizmet sayısının fazla olması beklenir. Tabi bu kural uygulanacak sisteme göre değişir.

### **1.9.7. En Çok Operasyon Sayısı (EÇOS-MRNOP)**

Bekleyen işler arasında operasyon sayısı çok olan işler öne alınır. Böylelikle sistem içerisindeki kaynakların kullanım oranlarının yüksek olması sağlanır.

### **1.9.8. En Düşük Kalan İşlem Süresi (EDKİS-SPRT)**

Sistemin herhangi bir aşamasında bekleyen işlerden işlem süresi en az olanın seçilmesidir. Özellikle birkaç operasyon geçirmiş ve yarı mamul şeklinde işlenmeyi bekleyen siparişler için kullanılan bir kuraldır. Bu kuralla hem işlerin tamamlanma zamanını hem de her bir işin sistemden çıkma zamanını minimum yapma hedeflenir.

### **1.9.9. En Fazla Kalan İşlem Süresi (EFKİS-LPRT)**

Bu kural ile kalan operasyonunun süresi diğerlerine göre toplamda fazla olan iş öne alınır ve kaynakların kullanım oranının artırılması hedeflenir.

#### **1.9.10. Öncelikli İş (Öİ-PW)**

Bu kuralda ise bekleyen işler arasında acili yeti olan veya kesinlikle gecikmemesi gereken bir iş var ise öncelik bu işe verilir. Bu tür işler hem üretim planlama hem de atölye içi iş sıralamada oldukça problemdir. Çünkü sisteme gelen bu tür işler diğer siparişlerin bekletilmesine belki de gecikmesine sebep olabilir.

#### **1.9.11. En Kısa İşlem Yolu (EKİY-SPS)**

İşlerin rota uzunluğuna veya mesafesine göre en kısa mesafede olan işin öne alınması kuralıdır.

#### **1.9.12. En Uzun İşlem Yolu (EUIY-LPS)**

İşlerin rota uzunluğuna veya mesafesine göre en uzun mesafede olan işin öne alınması kuralıdır.

#### **1.9.13. En Kısa Bekleme Zamanı (EKBZ-SWT)**

Bekleyen işlerden bekleme zamanının en az olan işin öne alınma kuralıdır.

#### **1.9.14. En Uzun Bekleme Zamanı (EUBZ-LWT)**

Bekleyen işlerden bekleme zamanının en uzun olan işin öne alınma kuralıdır.



## **1.10. Atölye Tipi Üretim Problem Parametreleri ve Değişkenleri**

Atölye tipi üretim sistemleri ve diğer üretim sistemleri için bazı dikkat edilmesi gerekli ve sistem performansını etkileyen parametreler veya değişkenler vardır bunlar; makine ayar zamanı (Setup Time), işlerin başlama zamanı ve teslim süresi, transfer zamanları ve ara stok kısıtları, işin makineler arasında ilerlerken bekleyip beklemeyeceği vb.

### **1.10.1. Kurulum Zamanları (Setup Time)**

Bir işlem bittikten sonra, cihaz veya makine yeni bir iş için temizleme, alet değiştirme ve sıcaklık ayarı gibi yeni işlemlere hazır hale getirilebilir. İlk işlemin başlamasından önceki kurulum veya son işlemten sonra yapılan nihai düzenlemeler gerekli olabilir. Bu gereksinimlere makine ayar zamanı denilmektedir.

### **1.10.2. İş Başlama ve Bitirme Tarihleri**

Çoğu zaman tüm işlerin planlama anında uygun olduğu varsayılır. Fakat gerçek hayatta işler dinamiktir ve sürekli yeni sipariş gelebilir. Önceki planların değişmesi gibi sebeplerden dolayı 0 anında başlamayabilir. Bir işin başlayabileceği en yakın zamana Salım Zamanı denir. Ayrıca işin; müşteriye iletim zamanlarına ve planlama kararlarına uyma amacıyla “Bitirme Tarihi” denilen bir zamana kadar da bitirilmesi gerekir. Her iş için yaşam döngüsü bu iki zaman (Salım Zamanı ve Bitirme Tarihi ) arasında devam eder. Bitirme zamanından sonra teslim genelde kabul edilir. Fakat cezası vardır. (Cf. Pinedo, Bitirme Zamanını “deadline” olarak adlandırmıştır.)

### **1.10.3. Transfer Zamanı ve Stok Kısıtları**

Bir işlem bittikten sonra iş ya bitmiştir ve direk diğer makineye gider veya bir makinenin müsait olmasını bekler. Yastıklar, yani depolama yerleri, bekleyen bu

işler için gereklidir. Eğer müsait yastık yoksa iş makinesinde bekler ve onun çalışmasını engeller.

İki kaynağında aynı anda kullanıldığı durumlarda, bir işi yerinden kaydırmanın maliyeti vardır. Buna transfer zamanı denir. Atölye tipi üretimde yastık kısıntının olmadığı varsayılır ve transfer zamanları ihmal edilir. Gerçek durumda ise, yastıklar sınırlıdır. Teknolojik yetersizlikler mevcut olabilir. Veya çalışan süreçleri verimli yönetmek için bilinçli olarak kısıtlanmış olabilir.

#### **1.10.4. Zaman Gecikmesi ve “No-Wait”**

Atölye tipi üretimde bir işteki ardıl operasyonlar öncelik ilişkisine göre eşlenmez. Fakat bir işlemin bitiminden bir sonrakinin başlamasına kadar olan zaman aralığı kısıtlanabilir. Zaten bu öncelik ilişkisi, zaman aralığının en küçük değerine 0, en büyük değerine ise sonsuz değeri verilerek kurulabilir. Minimum aralık 0'dan küçükse, bir işlem diğeri bitmeden başlamalıdır. Eğer bu değer 0'a eşitse, bu durum “no-wait” diye adlandırılır ve bir işlem, diğeri biter bitmez başlamalıdır anlamına gelir. Daha genel haliyle; eğer minimum ve maksimum değerler birbirine eşitse, ilişki “sabit zamanlı” veya “genelleştirilmiş no-wait” olarak adlandırılır.

#### **1.10.5. Yönlendirme Esnekliği**

Operasyonlar çeşitli makinelerde işletilebilir ve bunlardan biri seçilmelidir. Bu özellik yönlendirme esnekliği olarak adlandırılır. Burada sadece operasyonların başlangıç zamanları değil, makine ile operasyonun ilişkilendirilmesi de gereklidir.

#### **1.10.6. Taşımalar**

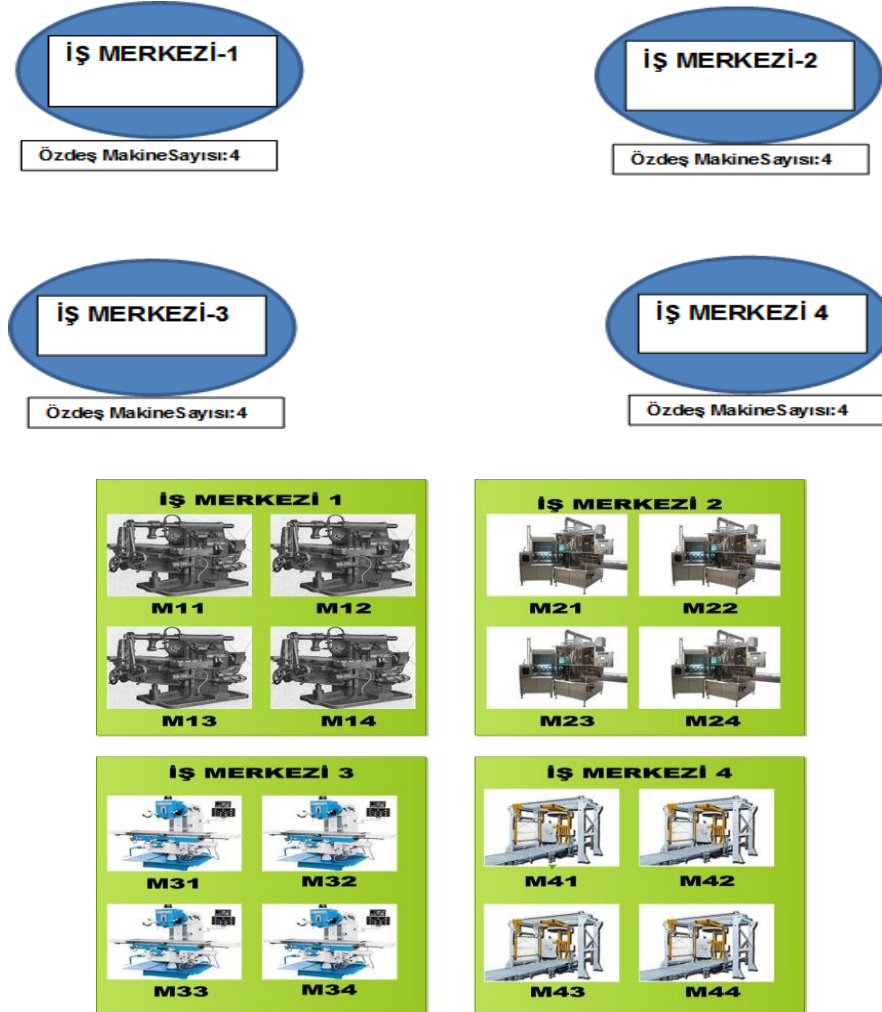
Bir operasyonun bitirilmesinden sonra, iş; eğer yeni makine aynı lokasyon da değilse diğeri makineye aktarılmalıdır. Bu süreler çoğu zaman ihmal edilir veya işleme

süresine dâhil edilir. Pratikte ise iletimler dikkate alınmalıdır. Çünkü ya önemli derecede vakit alırlar veya bu işi yapacak mobil cihaz sayısı kısıtlıdır. Mobil cihazlar hareketlerinde kendi içlerinde haberleşirler ve etkileşirler. Bu etkileşimler, cihazlar ortak bir networke dâhil olduğunda gerçekleşir. Çizelgeleme, işleme ve iletimden başka, mobil cihazlara uygun haritalar ve rotalar bulunması da önemli bir konu haline gelmiştir.

## 2.ATÖLYE BİLGİLERİ VE SİMÜLASYON MODELİ GİRDİLERİ

### 2.1. Atölye Bilgileri

Atölyemiz 4 iş merkezinden oluşmakta ve her bir iş merkezinde 4'er adet özdeş makine bulunmaktadır. Atölyemize 50 çeşit ürün siparişi gelmekte ve genel olarak ürünlerin her birinin işlem süreleri ve makine ayar zamanları farklılık göstermektedir. Bazı ürünlerin ise işlem sıraları benzerlik göstermektedir. İş merkezleri arası taşımalar forklift ile gerçekleştirilmektedir. Şekil 2.1'de atölyenin genel görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Atölye genel görünümü

### 2.1.1. Ürün ailesi

Aşağıda gruplar üretilen ürünlerden aynı iş merkezi sırasını kullananlarına göre oluşturulmuştur.

A grubu ürünler  $a_i$   $i=(1.....n)$   $n=10$  farklı ürün fakat aynı iş merkezi sırasını kullanıyorlar.

B grubu ürünler  $b_i$   $i=(1.....n)$   $n=10$  farklı ürün fakat aynı iş merkezi sırasını kullanıyorlar.

C grubu ürünler  $c_i$   $i=(1.....n)$   $n=10$  farklı ürün fakat aynı iş merkezi sırasını kullanıyorlar.

D grubu ürünler  $d_i$   $i=(1.....n)$   $n=10$  farklı ürün fakat aynı iş merkezi sırasını kullanıyorlar.

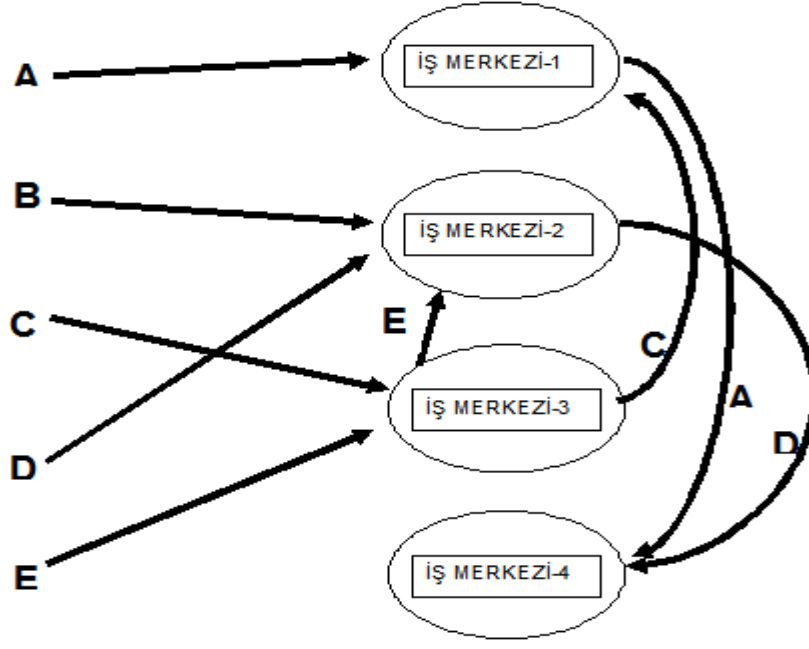
E grubu ürünler  $e_i$   $i=(1.....n)$   $n=10$  farklı ürün fakat aynı iş merkezi sırasını kullanıyorlar.

### 2.1.2 Ürün Guruplarının Rotaları

Çizelge 2.1.'de ve Şekil 2.2'de ürünlerin rotaları verilmiştir. Burada aynı gruptaki ürünler aynı rotaları yani aynı iş merkezlerini sırasıyla gezmektedir.

Çizelge 2.1. Ürün rotaları

ÜRÜN GURUPLARI	İŞ MERKEZLERİ
A	1-4
B	2
C	3-1
D	2-4
E	3-2



Şekil 2.2. Ürün rotaları

### 2.1.3 Makine Gurupları

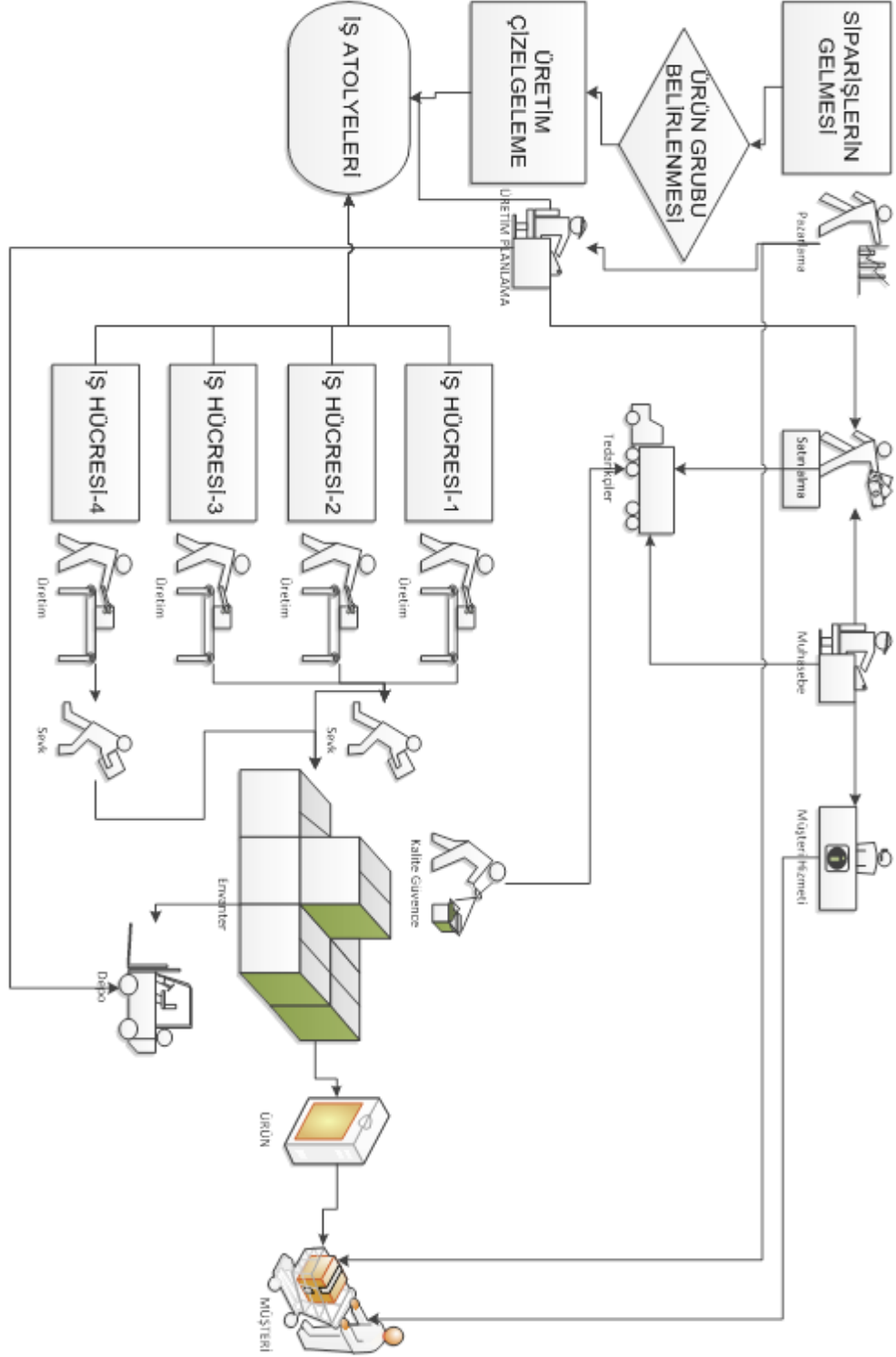
İş merkezlerinde paralel ve özdeş 4'er adet makine bulunmaktadır. Çizelge 2.2'de iş merkezlerindeki makine gurupları gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. İş merkezlerindeki makine numaraları

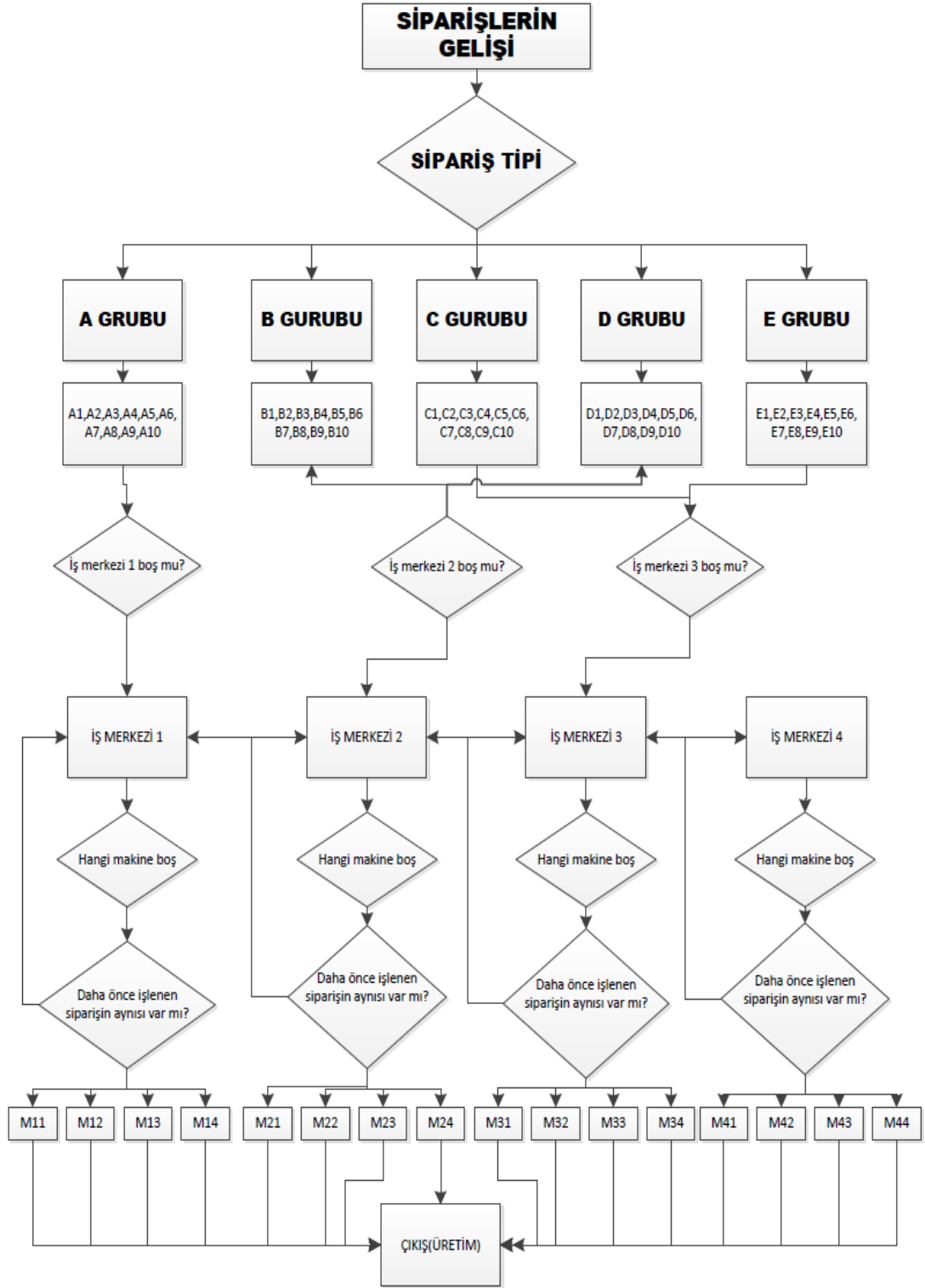
İş Merkezi No.	Makine No.
1	$M_{11}, M_{12}, M_{13}, M_{14}$
2	$M_{21}, M_{22}, M_{23}, M_{24}$
3	$M_{31}, M_{32}, M_{33}, M_{34}$
4	$M_{41}, M_{42}, M_{43}, M_{44}$

## 2.1.4 Atölye İş Akış Süreci

Şekil 2.3'te ve Şekil 2.4'te Atölye akış süreci ve iş akış süreci gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Atölye iş akış süreci



**Şekil 2.4.** Atölye iş akış şeması



## 2.2. Sipariş ve Ürün Bilgileri

### 2.2.1. Sipariş Miktarı, Sipariş Geliş Zamanı, Sipariş Teslim Zamanı

Atölyemize 50 farklı sipariş gelmektedir. Çizelge 2.3'te modellerde girdi olarak kullanılacak sipariş bilgileri görülmektedir. Verilerin tamamı gerçek hayat sistemlerine uyabilecek nitelikte ve rassal olarak seçilmiştir. Çizelge 2.3'e göre ürün tipleri  $a(1)$ 'den  $e(50)$ 'ye kadar gösterilmiştir.

Arena modelinde siparişlere atölye içerisinde ilerlerken çeşitli özellik ve değişkenler atanmıştır. Bu sebepten dolayı ürün tiplerinin sayısal karşılığı olarak ürün numaraları verilmiştir. Çizelge 2.3'teki ürün tiplerinin yanındaki sayılar sipariş tiplerinin numaralarıdır.

Siparişlerin tamamı üstel (exponential) dağılıma göre gelmektedir. Fakat ürün ailelerinin kendi aralarında geliş parametreleri çizelgeden de görüleceği gibi farklıdır. Burada üstel dağılım seçilmesinin sebebi gerçek hayat sistemlerinin çoğunda varışlar arası zamanın bu dağılıma uyduğu istatistiğidir. Tabi ki üretilen ürün, üretim şekli ve ürün yapısına göre bu dağılım farklı olabilir. Atölyemize gelen siparişlerin miktarı ise ürün gurupları arasında farklı, ürün gurupları içerisinde aynı kabul edilmiştir. Ayrıca karmaşıklığı azaltma adına sipariş miktarları deterministik seçilmiştir. Atölye üretim simülasyonu yaparken dikkat edilecek en önemli unsurlardan bir tanesi ise sipariş teslim tarihi olacak. Çizelge 2.3'te sipariş teslim tarihleri siparişin sisteme girdiği zamana ( $t_{now} = t_{imnow}$ ), normal dağılıma uyan sipariş teslim süresinin eklenmesi ile oluşan teslim tarihleri verilmiştir.

Çizelge 2.3. Sipariş bilgileri

Ürün tipi	Ürün no.	Varişlar Arası Zaman(saat)	Sipariş Miktarları(Adet)	Teslim Tarihi (Saat)
a1	1	expo(25)	20	tnow + N(96,12)
a2	2	expo(25)	20	tnow + N(96,12)
a3	3	expo(25)	20	tnow + N(96,12)
a4	4	expo(25)	20	tnow + N(96,12)
a5	5	expo(25)	20	tnow + N(96,12)
a6	6	expo(25)	20	tnow + N(96,12)
a7	7	expo(25)	20	tnow + N(96,12)
a8	8	expo(25)	20	tnow + N(96,12)
a9	9	expo(25)	20	tnow + N(96,12)
a10	10	expo(25)	20	tnow + N(96,12)
b1	11	expo(25)	10	tnow + N(72,12)
b2	12	expo(25)	10	tnow + N(72,12)
b3	13	expo(25)	10	tnow + N(72,12)
b4	14	expo(25)	10	tnow + N(72,12)
b5	15	expo(25)	10	tnow + N(72,12)
b6	16	expo(25)	10	tnow + N(72,12)
b7	17	expo(25)	10	tnow + N(72,12)
b8	18	expo(25)	10	tnow + N(72,12)
b9	19	expo(25)	10	tnow + N(72,12)
b10	20	expo(25)	10	tnow + N(72,12)
c1	21	expo(30)	50	tnow + N(96,12)
c2	22	expo(30)	50	tnow + N(96,12)
c3	23	expo(30)	50	tnow + N(96,12)
c4	24	expo(30)	50	tnow + N(96,12)
c5	25	expo(30)	50	tnow + N(96,12)
c6	26	expo(30)	50	tnow + N(96,12)
c7	27	expo(30)	50	tnow + N(96,12)
c8	28	expo(30)	50	tnow + N(96,12)
c9	29	expo(30)	50	tnow + N(96,12)
c10	30	expo(30)	50	tnow + N(96,12)
d1	31	expo(40)	30	tnow + N(72,6)
d2	32	expo(40)	30	tnow + N(72,6)
d3	33	expo(40)	30	tnow + N(72,6)
d4	34	expo(40)	30	tnow + N(72,6)
d5	35	expo(40)	30	tnow + N(72,6)
d6	36	expo(40)	30	tnow + N(72,6)
d7	37	expo(40)	30	tnow + N(72,6)
d8	38	expo(40)	30	tnow + N(72,6)
d9	39	expo(40)	30	tnow + N(72,6)
d10	40	expo(40)	30	tnow + N(72,6)

**Çizelge 2.3.** (Devam)

e1	41	expo(30)	40	tnow + N(60,12)
e2	42	expo(30)	40	tnow + N(60,12)
e3	43	expo(30)	40	tnow + N(60,12)
e4	44	expo(30)	40	tnow + N(60,12)
e5	45	expo(30)	40	tnow + N(60,12)
e6	46	expo(30)	40	tnow + N(60,12)
e7	47	expo(30)	40	tnow + N(60,12)
e8	48	expo(30)	40	tnow + N(60,12)
e9	49	expo(30)	40	tnow + N(60,12)
e10	50	expo(30)	40	tnow + N(60,12)

### 2.2.2. Makine Hazırlık Zamanları

Siparişler iş merkezlerindeki özdeş makinelerden boş olanlara atandıklarında eğer kendinden önce işlenen iş ile aynı değilse makinaların ayarlanması gerekmektedir. Ayar zamanları literatürde çoğu zaman çizelgeleme problemlerinde göz ardı edilen bir parametredir. Fakat özellikle atölye tipi üretim sistemlerinde hazırlık zamanları oldukça fazla ve üretim hızını etkileyecek derecede olmaktadır. Hatta bazı ürünlerin üretilmesinde hazırlık zamanının üretim zamanından fazla olduğu görülmüştür. Çizelge 2.4'te her sipariş tipinin iş merkezlerindeki makine ayar zamanları gösterilmiştir.

**Çizelge 2.4.** Makine ayar zamanları

Ürün Tipi	İş Merkezi 1 Makine Ayar Zamanı(dk)	İş Merkezi 2 Makine Ayar Zamanı(dk)	İş Merkezi 3 Makine Ayar Zamanı(dk)	İş Merkezi 4 Makine Ayar Zamanı(dk)
a1	T(20,25,30)	x	x	T(25,30,35)
a2	T(20,25,30)	x	x	T(25,30,35)
a3	T(20,25,30)	x	x	T(25,30,35)
a4	T(20,25,30)	x	x	T(25,30,35)
a5	T(20,25,30)	x	x	T(25,30,35)
a6	T(20,25,30)	x	x	T(25,30,35)
a7	T(20,25,30)	x	x	T(25,30,35)
a8	T(20,25,30)	x	x	T(25,30,35)
a9	T(20,25,30)	x	x	T(25,30,35)
a10	T(20,25,30)	x	x	T(25,30,35)

**Çizelge 2.4. (Devam)**

b1	x	N(25,5)	x	x
b2	x	N(25,5)	x	x
b3	x	N(25,5)	x	x
b4	x	N(25,5)	x	x
b5	x	N(25,5)	x	x
b6	x	N(25,5)	x	x
b7	x	N(25,5)	x	x
b8	x	N(25,5)	x	x
b9	x	N(25,5)	x	x
b10	x	N(25,5)	x	x
c1	T(20,21,22)	x	T(15,20,25)	x
c2	T(20,21,22)	x	T(15,20,25)	x
c3	T(20,21,22)	x	T(15,20,25)	x
c4	T(20,21,22)	x	T(15,20,25)	x
c5	T(20,21,22)	x	T(15,20,25)	x
c6	T(20,21,22)	x	T(15,20,25)	x
c7	T(20,21,22)	x	T(15,20,25)	x
c8	T(20,21,22)	x	T(15,20,25)	x
c9	T(20,21,22)	x	T(15,20,25)	x
c10	T(20,21,22)	x	T(15,20,25)	x
d1	x	N(30,5)	x	N(40,5)
d2	x	N(30,5)	x	N(40,5)
d3	x	N(30,5)	x	N(40,5)
d4	x	N(30,5)	x	N(40,5)
d5	x	N(30,5)	x	N(40,5)
d6	x	N(30,5)	x	N(40,5)
d7	x	N(30,5)	x	N(40,5)
d8	x	N(30,5)	x	N(40,5)
d9	x	N(30,5)	x	N(40,5)
d10	x	N(30,5)	x	N(40,5)
e1	x	N(25,1)	N(30,5)	x
e2	x	N(25,1)	N(30,5)	x
e3	x	N(25,1)	N(30,5)	x
e4	x	N(25,1)	N(30,5)	x
e5	x	N(25,1)	N(30,5)	x
e6	x	N(25,1)	N(30,5)	x
e7	x	N(25,1)	N(30,5)	x
e8	x	N(25,1)	N(30,5)	x
e9	x	N(25,1)	N(30,5)	x
e10	x	N(25,1)	N(30,5)	x

### 2.2.3. Makine İşlem Zamanları

Aşağıdaki Çizelge 2.5’de makine işlem zamanları verilmiştir. Bu süreler bir adet ürün içindir siparişin büyüklüğü ile çarpılarak sipariş hacminin işlem süresinin bulunması gerekir.

Çizelge 2.5. Makine işlem zamanları

Ürün Nu.	İş Merkezi 1 işlem süresi(dakika)	İş Merkezi 2 işlem süresi(dakika)	İş Merkezi 3 işlem süresi(dakika)	İş Merkezi 4 işlem süresi(dakika)
a1	4,1	x	x	10,2
a2	6,1	x	x	11,8
a3	7,4	x	x	10,5
a4	6,1	x	x	12,7
a5	3,9	x	x	10,3
a6	5,3	x	x	10,3
a7	4,4	x	x	14,6
a8	8,1	x	x	12,9
a9	5,8	x	x	11,1
a10	4,3	x	x	10,0
b1	x	20,0	x	x
b2	x	23,0	x	x
b3	x	25,0	x	x
b4	x	28,0	x	x
b5	x	21,0	x	x
b6	x	22,0	x	x
b7	x	23,0	x	x
b8	x	26,0	x	x
b9	x	27,0	x	x
b10	x	29,0	x	x
c1	10,0	x	5,8	x
c2	11,0	x	4,1	x
c3	12,0	x	9,7	x
c4	12,0	x	8,6	x
c5	13,0	x	9,2	x
c6	15,0	x	8,4	x
c7	14,0	x	6,2	x
c8	16,0	x	5,2	x
c9	12,0	x	7,0	x
c10	13,0	x	6,0	x

**Çizelge 2.5. (Devam)**

d1	x	11,3	x	10,9
d2	x	15,2	x	13,0
d3	x	16,3	x	15,3
d4	x	14,5	x	17,2
d5	x	13,8	x	16,8
d6	x	12,3	x	16,2
d7	x	14,0	x	15,4
d8	x	12,0	x	13,9
d9	x	10,8	x	11,0
d10	x	12,9	x	12,6
e1	x	4,5	4,0	x
e2	x	3,1	5,8	x
e3	x	4,8	4,9	x
e4	x	6,9	3,5	x
e5	x	5,2	2,5	x
e6	x	6,4	3,9	x
e7	x	4,0	4,1	x
e8	x	8,0	5,3	x
e9	x	4,4	5,8	x
e10	x	5,7	2,9	x

### **2.3. Arena Atölye İş Akışı, Genel Görünüm ve Arena Model Girdileri**

Bu bölümde atölyenin Arena simülasyon programındaki temel görünümü ve girdileri belirtilecektir. Senaryolarda modele ekleme ve çıkarmalar yapılacaktır.

Siparişler Create modülü ile her bir ürün için ayrı olacak şekilde oluşturulmuştur. Siparişlerin oluşturulması aşamasında aynı ürün grubundaki siparişleri bir submodel yardımıyla bir alt modül içerisinde gösterdik. Siparişler oluşturulduktan sonra Assign modülü ile siparişlere özellikler ve değişkenler atadık. Özellikleri de atanmış siparişler daha sonra read-write modülüne gelerek daha önceden hazırlanan Microsoft Excel sayfasına yazdırılmaktadır.

Read-Write modülünden çıkan siparişler Create modülünde sipariş tipine göre ayrılarak Hold modülüne gelmekte ve iş merkezlerine gitmek için beklemektedirler.

Hold modülünde uygulanacak senaryolara göre bekletilmekte veya belirli kriterlere göre salınmaktadır. Hold modülünden çıkan siparişler Transport modülüne gelmekte burada müsait bir forklift bulunması halinde atölye içerisine taşınmaktadır.

İş merkezlerine gelen siparişler ilk olarak sınırsız tutma özelliğindeki Hold modülünde tutulmaktadır. Burada bir kontrolcü vasıtasıyla 4 özdeş makineden bir tanesine gönderilmektedir.

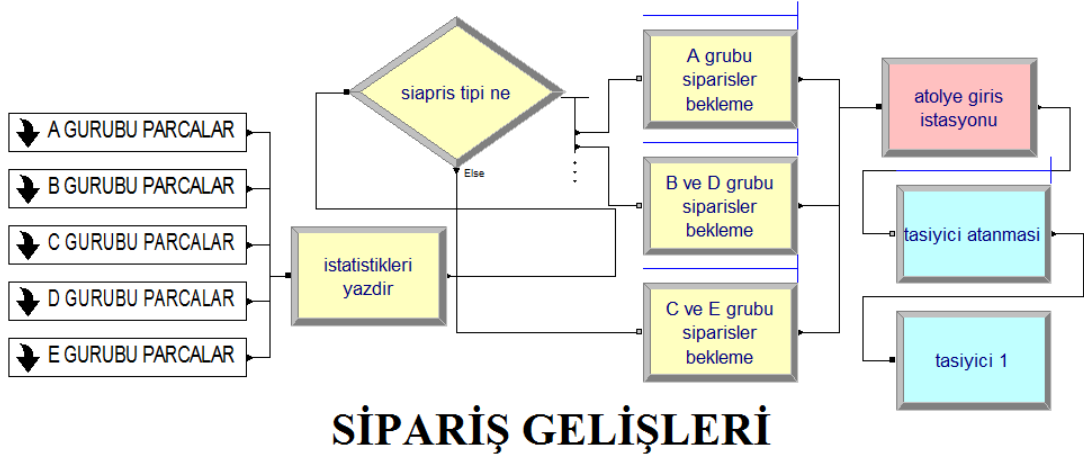
Kontrolcü Search ve Remove modüllerini kullanarak Hold içerisinde bekleyen siparişleri makinalara atamaktadır. Gönderilme şekli ve kuralı senaryolarda açıklanacaktır. Fakat tüm senaryolarda işlerin beklememesi adına boşta bulunan makinaya siparişin yönlendirilmesi tüm ortak kuralımız olacak.

Makinalara atanan siparişler ilk olarak eğer kendinden önceki siparişe aynı değilse yani bir önceki makinadaki iş ile aynı tip sipariş değilse geldiği makinanın bir ayar zamanı geçirmesi gerekmektedir. Aksi takdirde direkt işlenmeye başlayacaktır. Bu faaliyetlerin tümü Delay modülü ile yapılmaktadır.

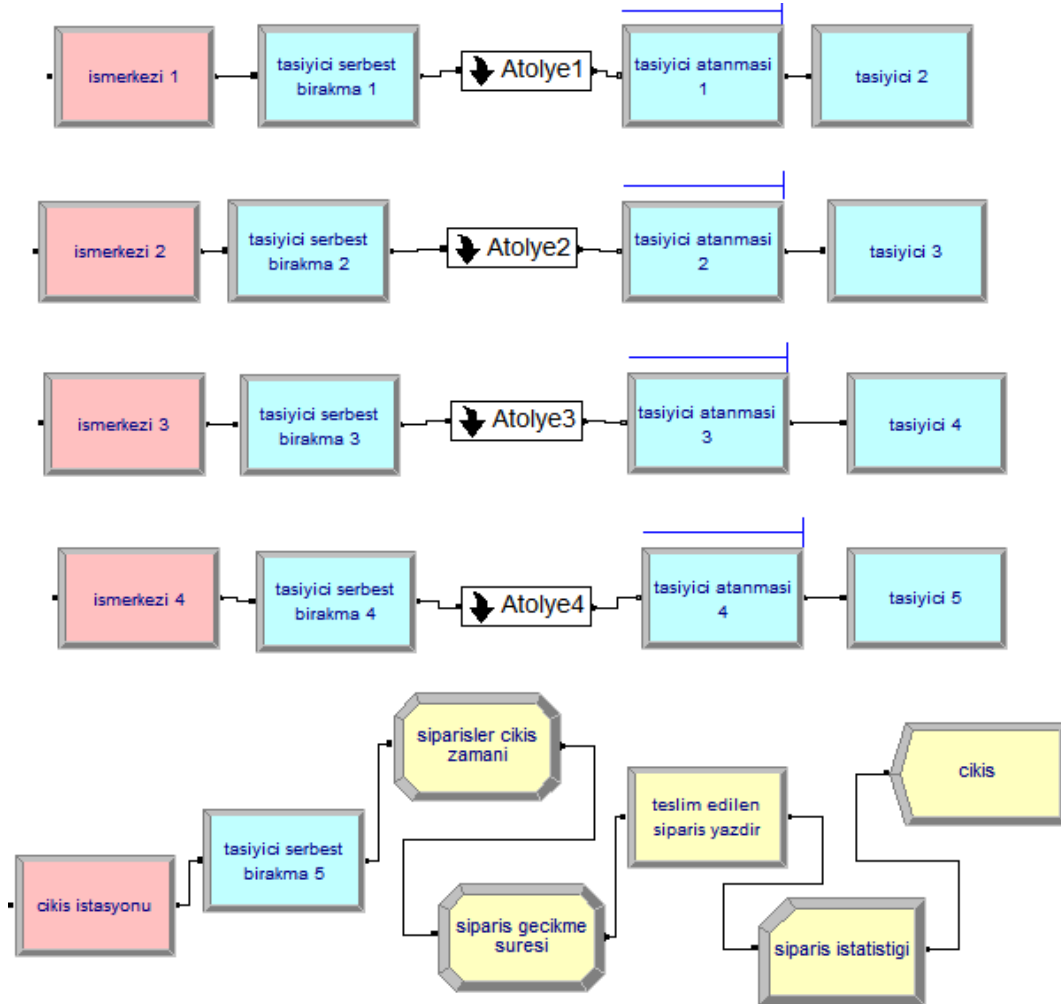
İş merkezlerinde ilerleyen siparişlerin ilerleme kurallarını ve özelliklerini atamak için Assign modülleri kullanılmıştır. İş merkezleri arasındaki taşımaları yine Transport modülü sayesinde yapılmıştır. Modelimizin temel problemi taşımalar olmadığı için taşıma süreleri, taşıyıcı sayısı, taşıyıcı özellikleri ve taşıyıcı hızları dikkate alınmamış modeli etkilemeyecek değerler girilerek oluşturulmuştur.

### **2.3.1. Atölye Arena Genel Görünümü**

Şekil 2.5. ve Şekil 2.6. atölyenin arena genel görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Sipariş gelişleri ve iş merkezlerine taşınması



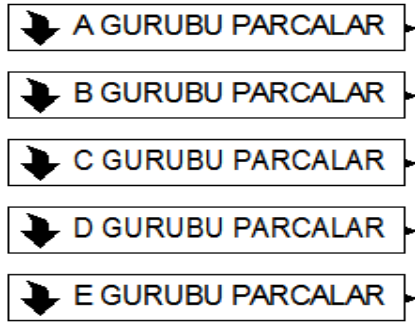
Şekil 2.6. İş merkezleri



### 2.3.2. Arena Sipariş Gelişeri ve Sipariş Özelliklerinin Girilmesi

Siparişler Create modülü ile oluşturulmuş ve Sipariş özellikleri Assign modülüne girilmiştir.

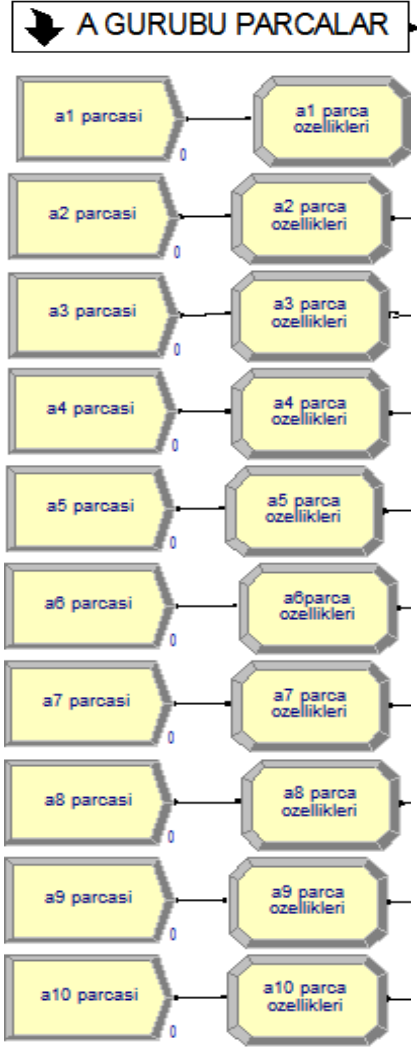
Sipariş tiplerini guruplara göre ayrılmıştır ve aynı guruptaki siparişleri bir Submodel içerisine yerleştirilmiştir. Bu modelin karmaşıklığının giderilmesinde yardımcı olmuştur. Bu şekilde Submodel ile gruplamanın modelin çalışmasına herhangi bir etkisi yoktur. Şekil 2.7’de Ürün gurupları sipariş gelişi gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Ürün gurupları sipariş gelişi

Aşağıda A gurubu siparişlerin gelişlerinin ve özelliklerinin atanması anlatılmıştır. Diğer ürün guruplarının oluşturulması da A gurubu ürünler ile aynı. Sadece girdi parametreleri değişeceğinden gösterilmesine gerek duyulmamıştır.

Şekil 2.8’ de ve Çizelge 2.6’da sipariş gelişleri gösterilmiştir.



**Şekil 2.8.** Sipariş gelişi

Create modülü ile siparişler oluşturulmuştur. Burada Max Arrival sonsuz seçilmiştir. Çünkü atölyemize sürekli bir şekilde sipariş gelmektedir. Burada sonsuz sipariş gelişi tanımlandığından modeller zaman kısıtı altında sonlandırılacaktır.

Çizelge 2.6. Siparişlerin oluşturulması (Create)

Create - Basic Process								
	Name	Entity Type	Type	Value	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1 ▶	a1 parçasi	a1	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
2	a2 parçasi	a2	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
3	a3 parçasi	a3	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
4	a4 parçasi	a4	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
5	a5 parçasi	a5	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
6	a6 parçasi	a6	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
7	a7 parçasi	a7	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
8	a8 parçasi	a8	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
9	a9 parçasi	a9	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
10	a10 parçasi	a10	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0

Create - Basic Process								
	Name	Entity Type	Type	Value	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1 ▶	b1 parçasi	b1	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
2	b2 parçasi	b2	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
3	b3 parçasi	b3	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
4	b4 parçasi	b4	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
5	b5 parçasi	b5	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
6	b6 parçasi	b6	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
7	b7 parçasi	b7	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
8	b8 parçasi	b8	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
9	b9 parçasi	b9	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0
10	b10 parçasi	b10	Random (Expo)	25	Hours	1	Infinite	0.0

Create - Basic Process								
	Name	Entity Type	Type	Value	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1 ▶	c1 parçasi	c1	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
2	c2 parçasi	c2	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
3	c3 parçasi	c3	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
4	c4 parçasi	c4	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
5	c5 parçasi	c5	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
6	c6 parçasi	c6	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
7	c7 parçasi	c7	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
8	c8 parçasi	c8	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
9	c9 parçasi	c9	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
10	c10 parçasi	c10	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0

Create - Basic Process								
	Name	Entity Type	Type	Value	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1 ▶	d1 parçasi	d1	Random (Expo)	40	Hours	1	Infinite	0.0
2	d2 parçasi	d2	Random (Expo)	40	Hours	1	Infinite	0.0
3	d3 parçasi	d3	Random (Expo)	40	Hours	1	Infinite	0.0
4	d4 parçasi	d4	Random (Expo)	40	Hours	1	Infinite	0.0
5	d5 parçasi	d5	Random (Expo)	40	Hours	1	Infinite	0.0
6	d6 parçasi	d6	Random (Expo)	40	Hours	1	Infinite	0.0
7	d7 parçasi	d7	Random (Expo)	40	Hours	1	Infinite	0.0
8	d8 parçasi	d8	Random (Expo)	40	Hours	1	Infinite	0.0
9	d9 parçasi	d9	Random (Expo)	40	Hours	1	Infinite	0.0
10	d10 parçasi	d10	Random (Expo)	40	Hours	1	Infinite	0.0

Çizelge 2.6. (Devam)

Create - Basic Process								
	Name	Entity Type	Type	Value	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1 ▶	e1 parçasi	e1	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
2	e2 parçasi	e2	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
3	e3 parçasi	e3	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
4	e4 parçasi	e4	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
5	e5 parçasi	e5	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
6	e6 parçasi	e6	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
7	e7 parçasi	e7	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
8	e8 parçasi	e8	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
9	e9 parçasi	e9	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0
10	e10 parçasi	e10	Random (Expo)	30	Hours	1	Infinite	0.0

Çizelge 2.7’de sipariş özellikleri gösterilmiştir. Assign modulünde girilen özellik ve değişkenler açıklanmıştır.

Çizelge 2.7. A,B,C,D,E gurubu özellikleri

Assign - Basic Process		
	Name	Assignments
1 ▶	a1 parca özellikleri	13 rows
2	a2 parca özellikleri	13 rows
3	a3 parca özellikleri	13 rows
4	a4 parca özellikleri	13 rows
5	a5 parca özellikleri	13 rows
6	a6 parca özellikleri	13 rows
7	a7 parca özellikleri	13 rows
8	a8 parca özellikleri	13 rows
9	a9 parca özellikleri	13 rows
10	a10 parca özellikleri	13 rows

Assign - Basic Process		
	Name	Assignments
1 ▶	b1 parca özellikleri	10 rows
2	b2 parca özellikleri	10 rows
3	b3 parca özellikleri	10 rows
4	b4 parca özellikleri	10 rows
5	b5 parca özellikleri	10 rows
6	b6 parca özellikleri	10 rows
7	b7 parca özellikleri	10 rows
8	b8 parca özellikleri	10 rows
9	b9 parca özellikleri	10 rows
10	b10 parca özellikleri	10 rows

Çizelge 2.7. (Devam)

Assign - Basic Process		
	Name	Assignments
1 ▶	c1 parca özellikleri	13 rows
2	c2 parca özellikleri	13 rows
3	c3 parca özellikleri	13 rows
4	c4 parca özellikleri	13 rows
5	c5 parca özellikleri	13 rows
6	c6 parca özellikleri	13 rows
7	c7 parca özellikleri	13 rows
8	c8 parca özellikleri	13 rows
9	c9 parca özellikleri	13 rows
10	c10 parca özellikleri	13 rows

Assign - Basic Process		
	Name	Assignments
1 ▶	d1 parca özellikleri ▼	13 rows
2	d2 parca özellikleri	13 rows
3	d3 parca özellikleri	13 rows
4	d4 parca özellikleri	13 rows
5	d5 parca özellikleri	13 rows
6	d6 parca özellikleri	13 rows
7	d7 parca özellikleri	13 rows
8	d8 parca özellikleri	13 rows
9	d9 parca özellikleri	13 rows
10	d10 parca özellikleri	13 rows

Assign - Basic Process		
	Name	Assignments
1 ▶	e1 parca özellikleri ▼	13 rows
2	e2 parca özellikleri	13 rows
3	e3 parca özellikleri	13 rows
4	e4 parca özellikleri	13 rows
5	e5 parca özellikleri	13 rows
6	e6 parca özellikleri	13 rows
7	e7 parca özellikleri	13 rows
8	e8 parca özellikleri	13 rows
9	e9 parca özellikleri	13 rows
10	e10 parca özellikleri	13 rows

Aşağıdaki Çizelge 2.8’de a1, b1, c1, d1, e1 siparişi için girilen özellikler gösterilmiştir. Gurupların diğer ürünlerinin hepsinde aynı özellikler vardır. Fakat sipariş tipine göre New Value kısmındaki parametreler farklıdır. Buradaki değerler Çizelge 2.3, Çizelge 2.4 ve Çizelge2.5’ten alınmıştır.

Çizelge 2.8. (a1,b1,c1,d1,e1) Siparişi özellikleri

Çizelge 2.8.a. (a1) Siparişi özellikleri

Assignments

	Type	Attribute Name	Other	New Value
1	Other	Attribute 1	ns	1
2	Attribute	gelis zamani	J	tnow
3	Attribute	is merkezi 1 ayar zamani	J	TRIA(20,25,30)
4	Attribute	is merkezi 4 ayar zamani	J	TRIA(25,30,35)
5	Attribute	is merkezi 1 islem zamani	J	4.1
6	Attribute	is merkezi 4 islem zamani	J	10.2
7	Attribute	siparis miktari	J	20
8	Attribute	teslim tarihi	J	TNOW+NORM(96,12)
9	Attribute	siparis tipi	J	1
10	Attribute	siparis kimligi	J	Entity.SerialNumber
11	Attribute	spt	J	( is merkezi 1 islem zamani + is merkezi 4 islem zamani ) * siparis miktari + ( is merkezi 1 ayar zamani + is merkezi 4 ayar zamani )
12	Attribute	spt1	J	is merkezi 1 islem zamani * siparis miktari + is merkezi 1 ayar zamani
13	Attribute	spt4	J	is merkezi 4 islem zamani * siparis miktari + is merkezi 4 ayar zamani

Çizelge 2.8.b. (b1) Siparişi özellikleri

Assignments

	Type	Attribute Name	Other	New Value
1	Other	Attribute 1	ns	11
2	Attribute	gelis zamani	J	tnow
3	Attribute	is merkezi 2 islem zamani	J	20
4	Attribute	is merkezi 2 ayar zamani	J	NORM(25,5)
5	Attribute	siparis tipi	J	11
6	Attribute	siparis miktari	J	10
7	Attribute	teslim tarihi	J	TNOW+NORM(72,12)
8	Attribute	siparis kimligi	J	Entity.SerialNumber
9	Attribute	spt	J	is merkezi 2 islem zamani * siparis miktari + ( is merkezi 2 ayar zamani )
10	Attribute	spt2	J	is merkezi 2 islem zamani * siparis miktari + is merkezi 2 ayar zamani

Çizelge 2.8.c. (c1) Siparişi özellikleri

Assignments

	Type	Attribute Name	Other	New Value
1	Other	Attribute 1	ns	21
2	Attribute	gelis zamani	J	tnow
3	Attribute	is merkezi 1 islem zamani	J	10
4	Attribute	is merkezi 3 islem zamani	J	5.8
5	Attribute	is merkezi 1 ayar zamani	J	TRIA(20,21,22)
6	Attribute	is merkezi 3 ayar zamani	J	TRIA(15,20,25)
7	Attribute	siparis tipi	J	21
8	Attribute	siparis miktari	J	50
9	Attribute	teslim tarihi	J	TNOW+NORM(96,12)
10	Attribute	siparis kimligi	J	Entity.SerialNumber
11	Attribute	spt	J	( is merkezi 1 islem zamani + is merkezi 3 islem zamani ) * siparis miktari + ( is merkezi 1 ayar zamani + is merkezi 3 ayar zamani )
12	Attribute	spt1	J	is merkezi 1 islem zamani * siparis miktari + is merkezi 1 ayar zamani
13	Attribute	spt3	J	is merkezi 3 islem zamani * siparis miktari + is merkezi 3 ayar zamani

Çizelge 2.8.d. (d1) Siparişi özellikleri

Assignments

	Type	Attribute Name	Other	New Value
1	Other	Attribute 1	ns	31
2	Attribute	gelis zamani	J	tnow
3	Attribute	is merkezi 2 islem zamani	J	11.3
4	Attribute	is merkezi 4 islem zamani	J	10.9
5	Attribute	is merkezi 2 ayar zamani	J	NORM(30,5)
6	Attribute	is merkezi 4 ayar zamani	J	NORM(40,5)
7	Attribute	siparis tipi	J	31
8	Attribute	siparis miktari	J	30
9	Attribute	teslim tarihi	J	TNOW+NORM(72,6)
10	Attribute	siparis kimligi	J	Entity.SerialNumber
11	Attribute	spt	J	( is merkezi 2 islem zamani + is merkezi 4 islem zamani ) * siparis miktari + ( is merkezi 2 ayar zamani + is merkezi 4 ayar zamani )
12	Attribute	spt2	J	is merkezi 2 islem zamani * siparis miktari + is merkezi 2 ayar zamani
13	Attribute	spt4	J	is merkezi 4 islem zamani * siparis miktari + is merkezi 4 ayar zamani

Çizelge 2.8.e. (e1) Siparişi özellikleri

Assignments

	Type	Attribute Name	Other	New Value
1	Other	Attribute 1	ns	41
2	Attribute	gelis zamani	J	tnow
3	Attribute	is merkezi 2 islem zamani	J	4.5
4	Attribute	is merkezi 3 islem zamani	J	4
5	Attribute	is merkezi 2 ayar zamani	J	NORM(25,1)
6	Attribute	is merkezi 3 ayar zamani	J	NORM(30,5)
7	Attribute	siparis tipi	J	41
8	Attribute	siparis miktarı	J	40
9	Attribute	teslim tarihi	J	TNOW+NORM(60,12)
10	Attribute	siparis kimligi	J	Entity.SerialNumber
11	Attribute	spt	J	( is merkezi 2 islem zamani + is merkezi 3 islem zamani ) * siparis miktarı + ( is merkezi 2 ayar zamani + is merkezi 3 ayar zamani )
12	Attribute	spt2	J	is merkezi 2 islem zamani * siparis miktarı + is merkezi 2 ayar zamani
13	Attribute	spt3	J	is merkezi 3 islem zamani * siparis miktarı + is merkezi 3 ayar zamani

Çizelge 2.8’de girilen özellikleri tüm sipariş tiplerini kapsayacak şekilde şöyle belirtebiliriz;

İlk olarak “other” olarak tanımlı özellik “ns” ismiyle siparişlerin atölyede hangi sırayı takip edeceklerini göstermektedir. Yani siparişler hangi sıra ile iş merkezlerini gezecekleridir. Bu sıraları Çizelge 2.1. ve Şekil 2.2’de daha önce göstermiştik. Burada “New Value” değerleri siparişlerin sequence yani rota numaralarıdır. Sequence modülü daha sonra anlatılacaktır.

Geliş zamanı isimli özellik ( Attribute) New Value=tnow yani siparişin sisteme girdiği zamanı kaydetmek için oluşturulmuştur.

İş merkezi işlem ve iş merkezi ayar zamanı, siparişleri iş merkezleri içerisindeki makinalarda işlenirken ki makine ayar ve makine işlem zamanlarını tanımladığımız özelliklerdir.



Sipariş tipi aslında siparişler ilk Create modülü ile oluşturulurken entiy type olarak a1,c2.....e10 olarak girilmişti fakat model içerisinde sipariş tipinin sayısal değer olması gereken yerler olduğundan sipariş tipi adlı bir özellik koyarak sipariş tiplerine bir rakam atadık bu numaralar Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Sipariş miktarı ise gelen siparişler oluşturulurken sanki 1 adet ürün isteniyormuş gibi oluşturuldu fakat gerçekte bu böyle olmadığından her sipariş için sipariş miktarları tanımlandı. Aslında burada siparişler oluşturulurken Create modülünün Entities per arrival kısmından geliş miktarlarını tanımlayabilirdik. Fakat bu seferde siparişleri bölemeyeceğimizden oluşan ürünleri siparişine göre gruplandırmamız yani birleştirmemiz gerekecekti. Arena simülasyon programı alternatifli modellemeye açık bir program olduğundan modelleme aşamasında alternatif modüller kullanılabilir.

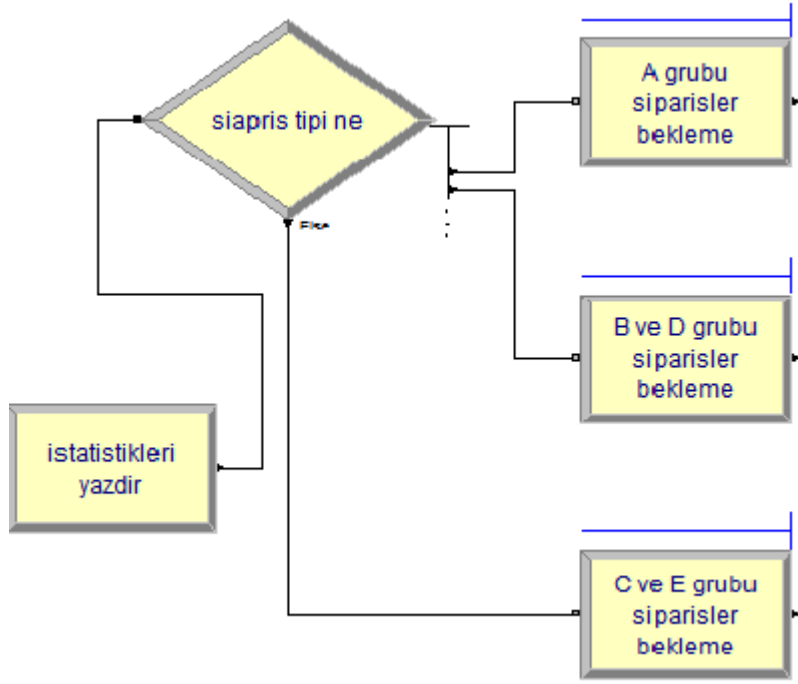
Teslim tarihi adlı özelliği gelen siparişlerin teslim tarihinin belirlenmesi ve yapılacak iş çizelgesinde kullanılması amacı ile oluşturulmuştur. Bu özellikteki parametrede siparişin tipine ve geliş zamanına göre değişmektedir. Sipariş kimliği adlı özellik gelen her siparişe bir 'ID' numarası vererek simülasyon sonunda biten ve bitmeyen işlerin görülmesini sağlamaktadır.

### **2.3.3. Siparişlerin Excel' e Yazdırılması, Ayırıştırılması ve Hold Modülü İle Tutulması**

Siparişlere özellikleri atandıktan sonra Arena Read-Write modülüne gelerek burada daha önce hazırlanan Excel sayfasına sipariş bilgilerinden istenilen veri yazdırılabilmektedir. Bu çizelgeleme senaryolarını uygularken sonuçların rahat görülmesini sağlayacak bir nevi üretim planı oluşacaktır. Arena okuma ve yazma modülü ilerleyen bölümlerde anlatılacağından ayrıntısına bu bölümde girilmemiştir.

Read-Write modülünden çıkan siparişler buradan Decide modülüne geçmekte ve burada sipariş tipine göre ayırıştırılarak Hold modüllerine gönderilmektedir. Çizelge 2.9 ve Şekil 2.9'da Decide modülü gösterilmiştir.

Hold modülünde gelen siparişler ilk atanacakları iş merkezine göre tutulmakta ve belirli kurallara göre iş merkezlerine gönderilmektedir. Çizelge 2.9 ve Şekil 2.9’da görüleceği gibi A, B-D ve C-E olarak üç Hold bulunmaktadır buradaki düşüncemiz aynı iş merkezinden işlenmeye başlayacak siparişleri birlikte tutarak atölye yükleme kurallarımızın uygulanmasını sağlamak ilerleyen bölümlerde model senaryoları uygulanırken bu bölüm oldukça işimize yarayacak.



Şekil 2.9. Siparişlerin Excel’ e yazdırılması, Decide ve Hold modülü ile tutulması

**Çizelge2.9.** Siparişlerin Excel’ e yazdırılması, Decide ve Hold modülü İle tutulması

Conditions	
If	Value
1 Expression	siparis tipi == 1    siparis tipi == 2    siparis tipi == 3    siparis tipi == 4    siparis tipi == 5    siparis tipi == 6    siparis tipi == 7    siparis tipi == 8    siparis tipi == 9    siparis
2 Expression	siparis tipi == 11    siparis tipi == 12    siparis tipi == 13    siparis tipi == 14    siparis tipi == 15    siparis tipi == 16    siparis tipi == 17    siparis tipi == 18    siparis tipi == 19    siparis tipi == 20    siparis tipi == 31    siparis tipi == 32    siparis tipi == 33    siparis tipi == 34    siparis tipi == 35    siparis tipi == 36    siparis tipi == 37    siparis tipi == 38    siparis tipi == 39    siparis tipi == 40

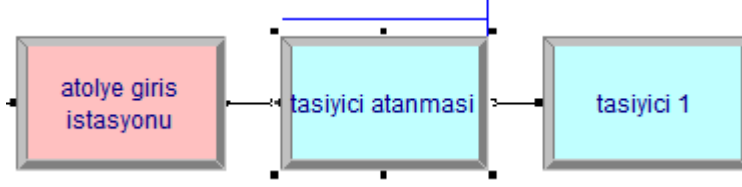
  

Hold - Advanced Process					
	Name	Type	Condition	Queue Type	Queue Name
1	A grubu siparisler bekleme	Scan for Condition	NQ(m1 1.Queue) == 0    NQ(m1 2.Queue) == 0    NQ(m1 3.Queue) == 0    NQ(m1 4.Queue) == 0	Queue	A grubu siparisler bekleme.Queue
2	B ve D grubu siparisler bekleme	Scan for Condition	NQ(m2 1.Queue) == 0    NQ(m2 2.Queue) == 0    NQ(m2 3.Queue) == 0    NQ(m2 4.Queue) == 0	Queue	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue
3	C ve E grubu siparisler bekleme	Scan for Condition	NQ(m3 1.Queue) == 0    NQ(m3 2.Queue) == 0    NQ(m3 3.Queue) == 0    NQ(m3 4.Queue) == 0	Queue	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue

Condition modülünde yazılan kurala göre iş merkezlerinde boşta makine olmadığı zaman siparişlerin iş merkezine gitmesine izin verilmemektedir. Bu alan yapılacak çizelgeleme senaryolarına göre değişecektir. Aynı zamanda buradaki bekleyen işlerin oluşturduğu kuyruk yapılacak çizelgeleme kuralları için oldukça önemlidir. Kuyruk öncelik kuralları çizelgeyi doğrudan etkileyecektir.

### 2.3.4. Siparişlerin İş Merkezlerine Taşınması

Hold modülünden belirlenen kurallar çerçevesinde serbest kalan siparişler buradan giriş istasyonuna (Station) gelmekte burada iş merkezlerine götürülmek için Request modülü ile atanmış forklift adında kaynağın müsait olmasını beklemektedir. Müsait bir taşıyıcı varsa sipariş atölyeye taşınmaktadır. Şekil 2.10’da Arena’da siparişlerin iş merkezlerine taşınması görülmektedir. Station, Request ve Transport modüllerinin ayrıntıları daha sonra anlatılacaktır.



**Şekil 2.10.** Siparişlerin iş merkezlerine taşınması

### 2.3.5. Siparişlerin İş Merkezlerindeki İlerleyişi

İş merkezi giriş istasyonuna gelen işler ilk olarak iş merkezi istasyonuna gelmekte ve buradan sonra siparişleri getiren taşıyıcı kaynağımız (Forklift) Free modülü ile serbest kalmaktadır. Burada Free modülü ile taşıyıcı kaynak boşa çıkmış başka bir iş için müsait hale getirilmiştir. Buradan Atölye Submodel'ine giren sipariş makinalarda işlendikten sonra Request modülü ile tekrar bir taşıyıcı kaynak ataması yapılmış ve Transport modülü ile siparişin bundan sonra gideceği rota planına göre iş merkezinden ayrılması sağlanmıştır.

Burada dikkat edilmesi gereken nokta iş merkezlerinin giriş istasyonlarına sadece ilk siparişler gelmemektedir. Aynı zamanda ikinci veya üçüncü işlem için gelen yani daha önce başka bir iş istasyonuna girmiş ve üretim rotası dahilinde gelen siparişlerde bulunmaktadır. Bu durum iş merkezlerinin içerisinde boş makinaları bekleyen siparişlerin tipi, özelliği, kaç işlemi kaldığı, teslim süresi, bulunduğu iş merkezindeki işlem ve ayar zamanı vb. soruları beraberinde getirmektedir. Uygulanacak çözelgeme kurallarında bu noktalar da bahsedilecektir. Station, Request, Transport ve Free modüllerinin ayrıntısı ilerleyen bölümlerde gösterilecektir.

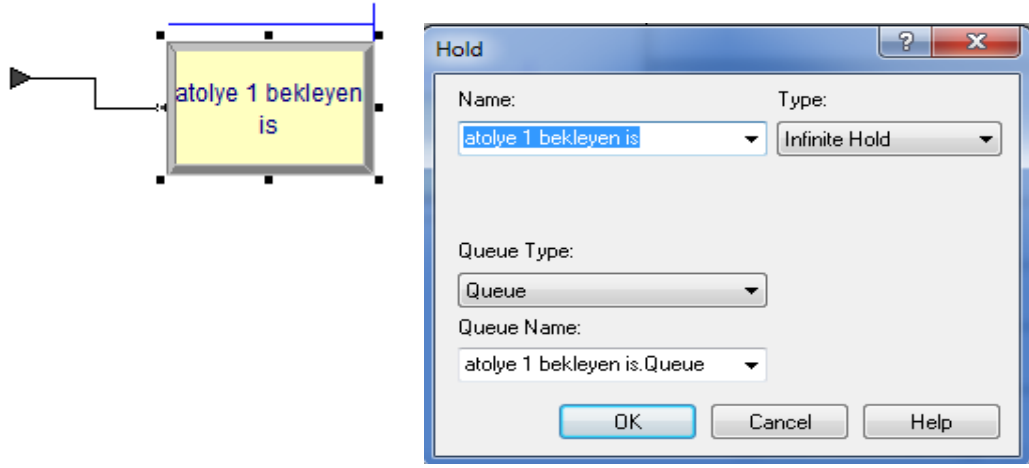
### 2.3.6. Siparişlerin Atölyelerde İlerlemesi

Atölyelerin içleri hepsinde aynı olduğundan bu bölümde sadece atölye-1 görünümü gösterilecek. Diğer atölyelerin şekil olarak bir farkı yoktur. Yani atölye iş akış düzeni hepsinde aynıdır. Atölyelerin birbirinden farkı ise girdi parametrelerinin ve

isimlerinin farklı olmasıdır. Bu bölümde atölye-1 için söylenecek her durum atölye-2, atölye-3 ve atölye-4 içinde geçerlidir.

### 2.3.6.1. Siparişlerin Atölye İçerisine Girmesi ve Beklemesi

Şekil 2.11'de görüleceği üzere siparişler ilk olarak Hold modülüne gelmektedir burada type olarak infinite seçilmiştir. Yani gelen siparişler atölyeye direk alınmamaktadır. Sınırsız bir kuyrukta tutulmaktadır daha sonra bir kontrolcü tarafından makinalara belirli kurallara göre atanacaktır.



Şekil 2.11. Atölyeye gelen siparişlerin bekletilmesi

### 2.3.6.2. Siparişlerin Kontrolcü Tarafından Makinelere Atanması

Burada bir Create yardımı ile 1 adet kontrolcü atlı bir entity oluşturulmuştur. Oluşturulan bu kontrolcü sayesinde atölyenin girişindeki Hold modülünde bekleyen siparişlerden istenilen özelliklerdeki siparişleri çekerek makinalara ataması yapılacaktır. Çizelgeleme senaryolarında ayrıntılı olarak bu kontrol sürecinin alternatifleri üzerinde durulacaktır.

Bu bölümde bu kontrol sürecine genel olarak değinecek olursak. Create modülü ile oluşan kontrolcü ilk olarak yine bir Hold modülüne gelmekte burada beklemektedir.

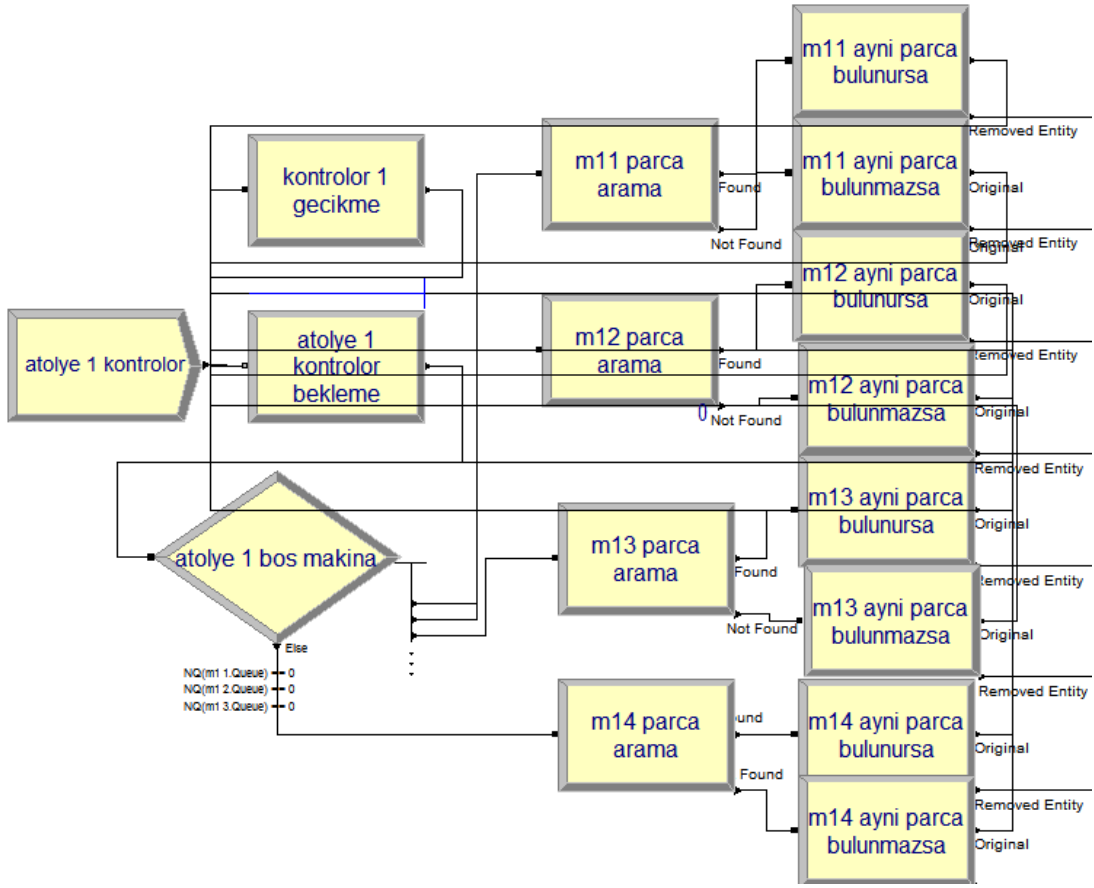
Kontrolcünün hareket etme şartı boşalan makine olması ve atölye içerisinde bekleyen sipariş olmasıdır. Eğer herhangi bir makine boşalırsa ve bekleyen siparişte varsa kontrolcü serbest kalmaktadır. Burada bekleyen sipariş olma şartını koymamızın sebebi kontrolcünün boş yere döngüye girerek simülasyon süresini uzatmasını engellemektir. Çünkü sipariş bulamadıkça kontrolcü döngüye girecek simülasyon zamanı değişmemesine rağmen program simülasyon sonuçlarını oldukça gecikmeli verecektir.

Serbest kalan kontrolcü Decide modülüne gelmekte burada hangi makine boş ise oraya yönlendirilmektedir. Boş olan makinaya yönlendirilen kontrolcü Search modülüne gelmekte ve atölye girişindeki Hold modülünde bekleyen siparişlerden makinanın boşalmadan bir önceki sipariş ile aynı tipte sipariş bulunup bulunmadığına bakmaktadır. Bu makine ayar zamanlarının (Setup Time) azaltılmasında yardımcı olacaktır.

Search modülünün iki çıktısı bulunmaktadır; Faund ve Not Faund. Eğer belirtilen özellikteki parça bulunursa Faund bölümüne gelene kontrolcü buradan Remove modülüne gelir.

Remove modülünde Orijinal ve Removed Entity olarak iki çıktısı bulunmaktadır. Orijinal bölümünden kontrolcü tekrar kontrolcü Hold'unun bulunduğu yere bağlanarak tekrar siparişleri kontrol etmesi ve makinalara ataması sağlanır. Removed Entity ise kontrolcünün atölye girişindeki Hold'ta bekleyen siparişlerden seçtiği siparişin devam ettiği ve Hold'dan ayrıldığı yerdir. Eğer belirtilen kriterde sipariş bulunmaz ise hem makinanın hemde siparişin beklememesi için Search modülünün Not Faund çıktısından kontrolcü yine Removed modülüne gelir ve belirlenen öncelik kriterlerine göre siparişleri Removed Entity çıktısından boş makinaya gönderir. Kontrolcü ise yine Hold modülüne geri döner. Burada dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta kontrolcünün geri dönmesi sırasında Delay modülü ile sembolik bir zaman geçirmesini sağlamak. Aksi takdirde model döngüye girecek ve ilerlemeyecektir.

Aşağıdaki Şekil 2.12'de kontrolcünün siparişi ataması işlevi gösterilmiştir.



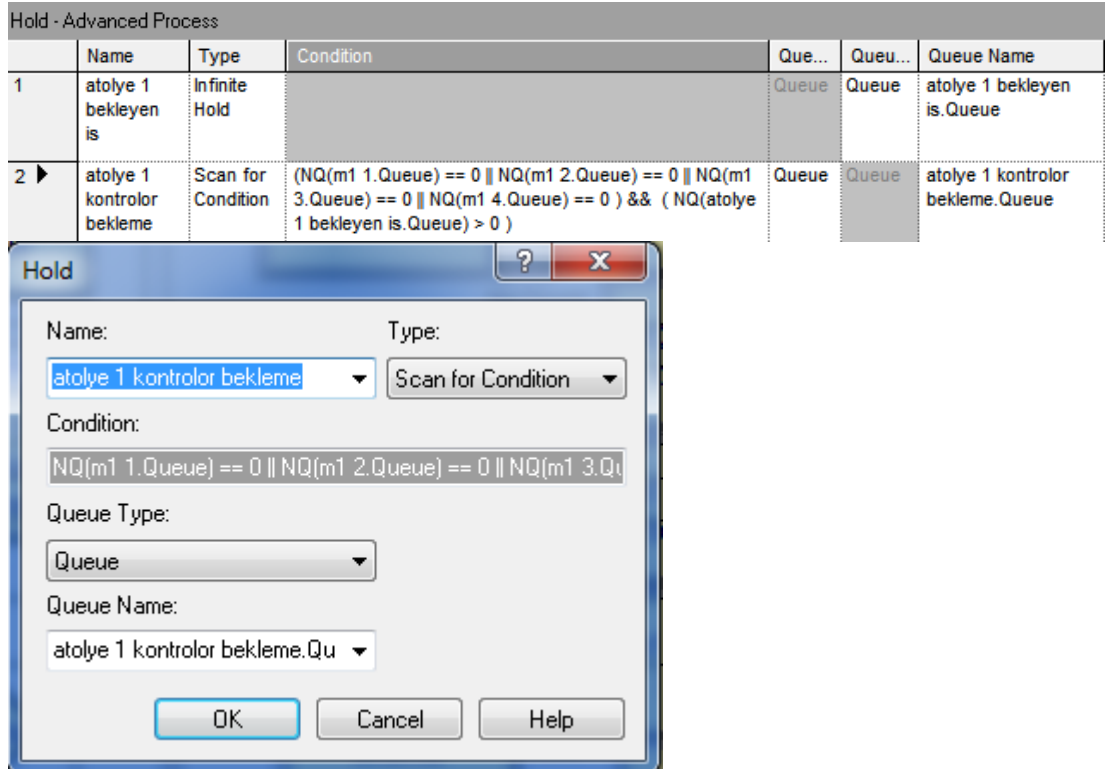
Şekil 2.12. Kontrolcünün makinalara sipariş ataması

Create modülü ile kontrolcü simülasyon başladığı anda 1 adet olarak oluşacaktır.

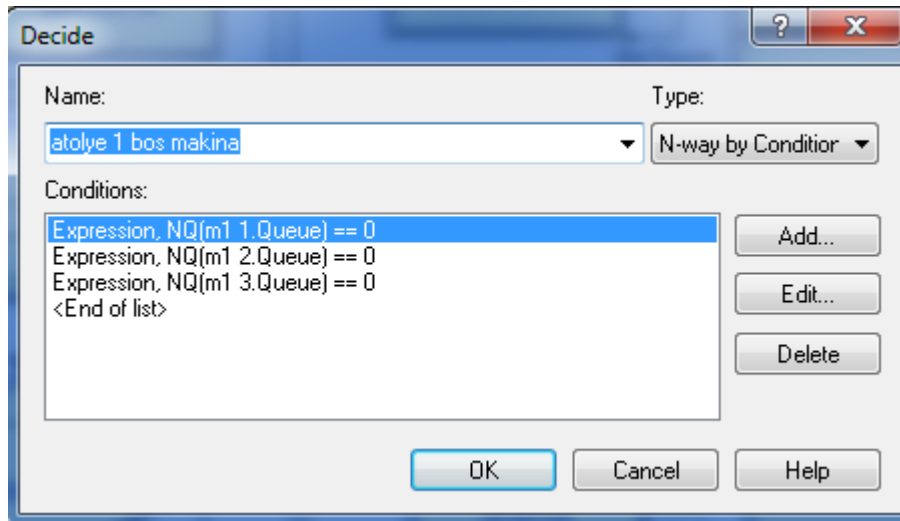
The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings:

- Name: atolye 1 kontrolor
- Entity Type: Entity 1
- Time Between Arrivals:
  - Type: Constant
  - Value: 0
  - Units: Hours
- Entities per Arrival: 1
- Max Arrivals: 1
- First Creation: 0

Şekil 2.13. Kontrolcünün oluşturulması



Şekil 2.14. Kontrolcünün bekletilmesi



Şekil 2.15. Kontrolcünün boş makinaya yönlendirilmesi



Çizelge 2.10’da ve Şekil 2.16’da görüleceği üzere Search condition olarak “Sipariş tipi = = m(ij)” giren parça yazılmıştır. Atölyedeki makinaların girişine Assign veri modülü ile m(ij) giren parça adlı bir değişken (Variable) atanmış. Bu değişkenin değeri sipariş tipi adlı özelliğe eşit olması halinde kontrolcü tarafından eşitliği sağlayan siparişin makinaya atanmasını sağlamıştır.

**Çizelge 2.10.** Kontrolcünün uygun siparişi araması( tüm makinalar)

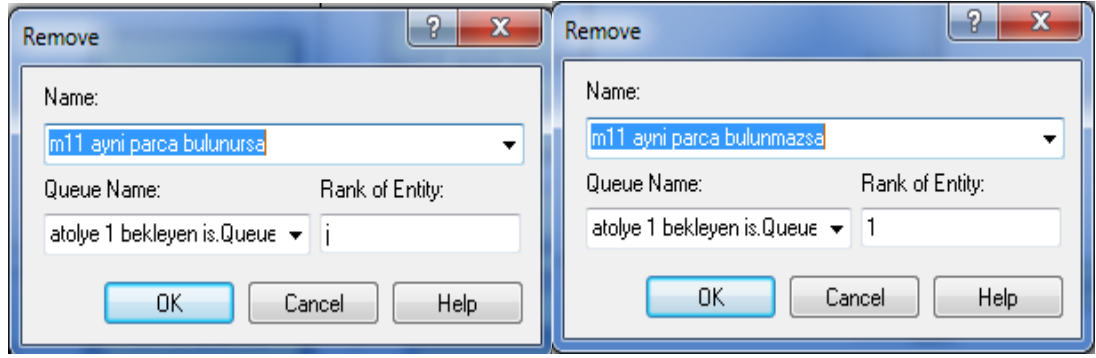
Search - Advanced Process						
	Name	Type	Queue Name	Starting Value	Ending Value	Search Condition
1	m11 parca arama	Search a Queue	atolye 1 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m11 giren parca
2	m12 parca arama	Search a Queue	atolye 1 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m12 giren parca
3	m13 parca arama	Search a Queue	atolye 1 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m13 giren parca
4	m14 parca arama	Search a Queue	atolye 1 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m14 giren parca

**Şekil 2.16.** Kontrolcünün uygun siparişi araması ( m11 makinası için)

Çizelge 2.11. ve Şekil 2.17’de görüleceği gibi rank of entity bölümüne j veya NQ girilmiştir. Aranılan parça bulunursa Search modülünde parçaya j numarası atanır. Bu sebepten dolayı parçanın kuyruktan çıkarmak için j değeri girilmiştir. Aranılan parça yok ise kuyruk disiplinine göre sıradaki siparişin alınması için NQ girilmiştir.

**Çizelge 2.11.** Kontrolcünün uygun siparişi makinalara ataması( tüm makinalar)

	Name	Queue Name	Rank of Entity
1	m11 aynı parca bulunursa	atolye 1 bekleyen is.Queue	j
2	m11 aynı parca bulunmazsa	atolye 1 bekleyen is.Queue	1
3	m12 aynı parca bulunursa	atolye 1 bekleyen is.Queue	j
4	m12 aynı parca bulunmazsa	atolye 1 bekleyen is.Queue	1
5	m13 aynı parca bulunursa	atolye 1 bekleyen is.Queue	j
6	m13 aynı parca bulunmazsa	atolye 1 bekleyen is.Queue	1
7	m14 aynı parca bulunursa	atolye 1 bekleyen is.Queue	j
8	m14 aynı parca bulunmazsa	atolye 1 bekleyen is.Queue	1



**Şekil 2.17.** Kontrolcünün uygun siparişi makinalara ataması( m11 makinası için)

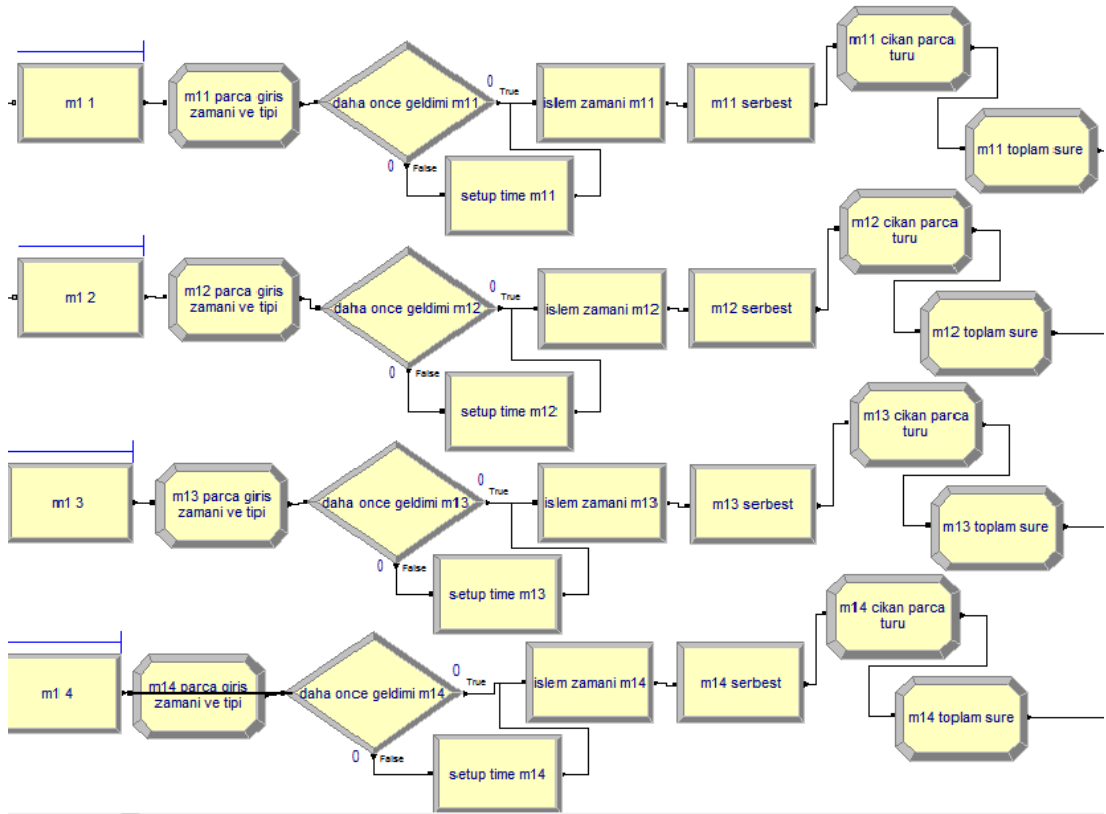
### 2.3.6.3. Siparişlerin Makinelerde İşlenmesi

Makinalara gelen işler Seize modülü ile makinanın atanması sağlanmaktadır. Böylelikle makinalar siparişi almış olacaktır daha sonra Assign modülü ile gelen siparişe atölyeye giriş zamanı özelliği ve sipariş tipi değişkenleri atanmıştır. Burada sipariş tipi değişkeni daha öncede bahsedildiği gibi Search modülünde kullanmak için atanmıştır. Atölyeye giriş zamanı adlı özellik ise parçanın makinaya giriş ve çıkış zamanlarını tutmak ve istatistiklerini elde etmek amacıyla oluşturmuştur.

Assign modülünden çıkan sipariş Decide modülüne gelmekte burada eğer daha önceki sipariş tipi ile aynı işlem zamanının tanımlandığı Delay modülüne gitmektedir. Eğer bir önceki sipariş ile aynı değil ise ilk olarak makine ayar

zamanının tanımlandığı Delay modülüne gitmekte ve buradan sonra işlem zamanının tanımlandığı Delay modülüne gelmektedir. İşlemi biten sipariş Release modülüne geçmektedir. Bu modülde kaynağımız yani makinamız boşa çıkmakta ve siparişi işleyip makinadan çıkarmaktadır. Bu durumda artık makinamız yeni bir iş almaya müsait hale gelmiş olacaktır. Modeli oluştururken temel amacımız çizelgeleme senaryoları olduğundan tüm senaryolarımızda makine arıza ve bakım durumunu dikkate almadık.

Makinadan ayrılan işler buradan Assign modülüne gelmekte burada siparişin çıkış zamanı ve çıkış tipi özellikleri atanmıştır. Bu bilgiler istatistiki amaçlıdır. Şekil 2.18’de Makinelerin Arena görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2.18. Makinelerin Arena görünümü

**Çizelge 2.12.** Makinaların atanması (tüm makinalar)

Seize - Advanced Process						
	Name ▲	Allocation	Priority	Resources	Queue Type	Queue Name
1 ▶	m1 1	Other	Medium(2)	1 rows	Queue	m1 1.Queue
2	m1 2	Other	Medium(2)	1 rows	Queue	m1 2.Queue
3	m1 3	Other	Medium(2)	1 rows	Queue	m1 3.Queue
4	m1 4	Other	Medium(2)	1 rows	Queue	m1 4.Queue

The screenshot shows the 'Seize' dialog box with the following configuration:

- Name: m1
- Allocation: Other
- Priority: Medium(2)
- Resources: Resource, M11, 1, <End of list>
- Queue Type: Queue
- Queue Name: m1 1.Queue

**Şekil 2.19.** Makinelerin atanması ( m11 makinası için)

Aşağıdaki Çizelge 2.13’de Assign modülü içindeki özellikler gösterilmiştir.

Çizelge 2.13. Atölye içi Assign modülleri

Assign - Basic Process		
	Name	Assignments
1	m11 çıkan parca turu	2 rows
2	m12 çıkan parca turu	2 rows
3	m13 çıkan parca turu	2 rows
4 ▶	m14 çıkan parca turu	2 rows
5	m11 parca giriş zamani ve tipi	2 rows
6	m12 parca giriş zamani ve tipi	2 rows
7	m13 parca giriş zamani ve tipi	2 rows
8	m14 parca giriş zamani ve tipi	2 rows
9	m14 toplam süre	1 rows
10	m13 toplam süre	1 rows
11	m12 toplam süre	1 rows
12	m11 toplam süre	1 rows

#### Assignments-1

	Type	Variable Name	Attribute Name	New Value
1	Variable	m11 çıkan parca	Attribute 1	siparis tipi
2	Attribute	Variable 2	m11 parca çıkış zamani	tnow

#### Assignments-2

	Type	Variable Name	Attribute Name	New Value
1	Variable	m12 çıkan parca	Attribute 1	siparis tipi
2	Attribute	Variable 2	m12 parca çıkış zamani	tnow

#### Assignments-3

	Type	Variable Name	Attribute Name	New Value
1	Variable	m13 çıkan parca	Attribute 1	siparis tipi
2	Attribute	Variable 2	m13 parca çıkış zamani	tnow

#### Assignments-4

	Type	Variable Name	Attribute Name	New Value
1	Variable	m14 çıkan parca	Attribute 1	siparis tipi
2	Attribute	Variable 2	m14 parca çıkış zamani	tnow

#### Assignments-5

	Type	Variable Name	Attribute Name	New Value
1	Attribute	Variable 1	m11 parca giriş zamani	tnow
2	Variable	m11 giren parca	Attribute 2	siparis tipi

#### Assignments-6

	Type	Variable Name	Attribute Name	New Value
1	Attribute	Variable 1	m12 parca giriş zamani	tnow
2	Variable	m12 giren parca	Attribute 2	siparis tipi

#### Assignments-7

	Type	Variable Name	Attribute Name	New Value
1	Attribute	Variable 1	m13 parca giriş zamani	tnow
2	Variable	m13 giren parca	Attribute 2	siparis tipi

Çizelge 2.13. (Devam)

Assignments-8

	Type	Variable Name	Attribute Name	New Value
1	Attribute	Variable 1	m14 parca giris zamani	tnow
2	Variable	m14 giren parca	Attribute 2	siparis tipi

Assignments-9

	Type	Variable Name	New Value
1	Variable	m14 toplam is suresi	( m14 parca cikis zamani - m14 parca giris zamani ) + m14 toplam is suresi

Assignments-10

	Type	Variable Name	New Value
1	Variable	m13 toplam is suresi	( m13 parca cikis zamani - m13 parca giris zamani ) + m13 toplam is suresi

Assignments-11

	Type	Variable Name	New Value
1	Variable	m12 toplam is suresi	( m12 parca cikis zamani - m12 parca giris zamani ) + m12 toplam is suresi

Assignments-12

	Type	Variable Name	New Value
1	Variable	m11 toplam is suresi	( m11 parca cikis zamani - m11 parca giris zamani ) + m11 toplam is suresi

Çizelge 2.14. Atölye içi Decide modülleri

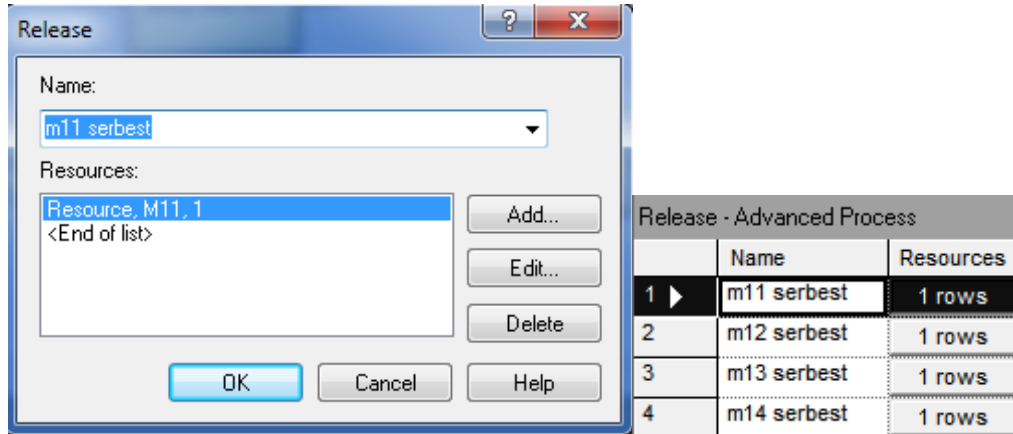
Decide - Basic Process							
	Name	Type	If	Attribute Name	Is	Value	
1	daha once geldimi m11	2-way by Condition	Attribute	siparis tipi	==	m11 cikan parca	0 rows
2	daha once geldimi m12	2-way by Condition	Attribute	siparis tipi	==	m12 cikan parca	0 rows
3	daha once geldimi m13	2-way by Condition	Attribute	siparis tipi	==	m13 cikan parca	0 rows
4	daha once geldimi m14	2-way by Condition	Attribute	siparis tipi	==	m14 cikan parca	0 rows
5	atolye 1 bos makina	N-way by Condition	Entity Type	Attribute 1	>=	1	3 rows

Aşağıdaki Çizelge 2.15’de makine ayar zamanları ve makine işlem sürelerinin nasıl tanımladığı gösterilmiştir. Burada işlem süreleri belirlenirken siparişlerin daha önceden belirlenmiş iş merkezi işlem zamanlarının siparişin miktarıyla çarpılmasıyla bulunmuştur.

**Çizelge 2.15.** Atölye içi Delay modülü

Delay - Advanced Process				
	Name	Allocation	Delay Time	Units
1	setup time m11	Other	is merkezi 1 ayar zamani	Minutes
2	islem zamani m11	Other	is merkezi 1 islem zamani * siparis miktarı	Minutes
3	setup time m12	Other	is merkezi 1 ayar zamani	Minutes
4	islem zamani m12	Other	is merkezi 1 islem zamani * siparis miktarı	Minutes
5	setup time m13	Other	is merkezi 1 ayar zamani	Minutes
6	islem zamani m13	Other	is merkezi 1 islem zamani * siparis miktarı	Minutes
7	setup time m14	Other	is merkezi 1 ayar zamani	Minutes
8	islem zamani m14	Other	is merkezi 1 islem zamani * siparis miktarı	Minutes
9	kontrolör 1 gecikme	Other	0.01	Seconds

**Çizelge2.16.** Makinelerin serbest bırakılması



Release - Advanced Process		
	Name	Resources
1	m11 serbest	1 rows
2	m12 serbest	1 rows
3	m13 serbest	1 rows
4	m14 serbest	1 rows

### 2.3.7. Siparişlerin Rotalarının Girilmesi

Siparişlerin iş merkezleri arasında hangi sırayla geçeceğinin belirlenmesi için daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi siparişler oluşturulduktan sonra Assign modülün içerisinde “ns” olarak belirtilen rota numarası girilmiştir. Girilen rotaların tanımı ise Advanced Process panelinde bulunan Sequence sekmesini içerisine her bir siparişin rota numarası girilerek ve Steps bölümüne gidecekleri güzergahları (Rows) sırası ile tanımlanmıştır. Çizelge 2.17.’de bu güzergahlar görülmektedir. Çizelge 2.18’de ise sipariş numarası 1 olan siparişin rotası gösterilmiştir.

Çizelge 2.17. Arena Sequence rotaları

Sequence - Advanced Transfer								
	Name	Steps						
1 ▶	Sequence 1	3 rows	21	Sequence 21	3 rows	41	Sequence 41	3 rows
2	Sequence 2	3 rows	22	Sequence 22	3 rows	42	Sequence 42	3 rows
3	Sequence 3	3 rows	23	Sequence 23	3 rows	43	Sequence 43	3 rows
4	Sequence 4	3 rows	24	Sequence 24	3 rows	44	Sequence 44	3 rows
5	Sequence 5	3 rows	25	Sequence 25	3 rows	45	Sequence 45	3 rows
6	Sequence 6	3 rows	26	Sequence 26	3 rows	46	Sequence 46	3 rows
7	Sequence 7	3 rows	27	Sequence 27	3 rows	47	Sequence 47	3 rows
8	Sequence 8	3 rows	28	Sequence 28	3 rows	48	Sequence 48	3 rows
9	Sequence 9	3 rows	29	Sequence 29	3 rows	49	Sequence 49	3 rows
10	Sequence 10	3 rows	30	Sequence 30	3 rows	50	Sequence 50	3 rows
11	Sequence 11	2 rows	31	Sequence 31	3 rows			
12	Sequence 12	2 rows	32	Sequence 32	3 rows			
13	Sequence 13	2 rows	33	Sequence 33	3 rows			
14	Sequence 14	2 rows	34	Sequence 34	3 rows			
15	Sequence 15	2 rows	35	Sequence 35	3 rows			
16	Sequence 16	2 rows	36	Sequence 36	3 rows			
17	Sequence 17	2 rows	37	Sequence 37	3 rows			
18	Sequence 18	2 rows	38	Sequence 38	3 rows			
19	Sequence 19	2 rows	39	Sequence 39	3 rows			
20	Sequence 20	2 rows	40	Sequence 40	3 rows			

Çizelge 2.18. Sequence-1 rotası

Steps				
	Station Name	Step Name	Next Step	Assignments
1	ismerkezi 1			0 rows
2	ismerkezi 4			0 rows
3	cikis istasyonu			0 rows

### 2.3.8. İş Merkezleri Arası Mesafelerin (Distance) Oluşturulması

Modelimizde siparişler iş merkezlerine götürülürken ve iş merkezleri arasında taşıyıcı bir transporter tarafından taşınmaktadır. Dolayısı ile taşımının yapılabilmesi



için iş merkezleri arasındaki mesafelerin girilmesi gerekmektedir. Çizelge 2.19’de bu mesafelerin nasıl girildiği gösterilmiştir.

**Çizelge2.19.** Arena Distance mesafeleri

Distance - Advanced Transfer							
	Name	Stations					
1 ▶	siparis tasiyici.Distance	30 rows					
Beginning Station	Ending Station	Distance					
1	atolye giris istasyonu	100	16	ismerkezi 2	ismerkezi 4	50	
2	atolye giris istasyonu	100	17	ismerkezi 3	ismerkezi 1	50	
3	atolye giris istasyonu	100	18	ismerkezi 3	ismerkezi 2	50	
4	atolye giris istasyonu	100	19	ismerkezi 3	ismerkezi 4	50	
5	ismerkezi 1	100	20	ismerkezi 3	cikis istasyonu	50	
6	ismerkezi 2	100	21	ismerkezi 4	cikis istasyonu	50	
7	ismerkezi 3	100	22	ismerkezi 4	ismerkezi 1	50	
8	ismerkezi 4	100	23	ismerkezi 4	ismerkezi 2	50	
9	ismerkezi 1	50	24	ismerkezi 4	ismerkezi 3	50	
10	ismerkezi 1	50	25	cikis istasyonu	ismerkezi 1	50	
11	ismerkezi 1	50	26	cikis istasyonu	ismerkezi 2	50	
12	ismerkezi 1	50	27	cikis istasyonu	ismerkezi 3	50	
13	ismerkezi 2	50	28	cikis istasyonu	ismerkezi 4	50	
14	ismerkezi 2	50	29	cikis istasyonu	atolye giris istasyonu	50	
15	ismerkezi 2	50	30	atolye giris istasyonu	cikis istasyonu	50	

#### 2.4. Arena Okuma ve Yazma Modülü (Read and Write)

ARENA okuma ve yazma modülü bize birçok konuda yardımcı olmaktadır.

Bunlardan bazıları şunlardır;

- Modelin girdi parametreleri Excel , Access veya bir veri tabanından alınabilir.
- Gelen siparişlerin veya sisteme giren Entity’lerin tüm özellikleri bir kayıt alanından okunabilir.
- Entity’lerin tüm bilgileri modelin herhangi bir yerinde yazdırılabilir veya değiştirilebilir.
- Simülasyon girdileri ve çıktıları arasındaki istatistik analiz çok daha kolay yapılabilir.
- Modelleme yaparken gereksiz veri girişini engelleyerek modellemeciye kolaylık sağlar.

Bu çalışmada simülasyon modellerini oluştururken, Read-Write modülünü istatistik analiz için kullanılmıştır. Simülasyona giren siparişlerin Tipi, Seri numarası, Geliş zamanı ve Teslim Tarihini Write modülüne yazdırılmıştır. Daha sonra modelin bitiminde yine Write modülü ile çıkan siparişlerin Tipi, Seri numarası ve çıkış zamanı yazdırılmıştır. Böylece modelleri analiz ederken oldukça kolaylık sağlamış oldu. Çünkü artık elimizde giren ve çıkan siparişler ile ilgili tüm bilgiler bulunmuş oldu.

Aşağıda Çizelge 2.20’de modellerde kullanılan Read-Write modülü gösterilmiştir.

**Çizelge 2.20.** Arena Read-Write Modülü

ReadWrite - Advanced Process						
	Name	Type	Arena File Name	Recordset ID	Record Number	Assignments
1	istatistikleri yazdir	Write to File	File 1	Recordset 1		5 rows
2	teslim edilen siparis yazdir	Write to File	File 2	Recordset 1		4 rows

Assignments		
	Type	Attribute Name
1	Attribute	siparis kimligi
2	Attribute	siparis tipi
3	Attribute	siparis miktarı
4	Attribute	gelis zamani
5	Attribute	teslim tarihi

GİRİŞ

Assignments		
	Type	Attribute Name
1	Attribute	siparis kimligi
2	Attribute	siparis tipi
3	Attribute	siparis miktarı
4	Attribute	siparis cikis zamani

ÇIKIŞ

Burada Assignments kısımlarına bakılacak olursa Arena’nın yazması istenilen özellikleri seçilerek, eğer Read modülü kullanmak istenirse tek fark Type bölümünden “Read to file” seçeneğinin seçilmesidir. Çizelge 2.21’de ise yazdırılacak dosya ile ilgili bilgiler yer almaktadır.

**Çizelge 2.21.** Arena File Modülü

File - Advanced Process							
	Name	Access Type	Operating System File Name	Structure	End of File Action	Initialize Option	Recordsets
1	File 1	Microsoft Excel (*.xls)	C:\Users\efe\Desktop\tez\senaryo-25\giris.xls	Free Format	Dispose	Hold	1 rows
2	File 2	Microsoft Excel (*.xls)	C:\Users\efe\Desktop\tez\senaryo-25\cikis.xls	Free Format	Dispose	Hold	1 rows

Burada bir daha önceden oluşturulan Excel sayfasının yeri gösterilmiştir. Recordsets kısmı ise Excel'e yazması istenilen satır veya sütunların kimliğinin gösterildiği yerdir. Çizelge 2.22'de Recordsets modülü gösterilmiştir.

**Çizelge 2.22.** Arena File Recordsets Modülü

File 1 - Recordsets

Recordset Name	Named Range
Recordset 1	a

Recordset Name: Recordset 2

Named Range: [Empty]

Enter the named range in the Excel workbook that the recordset refers to.

Add/Update Delete View...

OK Cancel Help

File 2 - Recordsets

Recordset Name	Named Range
Recordset 1	b

Recordset Name: Recordset 2

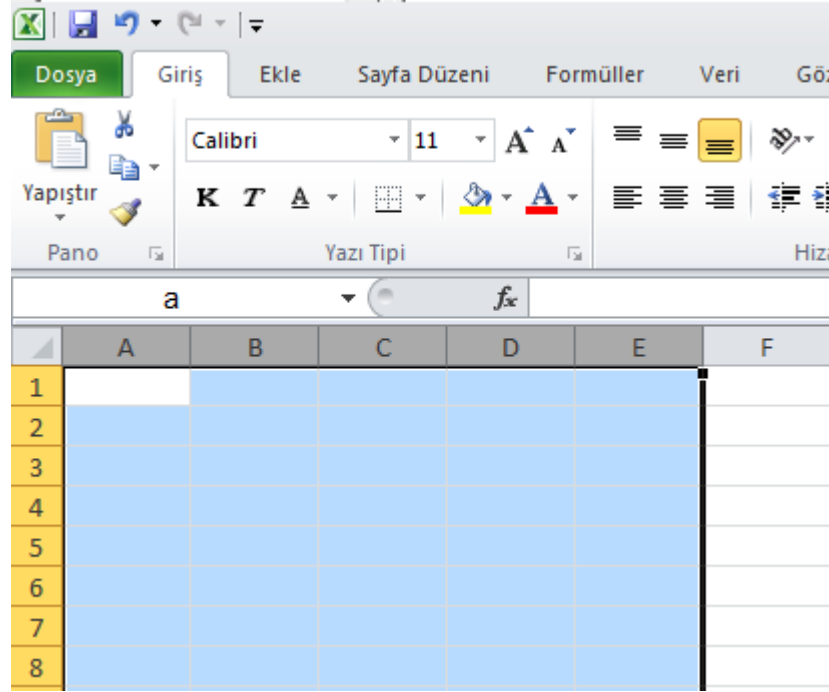
Named Range: [Empty]

Enter the named range in the Excel workbook that the recordset refers to.

Add/Update Delete View...

OK Cancel Help

Burada daha önceden oluşturduğumuz Excel sayfalarında sütunların ID'sini gösterdik giriş Excel'i için "a", çıkış Excel'i için "b" ID'si kullandık. Şekil 2.20'de ID'lerin nasıl oluşturulduğu gösterilmiştir.



**Şekil 2.20.** Excel ID Verilmesi

Yazdırılmak veya okunmak istenen alan seçiliyor ve sol üst köşede görüldüğü gibi bir ID yazılıyor. Burada sipariş giriş bilgilerinden 5 özellik yazdırılacağından 5 sütun seçilmiştir. Ayrıca Read-Write modülünde hangi sıra ile özellikleri belirtildiyse o sıraya göre sütunlara yazılacaktır.

### 3.SİMÜLASYON İLE DİNAMİK ÇİZELGELEME YAKLAŞIMLARI

Üretim için gelen siparişlerimiz belirli kurallar dahilinde iş merkezlerine gönderilmekte ve buradan da makinaların müsaitliği ve çeşitli kurallar dahilinde makinalara atanmaktadır.

Siparişlerin çizelgelenmesinde iki atama noktası bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi siparişlerin sisteme geldikten sonra ilk bekletildiği Hold modülüdür. Burada bekletilen siparişler belirlenen kurallar çerçevesinde iş merkezlerine atanmaktadır. Diğer atama noktası ise siparişlerin atölyenin girişinde tutulduğu Hold modülüdür. Burada da siparişler kontrolcü adlı kaynağımız tarafından kontrolü yapılarak yine belirlenen kurallar çerçevesinde makinalara atanmıştır.

Kısacası “iş merkezi yükleme” ve “Atölye yükleme” olarak iki karar noktamız var bu karar noktalarındaki çaprazlama uygulanan senaryolar Çizelge 3.1’de gösterilmiştir. Çizelge ’de “RULE” olarak belirtilen ifade kontrolcünün Hold modülünde bekleyen siparişlerden belirli özellikteki işleri arayıp öne alması kurallarıdır.

#### 3.1. Model Çalışma Kuralları ve Kabulleri

Modellerimiz aşağıda sıralanan kurallar ve kabuller çerçevesinde çalıştırılacaktır.

- Modellerimiz 1 ay ve günlük çalışma süresi 24 saat olacak şekilde çalıştırılacaktır.
- Modellerimizde siparişler dinamik zamanlı gelecektir.
- Modellerin çalışma süresi boyunca her türlü makine arızası, duruşu ve bakımı olmayacak.
- Makine ayar zamanları siparişin ilk ürünü için uygulandıktan sonra mevcut siparişin diğer ürünlerinde uygulanmasına gerek olmayacak.
- Model girdileri rassal ve gerçek sistem verileri değildir. Bu sebepten dolayı geciken iş sayısı fazla olabilir. Burada önemli olan senaryolar arasındaki anlamlı farktır.

- Tampon boyutu (Buffer size) kısıtı uygulanan modellerde iş merkezlerine ilk defa atama yapılan siparişler ile iş merkezleri arasında dolaşan işler atölye içindeki Hold modülünün kuyruk kapasitesi sınırını anlık olarak geçirebilir. Bunun temel sebebi siparişlerin atölye içerisine gidene kadarki geçen zamandır. Bu anlık ihlal göz ardı edilmiştir.
- Simülasyon sonuçları saat cinsinden verilmiştir. Bunun sebebi ise büyük rakamlarla uğraşmamak içindir. Sayı setlerinde virgülden sonra 3 rakam alınacaktır.
- Simülasyon süresi sonunda yani 30 gün günde 24 saat toplamda 720'nci saat sonunda sistem içerisinde nerede kaldığına bakılmaksızın eğer teslim tarihi 720 saatin üstündeyse o sipariş gecikmemiş sayılır.
- Simülasyon çıktılarını incelerken siparişler; gecikmeyen, geciken ama teslim edilen, geciken ve teslim edilmeyen, gecikmeyen ve teslim edilmeyen olarak 4 guruba ayrılacaktır.
- Sistem içerisindeki tüm kuyruklar senaryolarda değiştirilen kuyruklar hariç ilk giren ilk çıkar kuralına göre (İĞİÇ-FİFO) sıralanmıştır.
- Simülasyonun sonsuz döngüye girmemesi için kontrolcü adlı girdinin Delay modülü ile 0,01 saniyelik bir gecikme yaşaması sağlanacaktır. Bu gecikme ihmal edilecek kadar küçük bir üretim gecikmesi oluşturur.
- Simülasyon sonuçları girilen verilere göre değişeceğinden oluşturulan senaryolar sadece modellerin nasıl oluşturulacağını göstermektedir. Gerçek hayat verilerinin modele girilmesi halinde üretilen ürün ve makine özelliklerine göre sonuçlar değişecektir.

### 3.2. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-1

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
İlk Giren İlk Çıkar (İĞİÇ-FİFO)	İlk Giren İlk Çıkar (İĞİÇ-FİFO)

Bu senaryomuza göre siparişlerimiz sisteme giriş yaptıklarında Hold modülünde bekletilmekte ve Hold modülünde geliş sırasına göre sıralanır. Eğer siparişin atanacağı iş merkezinde boş makine var ise ilk sıradaki sipariş iş merkezine gönderilir. Atölye içerisine gelen sipariş burada diğer iş merkezlerinden de gelen

işler ile yine aynı kuyruk disiplini çerçevesinde sıraya girer. İşler boş olan makinaya atanır. Bu senaryomuzda makine ayar zamanlarını düşürmeye yönelik hiçbir kural uygulanmamıştır.

Ayrıca Atölye önünde yarı mamul ve bekleyen iş stoku sınırı (Buffer size) bulunmamaktadır. Tek atama kriteri Atölye dışındaki Hold'un atölye içerisine gönderilecek ve ilk defa işlenecek siparişleri gönderirken makinalardan herhangi birinin boş olmasını beklemesidir.

### 3.3. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-2

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Kısa Toplam İşlem Süresi (EKTİS-TSPT)	İlk Giren İlk Çıkar (İGİÇ-FİFO)

Bu senaryomuzda 1'inci senaryomuzdan farklı olarak iş merkezlerinin dışında bulunan ve siparişlerin bekletildiği Hold modüllerinde siparişler ilk atanacakları iş merkezindeki işlem zamanlarının kısıtlılığına göre sıralanmaktadır. Diğer tüm kurallar ve iş akışı senaryo-1 ile aynıdır. Hold modüllerinin kuyruk disiplinleri en kısa toplam işlem süresine göre küçükten büyüğe göre sıralamak için modelimize spt adlı bir özellik tanımladık. Bu özellik siparişin büyüklüğü ile her bir parçanın işlem süresinin çarpılması ile partinin iş merkezlerindeki toplam iş yükünün oluşturulmasıdır. Bu özellik siparişlerin oluşturulduğu ve ilk özelliklerinin atandığı Assign modülüne eklenmiştir. Çizelge 3.1'de Hold modüllerinin kuyruk disiplinleri gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Atölye dışındaki Hold modülü kuyruk disiplini(seneryo-2)

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
17	A grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### 3.4. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-3

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Uzun Toplam İşlem Süresi (EUTİS-TLPT)	İlk Giren İlk Çıkar (İGİÇ-FİFO)

Bu senaryomuz Senaryo-2 ile aynı özelliklerde olup iş merkezlerine sipariş gönderen Hold modüllerinin kuyruk disiplinleri en uzun toplam işlem süresine göre ayarlanması ile modellenmiştir. Çizelge 3.2' Hold modüllerinin kuyruk disiplinleri gösterilmiştir.

### Çizelge 3.2. Atölye dışındaki Hold modülü kuyruk disiplini(seneryo-3)

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
17	A grubu siparisler bekleme.Queue	Highest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue	Highest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue	Highest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### 3.5. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-4

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Erken Teslim Süresi (EETS-EDD)	İlk Giren İlk Çıkar (İGİÇ-FİFO)

Bu senaryomuzda Atölye dışında iş merkezlerine sipariş gönderen Hold modüllerinin kuyruk disiplini siparişlerin teslim süresi yakın tarihli olanın öncelikli olduğu kurala göre belirlenmiştir. Çizelge 3.3'de Hold modüllerinin kuyruk disiplinleri gösterilmiştir.

### Çizelge 3.3. Atölye dışındaki Hold modülleri kuyruk disiplini(seneryo-4)

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
17	A grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



### 3.6. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-5

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Kısa Toplam İşlem Süresi (EKTİS-TSPT)	En Kısa Toplam İşlem Süresi (EKTİS-TSPT)

Bu senaryomuzda Hem atölye dışındaki Hold modüllerinde hem de atölye içerisindeki Hold modüllerinde kuyruk disiplini en kısa toplam işlem zamanı kuralına göre öncelikli hale getirilmiştir. Çizelge 3.4’de Hold modüllerinin kuyruk disiplinleri gösterilmiştir.

**Çizelge 3.4.** Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri kuyruk disiplini(senaryo-5)

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
17	A grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	atölye 1 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	atölye 2 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	atölye 3 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	atölye 4 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### 3.7. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-6

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Erken Teslim Süresi (EETS-EDD)	En Erken Teslim Süresi (EETS-EDD)

Bu senaryomuzda Hem atölye dışındaki Hold modüllerinde hem de atölye içerisindeki Hold modüllerinde kuyruk disiplini en erken teslim zamanı kuralına göre öncelikli hale getirilmiştir. Çizelge 3.5’de Hold modüllerinin kuyruk disiplinleri gösterilmiştir.

### Çizelge 3.5. Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri kuyruk disiplini(seneryo-6)

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
17	A grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	atölye 1 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	atölye 2 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	atölye 3 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	atölye 4 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### 3.8. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-7

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Erken Teslim Süresi (EETS-EDD)	En Kısa Toplam İşlem Süresi (EKTİS-TSPT)

Bu senaryomuzda atölye dışındaki Hold modüllerinde en erken teslim süresi kuralına göre, atölye içerisindeki Hold modüllerinde ise en kısa toplam işlem süresi kuralına göre siparişler sıralanmaktadır. Çizelge 3.6’da Hold modüllerinin kuyruk disiplinleri gösterilmiştir.

### Çizelge 3.6. Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri kuyruk disiplini(seneryo-7)

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
17	A grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	atölye 1 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	atölye 2 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	atölye 3 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	atölye 4 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### 3.9. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-8

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Kısa Toplam İşlem Süresi (EKTİS-TSPT)	En Erken Teslim Süresi (EETS-EDD)

Bu senaryomuzda atölye dışındaki Hold modüllerinde en kısa toplam işlem süresi kuralına göre, atölye içerisindeki Hold modüllerinde ise en erken teslim süresi kuralına göre siparişler sıralanmaktadır. Çizelge 3.7’de Hold modüllerinin kuyruk disiplinleri gösterilmiştir.

**Çizelge 3.7.** Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri kuyruk disiplini(senaryo-8)

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
17	A grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25▶	atölye 1 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	atölye 2 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	atölye 3 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	atölye 4 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### 3.10. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-9

<b>İş Merkezi Yükleme</b>	<b>Atölye Yükleme</b>
En Kısa Toplam İşlem Süresi (EKTİS-TSPT)	İlk Giren İlk Çıkar (İĞİÇ-FİFO)+RULE

Bu senaryomuzda atölye dışındaki Hold modülünde bekleyen siparişler en kısa toplam işlem süresine göre sıralanmaktadır. Atölye içerisinde ise kontrolcü modülü bulunmakta. Bu kontrolcü atölye içerisindeki Hold modülünde sıra bekleyen siparişlerden ilk olarak boşalan makinada bir önceki sipariş ile aynı sipariş var mı diye bakmakta; aynı sipariş varsa makine ayar zamanını azaltmak için siparişi makineye atamaktadır. Aksi takdirde İGEÇ-FİFO kuralına göre sıradaki ilk siparişi boşalan ilk makineye atamaktadır. Çizelge 3.8’de Hold modüllerinin kuyruk disiplinleri gösterilmiştir.

**Çizelge3.8.** Atölye dışındaki Hold modülleri kuyruk disiplini(seneryo-9)

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
17	A grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### 3.11. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-10

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Kısa Toplam İşlem Süresi (EKTİS-TSPT)	En Kısa Toplam İşlem Süresi (EKTİS- TSPT)+RULE

Bu senaryomuzda atölye dışındaki Hold modülünde bekleyen siparişler en kısa toplam işlem süresine göre sıralanmaktadır. Atölye içerisinde ise kontrolcü modülü bulunmakta. Bu kontrolcü atölye içerisindeki Hold modülünde sıra bekleyen siparişlerden ilk olarak boşalan makinada bir önceki sipariş ile aynı sipariş var mı diye bakmakta; aynı sipariş varsa makine ayar zamanını azaltmak için siparişi makinaya atamaktadır. Aksi taktirde EKTİS-TSPT kuralına göre sıradaki ilk siparişi boşalan ilk makineye atamaktadır. Çizelge 3.9’da Hold modüllerinin kuyruk disiplinleri gösterilmiştir.

**Çizelge 3.9.** Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri kuyruk disiplini(seneryo-10)

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
17	A grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	atolye 1 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	atolye 2 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	atolye 3 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	atolye 4 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### 3.12. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-11

<b>İş Merkezi Yükleme</b>	<b>Atölye Yükleme</b>
En Erken Teslim Süresi (EETS-EDD)	En Erken Teslim Süresi (EETS-EDD)+RULE

Bu senaryomuzda atölye dışındaki Hold modülünde bekleyen siparişler en erken teslim tarihine göre sıralanmaktadır. Atölye içerisinde ise kontrolcü modülü bulunmakta. Bu kontrolcü atölye içerisindeki Hold modülünde sıra bekleyen siparişlerden ilk olarak boşalan makinada bir önceki sipariş ile aynı sipariş var mı diye bakmakta; aynı sipariş varsa makine ayar zamanını azaltmak için siparişi makinaya atamaktadır. Aksi takdirde EETS-EDD kuralına göre sıradaki ilk siparişi boşalan ilk makineye atamaktadır.

### 3.13. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-12

<b>İş Merkezi Yükleme</b>	<b>Atölye Yükleme</b>
En Uzun Toplam İşlem Süresi (EUTİS-TLPT)	En Uzun Toplam İşlem Süresi (EUTİS-TLPT)+RULE

Bu senaryomuzda atölye dışındaki Hold modülünde bekleyen siparişler en uzun Toplam işlem süresine göre sıralanmaktadır. Atölye içerisinde ise kontrolcü modülü bulunmakta. Bu kontrolcü atölye içerisindeki Hold modülünde sıra bekleyen siparişlerden ilk olarak boşalan makinada bir önceki sipariş ile aynı sipariş var mı diye bakmakta; aynı sipariş varsa makine ayar zamanını azaltmak için siparişi makinaya atamaktadır. Aksi takdirde EUTİS-TLPT kuralına göre sıradaki ilk siparişi boşalan ilk makineye atamaktadır. Çizelge 3.10'da Hold modüllerinin kuyruk disiplinleri gösterilmiştir.

**Çizelge 3.10.** Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri kuyruk disiplini(senaryo-12)

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
17	A grubu siparisler bekleme.Queue	Highest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue	Highest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue	Highest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	atolye 1 bekleyen is.Queue	Highest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	atolye 2 bekleyen is.Queue	Highest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	atolye 3 bekleyen is.Queue	Highest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	atolye 4 bekleyen is.Queue	Highest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### 3.14. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-13

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Uzun Toplam İşlem Süresi (EUTİS-TLPT)	En Uzun Toplam İşlem Süresi (EUİTS- TLPT)+RULE+BUFFER SİZE(10)

Bu senaryomuzda atölye dışındaki Hold modülünde bekleyen siparişler en uzun işlem süresine göre sıralanmaktadır. Atölye içerisinde ise kontrolcü modülü bulunmakta. Bu kontrolcü atölye içerisindeki Hold modülünde sıra bekleyen siparişlerden ilk olarak boşalan makinada bir önceki sipariş ile aynı sipariş var mı diye bakmakta; aynı sipariş varsa makine ayar zamanını azaltmak için siparişi makinaya atamaktadır. Aksi takdirde EUTİS-TLPT kuralına göre sıradaki ilk siparişi boşalan ilk makineye atamaktadır. Bu modelde ilk defa Buffer size olarak adlandırılan atölye içerisindeki sipariş bekleme kapasitesi kullanılmıştır. Daha önce atölye dışındaki Hold modülü sadece boş makine olduğu zaman siparişi atölyeye gönderiyordu şimdi ise belirlenen bir kısıt dahilinde sipariş gönderebilecek.

Çizelge 3.11’de Hold modüllerinin şartları gösterilmiştir.

**Çizelge 3.11.** Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri şartları(senaryo-13)

Hold - Advanced Process					
	Name	Type	Condition	Que...	Queue Name
1	A grubu siparisler bekleme	Scan for Condition	( NQ(m1 1.Queue) == 0    NQ(m1 2.Queue) == 0    NQ(m1 3.Queue) == 0    NQ(m1 4.Queue) == 0 )    ( NQ(atolye 1 bekleyen is.Queue) <= 10 )	Queue	A grubu siparisler bekleme.Queue
2	B ve D grubu siparisler bekleme	Scan for Condition	( NQ(m2 1.Queue) == 0    NQ(m2 2.Queue) == 0    NQ(m2 3.Queue) == 0    NQ(m2 4.Queue) == 0 )    ( NQ(atolye 2 bekleyen is.Queue) <= 10 )	Queue	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue
3	C ve E grubu siparisler bekleme	Scan for Condition	( NQ(m3 1.Queue) == 0    NQ(m3 2.Queue) == 0    NQ(m3 3.Queue) == 0    NQ(m3 4.Queue) == 0 )    ( NQ(atolye 3 bekleyen is.Queue) <= 10 )	Queue	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue

### 3.15. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-14

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Uzun Toplam İşlem Süresi (EUTİS-TLPT)	En Uzun Toplam İşlem Süresi (EUTİS-TLPT)+RULE+RULE+BUFFER SİZE(10)

Bu senaryomuzda senaryo-13'e ek olarak kontrolcünün Remove modülünde eğer istediği parçayı bulamazsa kuyrukta bekleyen işlerden en sondakini almaktadır. Çizelge 3.12'de Remove modülünün yeni hali gösterilmiştir.

**Çizelge 3.12.** Atölye-1 Remove modülü (senaryo-14)

Remove - Advanced Process			
	Name	Queue Name	Rank of Entity
1 ▶	m11 ayni parca bulunursa	atolye 1 bekleyen is.Queue	j
2	m11 ayni parca bulunmazsa	atolye 1 bekleyen is.Queue	NQ
3	m12 ayni parca bulunursa	atolye 1 bekleyen is.Queue	j
4	m12 ayni parca bulunmazsa	atolye 1 bekleyen is.Queue	NQ
5	m13 ayni parca bulunursa	atolye 1 bekleyen is.Queue	j
6	m13 ayni parca bulunmazsa	atolye 1 bekleyen is.Queue	NQ
7	m14 ayni parca bulunursa	atolye 1 bekleyen is.Queue	j
8	m14 ayni parca bulunmazsa	atolye 1 bekleyen is.Queue	NQ

### 3.16. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-15

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Kısa Toplam İşlem Süresi (EKTİS-TSPT)	En Kısa Toplam İşlem Süresi (EKTİS-TSPT)+RULE+BUFFER SİZE(10)

Bu senaryomuzda senaryo 10'dan farklı olarak Buffer Size kuralınıda uygulayarak modelde çalıştırdık.

### 3.17. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-16

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Kısa İşlem Süresi (EKİS-SPT)	En Kısa İşlem Süresi (EKİS-SPT)+RULE+BUFFER SİZE(10)

Bu senaryomuzda atölye dışı ve içindeki Hold modüllerinde bekleyen siparişlerin gideceği makinedeki en kısa işlem süresine göre sıralanmaktadır. Çizelge 3.13'de Hold modülleri kuyruk yapısı gösterilmiştir.

**Çizelge 3.13.** Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri şartları (seneryo-16)

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
1	A grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	atolye 1 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	atolye 2 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	atolye 3 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	atolye 4 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### 3.18. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-17

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Kısa Toplam İşlem Süresi (EKTİS-TSPT)	En Kısa İşlem Süresi (EKİS-SPT)+RULE+BUFFER SİZE(10)



Bu senaryomuzda siparişler atölye dışı Hold modülünde en kısa toplam işlem süresine göre, atölye içi Hold modülleri ise en kısa işlem süresi kuralına göre sıralanmıştır. Çizelge 3.14’de Hold modülleri kuyruk yapısı gösterilmiştir.

**Çizelge 3.14.** Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri şartları (seneryo-17)

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
1	A grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	atolye 1 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	atolye 2 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	atolye 3 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	atolye 4 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### 3.19. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-18

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Erken Teslim Süresi (EETS-EDD)	En Kısa Toplam İşlem Süresi (EKTİS-TSPT)+RULE+BUFFER SİZE(10)

Bu senaryomuzda siparişler atölye dışı Hold modülünde erken teslim süresine göre, atölye içi Hold modülleri ise en kısa toplam işlem süresi kuralına göre sıralanmıştır. Çizelge 3.15’de Hold modülleri kuyruk yapısı gösterilmiştir.

**Çizelge 3.15.** Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri şartları (seneryo-18)

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
1	A grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	atolye 1 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	atolye 2 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	atolye 3 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	atolye 4 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### 3.20. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-19

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Erken Teslim Süresi (EETS-EDD)	En Kısa İşlem Süresi (EKİS-SPT)+RULE+BUFFER SİZE(10)

Bu senaryomuzda siparişler atölye dışı Hold modülünde erken teslim süresine göre, atölye içi Hold modülleri ise en kısa işlem süresi kuralına göre sıralanmıştır. Çizelge 3.16’da Hold modülleri kuyruk yapısı gösterilmiştir.

**Çizelge 3.16.** Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri şartları (seneryo-19)

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
1	A grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	atolye 1 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	atolye 2 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	atolye 3 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	atolye 4 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### 3.21. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-20

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Erken Teslim Süresi (EETS-EDD)	En Kısa İşlem Süresi (EKİS-SPT)+RULE+RULE+ BUFFER SİZE(10)

Senaryo-19’den farklı olarak modelde atölye içerisindeki Kontrolcü sisteminin Search modülünün içerisine (teslim tarihi  $\leq$  tnow + spt) şartı da eklenmiştir. Amacımız geciken sipariş ve gecikme sürelerini minimize etmektir. Çizelge 3.17’de Search Modülünün yeni yapısı gösterilmiştir.

**Çizelge 3.17.** Atölye içi Search modülleri şartları (seneryo-20)

Search - Advanced Process						
	Name	Type	Queue Name	S	E...	Search Condition
1	m11 parca arama	Search	atolye 1 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m11 giren parca    ( ( teslim tarihi - spt ) <= TNOW )
2	m12 parca arama	Search	atolye 1 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m12 giren parca    ( ( teslim tarihi - spt ) <= TNOW )
3	m13 parca arama	Search	atolye 1 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m13 giren parca    ( ( teslim tarihi - spt ) <= TNOW )
4	m14 parca arama	Search	atolye 1 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m14 giren parca    ( ( teslim tarihi - spt ) <= TNOW )

Search - Advanced Process						
	Name	Type	Queue Name	S	E...	Search Condition
1	m21 parca arama	Search	atolye 2 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m21 giren parca    ( ( teslim tarihi - spt ) <= TNOW )
2	m22 parca arama	Search	atolye 2 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m22 giren parca    ( ( teslim tarihi - spt ) <= TNOW )
3	m23 parca arama	Search	atolye 2 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m23 giren parca    ( ( teslim tarihi - spt ) <= TNOW )
4	m24 parca arama	Search	atolye 2 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m24 giren parca    ( ( teslim tarihi - spt ) <= TNOW )

Search - Advanced Process						
	Name	Type	Queue Name	S	E...	Search Condition
1	m31 parca arama	Search	atolye 3 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m31 giren parca    ( ( teslim tarihi - spt ) <= TNOW )
2	m32 parca arama	Search	atolye 3 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m32 giren parca    ( ( teslim tarihi - spt ) <= TNOW )
3	m33 parca arama	Search	atolye 3 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m33 giren parca    ( ( teslim tarihi - spt ) <= TNOW )
4	m34 parca arama	Search	atolye 3 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m34 giren parca    ( ( teslim tarihi - spt ) <= TNOW )

Search - Advanced Process						
	Name	Type	Queue Name	S	E...	Search Condition
1	m41 parca arama	Search	atolye 4 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m41 giren parca    ( ( teslim tarihi - spt ) <= TNOW )
2	m42 parca arama	Search	atolye 4 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m42 giren parca    ( ( teslim tarihi - spt ) <= TNOW )
3	m43 parca arama	Search	atolye 4 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m43 giren parca    ( ( teslim tarihi - spt ) <= TNOW )
4	m44 parca arama	Search	atolye 4 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m44 giren parca    ( ( teslim tarihi - spt ) <= TNOW )

### 3.22. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-21, 22

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Erken Teslim Süresi (EETS-EDD)	En Kısa İşlem Süresi (EKİS-SPT)+RULE+RULE+ BUFFER SIZE(10)

Senaryo-19'dan farklı olarak modelde atölye içerisindeki Kontrolcü sisteminin Search modülünün içerisine (teslim tarihi - tnow  $\leq$  C) şartı da eklenmiştir. Amacımız geciken sipariş ve gecikme sürelerini minimize etmektir. Burada C değişkeni atölye içerisinde bekleyen işlerden gecikme olmaması ve teslim tarihinden önce siparişin yetiştirilebilmesi için belirlenmelidir. Burada C değerini 50 (Senaryo-21) ve 100 (Senaryo-22) olarak ayrı ayrı denedik. Çizelge 3.18'de Search Modülünün yeni yapısı gösterilmiştir.

**Çizelge 3.18.** Atölye içi Search modülleri şartları (seneryo-21, 22)

Search - Advanced Process						
	Name	Type	Queue Name	S	E...	Search Condition
1	m11 parca arama	Search	atolye 1 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m11 giren parca    ( ( teslim tarihi - TNOW ) <= 50 )
2	m12 parca arama	Search	atolye 1 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m12 giren parca    ( ( teslim tarihi - TNOW ) <= 50 )
3	m13 parca arama	Search	atolye 1 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m13 giren parca    ( ( teslim tarihi - TNOW ) <= 50 )
4	m14 parca arama	Search	atolye 1 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m14 giren parca    ( ( teslim tarihi - TNOW ) <= 50 )
	Name	Type	Queue Name	S	E...	Search Condition
1	m31 parca arama	Search	atolye 3 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m31 giren parca    ( ( teslim tarihi - TNOW ) <= 50 )
2	m32 parca arama	Search	atolye 3 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m32 giren parca    ( ( teslim tarihi - TNOW ) <= 50 )
3	m33 parca arama	Search	atolye 3 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m33 giren parca    ( ( teslim tarihi - TNOW ) <= 50 )
4	m34 parca arama	Search	atolye 3 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m34 giren parca    ( ( teslim tarihi - TNOW ) <= 50 )
	Name	Type	Queue Name	S	E...	Search Condition
1	m21 parca arama	Search	atolye 2 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m21 giren parca    ( ( teslim tarihi - TNOW ) <= 50 )
2	m22 parca arama	Search	atolye 2 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m22 giren parca    ( ( teslim tarihi - TNOW ) <= 50 )
3	m23 parca arama	Search	atolye 2 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m23 giren parca    ( ( teslim tarihi - TNOW ) <= 50 )
4	m24 parca arama	Search	atolye 2 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m24 giren parca    ( ( teslim tarihi - TNOW ) <= 50 )
	Name	Type	Queue Name	S	E...	Search Condition
1	m41 parca arama	Search	atolye 4 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m41 giren parca    ( ( teslim tarihi - TNOW ) <= 50 )
2	m42 parca arama	Search	atolye 4 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m42 giren parca    ( ( teslim tarihi - TNOW ) <= 50 )
3	m43 parca arama	Search	atolye 4 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m43 giren parca    ( ( teslim tarihi - TNOW ) <= 50 )
4	m44 parca arama	Search	atolye 4 bekleyen is.Queue	1	NQ	siparis tipi == m44 giren parca    ( ( teslim tarihi - TNOW ) <= 50 )

### 3.23. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-23, 24

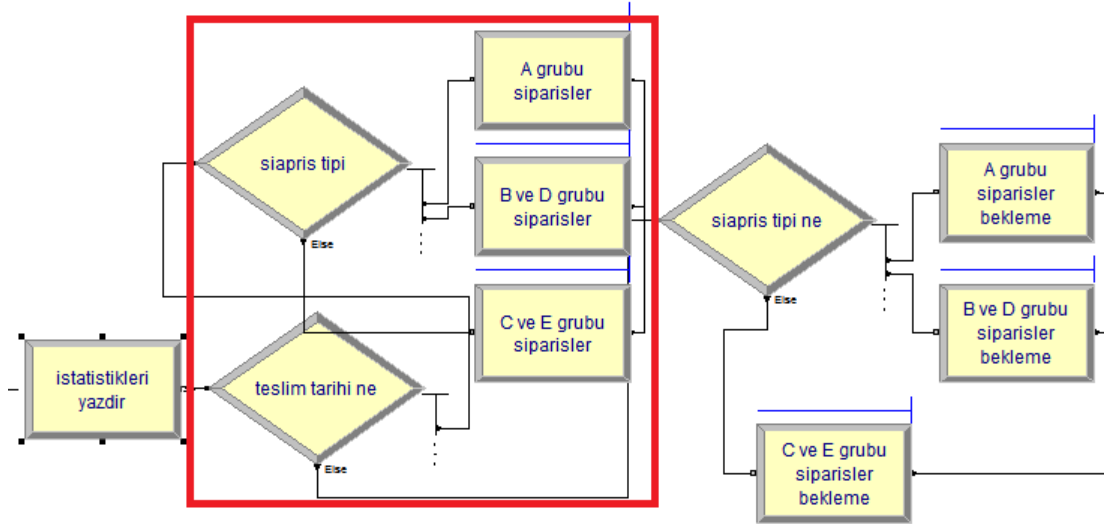
İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Erken Teslim Süresi (EETS-EDD)	En Erken Teslim Süresi (EETS-EDD)+RULE+ BUFFER SİZE(10)

Senaryo-23’de atölye içi ve dışındaki hold modüllerinde en erken teslim süresi kuralına göre siparişler dizilmiştirlerdir. Çizelge 3.19 ‘da Hold modüllerinin kuyruk yapısı gösterilmiştir.

**Çizelge 3.19.** Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri şartları (seneryo-23, 24)

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
1	A grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	atolye 1 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	atolye 2 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	atolye 3 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	atolye 4 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Senaryo 24’de ise Atölye dışındaki Hold modüllerinden önce planlama dönemi dışında kalan teslim süreli siparişlerin atölye içerisinde kalabalık yapmaması ve bu durumun simülasyon sonucuna bir etkisi olup olmadığını görmek için Şekil 3.1’deki işaretli yapı modele eklenmiştir. Çizelge 3.20’de ise bu eklenen yeni yapının içeriği gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Planlama dönemi dışı teslim tarihli siparişler (seneryo-24)

Çizelge 3.20. Planlama dönemi dışı teslim tarihli siparişler (seneryo-24)

Teslim Tarihi ne (Decide)

Conditions		
	If	Value
1	Expression	teslim tarihi >= TFIN

Sipariş tipi (Decide)

Conditions			
	If	Entity Type	Value
1	Expression	Entity 1	siparis tipi == 1    siparis tipi == 2    siparis tipi == 3    siparis tipi == 4    siparis tipi == 5    siparis tipi == 6    siparis tipi == 7    siparis tipi == 8    siparis tipi == 9    siparis tipi == 10
2	Expression	Entity 1	siparis tipi == 11    siparis tipi == 12    siparis tipi == 13    siparis tipi == 14    siparis tipi == 15    siparis tipi == 16    siparis tipi == 17    siparis tipi == 18    siparis tipi == 19    siparis tipi == 20    siparis tipi == 31    siparis tipi == 32    siparis tipi == 33    siparis tipi == 34    siparis tipi == 35    siparis tipi == 36    siparis tipi == 37    siparis tipi == 38    siparis tipi == 39    siparis tipi == 40

Çizelge 3.20. (Devam)

### Hold Modülleri Koşulları

Hold - Advanced Process					
	Name	Type	Condition	Queue Type	Queue Name
1	A grubu siparisler bekleme	Scan for Condition	( NQ(m1 1.Queue) == 0    NQ(m1 2.Queue) == 0    NQ(m1 3.Queue) == 0    NQ(m1 4.Queue) == 0 )    ( NQ(atolye 1 bekleyen is.Queue) <= 10 )	Queue	A grubu siparisler bekleme.Queue
2	B ve D grubu siparisler bekleme	Scan for Condition	( NQ(m2 1.Queue) == 0    NQ(m2 2.Queue) == 0    NQ(m2 3.Queue) == 0    NQ(m2 4.Queue) == 0 )    ( NQ(atolye 2 bekleyen is.Queue) <= 10 )	Queue	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue
3	C ve E grubu siparisler bekleme	Scan for Condition	( NQ(m3 1.Queue) == 0    NQ(m3 2.Queue) == 0    NQ(m3 3.Queue) == 0    NQ(m3 4.Queue) == 0 )    ( NQ(atolye 3 bekleyen is.Queue) <= 10 )	Queue	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue
4	A grubu siparisler	Scan for Condition	NQ(A grubu siparisler bekleme.Queue) == 0 && NQ(atolye 1 bekleyen is.Queue) == 0	Queue	A grubu siparisler.Queue
5	B ve D grubu siparisler	Scan for Condition	NQ(B ve D grubu siparisler bekleme.Queue) == 0 && NQ(atolye 2 bekleyen is.Queue) == 0	Queue	B ve D grubu siparisler.Queue
6	C ve E grubu siparisler	Scan for Condition	NQ(C ve E grubu siparisler bekleme.Queue) == 0 && NQ(atolye 3 bekleyen is.Queue) == 0	Queue	C ve E grubu siparisler.Queue

### 3.24. Çizelgeleme Yaklaşımı Senaryo-25

İş Merkezi Yükleme	Atölye Yükleme
En Erken Teslim Süresi (EETS-EDD)	KONTROLÇÜ

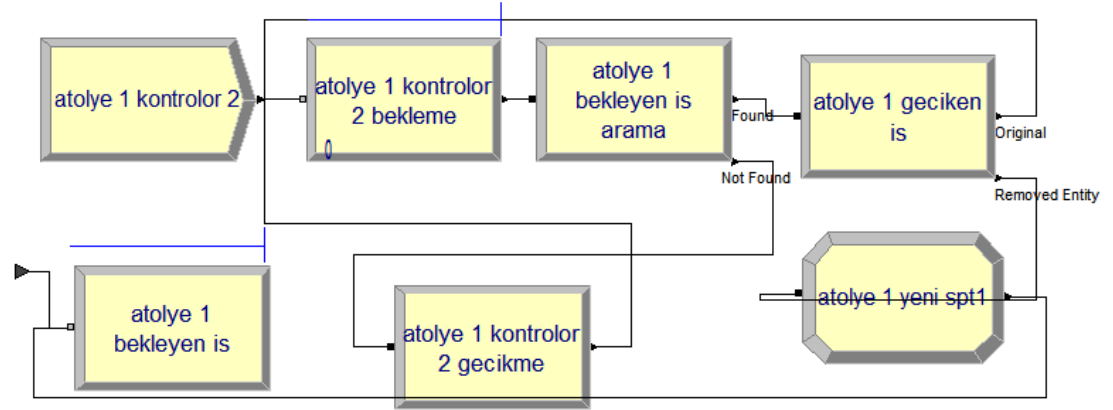
Şimdiye kadarki tüm modellerde performans kriterine göre değişen performansta çizelgeler elde edilmiştir. Fakat hemen hemen hepsinde gecikme süresi çok uzayan siparişler bulunmaktadır. Bunun temel sebebi Hol modüllerinde belirtilen sipariş özelliğine göre işler sıralanırken sürekli bir sipariş akışı olmakta buda sipariş atölyeye erken girse de sürekli olarak sıralamada arkada kalmasına dolayısı ile işin çok fazla gecikmesine sebep olmaktadır. Bu durumu önlemenin tabi ki birçok yolu bulunmaktadır. Örneğin;

- İşler teslim tarihine göre gönderilebilir. ( senaryolarda uygulanmıştır)
- FIFO kuralı uygulanabilir.
- Siparişler kuyrukta bekleme sürelerine göre sıralanabilir.

Yukarıdaki maddeli çoğaltabiliriz fakat biz geciken işlerin azaltılmasının yanında fazla sayıda siparişinde teslim edilmesi ve gecikme süresinin de azaltılmasını istiyoruz. İşte bu yüzden iş merkezlerinin içerisindeki Kontrolcü yapılarına yardımcı Kontrolcüler eklenmesi daha yararlı olacaktır. Aşağıda modellerin yeni yapısı ve eklenen kısımlar gösterilmiştir.

**Çizelge 3.21.** Atölye içi ve dışındaki Hold modülleri şartları (seneryo-25)

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
1	A grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	B ve D grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	C ve E grubu siparisler bekleme.Queue	Lowest Attribute Value	teslim tarihi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	atolye 1 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	atolye 2 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	atolye 3 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	atolye 4 bekleyen is.Queue	Lowest Attribute Value	spt4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



**Şekil 3.2.** Atölye-1 Kontrolcü 2 (Diğer Atölye 2,3 ve 4 içinde geçerli )(seneryo-25)

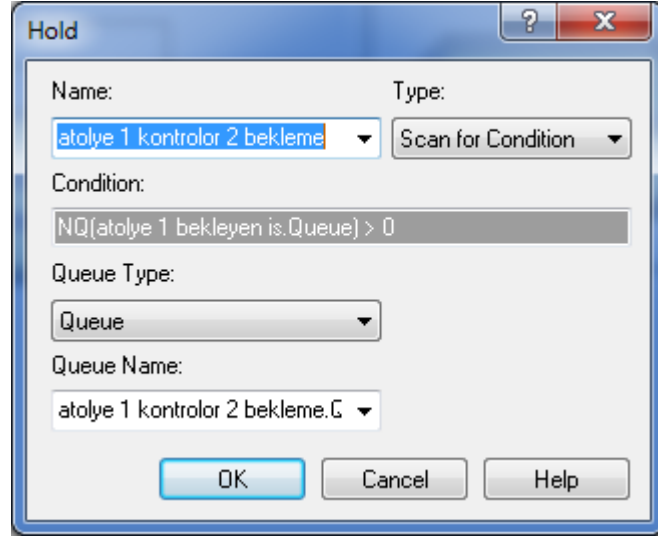
Atölye-1 içerisinde bulunan sınırsız kuyruğa sahip Hold modülüne ek olarak Kontrolcu-2 adlı bir yapı daha eklenmiştir. Bu yapının amacı mevcutta en kısa işlem süresine göre Hold modülünde bekleyen siparişlerden eğer geciken varsa bulup sıranın ilk sırasına koyması amaçlanmıştır. Böylelikle en kısa işlem süresine göre sıralana işlerin düzeni bozulmadan geciken işler öne alınacaktır. Yine burada simülasyon başladığı anda 4 atölye içerisinde de aynı yapı çalışmaya başlıyor. Birer



adet her bir iş merkezi için ayrı ayrı olacak şekilde kontrolcü-2 adlı kaynak Create modülü ile oluşturulduktan sonra sırası ile şu şekilde ilerlemektedir;

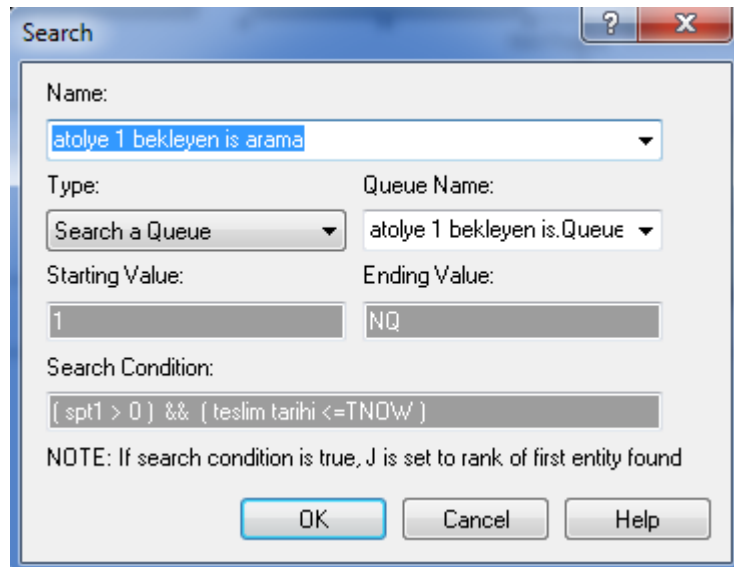
Kontrolcü ilk olarak Altolye kotrolor-2 bekleme adlı Hold modülüne geliyor;

**Çizelge 3.22.** Atölye-1 Kontrolcü 2 Hold modülü



Burada Atölye-1 bekleyen iş kuyruğunda eğer sipariş var ise kontrolcü hareket ediyor. Daha sonra buradan Search modülüne geliyor;

**Çizelge 3.23.** Atölye-1 Kontrolcü 2 Search modülü





Kontrolcü aşağıdaki koşulu sağlayan yani teslim tarihi geçen sipariş var mı arıyor;

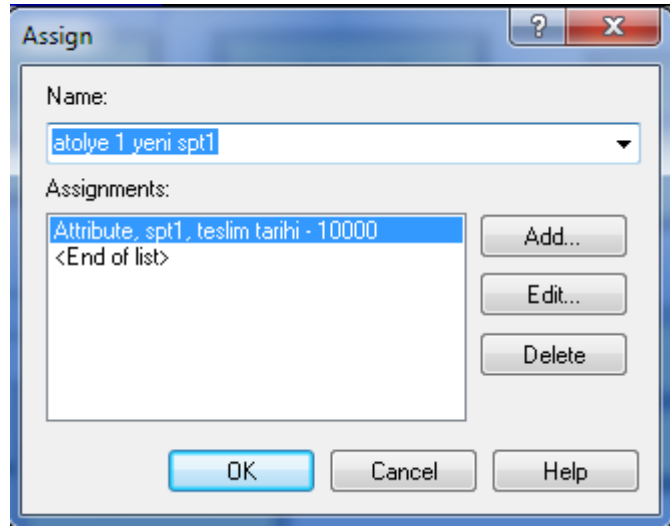
(( spt1 > 0 ) && ( teslim tarihi <=TNOW ))

Burada spt1' in 0 dan büyük olmasının istenmesinin sebebi tekrar aynı parçayı alıp kontrol etmesini önlemektir.

Eğer koşulu sağlayan sipariş yoksa Remove modülünün not-found kısmından Kontrolcü-2 geri dönmektedir. Burada da sonsuz döngüyü önlemek için 0,01 saniyelik bir gecikme işlemi Delay modülü ile oluşturulmuştur.

Kontrolcü geciken siparişi bulursa Assign modülüne gelmekte;

### Çizelge 3.24. Atölye-1 Kontrolcü 2 Assign modülü



Atölye-1 içerisinde siparişlerin en kısa işleme göre sıralanmasını sağlayan spt1 adlı özelliğin değerini (teslim tarihi – 10000) şeklinde revize ederek geciken işin Hold modülünde ön sıraya geçmesi sağlanmıştır. Burada teslim tarihi büyük olan gecikmiş sipariş daha arka sıralarda olurken, teslim tarihi küçük olup geciken iş kuyruğun önünde yer alacaktır. Bu durum spt1 değerinin 0'ın altına düşmesine sebep olmakta aynı siparişi tekrar tekrar kontrol etmemek içinde Search modülüne spt1 > 0 şartını eklenmiştir.

Diğer atölyelerde aynı yapı uygulanmış sadece spt1'in yerine her bir iş merkezi için spt2, spt3 ve spt4 yazılmıştır.

#### 4.SİMÜLASYON SONUÇLARININ ANALİZİ

Öncelikle tüm senaryolar genel bir dinamik çizelgeleme yaklaşımı yapabilmek için oluşturulmuştur. Dolayısı ile Atölyenin ürettiği ürüne, işlem süresine, makine ayar zamanına, rotasına, miktarına ve atölyenin yapısına göre modellerin sonuçları ve yorumlanması da değişecektir.

Aşağıdaki Çizelge 4.1’de Simülasyon sonuçları gösterilmiştir.

**Çizelge 4.25.** Çizelgeleme Senaryoları Simülasyon Çıktıları

S e n a r y o	Toplam Giren Sipariş	Toplam Teslim	Gecikmeli Teslim	Zamanında Teslim	Geciken Sipariş	Bekleyen Sipariş	Gecikmeli Teslim Ort.	Gecikmeli Sipariş Ortalaması	Zamanından Önce Teslim Ort.	Toplam Ürün Teslim Mikt.	Makine Kullanım Oranı	Gecikmeli Tes. + Geciken Sipariş	Zamanında Tes. + Bekleyen Siplr.
1	1271	1016	679	337	130	125	46,68	54,241	33,16	29620	92,68	809	462
2	1271	1013	690	323	133	125	45,5	55,01	35,16	29480	92,58	823	448
3	1271	1014	679	335	132	125	48,16	53,96	32,8	29510	92,69	811	460
4	1271	1016	666	350	130	125	47,085	53,575	31717	31640	92,71	796	475
5	1271	1082	47	1035	136	53	104,5	321,37	52,71	30380	89,89	183	1088
6	1271	1004	723	281	142	125	48,01	51,75	27,54	29430	91,7	865	406
7	1271	1082	50	1032	135	54	121,3	320	53,15	30350	89,8	185	1086
8	1271	1003	715	288	143	125	48,17	51,98	27,13	39420	91,66	858	413
9	1271	1069	518	551	84	118	52,05	56,94	36,03	31010	93,03	602	669
10	1271	1079	77	1002	123	69	128,78	299,32	53,44	30120	90,49	200	1071
11	1271	1070	543	527	87	114	55,82	60,52	30,62	30940	92,06	630	641
12	1271	857	179	678	326	88	87,12	292,96	40,39	29610	87,27	505	766
13	1271	857	168	689	330	84	88,66	295,18	40,37	29620	87,25	498	773
14	1271	1088	72	1016	122	61	124,59	307,12	53,53	30580	90,1	194	1077
15	1271	1089	79	1010	125	57	87,04	307,76	53,19	30670	89,78	204	1067
16	1271	1109	123	986	103	59	77,83	274,68	52,62	31520	89,83	226	1045
17	1271	1108	111	997	104	59	86,19	274,4	52,55	31540	89,76	215	1056
18	1271	1086	77	1009	121	64	141,3	290,53	53,24	30360	90,62	198	1073
19	1271	1106	111	995	105	60	85,78	273,48	52,34	31430	90,01	216	1055
20	1271	1101	76	1025	119	51	117,8	277,78	53,43	31210	89,5	195	1076
21	1271	1098	76	1022	98	75	58,93	291,79	38,09	31410	89,56	174	1097
22	1271	1099	65	1034	118	54	101,3	304,1	53	31170	89,43	183	1088
23	1271	1054	528	526	105	112	56,47	72,72	30,77	30750	91,16	633	638
24	1271	1054	536	518	98	119	57,08	68,65	30,75	30850	91,44	634	637
25	1271	1072	572	500	91	108	53,36	61,51	42,03	31510	92,72	663	608

Çizelge 4.1’de de görüleceği üzere her bir modelin çıktısı farklı olmuştur senaryoların sonuçlarını kabaca şu şekilde yorumlayabiliriz.

- Senaryo-16: 1109 Sipariş ile en fazla sipariş teslim eden modeldir.
- Senaryo-5: 47 Sipariş ile en az gecikmeli iş teslim eden modeldir.
- Senaryo-5: Zamanında teslim edilen sipariş sayısı olarak 1035 sipariş ile ilk sıradadır.
- Senaryo-9: 84 ile geciken sipariş sayısı en az olan modeldir.
- Senaryo- 5: 53 Sipariş bekleyen iş sayısı en az olan modeldir.
- Senaryo-21: Toplamda 4479 saat ile geciken fakat teslim edilen siparişlerin gecikme zamanlarının toplamında en düşük modeldir.
- Senaryo-9 : Toplamda 4783 saat ile geciken ve teslim edilmeyen siparişlerin simülasyon süresi bitimine kadarki gecikme toplam sürelerinde en düşük modeldir.
- Senaryo-9 : Makine kullanım oranlarına göre %93,03 ile en fazla makine kullanım oranına sahip modeldir.
- Senaryo-25: Teslim edilen veya edilmeyen gecikmiş işlerin gecikme ortalaması toplamda en düşük olan modeldir. (gerçek veriler ile çalışılsa muhtemel olarak en iyi senaryomuz olabilirdi)

## 5.SONUÇ

Atölye tipi üretimlerde ve genel olarak üretim sistemlerinin çoğunda dinamik iş çizelgeleme oldukça zor problemlerdir. Optimum sonucu bulma adın sistem üzerinde birçok kabuller yapılmak durumunda kalınabilir. Bu çalışmada gösterilmeye çalışılan; atölyenin veya herhangi bir üretim sisteminin tüm varsayımlardan uzak modellenmesi yapıldığı taktirde, hatta malzeme ihtiyaç programları var ise onunla dahi entegre çalışabilecek bir simülasyon modeli kurarak istenilen performans kriterime göre işler çizelgelenebilir.

Çalışmada yapmış olduğumuz 25 çizelgeleme senaryosu bir kalıp oluşturma amacı ile dir. Gerçek atölye durumuna göre, üretilen ürünün tipine ve maliyetine göre modeller değişebilir. Özellikle senaryolar arasında karşılaştırma yaparken modellemesini yaptığınız ürüne ve sektöre göre değişecektir. Örneğin bir işletmede geciken her sipariş için gecikme zamanına bağlı maliyet çok yüksek ise burada gecikmenin minimize edildiği senaryolar seçilebilir. Diğer taraftan örneğin gecikmenin çok fazla maliyet getirmediği işletmelerde çıktı sayısının fazlalığı, makine kullanım oranı gibi faktörler daha etkili olacaktır.

Modellerde kullanılan ve iş merkezlerinin içerisindeki Kontrolcü adlı yapılar sistemi anlık kontrol etmekte ve dinamik olarak gelen her sipariştten sonra çizelgelemeyi değiştirmektedir. Bu Kontrolcü yapıları çoğaltılarak modelde hiçbir boşluğun oluşmaması sağlanabilir. Fakat burada modeller çok karmaşık hale getirmek istenmediğinden iş merkezleri içerisinde en fazla 2 tane kontrolcü yapısı kullanılmıştır.

Bunlardan birincisi atölye içinde bekleyen işlerden, boşalacak olan ilk makinaya siparişi atarken; eğer makinadan bir önceki çıkan sipariş ile aynı sipariş var ise makine ayar zamanından kurtulmak adına sırası ne olursa olsun o siparişi öne almaktadır. Tabi burada eğer modellemesini yaptığınız üretim sisteminde siparişlerin makine ayar zamanı çok yüksek ise bu özellik oldukça önemli hale gelmektedir.

İkinci kontrolcümüz ise iş merkezlerinde sırasını bekleyen siparişlerin tutulduğu Hold modülündeki siparişleri anlık izlemekte ve gecikecek iş var ise ön sıraya alınmasını sağlamaktadır.

Simülasyon belki bir optimizasyon yöntemi değildir. Fakat şu gerçek ki bu alanda sürekli gelişmeler devam etmektedir. Simülasyon diğer matematiksel ve sezgisel optimizasyon tekniklerinden farklı olarak “.....olursa ne olur” türü senaryoları uygulayarak karar vericilerin daha iyi bir çizelgelemeyi yakalamak adına atölye içerisinde oynamalar yapabilmesi imkanını verir. Örneğin bir makinanın yeri değişebilir, bir makine daha alınabilir, işçi veya operatör eklenebilir/çıkartılabilir, taşımalar çizelgeyi etkiliyorsa taşıma sürelerini kısaltmak için yeni araç ve gereçler alabilir vb. Bu saydıklarımızı çoğaltmak mümkün sonuçta gerçek hayat dinamik yapıdadır ve sürekli değişir. Simülasyon stokastik ve sürekli değişen gerçek hayat sistemlerinin analizinde çok önemli bir yöntemdir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda sadece siparişlerin miktar ve süreler üzerinden çizelgelenmesinin yanında, maliyet faktörünü de simülasyon modeline ekleyerek çizelgeleme yapılabilir. Bunlar; stok tutma maliyeti, gecikme maliyeti, kayıp satış maliyeti, kayıp iş gücü ve ekipman maliyeti, kar oranı yüksek ürünlerin önceliklendirilmesi olabilir.

Son olarak kurulan modeller gösterdi ki; eğer sipariş geldiğinde bir teslim süresi verme problemimiz var ise; gayet kolay bir şekilde gelen her siparişin belirlenen Model'e ve çizelgeleme senaryosuna göre simülasyon çalıştırılarak ortalama bir tahmin ile sipariş teslim süresini belirlemekte mümkündür. Böylelikle müşteriye sağlıklı bir sipariş teslimi yapılabilir.

## KAYNAKÇA

Arena User's Guide, Rockwell Automation, Inc., Chicago, 2010.

Alpay ve Yuzugullu, Dynamic job shop scheduling for missed due date performance. International Journal of Production Research, 47(15), 4047–4062, 2009

Aytug ve arkadaşları, Executing production schedules in the face of uncertainties: A review and some future directions. European Journal of Operational Research, 161(1), 86–110, 2005

Chrysolouris ve Subramanian, Dynamic scheduling of manufacturing job shops using genetic algorithm Journal of Intelligent Manufacturing, 12, 281–293, 2001

Fox M., Zweben M., ISIS: A retrospective. Intelligent Scheduling ,Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, 1994

Herrmann, Handbook of Production Scheduling, Springer, New York (2006)

Henning ve Cerda, Knowledge-based predictive and reactive scheduling in industrial environments Computers and Chemical Engineering, 24 (9) (2000), 2315–2338, 2000

Holloway ve Nelson, Job shop scheduling with due dates and variable processing times. Management Science 20 (9), 1974

Jahangirian, M., ve Conroy, G. V., “Intelligent dynamic scheduling system: the application of genetic algorithms”, Integrated Manufacturing Systems 11(4), 247-257, 2000

Kempf ve arkadaşları, Paleomagnetic directions in Precambrian/Cambrian glaciomarine sediments of the Mirbat sandstone formation, Oman Earth Planet. Sci. Lett., 175 (2000), 181–190, 2000

Kelton, Simulation With Arena, Fourth Edition, McGraw Hill, New York, 2007

- Kumar, Rajotia S, Integration of scheduling with computer aided process planning. *J Mater Process Technol* 138:297–300, 2003
- Lagodimos, A., Mihiotis, A., ve Kosmidis, V., “Scheduling a multi-stage fabrication shop for efficient subsequent assembly operations”, *International Journal of Production Economics* 90(3), 345-359, 2004
- Laguna ve Martí, M. Laguna, R. Martí Scatter Search: Methodology and Implementations in C, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2003
- Law AM ve Kelton WD, Simulation modeling and analysis. McGraw-Hill, New York, 2000
- Leus, R., ve Herroelen, W.. The complexity of machine scheduling for stability with a single disrupted job. *Operations Research Letters*,33(2), 151–156, 2005
- Le Pape, C., Implementation of resource constraints in ilog schedule: A library for the development of constraint-based scheduling systems, *Intel ligent Systems Engineering* 3, 55-66, 1994
- Mehta ve Uzsoy, Predictable scheduling of a single machine subject to breakdowns *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 12(1991) , 15–38, 1991
- Meziane, F., Vadera, S., Kobbacy, K. ve Proudlove, N. Intelligent systems in manufacturing: current developments and future prospects. *Integrated Manufacturing Systems*, 11(4), 218-238, 2000
- Miyashita, K., Sycara, K. Cabins, a framework of knowledge acquisition and iterative revision for schedule improvement and reactive repair. *Artificial Intelligence*, 76 (1–2), 1995
- Nahmias, *Production and Operations Analysis*, McGraw-Hill Irwin, Boston (2001)
- Ouelhadj, D. ve Petrovic, S., A Survey of Dynamic Scheduling in Manufacturing Systems. *Journal of Scheduling*, 12: 417–431, 2009
- Ö.Bali., *Sistem Simülasyonu*, Ankara, 2009



- Park ve arkadaşları, Intelligent operations scheduling system in a job shop  
International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 11 (1996), 111–  
119, 1996
- Petrovic, D., ve Duenas, A.. “A fuzzy logic based production  
scheduling/rescheduling in the presence of uncertain disruptions”, Fuzzy Sets  
and Systems 157(16), 2273-2285, 2006
- Peeters ve arkadaşları. Heikkila Pheromone based emergent shop floor control  
system for flexible flow shops Artificial Intelligence in Engineering, 15 (2001),  
343–352, 2001
- Pfeiffer, A.: Novel Methods for Decision Support in Production Planning and  
Control, PhD Thesis, Budapest University of Technology and Economics, 2007
- Pierreval, H. ve Mebarki, N., Dynamic selection of despatching rules for  
manufacturing system scheduling. International Journal of Production  
Research, 35, 1575–1591, 1997
- Reeves ,A genetic algorithm for flow shop sequencing,Computers and Operations  
Research, 22 , 5-15, 1995
- Rajendan, C. ve Holthaus, O.. A comparative study of dispatching rules in dynamic  
flowshops and jobshops. European Journal of Operational Research, 116: 156–  
170, 1999
- Renna, P., A multi-agent system architecture for business-to-business applications.  
Int J Serv Oper Manag 5(3):375–401, 2009
- Rossi, A ve Dini, G.. Dynamic scheduling of FMS using a real-time genetic  
algorithm, 2000
- Rosetti, M.D., Simulation Modeling And Arena, John Wiley and Sons Inc., New  
York, 2009.
- Shao ve arkadaşları, Integration of process planning and scheduling—a modified  
genetic algorithm-based approach Computers and Operations Research, 36  
(2009), 2082–2096, 2009

- Sabuncuoglu ve Goren, Hedging production schedules against uncertainty in manufacturing environment with a review of robustness and stability research International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 22 (2) (2009), 138–157, 2009
- Sabuncuoglu ve Kizilisik, Reactive scheduling in a dynamic and stochastic FMS environment International Journal of Production Research, 41 (17) (2003), 4211–4231, 2003
- Suresh ve Chaudhuri, Dynamic scheduling – A survey of research International Journal of Production Economics, 32 (1) (1993), 53–63, 1993
- Türker, A.K., Üretim ve Hizmet Sistemlerinde Simülasyon Ve Arena, Kral Matbaa, Eskişehir, 2011.
- T'kindt ve Billaut Multicriteria Scheduling Theory, Models and Algorithms (second ed.), Springer, Berlin (2006)
- Usher ve Fernandes, The static phase Journal of Materials Processing Technology, 61 (1–2) (1996), 53–58, 1996
- Yu ve Ram, Bio-inspired scheduling for dynamic job shops with flexible routing and sequence-dependent setups International Journal of Production Research, 44 (22) (2006), 4793–4813, 2006
- Vieira ve arkadaşları, Rescheduling manufacturing systems: A framework of strategies, policies and methods, Journal of Scheduling, 6 (2003), 39–62, 2003
- Zhou ve arkadaşları, A dynamic berth allocation model based on stochastic consideration. In: Proceedings of the Sixth World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA 2006), vol. 2. IEEE Computer Society, Washington DC, 7297–7301, 2006
- Zweben, M., ve Fox, M. S.. Intelligent scheduling. San Mateo: Morgan Kaufmann, 1994
- Walter, "Queueing: Basic Theory and Applications", Grid inc., Ohio , Columbus, 1978

Taha, H. “Yöneylem Araştırması”, 6. Basımdan Çeviri, Literatür Yayıncılık, İstanbul, 2002

Warburg V., Hanson T., Larsen A., Norman H., Anderson E.J. Air Transport Management 14(4):163–167, 2008

Wight, O.W., Production and Inventory Management in the Computer Age, Van Nostrand, 1984

Webster, S. ve Azizoglu, M., Dynamicprogramming algorithms for scheduling parallel machines with family setup times. Computers and Operations Research, 28, 127–137, 2001

Xiang ve Lee, Ant colony intelligence in multi-agent dynamic manufacturing scheduling. Engineering

Xiang ve Lee, Ant colony intelligence in multi-agent dynamic manufacturing scheduling. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 21(1): 73–85, 2008