

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇOK ÜRÜNLÜ BİR ÜRETİM TESİSİNDE ÜRETİM
PLANLAMA FAALİYETLERİNİN SİMÜLASYONU**

Hazırlayan
Gürkan TÜLÜ

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Pınar Zarif TAPKAN

Yüksek Lisans Tezi
Mayıs 2016
KAYSERİ

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇOK ÜRÜNLÜ BİR ÜRETİM TESİSİNDE ÜRETİM
PLANLAMA FAALİYETLERİNİN SİMÜLASYONU**

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Gürkan TÜLÜ

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Pınar Zarif TAPKAN

Mayıs 2016
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı: Gürkan TÜLÜ

İmza:



YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Çok Ürünlü Bir Üretim Tesisinde Üretim Planlama Faaliyetlerinin Simülasyonu”
adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma
Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.



Tezi Hazırlayan

Gürkan TULÜ



Danışman

Yrd. Doç. Dr. Pınar Zarif TAPKAN



Endüstri Mühendisliği ABD Başkanı

Doç. Dr. İbrahim DOĞAN

Yrd. Doç. Dr. Pınar Zarif TAPKAN danışmanlığında **Gürkan TULÜ** tarafından hazırlanan “**Çok Ürünlü Bir Üretim Tesisinde Üretim Planlama Faaliyetlerinin Simülasyonu**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

18 /05 /2016

JÜRİ:

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Pınar Zarif TAPKAN



Üye : Doç.Dr. Lale ÖZBAKIR



Üye : Doç.Dr. Vahit KAPLANOĞLU



ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 31.05.2016 tarih ve 2016/25-16...sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Mehmet AKKURT
Enstitü Müdürü



BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı: Gürkan TÜLÜ

İmza:

TEŞEKKÜR

“Çok Ürünlü Bir Üretim Tesisinde Üretim Planlama Faaliyetlerinin Simülasyonu” konulu tez çalışmamın seçiminde, yürütülmesinde, sonuçlandırılmasında ve sonuçlarının değerlendirilmesinde hiçbir şekilde manevi destek ve yardımlarını esirgemeyen, değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Pınar Zarif TAPKAN’a teşekkür ederim.

Ayrıca, çalışmalarım süresince desteğini esirgemeyen Sayın Hamdi YALÇIN ve kardeşim Ozan Volkan TÜLÜ’ye, her konuştuğumuzda bana sürekli okumamı söyleyen ve daima arkamda olan babam ve anneme, bana her zaman güvenen, sürekli destekleyen ve motivasyon kaynağım olan biricik eşim Didem TÜLÜ’ye, teşekkür eder, saygı ve sevgilerimi sunarım.

Gürkan TÜLÜ

Kayseri, Mayıs 2016

ÇOK ÜRÜNLÜ BİR ÜRETİM TESİSİNDE ÜRETİM PLANLAMA FAALİYETLERİNİN SİMÜLASYONU

Gürkan TÜLÜ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Mayıs 2016

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Pınar Zarif TAPKAN

ÖZET

Üretim planlama faaliyetleri, işletmelerin yaşam döngüsü için çok önemli bir pozisyona sahiptir. Etkin üretim planlamasına sahip bir şirketin kârlılık oranı, üretim planlamasıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Teknolojinin hızla ilerlediği günümüzde, şirketlerin rekabet ortamındaki yaşamlarını devam ettirmesi ve verimliliğini artırması için planlama faaliyetlerini göz ardı etmesi düşünülemez. Gerçek hayatta karşımıza çıkan bu gerçek ele alınarak, bu tez çalışmasında çok ürünli üretim yapan bir işletmenin üretim faaliyetleri incelenerek mevcut sisteme ait simülasyon modeli kurulmuştur. Ürün çeşitliliğinin oldukça yüksek seviyede olduğu bu işletmede Endüstri mühendisliğinin temel araçlarından biri olan optimizasyonun kullanılması rasyonel olmayacağı için çalışmada, işletmenin ihtiyaçlarını varsayımlara ihtiyaç duymadan ortaya koyabilecek simülasyon tekniğinden faydalanılmıştır. Bu bağlamda farklı öncelik verme üretim stratejileri dahilinde, farklı senaryolar oluşturularak işletmenin hedefleri ve kısıtları doğrultusunda uygun strateji veya stratejiler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çok ürünli üretim; üretim planlanması; simülasyon; üretim çizelgeleme; üretim programlama

SIMULATION OF PRODUCTION PLANNING IN A MULTI-PRODUCT PRODUCTION FACILITY

Gürkan TÜLÜ

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M. Sc. Thesis, May 2016

Supervisor: Ass. Prof. Dr. Pınar Zarif TAPKAN

ABSTRACT

Production planning activities are very important for companies' life cycle. Profit rate of a company is directly proportional to production planning. Nowadays technology is improving fastly, companies shouldn't ignore their planning activities and increase their productivity level in the competitive environment for surviving. Because of these facts, in this study, a multi-products company production activities are analyzed and a simulation model of company is constructed . Optimisation techniques cannot be rational for this company because of company has very diverse product catalogue, so simulation model constructed and applied in this study. In the simulation model, company's aims and constraints were analyzed with different production priority strategies, scenarios and solutions are suggested.

Keywords: Multi-product production; production planning; simulation; simulation models, decision support systems.

İÇİNDEKİLER

ÇOK ÜRÜNLÜ BİR ÜRETİM TESİSİNDE ÜRETİM PLANLAMA FAALİYETLERİNİN SİMÜLASYONU

	<u>Sayfa</u>
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK SAYFASI	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI.....	ii
KABUL VE ONAY SAYFASI	ii
ÖNSÖZ	iv
ÖZ	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Üretim Kavramı	2
1.2. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması	3
1.2.1. Üretim Yöntemlerine Göre Sınıflandırma	3
1.2.2. Mamul Cinslerine Göre Sınıflandırma:	3
1.2.3. Üretim Miktarına veya Akışına Göre Sınıflandırma:	4

1.3. Üretim Planlama İle İlgili Genel Bilgiler	4
1.4. Üretim Çizelgeleme İle İlgili Genel Bilgiler	9
1.5. Simülasyon İle İlgili Genel Bilgiler	10
1.5.1. Simülasyonun Kullanım Amaçları	11
1.5.2. Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları.....	11
1.5.3. Uygulama Alanları.....	12
1.5.4. Simülasyon Çalışmasındaki Adımlar	13
1.5.4.1. Problem Tanımı ve Amaçlar	13
1.5.4.2. Veri Toplama	14
1.5.4.3. Model Geliştirme	14
1.5.4.4. Doğrulama	15
1.5.4.5. Sonuçların Değerlendirmesi.....	15
1.5.4.6. Uygulama	16

2.BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal.....	17
2.2. Yöntem	18
2.2.1 Fabrika Genel Yapısının İncelemesi	18
2.2.2 Verilerin Hazırlanması	21
2.2.3 Arena Modelinin Hazırlanması	23
2.2.4 Simülasyon Çalıştırma Ayarlarının Yapılandırılması	40

3. BÖLÜM

DENEYSEL BULGULAR

3.1 Replikasyon sayısının 10 olarak belirlenmesi.....	46
3.2. Replikasyon Sayısının 20 Olarak Belirlenmesi.....	50

4.BÖLÜM**TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER**

4.1. Sonuç ve Öneriler.....	57
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ.....	62



TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 2.1. Verilerin hazırlanması sürecinden bir örnek.....	22
Tablo 2.2. Özet verilerden örnekler.	22
Tablo 2.3. Atölyelere ait tezgâh ve personel bilgileri	23
Tablo 4.1. Stratejilerin kıyaslanması.....	58



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Arena 14.00	17
Şekil 2.2. <i>Create</i> modülü	24
Şekil 2.3. <i>Create</i> modülü ayarları	25
Şekil 2.4. <i>Assign</i> modülü.....	25
Şekil 2.5. <i>Assign</i> modülü ayarları	26
Şekil 2.6. <i>Route</i> modülü	26
Şekil 2.7. <i>Route</i> modülü ayarları.....	27
Şekil 2.8. <i>Station</i> modülü.....	27
Şekil 2. 9 <i>Sequence</i> veri modülü ayarları.....	28
Şekil 2.10. <i>Schedule</i> veri modülü.....	29
Şekil 2.11. <i>Resource</i> veri modülü	30
Şekil 2.12. <i>Set</i> veri modülü	31
Şekil 2.13. Kaynak seçimlerimin ayarlanması.....	31
Şekil 2.14. Torna atölyesi <i>Seize</i> modülünün ayarlanması.....	32
Şekil 2.15. <i>Seize</i> modülünde bekleyen işlerin gösterimi.....	32
Şekil 2.16. <i>Queue</i> veri modülünün atölye sayısının yüksekliğine göre ayarlanması.....	33
Şekil 2.17. <i>Queue</i> veri modülünün atölye sayısının düşüklüğüne göre ayarlanması.....	33
Şekil 2.18. <i>Queue</i> veri modülünün sipariş miktarının yüksekliğine göre ayarlanması....	34
Şekil 2.19. <i>Queue</i> veri modülünün sipariş miktarının düşüklüğüne göre ayarlanması...	34
Şekil 2.20. <i>Queue</i> veri modülünün toplam zamanı yüksek olana göre ayarlanması.....	34
Şekil 2.21. <i>Queue</i> veri modülünün toplam zamanı düşük olana göre ayarlanması	35
Şekil 2.22. <i>Process</i> modülü ayarları	36
Şekil 2.23. <i>Decide</i> modülü.....	37

Şekil 2.24. <i>TNOW</i> komutu	37
Şekil 2.25. <i>Statistic</i> veri modülünün ayarlanması	38
Şekil 2.26. <i>Dispose</i> modülü	38
Şekil 2.27. Tarih ve saat gösterimi	39
Şekil 2.28. Model çalışırken atölyelerdeki personelin durumları	39
Şekil 2.29. Fabrika simülasyon modelinin genel görünümü	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 2.30. Sabit örneklem büyüklüğü formülün Excel yardımıyla hesaplanması	41
Şekil 2.31. Replikasyon parametrelerinin ayarlanması	42
Şekil 2.32. Proje parametrelerinin ayarlanması	43
Şekil 2.33. Modelin test edilmesi	43
Şekil 2.34. <i>Batch Run</i> seçeneğinin kullanılması	44
Şekil 2.35. Simülasyon raporlarının Excel programına aktarılması	44
Şekil 2.36. Sonuçların Excelde düzenlenmesi	45
Şekil 3.1. Miktarı yüksek olanın ilk işlem görmesi durumunda sonuçlar	46
Şekil 3.2. Miktarı düşük olanın ilk işlem görmesi durumunda sonuçlar	47
Şekil 3.3. Toplam işlem süresi yüksek olan siparişin ilk işlem görmesi durumunda çıkan sonuçlar	47
Şekil 3.4. Toplam işlem süresi düşük olan siparişin ilk işlem görmesi durumunda çıkan sonuçlar	48
Şekil 3.5. İşlem göreceği atölye sayısı yüksek olan siparişin ilk işlem görmesi durumunda çıkan sonuçlar	48
Şekil 3.6. İşlem göreceği atölye sayısı düşük olan siparişin ilk işlem görmesi durumunda çıkan sonuçlar	49
Şekil 3.7. Replikasyon sayısı 10 olan modele göre yeterlilik testi sonucu.	49
Şekil 3.8. Miktarı yüksek olanın ilk işlem görmesi durumunda sonuçlar	50

Şekil 3.9. Miktarı düşük olanın ilk işlem görmesi durumunda sonuçlar	51
Şekil 3.10. Toplam işlem süresi yüksek olan siparişin ilk işlem görmesi durumunda çıkan sonuçlar.....	52
Şekil 3.11. Toplam işlem süresi düşük olan siparişin ilk işlem görmesi durumunda çıkan sonuçlar	53
Şekil 3.12. İşlem göreceği atölye sayısı yüksek olan siparişin ilk işlem görmesi durumunda çıkan sonuçlar	54
Şekil 3.13. İşlem göreceği atölye sayısı düşük olan siparişin ilk işlem görmesi durumunda çıkan sonuçlar	55
Şekil 3.14. Replikasyon sayısı 20 olan modele göre yeterlilik testi sonucu	56
Şekil 4.1. Stratejilerin karşılaştırılması.	57

GİRİŞ

Üretim yapan şirketlerin amaçları belirli girdileri kullanıp onlara değer katarak çıktılar oluşturmak ve bu süreç sonucunda kâr elde etmektir. Burada kritik nokta maksimum kâr sağlamak için girdilerin düşük ve çıktılarının yüksek olmasını sağlamaktır. İşte tam bu noktada amacı, kısıtlı kaynakları etkin şekilde kullanarak en iyi çıktıları almak olan üretim planlaması devreye girmektedir.

Gerçek hayatta şirketlerin yapısı incelendiğinde çoğu şirket çok ürünlü bir üretim yapısına sahiptir. Ürün çeşitliliğinin artması ise üretim planlama faaliyetlerini zorlaştırmaktadır. Zorlaşan ve optimize edilemeyen planlama faaliyetlerini yürütmek için ise teknolojiyi kullanmak kaçınılmazdır. Üretim süreçleri optimize edilemeyen sistemlerin verimliliğini arttırmak için simülasyon tekniği, etkin kullanılan yöntemlerden biri olmalıdır.

Yapılan bu çalışmada havacılık sektöründe üretim yapan ve çok fazla ürün çeşitliliği bulunan bir fabrikanın üretim planlama faaliyetleri simülasyon tekniği kullanılarak analiz edilmiştir.

Çalışma dört ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde üretim planlama ve simülasyon genel anlamda ele alınarak; tanımı, amacı ve aşamaları hakkında bilgiler verilmektedir. İkinci bölümde fabrikanın genel yapısı, simülasyon modeline ait verilerinin hazırlanması, modelin oluşturulması ve çözüm yöntemleri hakkında bilgi verilmektedir. Üçüncü bölümde çözüm yöntemleri kapsamında elde edilen bulgular ve ortaya çıkan sonuçlar sunulmaktadır. Çalışmanın dördüncü bölümünde ise ortaya çıkan sonuçlar analiz edilerek bazı önerilerde bulunulmuştur.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Üretim Kavramı

Üretim; doğada var olan maddelerin insanların gereksinimlerini karşılayacak ürünler ve hizmetler haline dönüştürülmesi işlemidir. Diğer bir ifadeyle üretim, beşeri ve maddi faktörlerin ürün ve hizmetler haline dönüştürülmesidir [1].

En genel bakış açısı ile üretim, ekonomik değeri olan mal veya hizmetlerin oluşturulmasını sağlayan faaliyetler bütünü olarak tanımlanabilir. Burada önemli olan üretim sonunda ortaya çıkan mal veya hizmetin ekonomik bir değerinin olması ve/veya bir yarar yaratmasıdır [2].

Türkçemizde üretimin iki farklı kelimenin karşılığı olarak kullanıldığı görülmektedir. İstihsal (production) ve imalat (manufacture) gibi temelde farklılık gösteren iki kelimeyle eşanlamda kullanılmaktadır. Süt üretimi, buğday üretimi dediğimiz aslında birer istihsaldir. Traktör üretimi ise gerçekte bir imalatdır. İstihsal gibi işlemler arasında insan ve makine gücü de zaman zaman devreye girmektedir. Bu üretim şeklinde, yani istihsalde, insan ve makine ile birlikte diğer canlılar ve iklim-toprak şartları da devreye girebilmektedir. Hâlbuki bir traktör üretilmesine bakıldığında; ana hammaddesi çelik olan bu imalatta insan ve makine gücü doğrudan olayı etkilemekte başka bir canlı devreye girmemektedir. Her iki üretim türünde de üretilen şey fiziksel bir varlıktır. Bu varlıkla ilgili olan bankacılık, sigortacılık, dağıtım gibi hususlar da hizmet olarak devreye girmektedir. Genel anlamda ‘üretim’ kelimesi bu hizmet faaliyetlerini de kapsamaktadır. Üretilen veya elde edilen nesne bir merakın tatmini veya bir yeteneğin sadece ispatı için değil kâr elde etmek amacıyla yapılan bir çalışmadır. Bu çalışmaya katılan her türlü madde, işlem, emek ve hizmet gibi çeşitli üretim faktörleri üretimi ortaya koymaktadır [3].

1.2. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

Üretim planlaması ve kontrolü (ÜPK), üretim sistemlerine göre değişkenlik göstermekte olup ÜPK faaliyetleri, ürün miktarı ve ürün çeşidi sayısı azaldıkça basit faaliyetler haline gelmektedir [4].

Üretim sistemlerini üretim yöntemi, ürün cinsi, üretim miktarı veya üretim akışı kriterlerine göre farklı biçimlerde sınıflandırmak mümkündür.

1.2.1. Üretim Yöntemlerine Göre Sınıflandırma

Birincil Üretim: Doğada mevcut hammaddelerin işlenmek veya kullanılmak üzere çıkarılmasıdır. Demir, bakır ve diğer madenler ile kömür ve petrol üretimi vs. bu üretim sınıfına girer [5].

Analitik Üretim: Temel hammaddelerin bazıları daha sonra ayırıcı işlemlerle parçalanıp işlenerek çeşitli mamullere dönüştürülür. Şeker pancarından şeker, ham petrolden benzin, fuel-oil boksitten alüminyum vs. analitik üretim sınıfına girer [5].

Sentetik Üretim: Doğadan elde edilen temel hammaddelerin bazıları da birleştirici işlemlerle yeni mamullere dönüştürülür. Sentetik kauçuk, alaşımlı çelik, plastik, cam vb. mamuller sentetik üretim grubuna girerler [5].

Fabrikasyon Üretim: Temel veya diğer hammaddelere şekil verme yolu ile yeni mamuller edilmesidir. Döküm, tornalama, pres kesme vb. yöntemlerle şekil vererek ürün üreten sistemler bu gruba girerler [5].

Montaj Üretim: Çeşitli hammadde, yarı mamul ve parçaları sistematik biçimde bir araya getirerek karmaşık bir mamul üretmektir. Otomobil, televizyon, traktör, buzdolabı montaj yolu ile üretilen mamullerdir [5].

1.2.2. Ürün Cinslerine Göre Sınıflandırma:

Mamul cinslerine göre sınıflandırmada demir-çelik üretimi, kömür üretimi, takım tezgâhları üretimi, kimyasal maddeler üretimi, elektriksel araç-gereç üretimi, elektronik mamuller üretimi, tekstil mamulleri üretimi yer almaktadır [6].

1.2.3. Üretim Miktarına veya Akışına Göre Sınıflandırma:

Üretilen mamulün miktarı ile üretim faaliyetlerinin fabrika içindeki akışı arasında yakın bir ilişki vardır. Aynı cinsten bir mamulün az veya çok sayıda üretilmesi; kullanılan makinelerin tiplerini, imalat yöntemlerini, standartları, insan gücünden yararlanma biçimini, fabrikanın yerleşim düzenini, üretim planlama ve kontrol yöntemlerini etkiler [7].

Siparişe Göre Üretim: Tüketicinin veya müşteri firmanın zaman, miktar ve kalite bakımından özel olarak belirlediği bir mamulün üretilmesidir. Gemi, büyük buhar kazanı, büyük takım tezgahları, proses makineleri, özel elektronik cihazlar vb. mamullerin üretimi bu gruba girer [8].

Parti Üretimi: Bir mamulün özel bir siparişi veya sürekli bir talebi karşılamak amacı ile belirli miktarlardan oluşan partiler halinde üretilmesidir. Diğer bir deyişle eldeki makine ve tesislerin yalnız belirli bir mamule tahsis edilmesi ile yapılan üretimdir. Söz konusu mamulün talep düzeyi ve üretim miktarları çok yüksektir. Parti üretiminde iki temel problem vardır. Bunlardan biri en uygun parti büyüklüğünün saptanması, diğeri kapasite kaybını minimize eden üretim programlarının hazırlanmasıdır. Parti üretimi endüstride ağırlığı en fazla olan ve sık rastlanılan üretim tipidir. Ev eşyası, hazır giyim, gıda, otomobil gibi her çeşit tüketim malı parti üretimi grubunda yer alır [8].

Sürekli üretim: Kütle ve akış üretimi olarak iki alt gruba ayırmak mümkündür. İki grup arasındaki önemli fark şöyle belirlenir: Kütle üretiminde bir mamulden çok büyük miktarlarda ve uzun süre imal edilir. Fakat gerektiğinde, makine, yerleşme düzeni, tertibat, kalıp gibi bazı değişiklikler yapma sureti ile başka tip mamulün üretimine geçme olanağı vardır. Akış veya proses üretimde makine ve tesisler yalnız bir cins mamulü üretecek şekilde dizayn edilmiş ve yerleştirilmiştir. Aynı yerde başka bir mamulü üretmek ya çok pahalıdır veya olanaksızdır. Çimento, şeker, petrol rafinerisi, motor vb. endüstriler akış üretiminin belli başlı örnekleridir [8].

1.3. Üretim Planlama İle İlgili Genel Bilgiler

Her endüstriyel işletmenin amacı, mal ve hizmet üretim işlevlerini yürütmek ve bunların pazarlamasını sağlamaktır. Bu amacın sağlanmasında üretim öğelerinin sürekli olarak kullanılması gerekmektedir. Böylece örnek bir endüstri işletmesi için binalar,

makineler, teknik tesisler, enerji, işgücü ve çeşitli türden hizmet çalışmaları gerekmektedir. Bunlar üretimin amaçlarına göre işletmenin her bölümünde kullanılmaktadır. Kurumsal olarak incelendiğinde, üretim çalışmaları bir kombinasyon işlemidir. Bu kombinasyonda var olan tüm üretim öğeleri, ürünleri satışa hazır duruma getirmek üzere en sonuncu işleve kadar birbirleriyle bütünleşmektedir [9].

Böyle bir çalışma önemli ve gerekli bir yönetim faaliyeti olan planlamayı gerektirmektedir. Çünkü en iyi amaçlara ulaşmak etkin ve gerçekçi planlara bağlıdır. Etkili bir plan uygun hedeflere, hedeflerin başarılması için yerine getirilmesi gereken faaliyetlere ve her faaliyetin düzgün ve etkin bir biçimde yapılması için yeterli ön sürelerle bağlı olarak yürütülmektedir. Aynı zamanda plan, işletmenin üretim sorumlusu için uygulanabilir olmak zorundadır [10].

Üretim, hizmetten daha çok fiziki birimlerin sağlanması ve birleştirilmesiyle ilgilidir. Dolayısıyla üretim belirli bir grup girdiyi, belirli bir çıktıya çevirme işlemi ya da yöntemidir. Özellikle sanayi işletmelerinde, hammadde ya da yarı mamullerin biçim ve yapılarının değiştirilmesini ifade etmektedir [11].

İşletmelerin üretim planlarının amaçlarına uygun olarak hazırlanabilmesi, üretim faaliyetlerinde etkinliğin sağlanabilmesini de etkileyebilmektedir. Üretim planlamasında, amaçlara ulaşabilmek için birçok kriteri en uygun şekilde sağlayabilecek ve optimum faydayı verecek farklı modellerden yararlanılmaktadır [12].

Üretim planlaması, gelecekte üretilecek mamul veya mamuller için gerekli olan olanakların, izlenmesi gereken politika ve üretim süreçlerinin önceden belirlenmesi demektir. Üretim planlaması, gelecekteki üretim faaliyetlerinin ve miktarlarının sınırlarını ve düzeylerini belirleyen bir fonksiyondur. Üretim planlaması, işletmenin mevcut kaynaklarını istenen kalitede mamullerin üretilmesi konusunda karar alma işlemidir. Bir başka ifadeyle üretim planlaması, işletmenin üretim faaliyetlerinin istenilen miktar, kalite, yer ve zamanda; kimler tarafından nasıl, ne şekilde ve ne zaman yapılacağına ilişkin faaliyetlerden oluşmaktadır [13].

Planlama, üretilecek olan ürün ve üretim kaynakları hakkındaki verilerin analizi ile başlar. Bu veriler sayesinde belirlenmiş olan hedeflere en verimli ve etkili şekilde ulaşmak üzere işletme kaynaklarının kullanımı bir program hazırlanarak ana hatları ile verilir. Diğer bir ifadeyle; üretim planı, çeşitli imalat bölümleri için alt hedefleri,

önceden tespit edilmiş zaman devreleri cinsinden ortaya koymaktadır. Bu alt hedeflere ulaşılması da üretim sisteminin ana hedefinin gerçekleşmesini desteklemektedir. İşlemler sırasıyla ve üretim planında belirlenmiş olan detaylara göre yerine getirilmektedir [14].

Kaynakların kısıtlı ve önemli birer maliyet unsuru olduğu durumlarda işletmelerin faaliyetlerinde “verimlilik” daha da önem kazanmaktadır. Başarının en önemli göstergesi haline gelen verimliliğin koşulu ise başta planlamadır. Planlama verimliliği arttırmakta yani kısıtlı olan üretim faktörlerinin ekonomik kullanımına olanak sağlamaktadır [15].

Üretim planlaması, gelecekteki üretim faaliyetlerinin ve miktarlarının sınırlarını ve düzeylerini belirleyen bir fonksiyondur. Üretim planlaması, işletmenin mevcut kaynaklarını istenen kalitede mamullerin üretilmesi konusunda karar alma işlemidir. Bir başka ifadeyle üretim planlaması, işletmenin üretim faaliyetlerinin istenilen miktar, kalite, yer ve zamanda; kimler tarafından nasıl, ne şekilde ve ne zaman yapılacağına ilişkin faaliyetlerden oluşmaktadır [13].

Üretim yapan bir malzeme akış sisteminde karar verme süreci oldukça karmaşık olup bu sistemde planlama, planlanan dönemin uzunluğuna göre uzun, orta, kısa dönem şeklinde üç ana kısımda incelenebilir [16].

Uzun Dönem Planlama; Uzun dönem planlama bir ile beş yıllık dönemi kapsamakta olup bu planda bir işyerinin genel politikası ve kaynak kısıtları belirlenir. Bu dönemde yapılan çalışmalar aşağıdaki gibidir:

- Pazar araştırması,
- Tahminler,
- Kaynak planlaması,
- Ürün imali politikaları,
- Tesisler,
- Dağıtım kanalları,
- Müşteri servis politikaları

Orta Dönem Planlama; Orta dönem planlama, üç ay ile bir yıllık bir planlama dönemini kapsar. Orta dönem planlama genellikle ana planlama olarak tanımlanmaktadır. Bu

dönemde kararların verilebilmesi için tahminler, işgücü planlaması ve üretim planlaması gibi ön çalışmalar yapılmalıdır.

- Tahminler,
- İşgücü planlaması,
- Üretim planlaması,
- Üretim seviyeleri,
- Satın alma planları,
- İşgücü seviyeleri,
- Envanter hedefleri,
- Dağıtım planları

Kısa Dönem Planlama; Kısa dönem planlama ise detaylı planlama olup, genellikle bir ila iki haftalık planlama dönemidir.

- Üretim miktarlarının sürekli kontrolü ve ayarı,
- Malzeme eksikliği aksaklığının giderilmesi,
- Makine bozulmaları aksaklığının giderilmesi,
- İşçilerin dağıtımında önceliklerin belirlenmesi,
- Fazla mesai kararlarının alınması,
- Üretim ara-stok düzeyinin tespiti gibi kararları içerir.

Üretim planlaması, üretim sistemlerinin gelişmesine ve değişmesine paralel olarak daha çok önem kazanmaya başlamıştır. Modern bir işletmede, üretim planlamasının ön plana çıkmasını sağlayan faktörler şu şekilde sıralanabilir [17]:

- İşletmedeki faaliyetlerle ilgili koordinasyon zorluğu,
- İşletmeler arasındaki ilişkilerin gelişmesi ve rekabet durumu,
- Üretim sisteminin yoğunluğu ve karmaşıklığı,
- Tüketici zevk ve tercihlerinin sürekli değişmesi,
- Teknoloji gibi sebeplerle hizmet, kalite ve fiyat rekabetinin artması ve zorlaşması,
- İşletmenin ekonomik üretim düzeyinde faaliyette bulunmasını sağlamak amacıyla malzeme, hammadde, makine saati ve işgücü kayıplarının minimum düzeye indirilmesinin sağlanması.

Üretim planlamasının amacı üretim sürecinde yapılmakta olan işlemleri minimum maliyetle gerçekleştirerek ve zamanında üretim yapılmasını sağlayarak müşteri taleplerini memnun edici şekilde karşılamaktır. Üretim planlamasının bu amaçları gerçekleştirebilmesi için aşağıdaki işlemleri sağlaması gerekmektedir [18].

- Hammadde, yardımcı malzeme ve üretim malzemelerini istenilen miktar, zaman ve yerde hazır bulundurmak,
- Mevcut makine, araç-gereç işgücü ve teçhizatı iş akışı ve iş sıralamasına göre optimum şekilde kullanarak üretim yapmak,
- Pazarlama araştırması bilgilerine göre kalite standartlarından ödün vermeden üretim yapmak,
- İşgücü verimliliğini en yüksek seviyeye çıkarmak,
- Üretim sistemiyle diğer bölümler ve sistemler arasında sıkı bir işbirliği kurmak,
- Siparişleri zamanında karşılamak için üretim programlaması yapmak,
- Üretilen mal ve stokları müşteri taleplerini karşılayacak şekilde tutmak,
- Malın dağıtım ve pazarlamasını etkin ve istenilen şekilde yapmaktır.

Üretim planının amaçlarından biri de üretimin başlangıç aşamasından son aşamasına kadar malzeme ve işgücünün düzenli olarak akışını sağlamaktır. Makine ve teçhizatın bu esasa uygun olarak yerleştirilmesi üretim planında dikkate alınmaktadır [19].

Üretim planlamasının amaçlarına ulaşılabilmesi ve işlerin başarıyla devam edebilmesi için öngörülen koşulları üç ana grupta toplamak mümkündür [20].

- Etkili bilgi toplama ve akış sistemi: Her fonksiyon veya bölüm, diğerleri için tamamlayıcı bir fonksiyondur. Dolayısıyla bölümler arasında sürekli bilgi alışverişi olmalıdır, ancak böylelikle etkili koordinasyon ve kontrol sağlanmış olur.
- Standart zaman ölçüleri: İşlemlerin ne kadar süreceği tam belirlenemiyorsa, üretim planlamasının yapılması hemen hemen imkansız hale gelmektedir. Standart zaman ölçüleri olmadan üretim planlaması gerçekleşemez.
- Üst kademe yöneticileri: Hiç bir sistem üst kademe yöneticilerinin desteği ve teşviki olmadan yaşayamaz. Yöneticilerden yoksun yapılan plan etkisizdir.

1.4. Üretim Çizelgeleme İle İlgili Genel Bilgiler

Operasyonların ayrıntılı günlük planlanmasına çizelgeleme denir. Aşağıdaki sorunlarla ilgilenir [21]:

- Hangi iş merkezi hangi işi yapacak?
- Bir operasyon/iş ne zaman başlayacak ve ne zaman bitecek?
- İş hangi ekipmanla, kim tarafından yapılacak?
- Operasyonların/işlerin sıralaması ne olacak?

Üretim çizelgeleme üretim planlamaya göre daha ayrıntılı ve kısa dönemlidir. Çizelgeleme, en yakın zamandaki üretim amaçlarına ulaşabilmek için o anki koşulları (uygun makine, iş gücü, malzeme vs.) göz önüne alarak ayrıntılı bir yol ortaya koyar. Çizelgelemenin başarılı olabilmesi için dikkat edilmesi gereken bazı önemli noktalar vardır [21].

- **Kapasite:** Kapasitenin ne olduğu bilinmelidir. Uygulanması mümkün olmayan ya da oldukça pahalıya mâl olabilecek çizelgelerin herhangi bir faydası yoktur. Ayrıca kapasite sabit bir kavram değildir, üretilen ürün çeşitlerinin miktarına göre değişir.
- **Yeterlilik:** Bir makine veya işçi diğerlerine göre daha kaliteli veya hızlı çalışabiliyor olabilir. Bu kavramın hangi kaynağın hangi işe atanacağına karar verirken kullanılması gerekir.
- **İşin Gereksinimleri:** Hangi kalite ve maliyet standartları istendiği, işin ne zaman bitirilmesi gerektiği veya operasyonların sırası gibi gereksinimler bilinmelidir.
- **Ölçüm Standartları:** Zaman, maliyet, kalite ve kapasite ile ilgili bilinen her şey için ve bunların tahsisi ile ilgili standartlar oluşturulmalıdır.

Özetle üretim çizelgeleme iş emirlerinde bulunan işlemlerin atölyelerin üretim olanaklarına en rasyonel şekilde yüklenmesidir. Çizelgelemenin temel amaçları şu şekilde ifade edilebilir [22]:

- Üretim olanaklarının en etkin şekilde kullanımı,
- Müşteri taleplerine olabildiğince çabuk cevap verilmesi,
- İşlerin teslim tarihlerinde gecikmeye neden olunmadan tamamlanması,
- Yarı mamul envanterinin en küçüklenmesi,
- Fazla mesai çalışmalarının en küçüklenmesi.

1.5. Simülasyon İle İlgili Genel Bilgiler

Simülasyon yönteminin kökeni 1940 yılı sonlarında John Von Neumann ve Stanislaw Ulam'ın çalışmalarına dayanır. Nötronların hareketlerini inceleyen bu iki bilim adamı, karşılaştıkları matematiksel olarak çok karmaşık ve deneysel olarak çözümü çok pahalı olan nükleer savunma problemlerini çözmek için Monte Carlo Analizi adı altında bir yöntem geliştirmişlerdir. Bugünkü anlamda simülasyon yönteminin ilk kullanımı olan bu yöntem, olasılıklı olmayan bir matematiksel problemi, olasılık dağılımları matematiksel problemini andıran stokastik faaliyet üzerinde denemeler yaparak çözmeyi kapsamaktadır [23].

Simülasyon için birçok tanım kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları şu şekilde sıralanabilir:

- Simülasyon, özde deneysel nitelikli matematiksel modelleştirme tekniği olarak, sistemin davranışını inceleme ve tanımlama, sistemdeki değişmelerin etkilerini belirleme ve böylece gelecekteki davranışları tahmin etme amacı taşıyan deneysel ve uygulamalı bir metodolojidir [24].
- Bir sistemin simülasyonu, bu sistemi temsil edebilecek bir model oluşturma işlemidir. Bu model temsil ettiği sistem üzerinde yapılması çok pahalı olan veya mümkün gözükmeyen işlemlerin yapılmasına olanak verir, bu işlemlerin etkisi altındaki model incelenir. Bu inceleme ile gerçek sistemin veya ona ait olan alt sistemlerin davranışları ile ilgili özellikler, tepkiler öngörülür [25].
- Simülasyon, gerçek bir sistemin modelini tasarlama süreci ve sistemin davranışını anlamak veya değişik stratejileri değerlendirmek amacı ile geliştirilen bu model üzerinde denemeler yapmaktır [26].
- Simülasyon, gerçek bir sürecin veya sistemin zamana bağlı olarak modelini tanımlayan matematiksel bir modeldir. Simülasyon ister elle, isterse bilgisayar ile yapılsın, bir sistemin yapay kayıtlarının oluşturulması ve gerçek sistemin işletim karakteristikleriyle ilgili sonuçlarının elde edilmesinde bu yapay kaydın incelenmesini kapsamaktadır [27].

1.5.1. Simülasyonun Kullanım Amaçları

Özel amaçlı simülasyon dilleri, düşük operasyon maliyetleri ile yüksek hesaplama kabiliyeti, simülasyon metodolojisindeki gelişmeler ve özel amaçlı simülasyon kullanımının yaygın kullanımı, simülasyonu yöneylem araştırmasında ve sistem analizinde en çok kullanılan ve kabul edilen metotlardan biri haline getirmiştir. Simülasyonun hangi şartlar altında kullanılması gerektiği birçok yazar tarafından incelenmiştir. Bunları genel olarak sınıflandırırsak, simülasyon aşağıdaki amaçlar için kullanılabilir [28];

- Simülasyon, karmaşık bir sistemin iç yapısını veya karmaşık bir sistemdeki alt sistemi incelemek için kullanılabilir,
- Bilgi, organizasyonel ve çevresel değişiklikler simüle edilebilir ve modelin davranışı üzerinde bu değişikliklerin etkileri incelenebilir,
- Bir benzetim modelinin tasarımından elde edilen bilgiler, incelenen sistemin geliştirilmesine büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır,
- Simülasyon girdilerini değiştirerek ve sonuçları inceleyerek, hangi değişkenlerin daha önemli olduğu ve değişkenlerin birbirlerini nasıl etkiledikleri hakkında bilgi edinilir,
- Simülasyon, analitik çözüm metodolojisini destekleyen bilgi verici bir araç olarak kullanılabilir,
- Simülasyon, uygulamadan önce yeni tasarımlar ve politikalar deneyerek durumun ne olacağını görmek için kullanılabilir,
- Simülasyon, analitik sonuçları test etmek için kullanılabilir.

1.5.2. Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları

Simülasyon çalışması problem çözmede son derece güçlü bir araç olup, yaygın kullanılmasının çeşitli nedenleri vardır. Bunlar şu başlıklar altında derlenebilir [27]:

- Karmaşık yapıdaki gerçek sistemleri analitik olarak inceleyerek matematiksel modellerin kurulmasındaki güçlükleri aşar.
- Simülasyon; yeni politikalar, parametreler veya çalışma koşullarının denenmesine imkân sağlayarak sistem performansının bu yeni koşullar için tahminini sağlar.
- Alternatif tasarımların birbiri ile karşılaştırılmasını mümkün kılar.

- Gerçek sistemin rahatsız edilmeden, bozulmadan, tehlikeye atılmadan denenmesini sağlar.
- İncelenen sistemin farklı zaman akışlarında ele alınması mümkündür. Örneğin, sıkıştırılmış bir zamanda çalışma hızlandırılarak sistem hakkında genel bilgi elde edilebileceği gibi, geniş bir zaman aralığında sistem hakkında ayrıntılı bilgi edinilmesini mümkün kılar.

Bu avantajlara rağmen, simülasyon çalışmasının bazı dezavantajları da bulunmaktadır.

- Simülasyon modelleri pahalı ve geliştirilmesi zor modellerdir.
- Simülasyon modellerinin stokastik yapısı, gerçek sistemle ilgili ancak tahminlerde bulunmayı sağlar
- Simülasyon modelleri probleme en iyi çözümü bulmak yerine alternatif çözümleri karşılaştırır.
- Simülasyon sonuçlarının incelenen sistemi doğru yansıtmaları için modelin geçerliliği çok önemlidir.
- Simülasyonda bilgisayara olan bağımlılık, çalışmanın uzun sürmesine pahalı olmasına neden olur.

1.5.3. Uygulama Alanları

Simülasyon, çok çeşitli yerlerde uygulama alanına sahiptir. Bu tekniğin geniş uygulama alanlarını belirtmek için aşağıdaki örnekler verilebilir [27]:

- İşletme politikaları ve uygulamalarındaki değişiklikleri test etmek için bir havayolu şirketi tarafından büyük bir havaalanındaki operasyonların simülasyonu,
- En iyi trafik akışını belirlemek için trafik ışıklarının simülasyonu,
- En iyi tamir personeli sayısını belirlemek için bakım operasyonu simülasyonu,
- Kapasite ve tesislerin şekillerindeki değişikliklerin değerlendirilmesi,
- Ekonomik politika kararlarının etkilerini tahmin etmek için ekonomi simülasyonu,
- Savunma ve saldırı silah sistemlerini değerlendirmek için büyük çaplı askeri savaşların simülasyonu,
- Büyük çaplı dağıtım ve envanter kontrol sistemlerinin tasarımını geliştirmek için bu tür sistemlerin simülasyonu,

- Firmanın politikaları ve operasyonlarındaki değişiklikleri değerlendirmek için tüm firmanın genel operasyonlarının simülasyonu,
- En ekonomik düzeyde, tatmin edici hizmet sağlamak ve gerekli parça kapasitesini belirlemek maksadıyla bir telefon iletişim sisteminin simülasyonu,
- En ideal baraj, elektrik santrali ve sulama işlerinin şeklini belirlemek için ırmak havza operasyonlarının simülasyonu.

1.5.4. Simülasyon Çalışmasındaki Adımlar

1.5.4.1. Problem Tanımı ve Amaçlar

Bir çalışma, mevcut bir ihtiyacı karşılayacak ya da bir problemi çözecek şekilde hazırlanmamışsa, detaylı veya eksiksiz olması bir anlam ifade etmez. Etkili bir çalışma yapabilmek için potansiyel problemleri olan sistem parçalarının incelenmesi ve çalışmanın buna göre hazırlanması gerekir. İyi bir model, gelecekteki ihtiyaçları da göz önüne alarak, sistemin diğer parçalarını da kolayca içine alacak şekilde tasarlanmış olmalıdır. Fakat içinde fazlalık ve gereksiz bilgilerin bulunduğu bir model bilgisayar üzerinde diğer modellere göre daha yavaş çalışabilir ve maliyeti daha yüksek olabilir [29,30].

Üzerinde çalışılacak problemin kesin ve öz bir tanımının yapılabilmesi, beklenenden zor olabilir. Çalışma sonucuyla ilgilenen tek kişi, genellikle sadece modeli oluşturan kişi değildir. Mühendisler, yöneticiler, operatörler ve birçok çalışanın oluşturulan model ve yapılan çalışmadan değişik beklentileri vardır. Çalışmanın yapısı ve içeriği hakkında genel bir tanım oluşturmak, bu kişilerden gelecek verilerin ve gerekli desteğin daha kolay elde edilmesini sağlayacaktır [29,30].

Simülasyon çalışmasının amaçları genellikle ele alınan problem tarafından belirlenir. Çünkü model kurulduktan sonra model üzerinde yapılacak çalışmaların problemi çözmesi hedeflenmektedir. Potansiyel sistem iyileştirme metotlarının değerlendirilmesinin çalışma hedeflerinin belirlenmesinde rolü büyüktür, ancak bu metotlar benzetim çalışmasında ortaya çıkabilecek yeni alternatif metotları önleyecek şekilde dar olarak tanımlanmamalıdır. Bunlara ek olarak, benzetimin bir proje çalışması olarak ele alınması ve zaman hedefleri ile kritik nokta tanımlarının yapılması faydalıdır [29,30].

1.5.4.2. Veri Toplama

Organizasyonlar sistem içerisindeki bazı operasyonları için (makine arıza sıklıkları, belirli süreçler için işlem süreleri gibi) detaylı bilgiye sahipken bazı işlemler için yüzeysel bilgiye sahip olabilirler. Yetersiz veya eksik veri bulunması durumunda modeli kuracak olan kişinin yapabileceği üç şey vardır [29,30]:

- Sisteme en hâkim kişilerden yardım alabilir
- Verileri kendisi toplayabilir
- Verilerle ilgili tahminler yapabilir

Modelde tahmini verilerin kullanılması durumunda, daha sonra yapılacak duyarlılık analizinde bu verilerin sistem üzerindeki etkilerini anlamak için, değişik değerler kullanılmalı ve verilerin uç değerleri, toleransları çok iyi analiz edilmelidir. Bu tür bir çalışma, daha detaylı verilerin toplanmasının daha uygun olacağını gösterebilir.

Önce makro veri olarak adlandırılan, sistemle ilgili temel bilgilerin ve istatistiklerin toplanması gerekir. Makro verilerin toplanmasındaki amaç, modelin giriş parametreleri ve sonraki çalışmalarda kullanılacak olan verilerin toplanmasıyla ilgili detayları içeren parametrelerin temelini oluşturmaktadır. Bu durum modeli kuran kişinin, projenin daha ileriki aşamalarında kullanılacak olan detaylı bilgileri daha kolay bulmasını sağlayacaktır [29,30].

Veri toplanması sürekli olarak yapılması gereken bir işlemdir. Simülasyon çalışması ilerledikçe ve makro veriler modele girildikçe, mikro verilerin toplanması önem kazanır. Birçok durumda model kurucu, proje sırasında daha doğru ve güncellenmiş veriye ulaşabilir. Bir benzetim modeline yeni ve güncellenmiş verilerin kolaylıkla girilebilmesi bir avantajdır. Bu yüzden çoğu model kurucu, daha kesin ve sağlıklı verilerin girilebilmesine imkân tanıyan daha esnek modeller kurmayı tercih ederler [29,30].

1.5.4.3. Model Geliştirme

Modelleme genellikle sistemin soyut bir ortamının oluşturulmasıyla başlar ve gittikçe daha detaylı bilgilerin eklenmesiyle devam eder. Bu soyut model, sistemin mantıksal bir modelidir ve sistemdeki olaylar arasındaki ilişkileri tanımlar. Bilgisayar üzerinde kurulan bu modelin gerçekleştirilebilmesi için, modeli kuran kişinin gerçek sistemin

yapısını soyut olarak düşünebilmesi gerekir. Verilerin toplanması modelin kurulması esnasında da yapılabilir [29,30].

Son kullanıcılar ile model kurucu arasındaki sürekli iletişimin model kurma aşamasındaki önemi göz ardı edilmemelidir. Detaylarla ilgili ortak çalışma, projenin amaçlarından sapmasını önleyeceği gibi, önerilen değişikliklerin güvenilirlik temellerini oluşturur. Modele güvenirliliğin sağlanmasında iki önemli aşama doğrulama ve değerlendirmedir [29,30].

1.5.4.4. Doğrulama

Model, modeli kuran kişinin amaçları doğrultusunda çalışıyorsa doğrulanmış demektir. Modelin doğrulanması, simülasyon modelinin çalışılarak analiz edilmesiyle yapılabilir. Karmaşık modeller bir kaç kez muhtemel hataların düzeltilmesini (debugging) gerektirebilir. Çalışmanın hedefleriyle paralel çıkan sonuçlar, modelin doğrulandığını gösteren en önemli kanıtlardır [29,30].

Modelin doğrulanmasında ve hataların düzeltilmesinde birkaç yardımcı araçtan yararlanılabilir. Örneğin, sistemdeki parçaların veya müşterilerin hareketlerinin sağlıklı olarak görülebileceği bir hızda animasyon yapılabilir. Fakat animasyon tek başına bir doğrulama aracı olarak kullanılmamalıdır. Değişkenler ve sayaçlar istenilen sonuçların bir göstergesi olarak animasyonda kullanılabilir. Diğer bir doğrulama sistemi de, model yapısının bir başka kurucu tarafından incelenmesidir. Simülasyon sonuçları, daha önce elde edilmiş model sonuçları ile karşılaştırılabilir. Modelin performansı değişik durumlar altında test edilebilir [29,30].

1.5.4.5. Sonuçların Değerlendirmesi

Değerlendirme, kurulan modelin, üzerinde çalışılan sistemdeki problemi yansıtıp yansıtmadığının belirlenmesidir. Değerlendirme testi, modeli kuran kişinin diğer potansiyel kullanıcılar ve sistemdeki işlemlerle ilgili kişilerle yapacağı ortak bir çalışma olmalıdır [29,30].

Modeli kuran kişi genellikle modeli ve modelin gerçek sistemle olan ilişkisini gösteren yapısal bir plan çıkarır. Modeli kuran kişi aynı zamanda modelde kullanılan tahmini verilerin olası etkilerini ve önemini de açıklar. Sistemi iyi bilen kişilerden alacağı

yardımla da bu tahmini verilerin doğruluğunu kontrol etmelidir. Animasyon genellikle doğrulamadan sonra yapılırsa da, bir değerlendirme aracı olarak da kullanılabilir [29,30].

Giriş verilerini değiştirerek, kurulan modelin sonuçlarıyla sistemin kendi çıktılarını karşılaştırmak, test etme yollarından biridir. Giriş parametrelerinin değerlerini artırıp azaltarak sistem üzerindeki etkilerini incelemek, modelin gerçek sistemle olan benzerliğinin belirlenmesinde kullanılabilir. Rastgele sayı türetme gibi giriş verilerinin değiştirilmemesine, sadece giriş parametrelerinin değiştirilebileceğine dikkat edilmelidir. Bu tür bir test, yeterince veri girişinin yapıp yapılmadığını belirleyen bir esneklik analizi olarak da görülebilir [29,30].

Bir başka yaklaşım da, sistemi çok iyi bilen uzmanların sistemle model arasındaki benzerlik ve farklılıkları bulmalarıdır. Bu işlem “turing test” olarak adlandırılır. Bu uzmanlara, orijinleri gösterilmeyen fakat aynı formattaki sistem ve model sonuçları verilir ve önemli farklılıkları ayırt etmeleri istenir. Buna benzer başka bir yöntem ise geçmiş verilerin model üzerinde denenerek model sonuçlarının gerçek sisteme ait sonuçlarla karşılaştırılmasıdır [29,30].

1.5.4.6. Uygulama

Uygulama, gerçekte simülasyon projesi ile başlar. Büyük projelerde, önerilerin uygulanabilmesi, izlenen adımların uygunluğuna bağlıdır. Modeli kuran kişi ve diğer ilgili personel, simülasyon projesinin uygulanmasında rehberlik etmelidir [31].

Proje için bir bitiş zamanı belirlense de, iyi oluşturulmuş modeller proje bitiminden sonra rafa kaldırılmaz, genellikle sistemin başka parçalarını da içine alacak şekilde geliştirilir ya da başka modeller entegre edilip sürekli iyileştirme çalışmalarında kullanılırlar. Bu aşamada model kurucu, model mantığını ve varsayımlar ilgili dokümantasyonu sürekli iyileştirme çalışmaları için saklamalı ve yapılan çalışmalara göre güncellemelidir [31].

2.BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Üretim planlama faaliyetleri, işletmelerin yaşam döngüsü için oldukça önemli olduğundan üretim faaliyetlerini optimize etmeye çalışmak şirketlerin vazgeçilmez unsurlarındandır. Gerçek hayatta üretim yapan işletmeler incelendiğinde genel olarak sipariş tipi üretim ve akış tipi üretim sistemlerinin karışımı olan bir yapı karşımıza çıkmaktadır. Tümünüyle sipariş tipi veya akış tipi sisteme sahip bir işletme bulmak oldukça zordur. Bu çalışmada ürün çeşitliliğinin oldukça fazla olduğu ve bu sebeple optimizasyon yöntemlerini kullanarak en iyi üretim faaliyetleri bileşkesini bulmanın rasyonel olmadığı işletmelerde, sezgisel olarak karar vermek yerine simülasyon ile hangi stratejilerin daha verimli olabileceğinin değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Mevcut durumun simülasyon modeline yansıtılması ve farklı üretim planlama stratejilerinin model üzerinde değerlendirilmesi sürecinde Şekil 2.1’de gösterildiği gibi Arena 14.00 simülasyon programı kullanılmıştır.



Şekil 2.1. Arena 14.00

2.2. Yöntem

İşletmenin mevcut durumunu gösteren simülasyon modelini oluşturmak maksadıyla öncelikle fabrikanın işleyişi incelenmiş, varsayımlar oluşturulmuş, veriler toplanmış ve düzenlenmiş, Arena programı vasıtasıyla fabrikadaki işleyişin farklı stratejilere göre simülasyon modeli oluşturulmuş, simülasyon modeli çalıştırılarak elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir.

2.2.1 Fabrika Genel Yapısının İncelemesi

Fabrika genel anlamda incelendiğinde, 16.000 farklı tipte ürün üretebilme yeteneğine sahip olup yıllık ortalama 360.000 adet civarında ürün üretmektedir. İmalatı yapılacak ürünler seri üretimi yapılabilecek şekilde değil, farklı tezgâhlarda ve atölyelerde işlem görme ihtiyacına sahip yapıdadır.

Fabrikanın üretmiş olduğu ürünleri kullanan kullanıcılar, ihtiyaç duyduğu veya duyabileceği ürünleri ihtiyaç miktarlarıyla birlikte fabrikanın ihtiyaç planlama birimine iletmektedir. İhtiyaç sahiplerinin ilettiği miktarlar doğrultusunda planlama birimi sistemde imalat siparişlerini oluşturmaktadır. Oluşturulan bu imalat siparişleri sistemde sanal bir havuz yaratmaktadır. Havuzda oluşturulan siparişler fabrikanın malzeme planlama birimi tarafından sürekli olarak görülmekte ve siparişlerin üretilebilmesi için gerekli ham malzemelerin tedarik faaliyetleri hemen başlatılmaktadır. Siparişlerin malzemeleri tedarik edildikçe malzeme planlamacıları siparişin bilgilerini malzemesi tamam şeklinde güncellemektedir.

Fabrika yıllık üretim faaliyetlerini 3 aylık sürelerden oluşan 4 farklı döneme ayırmıştır. Ocak, Şubat, Mart aylarını kapsayan dönem birinci dönem, Nisan, Mayıs, Haziran aylarını kapsayan dönem ikinci dönem, Temmuz, Ağustos, Eylül aylarını kapsayan dönem üçüncü dönem, Ekim, Kasım, Aralık aylarını kapsayan dönem ise dördüncü dönem olarak belirlenmiştir.

Her yeni döneme girmeden 1 ay önce havuzda imal edilmeyi bekleyen ve ham malzemeleri tamamlanmış siparişlere, iş gücü/iş yükü dengesinin kurulabilmesi için inceleme yapılmaktadır. İnceleme sonucunda hangi üründen, ne kadar miktarda üretileceği netleştirilmekte ve dönem üretim listeleri oluşturulmaktadır. Fabrika kısıtlı kaynakları ile havuzda bulunan tüm ihtiyaçları tek dönemde karşılayamamaktadır. Fakat

müşterilerini de mağdur etmemek için dönem imalat planlamasını yaparken ihtiyaç sahiplerinin belirttiği miktarları düşürerek fazla sayıda müşterinin ihtiyacını karşılayacak şekilde dönem planlaması yapmaktadır. Dolayısıyla dönemde üretilecek ürün çeşitliliği artmakta ve miktarı düşürülmüş siparişlerin daha sonraki dönemlerde tekrar üretilmesi durumu ortaya çıkmaktadır. İhtiyaçların hangilerinin dönem planına alınacağı ve miktarlarının ne kadar olması gerektiği gibi konular farklı bir çalışma konusu olduğundan oluşturulan modelin dışında tutulmuştur.

Fabrika bir dönemde ortalama 900 farklı tip ve yaklaşık 90.000 adet ürün üretmektedir. Ürünlerin bazıları tornacılık, frezecilik, tesviyecilik vb. gibi birden fazla ihtisas kullanılarak üretilirken, bazıları ise sadece terzi, lastikçi vb. gibi tek bir ihtisas bulunduran ve başka atölyeler ile ilişkisi bulunmayan atölyelerde üretilmektedir. Sadece tek bir ihtisas kullanılarak üretilen tekstil, lastik ve plastik atölyesi gibi müstakil atölyelerin dönemlik üretim planlaması ile birden çok ihtisas gerektiren ve birbirleriyle ilişkisi bulunan işlerin planlaması ayrı olarak yapılmaktadır. Bu çalışmadaki simülasyon modeli oluşturulurken planlaması daha karmaşık olan birbirleriyle ilişkisi bulunan atölyelerde işlem görecektür ürünler seçilmiştir. Bu yüzden bir dönemlik planlamada yer alan ortalama 900 farklı tip ürün sayısı 316 farklı tipe ve yaklaşık 90.000 adet olan ürün sayısı ise 13.129 adet ürüne düşürülmüştür.

Üretim hattında işlem görecektür işin üretimi başladığında, atölye görevlisi tarafından işin kaçta başladığı ve kaçta bittiği sisteme girilmektedir. Haftalık olarak siparişlerin sistemde harcanan süreleri ve planlanan süreleri ilgili görevliler tarafından incelenmektedir. Eğer siparişlerin üretilmesinde harcanan süreler ile planlanmış süreler arasında $\pm\%5$ 'ten fazla fark olduğu tespit edilirse, ilgili işin süresi incelenmekte ve duruma göre işin planlama süresi ortalamaya göre güncellenmektedir. Dolayısıyla model kurulurken işlerin sürelerinin normal dağılıma uyduğu varsayılmıştır. İşlerin planlama süresi normal dağılımın ortalaması olarak, planlama süresinin $\%5$ 'i ise standart sapma olarak kabul edilmiştir.

Gelen siparişlerin tamamı 3 aylık dönemin içerisinde teslim edilmek zorundadır. Fabrika planlı dönem işlerini dönem içerisinde bitirerek teslim etmeyi hedeflemenin yanında, müşterilerinin yeni çıkan ihtiyaçlarını karşılayabilmek için etüt/araştırma imalatı işleri yaparak üretim kabiliyetini artırmayı hedeflemektedir. Bunun için de

planlanmış olan dönem işlerini mümkün olan en kısa sürede bitirmeyi, geriye kalan süreyi etüt imalatını yapmak için kullanmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda simülasyon modelindeki amaç, farklı planlama stratejileri kullanarak planlı dönem işlerini en kısa sürede bitirmek ve atölyelerin etüt imalatı işlerine çalışması için kalan süresini maksimize etmek olarak belirlenmiştir.

Her yeni dönemin başlamasından 15 gün önce dönemde üretilecek siparişlerin iş planı dosyaları programcılar tarafından depoya verilmektedir. Depocular dosyaları inceleyerek işin teknik resmine göre gereken malzemeleri uygun miktar ve ölçüsünde hazırlamaktadır. Tüm gerekli malzemeleri hazırlanmış ürünler dosyalarıyla birlikte ilk işlem göreceği atölyeye aktarılmaktadır. Dolayısıyla yeni dönem başladığında atölyelerde, gerekli malzemeleri hazırlanarak gelmiş olan farklı tezgâhlarda ve farklı sürelerde işlem görerek imal edilmeyi bekleyen birçok imalat siparişi bulunmaktadır. Diğer bir deyişle simülasyon modeli açısından bakıldığında bütün varlıklar sisteme sıfır anında giriş yapmaktadır.

Mevcut durumda yeni dönemin başlamasıyla atölye programcılar önceki deneyimlerine dayanarak ve sezgisel olarak işlerin hangi işlem sırasına göre yapılacağını belirleyerek atölye şefine aktarmaktadır. Atölye şefi belirlenen sıraya göre işleri tezgâh ve personele dağıtmaktadır. Atölyedeki herhangi bir işini bitiren personel, bitirdiği işi dosyasıyla birlikte atölyede bulunan gidecek işler masasına bırakmaktadır. Atölye şefi ise belirlenmiş olan sıraya göre gelen işler masasından atölyede çalışmayı bekleyen işi alarak ilgili personele işi yapması için vermektedir. İşler yapılırken miktarı kaç adetse bütün miktarın işçiliği bitmeden başka bir iş araya sokulup tezgâha bağlanmamaktadır. Bu kapsamda simülasyon modelinde işlerin planlanan süreleri miktarlarıyla çarpılarak işlem süreleri oluşturulmuş ve sadece tek adet yapılmış gibi tanımlanmıştır.

Atölyelerde bulunan gelen iş ve giden iş masalarındaki işler, taşıma görevlileri tarafından kontrol edilmekte ve zaman kaybetmeksizin ilgili atölyesine sevk edilmektedir. Yerleşim yapısı gereği atölyeler arasındaki mesafenin on metreyi geçmeyecek şekilde yakın olmasından dolayı taşıma süresi üretimde etkin bir rol oynamamaktadır. Dolayısıyla simülasyon modelinde taşıma süresi sıfır olarak kullanılmıştır.

Fabrikada işlerin hangi sıraya göre yapılacağını belirlemenin, hedeflere etkin ve verimli şekilde ulaşılmasında büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda işlerin hangi sıraya göre yapılacağını belirlemede bazı yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemlerden bazıları şu şekildedir;

1. Sipariş miktarı fazla olan ilk yapılır,
2. Sipariş miktarı az olan ilk yapılır,
3. İşlem süresi en kısa olan ilk yapılır,
4. İşlem süresi en uzun olan ilk yapılır,
5. İşlem göreceği atölye sayısı fazla olan ilk yapılır,
6. İşlem göreceği atölye sayısı az olan ilk yapılır.
7. İlk gelen ilk yapılır,
8. Son gelen ilk yapılır,
9. Rastgele seçim,
10. Maliyeti yüksek olan ilk yapılır,
11. Maliyeti düşük olan ilk yapılır,
12. Gevşek süresi az olan ilk yapılır,
13. Teslim tarihi erken olan ilk yapılır.

Uygulanabilecek stratejiler incelendiğinde, siparişlerin aynı anda oluşmasından 7 ve 8, ürünlerin maliyet bilgilerinin olmamasından dolayı 9 ve 10, teslim ve gevşek sürelerinin olmamasından dolayı 11 ve 12. yöntemlerin fabrika yapısına uymadığı düşünülmüş ve değerlendirmeye alınmamıştır.

2.2.2 Verilerin Hazırlanması

Fabrikanın geçmiş bir dönemine ait imal edilen ürünlerin miktar ve atölyeler arası rota bilgileri, planlanan işlem süreleri, atölyede bulunan tezgah ve personel sayıları, personelin çalışma saatleri gibi simülasyon modelini oluşturmak için gerekli veriler fabrikadan alınmıştır.

Modelde kullanılacak ürünlerin dönem sipariş miktarı, toplam işlem süresi, işlem göreceği atölyelerin isimleri ve toplam sayısı, hangi atölyelerde ne kadar işlem göreceği, işlem göreceğini belirten rota ve normal dağılım sürelerini belirtmek için gerekli gösterim verileri Excel ortamında düzenli hale getirilmiştir.

Tablo 2.1. Verilerin hazırlanması sürecinden bir örnek

Ürün kodu	Sipariş miktarı	İlgili atölyeler	Her bir atölyedeki işlem süresi (Saat)	Normal dağılıma göre atölye bazında işlem süresi (Saat)	Toplam işlem süresi (Saat)	Normal dağılıma göre toplam işlem süresi (Saat)	Atölye sayısı	Rota
IAPFL1	65	TORNA	44,10	NORM(44,1,2,205)	83,30	NORM(83,3,4,165)	4	#1
		TESVİYE1	15,30	NORM(15,3,0,765)				
		TORNA	7,00	NORM(7,0,35)				
		TESVİYE1	16,90	NORM(16,9,0,845)				

Tablo 2.1.'de IAPFL1 sipariş kodlu örnek bir ürüne ait bilgiler sunulmuştur. Buna göre bu üründen 65 adet üretilecek ve bu ürün sırasıyla torna atölyesinde 44,1 saat, tesviye 1 atölyesinde 15,3 saat, tekrar torna atölyesinde 7 saat, ve tekrar tesviye1 atölyesinde 16,9 saat işlem görecektir. Atölyelerde geçirdiği zaman toplandığında 65 adetlik IAPFL1 kodlu siparişin 83,30 saat işçilik süresi ihtiyacı bulunmaktadır. Bu sürenin %5 standart sapma ile normal dağılıma uyan gösterim metni Normal Dağılıma göre Toplam İşlem Süresi sütununda gösterilmiştir. Siparişin işlem göreceği atölye sayısı ilgili sütuna yazılmış ve simülasyon modelinde bu işin sırasıyla hangi atölyeye gideceğini göstermek için rota kodu oluşturulmuştur. IAPFL1 kodlu işin rotası için #1 kodu verilmiştir. Aynı yolu izleyen farklı bir iş için yine aynı kod kullanılmamış farklı kod verilmiştir. Çünkü bazı işlerin yolu aynı olsa da atölyede göreceği işlem süresi farklı olacaktır. Elde edilen bu veriler simülasyon modelinin daha kolay hazırlanması için özetlenmiş ve 316 farklı ürünün özet verileri bazı örnekleri Tablo 2.2'deki gösterildiği gibi oluşturulmuştur.

Tablo 2.2. Özet verilerden örnekler

Ürün Kodu	Miktar	TOPZAM	YOLUZUN	ROTA
IAPFL1K	65	NORM(83.3,4.165)	4	#1
:	:	:	:	:
IBBNK1K	10	NORM(95.3,4.765)	11	#100
:	:	:	:	:
IA7301K	13	NORM(44.9,2.245)	5	#135
:	:	:	:	:
IA71C1K	14	NORM(83.8,4.19)	9	#148
:	:	:	:	:
ICAUO1K	149	NORM(260.9,13.045)	9	#163
:	:	:	:	:
IBAPN1K	6	NORM(22.1,1.105)	6	#284
:	:	:	:	:
IBANL1K	100	NORM(99.3,4.965)	3	#316

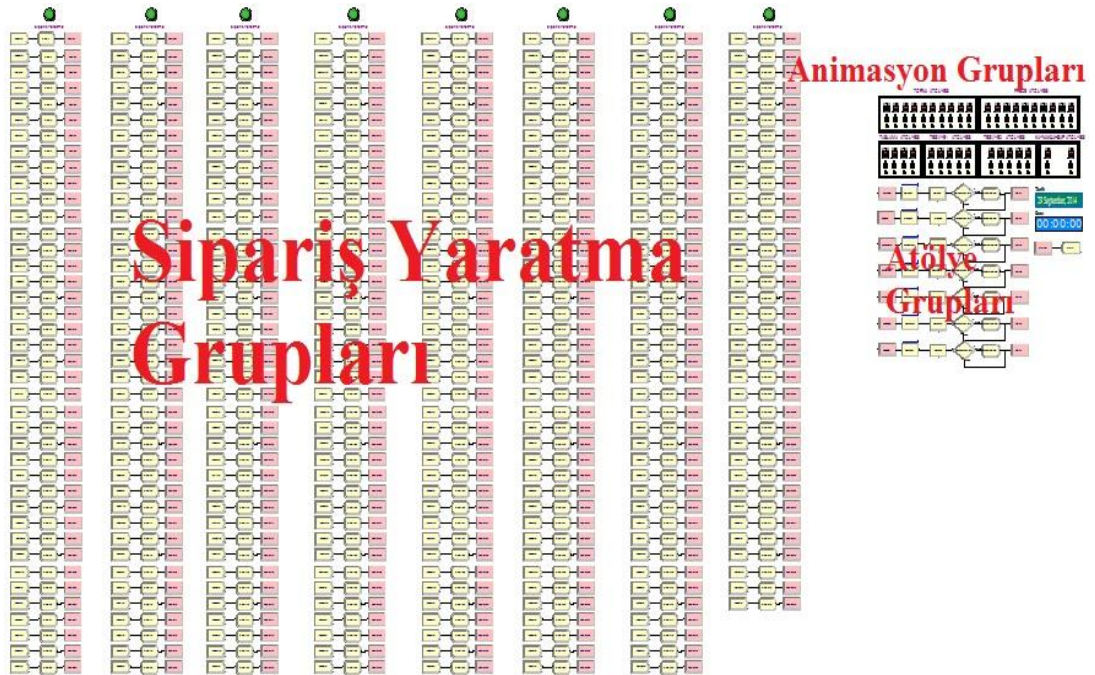
Siparişler ile ilgili verilerin hazırlanmasından sonra atölye ve personel ile ilgili veriler düzenlenmiştir. Atölyede bulunan personel aynı ihtisastadır ve tezgahlar aynı özelliklere sahiptir. Bu kapsamda bilgilerin alındığı dönemde atölyede çalışan personel ve tezgah sayıları Tablo 2.3'te sunulmuştur.

Tablo 2.3. Atölyelere ait tezgâh ve personel bilgileri

Atölyeler	Atölyedeki çalışan sayısı	Atölyedeki tezgah sayısı
Torna	10	30
Freze	10	30
Taşılama	4	25
Tesviye1	5	21
Tesviye2	5	22
Kaynak	1	5
Ahşap	1	3

2.2.3 Arena Modelinin Hazırlanması

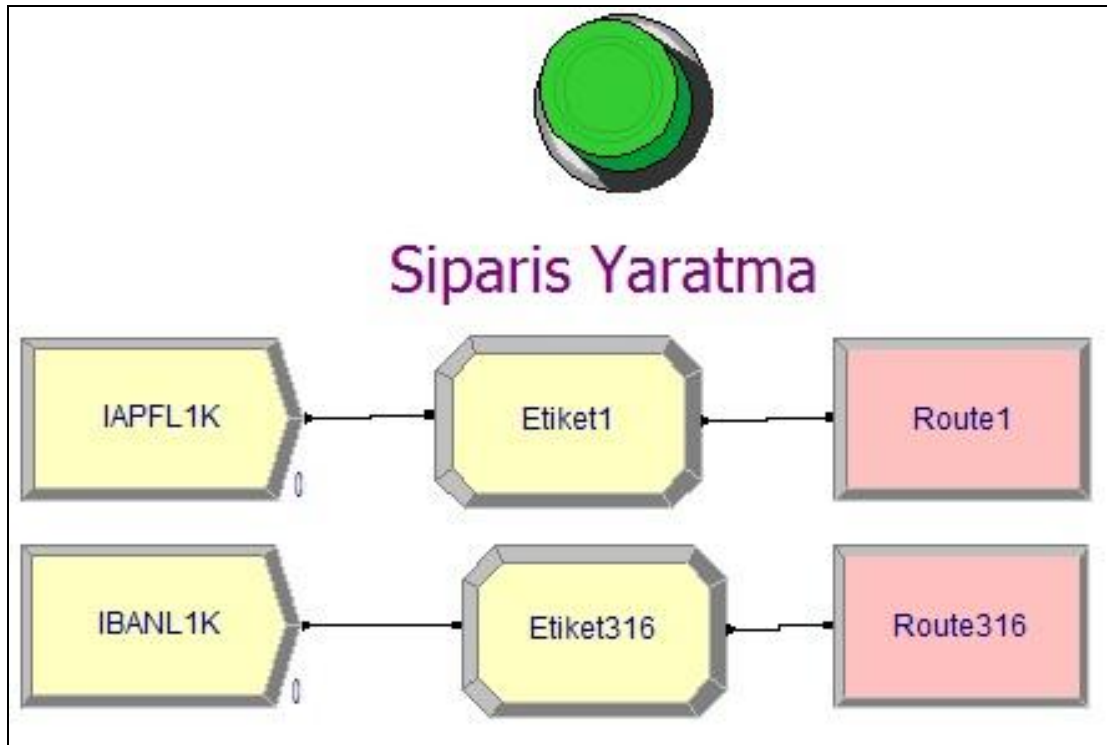
Arena simülasyon programında oluşturulmuş modellerin genel görünümü Şekil 2.2'de verilmiştir. Sipariş yaratma grupları, 316 farklı ürünün sistemde oluşturulması için tasarlanmıştır. Atölye grupları ise fabrikanın işleyiş yapısına uygun şekilde tasarlanarak oluşturulmuştur. Animasyon grupları ise modelin anlık durumunun izlenebilmesi ve yapılan modelin doğru çalışıp çalışmadığını test etmek için tasarlanmıştır.



Şekil 2. 2 Arena modeli akışı

Sipariş yaratma gruplarında oluşturulan siparişler kendi rotalarına göre atölye grupları içerisinde bulunan işlem göreceği ilgili atölye aktarılmaktadır. Atölye grupları içerisinde Torna, Freze, Taşlama, Tesviye1, Tesviye2, Kaynak, Ahşap ve Ambalaj atölyeleri bulunmaktadır. Bu atölyelerden Ambalaj atölyesi işlemleri bitmiş olan siparişlerin sistemden çıkış yapabilmesi için kullanılmaktadır. Modeldeki atölyelerin çalışma kuralları, fabrikanın işleyiş yapısına uygun şekilde tasarlanmıştır. Siparişlerin sistemden bitmiş ürün olarak çıkabilmesi için, kendi rotasında bulunan tüm atölyelere sırasıyla gitmesi gerekmektedir. İlgili atölyelerde siparişler öncelik verme stratejilerine göre işlem sırasına girer. Sırada bulunan işin işlemlerinin yapılabilmesi için gerekli olan personel ve tezgâh kaynakları sağlandığında, sipariş kendisi için gerekli olan süre kadar işlem görür. Siparişler rotasında belirlenmiş olan tüm atölyelerde işlemlerini bitirdiklerinde ambalaj atölyesi vasıtasıyla modelden çıkar.

İlgili simülasyon modelini Arena programında oluşturmak için öncelikle siparişlerin oluşturulmasını sağlayan *Create* modülü kullanılmıştır. 316 farklı ürün siparişi oluşturmak için 316 farklı *Create* modülü oluşturulmuş ve örneği Şekil 2.3'te sunulmuştur.



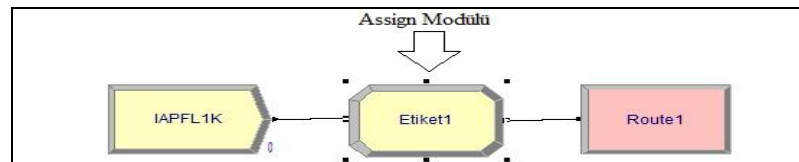
Şekil 2.3. *Create* modülü

Create modülünün ayarları ise Şekil 2.4'te gösterildiği gibi belirlenmiştir.

Şekil 2.4. Create modülü ayarları

Name kısmına *Create* modülünün adı, *Entity Type* kısmına varlığın sistem içerisinde izlenecek ismi yazılmıştır. Gelişler arası süreyi belirtmek için *Time Between Arrivals* kısmı kullanılmaktadır. Siparişlerin hepsi miktarlar süreye katıldığından dolayı sistemde sadece bir kez oluşacağı için gelişler arası süre kısmı bu çalışmada anlamsız kalmaktadır. Dolayısıyla bu kısımda 1 sembolik bir değer olarak belirlenmiştir. Siparişlerin sisteme kaç adet geleceği ise *Entities per Arrival* kısmında belirtilmektedir ve her dönem içerisinde tek bir sipariş oluşması için 1 olarak belirlenmiştir. 316 farklı ürün siparişinin, sistem çalışmaya başladığı anda gelişleri başlayacağından *First Creation* kısmı 0 olarak belirlenmiştir. İlgili üründen sisteme en fazla kaç adet gireceği ise *Max Arrivals* kısmına yazılmakta olup ilgili dönemde sadece tek bir sipariş oluşturulması için bu değer 1 olarak belirlenmiştir.

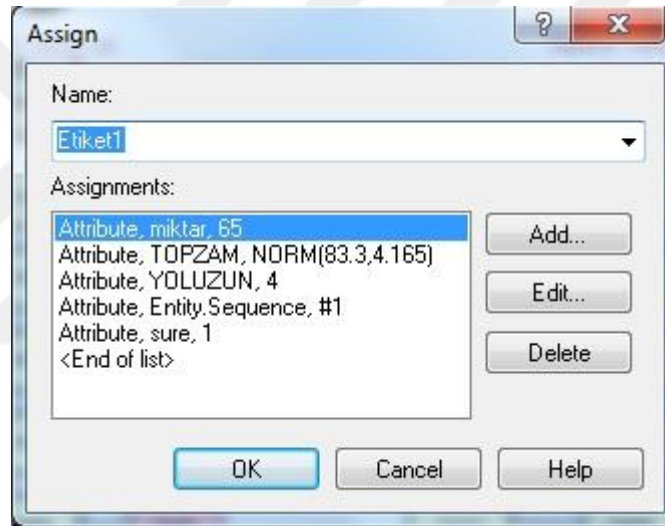
Sisteme giren siparişlerin hangi bilgilere sahip olduğunu temsil edildikleri varlıkların üzerine birer nitelik olarak etiketlemek için *Assign* modülü kullanılmış ve model üzerindeki görünümü Şekil 2.5'te sunulmuştur.



Şekil 2.5. Assign modülü

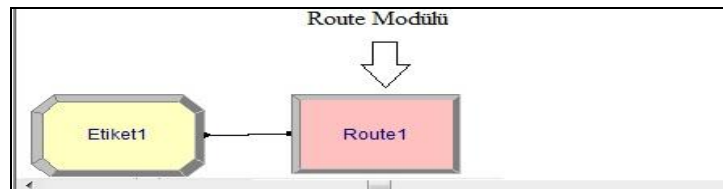
Bu modül ile sistemde oluşturulan varlıkların yani siparişlerin kendine özgü olan miktar, toplam işlem süresi, işlem göreceği atölye sayısı ve izleyeceği rota bilgileri girilmektedir.

Şekil 2.6’da görüldüğü gibi sistemde IAPFL1 ismiyle oluşturulmuş olan siparişin miktarının 65 adet olduğu, toplam işçilik süresini belirten TOPZAM değerinin normal dağılıma uygun olarak 83.3 saat ortalama ve 4.165 saat standart sapmaya sahip olduğu, işlem göreceği atölye sayısını gösteren yol uzunluğu olarak tabir edilecek YOLUZUN değerinin 4 olduğu ve #1 rotası olarak kodlanmış yola göre sistemde işlem göreceği belirtilmiştir. Ayrıca *sure* ismiyle bir nitelik oluşturulmuş ve sistemin hata vermemesi için sembolik olarak 1 değeri verilmiştir. Bu değer siparişin rotasında tanımlanmış olan atölyeye vardığında, o atölyede göreceği işlem süresi değeri ile değiştirilecektir. Geriye kalan 315 siparişin bilgileri de örnekte gösterilen sipariş gibi Tablo 2.2’de bazı örnekleri sunulmuş olan özet veri listesine göre oluşturulmuştur.



Şekil 2.6. Assign modülü ayarları

Siparişlerin sistemde oluşmasından sonra, rotada belirtilmiş olan ilgili atölyesine gidebilmesi için Şekil 2.7’de gösterildiği gibi *Route* modülü kullanılmıştır.



Şekil 2.7. Route modülü

Route modülünün üzerinde ismi yazılmış, *Route Time* yani taşıma süresinin belirtileceği kısma taşıma süresinin göz ardı edilebilecek kadar az olması ve Bölüm 2.2.1’de bahsedilen sebeplerden ötürü saat değeri “0” girilmiştir. Siparişlerin *Route* modülüne girdikten sonra hangi modülden çıkacağı *By Sequence* olarak ayarlanmıştır. Bu

seçeneğin seçilme sebebi her ürünün izleyeceği atölye sırasının ve sürelerinin farklı olması ve bu bilgilerin rota numarasına kodlanmış olmasıdır. Oluşturulan modüllerin ayarları Şekil 2.8’de gösterilmiştir.

The image shows a 'Route' dialog box with the following fields and options:

- Name:** A dropdown menu showing 'Route1'.
- Route Time:** A text input field containing '0'.
- Units:** A dropdown menu showing 'Hours'.
- Destination Type:** A dropdown menu showing 'By Sequence'.
- Buttons:** 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons at the bottom.

Şekil 2.8. *Route* modülü ayarları

By Sequence mantığı ile çalışacak olan *Route* modülü için, *Sequence* veri modülü kullanılarak ürünün hangi istasyonlara/atölyelere gideceği ve gittiği istasyondaki/atölyedeki işlem süreleri belirtilmiştir.

Simülasyon modelinde ürünlerin işlem göreceği atölyeleri diğer bir deyişle, *Route* modülü vasıtasıyla kullanılacak istasyonları tanımlamak için *Station* modülü kullanılmıştır. Şekil 2.9’da gösterilmiş olan bu istasyonlardan ambalaj istasyonu, işlemi bitmiş ürünlerin sistemden çıkış yapması için oluşturulmuştur.

Station - Advanced Transfer						
	Name	Station Type	Station Name	Parent Activity Area	Associated Intersection	Report Statistics
1 ▶	TORNA	Station	TORNA			✓
2	TESVİYE1	Station	TESVİYE1			✓
3	CIKISA	Station	AMBALAJ			✓
4	FREZE	Station	FREZE			✓
5	TESVİYE2	Station	TESVİYE2			✓
6	TASLAMA	Station	TASLAMA			✓
7	KAYNAK	Station	KAYNAK			✓
8	AHSAP	Station	AHSAP			✓

Şekil 2.9. *Station* modülü

Siparişlerin tanımlanmış olan istasyonlara *Route* modülü vasıtasıyla giderken izleyeceği yolu, yani rotalarını belirtmek için *Sequence* veri modülü kullanılmıştır. Bu modülde siparişlerin hangi istasyonlara gideceği sırasıyla oluşturulmuştur. Siparişlerin belirtilmiş olan istasyona vardığı zaman, *sure* niteliği değerinin güncellenmesi için *Assignments*

bölümü kullanılmıştır. Bu bölüm daha önceden oluşturulmuş ve siparişlere etiketlenmiş olan *sure* niteliğinin sembolik olarak belirlenmiş 1 değerini *Assignments* bölümünde yazan değer ile değiştirecektir. Bu sayede siparişlerin hangi atölyede ne kadar işlem göreceği belirlenmiş olacaktır.

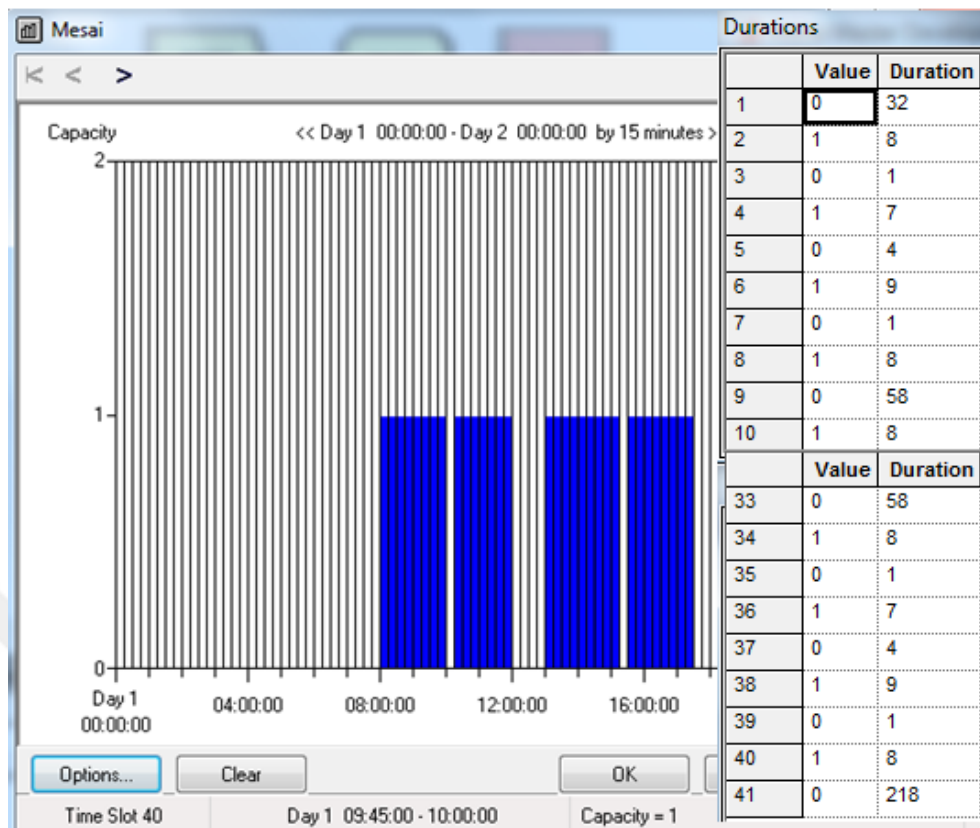
Sequence - Advanced Transfer			
	Name	Steps	
1	#1	5 rows	
Steps			
	Station Name	Step Name	Next Step
1	TORNA		
2	TESVİYE1		
3	TORNA		
4	TESVİYE1		
5	AMBALAJ		
10	#10	2 rows	
11	#11	7 rows	
Assignments			
	Assignment Type	Attribute Name	Value
1	Attribute	sure	norm(44.1,2.205)

Şekil 2. 10 *Sequence* veri modülü ayarları

Şekil 2.10'da gösterilen #1 rota etiketine sahip ürün, sırasıyla torna, tesviye1, torna, tesviye1 ve çıkış istasyonunu gösteren ambalaj atölyesine gidecektir. Bu yolu izlerken ilgili atölyeye geldiğinde kendisine tanımlanmış olan bir süre ataması var ise otomatik olarak o atölyedeki *sure* değeri kullanılacaktır. Yani iş torna atölyesine geldiğinde *sure* niteliğinin değeri, normal dağılıma uygun, ortalaması 44,1 saat ve standart sapması 2,205 saat olacak şekilde güncellenecektir. Ürün sırasıyla her yeni atölyeye vardığında bu değer atamada belirtilmiş süreye göre tekrar güncellenecektir. Ambalaj atölyesi çıkışı temsil ettiği için herhangi bir atama yapılmamıştır.

Fabrika içindeki tüm kaynakların modele yansıtılması için *Resource* veri modülü kullanılmıştır. Her atölye için personel ve tezgah olmak üzere iki tür kaynak söz konusudur. Bu modüle atölyelerde çalışan her personel ve tezgâhın bilgileri girilebilmektedir.

Kaynakların hangi zamanlarda çalışacağını belirlemek için ise *Schedule* veri modülü kullanılmıştır. Bu kapsamda personelin mesai saatleri göz önüne alınarak mesai çizelgeleri oluşturulmuştur. Mesai saatlerindeki kapasite 1 olarak belirlenmiş, dışında kalan saatler ve mola saatlerindeki kapasite 0 olarak ayarlanmış ve personel bu çizelgeye bağlanmıştır.



Şekil 2.11. *Schedule* veri modülü

Şekil 2.11’de gösterildiği gibi personel sabah saat 8’de çalışmaya başlamakta, 10:00’da 15 dakikalık mola vermekte, saat 12:00’da 1 saatlik yemek molasına çıkmakta, öğleden sonra 15:15’te tekrar 15 dakikalık mola yapmakta ve saat 17:30’da çalışmalarını bitirmektedir. Haftada sadece 5 iş günü çalışmakta ve 2 gün hafta sonu tatili yapmaktadırlar. Çizelge de buna uygun olarak ayarlanmıştır.

Kaynak bilgileri *Resource* veri modülüyle, personel veya tezgâh isimlerinin hangi atölyeye ait olduğunu kolayca gösterebilecek şekilde oluşturulmuştur. Bu modül ile kaynakların çalışırken mola saatine girilmesi durumunda nasıl bir hareket tarzı izleyeceği de belirlenebilmektedir. Fabrikadaki mola saatleri kesin sınırlara sahip olup eksik ya da fazla çalışılması istenmediğinden, oluşturulan çizelgelerin *Preempt* kuralına göre çalışması sağlanmıştır. Bu sayede çizelgede belirtilmiş olan saatlere uyulacak ve mola saatlerinde ve mesai bitiminde siparişler işlem görmeyecektir. Ayrıca kaynakların kullanım veya boş kalma saat ücretleri gibi kıstasların girilmesiyle maliyet analizi de yapılabilmektedir.

Fakat bu çalışmanın amacının dönem siparişlerini ürettikten sonra atölyelerdeki boş zamanı en çok yapan uygun stratejiyi bulmak olmasından, fabrikanın çalışan personele boş ya da dolu bakılmaksızın aynı ücreti ödemesinden ve uygulanacak stratejilerde maliyet farkı olmayacağından dolayı bu kısım kullanılmamıştır. Tezgâhların arıza yapması ve tekrar faaliyete geçmesi *Failures* veri modülü ile sağlanabilmektedir. Fakat fabrikanın arıza süreleriyle ilgili herhangi bir veri geçmişine sahip olmamasından ve tezgâh sayısının personel sayısından daha fazla olmasından dolayı, tezgâhların arıza yapması durumunda diğer tezgâhlar kullanılabileceği için bu kısım kullanılmamıştır.

Şekil 2.12'ye bakıldığında 33. sırada Tesviye2 atölyesinin 4. personeli olduğu ve çalışmasını “Mesai” isimli çalışma çizelgesine göre gerçekleştireceği, *Preempt* kuralı gereği çalışırken mola saatleri geldiğinde işe devam etmeyeceği ve mola saatlerine kesin olarak uyacağı anlaşılmaktadır. Tezgâhlar ise atölyedeki tezgâh miktarları göz önüne alınarak sabit kapasiteli olarak ayarlanmıştır.

Resource - Basic Process											
	Name	Type	Capacity	Schedule Name	Schedule Rule	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Stat
32	Tesviye2Pers3	Based on Schedule	Mesai	Mesai	Preempt	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
33	Tesviye2Pers4	Based on Schedule	Mesai	Mesai	Preempt	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
34	Tesviye2Pers5	Based on Schedule	Mesai	Mesai	Preempt	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
35	KaynakPers1	Based on Schedule	Mesai	Mesai	Preempt	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
36	AhsapPers1	Based on Schedule	Mesai	Mesai	Preempt	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
37	ahsap-tezgahları1	Fixed Capacity	3	3	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
38	tornatezgahları1	Fixed Capacity	30	30	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
39	Freze-tezgahları1	Fixed Capacity	30	30	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓

Şekil 2.12. Resource veri modülü

Simülasyon modelinde oluşturulan kaynakların nasıl kullanılacağı belirlenirken bazı yöntemler seçilebilmektedir. Bu yöntemlerde birisi de Set tipi kaynak seçme işlemidir. Set tipi kaynak seçme işlevini kullanabilmek için *Set* veri modülü kullanılarak grupların oluşturulması ve bu grupların içerisinde hangi kaynakların olduğu belirtilmelidir. Böylelikle gruplandırılmış olan kaynakların içerisinden belirlenecek kurallara göre kaynak seçimi yapılabilecektir. *Selection Rule* bölümünde bulunan seçenekler incelendiğinde “Cyclical” kaynakların sırasıyla ve döngüsel olarak seçilmesini, “Random” rastgele seçilmesini, “Preferred Order” sürekli boş olan ilk kaynağının seçilmesini, “Specific Member” önceden belirlenen bir niteliğe göre seçim yapılmasını

sağlamaktadır. “Largest Remaining Capacity” ve “Smallest Number Busy” ise kapasite ve meşguliyet durumlarına göre seçim yapılmasını sağlamaktadır.

Her atölyenin personeli ve tezgâhları için oluşturulmuş set gruplarından bazıları ve içerisinde yer alan kaynaklar Şekil 2.13’te sunulmuştur.

Set - Basic Process				Members	
	Name	Type	Members		Resource Name
2 ▶	tornapers	Resource	10 rows	1	TornaPers1
3	frezepers	Resource	10 rows	2	TornaPers2
4	taslamapers	Resource	4 rows	3	TornaPers3
5	tesviye1pers	Resource	5 rows	4	TornaPers4
6	tesviye2pers	Resource	5 rows	5	TornaPers5
7	kaynakpers	Resource	1 rows	6	TornaPers6
8	ahsappers	Resource	1 rows	7	TornaPers7
9	tornatezgahlari	Resource	1 rows	8	TornaPers8
10	frezetezgahlari	Resource	1 rows	9	TornaPers9

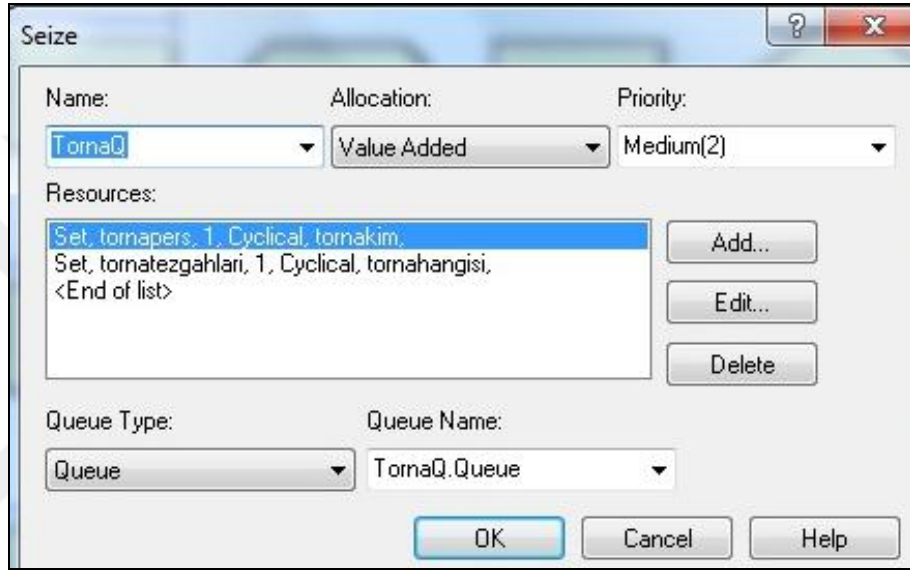
Şekil 2.13. Set veri modülü

Route modülü ve *Sequence* veri modülü vasıtasıyla işlem göreceği atölyeye gelen ürünler ilgili atölyenin *Seize* modülüne giriş yapar. Bu modül sistemde kuyruk oluşturmak için kullanılır yani bir anlamda atölyelerin gelen iş masasını temsil etmektedir. Kuyruğa giren siparişler kuyruktan çıkıp işlem görmeye geçerken siparişin hangi kaynaklar ile yapılacağı yine bu modülde belirlenmektedir. Set veri modülünde oluşturulmuş olan gruplardan uygun olan kaynaklardan döngüsel olarak seçilmesi için seçim tipi Set, seçim kuralı ise *Cyclical* olarak ayarlanmıştır ve örneği Şekil 2.14’te gösterilmiştir.

Type:	Set	
Set Name:	tornapers	Quantity: 1
Selection Rule:	Cyclical	Save Attribute: tornakim
	Cyclical Random Preferred Order Specific Member Largest Remaining Capacity Smallest Number Busy	Cancel Help

Şekil 2.14. Kaynak seçimlerimin ayarlanması

Şekil 2.15'te verilmiş olan Torna atölyesinin *Seize* modül ayarları incelendiğinde oluşacak kuyruğa *TornaQ* ismi verilmiştir. Kaynakların torna personeli ve torna tezgâhları arasından seçilmesi için Torna atölyesinin *Set* grubu seçilmiş ve seçim kuralı döngüsel olarak ayarlanmıştır. Seçilen personelin kim olduğunu belirtmek için *tornakim*, tezgâhın hangisi olduğunu belirtmek için *tornahangisi* niteliği oluşturulmuştur. Bu nitelik iş bittikten sonra tutulmuş olan kaynakların serbest bırakılması için gereklidir.



Şekil 2.15. Torna atölyesi *Seize* modülünün ayarlanması

Simülasyon modelinin çalıştığı herhangi bir andaki kuyrukta bekleyen 2 işin gösterimi Şekil 2.16'da gösterilmiştir.



Şekil 2.16. *Seize* modülünde bekleyen işlerin gösterimi

Atölyelerde işlem görmeyi bekleyen ürünlerin yani ilgili atölyelerin *Seize* modülüne ulaşan ve burada kuyrukta bekleyen işlerin hangisinin atölyede ilk işlem göreceği ise *Queue* veri modülü ile sağlanmaktadır. Bu modülün amacı kuyruğun hangi prensibe

göre ilerleyeceğini belirlemektir. Kuyruk kuralı oluşturulurken ilk olarak hangi niteliğe göre karar verileceği, daha sonradan ise seçilmiş olan niteliğin hangi değerine göre önceliklendirme yapılacağı seçilmektedir.

Karşılaştırmak istenilen altı farklı öncelik verme stratejisinin sonuçlarını almak için her seferinde tüm nitelikler sırasıyla değiştirilerek simülasyon farklı stratejilerde çalıştırılmıştır. İşlem göreceği atölye sayısının az veya çok olmasına göre öncelik verilmesi için nitelik kısmından “YOLUZUN” seçilmiştir. Atölye sayısı fazla olanın ilk işlem görmesini sağlamak amacıyla *Queue* veri modülü Şekil 2.17'deki gibi ayarlanmıştır.

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
1	TornaQ.Queue	Highest Attribute Value	YOLUZUN	☐	☒
2	FrezeQ.Queue	Highest Attribute Value	YOLUZUN	☐	☒
3	TaslamaQ.Queue	Highest Attribute Value	YOLUZUN	☐	☒
4	Tesviye2Q.Queue	Highest Attribute Value	YOLUZUN	☐	☒
5	KaynakQ.Queue	Highest Attribute Value	YOLUZUN	☐	☒
6	AhsapQ.Queue	Highest Attribute Value	YOLUZUN	☐	☒
7	Tesviye1Q.Queue	Highest Attribute Value	YOLUZUN	☐	☒

Şekil 2.17. *Queue* veri modülünün atölye sayısının yüksekliğine göre ayarlanması

Atölye sayısı az olanın ilk işlem görmesini sağlamak amacıyla *Queue* veri modülü Şekil 2.18'deki gibi ayarlanmıştır.

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
1	TornaQ.Queue	Lowest Attribute Value	YOLUZUN	☐	☒
2	FrezeQ.Queue	Lowest Attribute Value	YOLUZUN	☐	☒
3	TaslamaQ.Queue	Lowest Attribute Value	YOLUZUN	☐	☒
4	Tesviye2Q.Queue	Lowest Attribute Value	YOLUZUN	☐	☒
5	KaynakQ.Queue	Lowest Attribute Value	YOLUZUN	☐	☒
6	AhsapQ.Queue	Lowest Attribute Value	YOLUZUN	☐	☒
7	Tesviye1Q.Queue	Lowest Attribute Value	YOLUZUN	☐	☒

Şekil 2.18. *Queue* veri modülünün atölye sayısının düşüklüğüne göre ayarlanması

Sipariş miktarının az veya fazla olmasına göre öncelik verilmesi için nitelik kısmından “miktar” seçilmiştir. Sipariş miktarı fazla olanın ilk işlem görmesini sağlamak amacıyla *Queue* veri modülü Şekil 2.19’deki gibi ayarlanmıştır.

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
1	TornaQ.Queue	Highest Attribute Value	miktar	☐	☒
2	FrezeQ.Queue	Highest Attribute Value	miktar	☐	☒
3	TaslamaQ.Queue	Highest Attribute Value	miktar	☐	☒
4	Tesviye2Q.Queue	Highest Attribute Value	miktar	☐	☒
5	KaynakQ.Queue	Highest Attribute Value	miktar	☐	☒
6	AhsapQ.Queue	Highest Attribute Value	miktar	☐	☒
7	Tesviye1Q.Queue	Highest Attribute Value	miktar	☐	☒

Şekil 2.19. *Queue* veri modülünün sipariş miktarının yüksekliğine göre ayarlanması

Sipariş miktarı az olanın ilk işlem görmesini sağlamak amacıyla *Queue* veri modülü Şekil 2.20’deki gibi ayarlanmıştır.

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
1	TornaQ.Queue	Lowest Attribute Value	miktar	☐	☒
2	FrezeQ.Queue	Lowest Attribute Value	miktar	☐	☒
3	TaslamaQ.Queue	Lowest Attribute Value	miktar	☐	☒
4	Tesviye2Q.Queue	Lowest Attribute Value	miktar	☐	☒
5	KaynakQ.Queue	Lowest Attribute Value	miktar	☐	☒
6	AhsapQ.Queue	Lowest Attribute Value	miktar	☐	☒
7	Tesviye1Q.Queue	Lowest Attribute Value	miktar	☐	☒

Şekil 2.20. *Queue* veri modülünün sipariş miktarının düşüklüğüne göre ayarlanması

Toplam işlem süresinin düşük veya yüksek olmasına göre öncelik verilmesi için nitelik kısmından “TOPZAM” seçilmiştir. Toplam işlem süresi yüksek olanın ilk işlem görmesini sağlamak amacıyla *Queue* veri modülü Şekil 2.21’deki gibi ayarlanmıştır.

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
1	TornaQ.Queue	Highest Attribute Value	TOPZAM	☐	☒
2	FrezeQ.Queue	Highest Attribute Value	TOPZAM	☐	☒
3	TaslamaQ.Queue	Highest Attribute Value	TOPZAM	☐	☒
4	Tesviye2Q.Queue	Highest Attribute Value	TOPZAM	☐	☒
5	KaynakQ.Queue	Highest Attribute Value	TOPZAM	☐	☒
6	AhsapQ.Queue	Highest Attribute Value	TOPZAM	☐	☒
7	Tesviye1Q.Queue	Highest Attribute Value	TOPZAM	☐	☒

Şekil 2.21. *Queue* veri modülünün toplam zamanı yüksek olana göre ayarlanması

Toplam işlem süresi düşük olanın ilk işlem görmesini sağlamak amacıyla *Queue* veri modülü Şekil 2.22'deki gibi ayarlanmıştır.

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
1	TornaQ.Queue	Lowest Attribute Value	TOPZAM	☐	☒
2	FrezeQ.Queue	Lowest Attribute Value	TOPZAM	☐	☒
3	TaslamaQ.Queue	Lowest Attribute Value	TOPZAM	☐	☒
4	Tesviye2Q.Queue	Lowest Attribute Value	TOPZAM	☐	☒
5	KaynakQ.Queue	Lowest Attribute Value	TOPZAM	☐	☒
6	AhsapQ.Queue	Lowest Attribute Value	TOPZAM	☐	☒
7	Tesviye1Q.Queue	Lowest Attribute Value	TOPZAM	☐	☒

Şekil 2.22. *Queue* veri modülünün toplam zamanı düşük olana göre ayarlanması

Uygun sıralama koşulunu sağlayan ürünler kuyruktan çıkar ve *Process* modülüne giriş yapar. *Process* modülü, ürünlerin yapılması için bir araya getirilmiş olan ilgili kaynakları, ayarlanmış olan mantığa göre kullanır ve daha sonra serbest bırakır. Burada önemli olan nokta gecikme süresinin nasıl gerçekleşeceği. Modelde her bir ürün için ayrı ayrı *process* modülü kullanmak yerine gecikme tipi *Expression* yani ifade olarak seçilmiştir. Bu seçeneğin faydası *Expression* kısmına yazılan ifadenin sistemde değeri ne ise ona göre değer almasıdır. Bu sayede işlem süresi kısmına *sure* ifadesi yazılmış ve işlem süresinin önceden *Sequence* veri modülünün *Assignment* kısmında verilen görevler doğrultusunda belirlenmiş olan *sure* değeri kadar olması sağlanmıştır. Bu işlemler sürerken model aynı zamanda mesai saatleri kurallarına uyarak çalışır. Yani işi yapacak tezgâh, personel ve ürün tutulurken eğer mola veya mesai saatleri dışına denk gelirse işlemler tekrar mesai saatleri içerisine girinceye kadar işlem süresi duracak sadece mesai saatleri içerisinde çalışacaktır. İşlem süresi bittikten sonra ise ürün modülden çıkacak ve işi gerçekleştirmek için tutulmuş olan kaynaklar serbest bırakılacaktır.

Bu mantığa göre Seize modülünde tutulmuş olan kaynaklar ilgili işin işlem süresi kadar geciktirilecek ve süre bittikten sonra tornahangisi ve tornakim etiketlerine sahip olarak tutulmuş olan belirli kaynaklar serbest bırakılacaktır. İstatistiklerin tutulması için ise ilgili bölüm işaretlenmiştir.

Torna atölyesi için oluşturulmuş olan *Process* modülü ayarları Şekil 2.23'te gösterilmiştir.

Şekil 2.23. *Process* modülü ayarları

Atölyede işlem görerek çıkan ürünler tekrar *Route* modülüne gönderilir ve rotasının bitirilmesi sağlanır.

Fabrikanın planlı dönem işlerini en kısa sürede bitirerek, etüt/araştırma imalatı işlemlerine geçmesi ve planlı dönem işleri bitmeden araya etüt işleri alınmadığı için ilgili atölyelerde planlı dönem işlerinin bitmesi gerekmektedir. Simülasyon modelinde tüm siparişlerin atölyelerdeki işçiliğinin bittiğini anlamak için mantık sorgulaması yapan bir modüle ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüzden belirlenmiş kıstaslara göre sistemin sorgulama yapması ve sonucunda karar vererek belirlenmiş işlemin yapılmasını sağlayan *Decide* modülü kullanılmıştır. *Decide* modülü, ilgili atölyeden çıkan tüm siparişleri kontrol ederek o atölyede başka operasyon göreceği işlemin kalıp kalmadığını sorgulayacak ve sorgulama sonucunda operasyon kaldığı sürece siparişleri *Decide* modülünün *False* ucundan çıkartacak, başka operasyon kalmadığına karar verdiğinde ise modülünün *True* ucundan çıkmasını sağlayacaktır. Atölyedeki işin son sipariş olup olmadığını anlamak için tüm siparişlerin rotalarındaki atölye sayılarının analizi yapılmış ve ilgili atölyelerde toplam kaç operasyon gerçekleştirileceği hesaplanmıştır.

Operasyon sayılarına göre oluşturulan *Decide* modülü ayarları Şekil 2.24'te gösterilmiştir. Bu kapsamda torna atölyesi incelendiğinde torna operasyonundan çıkan siparişlerin sayısı 155 olduğunda koşul sağlanacak ve modülün *True* ucu kullanılacaktır.

Decide - Basic Process						
	Name	Type	If	Attribute Name	Is	Value
1	TornaOpBittimi?	2-way by Condition	Expression	Attribute 1	>=	TornaT.NumberOut == 155
2	FrezeOpBittimi?	2-way by Condition	Expression	Attribute 1	>=	FrezeT.NumberOut == 142
3	TaslamaOpBittimi?	2-way by Condition	Expression	Attribute 1	>=	TaslamaT.NumberOut == 119
4	Tesviye1OpBittimi?	2-way by Condition	Expression	Attribute 1	>=	Tesviye1T.NumberOut == 228
5	Tesviye2OpBittimi?	2-way by Condition	Expression	Attribute 1	>=	Tesviye2T.NumberOut == 114
6	KaynakOpBittimi?	2-way by Condition	Expression	Attribute 1	>=	KaynakT.NumberOut == 2
7	AhsapOpBittimi?	2-way by Condition	Expression	Attribute 1	>=	AhsapT.NumberOut == 23

Şekil 2.24. *Decide* modülü

Decide modülünün *True* uç kısmından çıkan siparişler, atölyedeki son iş olduğundan dolayı, sistemin anlık zamanının ne olduğunu kaydetmek için bir *Assign* modülü yaratılmıştır. Bu modül her atölye için oluşturulmuş ve sistem anının kaydını oluşturmak için *TNOW* komutu kullanılmıştır.

Torna atölyesi için oluşturulmuş olan *Assign* modülü Şekil 2.25'te gösterilmiştir.

The image shows a software dialog box titled "Assign". It has a "Name:" label followed by a text box containing "tornabitisetiket". Below this is an "Assignments:" label followed by a list box containing "Variable_tornabitiszaman.TNOW" and "<End of list>". To the right of the list box are three buttons: "Add...", "Edit...", and "Delete". At the bottom of the dialog are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Şekil 2.25. *TNOW* komutu

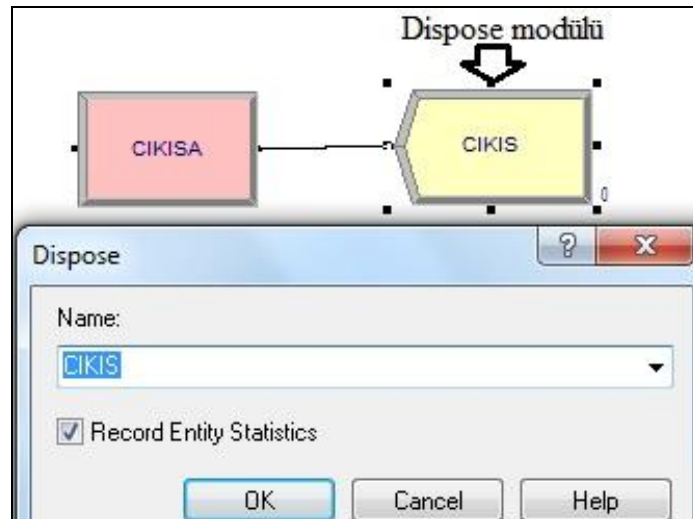
Farklı stratejileri kendi içlerinde daha kolay karşılaştırabilmek için ağırlıklı ortalama yolu seçilmiştir. Bu sayede her atölyenin farklı bitiş süreleri kendi ağırlıkları ile çarpılıp toplanarak o stratejiye ait tek bir bitiş süresine ulaşılmıştır. Atölyelerin ağırlıklarını belirlemek için o atölyede işlem görecektir iş sayısı, tüm atölyelerde işlem görecektir toplam iş sayısına bölünerek hesaplanmıştır. Örneğin torna atölyesinin ağırlığını hesaplamak için torna atölyesinde işlem görecektir iş sayısı yani 155, diğer atölyelerde işlem görecektir

iş sayılarının toplamı olan 783'e bölünmüş ve 0.198 sayısı torna atölyesinin ağırlığı olarak belirlenmiştir. Bu işlem diğer atölyeler içinde yapılmış olup, freze atölyesinin ağırlığı 0.181, taşlama atölyesinin ağırlığı 0.152, tesviye1 atölyesinin ağırlığı 0.291, tesviye2 atölyesinin ağırlığı 0.146, kaynak atölyesinin ağırlığı 0.003, ahşap atölyesinin ağırlığı ise 0,029 olarak hesaplanmıştır. Modelin ağırlıklı ortalamayı otomatik olarak hesaplayarak analiz raporunda göstermesi için *Statistic* veri modülü kullanılmıştır. Modülün ayarları ise Şekil 2.26'da gösterilmiştir.

Statistic - Advanced Process				
	Name	Type	Expression	Report Label
1	Ağırlıklı Ortalama Hesaplama	Output	ahsapbitis zaman*0.029+frezebitis zaman*0.181+kaynakbitis zaman*0.003+ taslamabitis zaman*0.152+tesviye1bitis zaman*0.291+tesviye2bitis zaman*0.146+tornabitis zaman*0.198	Ağırlıklı ortalama

Şekil 2.26. *Statistic* veri modülünün ayarlanması

Modelde oluşturulmuş tüm ürünlerin sistemden çıkması için *Dispose* modülü kullanılmaktadır. Şekil 2.27'de gösterildiği gibi son istasyon olarak belirlenen ambalaj istasyonundan sonra *Dispose* modülü oluşturulmuş ve böylece siparişlerin modeli terk etmeleri sağlanmıştır.

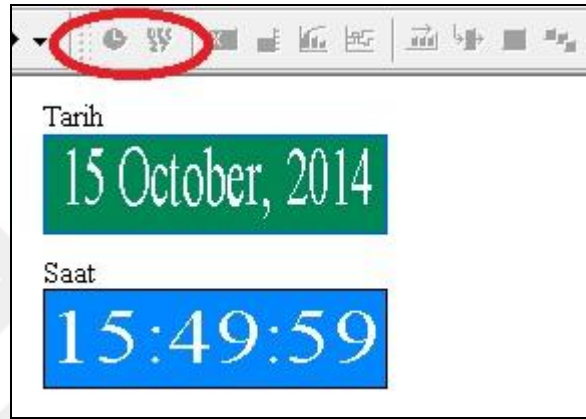


Şekil 2.27. *Dispose* modülü

Simülasyon modelinin çalışması için gerekli olan tüm modüller fabrikanın çalışma prensiplerine göre ayarlandıktan sonra, simülasyon çalışırken kullanıcıların sistemi daha kolay ve anlaşılabilir şekilde takip edebilmesi amacıyla bazı animasyon modülleri

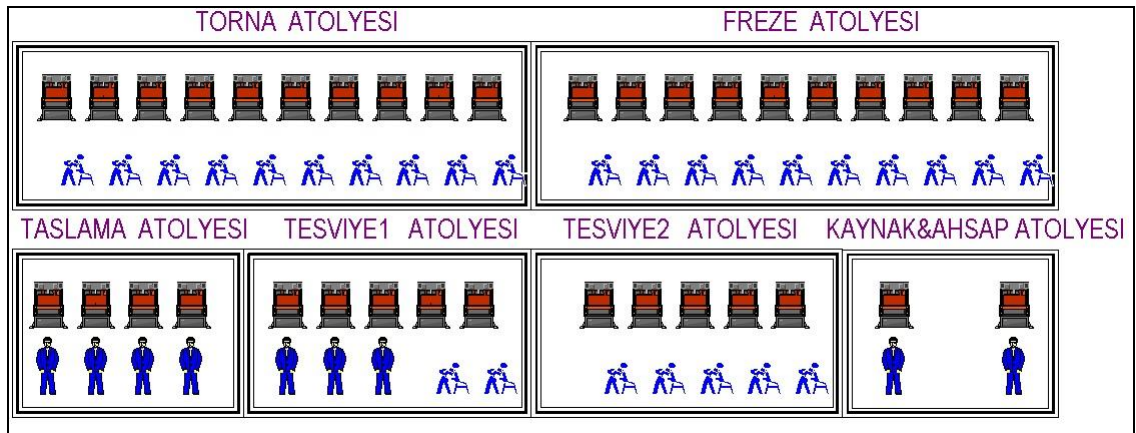
kullanılmıştır. Bu kapsamda sistem zamanının görselleştirilmesi için *Date* ve *Clock Animation* modülleri, sistemdeki personelin çalışma durumlarının görüntülenmesi için *Resource Animation* modülü kullanılmıştır. Simülasyon çalışmaya başladığı anda animasyonlar da ayarlandıkları şekilde değerler alacak veya sistemin durumlarını gösterecek şekilde görselleri değişecektir.

Modelin çalışırken 3 aylık döneme ve mesai zamanlarına uyduğunu kontrol edebilmek için kullanılan tarih ve saat animasyon modülleri Şekil 2.28’de gösterilmiştir.



Şekil 2.28. Tarih ve saat gösterimi

Atölye personelinin, modelin çalışma anındaki görüntüsü ise Şekil 2.29’da gösterilmiştir. Hangi personelin çalıştığı hangi personelin çalışmadığı kolayca anlaşılabilmektedir. Buna göre taşlama, kaynak ve ahşap atölyesindeki personel ile tesviye1 atölyesindeki birinci, ikinci ve üçüncü personel iş beklerken diğer tüm personel çalışır durumdadır.



Şekil 2.29. Model çalışırken atölyelerdeki personelin durumları

Simülasyon modelinde oluşturulan bu animasyonlar aynı zamanda fabrikanın gerçek sistem yapısına göre ayarlanmış olan modüllerin kontrol edilmesinde de büyük yarar sağlamaktadır. Bu animasyonlar sayesinde model çalışırken sistemdeki anlık zamanına göre kaynakların ne durumda olduğu kolayca görülebildiğinden personelin belirlenmiş olan çalışma takvimine ve molalara riayet edip etmedikleri kontrol edilebilmektedir.

2.2.4 Simülasyon Çalıştırma Ayarlarının Yapılandırılması

Simülasyonun çalıştırma ayarları “Run Setup” modülü ile ayarlanmaktadır. Çalıştırma ayarlarının replikasyon parametreleri bölümünde simülasyonun hangi tarihte ve ne zaman başlayacağı, simülasyonun süre biriminin ne olacağı, bir günün kaç saat olacağı, simülasyonun ne zaman biteceği, simülasyonun kaç kez çalıştırılacağı ve farklı çalıştırmaların birbiriyle etkileşiminin olup olmayacağı gibi ayarların nasıl olacağı belirlenmektedir.

Simülasyon modellerinde replikasyon, simülasyon modelindeki girdi değerlerinin belirlenmiş sınırlara bağlı kalmak şartıyla değişik değerler almasıdır. Yani replikasyon sayısı 1 olan model her çalıştırıldığında aynı sonuçları verecek, replikasyon sayısı değiştirildiğinde ise model içerisindeki olasılık değerlerine bağlı kalınarak veriler değişecek ve dolayısıyla replikasyon sayısı kadar farklı sonuç ortaya çıkacaktır. Simülasyonlarda doğru ve güvenilir sonuçlara ulaşmak için replikasyon sayısının birden fazla olması gerekir ve farklı sonuçlar değerlendirilmelidir. Bu yüzden replikasyon sayısının doğru bir şekilde belirlenmesi önem arz etmektedir.

Replikasyon sayısının belirlenmesi için başlangıçta en az 10 replikasyon gerekmekte olup daha iyi sonuçların elde edilebilmesi için hem önem düzeyi değerinin, hem de bağıl hata değerinin %1-%5 arasında olması tercih edilmelidir [32].

Replikasyon sayısını belirlemek için Denklem 2.1'deki "Sabit örneklem büyüklüğü yöntemi" ve Denklem 2.2'deki "Bağıl hata (g) formülü" kullanılmıştır [32].

$$n_r^*(\gamma) = \min \{ i \geq n: \frac{t_{i-1,1-\alpha/2}\sqrt{S^2(n)/i}}{|\bar{X}(n)|} \leq \gamma' \} \quad (2.1)$$

$$\gamma' = \frac{\gamma}{(1+\gamma)} \quad (2.2)$$

$n_r^*(\gamma)$: Bağıl hataya bağlı örneklem büyüklüğü

n : Başlangıçta yapılan replikasyon sayısını,

i : Gerekli replikasyon sayısını,

$\bar{X}(n)$: Başlangıçta yapılan n replikasyonun ortalamasını,

$S(n)$: Başlangıçta yapılan n replikasyonun standart sapmasını,

α : Önem düzeyini

γ : Bağıl hata değeri

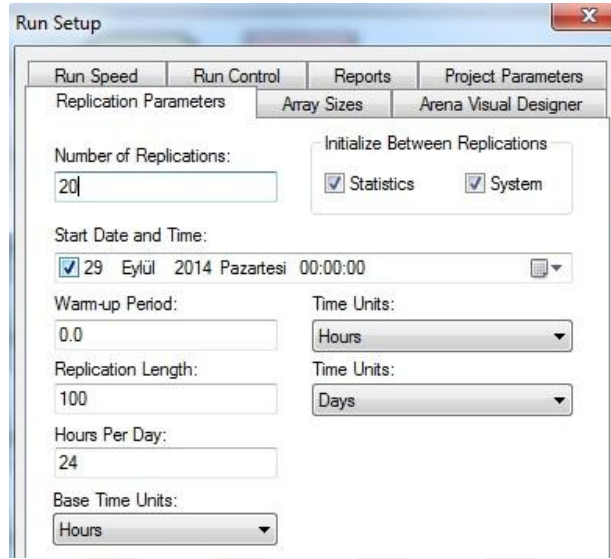
γ' : Düzeltilmiş bağıl hata değerini göstermektedir.

$i=n$ için değerleri yukarıdaki formülde yerine koyduğumuzda bulduğumuz değer, düzeltilmiş bağıl hata değerinden küçük veya eşit ise başlangıç replikasyon sayısı yeterlidir. Aksi takdirde i değerini arttırarak formülde yeni değerler hesaplanır ve gerekli replikasyon sayısı bulunur. Bu hesaplamanın kolay şekilde yapılması için Excel dosyasında gerekli formüller oluşturulmuş ve formülasyon Şekil 2.30'da sunulmuştur. Yeterlilik testi sonuçları 3. bölümde verilmiştir.

	A	B	C
1	Strateji	Hangi Stratejiyi Kullandığınızı Yazın	Ağırlıklı Ortalama
2	Veri Aralığını Seçin	(C2;C100)	1.Sonuç
3	Güven Aralığı % Kaç Olsun	Güven Aralığı Değerini Yazınız (95-99 arası girin)	2.Sonuç
4	Replikasyon Sayısı	BAĞ DEĞ DOLU SAY(B2)	3.Sonuç
5	Varyans	VAR(B2)	4.Sonuç
6	Ortalama	ORTALAMA(B2)	.
7	t tablo değeri; Tn-1,1-α/2	TTERS(1-((B3)/100);(B4)-1)	.
8	Sabit örneklem büyüklüğü yöntemi; (Tn-1,1-α/2)*(KAREKÖK(varyans/n))/ortalama	(B7)*(KAREKÖK(VAR(B2)/(B4)))/(ORTALAMA(B2)))	.
9	Düzeltilmiş Bağıl Hata: $\gamma' = \gamma/(1+\gamma)$	1-(B3/100)/(1+(1-(B3/100)))	.
10	Gözlem sayısı yeterli mi? Bulunan X değeri hata değerinden küçük mü?	EĞER(B8<=B9) ; "Yeterli"; "Yetersiz"	.
11	Bağıl Hata; γ	1-(B3/100)	.

Şekil 2.30. Sabit örneklem büyüklüğü formülün Excel yardımıyla hesaplanması

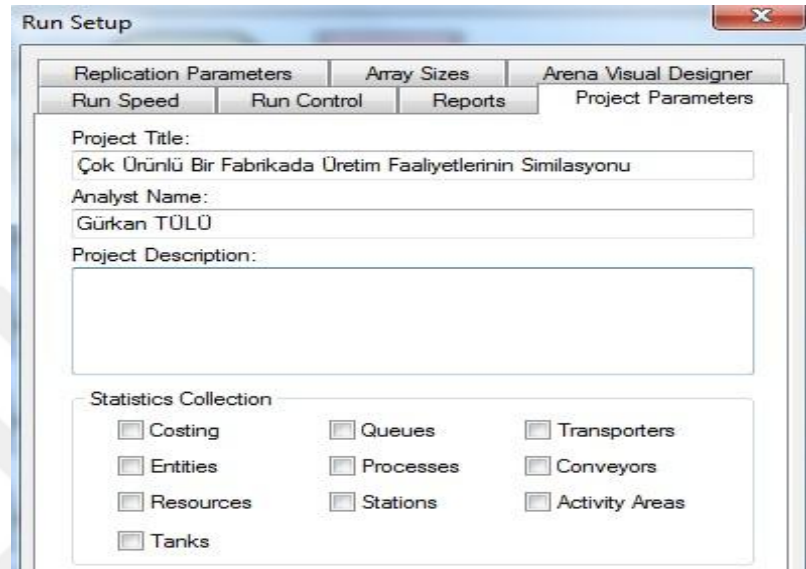
Replikasyon parametrelerinin ayarları şekil 2.31’de gösterilmiştir.



Şekil 2.31. Replikasyon parametrelerinin ayarlanması

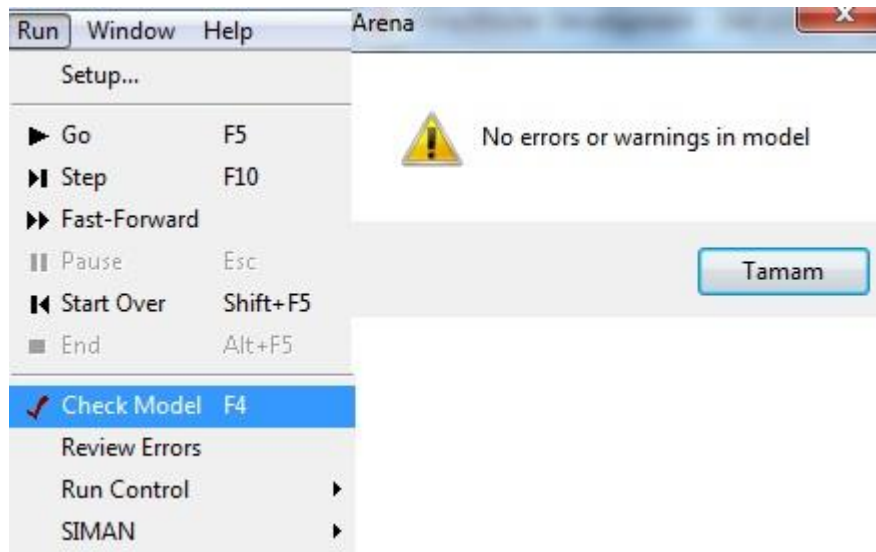
Sistemin temel süre birimi saat olarak seçilmiştir. Modelin bir sonraki güne geçmesi için gereken süre yani bir günün uzunluğu *Schedule* modülü ile mesai saatleri planlandığı için 24 saat olarak belirlenmiştir. 24 saat içerisinde kaynaklar sadece mesai saatleri içerisinde çalışacaktır. 24 saatin tamamlanmasıyla sistem bir sonraki güne geçecektir. Replikasyon uzunluğu ise bazı operasyonların stratejilere göre dönem içerisinde yetişememesinden dolayı 90 gün olarak belirlenmemiştir çünkü sistemin sonuç verebilmesi için tüm siparişlerin işlemlerinin biterek, işlemin bitip bitmediğini sorgulayan ve zaman etiketleyen modülden geçmesi ve zaman etiketlenmesi gerekir. Zaman etiketlenmediği durumda sistem, atölyenin işlem bitme zamanı sıfır olarak çıkmakta ve ağırlıklı ortalama sonucunu olumsuz şekilde etkilemektedir. Bu kapsamda replikasyon uzunluğu stratejilerin sonuç verebilmesi için 100 gün olarak ayarlanmıştır. Replikasyon sonuçlarının birbirinden bağımsız olması için istatistikler ve model bölümleri işaretlenmiştir. Replikasyon uzunluğu ilk olarak 10 olarak belirlenmiştir. Çıkan sonuçlar yeterlilik testine sokulmuş ve test sonucu replikasyon sayısının yetersiz kaldığı görülmüştür. Replikasyon sayısı 20 olarak ayarlanmış ve model yeniden çalıştırılarak çıkan sonuçlar yeterlilik testine sokulmuştur. Çıkan sonuçlar yeterlilik testinden geçtiği için replikasyon sayısı 20 olarak belirlenmiştir.

Proje parametreleri bölümünün ayarları Şekil 2.32’de belirtilmiştir. Model çalıştıktan sonra raporda yer alması istenen özellikler bu bölümde seçilebilmektedir. Çalışma sonuçları incelenirken bu istatistiklerden herhangi birine ihtiyaç duyulmayacağı için ve modelin daha hızlı rapor vermesi için bu bölümden herhangi bir özellik seçilmemiştir.



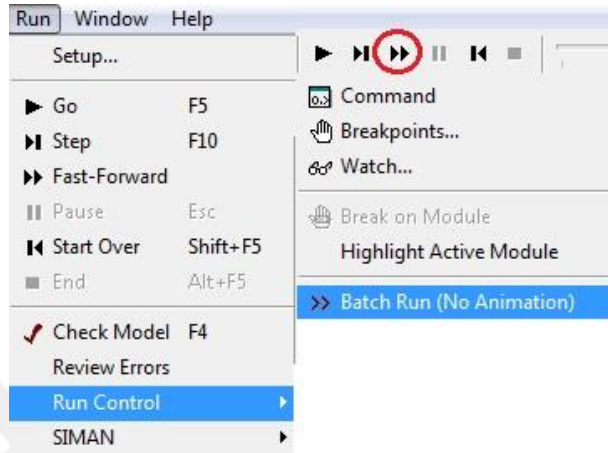
Şekil 2.32. Proje parametrelerinin ayarlanması

Model çalıştırma ayarları girildikten sonra modelin doğruluğu Şekil 2.33’te gösterildiği gibi “Check Model” sorgusu ile kontrol edilmiş ve modelin çalışmasını engelleyecek hata bulunamamıştır.



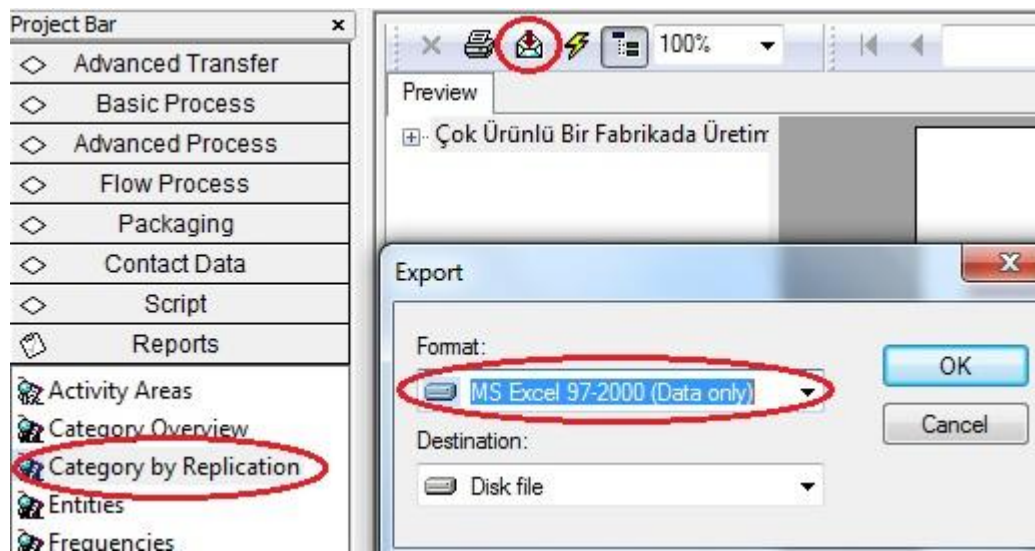
Şekil 2.33. Modelin test edilmesi

Simülasyon modeli hatasız şekilde çalışmaya hazır olduğu için model çalıştırılmaya geçilmiştir. Modelin normal çalışmasında modüller kontrol edilmiş ve herhangi bir aksaklık ile karşılaşılmamıştır. Simülasyon sonuçlarının daha hızlı alınması için Şekil 2.34'te gösterildiği gibi “*Batch Run (No Animation)*” seçeneği aktif hale getirilmiştir.



Şekil 2.34. *Batch Run* seçeneğinin kullanılması

Çıkan rapor sonuçlarını daha kolay analiz edebilmek maksadıyla sonuçlar Şekil 2.35'te gösterildiği gibi Excel sayfasına aktarılmıştır. Veriler alınırken Replikasyonlu sonuçların alınması için raporda gerekli kısım seçilmiş daha sonra dışa aktarma komutuyla verilerin hızlı şekilde hazırlanabilmesi maksadıyla sadece verilerin verileceği Excel programı seçilmiştir.



Şekil 2.35. Simülasyon raporlarının Excel programına aktarılması

Aktarılmış olan veriler bir dizi işlemten geçirilerek Şekil 2.36’da gösterildiği gibi sadeleştirilmiştir. Replikasyon 1’in ağırlıklı ortalaması 1957 saat, freze atölyesinin bitiş zamanı 1934 saat çıkarken, Replikasyon 10’un ağırlıklı ortalaması 1940 saat, freze atölyesinin bitiş zamanı 1929 saat çıkmıştır. Verilerin daha kolay filtrelenebilmesi için atölye bitiş süreleri ve Replikasyonun ağırlıklı ortalama süresi ayrı sütunlara saat biriminde yazılmıştır.

	A	B	C	D
1	Replikasyon	Atölyeler	Ağırlıklı Ortalama Süresi	Süre
2		ahsapbitiszaman		1.736,20
3		frezebitiszaman		1.934,69
4		kaynakbitiszaman		537,35
5		taslamabitiszaman		1.881,54
6		tesviye1bitiszaman		2.198,06
7		tesviye2bitiszaman		1.528,54
8		tornabitiszaman		2.053,91
9	Replication 1	Ağırlıklı ortalama	1.957,61	
10		ahsapbitiszaman		1.739,33
11		frezebitiszaman		1.929,33
12		kaynakbitiszaman		562,63
13		taslamabitiszaman		1.862,05
14		tesviye1bitiszaman		2.193,90
15		tesviye2bitiszaman		1.451,87
16		tornabitiszaman		2.049,53
17	Replication 10	Ağırlıklı ortalama	1.940,58	

Şekil 2.36. Sonuçların Excelde düzenlenmesi

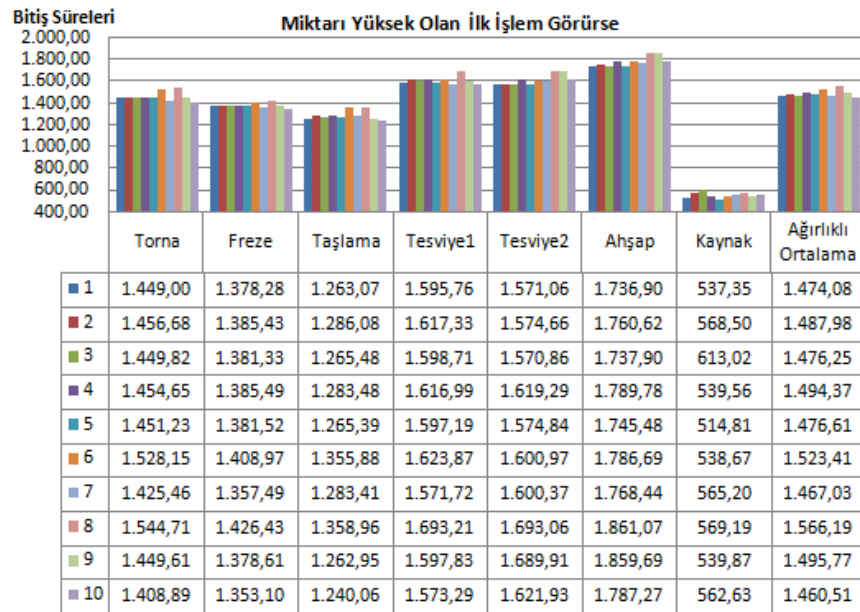
3. BÖLÜM

DENEYSEL BULGULAR

3.1 Replikasyon sayısının 10 olarak belirlenmesi

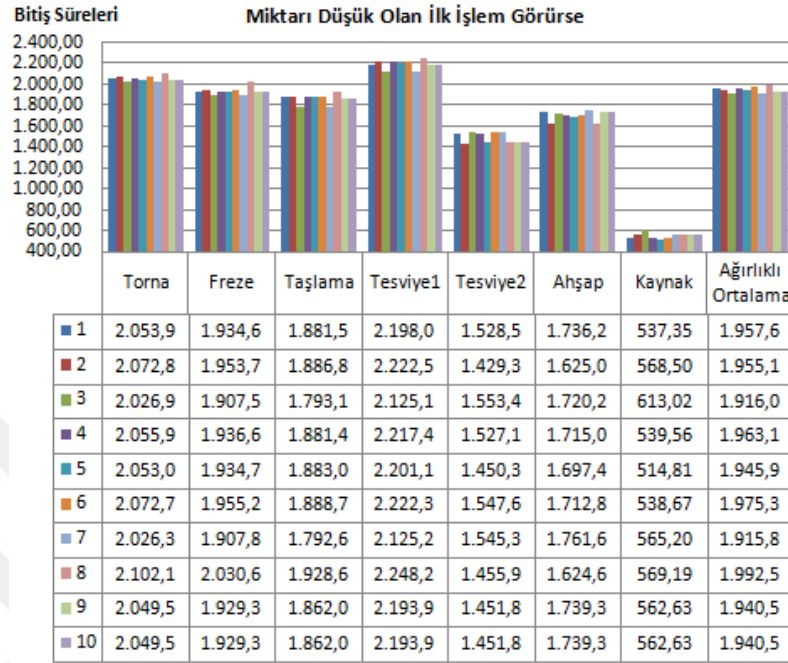
Replikasyon sayısı en az seçilebilen değer olan 10 olarak ayarlanmış ve model belirlenmiş olan 6 farklı stratejiye göre çalıştırılmıştır. Raporlarda çıkan sonuçlar Excel dosyasına aktarılmıştır. Aktarılmış olan sonuçlar düzenlenerek, Excelde hazırlanmış olan sabit örneklem büyüklüğü yöntemi formülüne göre yeterlilik testine sokulmuştur.

Miktar değeri yüksek olanın ilk işlem görmesi stratejisinin seçilmesi durumunda elde edilen sonuçlar Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Grafiğin solundaki sayılar model çalışmaya başladıktan kaç saat sonra atölyede işlem göreceğ işin kalmayacağını göstermektedir. Grafiğin altındaki veriler ise kaçınıcı Replikasyona ait olduğunu ve atölye bazında bitiş süre değerlerini saat biriminde belirtmektedir. *Statistic* veri modülünde belirlenmiş formüle göre çıkan ağırlıklı ortalama değerleri en sağda yer almaktadır.



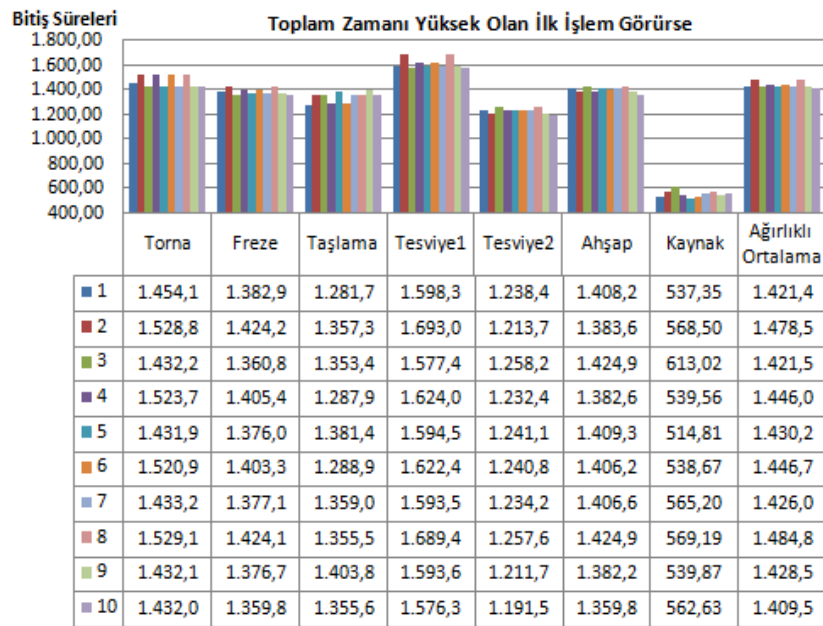
Şekil 3.1. Miktarı yüksek olanın ilk işlem görmesi durumunda sonuçlar

Miktar değeri düşük olanın ilk işlem görmesi stratejisinin seçilmesi durumunda elde edilen sonuçlar Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



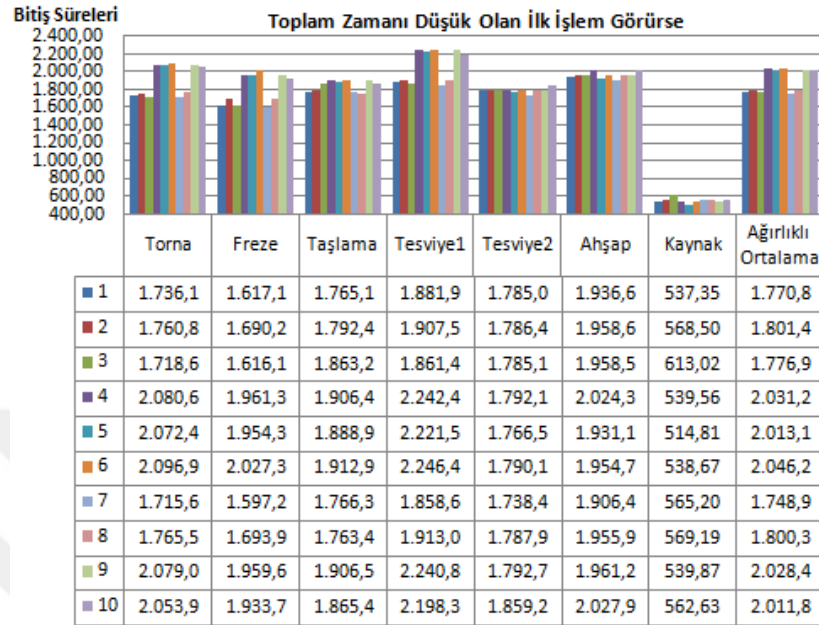
Şekil 3.2. Miktarı düşük olanın ilk işlem görmesi durumunda sonuçlar

Toplam işlem süresi yüksek olan siparişin ilk işlem görmesi stratejisinin seçilmesi durumunda elde edilen sonuçlar Şekil 3.3’te gösterilmiştir.



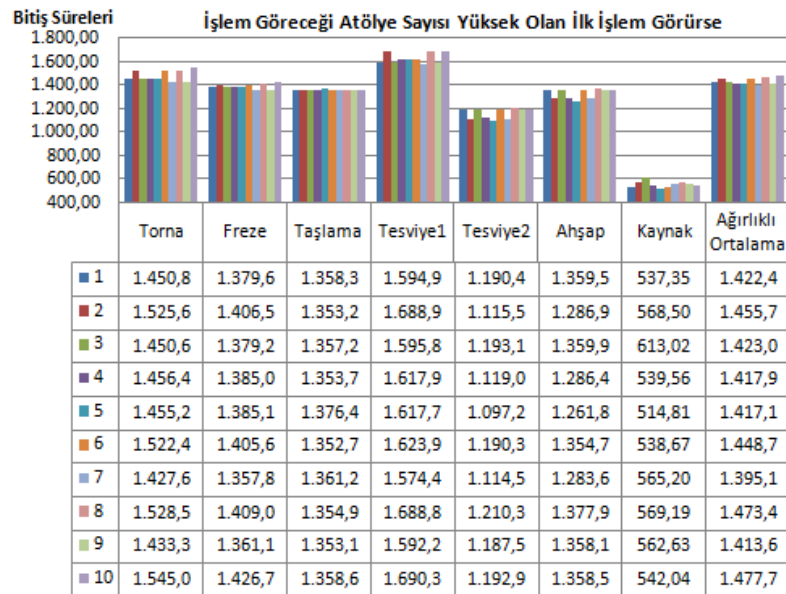
Şekil 3.3. Toplam işlem süresi yüksek olan siparişin ilk işlem görmesi durumunda çıkan sonuçlar

Toplam işlem süresi düşük olan siparişin ilk işlem görmesi stratejisinin seçilmesi durumunda elde edilen sonuçlar Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



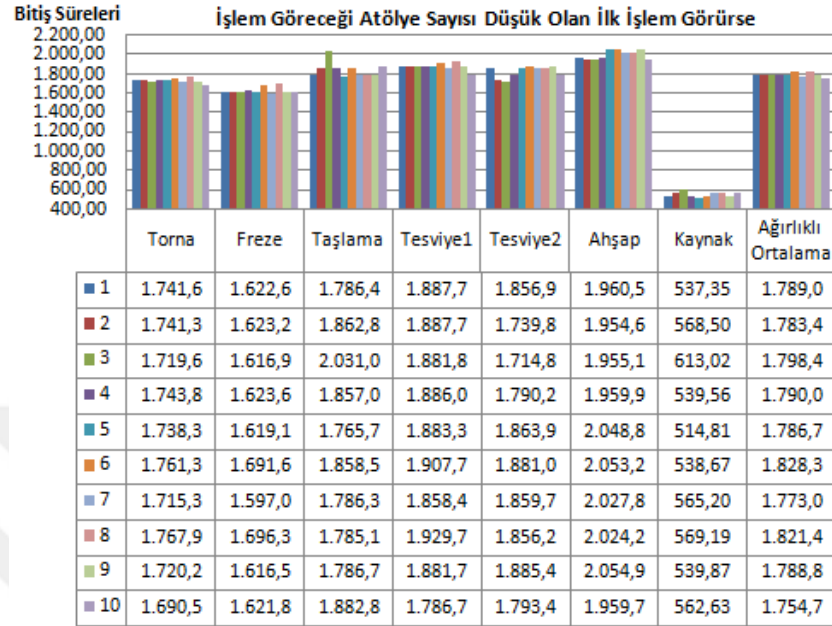
Şekil 3.4. Toplam işlem süresi düşük olan siparişin ilk işlem görmesi durumunda çıkan sonuçlar

İşlem göreceği atölye sayısı fazla olan siparişin ilk işlem görmesi stratejisinin seçilmesi durumunda elde edilen sonuçlar Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. İşlem göreceği atölye sayısı yüksek olan siparişin ilk işlem görmesi durumunda çıkan sonuçlar

İşlem göreceği atölye sayısı düşük olan siparişin ilk işlem görmesi stratejisinin seçilmesi durumunda elde edilen sonuçlar Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. İşlem göreceği atölye sayısı düşük olan siparişin ilk işlem görmesi durumunda çıkan sonuçlar

	Yol Uzunluğu		Miktar		Toplam Zaman	
Strateji	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük
Replikasyon Sayısı	10	10	10	10	10	10
Varyans	556,073	455,04	994,147	604,373	623,717	17183,1
Ortalama	1.428,19	1.791,43	1.492,22	1.953,27	1.439,35	1.902,96
$Tn-1,1-\alpha/2$	2,262	2,262	2,262	2,262	2,262	2,262
Formül sonucu	0,01181	0,00852	0,01512	0,009	0,01241	0,04928
Güven Aralığı Sınırı	0,04762	0,04762	0,04762	0,04762	0,04762	0,04762
Gözlem Yeterli Mi?	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yetersiz
y	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
$y'=y/(y+1)$	0,04762	0,04762	0,04762	0,04762	0,04762	0,04762
Güven Aralığı Kaç Olsun	%	95				

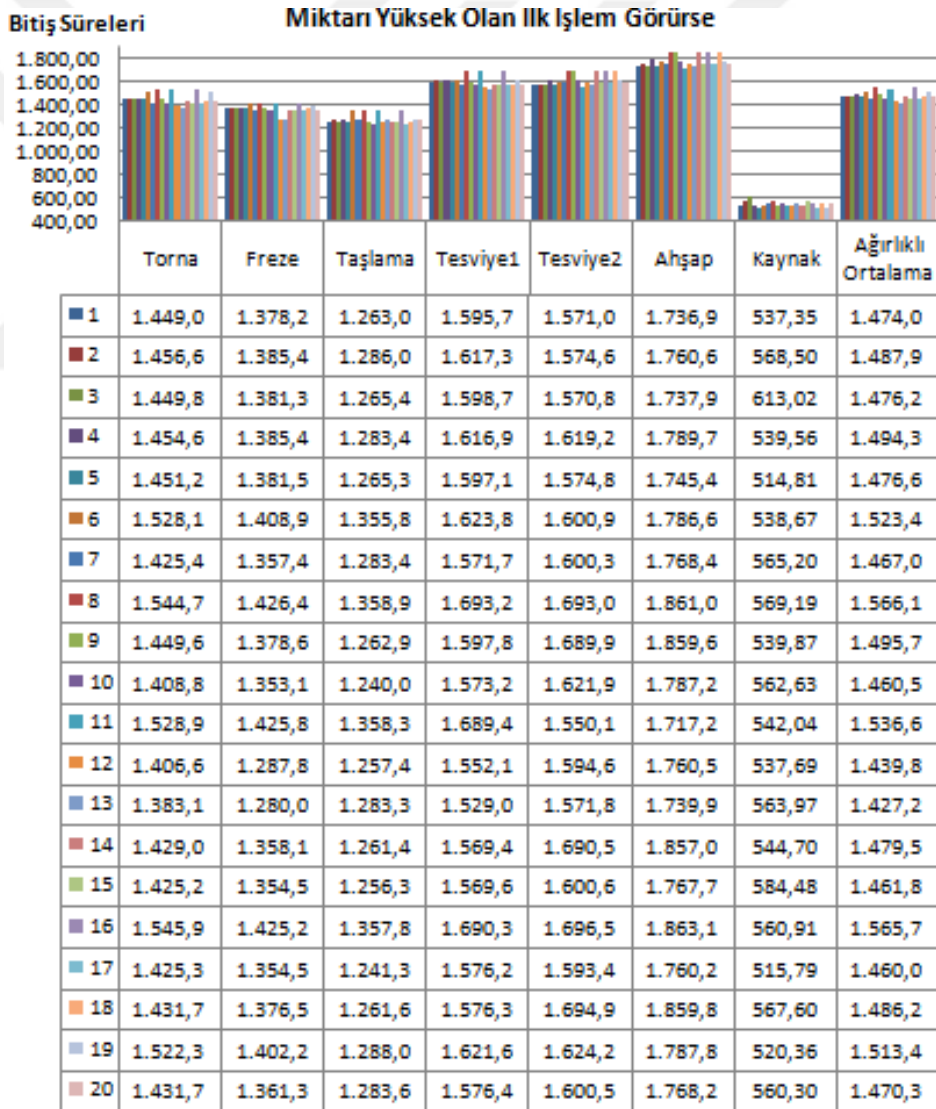
Şekil 3.7. Replikasyon sayısı 10 olan modele göre yeterlilik testi sonucu.

Modelin farklı stratejiler ile çalıştırılması sonucu ortaya çıkan ağırlıklı ortalama bitiş saat değerleri, sabit örneklem büyüklüğü yöntemi ve bağıl hata değeri formülüne göre Excelde oluşturulmuş olan Replikasyon yeterlilik testine tabi tutulmuştur. Stratejilerin yeterlilik durumları Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Sonuçlara göre Toplam işlem zamanı düşük olan sipariş öncelikli işlem görür stratejisi hariç diğer stratejiler için Replikasyon sayısının 10 olması %95 güven aralığında yeterli çıkmıştır.

3.2. Replikasyon Sayısının 20 Olarak Belirlenmesi

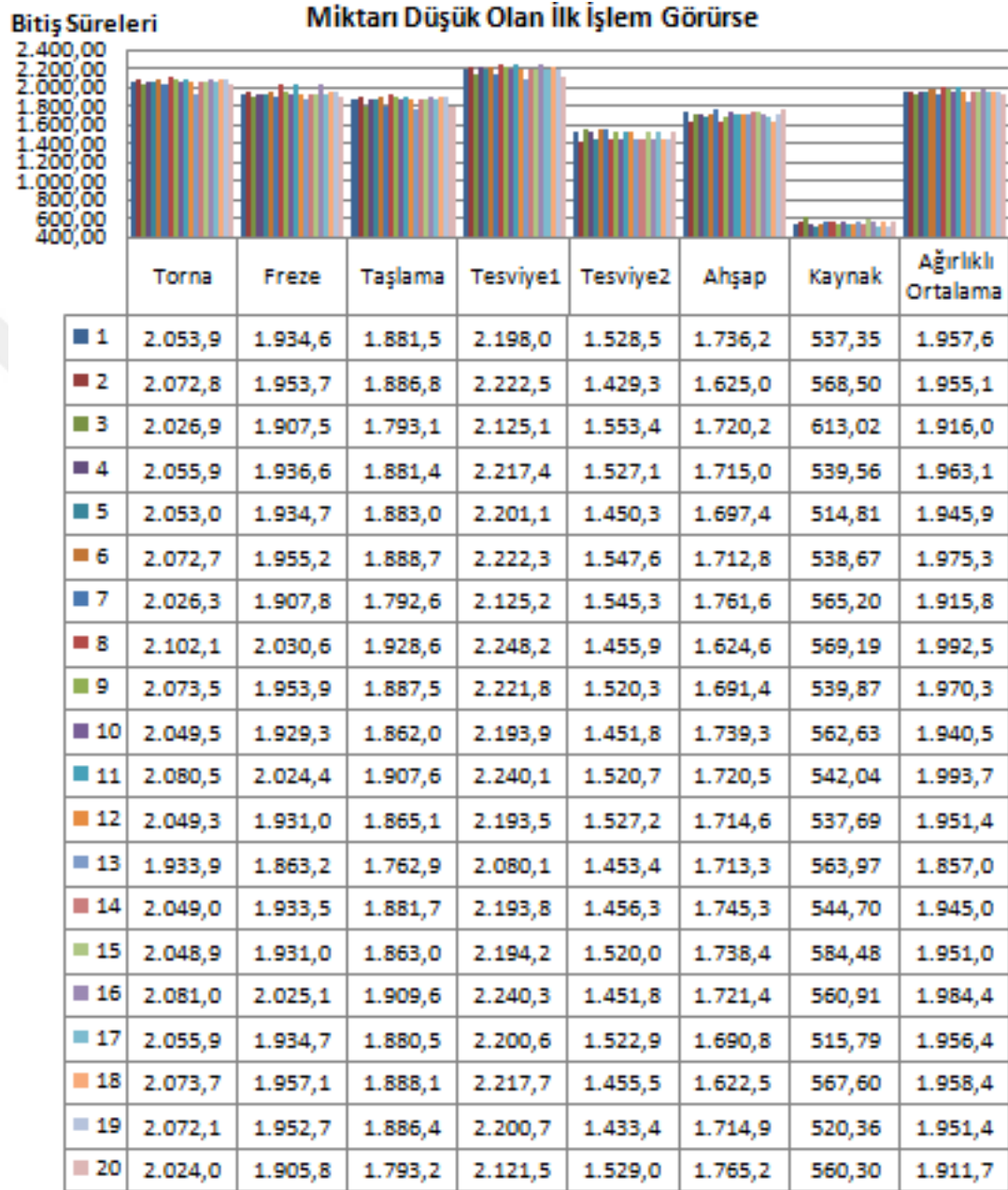
Replikasyon sayısı 10 olduğunda toplam işlem zamanı düşük olan sipariş öncelikli işlem görür stratejisinde çıkan sonuçların, sabit örneklem büyüklüğü formülünde hesaplanan sonuç, %95 güven aralığı için hesaplanmış olan bağıl hata değerinden büyük çıktığından başlangıç Replikasyon sayısı olarak belirlenen 10 yetersiz olmuştur. Modelin Replikasyon sayısı 20 olarak değiştirilerek tekrar model farklı stratejilerde çalıştırılmış ve rapordan alınan sonuçlar yeterlilik testine tabi tutulmuştur.

Miktar değeri yüksek olanın ilk işlem görmesi stratejisinin seçilmesi durumunda elde edilen saat biriminde sonuçlar Şekil 3.8’de gösterilmiştir.



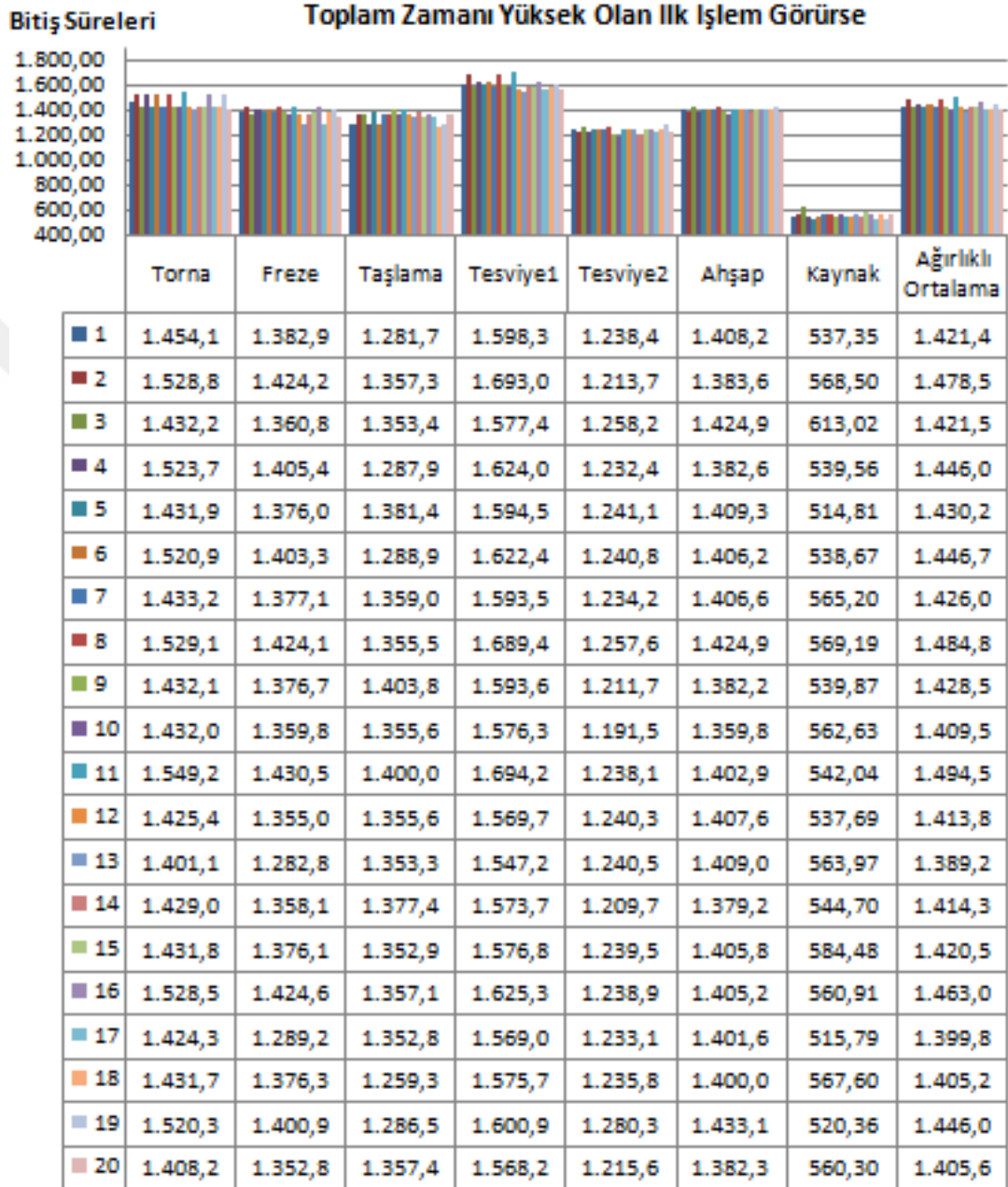
Şekil 3.8. Miktarı yüksek olanın ilk işlem görmesi durumunda sonuçlar

Miktar değeri az olanın ilk işlem görmesi stratejisinin seçilmesi durumunda elde edilen sonuçlar Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



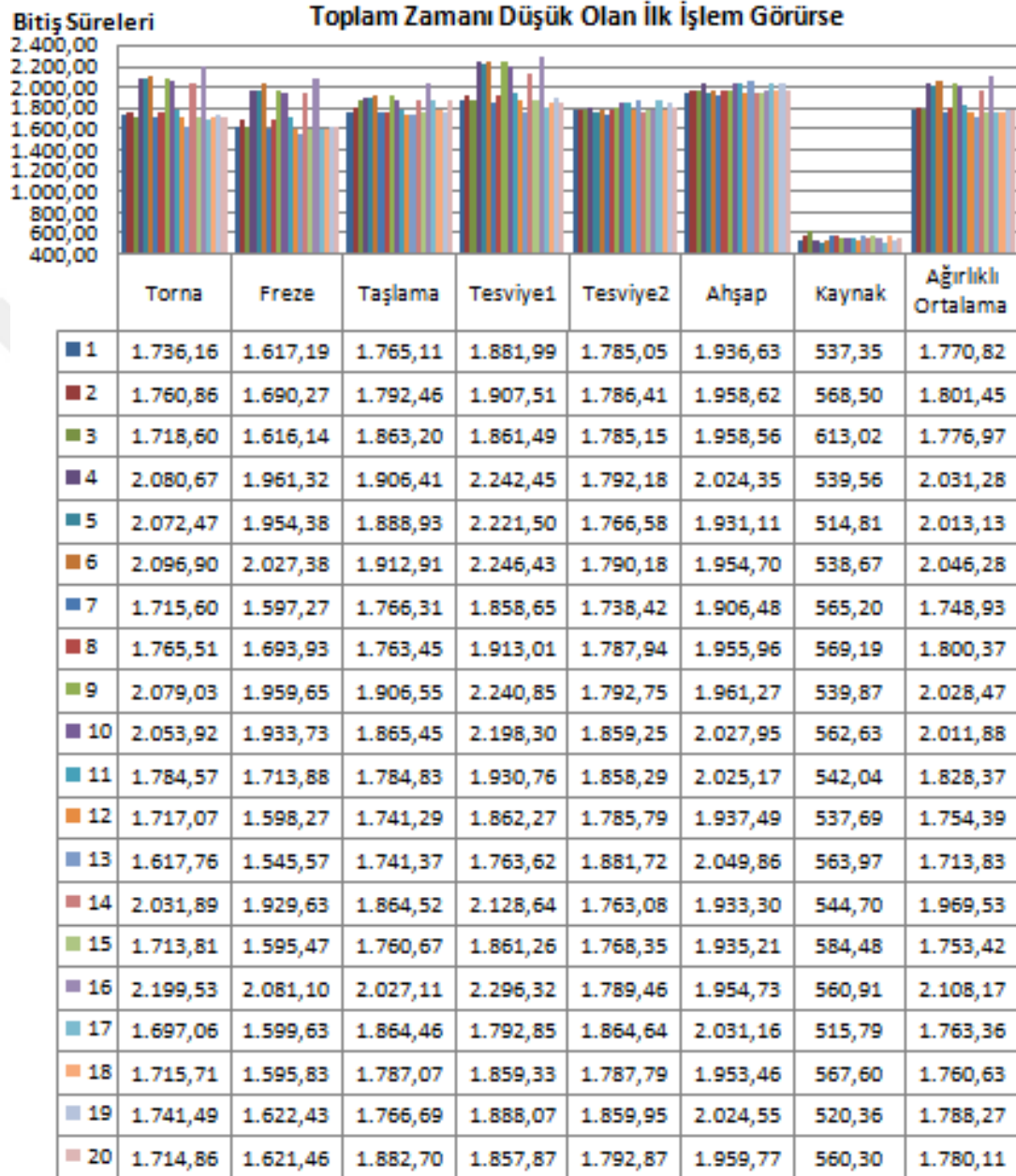
Şekil 3.9. Miktarı düşük olanın ilk işlem görmesi durumunda sonuçlar

Toplam işlem süresi yüksek olanın ilk işlem görmesi stratejisinin seçilmesi durumunda elde edilen sonuçlar Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



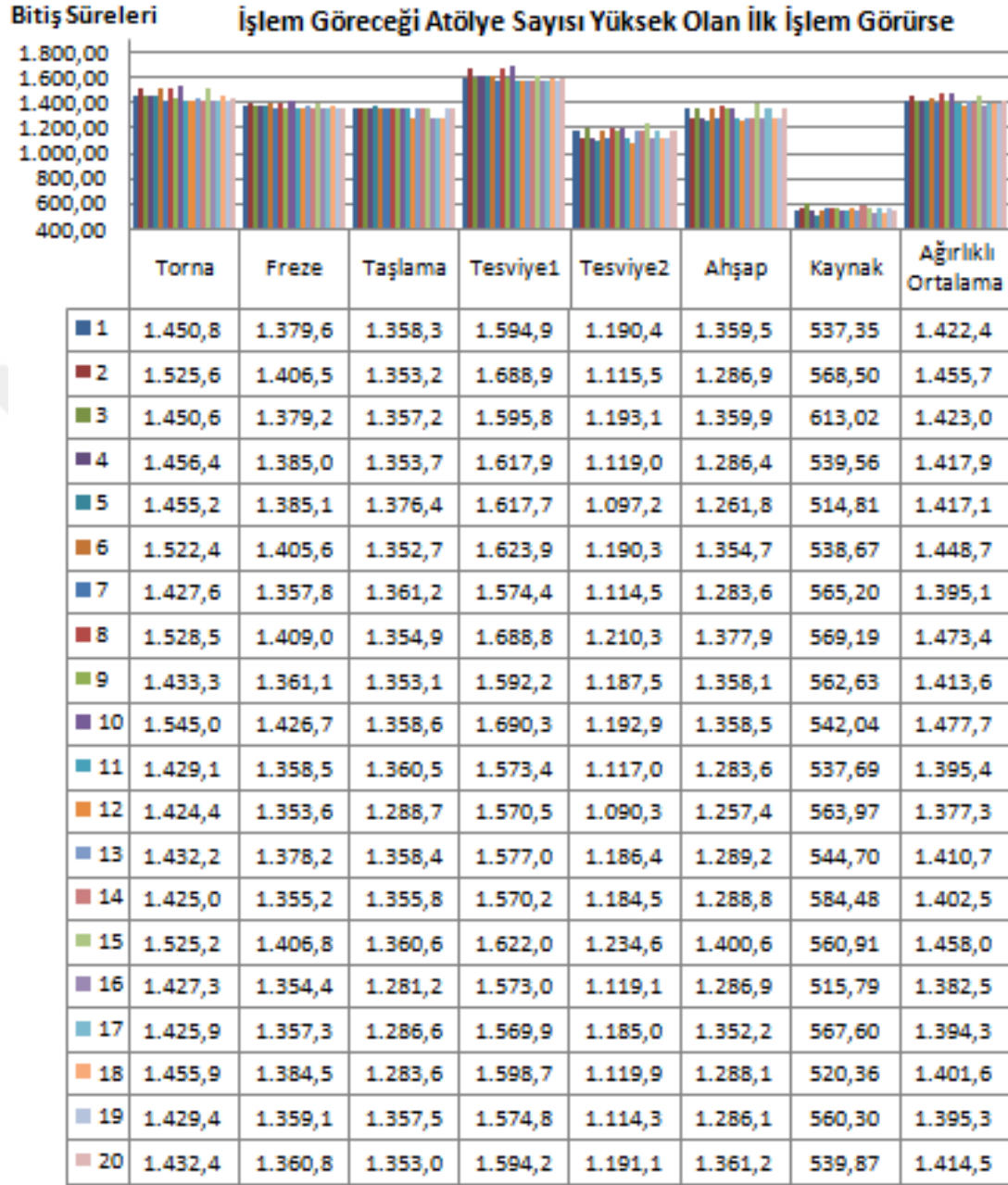
Şekil 3.10. Toplam işlem süresi yüksek olan siparişin ilk işlem görmesi durumunda çıkan sonuçlar.

Toplam işlem süresi düşük olanın ilk işlem görmesi stratejisinin seçilmesi durumunda elde edilen sonuçlar Şekil 3.11’de gösterilmiştir.



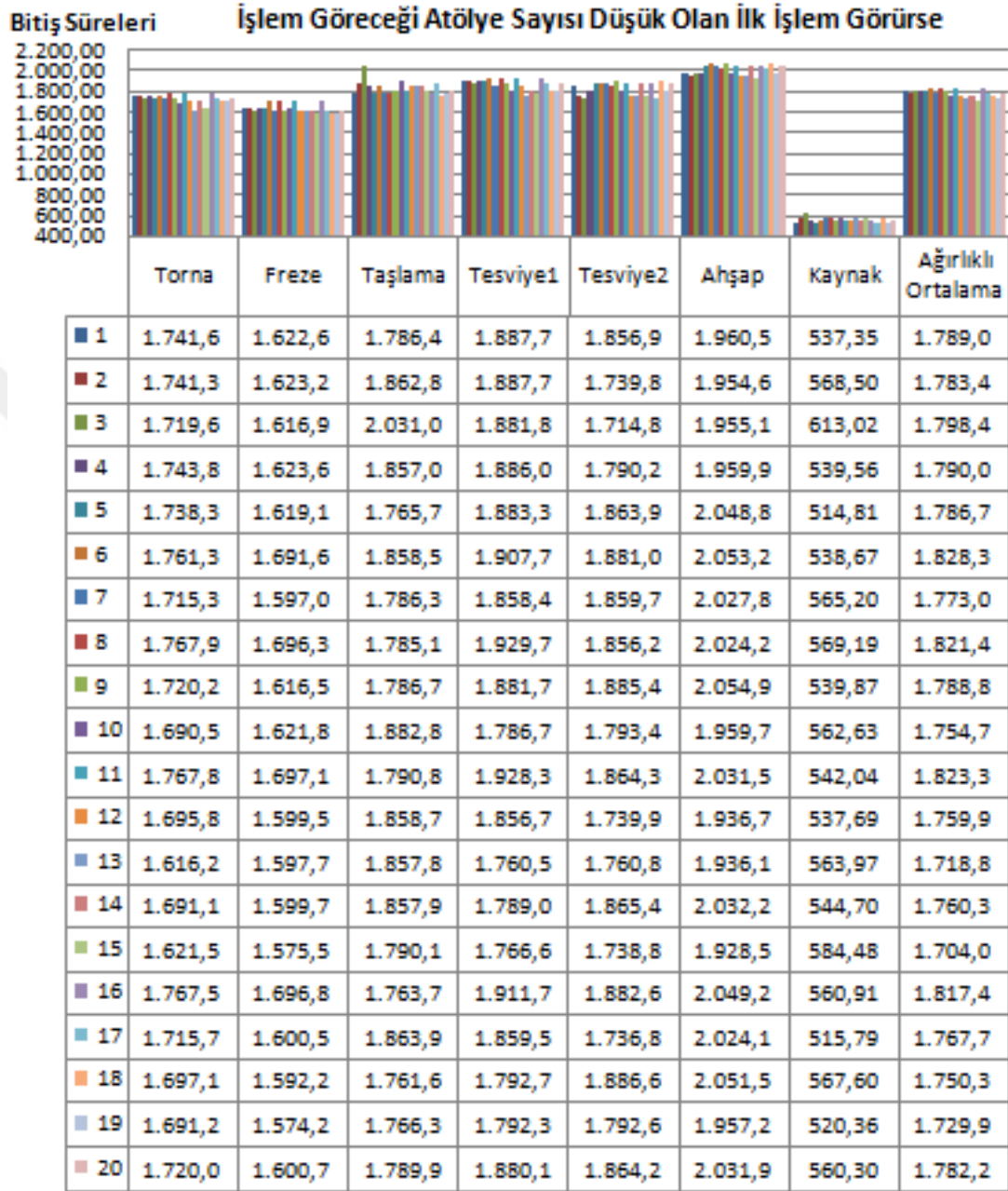
Şekil 3.11. Toplam işlem süresi düşük olan siparişin ilk işlem görmesi durumunda çıkan sonuçlar

İşlem göreceği atölye sayısı yüksek olanın ilk işlem görmesi stratejisinin seçilmesi durumunda elde edilen sonuçlar Şekil 3.12’de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. İşlem göreceği atölye sayısı yüksek olan siparişin ilk işlem görmesi durumunda çıkan sonuçlar

İşlem göreceği atölye sayısı yüksek olanın ilk işlem görmesi stratejisinin seçilmesi durumunda elde edilen sonuçlar Şekil 3.13'te gösterilmiştir.



Şekil 3.13. İşlem göreceği atölye sayısı düşük olan siparişin ilk işlem görmesi durumunda çıkan sonuçlar

Modelin farklı stratejiler ile 20 replikasyonlu olarak tekrar çalıştırılması sonucu ortaya çıkan ağırlıklı ortalama bitiş süresi değerleri, yeniden sabit örneklem büyüklüğü yöntemi ve bağıl hata değeri formülüne göre Excelde oluşturulmuş olan Replikasyon yeterlilik testine tabi tutulmuştur. Stratejilerin yeterlilik durumları Şekil 3.14'te gösterilmiştir. Sonuçlara göre tüm stratejiler için Replikasyon sayısının 20 olması %95 güven aralığında yeterli çıkmıştır.

Strateji	Yol Uzunluğu		Miktar		Toplam Zaman	
	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük
Replikasyon Sayısı	20	20	20	20	20	20
Varyans	855,323	1172,31	1371,22	994,223	856,186	16957,1
Ortalama	1.418,89	1.776,42	1.488,15	1.949,68	1.432,31	1.862,48
$T_{n-1,1-\alpha/2}$	2,093	2,093	2,093	2,093	2,093	2,093
Formül sonucu	0,00965	0,00902	0,01165	0,00757	0,00956	0,03272
Güven Aralığı Sınırı	0,04762	0,04762	0,04762	0,04762	0,04762	0,04762
Gözlem Yeterli Mi?	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yeterli
y	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
$y'=y/(y+1)$	0,04762	0,04762	0,04762	0,04762	0,04762	0,04762
Güven Aralığı Kaç Olsun	%	95				

Şekil 3.14. Replikasyon sayısı 20 olan modele göre yeterlilik testi sonucu

Gerekli olan Replikasyon sayısının bulunmasıyla, 20 replikasyon ile çalıştırılmış farklı stratejilerin sonuçları değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Her stratejinin ağırlıklı ortalama süre değerlerinin ortalaması alınarak birbirleriyle kıyaslanarak analiz edilmiş ve sonuç bölümünde sunulmuştur.

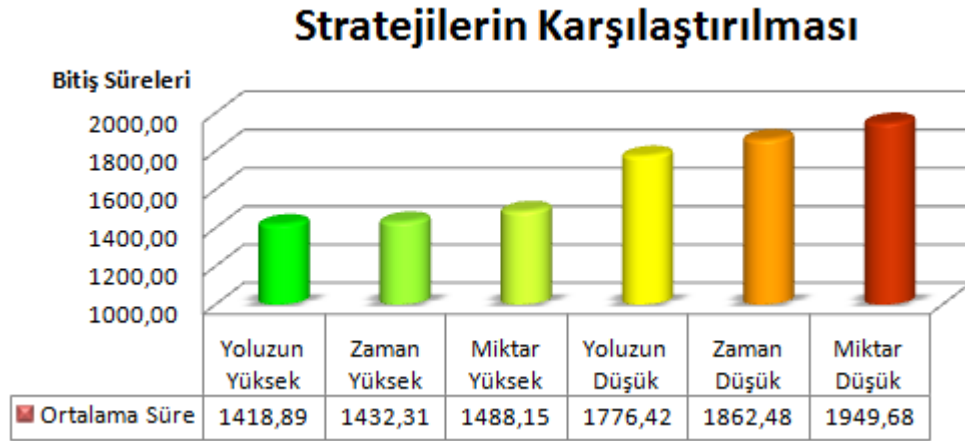
4.BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç ve Öneriler

Modelin Replikasyon sayısı başlangıçta 10 olarak belirlenmiş ve model çalıştırılarak Replikasyon sayısının yeterliliği incelenmiştir. Toplam işlem süresi düşük olanın öncelikli yapılacağı stratejinin çıktıları %95 güven aralığı seviyesinde yeterli olmamıştır. Modelin Replikasyon sayısı 20 olarak değiştirilerek tekrar çalıştırılmış ve Replikasyon sayısının yeterliliği incelenmiştir. Tüm stratejiler için Replikasyon sayısının 20 olması %95 güven aralığı seviyesinde yeterli çıkmıştır.

Operasyon sayısı, toplam operasyona göre oranlandığında %29'luk oran ile en yüksek paya sahip atölye Tesviye1 atölyesi çıkmıştır. Sırasıyla Torna atölyesi %20, Freze atölyesi %18, Taşlama atölyesi %15, Tesviye 2 atölyesi %14.7, Ahşap atölyesi %3 Kaynak atölyesi %0,3'lük paya sahip çıkmıştır. Bu değerler stratejiye ait ağırlıklı ortalamaların bulunmasında kullanılmıştır.



Şekil 4.1. Stratejilerin karşılaştırılması.

Modelden rapor olarak alınan ağırlıklı ortalama bitiş sürelerinin ortalamaları alınarak stratejilere göre ortalama bitiş süreleri Şekil 4.1’de gösterilmiştir. İşlem göreceği atölye sayısı fazla olanın ilk işlem görmesi stratejisi ortalama 1418,89 saatlik bitiş süresi ile en

erken bitiş süresine sahip strateji olduğu belirlenmiştir. Toplam işlem süresi yüksek olan siparişin ilk işlem görmesi stratejisi ortalama 1432,31 saatlik bitiş süresi ile ikinci olmuştur. Miktarı yüksek olanın ilk işlem görmesi stratejisi ortalama 1488,19 saatlik bitiş süresi ile üçüncü olmuştur. Atölye sayısı az olanın ilk işlem görmesi stratejisi ortalama 1776,42 saatlik bitiş süresi ile dördüncü olmuştur. Toplam işlem süresi düşük olan siparişin ilk işlem görmesi stratejisi ortalama 1862,48 saatlik bitiş süresi ile beşinci olmuştur. Miktarı düşük olanın ilk işlem görmesi stratejisi ortalama 1949,68 saatlik bitiş süresi ile altıncı yani sonuncu olmuştur.

Tablo 4.1. Stratejilerin kıyaslanması

Strateji	Yoluzun Yüksek	Zaman Yüksek	Miktar Yüksek	Yoluzun Düşük	Zaman Düşük	Miktar Düşük
Ağırlıklı Ortalama	1418,89	1432,31	1488,15	1776,42	1862,48	1949,68
Yoluzun Yüksek'e Göre Değişim	0	0,9	4,7	20,1	23,8	27,2
Zaman Yüksek'e Göre Değişim		0	3,8	19,4	23,1	26,5
Miktar Yüksek'e Göre Değişim			0	16,2	20,1	23,7
Yoluzun Düşük'e Göre Değişim				0	4,6	8,9
Zaman Düşük'e Göre Değişim					0	4,5

Stratejilerin ortalama bitiş sürelerinin kıyaslanması Tablo 4.1’de gösterilmiştir. En kısa sürede biten, işlem göreceği atölye sayısı fazla olan siparişin sistemde ilk işlem görmesi stratejisi, toplam işlem zamanı yüksek olan siparişlerin sistemde ilk işlem görmesi stratejisine göre % 0.9, miktarı fazla olan siparişlerin ilk işlem görmesi stratejisine göre % 4.7, işlem göreceği atölye sayısı az olan siparişlerin ilk işlem görmesi stratejisine göre % 20.1, işçilik zamanı az olan siparişlerin ilk işlem görmesi stratejisine göre % 23.8, miktarı az olan siparişlerin ilk işlem görme stratejisine göre % 27.2 daha kısadır.

Sonuç olarak üretimi karma bir yapıya sahip üretim tesislerinde, üretim planlama faaliyetlerinde işlerin sıralanmasında seçilen strateji kararlarının, verimliliği yaklaşık %30'lara varan oranlarda etkileyebileceği görülmüştür. Fabrika üretim faaliyetlerinin optimize edilemeyecek yapıda olmaları durumunda, sistemlerini simülasyon yöntemi kullanarak modellemesi sonucunda, kıt kaynaklarını daha verimli ve maliyet etkin şekilde kullanabileceği değerlendirilmektedir.

Yapılan çalışmanın geliştirilmesi kapsamında, siparişlerin Ambalaj istasyonuna geldiğinde *Sequence* veri modülündeki *Assignment* kısmına *TNOW* komutu tanımlanarak siparişin bitiş süreleri yazdırılabilir ve siparişlerin bitiş süreleri sıralatılarak gerçek hayatta bu sıraya göre öncelik verdirilebilir.

KAYNAKLAR

1. Mucuk İ., 1987. Modern İşletmecilik, 3. Baskı, Türkmen Kitapevi, İstanbul,s. 163.
2. Tanyaş M., Baskak M., 2003. Üretim Planlama ve Kontrol, İrfan Yayıncılık, İstanbul, s. 125.
3. Saygılı İ., 1991. Üretim Yönetiminin Fonksiyonları, İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yayını No: 244, Küre Ajans, İstanbul, s. 1.
4. Sabır E.C., 2000. Ring ve Open End Iplik Üretim Sistemlerinde Üretim Planlaması İçin Doğrusal Programlama Yaklaşımı ve Endüstriyel Uygulaması. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,Tekstil Mühendisliği, Doktora Tezi, Adana.
5. Zoral K.,1990. Üretim Fonksiyonları, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayın No: 52, İzmir, s.5.
6. Koruca H.İ., 2002. Bir Bisiklet Fabrikasında Üretim Hattının Simülasyon Metodu İle Yeniden Yapılandırması Üzerine Bir Araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta, s.7.
7. Kobu B.,1998. Üretim Yönetimi, İÜ İşletme Fakültesi Araştırma ve Yardım Vakfı Yayın No: 4, Avcıol Basım, 10.Baskı, İstanbul, s.36.
8. Erdal M., Üretim sistemleri (Web sayfası: www.muraterdal.com/UserFiles/File/uretim/sistemler.doc, (Erişim tarihi : Mayıs 2016).
9. Demir H., Gümüsoğlu Ş.,1994. Üretim İşlemeler Yönetimi, 4.Baskı, Beta Yayınları, İstanbul,, s.379.
10. Vollman T.E., Berry W.L., Whybark D.C., 1997. Manufacturing Planning and Control Systems, 4.th Edition, McGraw-Hill, New York, s.270.
11. Gürdoğan N., 1981. Üretim Planlamasında Doğrusal Programlama ve Demir Çelik Sektöründe Bir Uygulama, Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları No:473, Ankara Üniversitesi, Ankara, s.15.
12. Ergülen A., Gürbüz E., 2006. İnşaat ve Enerji Sektöründe Beton Direk Üretimi Planlamasına Örnek Bir Model Önerisi, Tamsayılı Doğrusal Programlama, **Yönetim ve Ekonomi Dergisi, Celal Bayar Üniversitesi İktisadi İdari Birimler Fakültesi Dergisi, 13 (1): 1-15.**

13. Tekin M.,1996. Üretim Yönetimi, Cilt 1, 3.Baskı, Konya, s.247.
14. Acar N.,1985. Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, 2. Baskı, MPM Yayınları, Ankara, s.19.
15. Cankurt M.,Konak K., 2004. Ziraat Fakültesi Uygulama Çiftliğinde Tarla Bitkileri Şubesi Üretim Planlaması, **Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 1 (2): 51–56.
16. Yamak O., 1994. Üretim Yönetimi Sistemler İlkeler Teknikler, 1.Baskı, Alfa Basım, İstanbul, s.28.
17. Tekin M.,1996. Üretim Yönetimi, Cilt 1, 3.Baskı, Konya, s.248.
18. Tekin M.,2004. Üretim Yönetimi, Cilt 1, 5.Baskı, Eğitim Yayınevi Konya, s.140.
19. Tatar T.,1973. Üretim Yönetimi ve Teknikleri, Adana, s.23.
20. Yelken N., Demir H., 1978. Üretim Planlaması ve Kontrolü, Ege Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları No:133/2, Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova, İzmir, s. 38.
21. Batuk E., 2010. Boya Terbiye İşletmesinde Üretim Planlama ve Optimizasyon, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 201 s.
22. Tanyaş M., Erdoğan H., 1991. Tekstil Üretim Planlamasında Hedef Programlama Yöntemi,**Tekstil&Teknik Online Dergisi**, Temmuz: 118-119
23. Sariaslan H., 1986. Sıra Bekleme Sistemlerinde Simülasyon Tekniği, Ankara, s.37-38.
24. Sariaslan H., 1997. Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi, 3. Baskı, Ankara, s.266.
25. Erkut H., 1992. Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı, 2. Baskı, İstanbul, s.1.
26. Halaç A., 1982. (Web sayfası: <http://infotekas.com.tr/simulasyon-ve-modelleme/>), (Erişim tarihi: Ocak 2016).
27. Banks&Carson, 1984, (Web sayfası: <http://infotekas.com.tr/simulasyon-ve-modelleme/>), (Erişim tarihi: Ocak 2016).
28. Banks J., Carson J. S., Nelson B.L., Nicol D.M., 1984. Discrete-Event System Simulation, Prentice Hall, New Jersey.
29. (Web sayfası: <http://www.uytes.com.tr/simulasyon/proje.html>), (Erişim tarihi: Ocak 2016).

30. (Web sayfası: <http://enm.blogcu.com/simulasyon-ve-modelleme-nedir-2/598330>), (Erişim tarihi: Ocak 2016).
31. Coşkuntürk A.H., 2006. Tv Montaj Hatlarında Simülasyon Yaklaşımı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul s.10.
32. Erge E.B., 2011. Sürekli Polimerizasyon İşletmelerinde Ürün Geçiş Miktarının Optimizasyonu. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, s.39-40.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Gürkan TÜLÜ

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 11 Eylül 1988, Fethiye/MUĞLA

Medeni Durumu: Evli

Tel: +90 545 564 1289

E-mail: gurkantulu@gmail.com

Yazışma Adresi: 2'nci Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlığı İmalat Müdürlüğü
Esenyurt/KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Hava Harp Okulu Komutanlığı Endüstri Müh. İSTANBUL	2010
Lise	Işıklar Askeri Lisesi, BURSA	2006

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2010-2011	2'nci Ana Jet Üs K.lığı	Öğrenci Pilot
2011-Halen	2'nci Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlığı (HVKK)	Üretim Programlama ve Kontrol Amiri

YABANCI DİL

İngilizce

Fransızca