

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

**TESİS İÇİ DİNAMİK DÖNGÜSEL SEFER SİSTEMİ İÇİN  
ETMEN TABANLI MODELLEME YAKLAŞIMI**

**Hazırlayan  
Yasemin SEVİM**

**Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Latife GÖRKEMLİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Temmuz 2019  
KAYSERİ**



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

**TESİS İÇİ DİNAMİK DÖNGÜSEL SEFER SİSTEMİ İÇİN  
ETMEN TABANLI MODELLEME YAKLAŞIMI  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan  
Yasemin SEVİM**

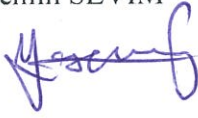
**Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Latife GÖRKEMLİ**

**Temmuz 2019  
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.

Yasemin SEVİM



“Tesis İçi Dinamik Döngüsel Sefer Sistemi İçin Etmen Tabanlı Modelleme Yaklaşımı” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

**Hazırlayan**

Yasemin SEVİM

**Danışman**

Dr. Öğr. Üyesi Latife GÖRKEMLİ

**Endüstri Mühendisliği ABD Başkanı**

Prof. Dr. Mithat ZEYDAN 9.

**Dr. Öğr. Üyesi Latife GÖRKEMLİ** danışmanlığında **Yasemin SEVİM** tarafından hazırlanan “**Tesis İçi Dinamik Döngüsel Sefer Sistemi İçin Etmen Tabanlı Modelleme Yaklaşımı**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Endüstri Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

19 / 07 / 2019

**JÜRİ:**

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Latife GÖRKEMLİ  
Üye : Prof. Dr. Lale ÖZBAKIR  
Üye : Doç. Dr. Neslihan DEMİREL

.....  
.....  
.....

**ONAY:**

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 23/07/2019 tarih ve 2019/42-32 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

.....  
.....  
.....

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi, tecrübe ve yardımını esirgemeyen değerli danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Latife GÖRKEMLİ' ye sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Hayatım boyunca maddi manevi destekleriyle yanımda olan aileme ve çalışmamın başından sonuna kadar ilgi ve yardımını esirgemeyen diğer tüm sevdiklerime sonsuz teşekkür ederim.

Yasemin SEVİM

Temmuz 2019, KAYSERİ

# TESİS İÇİ DİNAMİK DÖNGÜSEL SEFER SİSTEMİ İÇİN ETMEN TABANLI MODELLEME YAKLAŞIMI

Yasemin SEVİM

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2019  
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Latife GÖRKEMLİ

## ÖZET

Geleneksel araç rotalama problemleri, toplam rota uzunluğunu ve maliyeti en küçükleyecek şekilde çözüm bulmayı amaçlar. Ancak gerçek hayatta problemler çevresiyle birlikte ele alınmaktadır. Özellikle tesis içi taşımacılık faaliyetlerinde; yerleşim planı, stok devir hızları, atölyeler arası iletişim, malzeme büyüklüğü, talep miktarındaki değişkenlik, rota çakışmaları, değişen rotaların yönetimi gibi dinamikler problem içerisinde önemli etkenler olmaktadır.

Literatürde çok fazla yer edinen araç rotalama problemleri üretim ve tedarik zinciri teknolojilerine göre çeşitli şekillerde dikkate alınmıştır. Ayrıca problemlere stokastiklik, zaman periyodu, dinamiklik gibi kısıtlar eklenerek modelleme çalışmaları yapılmıştır. Araç rotalama problemlerinin farklı bir dalı olan ve birçok dinamikliği içinde barındıran döngüsel sefer araç rotalama problemleriyle ilgili literatürde yeterli çalışma bulunmamaktadır.

Bu tez çalışmasında, atölye mantığı ile çalışan bir üretim çevresi için tesis içi taşımacılık problemleri ele alınmıştır. Sisteme bir dağılım yapısıyla gelen talep, rotalarda ve ürün hareketlerinde daha fazla değişkenlik oluşturacaktır. Amaç bu değişkenliği yönetebilecek bir model oluşturmak ve böylece sistemi yönetebilmektir. Karmaşık ve dinamik sistemleri modellemede etkin bir yöntem olan etmen tabanlı yaklaşım ile modelleme yapılmıştır. Geliştirilen modelin davranışı bir örnek üzerinde oluşturulan senaryolar ile analiz edilmiş ve model etkinliği ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Döngüsel sefer, Etmen tabanlı modelleme, Dinamiklik



# AGENT BASED MODELLING APPROACH FOR INPLANT MILKRUN SYSTEM

Yasemin SEVİM

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Master Thesis, July 2019  
Supervisor: Dr. Latife GÖRKEMLİ

## ABSTRACT

Traditional vehicle routing problems aim to find solutions to minimize the total route length and cost. However, in real life problems are handled with their environment. Especially in in-plant transporting operations; layout plan, stock turnover rates, communication between stations, material size, variability in demand quantity, route conflicts, management of changing routes, etc. are important factors.

Vehicle routing problems, which have gained a lot of place in the literature, have been taken into consideration in various ways according to production and supply chain technologies. In addition, modeling studies were carried out by adding constraints such as stochasticity, time period and dynamism to the problems. There are not enough studies in the literature about vehicle routing problems in milkrun which is a different branch of vehicle routing problems and has many dynamics.

In this thesis, a production environment working with the logic of the workshop within the scope of inplant transporting operations is discussed. Demand coming into the system with a distribution structure will create more variability in routes and stock movements. The aim is to create a model that can manage this variability and thus manage the system. Modeling has been made with a agent based approach which is an effective method for modeling complex and dynamic systems. The behavior of the developed model was analyzed with the scenarios created on a sample and the model effectiveness was revealed.

**Keywords:** Milkrun, Agent-based modeling, Dynamism

## İÇİNDEKİLER

### TESİS İÇİ DİNAMİK DÖNGÜSEL SEFER SİSTEMİ İÇİN ETMEN TABANLI MODELLEME YAKLAŞIMI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK SAYFASI .....	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI.....	iii
KABUL VE ONAY SAYFASI .....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	viii
KISALTMALAR .....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xiii
<b>GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>

## 1. BÖLÜM

### GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

<b>1.1. Tesis İçi Döngüsel Sefer Sistemi Tanımı.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Literatür Çalışması.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.1 Rotalama ve Çizelgeleme Problemini Eşzamanlı Değerlendiren     Çalışmalar .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.2 Döngüsel Sefer Sistemi ve Simülasyon Çalışmaları.....</b>	<b>10</b>

## 2. BÖLÜM

### YÖNTEM VE MATERYAL

<b>2.1. Etmen Tabanlı Modelleme .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.1 Etmen Tanımı.....</b>	<b>14</b>

2.1.2 “Etmen” ve “Akıllı Etmen” Arasındaki Farklar .....	16
2.1.3 Etmen ve Nesne .....	18
2.1.4 Etmenlerin İletişimi .....	19
2.1.5 Etmenlerin Etkileşim Protokolü .....	20
2.1.5.1 Koordinasyon Protokolü .....	20
2.1.5.2 İşbirliği Protokolleri .....	21
2.2. Müzakere (Negotiation) .....	23
2.3. Açık Artırma (Auction) .....	25
2.3.1. Açık Artırma Protokolleri.....	26

### 3. BÖLÜM UYGULAMA ve BULGULAR

3.1. Dinamik Talebe Dayalı Tesis İçi Döngüsel Sefer Sistemi İçin Bir Model Önerisi .....	28
3.1.1. Model Varsayımları .....	28
3.1.2. Modeldeki Etmenler .....	29
3.1.2.1 İstasyon Etmeni .....	29
3.1.2.2 Yönetici Etmen .....	30
3.1.2.3 Tren Etmeni.....	31
3.1.3. Model Protokolü.....	32
3.1.4. Modelde Yer alan Mekanizmalar .....	34
3.1.4.1 Parametreler .....	34
3.1.4.2 Değişkenler .....	34
3.1.4.3 Stok Kontrol Mekanizması .....	35
3.1.4.4 Teklif Hazırlama Mekanizması .....	35
3.1.4.5 Yola Çıkma Zamanını Belirleme .....	36
3.1.4.6 Teklif Değerlendirme ve Karar Verme .....	37
3.2. Senaryo Varsayımları .....	37
3.3. Deneysel Tasarım .....	38
3.3.1. Modeldeki Değişimin Doluluk Oranına Etkisi .....	40
3.3.2. Modeldeki Değişimin Kat Edilen Mesafeye Etkisi.....	42
3.3.3. Modeldeki Değişimin Bekleme Süresine Etkisi .....	44

<b>3.3.4. Modeldeki Değişimin Sefer Sayısına Etkisi .....</b>	<b>44</b>
---	-----------

## **4. BÖLÜM**

### **TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER**

<b>4.1 Sonuç ve Değerlendirme .....</b>	<b>47</b>
---	-----------

<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>49</b>
-----------------------	-----------

<b>EKLER.....</b>	<b>53</b>
-------------------	-----------

<b>EK 1. ....</b>	<b>53</b>
-------------------	-----------

<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>55</b>
----------------------	-----------

## KISALTMALAR

ARP: Araç Rotalama Problemi

vd: ve diğeri

OEM: Original Equipment Manufacturer (Orijinal Ürün Üreticisi)



## TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1.	İstasyonların konum değerleri ve üretim hızları .....	38
Tablo 3.2.	Trenlerin konum değerleri .....	38
Tablo 3.3.	Deney faktörlerine ait değerler. ....	39
Tablo 3.4.	Deney sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistik değerleri.....	40
Tablo 3.5.	Bekleme süresi için en yüksek ve en düşük değerler. ....	44



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Döngüsel sefer olmadan dağıtım .....	4
Şekil 1.2.	Döngüsel sefer ile dağıtım .....	4
Şekil 2.1.	Etmenlerdeki algı ve aksiyon mekanizması.....	14
Şekil 2.2.	Etmenlerin iletişim şekilleri.....	19
Şekil 2.3.	Mekânsal ayrıştırma örneği .....	22
Şekil 2.4.	İşlevsel ayrıştırma örneği.....	22
Şekil 3.1.	İstasyon etmeni durum diyagramı.....	29
Şekil 3.2.	Yönetici etmeni durum diyagramı.....	30
Şekil 3.3.	Tren etmeni durum diyagramı .....	31
Şekil 3.4.	Modelin işleyişi.....	33
Şekil 3.5.	Ele alınan döngüsel sefer sistemi görseli.....	37
Şekil 3.6.	Doluluk oranı için ana etki grafiği.....	40
Şekil 3.7.	Doluluk oranı için pareto diyagramı.....	41
Şekil 3.8.	Doluluk oranı için etkileşim grafiği.....	42
Şekil 3.9.	Mesafe miktarı için ana etki grafiği.....	42
Şekil 3.10.	Mesafe miktarı için pareto diyagramı.....	43
Şekil 3.11.	Mesafe miktarı için etkileşim grafiği.....	43
Şekil 3.12.	Bekleme süresi değişim grafiği.....	44
Şekil 3.13.	Sefer sayısı için ana etki grafiği.....	45
Şekil 3.14.	Sefer sayısı için pareto diyagramı.....	45
Şekil 3.15.	Sefer sayısı için etkileşim grafiği.....	46

## GİRİŞ

Geleneksel araç rotalama problemleri, toplam rota uzunluğu ve maliyeti en küçükleyecek şekilde çözüm bulmayı amaçlar. Ancak gerçek hayatta problemler çevresiyle birlikte ele alınmaktadır. Özellikle tesis içi taşımacılık faaliyetlerinde; yerleşim planı, stok devir hızları, atölyeler arası iletişim, malzeme büyüklüğü, talep miktarındaki değişkenlik, rota çakışmaları, değişen rotaların yönetimi gibi dinamikler problem içerisinde önemli etkenler olmaktadır. Zaman içerisinde Araç Rotalama Problemleri (ARP) gerçek hayattaki birçok değişkenliği kapsam olarak bünyesinde bulundurmıştır.

Malzeme hareketlerinin yoğun olduğu özellikle çok miktarda istasyon ya da atölye bulunduran fabrikalarda tek araçla kısıtlı miktarda malzeme taşımak verimsiz ve yetersiz olmaktadır. Bu tür durumlarda döngüsel sefer sistemi örnek alınarak tek araç (tren gibi) mantığı kullanıldığında hareket miktarı, zaman ve maliyet kaybı oldukça azalacaktır.

Araç Rotalama Problemleri (ARP) ile ilgili ilk çalışma 1959 yılında Dantzig ve Ramser tarafından yapılmıştır [1]. Bu çalışmadaki temel amaç toplam maliyeti ve rota uzunluğunu minimize etmektir [2]. Üretim ve tedarik zinciri alanlarında gelişmeler oldukça ARP'lerde de çeşitli varyasyonlar ortaya çıkmıştır; zaman periyodu, stokastiklik, dinamiklik, tesis yerleşimi, stok yeterliliği gibi kısıtlar geleneksel ARP sınıfına eklenmiş ve bu alanda çeşitli çalışmalar yapılmıştır [3]. Kapsam olarak ARP'nin birçok çeşidini bünyesinde bulunduran tesis içi döngüsel sefer sistemi, bu tez kapsamında ele alınmıştır.

Tesis içi taşımacılıkta döngüsel sefer araçları; montaj hattı, istasyon, depo ve süpermarket yerleşimleri arasında hammadde, yarı mamul veya mamul taşımaktadır. Döngüsel sefer sistemi sayesinde taşıma araçlarının kullanım etkinliği artmakta, stok



sayısı ve maliyeti azalmakta, montaj hatlarında stoksuzluk durumu iyileşmekte ayrıca lojistik operasyonları kontrol altına alınmaktadır [3].

Döngüsel sefer sistemi (milkrun), batıdaki süt dağıtım sisteminden ortaya çıkmıştır. Milkrun kelimesinin Türkçe karşılığı “sütçü yolu” demektir. Süt dağıtan kişi, dolu süt şişelerini zamanında müşteriye dağıtmayı amaçlar, ayrıca dolu süt şişesini dağıtırken eşzamanlı olarak boş süt şişelerini toplar ve böylece aynı kapıya tekrar tekrar uğramak zorunda kalmaz. Sütçü, süt şişelerini dağıtırken tek araç kullanır ve en son başladığı yere döner. Bu dağıtım işlemini döngüsel olarak tekrarlar [4].

Tesis içi döngüsel sefer sistemi problemleri literatürde yerleşim, çizelgeleme, rotalama ve yükleme problemleri olarak sınıflandırılmaktadır [5]. Tez kapsamında ele alınan çalışmada depo ve istasyonlar arasında oluşan rotalama ve çizelgeleme problemleri ele alınmaktadır. Bu çalışmada, tesis içi taşımacılıkta çeşitli dinamikleri eşzamanlı yönetebilecek bir simülasyon modeli oluşturulmuştur. Gerçek hayattaki problemler dikkate alınarak oluşturulan bu model, etmen tabanlı modelleme yöntemi ile kurulmuş ve çeşitli senaryolar oluşturularak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Etmen tabanlı modelleme, karmaşık uyarlanabilir sistem yaklaşımlarında kullanılan bir araçtır [5]. Bu yaklaşıma göre; sistemdeki mikro nesnelerin yani etmenlerin davranışları incelenerek sistem bütünü anlaşılmasına çalışılır. Etmen tabanlı modellemede, her etmenin kendi senaryosu vardır, ayrıca etmenler birbiriyle ve diğer etmenlerle etkileşim içerisindedir. Etmen tabanlı modellemenin ilkelerini başarılı bir şekilde uygulamak için genellikle dinamik simülasyon ortamı kullanılmaktadır. Dinamik simülasyon, gerçek sistemlerin matematiksel-mantıksal tasarımı ve oluşturulan modellerin bilgisayar üzerindeki deneysel çalışması olarak tanımlanabilir. Bu deneysel çalışmalar, nesnelere arasındaki mantıksal ilişkinin anlaşılmasını sağlar. Ayrıca kısa sürede farklı senaryoların performanslarının ölçülmesine ve önerilmesine olanak sağlar [6].

Tezin ilk bölümünde; döngüsel sefer sistemi ile ilgili genel bilgilere yer verilmiş, bu kapsamda ele alınan problem çeşitleri anlatılmış ve problemler ile ilgili geçmişte yapılan çalışmalar ele alınmıştır. Tezin ikinci bölümünde; etmen kavramına değinilmiş ve modelde karar verme yöntemi olarak açık artırma mekanizması anlatılmıştır. Üçüncü bölümde, oluşturulan model detaylı olarak açıklanmış ve özerk yapıda olan etmenlerle sistemdeki değişimler incelenmiştir.

# 1. BÖLÜM

## GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

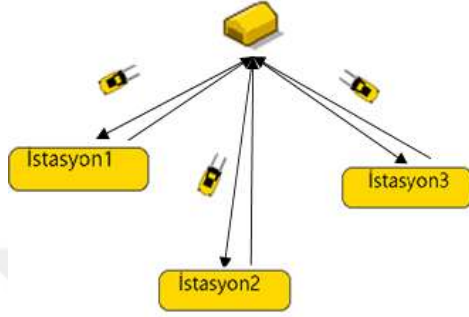
### 1.1. Tesis İçi Döngüsel Sefer Sistemi Tanımı

Döngüsel sefer sistemi kavramı, Amerika'da süt dağıtım endüstrisinden esinlenerek oluşturulmuştur. Bu kavramda, dağıtım yapan kişi sayısı kısıtlı iken dağıtım yapılan müşteri sayısı oldukça fazladır. Ayrıca süt dağıtımını döngüsel seferlerle gerçekleştirmektedir. Dağıtım yapanların iki görevi bulunmaktadır, bunlar; kısıtlı zaman içerisinde dolu süt şişelerini dağıtmak ve boş şişeleri toplamaktır [4]. Tesis içi taşımacılık faaliyetleri, kapsam olarak bu kavrama benzemektedir. Hem dağıtım yapılacak istasyon sayısı fazla hem de taşınacak hammadde, yarı mamul veya mamul miktarları fazladır. Forklift gibi tekli araçlar ile sınırlı miktarda malzeme taşınacak, ayrıca bu durum yüksek maliyet ve zaman kaybına neden olacaktır.

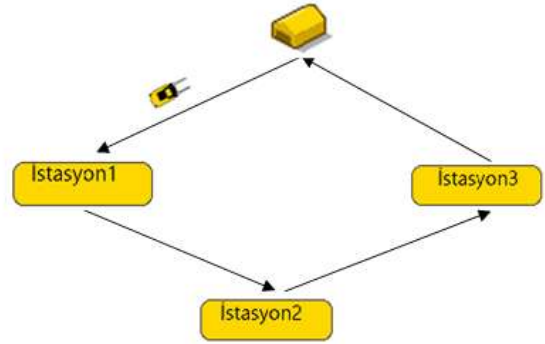
Tesis içi döngüsel sefer sistemi, hammadde, yarı mamul veya mamullerin belirlenmiş rotalarda, kısa zaman aralıkları ile merkezi bir depodan birçok noktaya dağıtımını yapan bir sistemdir. Yalın üretimin temel kavramlarından biri olan bu sistem, ara stok seviyesini, bekleme sürelerini, gereksiz taşımacılığı, fazla stoğu azaltmak gibi yalın üretimin temel amaçlarını bünyesinde bulundurmaktadır.

Genel bir döngüsel sefer sisteminde malzeme taşıyıcılar, çoğunlukla önceden belirlenmiş zaman aralıkları içerisinde standart rotalarda dağıtım yapar. Rota süresince; merkezi bir alanda (depo ya da süpermarket) boş vagonlara malzeme doldurulur, dolu vagonların dağıtımını yapılır, dağıtım yapılan istasyonlardan boş sepetler geri toplanır ve taşıma aracı başladığı alana döner. Dağıtım işleminde, tek araç yerine tren mantığı kullanılarak aynı zamanda birden fazla sepet ya da palet taşınır. Sadjadi vd. çalışmalarında, montaj istasyonlarında veya diğer üretim alanlarında döngüsel sefer

sisteminin lojistik performansını artırdığından söz etmektedirler. Yazarlara göre dögüsel sefer sistemi uygulamasının sonucu olarak taşıma araçlarının etkin kullanımı artacak, stoklar azalacak, montaj hatlarında stoksuzluk oranı ve bakım maliyetleri azalacak, zamanında dağıtımda iyileşmeler olacaktır [4].



Şekil 1.1. Dögüsel sefer olmadan dağıtım



Şekil 1.2. Dögüsel sefer ile dağıtım

Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'deki istasyon ve depo koordinatları aşağıdaki gibi olsun. Şekil 1.1'de tek araç, Şekil 1.2'de ise tren mantığı kullanıldığını varsayalım. Her iki durumda da tek sefer ile yeterli miktarda ürün taşınmış olsun. Bu durumda;

	X	Y
Depo	0	0
İstasyon1	10	10
İstasyon2	20	20
İstasyon3	15	15

- Şekil 1.1'e göre Toplam mesafe değeri  $2 \times [(10-0) + (10-0)] + 2 \times [(20-0) + (20-0)] + 2 \times [(15-0) + (15-0)] = 180$  birim iken
- Şekil 1.2'deki dögüsel seferde toplam mesafe  $(10-0) + (10-0) + (20-10) + (20-10) + (20-15) + (20-15) + (15-0) + (15-0) = 100$  birim olacaktır.

Görüleceği üzere temel mantıkla oldukça yüksek oranda iyileşme sağlanmaktadır. Bu sistemin ek olarak; kullanılan araç sayısı, direkt işçilik maliyetleri, rota çakışmalarının azalması, zamanında teslimat gibi dolaylı faydaları da olacaktır. Domingo vd. dögüsel sefer kavramının uygulanması ile depodaki stok miktarlarının %50 oranında azalabileceğini bildirmişlerdir [7]. Finnsgard vd. ise forklift kullanımı yerine tren

taşımacılığı kullanıldığında, malzemeler için ihtiyaç duyulan alanın %67, katma değeri olmayan işlerin %20 ve dağıtım zamanının ise %52 oranında azaldığını göstermişlerdir [8].

Tesis içi dögüsel sefer sistemini daha iyi anlayabilmek için bazı terimlerin tanımlanması faydalı olacaktır. Bu terimler; rota, tur, zaman aralığı ve çevrim süresidir [9].

*i. Rota*

Bir başlangıç noktasından farklı alanlara varışlar yapmak amacıyla önceden tanımlanmış güzergâhlardır. Eğer bir durak bir trene atandıysa, atanan durağı sadece ilgili tren beslemelidir. Mevcut rota boyunca diğer trenler ataması yapılmış durağa tekrar uğramamalıdır. Dögüsel sefer sisteminde tüm duraklara zamanında dağıtım yapabilmek amacıyla genellikle birden fazla rota olması beklenir.

*ii. Tur*

Trenin bir rota boyunca yaptığı sefere tur denmektedir. Dögüsel sefer sisteminde trenlerin başlangıç ve bitiş noktalarının aynı olması sebebiyle turlar dögüsel olmaktadır. Başlangıç noktaları ise genellikle depo veya süpermarketlerdir. Bir vardiyadaki tur sayısı tren kapasitesine ve taşınacak malzeme miktarına bağlıdır. Bir turdaki adımlar;

- Taşıma aracına taşınacak malzemelerin yüklenmesi,
- Yüklenen malzemelerin ilgili duraklara taşınması,
- Durağa varışta malzemenin teslimi,
- Boş sepetin duraktan alınması ve
- Trenin başlangıç noktasına geri dönülmesi şeklindedir.

*iii. Zaman Aralığı*

Aynı rotayı izleyen trenin iki tur başlangıcı arasında geçen süredir. Örneğin, zaman aralığı üç saat olan bir dağıtım sisteminde taşıma aracı, her üç saatte bir ilgili duraklara dağıtıma başlar ve tur boyunca önceden planlanan rotasını izler.

*iv. Çevrim Süresi*

Bir turun tamamlanması için gerekli süre çevrim süresi olarak tanımlanır. Çevrim süresi, hali hazırda depoda bulunan trene malzeme yükleme işlemiyle başlar, trenin boş vagonlarla depoya dönmesiyle son bulur [9].

## 1.2. Literatür Çalışması

Döngüsel sefer sistemi problemleri, birçok açıdan geleneksel ARP'ye benzemektedir [10]. Geleneksel ARP'de tek periyotlu akış söz konusudur. Her müşterinin kendi talebi bulunur ve talebi karşılayacak aracın kapasitesinin aşmasına izin verilmez. Problemin temel amacı, toplam hareket mesafesini ve/veya kullanılan araç sayısını minimize etmektir [11]. Döngüsel sefer sistemine kapsam olarak benzeyen ARP yöntemleri;

### 1- Topla- Dağıt ARP;

Geleneksel ARP'de taşıma aracı, sadece dağıtım yapacaktır. Topla-Dağıt ARP'de dağıtım ek olarak istasyonlardan işlem görmüş ürünler geri toplanacaktır. Üç farklı yöntemi vardır; ürünler önce dağıtılıp sonra toplanabilir, dağıtım yapılırken herhangi bir sırada toplanabilir ya da dağıtım işlemi ile eşzamanlı toplama yapılabilir [12].

### 2- Zaman Pencereci ARP;

Zaman penceresi, malzeme taşıma aracının, önceden belirlenmiş zaman içerisinde toplama- dağıtım işlemini bitirmiş olması anlamına gelmektedir. Ohlman, Fry ve Thomas, problemi ikiye ayırmaktadır; rotalama aşaması ve çizelgeleme aşaması. Temel amaç, belirlenmiş zaman içerisinde dağıtım gerçekleştirilmesidir [12].

### 3- Kapasite Kısıtlı ARP;

Bu problemde geleneksel ARP kısıtlarına ek olarak "kapasite kısıtı" eklenmektedir. Her aracın taşıyabileceği sınırlı miktar malzeme bulunmakta ve bu duruma göre rota belirleme yapılmaktadır [13].

### 4- Periyodik ARP;

Periyodik ARP'de belirli bir dönemin planı en başta yapılmakta olup hizmet sayısı müşterilerin talep miktarlarına, stok tutma kapasitelerine göre değişmektedir. Eğer bir müşterinin talep miktarı fazla ise az miktarda talebi olan müşteriye göre ya da stoklama alanı küçük ise stoklama alanı büyük olan müşteriye göre daha fazla sefer yapılacaktır [14].

### 5- Envanter Rotalama Problemi;

Bir malzemenin, bir yerden birden fazla müşteriye olan tekrarlı dağıtım temel varsayımdır. Problemin amacı stoksuzluğa neden olmayacak şekilde planlama

periyodu süresince oluşan ortalama dağıtım maliyetini minimize etmektir. Üç karar problemi bulunmaktadır [15]:

- Dağıtım ne zaman yapılacak?
- Malzemenin teslimat miktarı ne kadar olacak?
- Dağıtım hangi rotalarda yapılacak?

Envanter rotalama problemlerinde müşteri siparişlerinden ziyade malzeme kullanımını dikkate alınmaktadır. Bu anlamda geleneksel ARP'lerden farklıdır. Malzeme tüketim oranı deterministik ve sabittir [15]. Hâlbuki gerçek hayatta tüketimler stokastik ve dinamik olmaktadır.

#### 6- *Stokastik ARP;*

Geleneksel ARP'lerde parametreler deterministik veya sabittir. Oluşan senaryolar karmaşıklaştıkça parametreler daha da karmaşık özelliklere bürünmektedir. Stokastiklik genel bir addır. Bu problem türü; talep, müşteri, dağıtım zamanı gibi parametrelerin stokastik olması ile tanımlanan ARP çeşididir [16].

Geleneksel ARP'lerde ayrı ayrı ele alınan bu problemler döngüsel sefer sisteminde eşzamanlı çözülmesi gereken karmaşık problemlere dönüşmektedir. Zaman kısıtı, stokastikliği, eş zamanlı toplama dağıtım özelliği, çok periyotlu olması, tren mantığının kullanılması, malzeme yükleme problemini içermesi ve sistemin dinamik yapısı problemi karmaşık ve özel bir duruma dönüştürmektedir. Ayrıca tesis yerleşimi, döngüsel sefer sistemini etkileyen problemlerden bir diğeridir. Dolayısıyla geleneksel ARP bu yapının çözümünde kısmen yeterli olmaktadır [17].

Tesis içi taşımacılık faaliyetlerinin planlanması ve kontrolü için birbiriyle ilişkili birçok karar probleminin çözülmesi gerekir. Bu problemler, Emde ve Boysen'e göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır [18];

- i. *Yerleşim planı problemi;* süpermarket/depo sayısı ve konumunun belirlenmesi, süpermarketlerdeki malzemelerin yerleşimi problemlerini içerir.
- ii. *Rotalama problemi;* süpermarkette kullanılacak tren sayısının belirlenmesi ve trenlerin hangi rotada gideceğine karar verme gibi problemleri içerir. Problem döngüsel sefer problemi olduğundan dolayı bir alanda başlayan rota yine aynı alanda bitecektir.

- iii. *Çizelgeleme problemi*; bu problemdeki amaç, istasyonları besleyen tren için en uygun teslimat zamanlarını belirlemektir. Her trenin tur zamanı olmaktadır. Belirlenen tur zamanları tur sayılarını etkileyecektir. Tur zamanları istasyonlarda yükleme boşaltma sürelerini de içerecektir.
- iv. *Yükleme problemi*; bu problemin amacı, her turda ilgili trenle hangi tipte malzemenin hangi miktarlarda taşınacağını belirlemektir. İstasyondaki stok miktarının minimize edilmesi amaçlanır ancak istasyonların stoksuz kalmasına izin verilmez. Her tren ve vagonun kapasitesi kısıtlıdır.

Tez kapsamında oluşturulan döngüsel sefer modelinde yerleşim problemi dikkate alınmamıştır. Bu çalışmada çizelgeleme ve rotalama problemi eşzamanlı incelenmiş ve çeşitli senaryolar ile etkin sonuçlar araştırılmıştır. Senaryolar dinamik ortamda simüle edilmiş ve etmen tabanlı modelleme ile kurgulanmıştır. Oluşturulan modelde, geleneksel döngüsel sefer probleminden farklı olarak dinamik talep söz konusu olmaktadır. Sistemde, dinamik talebe göre üretim yapılmakta ve üretim miktarına göre taşınacak malzeme miktarları değişkenlik göstermektedir. Araç rotaları dinamik olarak belirlenmekte olup trenlerin çizelgelenmesi de dinamik olarak yapılmıştır. Modeldeki amaç, bu değişkenliği yönetebilecek bir ortam oluşturmaktır.

### **1.2.1 Rotalama ve Çizelgeleme Problemini Eşzamanlı Değerlendiren Çalışmalar**

Alnahal ve Noche, döngüsel sefer probleminin çözümünde rotalama, çizelgeleme ve yükleme problemlerini birlikte ele almışlardır. Çalışmanın amacı; tren sayısını, yüklemedeki değişkenliği, rota uzunluğu ve stok tutma maliyetini azaltmaktır. Yazarlar çalışmalarında stokastik parametreler belirtmemekle birlikte, çalışmalarını dinamik programlama ve karma tamsayılı programlama ile çözmüşlerdir. Ayrıca çalışmada kanban kullanılmadığını varsaymışlardır [19]. Kılıç vd. iç lojistikte döngüsel sefer kullanımıyla ilgili kısa bir literatür araştırması yapmışlardır. Yazarlar çalışmalarında problemi üç sınıfa ayırmaktadırlar: Genel atama problemi, özel atama problemi ve belirlenmiş zaman periyotlu atama problemi. Genel atama probleminde rotalar ve zaman periyodu bilinmemektedir. Özel atama probleminde rotalar bilinmekte fakat zaman periyotları henüz belirlenmemiştir. Belirlenmiş zaman periyotlu atama probleminde ise, zaman periyotları bilinmekte fakat rotaların belirlenmesi gerekmektedir. Ele alınan çalışmada, döngüsel sefer trenlerinin çok rotalı araç yönteminde kullanılmasının tek rotalı araç yönteminde kullanılmasından çok daha

avantajlı olduğu görülmüştür [20]. Choi ve Lee, rotalama, çizelgeleme ve yükleme problemlerini birlikte ele alarak kapsamlı dinamik planlama yapmışlardır. Senaryoda karma modellenli montaj hattı tek depodan beslenmektedir. Montaj hattının beslenme durumu statik ve dinamik olarak iki farklı şekilde ele alınmıştır. Statik durumda montaj hattında malzeme tüketim miktarı sabit, dinamik durumda ise tüketim miktarı dinamik olarak tahmin edilmektedir. Çalışmanın amacı, teslimat zamanındaki sapmaları minimize etmektir. Problemin çözümünde geleneksel araç rotalama yöntemi kullanılmış, çalışma gerçek verilerle simüle edilmiştir [21]. Emde ve Boysen, döngüsel sefer sistemi için rotalama ve çizelgeleme problemini polinom zaman yaklaşımı ile ele almışlardır. Çalışmada çeşitli varsayımlar yer almaktadır. Örneğin, tren her istasyonda duracaktır, her dağıtım öncesi trenlere yükleme yapılacak ve dağıtımda önce stoklar bitmiş varsayılacaktır [22]. Yazarlar başka bir çalışmalarında stok tutma maliyetini minimize etmek için çizelgeleme ve rotalama problemini birlikte ele almışlardır [23]. Yine aynı yazarlar 2012 yılında trenlerin rota planı ve çizelgeleme probleminin çözümü için dinamik programlama yöntemi oluşturmuşlardır [18]. Sadjadi vd. çizelgeleme, rotalama ve yükleme problemi için genetik algoritma ile karma tamsayı matematiksel model geliştirmişlerdir [6]. Satoğlu ve Şahin, iç lojistikte servis periyodunun ve rotaların belirlendiği döngüsel sefer sistemi için sezgisel yöntemle lineer olmayan matematiksel model geliştirmişlerdir [24]. Kılıç ve Durmuşoğlu, iç lojistik problemlerinde en uygun çözüme ulaşabilmek için sezgisel yöntem öne sürmüşlerdir [25].

Golz vd. rotalama, çizelgeleme ve yükleme problemlerini birlikte ele almışlardır. Yazarların amacı, karma modellenli montaj hattını besleyen trenlerin sayısını minimize etmektir. Çalışmada rotalama problemi için iki aşamalı sezgisel çözüm yöntemi geliştirilmiştir. Çizelgeleme problemi için ise karma tamsayı programlama modeli formüle edilmiştir [26]. Güner vd.. döngüsel sefer rotalama problemini dinamik olarak ele almışlardır. İlk olarak, döngüsel sefer teslimatının gerçekleştiği tesisler için dinamik rota planları geliştirilmiş ve bu planlar simüle edilmiştir. İkinci aşamada rotalar, stokastik zaman pencereli dinamik programlama yöntemi ile belirlenmiştir. Son aşamada ise döngüsel sefer teslimatının zaman bazlı performansını artırmak amaçlı zaman pencereli bir yöntem tanımlanmıştır [27]. Patel ve Patel; tek depodan birden fazla müşteriye döngüsel sefer sistemi ile dağıtımın yapıldığı bir problem için analizler yapılmıştır. Çalışmada matematiksel bir model önerilmiştir. Oluşturulan modelin amacı



stok tutma ve malzeme taşıma maliyetlerini minimize etmektir [28]. Emde ve Gendreau, karma modellenli montaj hattını besleyen tren için çizelgeleme ve yükleme problemlerini ele almışlardır [29].

### 1.2.2 Döngüsel Sefer Sistemi ve Simülasyon Çalışmaları

Chee vd. tarafından yapılan bir iç tesis içi döngüsel sefer sistemi uygulamasında, çekme esaslı kanban ve döngüsel sefer sistemi ile kanban performansı kesikli olay benzetimi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Çalışmada Witness 2008 yazılımı kullanılmıştır. Kanban ile döngüsel sefer sistemi uygulaması ile daha iyi sonuç elde etmişlerdir. Kanbanla birlikte döngüsel sefer sistemi uygulandığında iş hacminin daha yüksek, ortalama bekleme zamanı ve iş akış süresinin ise daha düşük olduğu görülmüştür [30]. Korytkowski ve Karkoszka, bir depodan geleneksel montaj hattını besleyen döngüsel sefer sistemi için kesikli olay benzetim modelleri oluşturmuşlardır. Yazarlar, üretim alanında döngüsel sefer sisteminin daha önce kurulduğunu ayrıca rota ve zaman periyotlarının hâlihazırda belirlenmiş olduğunu varsaymaktadır. Çalışmanın amacı, istasyonlardaki stok yeterliliği, tren operatörlerinin kullanımı ve montaj hattı verimliliğini çeşitli senaryolar ile incelemektir [3]. Dyntar, yaptığı çalışmada gerçek bir iç lojistik sisteminin tasarım ve optimizasyonu için etmen tabanlı modelleme uygulaması tanımlamışlardır. Yazar, etmen tabanlı modeli Witness dinamik simülasyon programını kullanarak oluşturmuştur. Ele alınan karar problemleri; depo yerleşimi, depo yönetimi ve malzeme taşıma ekipmanları ile ilgilidir [5]. Guizzi vd. elektrik-elektronik ekipmanların geri dönüşümünün yapıldığı bir yalın üretim ortamı için tersine döngüsel sefer sistemi tanımlanmıştır. Tren ilgili toplama alanlarına boş paletle gidip doluları alıp dönmektedir. Oluşturulan model dinamik ortamda simüle edilmiştir [11]. Faccio vd. karma modellenli montaj hattı ve süpermarket arasındaki taşımacılığın trenlerle yapıldığı bir otomotiv endüstrisi için entegre yaklaşım geliştirmişlerdir. Problem kısa ve uzun dönemli olarak ikiye bölünmüştür. Trende malzeme taşırken oluşan taşıma problemleri kısa dönemli olarak düşünülmüş ve farklı dinamik simülasyon modelleri geliştirilerek analiz edilmiştir. Kanban sayısının optimizasyonu ise statik olarak uzun dönemli incelenmiştir [31]. Novaes vd. OEM (Orijinal Ürün Üreticisi) operasyonlarında oluşan döngüsel sefer araç rotalama problemlerini, çeşitli dinamik simülasyon modelleri kurarak analiz etmişlerdir. Oluşturulan simülasyon modellerinde genetik algoritma kullanmışlardır. Çalışmanın

amacı; her dağıtımda servis düzeyini artırmak, başarısız varışlar için stok düzeyi dengelemek, stok düzeylerini karşılayacak miktarı arama ve eşzamanlı olarak toplam operasyon maliyetini minimize etmektir. Çalışma sonucu, dinamik formülasyonun statik versiyona göre servis düzeyini oldukça artırdığını göstermektedir [32]. Bae, Evans ve Summers, bir iç lojistik sisteminde döngüsel sefer sistemi kullanımının etkisini çeşitli simulasyon modelleri kullanarak incelemişlerdir. Çalışmada üç simulasyon senaryosu analiz edilmiştir. İlk senaryoda süpermarket yerleşimi yatay, ikincide ise dikey olarak belirlenmiş ve süpermarketlerin en uygun rotaları karşılaştırılmıştır. Üçüncü senaryoda istasyonların stok talepleri analiz edilmiştir. İstasyonlar malzeme talep ettiğinde süpermarkete bir sinyal iletecek, sinyali alan süpermarketteki trene malzemeler yüklenecek ve tren FIFO sıralamasına göre teslimat yapacak. Bu durum, süpermarketin yatay ve dikey yerleşimine göre analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır [33].

Geleneksel ARP yöntemleri fiziksel kısıtları dikkate almadığından döngüsel sefer ARP için çizelgeleme problemlerinin çözümünde yetersiz kalmaktadır [26]. Gyulai ve Monostori'e göre genel yaklaşımların çoğu, istasyon ve rotaların yerleşimini grafiksel olarak ele almaktadır. Bu çalışmada yazarlar iç lojistikte döngüsel sefer ARP için çizelgeleme problemine çözüm aramışlardır. Problem çözümünde yerleşim kısıtları dikkate alınmıştır. Başlangıç çözümü için sezgisel yöntem ile uygun rotalar belirlenmiş olup, daha sonrasında çözüm kapasitelerini analiz etmek amacıyla yazılım prototipi geliştirilmiş ve gerçek hayat verileri ile test edilmiştir. Çalışmanın amacı, kullanılan araç sayısını minimize etmektir [17].

Schmidt, Meinhardt ve Schulze, Alman Mühendisler Topluluğunun güncel standardizasyon yaklaşımlarını tartışmışlar ve iç lojistikte döngüsel sefer sistemi tasarlandığı zaman göz önünde bulundurulması gereken kısıtlar üzerinde durmuşlardır. Bu amaçla iç lojistikte kullanılan döngüsel sefer sistemi için genel bir kılavuz oluşturmuşlardır. Kılavuz iki bölüme ayrılmıştır. İlk bölümde temel bilgiler, tasarım ve pratik örnekler yer almakta, ikinci bölümde ise temel prensipler ve formüller yer almaktadır [34].

Tesis içi döngüsel sefer problemleri için literatüre genel olarak bakıldığında rotalama problemlerine geniş yer verilmekte iken çizelgeleme, yükleme problemleri için kapsamlı analizlerin yeteri kadar bulunmadığı söylenebilir. Ayrıca döngüsel sefer sistemi değişkenlerine dinamik ortamda eşzamanlı çözümler aranan çalışmalar oldukça

az bulunmaktadır. Tez kapsamında, gerçek hayattaki problemler dikkate alınarak taleplerin rassal olarak oluştuğu bir simülasyon modeli oluşturulmuştur. Modelde, dinamik talebe gore trenlerin ne kadar yuk taşıyacağı, hangi zamanda hangi rotaları izleyeceği ve malzeme dağıtımına hangi zamanda başlayacağı sorularına etmen tabanlı yaklaşım ile çeşitli deneyler üzerinden cevaplar aranmış ve sonuçlar analiz edilmiştir.



## 2. BÖLÜM

### YÖNTEM ve MATERYAL

#### 2.1. Etmen Tabanlı Modelleme

Etmenler ile ilgili literatürdeki çok sayıda devam eden tartışma bulunmaktadır. Birçok tartışmaya rağmen bu terim için net bir tanım henüz yapılmamıştır. Tanımlamadaki zorluğun sebebi, etmen yapısı ile ilişkili bazı özelliklerin farklı alanlar için farklı önem derecesi olmasıdır. Tez kapsamında kullanılan etmen mantığı ve etmen tabanlı modelleme ile ilgili en geniş çalışma 1999'da Gerhard Weiss'in yayımladığı "Multiagent Systems" adlı kitaba aittir. Bu bölüm, bu kitap referans alınarak yazılmıştır [35].

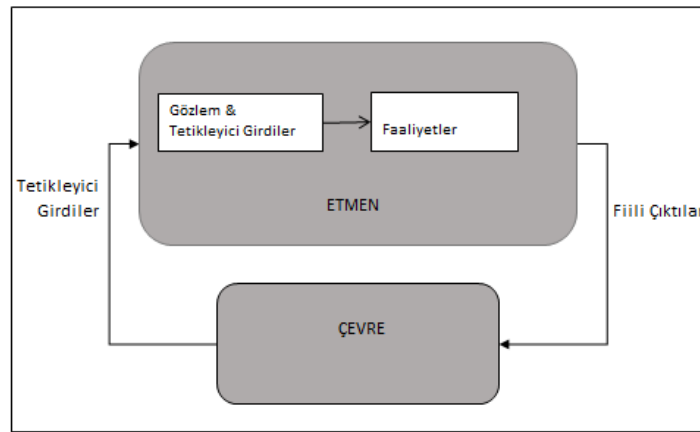
Bilgisayarların belirli şartlar için oluşturulan belirli algoritmalara göre işlem yapma özelliği birçok uygulama için istenilen bir durumdur. Ancak sistemler zaman geçtikçe karmaşıklaşmakta, veriler büyümekte ve dinamik yapılar ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla karmaşık ve dinamik sistemleri etkin şekilde modellemede kullanılacak yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Bu tür karmaşık sistemler, etmen tabanlı modelleme ile kurgulanabilmektedir. Etmenler, hızlı değişen, öngörülemeyen ve eylemlerinin büyük ihtimalle başarısız olacağı açık çevrelerde çok iyi sonuçlar vermektedir.

Etmenler, çevresi üzerinde tamamen kontrol sahibi olmayıp sadece kısmi bir etkiye sahiptir. Bu durum, çevre faktörünün etmen sistemlerde çok önemli bir yapı olduğunu göstermektedir. Etmenin içinde yer aldığı çevrenin farkında olması etmende bir iç durumdan bahsetmek anlamına gelmekte olup, etmen söz konusu iç duruma göre karar verebilmektedir. Etmenin etkin olarak çalışabilmesi için çevreden alınan bilginin sürekli güncel bir şekilde takip edilmesi gerekmektedir.

Bu bölümde, tez kapsamında bahsedilen etmen yapısının ve etmen tabanlı modelleme yönteminin genel özelliklerine yer verilmiştir. Öncelikle etmen kavramı detaylı tanımlamalarla açıklanmış, akıllı etmenler ile normal etmen sistemleri arasındaki farklılıklardan bahsedilmiştir. Ayrıca akıllı etmenlerin türleri ve sahip oldukları özellikler ele alınmış, akıllı etmenlerin içinde buldukları çevre incelenmiş ve çevre türleri ile bu çevre türlerinin akıllı etmenlerle olan ilişkileri incelenmiştir. Bölümün son kısmında ise etmenlerin birbiri ile nasıl etkileşim kurdukları anlatılmış ve bu iletişim yöntemlerinden müzakere (negotiation) ve açık artırma (auction) yöntemi açıklanmıştır.

### 2.1.1 Etmen Tanımı

Woldridge ve Jennings'e göre etmen; bazı ortamlarda bulunan ve bulunduğu bu ortamda kendi tasarım hedeflerini gerçekleştirmek için otonom eylemler yapabilen bir bilgisayar sistemidir. Etmenler, insanların ve diğer sistemlerin müdahaleleri olmadan hareket etme kabiliyetine sahiptir. Etmenlerin kendi evreleri (stage) ve davranışları bulunmaktadır. Ayrıca bilgisayar dilinde kullanılan "nesne" kavramından daha güçlü özerklik anlayışına sahiptir [36].



Şekil 2.1. Etmenlerdeki algı ve aksiyon mekanizması

Şekil 2.1, etmenlerle ilgili genel bilgi vermektedir: Etmen, kendi çevresi içerisinde. Bulduğu çevreden tetikleyici unsurları almakta ve kendisini etkileyen fiili çıktılar üretmektedir. Bu etkileşim bir döngü şeklinde sürekli devam etmektedir.

Etmenlerin kendi çevrelerinde mutlak kontrolü bulunmamaktadır. Bu nedenle, özellikle deterministik olmayan çevrelerde etmenlerin başarısızlık ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır.

Bir etmenin temel amacı, planlanmış hedeflerini en iyi şekilde gerçekleştirmek için hangi eylemleri yapması gerektiğine karar vermektir. Karar verme sürecinin karmaşıklığı, etmenin bulunduğu çevrenin özelliklerine göre değişmektedir. Russell ve Norvig çevreleri aşağıdaki şekilde sınıflandırmıştır;

➤ Ulaşılabilir (Accessible) ve Ulaşılabilir Olmayan (Inaccessible) Çevre

Ulaşılabilir çevre, etmenin çevrenin durumu hakkında eksiksiz, doğru ve güncel bilgileri edinebileceği çevredir. Karmaşık çevrelerin çoğu ulaşılabilir değildir. Günlük hayat, internet gibi çevreler ulaşılabilir olmayan çevrelere örnektir. Bir çevre ne kadar ulaşılabilir olursa içerisinde etmen oluşturmak o kadar kolay olacaktır.

➤ Deterministik ve Deterministik Olmayan Çevre

Deterministik çevrede eylemlerin oluşması sonucunda oluşan evrelerle ilgili herhangi bir belirsizlik bulunmamaktadır. Fiziki dünya deterministik olmayan bir çevredir. Deterministik olmayan çevreler etmen tasarımcısı için daha büyük problemler oluşturmaktadır.

➤ Bölümsel (Episodic) ve Bölümsel Olmayan (Non-Episodic) Çevre

Episodik çevrede etmen performansı, birbirinden farklı bölümlere bağlıdır. Her bir bölümdeki senaryoda etmenlerin performansları arasında herhangi bir ilişki yoktur. Örneğin elektronik posta sıralama sistemi episodik çevreye bir örnektir. Etmenlerin tasarımı bölümsel çevrede daha kolay olmaktadır. Çünkü etmenler sadece mevcut bölümde hangi eylemi gerçekleştireceğine karar verecektir, mevcut bölüm ile gelecekteki bölümler arasında herhangi bir etkileşim olmayacaktır.

➤ Statik ve Dinamik Çevreler

Statik çevrede süreçler sabittir ancak etmen eylemlerinin performansı değişebilmektedir. Dinamik çevre ise üzerinde faaliyet gösteren ve dolayısıyla etmen kontrolünün ötesinde farklı süreçlere sahiptir. Fiziksel dünya oldukça dinamiktir.

➤ Kesikli ve Sürekli Çevre

Eğer çevrede sabit, sınırlı sayıda eylem ve algı varsa kesikli çevre olarak adlandırılır. Örneğin; araç sürmek sürekli bir çevre iken satranç oyunu kesikli bir çevre olarak gösterilebilir.

En karmaşık çevre sınıfları; erişilemez, deterministik olmayan, bölümsel olmayan, dinamik ve sürekli olanlardır.

### 2.1.2 “Etmen” ve “Akıllı Etmen” Arasındaki Farklar

Gerhard Weiss’a göre akıllı etmenlerin üç temel özelliği bulunmaktadır;

- i. Tepkisellik (Reactivity); akıllı etmenler çevrelerini algılayabilir ve tasarım hedeflerini gerçekleştirmek için çevrelerinde meydana gelen değişikliklere zamanında cevap verebilir.
- ii. Ön etkinlik (Pro-activeness); akıllı etmenler tasarım hedeflerini karşılamak için inisiyatif olarak farklı davranış sergileyebilir.
- iii. Sosyallik (Social ability); akıllı etmenler, tasarım hedeflerini karşılamak için diğer etmenlerle etkileşim kurabilir.

Akıllı etmenlerden söz edebilmek için bazı terimler üzerinde durmak faydalı olacaktır:

- “Etmen” özerk ve sayısal varlıktır. Çevresini çeşitli tetikleyicilerle algılar ve çıktılılarıyla çevresini etkiler. Etmenlerin sayısal varlık olmaları bilgisayarlar üzerinde çalışan programlar oldukları anlamına gelmektedir. “Özerk” olmaları ise insanların ya da diğer sistemlerin müdahalesi olmaksızın kendi davranışları üzerinde kısmi kontrolleri olduğu anlamına gelmektedir. Etmenler, hedeflerini gerçekleştirebilmek için çeşitli görevler üstlenirler. Bu görevler tamamlayıcı olabileceği gibi zıtlıklar içerebilecektir.
- Etmenlerin amaçlarını yerine getirmeleri ve görevlerini gerçekleştirmek için performans ölçütlerini optimize etmeleri “Akıllı” olduklarını gösterir. “Akıllı” terimi etmenlerin her şeyi bildikleri ya da başarısız olmayacakları anlamına gelmemektedir. Aksine sahip oldukları bilgi ve algısal yeteneklerini kullanarak esnek ve rasyonel çalışabildikleri anlamında kullanılmaktadır. Dolayısıyla etmenlerin bu özelliği problem çözme, karar verme, planlama ve öğrenmeyi etmenler üzerinde mümkün kılmayı amaçlanmaktadır.
- “Etkileşim” etmenlerin görevlerini yerine getirirken diğer etmenlerden veya insanlardan etkilenebileceğini ifade etmektedir. Etkileşim, çevreyi etkileyen

çıktılar üretirken veya diğer etmenler ile iletişime geçerek dolaylı ya da diğer etmenleri etkileyecek bilgiler bulundurarak doğrudan gerçekleşebilir.

Etmenler, amaçlarını ve görevlerini koordine edebilmek için faaliyetleri arasındaki bağılılığı açıkça dikkate almalıdır. Etmenler ya işbirliği yaparak çalışır ya da rekabet yaparak. İşbirliği durumunda, birçok etmen ortak amacı gerçekleştirmek için birlikte çalışır ve bilgi paylaşımında bulunurlar. Dolayısıyla birlikte kazanır ya da kaybederler. Rekabet durumunda ise etmenlerin amaçları çatıştığından dolayı birbirlerine karşı çalışırlar. Bu durumda, her etmen amacını en iyileyecek şekilde çalışacak ve bir etmenin başarısı diğerlerinin başarısızlığına neden olacaktır.

Çoklu etmen sistemlerinde durum kısmen farklılaşmaktadır; sistemdeki etmenler arasında etkileşim bulunmakta ve etmenler eylemlerde bulunacağı bir çevreye sahip olmaktadır. Bu sistemde etmenler bilgilerini, aktivitelerini ve süreçlerdeki amaçlarını koordine edeceklerdir.

Çoklu etmen sistemleri üzerinde çalışmalarda ilk olarak davranışların koordinasyonu üzerinde durulmuştur. Dağıtık problemlerde ise çözümün geliştirilmesi için görev dağılımları yapılmaktadır.

Çoklu etmen sistemlerinin temel karakteristikleri;

- Etmenlerin bilgi ve yetenekleri sınırlıdır.
- Sistem kontrolü dağıtık.
- Veriler merkezi olmayan yapıdadır.
- Hesaplamalar eşzamanlı yapılmamaktadır.

Çoklu etmen sistemi, dağıtık, büyük ölçekli, dinamik, açık bilgi sistemlerini anlamak, yönetmek ve kullanmak için yenilikçi bir yol sunar. İnternet, bu tür sistemlerin en önemli örneğidir. Bu sistemler, yalnızca karmaşık etkileşimli sistemleri tasarlamak için bilgi birikimi sağlamayı değil aynı zamanda eski sistemlerin birbirine uyumlu bir şekilde, bir bütün olarak etkileşimde bulunmasını sağlamayı da amaç edinmiştir. Gerçek hayattaki birçok uygulama bu sınıflandırmaya dâhil edilebilir. Çizelgeleme, üretim ve kontrol, lojistik sistemleri gibi.



### 2.1.3 Etmen ve Nesne

Nesneler, çeşitli evreleri içeren ve bu evrelerde eylemler ve metotlar uygulayan sayısal varlıklardır. Etmen ve nesne arasında aşağıdaki maddelerde açıklandığı gibi belirgin benzerlikler olduğu kadar önemli farklılıklar da bulunmaktadır:

- i. Nesne tabanlı programlamanın en temel özelliği kapsülleme ilkesidir. Bu ilkeye göre nesneler, kendi evreleri üzerinde kontrol sahibidirler. Ancak nesneler, kendi davranışları üzerinde kontrol sahibi değildir. Başka bir deyişle, bir nesne bir metodun diğer nesneler tarafından çağrılmasını mümkün kılıyor ise, o metodun çalıştırılıp çalıştırılmayacağı konusunda kontrol sahibi olmayacaktır. Ancak bir sistemin tasarlanabilmesi için nesnelerin “ortak amaç” gütmesi ve metotlarını birbirleri arasında kullanabilmesi gerekecektir. Aksine çoklu etmen sistemlerinde ise, “ortak amaç” pek mümkün olmayacaktır. Etmenler arasında metod çağrılmaz, daha çok bazı eylemlerin gerçekleştirilmesi talep edilir. Örneğin; bir  $i$  etmeni,  $j$  etmeninden bir eylemin gerçekleşmesini istediğinde,  $j$  etmeni talebi doğrudan karşılamayacaktır. Yapacağı eylem kendi faydasını arttıracak ise bu eylemi gerçekleştirecektir. Nesne ise bu eylemi doğrudan gerçekleştirecektir.
- ii. Etmen ve nesne sistemleri arasındaki ikinci önemli farklılık “özerk davranışların esnekliği”dir. Reaktif, proaktif ve sosyal özellikler esnekliği oluşturmaktadır. Standart nesne modelinde bu tür davranış özellikleri bulunmamaktadır.
- iii. Etmenlerin öğrenme kabiliyeti bulunmaktadır. Ayrıca etmenlere çeşitli özellikler dinamik olarak eklenip çıkarılabilmektedir.
- iv. Nesneler merkezi olarak organize edilmiştir çünkü nesnelerin metotları diğer sistem bileşenleri tarafından çağrılmaktadır. Etmen tabanlı çevrelerde ise merkezi olan veya merkezi olmayan durumlar söz konusu olabilir.
- v. Diğer bir ayrım, her bir etmenin kendi denetim dizininin bulunmasıdır. Standart nesne modellerinde ise normalde tek kanallı kontrol bulunmaktadır. Ancak JAVA gibi programlama dillerinde çoklu kanallı programlama tasarımı mümkün olabilmektedir.
- vi. Nesne yönelimli programlamaya en yakın kavram aktif nesnelere dir. Aktif nesne; kendi dizini üzerinde kontrol sağlayabilir, genellikle özerktirler, diğer nesnelerin etkileşimi olmadan bazı davranışlarda bulunabilir. Aksine pasif nesneler ise sadece durum/evre değişikliğinde bulunabilirler. Bu bağlamda etmenin, temel

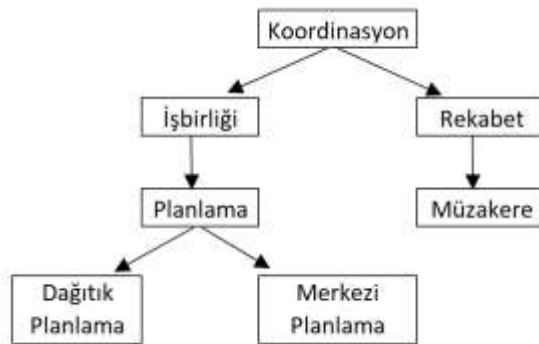
olarak algılayan, akıl yürütebilen ve davranışları olan aktif bir nesne olduğunu söyleyebiliriz.

#### 2.1.4 Etmenlerin İletişimi

Temel olarak bir etmen; algılama, akıl yürütme ve eylemde bulunma yeteneklerine sahip aktif bir nesnedir. Etmenlerin bilgi birikimlerinin olduğu ve bu bilgi birikimini kullanacak mekanizmaları olduğu varsayılır. Diğer bir varsayım ise iletişim kurma kabiliyetine sahip olmalarıdır. Bu iletişim, mesaj alma (algı) ve mesaj gönderme (eylem) şeklinde gerçekleşmektedir.

Etmenler kendi amaçlarını veya buldukları sistemin amaçlarını daha iyiye götürmek için iletişim kurarlar. Bu amaçların sistemdeki etmenler tarafından açıkça bilinmesi gerekmemektedir. İlgili etmen ancak bilgiyi amacına uygun gördüğü durumda paylaşacaktır.

İletişim, etmenlerin davranışlarının koordinasyonuna olanak sağlar. Böylece daha uyumlu bir sistem oluşur. Bazı etmenler ortak amaçlara sahip olabiliyorken bazı etmenler zıt amaçlara sahip olup rekabet içerisinde olurlar. Her iki durumda da sistemdeki temel problem, çevresel kontroller olmadan sistemin ne kadar tutarlı sürdürülebileceğidir. Bu yüzden etmenlerin, ortak görev belirleme, bilgilerini paylaşmaya karar verme veya rekabet içerisinde mücadele etme konularında yetenekleri olmalıdır. Şekil 2.2’de etmenlerin iletişim şekilleri bulunmaktadır.



Şekil 2.2. Etmenlerin iletişim şekilleri

İşbirliği, benzer amaçlar güden etmenlerin koordinasyonu iken rekabet, farklı veya zıt amaçları olan etmenlerin koordinasyonudur. Çakışan amaçları bulunan etmenler müzakere (pazarlık) yaparak anlaşmaya çalışırlar.

Planlama; ortak amaçlar için etmenlerin planlanması, ya da bir etmenin birden fazla planı koordine etmesi durumları içerir. Ayrıca etmenin bu planları nasıl gerçekleştirdiği de planlama konusu içerisinde.

### 2.1.5 Etmenlerin Etkileşim Protokolü

Önceki bölümde, etmenlerin mesaj alıp vererek iletişim kurduklarından bahsedilmiştir. Etkileşim protokolü, bu mesaj serilerinin paylaşımını yönetir. Çatışan amaçlara sahip etmenlerin bulunduğu bir sistemde etkileşim protokolünün amacı etmenlerin verimlerini en iyilemek olacaktır. Benzer ya da ortak amacı olan etmen sisteminde ise amaç, ortak hedefe ulaşmaya çalışmak olacaktır.

Bir protokol, aşağıdaki beş unsuru içerecek şekilde veri yapısına sahiptir;

- Gönderici (Sender)
- Alıcı (Receiver)
- Protokol dili (Language in protocol)
- Fonksiyonların kodlanması (Encoding and decoding functions)
- Alıcıların faaliyetleri

#### 2.1.5.1 Koordinasyon Protokolü

Kısıtlı kaynakların bulunduğu bir çevrede etmenler bireysel ya da ortak hedeflerini gerçekleştirebilmek için faaliyetlerini koordine etmelidirler. Çünkü çoklu etmenler arasında gerçekleşen faaliyetler arasında bağımlılıklar olacaktır. Etmenler her zaman yeterli yetki, kaynak ve bilgiye sahip olmayacaklardır. Kendi görevlerini yerine getirirken aynı zamanda diğer etmenlere zamanında bilgi sağlama, senkronize faaliyetlerin gerçekleşmesini sağlama gibi ek görevleri olacaktır.

Yeni bir durum yok ise, bir etmen görevlerini yerine getirmeye çalışacaktır. Dolayısıyla etmen, mevcut görevlerini yerine getirmek için yeterli kaynağın ayrılması gerektiğini bilir ve bu durum etmenin yeni görevler alma konusunda sonraki kararlarını kısıtlar. Bu nedenle, bir etmenin görevleri, diğer görevlerle tutarlı olmalıdır. Ayrıca, ortak olan hedefler için ilgili etmenlere, onları etkileyen önemli değişiklikler konusunda bilgi verilmesi gerekmektedir.

Pek çok ortak faaliyet, tüm ekibin katılımına bağlı olduğundan, bir etmenin görevde değişiklik yapması ekibin çabalarını tehlikeye atabilir. Dolayısıyla, eğer bir etmen ekip

üyesinin artık ortak olarak davranmadığına inanmaya başlarsa, ortak faaliyetle ilgili konumunu yeniden değerlendirecektir.

Aşağıdaki kurallar, ortak görevlerin gerçekleşmesi için gerekli asgari şartı temsil etmektedir. Görevler ve müzakereler, koordinasyonun temel taşlarıdır; görevler öngörülebilir etkileşimler için gerekli yapıyı sağlar, müzakereler ise gerekli derecede karşılıklı desteği sağlar.

*Kural 1:*

Eğer

Faaliyetlere katılım konusunda karar değişikliği olursa

Ya da

Mevcut ekip şartları/kararları değişirse

Sonra

Diğer tüm etmenleri bu değişiklik konusunda bilgilendir.

*Kural 2:*

Eğer

Takım üyesinin ortak görevlerinden birinde değişiklik olursa

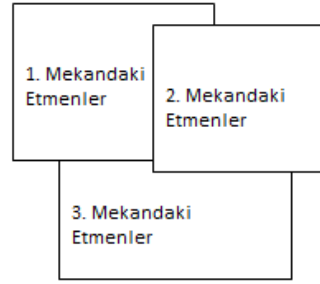
Sonra

Ortak görevin hala uygulanabilir olup olmadığını belirle.

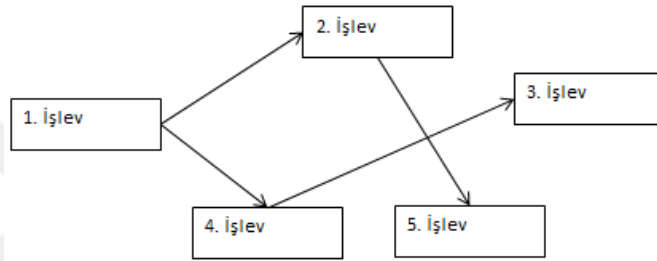
### **2.1.5.2 İşbirliği Protokolleri**

İşbirliği protokollerinde temel strateji, görevleri ayırtmak ve dağıtmaktır. Bu bölünme yaklaşımı, bir görevin karmaşıklığını azaltacaktır. Ayrıca alt görevler daha az yetenekli etmen ve daha az kaynak gerektirecektir.

Görev ayırıştırma, mevcut etmenlerin uzmanlığına, bilgi kaynaklarının veya karar noktalarının düzenine dayalı olarak mekânsal veya işlevsel olarak yapılabilir. Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'te örnek şemalar verilmiştir. Mekânsal ayırıştırmada her etmen sadece önceden belirlenmiş mekânlarda faaliyetlerde bulunabilecektir. İşlevsel ayırıştırmada etmenler sadece önceden belirlenmiş faaliyetlerde bulunabilecektir.



Şekil 2.3. Mekânsal ayrıştırma örneği



Şekil 2.4. İşlevsel ayrıştırma örneği

Görev dağıtımında kullanılan mekanizmalardan en iyi bilinen ve en çok uygulanan yöntem sözleşme ağı protokolüdür. Bu protokol, etmenler arasında işbirliğine dayalı problem çözümü için kullanılan bir etkileşim protokolüdür. Ürünlerin ve hizmetlerin değişimini yönetmek için işletmeler tarafından kullanılan sözleşme mekanizması üzerinde modellenmiştir.

Protokolün temel adımları;

- 1- Yönetici bir görev olduğunu duyurur.
- 2- Etmenler çağrıyı değerlendirir ve uygun olan etmen geri bildirimde bulunur.
- 3- Yönetici uygun olan etmeni seçer.

Bir görevin çözülmesini isteyen yönetici denir, görevi üstlenecek olanlara potansiyel taraflar denir [36].

Bir yönetici perspektifinden süreç, şu şekildedir:

- Gerçekleştirilmesi gereken bir görevi duyur,
- Potansiyel tarafların tekliflerini al ve değerlendir,
- Uygun bir etmen ile anlaş,

- Sonuçları al.

Potansiyel taraf bakış açısından süreç;

- Görev duyurularını al,
- Yanıt verme yeteneklerini değerlendir,
- Yanıt ver,
- Talebin kabul edildiyse gerçekleştir,
- Sonuçlarını bildir.

Etmenlerin rolü kesin olarak belirlenmemiştir. Dolayısıyla herhangi bir etmen, görev duyuruları yaparak bir yönetici olarak hareket edebilir veya görev duyurularına cevap vererek potansiyel taraf olabilir. Bu esneklik, daha gelişmiş görev ayrıştırmasına yol açar.

Görev üstlenen etmenler tatmin edici bir çözüm sağlayamazsa, yönetici görev için başka potansiyel taraflar arayabilir. Ayrıca görevler, uygunluk şartlarını karşılayan bir veya daha fazla potansiyel etmen tarafından yapılabilir.

Bir yönetici aşağıdaki durumlardan dolayı görev almayabilir:

- Tüm potansiyel taraflar meşguldür.
- Potansiyel etmenler müsait ancak önerilen görevi diğer görevlerin altında değerlendirmektedir,
- Müsait olsa bile hiçbir etmenin görevi yerine getirme yeteneği bulunmamaktadır.

Etmenler görev üstlenirken uygun, meşgul veya ilgisiz (yüklenicinin teklif vermesi çok düşük sırada yer aldığı gibi) olabilirler. Yönetici bu tür durumlarda acil müdahale görevi isteyebilir veya görev planında düzenlemeler yapabilir. Örneğin, yoğun miktarda potansiyel yüklenici serbest kalana kadar bekleyebilir.

Seçilen etmen, kabul veya reddetme ile yanıt verir. Bu özellik, protokolü basitleştirebilir ve bazı görevler için verimliliği artırabilir.

## **2.2. Müzakere (Negotiation)**

Birbirinden farklı amaçları olan etmenler arasındaki etkileşim müzakere (negotiation) olarak adlandırılır. Müzakere, kendi amaçlarına ulaşmaya çalışan birbirinden farklı iki

veya daha fazla etmenin ortak kararlarını verme sürecidir. Müzakere sürecinde etmenler ilk olarak farklı görüşte oldukları durumları bildirirler, daha sonra çatıştıkları bu durumlar için çeşitli alternatifler arayarak anlaşmaya çalışırlar.

Müzakerenin temel unsurları;

- Katılımcı etmenler tarafından kullanılan dil,
- Müzakere yapan etmenlerin takip ettiği protokol ve
- Her etmenin durumlarını, ayrıcalıklarını ve anlaşma kriterlerini belirlemek için kullandığı karar sürecidir.

Müzakere sürecini yönetme konusunda birçok teknik ve sistem geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar, çevre merkezli ve etmen merkezli olarak ikiye ayrılmaktadır;

- Çevre merkezli yaklaşımlarda; "Kuralları, yetenekleri veya amaçları ne olursa olsun, içerisinde bulunan etmenlerin verimli ve adil bir şekilde etkileşim kuracağı bir çevre nasıl tasarlanır?" sorusuna cevap aranır.
- Etmen merkezli yaklaşımlarda ise; "Bir etmenin çalışacağı çevre göz önüne alındığında, takip edeceği en iyi strateji ne olmalıdır?" sorusuna cevap aramaktır.

Etmen merkezli yaklaşım için Rosenschein ve Zlotkin, bir müzakere protokolü geliştirmişlerdir. Yaklaşımına göre; protokolü takip eden etmenler, müzakereye katılan tüm etmenlerin amaçlarını karşılayacak şekilde bir "anlaşma önerisi (deal)" oluştururlar. Teklifin verimi, etmenin öneri maliyetinin ne kadar aşağısında ödeme yapmaya istekli olduğu miktardır. Etmenlerin amacı kendi verimini enbüyüklemek olacaktır. Her etmen için pozitif verime sahip olan anlaşma önerilerinin (deal) olduğu listeye "müzakere listesi" denir. Etmenler bu listedeki anlaşmalar üzerinden müzakere sürecini gerçekleştirirler [37].

Yaklaşımdaki varsayımlar;

- Etmen kümesi küçüktür.
- Ortak bir dil kullanılır.
- Etmenler ortak bir çözüme ulaşmaya çalışır.

Görüşmeler sonucunda üç olası durum söz konusu olacaktır;

- i. Çatışma/ Anlaşmazlık; müzakere seti boştur. Etmenler amaçlarına ulaşmak için diğer etmenlerle ihtilafa düşebilir. Bu durumda, ilgili etmen yalnız hareket etmek isteyecektir. Ancak anlaşma yapmak, her etmen için en iyi çözüm olacaktır.
- ii. Uzlaşma; etmenler anlaşmaları kabul etmek istemeyecek ancak yine de kabul edecek ve ortak karara göre hareket edeceklerdir.
- iii. İşbirliği: müzakere setinde yer alan tüm anlaşmalar katılımcı etmenler tarafından tercih edilecektir.

Etmenler özerk davranışlara sahip olduğundan yanlış yönlendirme veya hile yapma gibi davranışlarda bulunmaları mümkündür [37].

### 2.3. Açık Artırma (Auction)

Önceki bölümde, etmenlerin koordine olabilmesi için gerekli protokol ve mekanizmalardan bahsedilmiştir. Bu yöntemlerde, etmenlerin birbirleriyle doğrudan iletişim kurulduğu ve etmen sayılarının küçük olması varsayımları göz önünde bulunmaktadır. Ancak etmen sayısı arttıkça etmenlerin birbiri ile iletişim kurması zorlaşacaktır. Dolayısıyla etmenlerin koordinasyonu daha karmaşık mekanizmalar ile sağlanacaktır.

Birçok bilgisayar bilimi uygulamasında başarıyla kullanılan açık artırma mekanizması, problem çözümünde araştırmacı için nispeten kolay analiz edilebilir özel bir çözüm ortamı sağlar. Açık artırma mekanizmasında, genellikle iki unsur arasında anlaşma bulunmaktadır; açık artırmayı yöneten kişi (müzayedeci) ve teklif veren taraf.

Açık artırma, açık artırma sahibinin bir ürünü en yüksek fiyata satmayı isterken katılımcıların mümkün olan en düşük fiyata satın almak istediği durumlarda tartışılır.

Etmenlerin değerinin nasıl şekillendiğine bağlı olarak niteliksel anlamda üç farklı açık artırma düzenlemesi bulunmaktadır;

- Özel değerli açık artırmada teklif değerleri, etmenlerin kendi önceliklerine bağlıdır. Buradaki önemli nokta, kazanan teklif sahibinin ürünü yeniden satmamasına veya başkalarına göstermesini engelleme girişiminde bulunmamasıdır. Bu gibi durumlarda teklif değeri, diğer temsilcilerin değerlemelerine bağlı olacaktır.



- Ortak değerli açık artırmada bir ögenin değeri, diğer etmenlerin değerlerine bağlıdır.
- İlişkili değerli açık artırmada, bir etmenin değeri kısmen kendi tercihlerine kısmen diğer etmenlerin değerlerine bağlı olmaktadır.

### 2.3.1 Açık Artırma Protokolleri

- İngiliz tipi açık artırmada; katılımcılar, teklif değerlerini istedikleri kadar artırabilirler. Teklif verenler, daha yüksek fiyat tekliflerine istekli olmadığı durumda açık artırma sonlanacak ve en yüksek teklifi veren katılımcı, beyan ettiği fiyat karşılığında açık artırmayı kazanacaktır. Bu protokolda etmen stratejisi; ilgili etmenin hazırladığı fiyat değeri, diğer etmenler için değer tahminleri ve diğer etmenlerin geçmişte yaptığı değerlemelerin olduğu bir fonksiyon serisidir.
  - Özel değerli İngiliz açık artırımında bir etmenin temel stratejisi, mevcut en yüksek tekliften az bir artış miktarıyla yeni bir fiyat teklifi oluşturmaktır. İlişkili değer açık artırımında ise açık artırmayı yöneten kişi/mezatçı, fiyatı sabit bir oranla artırabilir ya da fiyatı istediği değere çekebilir.
- İlk fiyatla kapalı teklif açık artırmalarında, teklif sahipleri birbirlerinin tekliflerini bilmeden teklif önerir, en yüksek fiyatla teklif veren açık artırmayı kazanır ve kazanan önerdiği fiyatı öder. Bu durumda etmenin temel bir stratejisi olmayacaktır ancak etmen, gerçek değerlemesinden daha düşük fiyatlı teklif vermek isteyecektir. Etmenlerin oluşturduğu fiyat değerlerinin olasılık dağılımları göz önünde bulundurulduğunda, etmenler arasında Nash denge stratejisi kurmak mümkün olacaktır.
- Hollanda tipi açık artırmada; satıcı, teklif sahiplerinden birinin ürünü mevcut fiyata alana kadar ürün fiyatını sürekli düşürecektir. Hollanda tipi açık artırma strateji olarak ilk fiyatla kapalı teklif açık artırımına benzemektedir. Çünkü her iki senaryoda da etmen teklifi yalnızca en yüksekse önemlidir ayrıca açık artırma süreci boyunca herhangi bir bilgiye ulaşamamaktadır.
- Vickrey açık artırmada, her etmen, diğerlerinin tekliflerini bilmeden bir teklif hazırlar. En yüksek teklifi veren etmen açık artırmayı kazanır ayrıca teklif karşısında en yüksek ikinci fiyat için ödeme yapılır. İlk fiyatla kapalı teklif açık

artırmasında olduğu gibi etmenin belirgin bir stratejisi olmayacaktır ancak etmenler, diğer etmenlerin olası değerlemelerini ve kendi değerlemelerini dikkate alarak bir strateji kurmaya çalışacaktır. Vickrey açık artırma modeli, çoklu etmen sistemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin, kaynakların işletim sistemlerine tahsis edilmesi, bilgisayar ağlarında bant genişliği tahsisi ve bina ısıtmasının hesaplamalı olarak kontrol edilmesi için kullanılmıştır.



## 3. BÖLÜM

### UYGULAMA ve BULGULAR

#### 3.1. Dinamik Talebe Dayalı Tesis İçi Döngüsel Sefer Sistemi İçin Bir Model Önerisi

Değişken talebe dayalı bir üretim ortamı, stok ihtiyacı ve buna bağlı olarak dağıtım zamanlarında değişimlere neden olacaktır. Dolayısıyla her yeni talepte farklı dağıtım zamanları, farklı dağıtım rotaları veya stok ihtiyaçları söz konusu olabilecektir. Bu çalışmadaki amaç, belirli konumlarda bulunan bağımsız iş süreçlerine sahip çeşitli istasyonlar ve istasyonlara malzeme dağıtımında bulunan döngüsel sefer sistemi araçları arasındaki planlama problemine çözüm aramaktır. Bu amaçla geliştirilen modelde istasyon ve trenlerin bulunduğu birimler arasındaki koordinasyonu sağlayan bir yönetici unsur bulunmaktadır.

Modelde istasyon, tren ve yönetici unsurları için etmenler oluşturulmuş ve bu etmenlere çeşitli görevler atanmıştır. Model kapsamında öncelikle, istasyonların bekleme sürelerini en aza indireyecek ve trenlerin doluluk oranını, yola çıkma zamanlarını en uygun şekilde belirleyebilecek mekanizmalar geliştirilmiştir. Daha sonra çeşitli deneysel veriler ile bu mekanizmaların etkinliği incelenmiş ve tartışılmıştır. Oluşturulan modelin simülasyonu Anylogic<sup>TM</sup> programı kullanılarak yapılmıştır.

Etmenler ve etmenlere ait mekanizmalar sonraki bölümlerde detaylı anlatılmıştır.

##### 3.1.1 Model Varsayımları

Tez kapsamında oluşturulan model için aşağıdaki varsayımlarda bulunulmuştur.

- Modeldeki tüm etmenler aynı çevrede bulunmaktadır. Model çevresi, dinamik ve ulaşılabilir yapıdadır.
- Taleplerin sisteme gelişi belirli bir dağılım ile olmaktadır.
- İstasyonlarda hammadde ve ürünler için yeterli stok alanı bulunmaktadır.

- İstasyonların hammadde tüketim hızları ile ürünlerin üretim hızları birbirine eşittir.
- Her tren sadece kendisine atama yapılan istasyonlara uğramakta ve sonrasında depoya geri dönmektedir.
- Rota çakışmalarının olmadığı varsayılmıştır.
- Oluşturulan modelde depodaki malzemelerin trenlere yüklenme süresi dikkate alınmamıştır.
- Trenler depoda bulunmakta, sadece depo ve istasyon birimleri arasında hareket etmektedir.

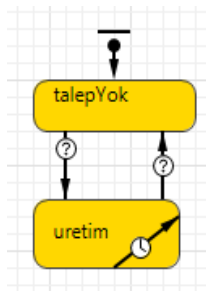
### 3.1.2. Modeldeki Etmenler

Modelde yer alan etmen özellikleri ve etmenlere ait durumlar aşağıdaki gibidir.

#### 3.1.2.1 İstasyon Etmeni

İstasyonlar belirli konumda bulunmakta ve sistemde talep bulunduğunda üretim hızlarına göre üretim yapmaktadır. Sistemde hammadde stoğu kalmadığında ise üretim yapılamayacaktır. Etmenin görevleri;

- Üretim yapmak
- Stok miktarı yeniden sipariş noktasına geldiğinde stok ihtiyacını yönetici etmene bildirmek



Şekil 3.1. İstasyon etmeni durum diyagramı

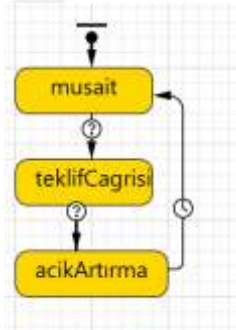
Şekil 3.1’de istasyon etmenine ait durum diyagramı bulunmaktadır. Bu etmende “talepYok” ve “uretim” adlarıyla iki durum (state) mevcuttur. İlk durumda sistemde talep yoktur ve herhangi bir işlem yapılmamaktadır. Sistemdeki talep miktarı sıfırdan büyük olduğunda ikinci duruma geçilir.

“retim” durumunda iken sistemde talep mevcuttur ve istasyonlar üretim hızlarına göre üretim yapmaktadır. Üretim yapıldıkça mevcut hammadde stok miktarı ve sistemde bulunan talep değeri azalacak, istasyonların üretim miktarı ise artacaktır. Yeniden sipariş noktası, mevcut hammadde stoğuna eşit olduğu durumda, istasyonun ihtiyaç duyduğu miktar ve zamanlar hesaplanır. Hesaplanan bu bilgiler yönetici etmene anlık olarak iletilir.

### 3.1.2.2 Yönetici Etmen

Yönetici etmen diğer etmenleri koordine etmektedir. İstasyon etmeninden gelen talepleri takip eder ve tren etmeninden gelen bilgilere göre istasyon ataması yapar. Yönetici etmeninin görevleri;

- İstasyondan gelen çağrı üzerine tren etmenine teklif çağrısında bulunmak
- Tren etmeninden gelen teklifleri değerlendirmek
- Değerlendirme sonucu stok bekleyen istasyonu ilgili trene atamak
- Değerlendirme sonucunu tren etmenine bildirmek



Şekil 3.2. Yönetici etmeni durum diyagramı

Şekil 3.2’deki yönetici etmenine ait durumlar (statechart);

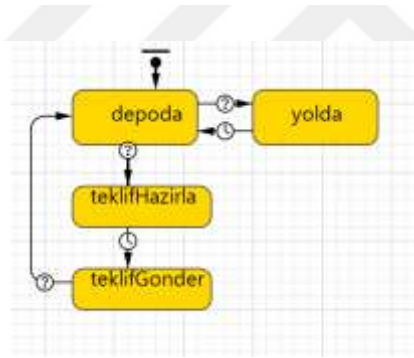
- “müsait” durumunda iken herhangi bir istasyondan mesaj geldi ise ve depoda bekleyen en az bir tren var ise “teklifCagrısı” durumuna geçilir.
- “teklifCagrısı” durumunda depoda bekleyen trenlerden ilgili istasyonlar için teklif gönderme çağrısı yapılır. Depodaki tüm trenler teklif gönderdiğinde “acikArtırma” durumuna geçilir.

- “acikArtırma” durumunda trenlerin gönderdikleri teklifler değerlendirilir ve ilgili istasyon seçilen trene atanır. Atama sonucu trenlere bildirilir ve “musait” durumuna geçilir.

### 3.1.2.3 Tren Etmeni

Tren etmeni, istasyonların stok ihtiyacını karşılamakla görevlidir. Yönetici etmenin kararıyla stok bekleyen istasyonun atandığı tren, ataması gerçekleşen istasyonlara ürünleri dağıtır. Tren etmeninin görevleri;

- İlgili istasyon için teklif hazırlamak
- Teklifleri yönetici etmene bildirmek
- Dağıtıma çıkacağı zamana karar vermek
- Ürünleri ilgili istasyonlara dağıtmak



Şekil 3.3. Tren etmeni durum diyagramı

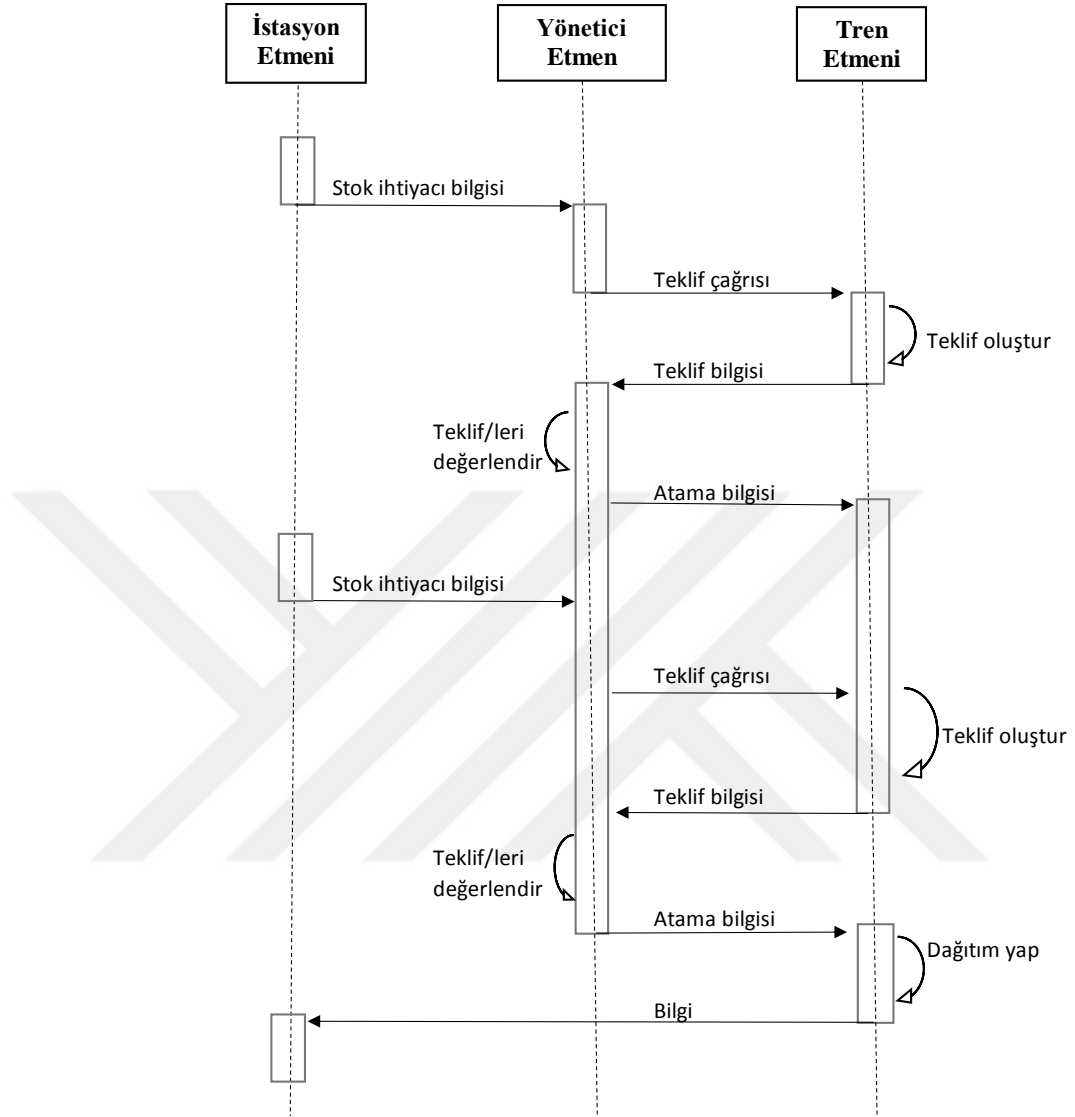
Şekil 3.3'teki tren etmenine ait durumlar (statechart);

- “depoda” durumu tren etmeni için başlangıç durumudur. Dağıtım işlemini bitiren trenler depoya döner ve burada bekler.
- Yönetici etmen “teklifCagrisi” durumunda iken tren etmenine teklif hazırlaması için çağrıda bulunur, tren etmeni bu çağrı üzerine “teklifHazirla” durumuna geçer.
- Müsait olan yani depoda bulunan tüm trenler ilgili istasyonlar için teklif hazırlar. “teklifGonder” durumu “teklifHazirla” durumundan sonra yürütülmektedir. Hazırlanan teklifler anlık olarak yönetici etmene “teklifGonder” durumda iken bildirilir.

- Gönderilen teklifler, yönetici etmende “acikArtirma” durumunda değerlendirilir ve değerlendirme sonuçları atamanın yapıldığı trene iletilir. Tren etmeni “depoda” durumuna geçer.
- Tren etmeni yola çıkma zamanını sürekli kontrol eder. Eğer kapasitesi doldu ise veya dağıtım yapacağı istasyonlardan en az birinin ürünü istediği zamana ulaştırması için çıkması gereken zaman geldi ise yola çıkma kararı alır.
- İlgili tren yola çıkmaya karar verdi ise “yolda” durumuna geçer, yola çıkma durumunu yönetici etmene bildirir ve dağıtıma başlar.
- Dağıtım süresi bittikten sonra “depoda” durumuna geçilir ve bu durum yönetici etmene bildirilir.

### 3.1.3 Model Protokolü

Şekil 3.4’te model protokolünden bahsedilmiştir. İstasyon etmeni, sistemde talep oldukça “uretim” durumuna geçmekte ve üretim yapmaktadır. Bu durumda iken her istasyon *Stok Kontrol Mekanizması* ile ihtiyaç duyduğu stok miktarı ve zamanı hesaplar ve yönetici etmene bildirir. Yönetici etmen “teklifCagrisi” durumuna geçer. Bu durumda iken tren etmenine teklif çağrısında bulunur. Tren etmeni bu çağrı ile “teklifHazirla” durumuna geçer. Uygun olan her tren ilgili istasyon için stok ihtiyacını karşılayacak şekilde teklif hazırlar (*Teklif Hazırlama Mekanizması* bölümünde detaylı açıklanmıştır). Teklif hazırlayan tren etmeni “teklifGonder” durumuna geçer ve teklifleri yönetici etmene bildirir. Depoda bulunan tüm trenlerden teklif bilgilerini alan yönetici etmen “acikArtirma” durumuna geçer. Teklifler, *Teklif Değerlendirme ve Karar Verme Mekanizması*’na göre değerlendirilir ve ilgili istasyon yönetici etmenin belirlediği trene atanır. Trenler *Yola Çıkma Kararı Mekanizması* ile yola çıkmaya karar verir. Tren etmeni hangi durumda olursa olsun her dakikada bir yola çıkma durumunu kontrol eder. Yola çıkan ve dağıtım işlemini tamamlayan tren, depoya geri döner ve yönetici etmenden yeni çağrılar bekler. Eğer ilgili tren yola çıkmamaya karar verdi ise yeni talepler için sürecine devam eder.



Şekil 3.4. Modelin işleyişi



### 3.1.4 Modelde Yer Alan Mekanizmalar

İstasyon etmeni için geliştirilen “Stok Kontrol Mekanizması” ile bekleme süresini en aza indirmek amaçlanmıştır. İstasyon etmeni bu mekanizmaya göre stok ihtiyacını belirleyecek ve yönetici etmene bildirecektir. Tren etmeni ise ilgili istasyon için “Teklif Hazırlama Mekanizması” ile teklif hazırlayacak ve bu değeri yönetici etmene bildirecektir. Teklifleri alan yönetici etmen “Teklif Değerlendirme Mekanizması” ile istasyonu ilgili trene atayacaktır. Modelin her aşamasında tren etmeni doluluk oranını artırmak amacıyla “Yola Çıkma Mekanizması” ile yola çıkma durumunu kontrol edecektir. Mekanizma detayları sonraki bölümlerde anlatılmıştır.

Formüllerde tren etmeni için  $i$  indisi, istasyon etmeni için  $j$  indisi kullanılmıştır.

$i$ : Trenler

$j$ : İstasyonlar

#### 3.1.4.1 Parametreler

$V_j$ :  $j$ . istasyonun bir adet ürünü dakika cinsinden üretme süresi

$A_j$ :  $j$ . istasyonun yeniden sipariş vereceği düzey

$L_j$ :  $j$ . istasyonun başlangıç stoğu

$X_{koordinat_j}$ :  $j$ .istasyonun X koordinatı

$Y_{koordinat_j}$ :  $j$ .istasyonun Y koordinatı

$X_{koordinat_i}$ :  $i$ .trenin X koordinatı

$Y_{koordinat_i}$ :  $i$ . trenin Y koordinatı

$k$ : Tren hızı

$f$ : Dağıtım yapan trenin istasyona dolu vagonu bırakma ve istasyondan boş vagonu alma süresi

#### 3.1.4.2 Değişkenler

$S_j$ :  $j$ . istasyonun stok miktarı

$M_j$ :  $j$ . istasyonun talep ettiği stok miktarı

$H_j$ : j. istasyonun stoksuz kalmamak amacıyla  $M_j$  miktarının karşılanması istediği süre

$T_{ij}$  : i.trenin j. istasyona ürün bırakma zamanı

$d_{ij}$ : Stok talebinde bulunan j. istasyon ve teklif hazırlayan i.tren arasındaki uzaklık

$B_i$ : i.trenin hazırladığı teklif

$C_i$ : i.trenin kapasitesi

$n$  = i.trene atanan istasyon sayısı

### 3.1.4.3 Stok Kontrol Mekanizması

İstasyon etmeninin “üretim” durumunda iken bir iç bağlantısı (internal transition) bulunmaktadır. Bu bağlantı üretim durumundan çıkıp tekrar üretim durumuna girerken kayıtlı işlemleri yapmaktadır. İç bağlantıya kayıtlı stok kontrol mekanizmasında, üretim yapıldıkça stok seviyesinde üretim hızına göre azalma olacaktır.

Eğer  $V_j$  (üretim hızı) kadar zaman geçti ise;

- $S_j$  değeri bir değer azalacak. (Başlangıç durumunda  $S_j = L_j$  dir.)
- Sistemdeki talep miktarı bir değer azalacak
- Üretim miktarı bir değer artacak

Eğer  $S_j = A_j$  ise 1. denklem ve 2. denklemdeki hesaplamalar yapılır.

$$M_j = L_j - A_j \quad (1)$$

$$H_j = A_j \times V_j \quad (2)$$

olacak ve  $\{M_j, H_j\}$  değerleri yönetici etmene bildirilecektir.

Eğer  $S_j = 0$  ise istasyonlar, tren etmeni depodan stok getirene kadar bekleyecektir.

### 3.1.4.4 Teklif Hazırlama Mekanizması

Yönetici etmen “musait” durumunda iken aşağıdaki koşullar sağlandığında “teklifCagrisi” durumuna geçer ve tren etmeninden teklif ister.

- En az bir istasyon stok talebinde bulduysa
- Depoda müsait olan en az bir tren mevcutsa

Çağrıyla alan  $i$ . tren etmeni “teklifHazirla” durumuna geçer ve yönetici tarafından açık artırmaya çıkarılan  $j$ . istasyon için aşağıdaki adımlarla teklif değerini hesaplar. Depodaki her bir tren bu işlemi yaparak yönetici etmene bildirimde bulunur.

*Adım 1:* Eğer  $C_i \geq M_j$  ise  $T_{ij}$  değerini hesaplamak için Adım 2’ye geç. Aksi durumda devam etme.

*Adım 2:*  $j$ .istasyon için uzaklık (3) ve ürün bırakma zamanını (4) hesapla.

$$d_{ij} = |Xkoordtr_i - Xkoordist_j| + |Ykoordtr_i - Ykoordist_j| \quad (3)$$

$$T_{ij} = (d_{ij} \div k) + f \quad (4)$$

Eğer tren listesinde 2’den fazla istasyon atanmış ise atanan istasyonlar arasındaki uzaklıkları hesapla önceki  $T_{ij}$ ’ye ekle. Örneğin 2. trende 5. istasyon önceden atanmış olsun. 7. İstasyon için teklif veriliyor ise bu durumda  $T_{27} = T_{25} + (d_{25} \div k) + f$  olacaktır.

*Adım 3:*  $H_j - T_{ij} < 0$  olduğunda ataması yapılan  $j$ . istasyona geç kalınmıştır ve geç kalınan bu istasyon için teklif oluşturulmayacaktır. Teklif hazırlanan söz konusu istasyon ve önceden ilgili trene atanmış bütün istasyonlar için bu kontrol yapılır.

İlgili istasyona geç kalınmıyor ise uzaklık (5) ve ürün bırakma zamanını (6) hesapla ve teklif değeri olan  $T_{ij}$  bilgisini yönetici etmene gönder.

$$\text{Toplam } d_{ij} = |Xkoordtr_i - Xkoordist_j| + |Ykoordtr_i - Ykoordist_j| \quad (5)$$

$$\text{Toplam } T_{ij} = (\text{Toplam } d_{ij} \div k) + (10 \times n) \quad (6)$$

### 3.1.4.5 Yola Çıkma Zamanını Belirleme

Bu mekanizma ile açık artırma sonucunda istasyon ataması yapılan trenler her dakikada bir kapasite değerlerinin sıfıra eşit olup olmadığını kontrol eder. Eğer tren kapasitesi sıfır ise ilgili tren yeni atamayı beklemeden dağıtım işlemini gerçekleştirir ve depoya geri döner. Tren kapasitesi sıfırdan büyük ise tren mevcut dağıtım süresini kontrol eder. Açık artırmaya çıkan her bir istasyon için ürün bırakma zamanı, ilgili istasyonun ürünü istediği zaman ile karşılaştırılır. En az bir istasyon için ürünü bırakma zamanı

istasyonun ihtiyaç duyduğu zamandan büyük eşit ise yola çıkma kararı alır. Dağıtım biten tren depoya geri döner.

### 3.1.4.6 Teklif Değerlendirme ve Karar Verme

Dağıtımda olmayan tüm trenler teklif gönderdiyse yönetici etmen “acikArtırma” durumuna geçer ve teklifleri aşağıdaki şekilde değerlendirir;

*Adım 1:* Eğer teklif veren tren yok ise, söz konusu istasyonu depodaki trenlerden kapasitesi yeterli olan bir trene ata. En az bir tren teklif gönderdiyse trenlerden gelen teklifleri ( $B_i$ ), büyükten küçüğe sırala. Adım 2’ye geç.

*Adım 2:* Teklif talebinde bulunan ilk istasyonu, en büyük teklifi veren trene ata. Adım 3’e geç.

*Adım 3:* Atama yapılan tren için kapasiteyi güncelle. Tren kapasitesi, atama yapılan istasyonun talep ettiği değer kadar azalacaktır.

## 3.2 Senaryo Varsayımları

Tez kapsamında geliştirilen etmen ve mekanizmaları için aşağıdaki varsayımlarda bulunulmuştur.



Şekil 3.5. Ele alınan döngüsel sefer sistemi görseli

Şekil 3.5’ te, ele alınan model için etmenlerin yerleşimi gösterilmiştir. Modelde birbirinden bağımsız çalışan 10 adet istasyon ve istasyonlara ürün dağıtan 3 adet özdeş tren bulunmaktadır. Trenler depoda bulunmakta ve dağıtım sonrasında depoya geri dönmektedir. Senaryolara ait diğer varsayımlar aşağıdaki gibidir;

- Her bir istasyona talepler üstel dağılıma uygun olarak gelmektedir.

- Tren hızları sabit ve 5 kilometre/saat değerindedir. Model süresi dakika olduğundan tren hızı 83,33 metre/dakika olarak alınmıştır.
- Trenlerin istasyonlara malzeme bırakma süresi ( $f$  değeri) 0,6 dakikadır.
- Depo alanının koordinasyonu (50,0) (metre, metre) şeklindedir.

İstasyon ve tren etmenine ait konum değerleri ve üretim hızları Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'deki gibidir.

Tablo 3.1. İstasyonların konum değerleri ve üretim hızları

İstasyonlar	Konum (X ,Y) (metre, metre)	Üretim Hızı (dakika/adet)
1	(50,10)	2
2	(50,15)	3
3	(50,20)	1
4	(50,25)	5
5	(50,30)	2
6	(50,35)	2
7	(50,40)	4
8	(50,45)	2
9	(50,50)	1
10	(50,55)	2

Tablo 3.2. Trenlerin konum değerleri

Trenler	Başlangıç konumu (X ,Y) (metre, metre)
1	(50,0)
2	(50,0)
3	(50,0)

### 3.3 Deneysel Tasarım

Bu bölümde, tez kapsamında elde edilen veriler için deneysel tasarımın nasıl oluşturulduğundan bahsedilmiş ve deney sonuçları analiz edilmiştir.

Deney tasarımı, iki seviyeli beş faktörün beşer kere tekrarlanması kurgusuyla oluşturulmuştur. Her bir deney 7200 dakika (5 gün  $\times$  24 saat  $\times$  60 dakika) süre için çalıştırılmıştır.

Deneyleerde tren sayısı, stok kapasitesi, tren kapasitesi, talep sıklığı ve yeniden sipariş noktası faktörleri için Tablo 3.3'teki değerler kullanılmıştır;

Tablo 3.3. Deney faktörlerine ait değerler

Bağımsız Değişkenler	Seviye	Gösterge	Değerler
Tren Sayısı	2	-1;1	2 adet; 3 adet
Stok Kapasitesi	2	-1;1	125 adet; 150 adet
Tren Kapasitesi	2	-1;1	250 adet; 400 adet
Yeniden Sipariş Noktası	2	-1;1	25 adet; 50 adet
Talep Sıklığı	2	-1;1	0,5; 1

Talep sıklığı üstel dağılıma sahip olup 0,5 ve 1 oranlarıyla kullanılmıştır.

Deneyleer sonucunda performans ölçütü olarak (bağımlı değişkenler);

- Tren etmeni için doluluk oranı, sefer sayısı ve mesafe miktarı
- İstasyon etmeni için ise bekleme süresi dikkate alınmıştır.

Performans ölçütleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

- Bir tren için bir seferdeki doluluk oranı;

Toplam taşınan miktar  $\div$  (Tren kapasitesi  $\times$  Toplam sefer sayısı) olarak hesaplanır. Her bir tren için elde edilen doluluk oranları toplanarak "Toplam doluluk oranı" değerine ulaşılır. Toplam doluluk oranı, tren sayısına bölünerek ortalama doluluk oranı bulunur.

$$\text{Ortalama doluluk oranı} = (\text{Toplam doluluk oranı} \div \text{Tren sayısı}) \times 100$$

- Bekleme süresi = Toplam bekleme süresi  $\div$  İstasyon sayısı
- Sefer sayısı = Toplam sefer sayısı  $\div$  Tren sayısı
- Kat edilen mesafe miktarı;

Her tren için tüm seferlerde kat edilen mesafeler toplanır, toplam kat edilen mesafe değerine ulaşılır, bu değer üzerinden bir trenin bir seferde kat ettiği mesafe miktarı hesaplanır.

$$\text{Mesafe miktarı} = \text{Toplam kat edilen mesafe} \div (\text{Tren sayısı} \times \text{Toplam sefer sayısı})$$

Deney sonucunda elde edilen tekrarlı değerlerin ortalamaları alınarak analizler yapılmıştır. Analizler için Minitab 19 programı kullanılmıştır. Ek.1’de ortalama değerlerin bulunduğu sonuçlar verilmiştir.

Bağımlı değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 3.4’teki gibidir. Tabloya göre, en yüksek değişkenliğin bekleme süresi faktöründe olduğu söylenebilir.

Tablo 3.4. Deney sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistik değerleri

Bağımlı değişkenler	Deney sayısı	Kayıp değer	Ortalama	Standart sapma	Varyans	En düşük	Ortanca	En büyük
Doluluk oranı	32	0	75,45	12,44	154,77	41,2	76,6	91,7
Bekleme süresi	32	0	6,66	5,8	33,59	0,6	4,95	26,5
Sefer sayısı	32	0	57,53	18,82	354,26	27,33	54,67	100,5
Mesafe miktarı	32	0	91,06	7,01	49,08	78,22	89,2	102,72

Bağımlı değişkenlerden doluluk oranı, sefer sayısı ve kat edilen mesafe miktarı faktörleri 0,05 anlamlılık düzeyinde normal dağılıma uymaktadır.

### 3.3.1 Modeldeki Değişimin Doluluk Oranına Etkisi

Şekil 3.6’daki ana etki grafiği üzerinden diğer faktörlerin trenlerin doluluk oranına etkisi incelendiğinde, talep sıklığı ve stok kapasitesindeki değişimin belirgin bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. En büyük etkinin ise tren kapasitesi ve tren sayısı ile ilgili olduğu gözlemlenmektedir.

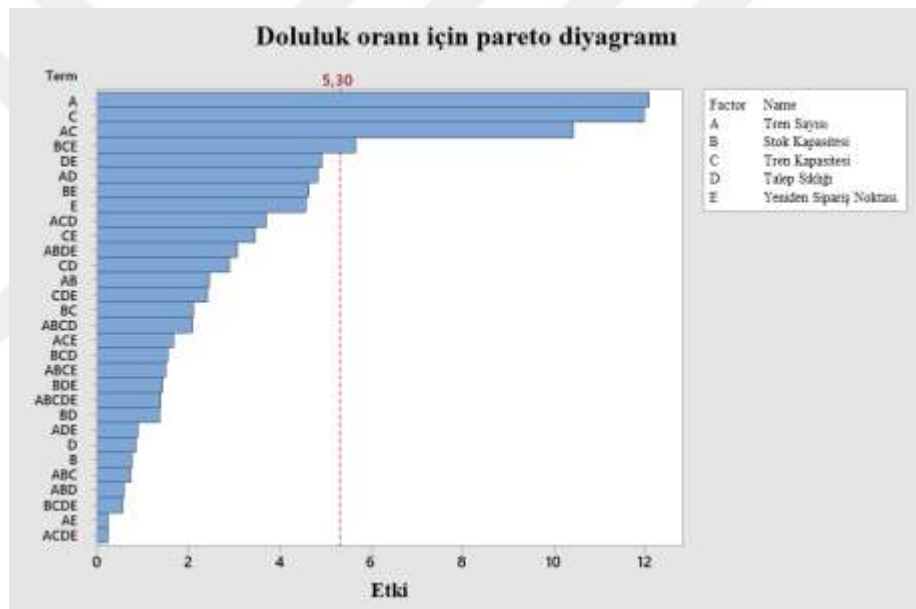
Ana etki diyagramına göre tren kapasitesi 250 olduğunda %80 civarında doluluk oranı oluşmaktadır. Kapasitenin 400 olması ise doluluk oranını yaklaşık %70’lere düşürmektedir.



Şekil 3.6. Doluluk oranı için ana etki grafiği

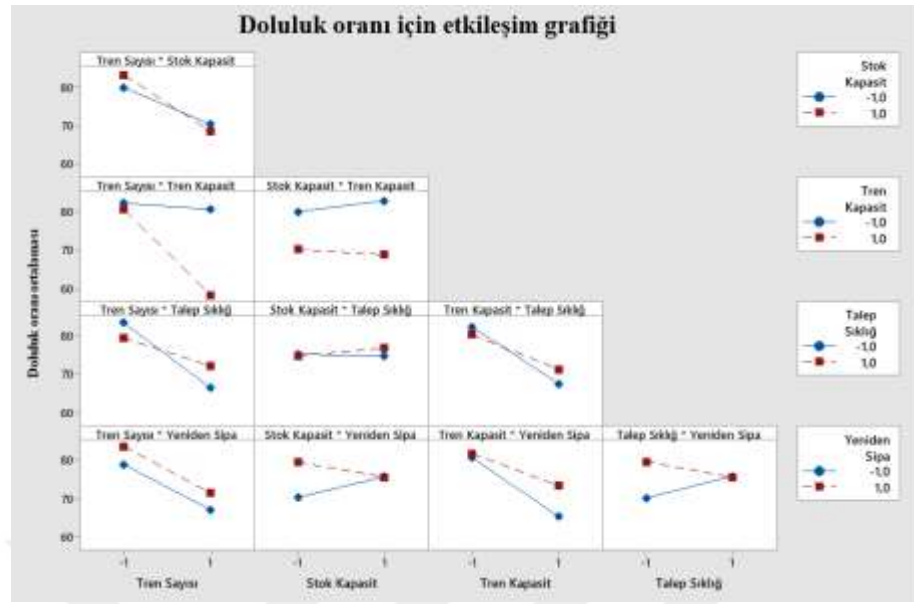
Şekil 3.7'deki pareto grafiği, ana etki grafiğini destekler sonuçlardır. Bu grafiğe göre tren sayısı ve tren kapasitesinin trenlerin doluluk oranı üzerindeki potansiyel etkisi önemlidir. Şekil 3.8'e göre tren sayısı \* stok kapasitesi, tren sayısı \* talep sıklığı, stok kapasitesi \* talep sıklığı, tren kapasitesi \* talep sıklığı ve talep sıklığı \* yeniden sipariş noktası etkileşimlerinin doluluk oranı üzerinde etkisi bulunmakta ancak Şekil 3.7'deki pareto diyagramında bu etkileşimlerin önemsiz olduğu görülmektedir.

Pareto diyagramına göre ikili faktörlerden tren sayısı \* tren kapasitesi etkileşimi önemlidir. Üçlü faktörlerden ise stok kapasitesi \*tren kapasitesi \* yeniden sipariş noktası etkileşimlerinin doluluk oranı üzerinde anlamlı etkisi bulunmaktadır.



Şekil 3.7. Doluluk oranı için pareto diyagramı



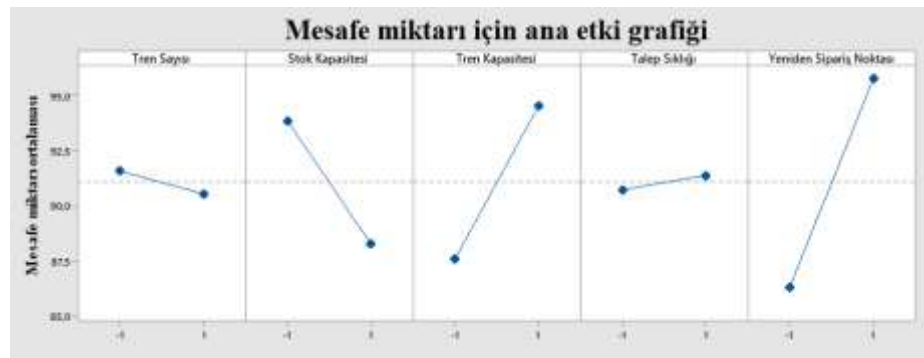


Şekil 3.8. Doluluk oranı için etkileşim grafiği

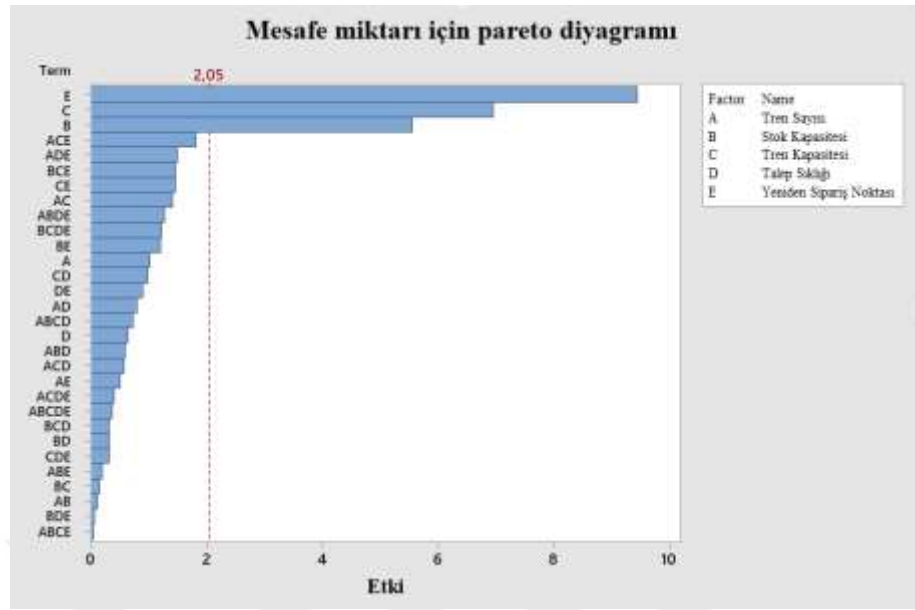
### 3.3.2 Modeldeki Değişimin Kat Edilen Mesafeye Etkisi

Şekil 3.9 ve Şekil 3.10 incelendiğinde, talep sıklığı ve yeniden sipariş noktasının trenlerin kat ettiği mesafe miktarına etkisi potansiyel olarak önemlidir. Potansiyel etkisi en çok olan faktörler sırasıyla; tren sayısı, stok kapasitesi ve tren kapasitesi faktörleridir.

Ana etki diyagramı incelendiğinde, modelde 3 adet trenin olması kat edilen mesafe miktarını oldukça azaltmaktadır. Stok kapasitesinin 200 adet olarak alınması ise benzer şekilde kat edilen mesafe miktarını anlamlı ölçüde azaltacaktır.

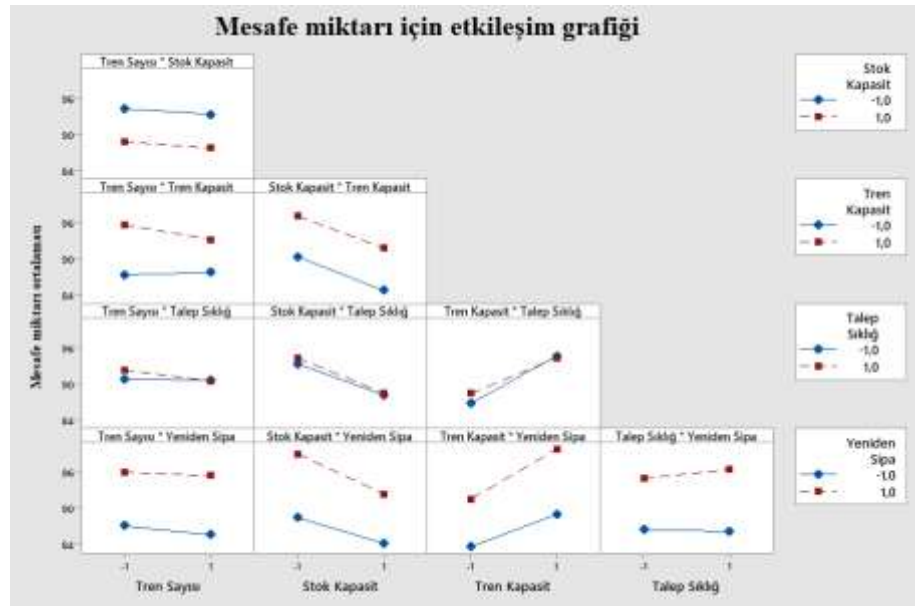


Şekil 3.9. Mesafe miktarı için ana etki grafiği



Şekil 3.10. Mesafe miktarı için pareto diyagramı

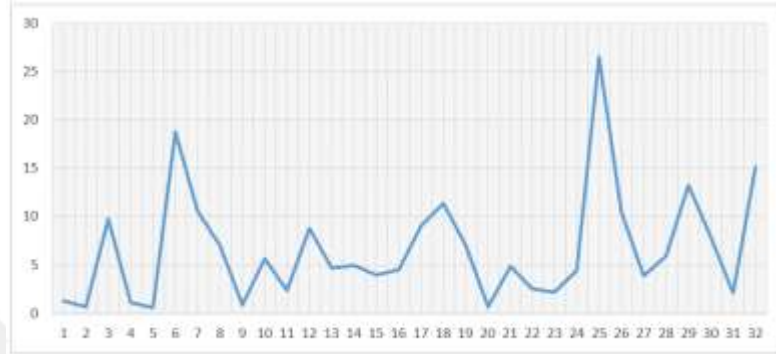
Şekil 3.10 ve Şekil 3.11 karşılaştırıldığında tren kapasitesi \* yeniden sipariş noktası etkileşiminin trenlerin kat ettiği mesafe miktarı üzerinde potansiyel bir etkisi bulunmaktadır.



Şekil 3.11. Mesafe miktarı için etkileşim grafiği

### 3.3.3 Modeldeki Değişimin Bekleme Süresine Etkisi

Şekil 3.12'deki grafikten anlaşılacağı üzere ortalama bekleme süresinin deneyden deneye değişkenlik gösterdiği görülmektedir.



Şekil 3.12. Bekleme süresi değişim grafiği

Tablo 3.5'te en yüksek ve en düşük değerdeki beş deney incelendiğinde talep sıklığı azaldıkça bekleme süresinin arttığı söylenebilir.

Tablo 3.5. Bekleme süresi için en yüksek ve en düşük değerler

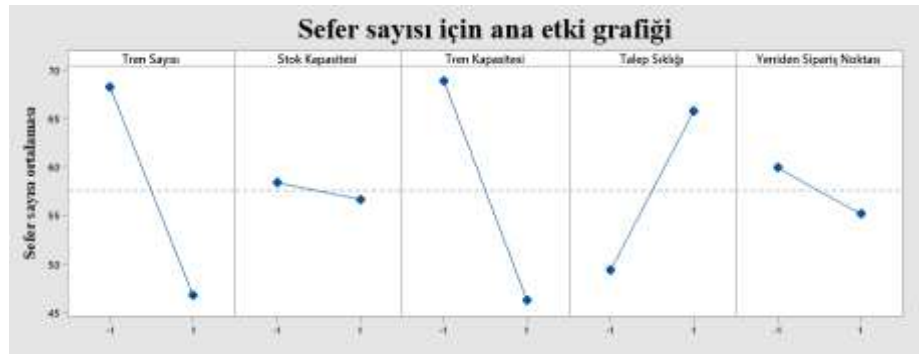
Deney No	En düşük değerler	En yüksek değerler	Tren sayısı	Stok kapasitesi	Tren kapasitesi	Talep sıklığı	Yeniden sipariş noktası
5	0,6		2	150	250	0,5	25
2	0,7		2	150	400	0,5	50
20	0,7		3	150	250	0,5	25
9	0,9		3	150	400	0,5	50
4	1,1		2	150	400	0,5	25
18		11,4	2	150	400	1	25
29		13,2	3	150	250	1	50
32		15,1	2	125	250	1	50
6		18,78	2	125	250	1	25
25		26,5	2	150	250	1	50

Ancak oluşan değişkenlikten dolayı bekleme süresini etkileyen faktörler ile ilgili güçlü yorumlar yapılamamaktadır.

### 3.3.4 Modeldeki Değişimin Sefer Sayısına Etkisi

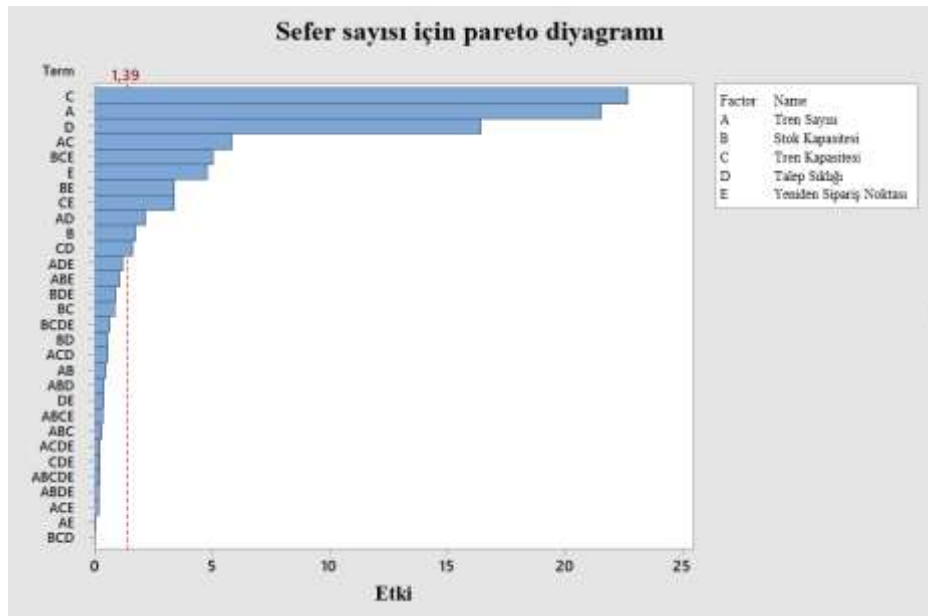
Şekil 3.13'e göre sefer sayısı üzerinde tren kapasitesi, tren sayısı ve talep sıklığı değerleri potansiyel olarak etkili olmaktadır. Talep dağılımındaki rastsallığın sefer sayısı üzerinde potansiyel olarak anlamlı etkisi bulunmaktadır.

Grafiğe göre tren kapasitesi 400 olduğunda ve modelde 3 adet tren kullanıldığında sefer sayıları anlamlı ölçüde azalacaktır.



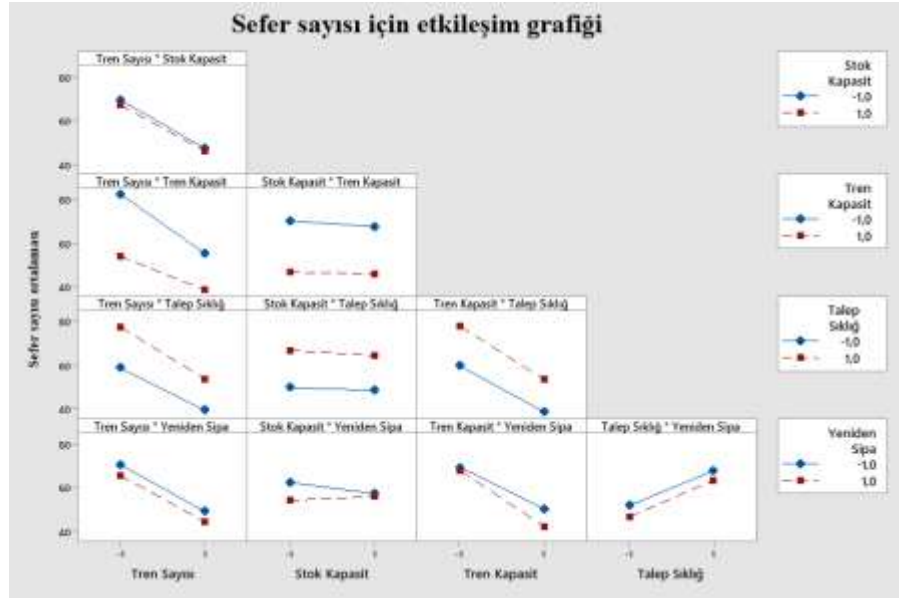
Şekil 3.13. Sefer sayısı için ana etki grafiği

Pareto diyagramı, ana etki grafiğini destekleyecek sonuçlardır. Bu diyagrama göre sefer sayısını potansiyel olarak en çok tren kapasitesi, tren sayısı ve talep sıklığı faktörleri etkilemektedir.



Şekil 3.14. Sefer sayısı için pareto diyagramı

Şekil 3.14'e göre ikili faktörlerden sırasıyla tren sayısı \* tren kapasitesi, stok kapasitesi \* yeniden sipariş noktası, tren kapasitesi \* yeniden sipariş noktası, tren sayısı \* talep sıklığı etkileşimleri potansiyel olarak önemlidir. Üçlü faktör olarak stok kapasitesi \* tren kapasitesi \* yeniden sipariş noktası etkileşiminin sefer sayısı üzerinde anlamlı etkisi bulunmaktadır. Ancak Şekil 3.15'teki etkileşim grafiğine bakıldığında tren sayısı \* talep sıklığı etkileşiminin potansiyel olarak öneminin diğerlerine göre daha az olduğu görülmektedir.



Şekil 3.15. Sefer sayısı için etkileşim grafiği

## 4. BÖLÜM

### TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

#### 4.1. Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada, atölye mantığı ile üretim yapılan bir çevrede tesis içi taşımacılık faaliyetleri ele alınmıştır. Oluşturulan modelde, birbirinden bağımsız olarak çalışan istasyonlar, istasyonların stok ihtiyacını karşılayan trenler, istasyon ve tren etmenleri arasında iletişimi sağlayan ve karar verici konumunda olan yönetici unsurları bulunmaktadır. Trenler döngüsel sefer sistemine göre ürün dağıtımını yapmaktadır. Ayrıca geleneksel döngüsel sefer sisteminden farklı olarak; sisteme talepler üstel dağılıma uygun olarak gelmektedir.

Tesis içi araç rotalama problemlerinin çözümünde sadece rota belirleme etkin bir çözüm olmayacaktır. Rota belirlemeye ek olarak bu trenlerin ne zaman hareket edeceği sorusu da büyük sorun oluşturmaktadır. Özellikle kesikli üretim sistemlerinde ürünlere göre malzeme boyutları, üretim hızları ve talep sıklığı değişkenlik gösterecektir. Bu değişkenliklerden dolayı trenlerin hep aynı rotalarda hareket etmesi mümkün olmayacaktır. Tez kapsamındaki amaç bu değişkenliği yönetebilecek bir model oluşturmaktır. Çalışmada döngüsel sefer sistemi çevresiyle ele alınmış ve dinamik sistemleri modellemede etkin bir yöntem olan etmen tabanlı yaklaşım ile tesis içi döngüsel sefer sistemi için modelleme yapılmıştır. Oluşturulan modelde sistemi daha etkin işletebilmek amacıyla tren etmeni için yola çıkma mekanizması geliştirilmiş, yönetici etmenin karar verme mekanizması açık artırma mantığı ile kurgulanmıştır. Geliştirilen modelin davranışı bir örnek üzerinde oluşturulan senaryolar ile analiz edilmiştir.

Deneyler sonucunda elde edilen veriler ile tren sayısı, tren kapasitesi, istasyonların stok kapasitesi, yeniden sipariş noktası ve talep sıklığı faktörlerindeki değişimlerin trenler

için doluluk oranı, sefer sayısı ve kat edilen mesafe, istasyonlar için ise ürün bekleme süreleri üzerinde ne ölçüde değişkenlik gösterdiği analiz edilmiştir.

Deney sonuçlarına bakıldığında sefer sayısı üzerinde, tren sayısı ve tren kapasitesi etkisi beklenen sonuçlardır. Bunlara ek olarak talep sıklığının anlamlı etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca yeniden sipariş noktasının da kısmen etkili olduğu söylenebilir. Trenlerin kat ettiği mesafe üzerinde en fazla, yeniden sipariş noktası etkili olmaktadır. En az etkili faktör ise talep sıklığıdır. Trenler, talep değerine göre değil istasyonların ihtiyaçlarına göre hareket ettiğinden dolayı talep sıklığının doğrudan etkisinin önemi az olacaktır. Tren sayısı ve tren kapasitesindeki değişim doluluk oranını doğrudan önemli ölçüde etkileyecektir.

Yola çıkma ve açık artırma mekanizmaları etkisiyle istasyonlarda bekleme süresi azalırken, trenlerde doluluk oranı artmaktadır. Ayrıca stok kontrol mekanizması ile istasyonlarda bekleme süresinin azalması sağlanmaktadır. Modelde bir karar verici etmenin varlığı etmenler arasındaki iletişimi güçlendirmektedir. Bu mekanizmalar sayesinde dinamik etki azalırken, bağımlı değişkenler üzerinde tren sayısı, stok kapasitesi ve tren sayısı faktörleri potansiyel olarak daha önemli olmaktadır.

Geliştirilen simülasyon modelinde temel faktörler eşzamanlı olarak ele alınmıştır. Gelecek çalışmalarda faktörlerin Talep sıklığı gibi değişken faktörlerdeki etkiyi detaylı incelemek amacıyla faktör bazında model etkinliği analiz edilebilir. Yapılan analizler farklı karar verme mekanizmaları ile karşılaştırılabilir.

## KAYNAKÇA

1. Dantzig, G. B., Ramser, J. H. 1959. The Truck Dispatching Problem. **Management Science**, **6** (1): 80–91.
2. Ma, J., Sun, G., 2013. Mutation ant colony algorithm of milk-run vehicle routing problem with fastest completion time based on dynamic optimization, **Discrete Dynamics in Nature and Society**.
3. Korytkowski, P., & Karkoszka, R. 2016. Simulation-based efficiency analysis of an in-plant milk-run operator under disturbances. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, **82** (5–8): 827–837.
4. Sadjadi S.J., Jafari, M., & Amini, T. 2009. A new mathematical modeling and a genetic algorithm search for milk run problem (an auto industry supply chain case study). **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, **44** (1–2):194–200.
5. Emde, S., & Boysen, N. 2012. Optimally routing and scheduling tow trains for JIT-supply of mixed-model assembly lines. **European Journal of Operational Research**, **217** (2): 287–299.
6. Dyntar, J., ve Strachotova, D. 2015. Witness dynamic simulation for supply chain design and optimisation. *Proceedings of the 26th International Business Information Management Association (IBIMA)*, ISBN: 978-0-9860419-5-2, 11-12, Madrid, Spain, 346-351.
7. Domingo, R., Alvarez R., Pena M.M., & Calvo R. 2007. Material flows improvement in a lean assembly line: a case study. **Assembly Automation** **27** (2): 141-147.
8. Hanson R., Finnsgard, C., 2011. Impact of unit load size on in-plant materials supply efficiency, **International Journal of Production Economics**, **133** (1): 312-318.
9. Li, L., & Schulze, L., 2016. In-plant milk-run distribution for material provision optimization in lean production. *6th International Conference September 29 and 30, Lemgo, Germany*, 65-76.



10. Du, T., Wang, F. K., Lu, P., 2007. A real time vehicle dispatching system for consolidating milk runs, *Transportation Research Part E*, **Elsevier**, **43**: 565-577.
11. Guizzi, G., Revetria, R., Chiocca, D., & Romano, E., 2012. A dynamic milkrun in WEEE reverse logistics. *Advance in Computer Science*, ISBN: 978-1-61804-126-5, Genoa, Italy, 478-484.
12. Ohlmann, J. W., Fry, M. J., & Thomas, B. W. 2008. Route Design for Lean Production Systems. **Transportation Science**, **42** (3): 352–370.
13. Toth, P., & Vigo, D. 2002. Models, relaxations and exact approaches for the capacitated vehicle routing problem. **Discrete Applied Mathematics**, **123** (1): 487–512.
14. Hemmelmayr, V. C., Doerner, K. F., & Hartl, R. F. 2009. A variable neighborhood search heuristic for periodic routing problems. **European Journal of Operational Research**, **195** (3): 791–802.
15. Campbell A., Clarke L., Kleywegt A., Savelsbergh M., 1998. *The Inventory Routing Problem. Fleet Management And Logistics*, 95-113.
16. Gendreau, M., Laporte, G. and Séguin, R., 1996. Stochastic vehicle routing, **European Journal of Operational Research**, **88** (1): 3-12.
17. Gyulai, D., & Monostori, L., 2013. Vehicle routing approach for lean shop-floor logistics. **Hungarian Journal of Industrial and Chemistry Veszprem**. **41** (1): 1-6.
18. Emde, S., and Boysen, N., 2012. Optimally routing and scheduling tow trains for JIT supply of mixed model assembly lines, *European Journal of Operational Research* **217**, 287-299.
19. Alnahhal, N., & Noche, B., 2015. Dynamic material flow control in mixed model assembly lines. *Computers & Industrial Engineering* **85**, 110-119.
20. Kilic, H. S., Durmusoglu, M. B., & Baskak, M., 2012. Classification and modeling for in-plant milk-run distribution systems. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, **62** (9–12): 1135–1146.

21. Choi, W., & Lee, Y. 2002., A dynamic part-feeding system for an automotive assembly line. **Computers & Industrial Engineering**, **43** (1): 123–134.
22. Emde, S., and Boysen, N., 2012a. Optimally routing and scheduling tow trains for JIT supply of mixed model assembly lines, *European Journal of Operational Research* **217**, 287-299.
23. Emde, S., Boysen, N., 2012b. Optimally routing and scheduling tow trains for JIT supply of mixed model assembly lines, *European Journal of Operational Research* **217**, 287-299.
24. Satoglu, S. I., Sahin, I. E., 2013. Design of a just-in-time periodic material supply system for the assembly lines and an application in electronics industry. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, **65** (1–4): 319–332.
25. Kilic, H. S., Durmusoglu, M. B., 2013. A mathematical model and a heuristic approach for periodic material delivery in lean production environment. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, **69** (5–8): 977–992.
26. Golz, J., Gujjula, R., Günther, H.-O., Rinderer, S., & Ziegler, M., 2012. Part feeding at high-variant mixed-model assembly lines. **Flexible Services and Manufacturing Journal**, **24** (2): 119–141.
27. Güner, A. R., Murat, A., & Chinnam, R. B., 2017. Dynamic routing for milk-run tours with time windows in stochastic time-dependent networks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **97**(Supplement C), 251–267.
28. D. Patel, & Dr. M. B. Patel., 2013. Optimization Approach of Vehicle Routing By a Milk - Run Material Supply System. **International Journal for Scientific Research & Development**, **1** (6): 1357–1360.
29. Emde, S. and Gendreau, M., 2017. Scheduling inhouse transport vehicles to feeds parts to automotive assembly lines, **European Journal of Operational Research** **260**, 255-267.

30. Chee, S.L., Yong, M., Chin J.F., 2012. Milkrun kanban system for raw printed circuit board withdrawal to surface-mounted equipment. **Journal of Industrial Engineering and Management** **5** (2): 382-405.
31. Faccio, M., Gamberi, M., Persona, A., Regattieri, A., & Sgarbossa, F., 2013. Design and simulation of assembly line feeding systems in the automotive sector using supermarket, kanbans and tow trains: a general framework. **Journal of Management Control**, **24** (2): 187–208.
32. Novaes, A.G.N., Bez, E.T., Burin, P.J., Aragao Jr., D.P., 2015. Dynamic milk-run OEM operations in over-congested traffic conditions, **Computers & Industrial Engineering**, **88**, 326-340.
33. Bae K.H.G., Evans, L.A., & Summers, A., 2016. Lean design and analysis of a milkrun delivery system: case study. *Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference*. 2855-2866.
34. Schmidt, T., Meinhardt, I., & Schulze, F., 2016. New design guidelines for in-plant milk-run systems.
35. Weiss, G., 1999. *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. Massachusetts Institute of Technology. London, 619 pp.
36. Woldridge M., & Jennings, N.R., 1995. Intelligent agents: Theory and practice. **The Knowledge Engineering Review**, **10** (2): 115-152.
37. Rosenschein, J.S., & Zlotkin, G., 1994. Designing conventions for automated negotiations. *AI Magazine*, 29-46.

**EKLER****EK 1.**

Deney No	Tren Sayısı	Stok Kapasitesi	Tren Kapasitesi	Talep Sıklığı	Yeniden Sipariş Noktası	Doluluk Oranı	Bekleme Süresi	Sefer Sayısı	Kat edilen Mesafe Miktarı
1	-1	1	-1	1	-1	90	1,3	86	84,59
2	-1	1	1	-1	1	91,1	0,7	41	98,17
3	1	-1	-1	1	-1	72,3	9,8	68	86,23
4	-1	1	1	-1	-1	74,5	1,1	51	88,32
5	-1	1	-1	-1	-1	91,2	0,6	68	78,22
6	-1	-1	-1	1	-1	73,08	18,78	101	84,42
7	-1	1	-1	-1	1	79,7	10,6	75	87,32
8	1	-1	1	1	-1	65,5	7	48	89,17
9	1	1	1	-1	1	61,3	0,9	27	94,63
10	1	-1	-1	1	1	82,5	5,7	60	97,37
11	1	1	1	1	1	56,27	2,4	38	100,09
12	1	1	-1	-1	1	79,4	8,8	50	87,22
13	-1	-1	1	1	-1	77,04	4,68	65	94,26
14	1	1	1	-1	-1	41,2	5	36	86,92
15	1	-1	-1	-1	1	88,9	4	44	93,08
16	1	1	-1	1	-1	89,1	4,5	60	81,28
17	-1	-1	-1	-1	-1	75,42	9,06	80	83,77
18	-1	1	1	1	-1	76,4	11,4	66	89,24
19	1	1	1	1	-1	65	7	51	80,59
20	1	1	-1	-1	-1	79,5	0,7	43	84,26
21	1	-1	1	-1	-1	48,9	4,9	35	90,19

22	-1	-1	1	-1	-1	75,18	2,54	51	94,04
23	-1	1	1	1	1	84,6	2,2	57	96,75
24	-1	-1	-1	-1	1	89,1	4,42	67	94,32
25	-1	1	-1	1	1	77,3	26,5	96	88,27
26	1	-1	1	1	1	70,5	10,5	43	102,27
27	1	-1	1	-1	1	57	3,9	29	102,67
28	-1	-1	1	1	1	75,3	5,9	62	102,52
29	1	1	-1	1	1	76,7	13,2	64	86,82
30	1	-1	-1	-1	-1	76,5	7,9	52	86,05
31	-1	-1	1	-1	1	91,7	2,1	41	102,72
32	-1	-1	-1	1	1	82,3	15,1	90	98,28

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı:** Yasemin SEVİM  
**Uyruğu:** Türkiye (T.C)  
**Doğum Tarihi ve Yeri:** 01.03.1990 - Batman  
**e-mail:** [sevimyasemin@yahoo.com](mailto:sevimyasemin@yahoo.com)

### EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği	2019
Lisans	Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği	2012
Lise	Batman Fen Lisesi, Batman	2007

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2017-Halen	Medyasoft Grup / Renova	SAP Danışmanı
2013-2015	Femaş Grup / Ferre	Üretim Mühendisi

### YABANCI DİL

İngilizce  
 Almanca

### YAYINLAR

1. Sevim Y., Görkemli L. 2017. Tesis içi milkrun sistemi için etmen tabanlı modelleme yaklaşımı, ss. 505. 37. *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi*, Ağustos 5-7. İstanbul.