

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

**TEDARİK ZİNCİRİ AĞINDA ÇAPRAZ YÜKLEME
PROBLEMİNİN FARKLI SEZGİSELLER
GELİŞTİRİLEREK İNCELENMESİ**

**Hazırlayan
Halime SOMTÜRK**

**Danışman
Doç. Dr. İbrahim DOĞAN**

Yüksek Lisans Tezi

**Aralık 2017
KAYSERİ**

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

**TEDARİK ZİNCİRİ AĞINDA ÇAPRAZ YÜKLEME
PROBLEMİNİN FARKLI SEZGİSELLER
GELİŞTİRİLEREK İNCELENMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

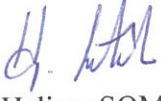
**Hazırlayan
Halime SOMTÜRK**

**Danışman
Doç. Dr. İbrahim DOĞAN**

**Aralık 2017
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.



Halime SOMTÜRK

YÖNERGEYE UYGUNLUK

"Tedarik Zinciri Ağında Çapraz Yükleme Probleminin Farklı Sezgiseller Geliştirilerek İncelenmesi" adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.


Tez Hazırlayan

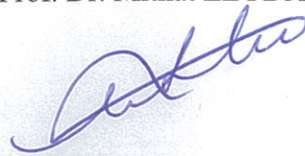
Halime SÖMTÜRK


Danışman

Doç. Dr. İbrahim DOĞAN

Endüstri Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Mithat ZEYDAN



KABUL VE ONAY

Doç. Dr. İbrahim DOĞAN danışmanlığında **Halime SOMTÜRK** tarafından hazırlanan “**Tedarik Zinciri Ağında Çapraz Yükleme Probleminin Farklı Sezgiseller Geliştirilerek İncelenmesi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

29 /12 /2017

JÜRİ:

Danışman :Doç. Dr. İbrahim DOĞAN
Üye :Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT
Üye :Yrd. Doç. Dr. Burcu ORALHAN

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 02/01/2018 tarih ve 2018/01-05...sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet AKKURT
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca farklı bakıő açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, tezimin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. İbrahim Doğan'a teőekkürü bir borç bilirim.

Bu süreçte her zaman bana destek olan, değerli aileme ve özellikle yol arkadaőım eőim Çağrı SOMTÜRK'e sonsuz teşekkür eder, sevgilerimi sunarım.



TEDARİK ZİNCİRİ AĞINDA ÇAPRAZ YÜKLEME PROBLEMİNİN FARKLI SEZGİSELLER GELİŞTİRİLEREK İNCELENMESİ

Halime SOMTÜRK

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Aralık 2017
Danışman: Doç. Dr. İbrahim DOĞAN

ÖZET

Tedarik zinciri yönetimi, müşteri ihtiyaçlarını zamanında karşılayabilmek için hammadde tedarikçisinden, nihai ürünün müşteriye ulaştırılmasına kadar geçen süreçteki, depolama, süreç bilgi akışı, taşıma, üretici varsa ara ürün üretme prosesleri gibi tüm işlemlerin uygulanma ve kontrol edilme sürecidir. Çapraz sevkiyat merkezleri, depolardaki uzun süreli depolama işlemlerinin ve çoğu depolama operasyonlarının ortadan kalkmasını sağlar. Çapraz sevkiyat merkezlerinde ürünler 24 saatten az süre kalıp, gidecekleri yere taşınmak üzere sevkiyat kamyonlarına yüklenirler. Çapraz sevkiyat, depolama maliyetlerini elimine eden ve ürün akışına hız kazandıran bir depolama stratejisidir.

Çalışmada, çapraz sevkiyat merkezini içeren bir sistemde, maliyetlerin büyük kısmını oluşturan kamyon değiştirme ve ürün taşıma maliyetlerini azaltmak için kamyon çizelgeleme ve araç rotalama içeren bir problemle için bütünleşik bir model oluşturulmuştur. Maliyeti minimize eden kabul kamyonu-sevkiyat kamyonu eşleşmesi ve sevkiyat kamyonlarının müşterilere ürün taşıma rotasının bulunması amaçlanmıştır. Bunun için çalışmada, karma tamsayılı LP yöntemi, Yapay Arı Kolonisi Algoritması ve oluşturulan çeşitli sezgisel yöntemlerle sonuçlar bulunup karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çapraz Sevkiyat, Tedarik zinciri yönetimi; Yapay Arı Kolonisi Algoritması, Sezgisel Yaklaşım

ANALYZING OF CROSSDOCKING APPLICATION AT SUPPLY CHAIN NETWORK BY DEVELOPING DIFFERENT HEURİSTİC METHODS

Halime SOMTÜRK

Erciyes University, Graduate School Natural and Applied Science

M. Sc. Thesis, December 2017

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İbrahim DOĞAN

ABSTRACT

Supply chain management is the process of applying and controlling all processes such as storage, process information flow, transportation, producers and production processes, from the raw material supplier to the delivery to the final products to the customer in order to meet customer needs in a timely manner. Crossdocking centers allow to eliminating long-term warehousing and a lot of storage operations in the warehouse. In crossdocking centers, products stay for less than 24 hours and are loaded on shipping trucks to be transported to their destinations. Crossdocking is a storage strategy that eliminates storage costs and speeds product flow.

In this study, an integrated model was created for a problem involving truck scheduling and vehicle routing to reduce truck replacement and product transportation costs, which account for a large portion of costs. It is aimed to minimize the cost of the receiving truck-shipment truck pairing and the transportation of the products to the customers from the shipping trucks. Therefore, in this study, mixed-integer programming, Artificial Bee Colony Algorithm and various heuristic approaches were analyzed and all method's results are compared.

Keywords: Supply chain management, Crossdocking, Artificial Bee Colony Algorithm, Heuristic Approach

İÇİNDEKİLER

TEDARİK ZİNCİRİ AĞINDA ÇAPRAZ YÜKLEME PROBLEMİNİN FARKLI SEZGİSELLER GELİŞTİRİLEREK İNCELENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	ii
KABUL VE ONAY	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Çapraz Sevkiyat	4
1.1.1. Çapraz Sevkiyat Kavramı	4
1.1.2. Çapraz Sevkiyatın Yapısı	6
1.1.3. Çapraz Sevkiyatın Kullanılma Nedenleri	8
1.1.4. Çapraz Sevkiyatın Önkoşulları	8
1.1.5. Çapraz Sevkiyatta Karar Verme Prosesi	9
1.1.5.1. Stratejik Planlama	9
1.1.5.2. Taktiksel Planlama	10
1.1.5.3. Operasyonel Planlama	10
1.1.6. Çapraz Sevkiyat Çeşitleri	11
1.1.7. Çapraz Sevkiyat Modelleri	12

1.1.8. Çapraz Sevkiyat Ne zaman Uygulanır?	13
1.1.9. Çapraz Sevkiyatın Avantajları.....	14
1.1.10. Çapraz Sevkiyatın Dezavantajları	15
1.2. Literatür Çalışması	15

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Matematiksel Model.....	23
2.2. Yapay Arı Kolonisi Algoritması	30
2.3. Sezgisel Yöntemler	33
2.3.1. Sezgisel Yöntem 1	35
2.3.2. Sezgisel Yöntem 2	45
2.3.3. Sezgisel Yöntem 3	49
2.3.4. Sezgisel Yöntem 4	52
2.3.5. Sezgisel Yöntem 5	54
2.3.6. Sezgisel Yöntem 6	55
2.3.7. Sezgisel Yöntem 7	55
2.3.8. Sezgisel Yöntem 8	56
2.3.9. Sezgisel Yöntem 9	56
2.3.10. Sezgisel Yöntem 10	57
2.3.11. Sezgisel Yöntem 11	57

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Farklı senaryolar için farklı veri setleri kullanılarak Karma Tamsayılı LP, YAK algoritması ve sezgisel yöntemlerle bulunan çözümlerin karşılaştırılması..	62
3.2. Farklı senaryolar için aynı veri seti kullanılarak Karma Tamsayılı LP, YAK algoritması ve sezgisel yöntemlerle bulunan çözümlerin karşılaştırılması.....	64
3.3. Sezgisel Yöntemlerin Değerlendirilmesi ve Karşılaştırılması	66

3.4. YAK Algoritması İçin Matlab Uygulama Adımları	75
-----------------------------------------------------------------	-----------

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	77
-------------------------------	-----------

KAYNAKLAR	79
------------------------	-----------

ÖZGEÇMİŞ.....	84
----------------------	-----------



TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1.	Kabul kamyonları ürün tablosu.....	34
Tablo 2.2.	Müşterileri ürün talep tablosu	34
Tablo 2.3.	Kabul kamyonu-taşıdığı ürün çeşidi sayısı tablosu	35
Tablo 2.4.	Seçilen kabul kamyonunda taşınan ürün çeşidi ve miktarları tablosu	36
Tablo 2.5.	Kabul kamyonundan sevkiyat kamyonuna aktarılan ürün çeşidi ve sayısı	36
Tablo 2.6.	Kabul kamyonu güncellendiğinde taşıdığı ürün çeşidi ve miktarı	37
Tablo 2.7.	Güncel sevkiyat kamyonları ürün miktarları	37
Tablo 2.8.	Kabul kamyonu-sevkiyat kamyonu eşleşmesi ve aktarılan ürün çeşidi ve miktarları.....	38
Tablo 2.9.	Müşterilerin toplam talepleri	38
Tablo 2.10.	Seçilen müşterinin talep ettiği ürünleri ve miktarları	39
Tablo 2.11.	Güncellenmiş sevkiyat kamyonları ürün miktarları.....	39
Tablo 2.12.	İlk adımda müşteriye aktarılan ürün çeşidi ve miktarı	39
Tablo 2.13.	Sevkiyat kamyonları-müşteri eşleşmeleri ve taşınan ürün çeşidi ve miktarı.....	40
Tablo 2.14.	Çapraz sevkiyat merkezi-müşteri arası mesafeler	42
Tablo 2.15.	Müşteriler arası uzaklık mesafeleri.....	42
Tablo 2.16.	Kabul Kamyonu-Sevkiyat Kamyonu Eşleşmesi Adımları	58
Tablo 2.17.	Sevkiyat Kamyonu-Müşteri Eşleşmesi Adımları	58
Tablo 3.1.	Veri seti parametreleri ve değer aralıkları	61
Tablo 3.2.	Senaryo parametreleri ve değer aralıkları.....	61
Tablo 3.3.	Farklı senaryolar için üretilen parametre değerleri.....	62
Tablo 3.4.	Farklı veri setleri için farklı senaryoların Karma Tamsayılı LP, Öncelikli YAK, Yak ve tüm sezgisellerle vermiş olduğu sonuçlar	63
Tablo 3.5.	Öncelikli YAK, YAK algoritmasının ve tüm sezgisel yöntemlerin vermiş olduğu sonuçların Karma Tamsayılı LP sonucuna yaklaşma yüzdeleri.....	63

Tablo 3.6.	Farklı veri setleri için farklı senaryoların Karma Tamsayılı LP, Öncelikli YAK, Yak ve tüm sezgisellerle vermiş olduğu sonuçların t-test sonuçları.....	64
Tablo 3.7.	Aynı veri seti için farklı senaryoların Karma Tamsayılı LP, Öncelikli YAK, Yak ve tüm sezgisellerle vermiş olduğu sonuçlar.....	65
Tablo 3.8.	Öncelikli YAK, YAK algoritmasının ve tüm sezgisel yöntemlerin vermiş olduğu sonuçların Karma Tamsayılı LP sonucuna yaklaşma yüzdeleri.....	66
Tablo 3.9.	Aynı veri seti için farklı senaryoların Karma Tamsayılı LP, Öncelikli YAK, Yak ve tüm sezgisellerle vermiş olduğu sonuçların t-test sonuçları.....	66
Tablo 3.10.	Senaryo parametreleri ve değer aralıkları	67
Tablo 3.11.	Her bir sezgiselin en düşük maliyeti bulma sayıları ve oranları.....	67

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Çapraz depolama kavramı	5
Şekil 1.2.	Çapraz Sevkiyatın Yapısı.....	7
Şekil 1.3.	1. Çeşit çapraz sevkiyat modeli: Önceden ayrılmış tedarikçilerin birleştirilmesi	12
Şekil 1.4.	2. Çeşit çapraz sevkiyat modeli: Önceden ayrılmış çapraz sevkiyat operatörünün birleştirilmesi	13
Şekil 1.5.	3. Çeşit çapraz sevkiyat modeli: Sonradan ayrılmış çapraz sevkiyat operatörünün birleştirilmesi	13
Şekil 2.1.	Bal arılarının nektar toplarken davranışları	32
Şekil 2.2.	Sezgisel-1 Kabul Kamyonu- Sevkiyat Kamyonu Eşleşmesi Karar Aşaması.....	44
Şekil 2.3.	Sezgisel-1 Sevkiyat Kamyonu-Müşteri Eşleşmesi Karar Aşaması	45
Şekil 2.4.	Sezgisel-2 Kabul Kamyonu- Sevkiyat Kamyonu Eşleşmesi Karar Aşaması.....	47
Şekil 2.5.	Sezgisel-2 Sevkiyat Kamyonu-Müşteri Eşleşmesi Karar Aşaması	48
Şekil 2.6.	Sezgisel-3 Kabul Kamyonu-Sevkiyat Kamyonu Eşleşmesi Karar Aşaması.....	50
Şekil 2.7.	Sezgisel-3 Sevkiyat Kamyonu-Müşteri Eşleşmesi Karar Aşaması	51
Şekil 2.8.	Sezgisel-4 Kabul Kamyonu-Sevkiyat Kamyonu Eşleşmesi Karar Aşaması.....	53
Şekil 2.9.	Sezgisel-4 Sevkiyat Kamyonu-Müşteri Eşleşmesi Karar Aşaması	54
Şekil 3.1.	Her bir sezgiselin en düşük maliyeti bulma yüzdeleri	68
Şekil 3.2.	Her bir sezgiselin en düşük ortalama maliyeti bulma yüzdeleri	68
Şekil 3.3.	Kamyon Gecikme Maliyetinin Ortalama Maliyet Üzerindeki Etkisi	69
Şekil 3.4.	Ürün Katsayısının Ortalama Maliyet Üzerindeki Etkisi.....	70
Şekil 3.5.	Uzaklık Katsayısının Ortalama Maliyet Üzerindeki Etkisi	71
Şekil 3.6.	Kabul Kamyonu Sayısının Ortalama Maliyet Üzerindeki Etkisi.....	72
Şekil 3.7.	Sevkiyat Kamyonu Sayısının Ortalama Maliyet Üzerindeki Etkisi	73
Şekil 3.8.	Ürün Çeşidi Sayısının Ortalama Maliyet Üzerindeki Etkisi.....	74
Şekil 3.9.	Müşteri Sayısının Ortalama Maliyet Üzerindeki Etkisi.....	74

GİRİŞ

1990lı yıllardan beri işletmeler göstermiş oldukları faaliyetleri geliştirmek amacıyla çeşitli çalışmalar yapmaktadırlar. İşletmelerin bu çabayı göstermesindeki ana sebep artan rekabet ortamıdır. İşletmeler tedarik zincirinin bir parçası olarak, içinde buldukları sistemde işbirliği içerisinde olmaları başarılarını artıracaktır.

Tedarik zinciri, hammaddenin elde edilmesi ile başlayıp, hammaddenin yarı mamule daha sonrada nihai ürüne dönüştürülüp son müşteriye ulaştırılması işlemlerini gerçekleştiren tesis ve dağıtım şirketlerinin ağıdır (Yüksel, 2004). Tedarik zinciri, ürünlerin hammaddeden müşteriye teslim edilene kadar geçirdikleri tüm faaliyetlerdir.

Tedarik zinciri yönetimi, müşterilerin gereksinimlerinin karşılanması için hammaddenin, stokların, son oluşan ürünün, süreç akış bilgisinin, maliyetle ilgili bilginin, depolanma planlamasının uygulanması ve kontrolü sürecidir (Eker, 2006).

Tedarik zinciri, müşteri ihtiyacını karşılamak için, birden fazla üreticide üretilen ürünlerin geçici olarak depolarda tutulduktan sonra perakendeciler aracılığıyla tedarik zincirinin son elemanı olan müşteriye ulaştırılmasıdır. Tedarik zinciri, hammadde tedarikçisi, depocu, tedarikçi, üretici, ara ürün, depolar, nihai ürün ve bu nihai ürünlerin ulaştırılacağı müşterilerden oluşur. Tedarik zincirinde alınan bir karar, sadece kararı alanı değil tedarik zincirinin tüm elemanlarını etkiler. Dolayısıyla karar alacak olan firma sadece kendi çıkarlarını değil, zincirde bulunan tüm elemanların çıkarlarını düşünmelidir.

Tedarik zinciri yönetiminin temel prensipleri şu şekilde sıralanabilir: (Eker, 2006)

- Üretimi düzenli olacak şekilde gerçekleştirmek için malzeme ve bilgi akışını doğru şekilde gerçekleştirmek.
- Stok tutma maliyetini ve stoksuzluk maliyetlerini minimize etmek.

- Ürünün kalitesini korumak ve geliştirmek
- Tedarikçilerin güvenilir olmasını sağlamak
- Temin edilen malzeme ve hizmeti istenilen standartlara getirmek
- Malzeme ve hizmet maliyetlerini minimize etmek
- Rekabeti artırmak
- Tedarik zincirinin diğer üyeleriyle iyi ilişki içerisinde olmak

Depolama faaliyetleri tedarik zincirinin en önemli elemanlarından biridir. Ürün dağıtımında, geleneksel depolama, doğrudan nakliyat ve çapraz sevkiyat olmak üzere üç çeşit strateji bulunmaktadır. Geleneksel depolamada, malzeme geçici süre depolanır. Bu tip depolarda, mal kabul, raflama, depolama, ikmal işlemleri yapılmaktadır. Bunlara ek olarak sipariş toplama, sevkiyata hazırlama ve paketleme faaliyetleri de yer almaktadır. Doğrudan nakliyat stratejisi ise, tedarikçiden gelen malın depolarda hiç bekletilmeden direkt olarak müşteriye taşınmasıdır. Doğrudan nakliyat, geleneksel depolamadaki operasyonları içermediği için hem hızlı hem de ekonomiktir. Çapraz sevkiyat ise, tedarikçiden gelen malların, çapraz sevkiyat merkezinde uzun süre depolanma yapmadan, geçici süre tutularak müşterilere gönderildiği sistemdir. Tedarik zinciri sistemi içerisinde maliyeti azaltmayı hedefleyen bir uygulamadır. Kabul kamyonlarıyla çapraz sevkiyat merkezine gelen ürünler, bir günden az süre tutularak sevkiyat kamyonlarıyla müşterilere taşınır.

Çapraz sevkiyat merkezi ile geleneksel karma depo arasındaki fark aşağıdaki Tablo 1’de gösterilmiştir:

Tablo 1. Geleneksel depo ile çapraz sevkiyat merkezi arasındaki fark. (Apte ve Viswanathan, 2010)

Geleneksel Karma Depo	Çapraz Sevkiyat Merkezi
Ürünler, depo ve sipariş toplama alanlarından uzağa konulur ve bir günden daha az süre için depolarda bulunurlar	Ürünler, depo ve sipariş toplama alanından uzaklaştırılmadan bir gün içinde depoda girişten çıkışa doğru ilerler.
Depo sistemine ürünlerin envanter kaydı girilir	Depo sistemine ürünlerin envanter kaydı yapılmaz.
Etiketleme ve paketleme işlemleri depoda uygulanır.	Etiketleme ve paketleme işlemleri dışında işlemler olabilir.

Bu çalışmada, tedarikçilerden kabul kamyonlarıyla çapraz sevkiyat merkezine gelmiş olan ürünlerin müşterilere ulaştırılmasında minimum ürün taşıma maliyetini bulmak için kamyonlar için çizelgeleme ve araç rotalama problemi çalışılmıştır. Sistemde, kabul kamyonları, taşınacak ürünler, çapraz sevkiyat merkezi, sevkiyat kamyonları ve müşteriler bulunmaktadır. Sevkiyat kamyonlarının taşıyacağı ürünler belli değildir ve bu kamyonlar için kapasite kısıtının olduğu bir sistemdir. Çapraz sevkiyat merkezinde bir kabul kapısı ve bir sevkiyat kapısı bulunmaktadır. Çapraz depolama problemi çalışmasında, Yapay Arı Kolonisi algoritması kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, karma tamsayılı lineer programlama yöntemi kullanılmıştır. Son olarak, çeşitli sezgisel yöntemler oluşturulup, bu üç farklı yöntemin vermiş olduğu sonuçlar karşılaştırılmıştır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Çapraz Sevkiyat

1.1.1. Çapraz Sevkiyat Kavramı

Tedarik zinciri yönetimi için en önemli faktörlerden biri taşıma etkinliğidir. Bu yüzden çoğu şirket müşteri memnuniyetini artırıp, toplam maliyeti düşürmek için çeşitli stratejiler geliştirmektedir. Depolama maliyetini elimine eden ve ürün akışını hızlandıran çapraz depolama bu stratejilerden biridir (Küçüköglü ve Öztürk, 2014).

Çapraz sevkiyat, ürünlerin gelen kamyonlardan giden kamyonlara minimum bekleme süresi ile taşınmasını sağlar. Müşteri hizmet seviyesini korurken minimum depolama süresi, minimum envanter tutma maliyeti, minimum dağıtım ve lojistik maliyetini hedefleyen inovatif bir depolama stratejisidir.

Çapraz sevkiyat, ürünlerin depolanmadan kabul kapısından sevkiyat kapısına taşınmasını içeren depolama kavramıdır. Ürünlerin kabul kamyonlarından sevkiyat kamyonlarına direk aktarıldığı dağıtım ağındaki ortak nokta çapraz depodur. Çapraz depolama dağıtım ağının duyarlılığını ve esnekliğini geliştirerek sipariş çevrim süresini azaltabilir (Bellanger vd. 2013).

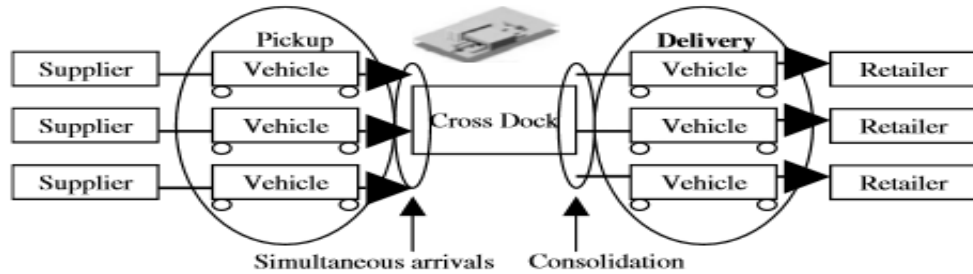
Çapraz depolama envanter tutma maliyetini, sipariş toplama maliyetini, taşıma maliyetini ve dağıtım süresini azaltmayı amaçlayan bir lojistik tekniktir. Tedarikçiden çapraz depoya ulaşan malzemelerin boşaltılması ve tekrar sevkiyat kamyonlarına yüklenmesi 24 saatten az bir sürede gerçekleşir. Bu yüzden teknik, taşıma endüstrisinde ve bozulabilir endüstri ürünlerinde temel olarak kullanılır (Larbi vd. 2011).

Geleneksel depolarda ürün alındıktan sonra depolama ve nakliye proseslerine taşınırdı ve depolama sürecinde de birçok işlemde geçerdi. Çapraz sevkiyat sayesinde ürün depolanmadan veya çok az süre depolanarak kabul işleminden sevkiyat işlemine geçmektedir.

Çapraz depolama sipariş çevrim süresini azaltırken, dağıtım ağının daha esnek ve duyarlılığının daha fazla olmasını sağlar.

Tedarik zincirinde çapraz depolama uygulandığında, çeşitli yerlerdeki ürünler nihai hedefe gitmeden önce çapraz depoda toplanır. Ürünler taşınacağı yere göre çapraz depoda sınıflandırıldıktan sonra çapraz depodan ilgili hedefe taşınır. Bu malzeme akışı Şekil-1.1'de gösterilmiştir (Hae vd. 2006).

Çapraz depolarda taşınan yükler, ürünlerin kabul kamyonlarından boşaltılmasını, götürülecekleri yerlere göre ayrılmasını ve dağıtılmak üzere hemen sevkiyat kamyonlarına yüklenmesi gibi uygulanan birkaç adımı içeren kompleks bir planlama sistemidir (Boysen, 2010).



Şekil 1.1. Çapraz depolama kavramı (Hae vd. 2006)

Çapraz depolama kavramı endüstrileşme ve teknoloji ilerledikçe gelişmektedir. Malzeme taşımadaki yeni trendler, ürün sınıflandırmadaki gelişmiş teknikler ve envanter yönetimde bilgisayar kullanılması, çapraz depolama sistemlerinin daha iyi uygulanması için imkan yaratmaktadır. Çapraz depolama fikri, geniş veya ince ürünlerin taşınması ve az miktarda veya büyük miktardaki ürünlerin nakliyesi gibi üretim ve dağıtım sistemlerinin tüm çeşitlerinde uygulanabilir (Arabani vd. 1964).

1.1.2. Çapraz Sevkiyatın Yapısı

Çapraz depolamada eş zamanlı varışlar ve birleştirmeler iki önemli noktayı oluşturmaktadır. Bütün araçlar tedarikçiden çapraz depoya aynı anda ulaşır. Eğer tüm araçlar çapraz depoya aynı anda ulaşmazsa bazı kamyonlar beklemek zorunda kalırlar. Toplama prosesinde tüm kamyonlar, bekleme süresini azaltmak için senkronize olmak zorundadır. Varış yerlerine göre tüm ürünler çapraz depoda sınıflandırılır ve araçlara yüklenirler. Bu işleme birleştirme denir. Daha sonra, bütün araçlar varış yerlerine ürünleri dağıtmak üzere çapraz depodan ayrılırlar. Eğer aynı anda varışlar ve birleştirmeler tedarik zincirinin fiziksel akışında kolayca yapılırsa, bütün ürünler hiçbir aksilik yaşamadan tedarikçiden müşteriye taşınabilir (Hae vd. 2006).

Genellikle kabul kamyonu sayısı ve sevkiyat kamyonu sayısı çapraz sevkiyat tesisindeki kabul kapısı sayısından ve sevkiyat kapısı sayısından fazladır. Kabul ve sevkiyat kamyonları aynı anda yüklenir ve boşaltılırlar. Artan kabul veya sevkiyat kamyonu beklemek zorundadır. Dolayısıyla kabul ve sevkiyat kamyonlarının kuyrukta beklemesi çapraz sevkiyat sisteminin etkinliğini etkileyebilir. Örneğin, kabul kamyonundaki bir ürün sırada bekliyorsa ve onu alacak olan sevkiyat kamyonu ise ürünü almak için hazır halde ise bir gecikme meydana gelir. Sevkiyat kamyonu beklemek zorundadır. Başka bir kamyonla yer değiştiremez ve çapraz sevkiyat tesisinin etkinliği azalır (Kuo, 2013).

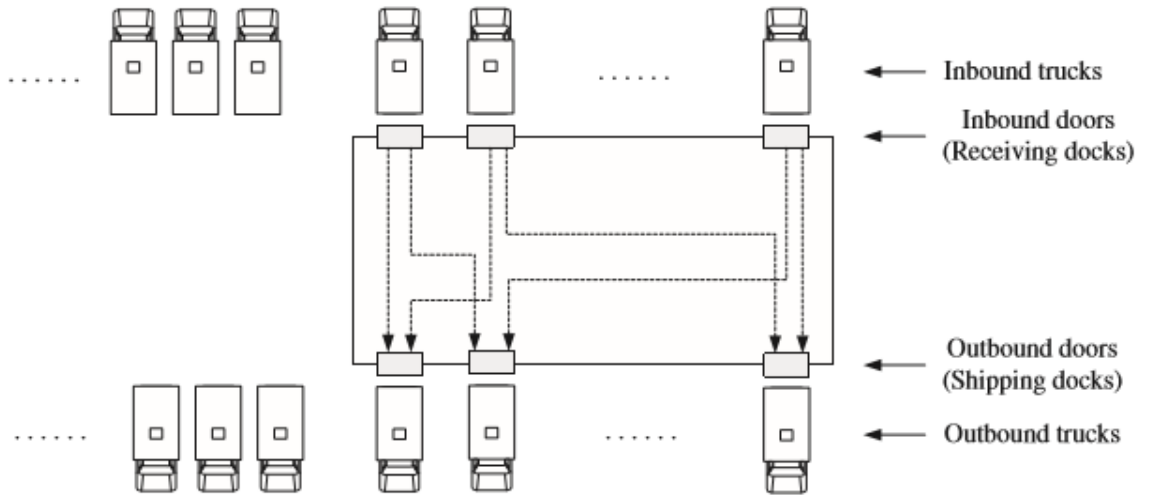
Çapraz depolama tedarik zinciri sisteminde envanter tutma maliyetini düşürmek için amaçlanmış son depolama teknolojisidir. Kabul kamyonları aracılığıyla toplanan ürünler çapraz depoya getirilir ve ürünler çapraz depoda birleştirilip gruplandırıldıktan sonra varış yerlerine dağıtılmak üzere araçlara yüklenir. Çapraz sevkiyat merkezi, ürünlerin kısa süre stoklandığı depolar olarak görülebilir, çünkü çapraz sevkiyat kapıları uzun dönem envanter tutma olanağı vermez (Santoz vd. 2013).

Genellikle çapraz depoda envanter tutulmaz. Talepteki dalgalanmalara ve çapraz depo kapasitesine bağlı olarak stokta ürün bulunmama durumları gerçekleşiyorsa, çapraz sevkiyat sistemi çalışmaz. Böyle bir durumda, gelebilecek belirsiz talepleri karşılayabilmek için depoda bir miktar ürün depolanması gerekmektedir. Fakat söz konusu ürünler için talep sabitse, talep tahmini çok doğru bir şekilde yapılmalıdır. Bu yüzden, çapraz sevkiyat sistemi talep miktarı sabit olan veya stokta bulunmama maliyeti düşük olan ürünler için uygundur. Örneğin market veya tarım ürünleri sabit talepli veya

stokta bulunmama birim maliyeti düşük olan tipik ürünlerdir. Bu ürünler tazeliklerinden ve kısa çevrim süresinden dolayı hızlı bir şekilde müşterilere dağıtılmalıdır. Ayrıca bu ürünlerin stokta olmama maliyeti de çok düşüktür. Dolayısıyla bu ürünler çapraz depo aracılığıyla taşınmaya uygun ürünlerdir (Lee vd. 2006).

Çapraz sevkiyat sisteminin etkili uygulanabilmesi için hem toplama hem de dağıtım prosesleri büyük önem arz etmektedir. Tedarikçiden çapraz depoya doğru olan ürün akışı, toplama prosesi olarak tanımlanmaktadır. Toplama aşamasında asıl görev, çapraz sevkiyat merkezine eş zamanlı varıştır. Böylece, eş zamanlı varışlar için araç rotalama ve çizelgeleme düşünülebilir. Çapraz depoda, gelen ürünler dağıtılacakları yere göre gruplara ayrılırlar. Daha sonra bu ürünler depolanmadan ve geciktirilmeden müşterilere dağıtırlar. Böylece, çapraz depoya gelen ürün sayısı çapraz depodan dağıtıma çıkan ürün sayısına eşittir. Çapraz depodan müşteriye doğru olan bu akış ise dağıtım süreci olarak adlandırılır. Toplama sürecinde olduğu gibi araç rotalama ve çizelgeleme işlemleri bu proses içinde geçerlidir. Böylece tedarik sürecindeki fiziksel akışın gelişimi; toplama, çapraz depolama ve dağıtım proseslerinin birleşik optimizasyonu ile gerçekleştirilebilir (Lee vd. 2006).

Çapraz sevkiyatın yapısı Şekil 1.2'deki gibi gösterilmiştir (Kuo, 2013).



Şekil 1.2. Çapraz Sevkiyatın Yapısı (Kuo, 2013)

1.1.3. Çapraz Sevkiyatın Kullanılma Nedenleri

Çapraz depolama, tedarik zincirinde harcanan envanter tutma maliyetini azaltmak için kullanılır. Bu özellikle kısa ömürlü ürünlerin dağıtımını için uygundur (Agustina vd. 2014).

Çapraz depolama, envanter tutma maliyetini, sipariş toplama maliyetini, taşıma maliyetini ve dağıtım maliyetini azaltmayı amaçlayan bir lojistik tekniğidir. Bir çapraz sevkiyat platformu, kısa çevrim süresi gerektiren çapraz sevkiyat merkezine gelen ürünlerin birleşme noktasıdır. Tedarikçilerden çapraz sevkiyat merkezine ulaşan ürünler kabul kamyonlarından boşaltılır ve yirmi dört saatten az süre içerisinde giden kamyonlara yüklenirler. Bu yüzden bu teknik özellikle taşıma endüstrisinde ve bozulabilir ürün endüstrisinde kullanılmaktadır (Larbi vd. 2011).

Çapraz sevkiyat, ürün depolama maliyetini azaltan ve ürün akışını hızlandıran tedarik zinciri stratejilerinden biridir. Çapraz sevkiyat boyunca ürünler tedarikçiden müşteriye kadar çapraz sevkiyat merkezlerinde uzun süre depolanmadan taşınır. Her çapraz sevkiyat merkezinde, farklı tedarikçilerden ürün yüklemiş olan kabul kamyonları kabul kapısına gelir ve zaman kaybetmeden ürünleri kabul kamyonları için ayrılmış alana boşaltır. Bu ürünler sınıflandırılır ve varış noktalarına göre birleştirilir ve dağıtım için giden kamyonlara yüklenirler. Bu strateji geleneksel depolara göre yüklerin birleştirilmesi, daha kısa teslim süresi, maliyet azalması, gelişmiş müşteri hizmeti gibi birçok avantaja sahiptir (Küçüköğlü ve Öztürk, 2014). Bu yüzden çapraz sevkiyat uygulaması rekabetçi şirketler için bir fırsattır.

1.1.4. Çapraz Sevkiyatın Önkoşulları

Çapraz sevkiyatın doğru şekilde gerçekleşebilmesi için bazı önkoşulların yerine getirilmesi gerekmektedir. Bu önkoşullar aşağıdaki gibi sıralanabilir: (Ertek, 2005)

- Ortaklık ihtiyacı: Bu girişimin içinde bulunan tüm taraflar tarafından çapraz sevkiyat sürekli takip ve tam taahhüt gerektirir.
- Taraflar arasında etkili iletişim sağlanmalıdır. Bu etkili iletişimin sağlanabilmesi için bilgi sistemleri teknolojisi yatırımı yapılmalıdır.

- Karma operasyonların yönetimi: Stok tutmama, malzeme akışında kusursuz bir koordinasyon olmasını sağlamaktadır. Tedarik zinciri ve tesis için alınacak kararlar, çok sayıda kaynak ve zaman kısıtı altında alınmaktadır. Bu kararların alınabilmesi için matematiksel modellerin kullanılması yardımcı olmaktadır.
- Maliyet ve kazanımların paylaşılması: Tedarik zincirindeki bazı üyeler için çapraz sevkiyat kazanç sağlayabilmektedir. Fakat bazıları için de yüksek maliyet gibi riskler barındırabilmektedir. Tedarik zinciri başarılı bir şekilde uygulandığında, çapraz sevkiyat operasyonları stok tutma süresinin azalması, işçiliğin azalması ve stok tutmak için ihtiyaç duyulan alan boyutunun azalması gibi avantajlar sağlayabilmektedir. Ayrıca, tedarikçilerin teknoloji alanında yatırım yapmaları gerekebilir.
- İyi kalite gereklilikleri: Tedarikçiler kalite konusunda hassasiyet göstermeleri gerekmektedir. Böylece, çapraz sevkiyat merkezinde kalite kontrol işlemleri azalmış olmaktadır ve hızlı ürün akışı sağlanabilmektedir.

1.1.5. Çapraz Sevkiyatta Karar Verme Prosesi

Çapraz depolamada planlar kısa, orta veya uzun süreli olabilir. Planlama bir üretim sürecidir. Planlama en uygun strateji seçimidir. Çapraz depolamada karar verme prosesi üç şekilde yapılabilir. Bunlar; stratejik planlama, taktiksel planlama ve operasyonel kontrollerdir (Boysen, 2010).

1.1.5.1. Stratejik Planlama

Stratejik planlama işletmelerin üst seviyedeki yöneticileri tarafından alınır. Bu planlama, uzun vadeli faaliyet süreçleri için yapılır. Stratejik planlamada öncelikli olarak işletmenin amaçları belirlenir. Bu amaçları yerine getirebilmek için işletmenin çevre koşulları analiz edilir. Yakın çevresi, ulusal ve uluslararası çevresi ve bu çevrelerde faaliyetlerde bulunmak için gerekli şartlar incelenir. Faaliyetleri geliştirmek ve genişletmek için gerekli imkanlar ve fırsatlar belirlenir. Yine bu faaliyetleri gerçekleştirme aşamasında karşılaşılabilecek tehlikelerin ve sıkıntıların neler olabileceği belirlenir. Çevre koşullarına göre faaliyet gösterecek işletmenin güçlü ve zayıf yanları belirlenir. Yani işletme kendini değerlendirir ve bu değerlendirmelere göre stratejik planlar belirlenir (Boysen, 2010).

İşletmenin pazardaki yeri, personel durumu ve personel seviyesi değerlendirilir ve doğru personel görevlendirilmesi yapılır. Personelin gerekli bilgi, beceri ve tecrübeye sahip olmasına dikkat edilmelidir (Boysen, 2010).

1.1.5.2. Taktiksel Planlama

Taktiksel planlama tüm bölüm yöneticileri ve planlamadan sorumlu yöneticinin de katılacağı planlama komitesi tarafından yapılır. Stratejik planlama yapıldıktan sonra alınan kararların uygulamaya konulabilmesi için taktiksel planlara ihtiyaç vardır. Taktiksel planlama işletmenin stratejilerinin bölümlere ayrılarak uygulanmasını gerektirir. Bunun için de ilgili her bölüm tarafından alınan orta dönemli süreçler için kararlar alır. Taktiksel planlama stratejik planlamaya göre daha az maliyetlidir (Boysen, 2010).

1.1.5.3. Operasyonel Planlama

Taktik planlama sonucunda alınan kararların uygulanmasını kolaylaştırmak için organizasyonun alt kademe yöneticileri tarafından hazırlanan planlamadır. Bu tür planlar organizasyon yöneticilerinin günlük, haftalık veya aylık programını oluşturur. Bu planlar kesin ve somut rakamlar içerir. Belirsizlik riskini en az taşıyan planlama türüdür. Bu planlar tek kullanımlı planlar ve sürekli planlar olma üzere iki gruba ayrılır (Boysen, 2010).

Tek kullanımlık planlar

Bu planlar bir defalık kullanım için hazırlanmıştır. Uygulama koşulları dinamik olduğu için başka zaman kullanılmazlar, sadece o anki durum için kullanılabilirler (Boysen, 2010).

Sürekli Planlar

İşletme faaliyetlerinde süreklilik ve devamlılık sağlanması için oluşturulan planlardır. Politikalar, genyöntem ve kurallar sürekli planlardır. Politikalar; karar verme sürecine yol gösteren genel açıklamalardır. Alınacak kararların uyması gereken sınırları belirler. Bir işletmedeki tüm faaliyetler o işletmenin amaçlarına yönelik olmalıdır. Genyöntemler; bir politikayı uygulamak için gerekli işlerin tümünü belirtir.

Genyöntemler ayrıntılara ağırlık verir. Politikaların nasıl uygulanacağını gösterir. Politikalara göre daha özel bir plan türüdür. Kurallar ise politikalara benzerdir, işletmelerde çalışanların davranışlarını etkiler. Politikalar kurallara göre daha geniş kapsamlıdır, kurallar ise daha dar kapsamlıdır ve belirsizlik daha azdır. Gen yöntemler art arda gelen birbirini takip eden faaliyetleri açıklarken kurallar ise özel bir faaliyetin yapılmasında uyulacak noktaları açıklamaktadır (Boysen, 2010).

1.1.6. Çapraz Sevkiyat Çeşitleri

Çapraz sevkiyat, ürünlerin uzun süre depolama yapılmaksızın, hızlı bir şekilde talep edilen yere gönderilmek için gerekli operasyonların yapıldığı yerdir. Çapraz sevkiyat çeşitleri şu şekilde sınıflandırılmıştır: (Eker, 2006)

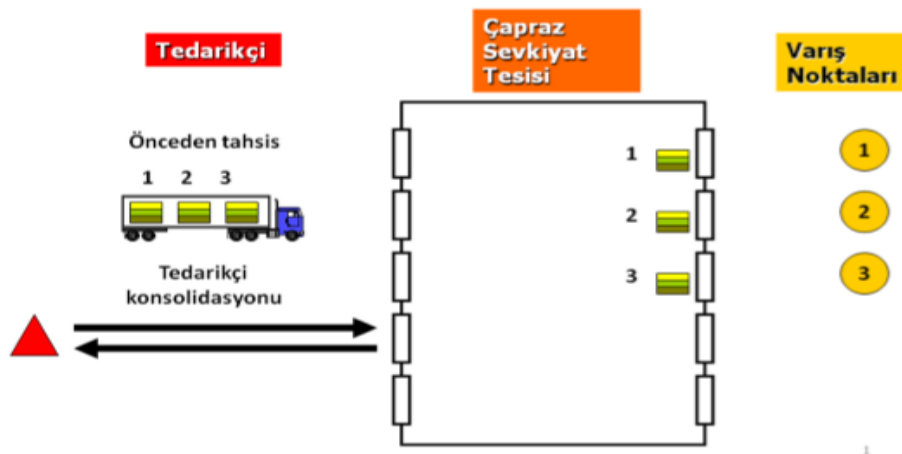
1. İmalatta çapraz sevkiyat: zamanında üretimi sağlamak için, kabul kamyonlarına gerekli ürünleri temin edip birleştirmek için kullanılır. Örneğin, bir üretici depoyu kendisine yakın bir yerde olmasını isteyebilir, ürettiği parçaların montajını orada yapabilir. Parçalara olan talep MRP sistemi sayesinde bilindiği için stok tutmaya gerek kalmaz.
2. Distribütörde çapraz sevkiyat: Tedarikçilerden kabul kamyonlarıyla gelmiş olan ürünleri birleştirilmektedir. Örneğin, bir bilgisayar firması için farklı üreticilerden gelen bilgisayar parçaları birleştirilir ve aynı nakliye kamyonu ile taşınırlar.
3. Taşımada çapraz sevkiyat: Lojistik firmalarının çoğunlukla tercih ettiği bir sistemdir. Firmalar kamyonları tam dolu olarak taşımaya amaçlarlar. Bu şekilde, depolama miktarı azalır, maliyet düşer ve çevre korunur.
4. Perakendede çapraz sevkiyat: Farklı tedarikçilerden gelen ürünler sevkiyat kamyonlarına yüklenerek farklı müşterilere taşınması sağlanır. Migros bu tür çapraz sevkiyat yapan şirketlere örnek olabilir. Yeterli miktarda istenilen ürünün yerine ulaştırılması amaçlanır.
5. Fırsatçı Çapraz Sevkiyat: Bir çapraz sevkiyat merkezinde belirli bir talebi karşılamak üzere gelen ürünün herhangi bir işleme tabi tutulmadan direkt olarak müşteriye gönderilmesi işlemidir.

Tüm çapraz sevkiyat türlerinde amaç, birleştirme ve kısa çevrim süresidir.

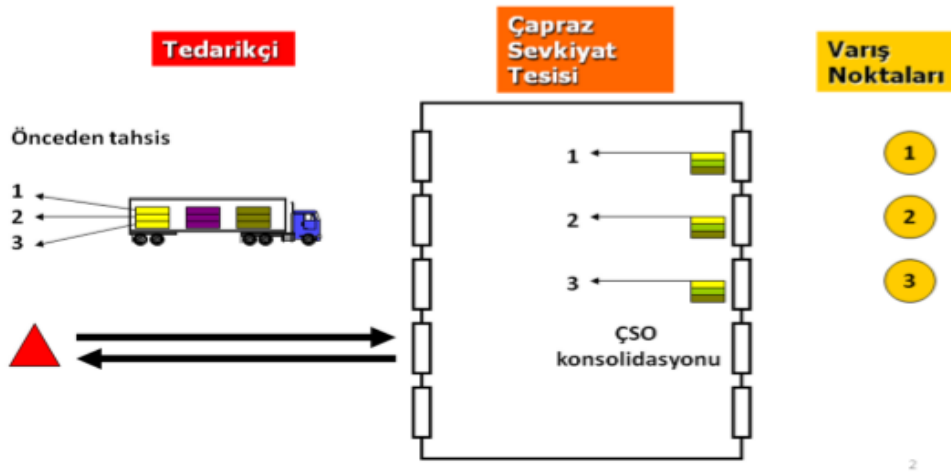
1.1.7. Çapraz Sevkiyat Modelleri

Çapraz sevkiyat sistemini Napolitana şu şekilde modellemiştir.

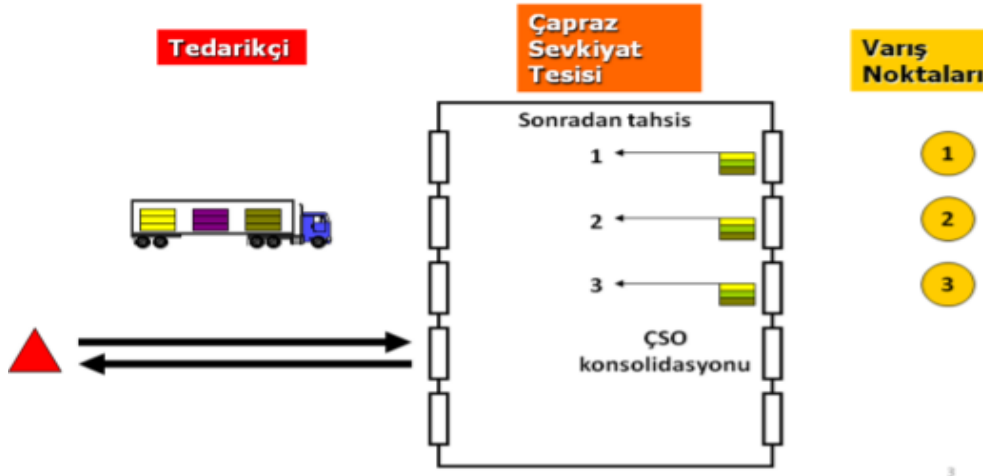
- 1. Çeşit çapraz sevkiyat modeli: Bu modelde bir adet malzeme toplama alanı vardır. Müşterilerin siparişine göre ürünler ayrıştırılarak ilgili alana sevk edilir. Ardından stoklama yapılmadan doğrudan müşterilere taşınır. Bunun doğru şekilde yapılabilmesi için müşteri sipariş çeşitlerinin ve miktarlarının iyi bilinmesi gerekmektedir (Baethge, 2007). 1. çeşit çapraz sevkiyat modeli Şekil 1.3’de gösterilmiştir.
- 2. Çeşit çapraz sevkiyat modeli: Bu modelde ürünler müşteri siparişlerine göre ayrılır. Daha sonra paketlenip çapraz sevkiyat merkezine gönderilir. Çapraz sevkiyat tesisine gelen ürünler, hangi müşteriye hangi ürünün ne kadar gideceğine göre tekrar ayrılır ve sevkiyat kamyonlarına yüklenirler. Bu modelde hızlı toplama yöntemi kullanılır (Baethge, 2007). 2. çeşit çapraz sevkiyat modeli Şekil 1.4’te gösterilmiştir.
- 3. Çeşit çapraz sevkiyat modeli: İkinci tip çapraz sevkiyat modelini kapsayan bir modeldir. Çapraz sevkiyat merkezine gelen ürünlerin müşteriye ulaştırılmasından önce montaj, paketleme ve etiketleme gibi işlemler de yapılmaktadır (Baethge, 2007). 3. çeşit çapraz sevkiyat modeli Şekil 1.5’te gösterilmiştir.



Şekil 1.3. 1. Çeşit çapraz sevkiyat modeli: Önceden ayrılmış tedarikçilerin birleştirilmesi (Ertek, 2012)



Şekil 1.4. 2. Çeşit çapraz sevkiyat modeli: Önceden ayrılmış çapraz sevkiyat operatörünün birleştirilmesi (Ertek, 2012)



Şekil 1.5. 3. Çeşit çapraz sevkiyat modeli: Sonradan ayrılmış çapraz sevkiyat operatörünün birleştirilmesi (Ertek, 2012)

1.1.8. Çapraz Sevkiyat Ne zaman Uygulanır?

Tahmin edilebilir, yüksek talebe sahip, büyük hacimli akışı olan ve bozulabilir ürünler çapraz sevkiyat sistemi için uygun ürünler olabilirler. Örneğin, süper market zincirleri raporlarından, tuvalet kağıdı ve havlu kağıt gibi düşük maliyetli ve yüksek hacimli ürünleri tedarik eden kağıt endüstrisi, bu ürünlerin taşınması için çapraz sevkiyat yöntemi kullanılmıştır. Pilot çaprazlama yöntemi kullanımı için bu ürünler uygundur.

Çünkü bu ürünler büyük oranda depolama alanı kaplar ve geleneksel depolama kullanılırsa tıkanıklığa sebep olur. Ayrıca, mevsimsel talepli ürünler ve promosyon ürünler için de çapraz sevkiyat uygulamasının uygun olduğu düşünülmektedir. Çabuk bozulabilir ürünler için 'parti kontrolü' önemli bir konudur. Ürünler çoğunlukla partiler halinde üretilir ve müşteriye zaman sıralamasına göre ulaştırılması için ürün miktarının sürekli takip edilmesi gerekmektedir. Bunu kolaylaştırmak için kullanılacak yöntemlerden biri FIFO (ilk gelen ilk gider) kuralıdır. Buna göre, çapraz sevkiyat merkezine ilk gelen ürün, merkezden ayrılan ilk kamyonla müşteriye taşınır. Yani ürünler çapraz sevkiyat merkezine girmesine göre gönderilir. Böylece, önce gelmiş ürünler yerini yeni ürünlere bırakmış olur ve ürün bozulmasının da önüne geçilmiş olur (Ertek, 2005).

1.1.9. Çapraz Sevkiyatın Avantajları

Çapraz sevkiyat uygulamasının tedarik zinciri elemanları için avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz: (Ertek, 2005)

Çapraz sevkiyatın avantajları:

- Ürünlerin verimli şekilde birleştirilmesini sağlar,
- Depolama prosesini elimine ederek stok tutma seviyesini düşürür,
- Daha hızlı ürün akışı sağlar,
- Daha sık teslimat sağlar,
- Azalan stok tutma ve daha hızlı ürün akışı sayesinde stokta uzun süre kalmanın azalması,
- Malzeme taşınmanın azalmasına bağlı olarak işçilik gereksinimleri ve maliyetlerin azalması,
- Malzeme taşınmasını azaltarak stok hasar maliyetlerinin de azalması,
- Alan ihtiyacının azalması ve böylece tesis yer kapasitesinin artması,
- Müşterilerin tam zamanında (Just-in-time) stratejisinin desteklenmesi,
- Tedarikçiye ödemelerin hızlanması,
- Tedarik zinciri elemanları arasında iletişimin gelişmesi,
- Daha sık teslimat ile tamamlanamayan taleplerin daha hızlı şekilde tamamlanması çapraz sevkiyat uygulamasının avantajlarından.

1.1.10. Çapraz Sevkiyatın Dezavantajları

Çapraz sevkiyat uygulamasının tedarik zinciri elemanları için dezavantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz: (Ertek, 2005)

- Stok tutmama riski: talepte gerçekleşebilecek ani artış, tedarikçide ürün bulunmaması, tedarik zincirinde gerçekleşebilecek bir gecikme, tedarik zincirinin iyi organize edilememesi sonucunda maliyetli bir stoksuzluk gerçekleşebilmesi,
- Sendikaların iş kaybetme korkusu, çapraz sevkiyatın ana kazancı, stok tutmama ve işçilik maliyetlerinin azaltılmasından gelir.

1.2. Literatür Çalışması

Vogt (2010) tedarik zincirinde başarılı çapraz yükleme üzerine çalışmıştır. Çapraz yükleme; taşıma verimliliğini geliştirerek, envanter tutmayı azaltarak ve ürünlerin taşınma hızını artırarak tedarik zincirine değer katar. Tedarik zincirinde çapraz yükleme üç faktöre göre sınıflandırılmıştır.

1. Ürün kimliklendirilmesi: RFID etiketleriyle yapılır,
2. Birincil kimliklendirme ve sınıflandırma: müşteriye dağıtılacak ürünlerin kimliklendirilmesi ve sınıflandırılması,
3. Tedarikçinin tek ürün mü yoksa birden fazla ürün mü sağladığının belirlenmesi.

Bu üç faktörün, verilen çapraz yükleme operasyonunda var ya da yok olabilir.

Vogt makalesinde çapraz yükleme içeren tedarik zincirinin başarı faktörlerinden bahsetmiştir. Bunlar: (Vogt, 2010)

- Uygun ürün
- Güvenilir verimli tedarikçiler
- Uzman ve güvenilir tedarik zinciri hizmet sağlayıcıları
- Proses geliştirme ve problem çözme yeteneği
- Yetenekli yönetim ve personel
- İyi seçilmiş bilgisayar sistemleri
- İş dengeleme ve minimizasyon

- Verimli fiziksel tesis tasarımı ve yerleşimidir.

Larbi vd. (2011) gelen kamyonlarla ilgili tam bilginin olduğu, kısmen bilginin olduğu ve hiçbir bilginin olmadığı durumlarda çapraz yükleme operasyonlarını çizelgelemişlerdir. Çapraz yükleme envanter tutma, sipariş toplama, taşıma maliyetini ve dağıtım süresini azaltmayı amaçlayan bir lojistik tekniktir. Çapraz yüklemede taşıma operasyonlarına biraz dikkat çekilir. Bu alanda üç çizelgeleme politikası altında, tek mal kabul ve tek sevkiyat kapısının olduğu çapraz yükleme tesisinde aktarma çizelgelemesi çalışılmıştır.

1. Politika; gelen bütün kamyonların içeriği ve alınan siparişlerle ilgili tam bilgi vardır.
2. Politika ve 3. Politika; gelen kamyonların sırasıyla ilgili hiçbir bilginin olmadığı veya kısmen bilginin olduğu durumlar varsayılıyor.

Tam bilginin olduğu durumlar için model tabanlı grafik öneriliyor ve polinomial zaman algoritması veriliyor. Diğer iki durum için ise sezgisel yaklaşımlar geliştiriliyor.

Çizelgeleme politikaları:

1. politika: tam bilgi altında çizelgeleme; gelen kamyonların sırası bilinmiyor. Gelen kamyonlardaki sipariş biliniyor. Her durak için her gelen kamyondaki yük miktarı biliniyor. Her durak için ürün sipariş miktarı sabit değil.
2. politika: bilgi olmadan çizelgeleme; gelen kamyon sırası bilinmiyor. Gelen kamyon içeriği ve sipariş bilinmiyor. Bilgi, kamyon çapraz yükleme terminaline ulaştığı zaman açığa çıkıyor. Sadece her duraktan sevk edilecek günlük ürün miktarı biliniyor.
3. politika: kısmi bilgi altında çizelgeleme; gelen kamyon sırası kısmen biliniyor. İçerik ve siparişler kamyon ulaşınca açığa çıkıyor. Amaç toplam maliyeti minimum edecek en iyi çizelgelemeyi yapmak. Ürünler giden kamyonu first-in-first-out kuralına göre yükleniyor. İki avantajı vardır: 1) daha uzun periyotlar için ürünleri stok alanında daha fazla beklemesini azaltır. 2) çapraz yükleme tesisindeki tıkanıklığı önler.

Liao vd. (2010) tedarik zincirinde çapraz yükleme ile araç rotalama çalışmıştır. Çapraz yükleme, tedarik zinciri yönetimi için önemli olan envanter akışını kontrol eden etkili

bir metottur. Bu makalede, araç rotalama problemine çapraz yüklemeyi entegre eden bir model oluşturulmuştur. Modelde, çapraz yükleme boyunca tedarikçiden perakendeciye ürünleri taşıyan bir grup aynı tür araç kullanılmıştır ve bütün proses planlamaya göre tamamlanmalıdır. Her tedarikçi ve perakendeciye sadece bir kez gidilir ve bu araçtaki ürün miktarı onun kapasitesinden daha az olmalıdır. Problemdeki amaç, araç sayısını belirlemek ve minimum operasyon ve taşıma maliyeti ile araç çizelgelemesi yapmaktır. Tabu araştırma algoritması, probleme uygun çözümü elde etmek için önerilmiştir.

Envanter, üretim yaşam döngüsünde bulunduğu çeşitli aşamalara göre farklı isimler alır. Tedarikçi deposunda hammaddedir. Malzeme üretim prosesinde ise işlemdedir (work-in-proses) olarak adlandırılır. Üretim prosesi tamamlandıysa ve müşteride ise bitmiş üründür. Hammadde, work-in-proses ve nihai ürünlerin hepsi envanterdir. Tedarik zinciri yönetiminin en önemli konularından biri envanter akışını kontrol etmektir. Çapraz yükleme envanter tutma operasyonlarını elimine eder.

Chen ve Lee (2009) iki makineli çapraz yükleme akış probleminde tamamlanma süresini minimize etmek üzerine çalışmışlardır. Bu makalede, birinci makinede işler tamamlandıktan sonra ikinci makinede işlem yapılan iki makineli çapraz yükleme akış çizelgeleme problemi çalışılmıştır. Polinomial yaklaşım algoritması geliştirilmiştir. Branch and bound algoritması ayrıca oluşturulmuştur.

Buijs vd. (2014) çapraz yükleme ağında senkronizasyon üzerine çalışmıştır. Çapraz yükleme, uzun dönem depolama olmadan tam yüklü kamyonlarda, yarım yüklü kargoların birleştirilmesini sağlayan dağıtım stratejisidir. Çapraz yüklemelerde depolamanın olmaması, yerel ve geniş çapraz yükleme ağı operasyonlarının başarıyla senkronize edilmesine gerek vardır. Bu makale, pratik ve bilimsel uyumla karar modellerinin geliştirilmesinde, gelecekteki araştırmaları desteklemek amacıyla farklı çapraz yükleme problemleri çeşitleri arasındaki bağımlılığı belirten bir çerçeve önermektedir. Ayrıca, her problem türü için girdi ve çıktılara bağlı çapraz yükleme araştırması için yeni genel bir sınıflama şeması uygular.

Many-to-few network: üretimle ilgilidir. Otomotiv endüstrisinde kullanılır. Hammadde ve parçalar birçok tedarikçiden gelir. Çapraz yükleme terminalinde birleştirilir ve birkaç imalat tesisine gönderilir. Bu ağ, üreticiye kolayca ulaşabileceği materyallerin tedarikini JIT (just in time) sağlar.

Few-to-many network: perakende dağıtımındaki çapraz yüklemeye yaygın kullanılır. Birkaç dağıtım merkezinden gelen kamyonlar, çok sayıdaki tedarikçi merkezi için dağıtım yüklerine ayrılır.

Many-to-many network: az yüklü kamyonlar ve parti dağıtım endüstrisinde çapraz yükleme için kullanılır. Parti dağıtım şirketleri, çapraz yüklemeye malzeme taşıma için konveyörler kullanarak küçük boyutlu paketleri taşır.

Morais vd. (2014) çapraz yükleme ile araç rotalama problemi için tekrarlanan yerel arama sezgiseli çalışılmıştır. Problem, bir grup tedarikçi ve müşteri talebini karşılamak için oluşturulan araç filosunun minimum maliyetli rotasını oluşturmaktır. Araç tek bir çapraz yükleme terminalinden tedarikçilere gitmek için ayrılırlar, ürünleri toplar ve çapraz yükleme terminaline geri dönerler. Araç rotaları, zaman penceresi kısıtlarının yanı sıra araç kapasite kısıtlarına da uyar. Araç rotalama problemine, literatürde altı yerel arama prosedürü ve bir yapıcı sezgisel uygulandı. Bunun yanı sıra üç tane yinelenen yerel arama sezgiselleri önerildi. Çapraz yükleme, bir taşıma sisteminde envanter ve ürünlerin akış yönetimi ile ilgili bir uygulamadır. Ürünler uzak tedarikçilerden, çapraz yükleme terminallerine ulaşır ve araçlar arasında tekrar yerleştirilir ve hızlı bir şekilde son tüketiciye gönderilir. Taşıma maliyetini minimize etmek temel amaçtır.

Bellanger vd. (2013) çapraz yükleme için üç aşamalı hibrit akış modeli çalışmışlardır. Çapraz yükleme sisteminin optimizasyonu ile ilgili çalışmışlardır. Toplu kargo ve siparişler üç aşamalı hibrit akış olarak modellenmiştir. İlk aşama, mal kabul rıhtımıyla, ikinci aşama sınıflandırma istasyonlarıyla ve üçüncü aşama sevkiyat rıhtımlarıyla ilgilidir. Problemin amacı, son ürünün taşınmasının tamamlanma zamanını minimize edecek çizelgelemeyi bulmaktır. Uygun çözümler elde etmek için, ana aşamaya bağlı birkaç sezgisel şema ve bu aşamadaki yığınları düzenleyen birkaç kural geliştirildi. Branch and bound algoritması önerilmiştir. Bu problemde, her iş aynı sipariş ve aynı kargoya ait bir ürün veya ürün grubunu temsil eder. Bütün kamyonlar boşaltıldığında ürünler sınıflandırma prosesi için uygun olduğu varsayılıyor.

Santos vd. (2013) çapraz yükleme ile toplama ve dağıtım problemi üzerine çalışmışlardır. Tam sayılı programlama formülasyonu ve branch and bound algoritması

kullanılmıştır. Maliyet problemlerinin çözümünü geliştirmek için, branch and price algoritması kullanmışlardır.

Soltani ve Sadjadi (2010) çapraz yükleme sisteminde kamyon çizelgeleme çalışmışlardır. çapraz yükleme sisteminde, kamyonlar sistemin toplam akış süresini minimum edecek şekilde çizelgelenmelidir. Bu çalışmada, two-hybrid meta sezgisel, hibrit benzetilmiş tavlama ve hibrit değişkenli komşu araştırılmıştır (kamyon çiftlerini en iyi şekilde çizelgelemeyi başarmak için).

Agustina vd. (2014) gıda tedarik zinciri için çapraz yükleme merkezinde araç çizelgeleme ve rotalama çalışmışlardır. Çapraz yükleme de, envanter tutma azalmakta ve ürünler zamanı tedarik zincirinde harcamaktadır. Bu kısa ömürlü taze raf ürünleri için uygundur. Envanter tutma ve taşıma maliyetlerinin, erken veya geç dağıtımlarda ceza maliyetlerini içeren dağıtım maliyetinin minimum ederek, zamanında dağıtımını sağlamak için çapraz yükleme operasyonları çalışılmıştır.

Dono ve Cerda (2013) çapraz yükleme ile araç rotalama problemi için sweer-heuristic tabanlı formülasyon çalışılmıştır. Çapraz yükleme, dağıtım maliyetlerinin yüksek oranlı ürünler yapan proses endüstrileri tarafından kullanılan bir depolama stratejisidir. Ürünlerin tedarikçiden müşteriye uzun dönem depolama olmadan bir çapraz yükleme terminali aracılığıyla taşınma prosesidir. Çapraz sevkiyat ile araç rotalama problemi, toplama ve dağıtım görevlerini sırasıyla başarmak için benzer araç filosunun kullanılarak taşınması talebini içerir. Bu operasyonlar arasında, çapraz sevkiyat merkezinde gelen kargoların birleştirilmesi prosesi gerçekleştirilir. Sweep sezgisel tabanlı modeli kullanılmıştır.

Santos vd. (2011) çapraz yükleme problemi için branch and price algoritması uygulaması çalışmışlardır.

Musa vd. (2010) çapraz yükleme ağını taşıma problemi çözümü için karınca kolonisi optimizasyonu algoritması kullanmışlardır. Çapraz yükleme merkezinde depolama olmadan, çapraz yükleme tesisleri aracılığı ile yüklerin tedarikçiden perakendeciye transfer edildiği çapraz yükleme ağının taşıma probleminden bahsetmişlerdir. Amaç, taşıma maliyetini minimum yapmaktır. Dağıtım ağının bu tipinde bir kamyonlu operasyon planını oluşturmak için, problemde integer programlama modeli kullanılarak

formule edilmiştir ve karınca kolonisi algoritması kullanılarak çözülmüştür. Tedarik zincirinin toplam maliyetini minimize etmek için önemli etkenlerden biri tedarik zincirindeki fiziksel akışın etkili kontrolüdür. Şimdiye kadar, çapraz yükleme ağı ile ilgili çalışılanların çoğu, iki farklı kategoriye ayrılabilir. 1) kapı-kapı atama problemleri, 2) dağıtım planlama problemleri. Sevkiyat maliyetini minimize etmek için ağdaki kamyonların rotalarını ve yüklerini en iyi şekilde belirlemek için çapraz yükleme ağının dağıtım planlama problemi çalışılmıştır. Çapraz sevkiyat merkezinde birden fazla kapı vardır. Tüm kamyonların özdeş olduğu düşünülmüştür. Tamsayı programlama modeli, her linke kaç tane kamyon atanacak ve akış rotası nasıl olacak kararlarını vermek üzere oluşturulmuştur. Karınca kolonisi algoritması problemin çözümünde kullanılmıştır.

Alpan vd. (2011) çok kapılı çapraz yükleme deposunda aktarma problemini sezgisel çözümler üretmişlerdir. Çapraz yükleme, gelen kamyonlardan ürünlerin boşaltılması, gruplandırılması ve gidecekleri yerlere göre direkt kamyonlara yüklenmesini ve bu operasyonlar arasında minimum bekleme süresi içeren lojistik uygulamalarıdır. Çapraz yüklemeyi yalın depolama stratejisi olarak nitelendirmişlerdir. Çok kapılı çapraz yükleme çizelgeleme problemine üç farklı sezgisel yöntem uygulamışlardır.

Arabani vd. (2011) çapraz yükleme sisteminde geçici depolamayla, kamyon çizelgelemesi için üst sezgisel uygulama çalışmışlardır. Çapraz yükleme, envanter tutma miktarını, temin süresini ve müşteriye yanıt verme süresini azaltan envanter yönetimi yaklaşımıdır. Bu stratejide, ürünler kamyonlardan indirilir, karakteristiklerine göre ayrılır ve dağıtım ağında talep noktalarına ulaştırılmak üzere giden kamyonlara yüklenirler. Depolama olmadığı için toplam maliyet ve gerekli alan daha azdır. Gelen ve giden kamyonların en iyi şekilde çizelgenmesi için genetik algoritma, parçacık sürüsü algoritması ve tabu araştırması algoritması, karınca kolonisi algoritması gibi meta sezgisel yaklaşımlar kullanılmıştır ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

Küçüköğlü ve Öztürk (2014) çapraz yükleme ağı dizaynında taşıma problemi için benzetilmiş tavlama yaklaşımı çalışmışlardır. Çapraz yükleme, tedarik zinciri yönetiminde, müşteri memnuniyetini korurken taşıma maliyetini minimize eden etkili bir metottur. İki boyutlu kamyon yükleme kısıtları, her kamyon için net kapasiteleri bulmak için farklı boyutlardaki ürünleri de hesaba katar. Böylece, kullanılabilir kamyon kapasiteleri belirlenmiş olur ve maliyet faktörü olarak kapasite kullanımı değerlendirilir.

Problem karma tamsayılı programlama kullanılarak formüle edilmiş ve benzetilmiş tavlama üst sezgisel algoritması kullanılarak çözülmüştür.

Assadi ve Bagheri (2016) ürünlerin değiştirilebilir olduğu, kabul ve sevkiyat kamyonları için hazırlanma sürelerinin olduğu ve kabul ve sevkiyat kapılarında farklı taşıma sürelerinin olduğu varsayılmıştır. Çok kapılı çapraz sevkiyat merkezinde sevkiyat kamyonları için işi erken bitirme ve gecikmeleri minimize etmek amaçlanmıştır. Çapraz sevkiyat merkezine gelen ürünler aynı gün müşterilere taşınmaktadır. Karma tamsayılı programlama modeliyle probleme çözüm bulunmuştur. Ayrıca popülasyon tabanlı simüle tavlama ve diferansiyel evrim sezgisel yöntemleri uygulanmıştır.

Khan vd. (2017) Pakistan endüstrisinde tüketici ihtiyaçları sektöründe müşteri ihtiyaçlarını hızlı bir şekilde karşılama için çapraz sevkiyat uygulamasının faydaları, zorlukları ve getireceği riskleri araştırmışlardır. Bu yüzden, müşteri hizmetleri, maliyet etkinliği, teslim zamanı, işçilik maliyeti, belirsizlik riski araştırılmıştır. Yüksek olan envanter tutma maliyeti ve teslim süresini azaltmak amaçlanmıştır.

Zuluaga vd. (2017) çapraz sevkiyatın tersine lojistik içerisinde nasıl uygulanabileceği üzerine çalışmışlardır. Tersine çapraz sevkiyat uygulamasının, maliyet azalması, zaman kazanımı ve bilgi yönetiminin gelişiminde tersine lojistik etkililiğini artırdığı görülmüştür.

Roudbaneh vd. (2017) çapraz sevkiyat merkezindeki toplam işlem süresinin minimize edilmesini amaçlamışlardır. Çapraz sevkiyat merkezinde sevkiyat kapısı önünde geçici depolama alanı vardır ve bu alanla ilgili bir kapasite kısıtı yoktur. Sistem çalışması ilk kabul kamyonundan ilk ürünün indirilmesiyle başlayıp son ürünün sevkiyat kamyonuna yüklenmesi ile biter. Minimum tamamlanma süresini veren kabul kamyonu sevkiyat kamyonu çizelgelemesinin yapmak üzere çalışılmıştır.

Duan vd. (2016) Büyük süper market zincirinden toplanan büyük ölçekli ürün bazında veri setleri kullanarak çapraz sevkiyatın performansını değerlendiren ekonometrik bir model geliştirmişlerdir. Çapraz sevkiyatın operasyon iyileştirme performansının iyi olduğu fakat bunun her zaman geçerli olmadığı görülmüştür. Çapraz sevkiyatın genel olarak, sipariş karşılayarak ve dağıtım merkezinde envanter tutmayı azaltarak operasyon

performansını geliştirdiği fakat sipariş teslim süresini artırarak operasyon performansına zarar da verebildiği görölmüştür.

Yu (2002) apraz sevkiyat merkezinde geçici depolamanın olduğu ve olmadığı durumlar üzerine çalışmışlardır. Geçici depolamanın olmadığı durumda tek çapraz sevkiyat merkezinin bulunmaktadır. Kabul kamyonlarının ve sevkiyat kamyonlarının taşıdığı ürün eşitleri ve miktarları bellidir. Kabul kamyonu sevkiyat kamyonu izelgesi ve sıralaması yapılmak üzere çalışılmıştır. Tezde de bu çalışmadan esinlenilmiştir.



2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

Tedarik zinciri yapısında çapraz sevkiyat merkezi kullanılarak müşteri talebini karşılama amaçlı yapılan bu çalışma için öncelikle matematiksel model oluşturulmuştur. Kabul kamyonlarıyla çapraz sevkiyat merkezine gelen ürünlerin burada depolanmadan sevkiyat kamyonları aracılığıyla müşterilere ulaştırılması amaçlanmıştır.

Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak, tek kabul kapısı ve tek sevkiyat kapısına sahip bir çapraz sevkiyat merkezi vardır. Kabul kamyonları ile sevkiyat kamyonları farklı kamyonlardır ve sevkiyat kamyonlarının kapasiteleri aynıdır. Bir sevkiyat kamyonu birden fazla müşteriye ürün taşıyabilir ve bir müşteriye de birden fazla sevkiyat kamyonu uğrayabilir. Kabul kamyonlarının ve sevkiyat kamyonlarının çapraz sevkiyat kabul ve sevkiyat kapılarına giriş çıkışlarından kaynaklı bir gecikme maliyeti söz konusudur.

Kabul kamyonu sayısının ve sevkiyat kamyonunun sayısının fazlalığı ve sevkiyat kamyonlarının taşıyacağı ürün çeşitlerinin ve miktarlarının belirsizliği ile tamsayı değerlerle çalışan bir problem olması ve ardından sevkiyat kamyonları için rotalama işlemlerinin olması çalışmayı zorlaştırmaktadır.

Problem için uygun matematiksel model oluşturulup, karma tamsayılı lineer programlama yöntemiyle, YAK algoritması ile ve geliştirilen yöntemlerle sonuçlar alınmış ve karşılaştırılmıştır.

2.1. Matematiksel Model

Çalışmada, ürünleri kabul kamyonlarından boşaltma maliyeti ve sevkiyat kamyonlarına yükleme maliyeti her bir ürün için bir birim maliyettir. Ürünler kabul kamyonlarından boşaltıldıktan hemen sonra sevkiyat kamyonlarına yüklendikleri varsayılmaktadır.

Kabul kamyonlarının taşıdığı ürün çeşidi ve miktarları bellidir. Aynı şekilde müşterilerin de talep ettikleri ürün çeşitleri ve miktarları bellidir. Sevkiyat kamyonları için sadece kapasite kısıtı vardır. Bu varsayımlar altında, problem için aşağıdaki karma tamsayı programlama modeli minimum taşıma maliyetini hesaplamak üzere geliştirilmiştir ve Matlab’da çözülmüştür. Bu model oluşturulurken, Yu (2002) çizelgeleme modelinden esinlenilmiştir.

Notasyon

Sürekli Değişkenler:

T = kabul kamyonlarından sevkiyat kamyonlarına yapılan taşıma işinin tamamlanma zamanı,

I_{ij} = i kabul kamyonundan j sevkiyat kamyonuna ürün taşıma işleminin başladığı an,

D_{ij} = i kabul kamyonundan j sevkiyat kamyonuna ürünlerin taşınmasının bittiği an,

D_j = j sevkiyat kamyonunun ürün yükleme işleminin bittiği an,

B_{jm} = j kamyonunun m müşterisine ürün tesliminin bittiği an,

B_j = j kamyonunun ilk müşteriye ürün teslim etme işleminin bittiği an,

L_{jm} = j kamyonunun m müşterisine gittiğinde oluşan maliyet,

S_j = j sevkiyat kamyonunun sistemde işinin tamamlandığı an,

Tamsayı Değişkenler:

x_{ijk} = i kabul kamyonundan j sevkiyat kamyonuna taşınan k ürünü sayısı

t_{ij} = i kabul kamyonundan j sevkiyat kamyonuna taşınan toplam ürün sayısı,

Y_{jk} = j sevkiyat kamyonundaki k ürünü sayısı,

Y_{jmk} = j sevkiyat kamyonundan m müşterisine taşınan k ürünü sayısı,

t_{jm} = j sevkiyat kamyonundan m müşterisine taşınan toplam ürün sayısı,

İkili Değişkenler:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \text{ kabul veya sevkiyat kamyonundan } j \text{ sevkiyat kamyonuna ürün taşıyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$b_{iji'j'} = \begin{cases} 1, & \text{Eğer kabul veya sevkiyat sırasında } t_{ij} \text{ değişkeninden hemen sonra } t_{i'j'} \text{ geliyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$b_{ij00} = \begin{cases} 1, & \text{eğer kabul veya sevkiyat sırasında } t_{ij} \text{ değişkeni son sırada yer alıyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$b_{00ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer kabul veya sevkiyat sırasında } t_{ij} \text{ değişkeni ilk sırada yer alıyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$c_{jm} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \text{ sevkiyat kamyonu } m \text{ müşterisine ürün taşıyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$z_{jmm'} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \text{ sevkiyat kamyonu } m \text{ müşterisinden sonra } m' \text{ müşterisine gidiyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$z_{jm0} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \text{ sevkiyat kamyonu son olarak } m \text{ müşterisine ürün taşıyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$z_{j0m} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \text{ sevkiyat kamyonu ilk olarak } m \text{ müşterisine ürün taşıyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

Veriler:

R = Kabul kamyonu sayısı,

S = Sevkiyat kamyonu sayısı,

C = Müşteri sayısı,

n = ürün çeşidi sayısı,

r_{ik} = i kabul kamyonunda bulunan k ürünü miktarı,

s = Sevkiyat kamyonu kapasitesi,

c_{mk} = m müşterisinin k ürünü talep miktarı,

cdm = çapraz sevkiyat merkezi ile müşteriler arası mesafeler,

mm = müşteriler arası mesafeler,

G = Gecikme maliyeti,

M = Büyük bir sayı,

Problem çözümü için matematiksel model aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

$$\text{Min} \left(\sum_{j=1}^s S_j \right) / S$$

Kısıtlar:

$$S_j \geq L_{jm} + B_j \quad \forall j, m \quad (1)$$

$$T_{ij} \geq D_{ij} \quad \forall i, j \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^s X_{ijk} = r_{ik} \quad \forall i, k \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^R x_{ijk} = s(i) \quad \forall j, k \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^n x_{ijk} = t_{ij} \quad \forall i, j \quad (5)$$

$$t_{ij} \leq Ma_{ij} \quad \forall i, j \quad (6)$$

$$a_{ij} = \sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^S b_{j'v'j'} + b_{ij00} \quad \forall i, j \quad (7)$$

$$a_{i,j'} = \sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^S b_{j'v'j'} + b_{00i'j'} \quad \forall i, j \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^S b_{00i'j'} = 1 \quad \forall i, j \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^S b_{ij00} = 1 \quad \forall i, j \quad (10)$$

$$b_{ijij} = 0 \quad \forall i, j \quad (11)$$

$$I_{i'j'} \geq I_{ij} + t_{ij} - M(1 - b_{ij'i'j'}) \quad i=i' \text{ iken } \forall i, j, i', j' \quad (12)$$

$$I_{i'j'} \geq I_{ij} + t_{ij} + G - M(1 - b_{ij'i'j'}) \quad i \neq i' \text{ iken } \forall i, j, i', j' \quad (13)$$

$$D_{i'j'} \geq D_{ij} + t_{i'j'} - M(1 - b_{ij'i'j'}) \quad j=j' \text{ iken } \forall i, j, i', j' \text{ için } \quad (14)$$

$$D_{i'j'} \geq D_{ij} + t_{i'j'} + G - M(1 - b_{ij'i'j'}) \quad j \neq j' \text{ iken } \forall i, j, i', j' \quad (15)$$

$$D_{ij} \geq I_{ij} + t_{ij} \quad \forall i, j \quad (16)$$

$$I_{i'j'} \geq D_{ij} - M(1 - b_{ij'i'j'}) \quad i \neq i' \text{ veya } j \neq j' \text{ iken } \forall i, j, i', j' \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^R x_{ijk} = Y_{jk} \quad \forall j, k \quad (18)$$

$$\sum_{m=1}^c Y_{jmk} = Y_{jk} \quad \forall j, k \quad (19)$$

$$\sum_{j=1}^S Y_{jmk} = c_{jk} \quad \forall m, k \quad (20)$$

$$\sum_{k=1}^n Y_{jmk} = t_{jm} \quad \forall j, m \quad (21)$$

$$c_{jm} = \sum_{m=1}^c \sum_{m'=1}^c Z_{jmm'} + Z_{jm0} \quad \forall j \quad (22)$$

$$c_{jm'} = \sum_{m=1}^c \sum_{m'=1}^c Z_{jmm'} + Z_{j0m'} \quad \forall j \quad (23)$$

$$\sum_{m=1}^c Z_{j0m} = 1 \quad \forall j \quad (24)$$

$$\sum_{m=1}^c Z_{j0m} = 1 \quad \forall j \quad (25)$$

$$Z_{jmm} = 0 \quad \forall m, j \quad (26)$$

$$D_j \geq D_{ij} \quad \forall i, j \quad (27)$$

$$B_{jm} \geq D_j + t_{jm} + cdm_m - M(1 - Y_{j0m}) \quad \forall j, m \quad (28)$$

$$B_j \geq B_{jm} \quad \forall j, m \quad (29)$$

$$L_{jm'} \geq L_{jm} + t_{jm'} - M(1 - Z_{jmm'}) + mm_{mm'} \quad \forall j, m \quad (30)$$

$$t_{jm} \leq mc_{jm} \quad \forall j, m \quad (31)$$

$$c_{jm} - t_{jm} \leq 0 \quad \forall j, m \quad (32)$$

Tüm değişkenler ≥ 0 .

Kısıt (1), amaç fonksiyonu yani sevkiyat kamyonlarının sistemde işlerinin bittiği zaman ortalaması, sevkiyat kamyonlarının çapraz sevkiyat merkezinde ürünleri aldıktan sonra ilk müşteriye ulaşma maliyeti ile diğer tüm müşterilere ürünleri dağıtma maliyeti toplamından büyük veya eşit olmasını sağlar. Kısıt (2), çapraz sevkiyat merkezinde, çizelgedeki eşleşmeye göre son ürünün sevkiyat kamyonlarına yüklemesinin bittiği anı verir. Kısıt (3), i kabul kamyonundan tüm sevkiyat kamyonlarına taşınan toplam k

ürünü miktarı, başlangıçta i kabul kamyonunda bulunak ürünü miktarına eşit olmasını sağlar. Kısıt (4), tüm kabul kamyonlarından j sevkiyat kamyonuna taşınan k ürünü miktarının, j sevkiyat kamyonundaki k ürünü sayısına eşit olmasını sağlar. Kısıt (5), i kabul kamyonundan j sevkiyat kamyonuna taşınan toplam ürün miktarının bilinmesini sağlar. Bu değişken, kabul kamyonlarından ürünün boşaltılması ve sevkiyat kamyonlarına ürünün yerleştirilmesi sürecinde oluşan maliyeti hesaplamada kullanılır. Kısıt (6), t_{ij} değişkeni ile a_{ij} değişkeni arasındaki ilişkiyi düzenler.

Kısıt (7), $a_{ij}=1$ iken t_{ij} değişkeni kabul ve sevkiyat sırasında $t_{ij'}$ değişkeninin hemen önünde yer almasını sağlar. Kısıt (8), $a_{ij}=1$ iken $t_{ij'}$ değişkeni kabul ve sevkiyat sırasında t_{ij} değişkeninin hemen önünde yer almasını sağlar. Kısıt (9), $t_{ij'}$ değişkeninin kabul veya sevkiyat sırasında ilk sırada yer almasını sağlar. Kısıt (10), t_{ij} değişkeninin kabul veya sevkiyat sırasında son sırada yer almasını sağlar. Kısıt (11) ardışık sıralarda t_{ij} değişkeninden sonra yine t_{ij} değişkeninin yer almamasını sağlar.

Kısıt (12), t_{ij} değişkeni için ürünlerin kabul kamyonundan boşaltılma maliyetlerinin hesaplanmasını sağlar. Bu kısıt, t_{ij} ve $t_{ij'}$ ardışık sırasında $i=i'$ durumu için geçerlidir. Kısıt (13) ise, aynı şekilde t_{ij} değişkeni için ürünlerin kabul kamyonundan boşaltılma maliyetlerinin hesaplanmasını sağlar. Bu kısıt, t_{ij} ve $t_{ij'}$ ardışık sırasında $i \neq i'$ durumu için geçerlidir. Kısıt (14), t_{ij} değişkeni için ürünlerin sevkiyat kamyonuna yüklenme maliyetlerinin hesaplanmasını sağlar. Bu kısıt, t_{ij} ve $t_{ij'}$ ardışık sırasında $j=j'$ durumu için geçerlidir. Kısıt (15) ise, aynı şekilde t_{ij} değişkeni için ürünlerin sevkiyat kamyonuna yüklenme maliyetlerinin hesaplanmasını sağlar. Bu kısıt, t_{ij} ve $t_{ij'}$ ardışık sırasında $j \neq j'$ durumu için geçerlidir. Kısıt (16) ve (17), t_{ij} değişkenlerinin kabul kamyonlarından ürün boşaltılma ve sevkiyat kamyonlarına ürünlerin doldurulma sürelerinin doğru bir ilişki içinde olmasını sağlar.

Kısıt (18), tüm kabul kamyonlarından i sevkiyat kamyonuna taşınan k ürünün sayısı, j sevkiyat kamyonundaki k ürünü sayısına eşit olmasını sağlar. Bunu, sevkiyat kamyonunun ürün matrisini oluşturmak için kullanılır. Kısıt (19), y sevkiyat kamyonundan tüm müşterilere taşınan k ürünün miktarının y sevkiyat kamyonundaki k ürünün miktarına eşit olmasını sağlar. Kısıt (20), tüm sevkiyat kamyonlarından, m müşterisine taşınan k ürünü sayısının, m müşterisinin talep ettiği k ürünü sayısına eşit olmasını sağlar. Kısıt (21), j sevkiyat kamyonundan m müşterisine giden tüm ürünlerin

miktarının bulunmasını sağlar. Bu değişken, sevkiyat kamyonlarının ürünlerin müşterilere taşınmasından ve indirmesinden kaynaklanacak olan maliyeti bulmak için kullanılır. Kısıt (22), $c_{jm}=1$ iken j sevkiyat kamyonunun m müşterisinden hemen sonra m' müşterisine gitmesini sağlar. Kısıt (23), $c_{jm}=1$ iken j sevkiyat kamyonunun m' müşterisinden hemen önce m müşterisine gitmiş olmasını sağlar. Kısıt (24), t_{jm} değişkeninin müşterilere ürün taşıma sırasında ilk sırada yer almasını sağlar. Kısıt (25), t_{jm} değişkeninin müşterilere ürün taşıma sırasında son sırada yer almasını sağlar. Kısıt (26), müşterilere ürün taşıma sırasında t_{jm} sırasından sonra tekrar t_{jm} sırasının gelmemesini sağlar.

Kısıt (27), j sevkiyat kamyonu için çapraz sevkiyat merkezinde ürün yükleme işleminin tamamlandığı zamanın bulunmasını sağlar. Kısıt (28) ve (29), j sevkiyat kamyonunun ilk müşterisine gidip ürün boşaltmasından oluşan maliyeti hesaplatır. Kısıt (30), t_{jm} değişkeni için j sevkiyat kamyonunun müşterilere ürün dağıtmasından kaynaklanan taşıma ve ürün boşaltma maliyetinin hesaplanmasını sağlar. Kısıt (31) ve (32), t_{jm} değişkeni ile c_{jm} değişkeni arasında doğru ilişki kurulmasını sağlar.

2.2. Yapay Arı Kolonisi Algoritması

Yapay arı kolonisi algoritması, 2005 yılında Karaboğa tarafından oluşturulan topluluk tabanlı bir meta-sezgisel algoritmadır. Bu sezgisel yaklaşım oluşturulurken, bal arılarının akıllı yem arama davranışlarından esinlenilmiştir (Karaboğa, 2010).

Model üç temel bileşenden oluşur: işçi arılar, işsiz arılar ve besin kaynaklarıdır. İlk iki bileşen, işçi arılar ve işsiz arılar üçüncü bileşen olan zengin besin kaynakları ararlar. Gözcü ve kaşif arılara işsiz arılar denir. Model ayrıca, kendi kendini organize etmek ve toplu zeka için iki önemli davranış biçimi tanımlıyor: toplayıcıların olumlu geri bildirim veren zengin besin kaynaklarına yönelmesi ve yoksul kaynaklardan vazgeçip olumsuz geri bildirim vermesidir (Karaboğa, 2010).

Başlangıçta tüm besin kaynaklarının yeri kaşif arılar tarafından keşfedilir. Bir besin kaynağını seçmek için, toplayıcı arı bu besin kaynağıyla ilgili kovana yakınlığı, enerjisinin zenginliği, nektarının tadı ve bu enerjinin çıkarılmasının kolay ya da zorluğu gibi özelliklerini değerlendirir. Basitlik açısından, bir besin kaynağının kalitesi,

yukarıda belirtilen çeşitli maddelere bağlı olmasına rağmen yalnızca bir miktar bile besin kaynağının kalitesini temsil edebilir (Karaboğa ve Akay, 2009).

İşçi Arılar, aramakta oldukları belirli bir besin kaynağı üzerinde çalışırlar. Bu özel kaynakla ilgili bilgi taşırlar ve kovanda bekleyen diğer arılarla paylaşır. Bu bilgi yiyecek kaynağının mesafesini, yönünü ve karlılığını içerir (Karaboğa ve Akay, 2009).

İşsiz arılar, keşfetmek için gıda kaynağı arayan arılara denir. Bu arı, ya rastgele gıda kaynağı arayan bir kaşif arı ya da işçi arıların vermiş olduğu bilgi aracılığıyla gıda kaynağı arayan gözcü arı olabilir. Kaşiflerin ortalama sayısı %5-10 civarındadır (Karaboğa ve Akay, 2009).

Yapay arı kolonisi algoritmasında, yapay toplayıcı arı kolonisi, zengin yapay ürün kaynaklarını arar. YAK algoritmasını uygulamak için, ilk önce optimizasyon problemi, bir amaç fonksiyonunu en iyi sonuca ulaştıran en iyi parametre vektörünün bulunması problemine dönüştürülür. Daha sonra, ilk çözüm vektörü popülasyonu yapay arılar tarafından keşfedilir. Ardından yapay arılar strateji kullanarak iteratif olarak çözümü iyileştirirler. Zayıf çözümlerden uzaklaşırken, daha iyi çözümlere ulaşabilmek için bir komşu arama mekanizması kullanırlar (Karaboğa, 2010).

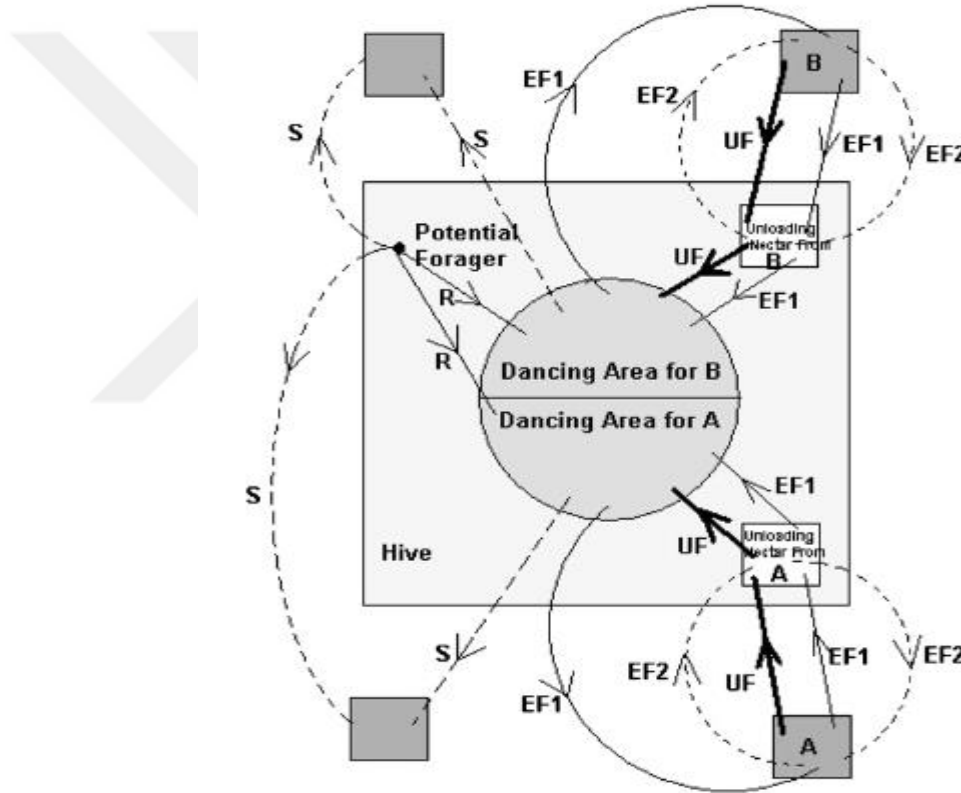
YAK algoritmasında, bir gıda kaynağının pozisyonu olası bir sonucu temsil eder ve besin kaynağının nektar miktarı, çözümün kalitesine karşılık gelir. İşçi arıların sayısı gıda kaynağının sayısına eşittir, çünkü bir işçi arı sadece ve sadece bir besin kaynağı ile ilişkilendirilir (Karaboğa, 2010).

Yapay Arı Kolonisi Algoritmasının genel şeması şöyledir: (Karaboğa ve Akay, 2009)

1. Başlangıç Popülasyonu
2. Tekrar
3. Besin kaynaklarına işçi arıların yerleşmesi
4. Besin kaynaklarının nektar miktarına bağlı olarak gözcü arıların yerleşmesi
5. Yeni besin kaynakları keşfetmek için kaşif arının gönderilmesi
6. Şimdiye kadar bulunan en iyi sonucun hafızada tutulması
7. Şartlar sağlanana kadar program çalışır. Bazı problemler için bu iterasyon sayısı olabilir.

Toplayıcıların karakteristik yapılarını daha iyi anlamak için Figure-1 oluşturuldu (Karaboğa ve Baştürk, 2008). A ve B keşfedilen iki farklı besin kaynağıdır. Başlangıçta toplayıcı işsiz bir toplayıcı olarak başlar. Arı, kovanın çevresindeki hiçbir besin kaynağı ile ilgili bir bilgiye sahip değildir. Böyle bir arı için iki seçenek vardır:

1. Bir kâşif arıdır, bazı iç motivasyon ve olası dış ipuçlarıyla kendiliğinden kovan etrafında yiyecek aramaya başlar. (Şekil-1 de 'S')
2. İşçi arıların danslarını izledikten sonra başlayan bir gözcü arıdır ve bir gıda kaynağı aramaya başlar. (Şekil-1 de 'R')



Şekil 2.1. Bal arılarının nektar toplarken davranışları. (Karaboğa ve Baştürk,2008)

Besin kaynağını bulduktan sonra arı kendi kabiliyetini kullanarak yerini öğrenir ve hemen o besin kaynağını kullanır Böylece bu arı işçi toplayıcı olur. Kaynaktan nektarı alan toplayıcı arı, ürünü boşaltmak için kovana döner. Ürünü boşalttıktan sonra şu adımlar gerçekleşir:

- Besin kaynağını terk ettikten sonra bağımsız bir takipçi haline gelir (UF).
- Aynı gıda kaynağına gitmeden önce dans edip kovan arkadaşını işe alabilir. (EF1)
- Arılardan sonra işe alınmaksızın gıda kaynağından toplamaya devam edebilir (EF2).

Tüm arılar aynı anda toplama yapmaz.

2.3. Sezgisel Yöntemler

Çalışılan problem için, kabul kamyonları ile sevkiyat kamyonlarının eşleşme sayısını ve sevkiyat kamyonunun gideceği müşteri sayısını minimum etmek amaçlı çeşitli sezgisel yaklaşımlar oluşturulmuştur. Minimum sayıda kabul kamyonu ile sevkiyat kamyonunun eşleşmesi, çapraz sevkiyat merkezinde kabul kamyonlarının ve sevkiyat kamyonlarının giriş çıkışından kaynaklanan gecikme zamanının minimize edilmesini sağlamaktadır. Sevkiyat kamyonlarının da minimum sayıda müşteriye ürün taşımalarını sağlamaktır.

Minimum gecikme zamanı ve sevkiyat kamyonunun minimum sayıda müşteriye gitmesi, amaç fonksiyonu olan ortalama tamamlanma zamanını da minimize edecektir.

Sezgisel metotlar için oluşturulan örnek veri seti kabul kamyonları için Tablo 2.1'deki gibi olup müşteriler için Tablo 2.2'de ki gibidir.

Örnek problem, 3 kabul kamyonu, 4 sevkiyat kamyonu, 5 müşteri ve 4 adet ürün çeşidi içermektedir. Sevkiyat kamyonlarının taşıyacağı ürünler belli değildir, kapasite kısıtı vardır. Tüm değerlerin rassal olarak üretilmiş olduğu bu problemde toplam ürün sayısı 250 birim üründür.

Tablo 2.1. Kabul kamyonları ürün tablosu

Kabul Kamyonu	Ürün Çeşidi	Ürün Miktarı
1	1	46
	2	18
	3	12
	4	0
2	1	38
	2	34
	3	10
	4	0
3	1	0
	2	10
	3	0
	4	82

Tablo 2.2. Müşterileri ürün talep tablosu

Müşteri	Ürün Çeşidi	Ürün Miktarı
1	1	58
	2	16
	3	6
	4	16
2	1	26
	2	10
	3	6
	4	14
3	1	0
	2	0
	3	6
	4	22
4	1	0
	2	14
	3	4
	4	0
5	1	0
	2	22
	3	0
	4	30

2.3.1. Sezgisel Yöntem 1

Bir nolu sezgisel yöntem için, kabul kamyonlarındaki ürünlerin sevkiyat kamyonlarına aktarılması kısmında, taşıdığı ürün çeşidi sayısı en fazla olan kabul kamyonu seçilir. Seçilen kabul kamyonundaki ürünler miktar bakımından azdan çoğa doğru sıralanır ve bu sıraya göre ürünler, kabul kamyonundan sevkiyat kamyonuna yüklenir. Yükleme yapılan sevkiyat kamyonunun kapasitesi dolarsa, sevkiyat kamyonu sistemden çıkar ve bir sonraki sevkiyat kamyonu çapraz sevkiyat merkezine yaklaşır. Seçilmiş olan kabul kamyonundaki kalan ürünler yeni sevkiyat kamyonuna kapasitesi dahilinde yüklenmeye devam edilir. Eğer sevkiyat kamyonunun kapasitesi dolmaz, fakat seçilmiş olan kabul kamyonundaki tüm ürünler sevkiyat kamyonuna yüklenirse, işi biten kabul kamyonu çapraz sevkiyat kabul kapısından çıkar ve bu kapıya yeni yaklaşacak kabul kamyonu seçimi için en baştan işlem tekrar yapılır. Kabul kamyonundaki tüm ürünler sevkiyat kamyonuna aktarılanlara kadar bu işlemler tekrarlanır.

Sistemde işi biten yani ürün yüklenmiş olan sevkiyat kamyonu, ürünleri müşterilere taşımaya başlar. Sevkiyat kamyonu, toplam talep miktarı en fazla olan müşteriyi seçer. Seçilen müşterinin, talep ettiği ürünleri miktarına göre azdan çoğa doğru sıralar ve müşterinin talep ettiği ürünler müşteriye dağıtılır. Eğer, işlem içerisinde olan sevkiyat kamyonundaki ürünler bitmediyse, aynı işlem yapılarak gideceği diğer müşteri seçilir. Tüm sevkiyat kamyonları, taşıdığı ürünlerin müşterilere dağıtımını bitirene kadar aynı işlemler tekrarlanır.

Örnek problem için Sezgisel Yöntem -1 in uygulaması:

Adım-1)

Taşıdığı ürün çeşidi en fazla olan kabul kamyonu seçilir. Taşınan ürün çeşidi miktarları Tablo 2.3'te gösterilmiştir.

Tablo 2.3. Kabul kamyonu-taşıdığı ürün çeşidi sayısı tablosu

Kabul kamyonu	Taşıdığı ürün çeşidi sayısı
1	3
2	3
3	2

1 ve 2 nolu kabul kamyonlarının taşımış olduğu ürün çeşidi sayısı aynıdır. Bu durumda ilk sıradaki kabul kamyonu yani 1 nolu kabul kamyonu seçilir.

Adım-2)

Seçilen kabul kamyonunun taşıdığı ürünler miktarlarına göre azdan çoğa doğru sıralanır. Bu sıralama Tablo 2.4'te gösterilmiştir.

Tablo 2.4. Seçilen kabul kamyonunda taşınan ürün çeşidi ve miktarları tablosu

Taşınan ürün çeşidi	Taşınan ürün miktarı
4	0
3	12
2	18
1	46

Tabloda da görüldüğü gibi, en az 3 nolu ürün taşınmaktadır; 12 tane, daha sonra 2 nolu ürün taşınır; 18 tane, ve son sırada 1 nolu üründen 44 tane taşınır.

Adım-3)

Seçilen 1 nolu kamyonadaki ürünler Adım-2 de sıralandıkları gibi sevkiyat kamyonuna yüklenirler. Kabul kamyonundan sevkiyat kamyonuna ürün aktarımı Tablo 2.5'te gösterilmiştir.

Tablo 2.5. Kabul kamyonundan sevkiyat kamyonuna aktarılan ürün çeşidi ve sayısı

Kabul Kamyonu	Sevkiyat Kamyonu	Ürün Çeşidi	Ürün Miktarı
1	1	3	12
1	1	2	18
1	1	1	44

1 nolu kabul kamyonundan 1 nolu sevkiyat kamyonuna, sevkiyat kamyonunun kapasitesi uygunluğuna göre ürünler aktarıldı. Bu durumda 3 nolu ürünün tamamı, 2 nolu ürünün tamamı ve 1 nolu üründen ise 44 adet aktarılmıştır.

Adım-4) Kabul kamyonlarının ürün miktarı güncellemesi yapılır. Kabul kamyonunun güncel hali Tablo 2.6'da gösterilmiştir.

Tablo 2.6. Kabul kamyonu güncellendiğinde taşıdığı ürün çeşidi ve miktarı

Kabul Kamyonu	Ürün Çeşidi	Ürün Miktarı
1	1	2
	2	0
	3	0
	4	0
2	1	38
	2	34
	3	10
	4	0
3	1	0
	2	10
	3	0
	4	82

Sevkiyat kamyonlarına ürün taşındıktan sonraki sevkiyat kamyonu ürün tablosu Tablo 2.7'de ki gibidir.

Tablo 2.7. Güncel sevkiyat kamyonları ürün miktarları

Sevkiyat Kamyonu	Ürün Çeşidi	Ürün Miktarı
1	1	44
1	2	18
1	3	12

Kabul kamyonundaki ürünlerin tamamı sevkiyat kamyonlarına yüklenene kadar yukarıda belirtilen 4 adım tekrarlanır.

Örnek problem için kabul kamyonu-sevkiyat kamyonu eşleşmeleri ve kabul kamyonlarından sevkiyat kamyonlarına aktarılan ürün çeşitleri ve miktarları Tablo 2.8'de ki gibidir.

Tablo 2.8. Kabul kamyonu-sevkiyat kamyonu eşleşmesi ve aktarılan ürün çeşidi ve miktarları

Kabul Kamyonu	Sevkiyat Kamyonu	Ürün Çeşidi	Ürün Miktarı
1	1	3	12
1	1	2	18
1	1	1	44
1	2	1	2
2	2	3	10
2	2	2	34
2	2	1	28
2	3	1	10
3	3	2	10
3	3	4	54
3	4	4	28

Adım-5)

Ürün yüklemesi biten sevkiyat kamyonu, yüklenen ürünleri müşterilere dağıtmaya başlar. Müşterilere dağıtım yapmak için, toplamda ürün talep miktarı en fazla olan müşteri seçilir. Müşterilerin ürün talebi Tablo 2.9’da gösterilmiştir.

Tablo 2.9. Müşterilerin toplam talepleri

Müşteri	Ürün Miktarı
1	96
2	56
3	28
4	18
5	52

Toplamda en fazla ürün talebine sahip olan 1 nolu müşteri seçilir.

Adım-6)

İlk sevkiyat kamyonu, seçilen müşteriye gider ve taşıdığı ürünlere göre müşterinin talebini karşılar. Seçilen müşterinin taşıdığı ürün çeşitleri ve miktarları Tablo 2.10’da gösterildiği gibidir.

Tablo 2.10. Seçilen müşterinin talep ettiği ürünleri ve miktarları

Sevkiyat Kamyonu	Müşteri	Ürün Çeşidi	Ürün Miktarı
1	1	1	44
1	1	2	16
1	1	3	6

Adım-7)

Sevkiyat kamyonu ve müşteri matrisleri güncellenir. Güncel sevkiyat kamyonu matrisi ve müşteri matrisleri Tablo 2.11 ve Tablo 2.12’de gösterilmiştir.

Tablo 2.11. Güncellenmiş sevkiyat kamyonları ürün miktarları

Sevkiyat Kamyonu	Ürün Çeşidi	Ürün Miktarı
1	3	6
1	2	2
1	1	0
2	1	2
2	3	10
2	2	34
2	1	28
3	1	10
3	2	10
3	4	54
4	4	28

Tablo 2.12. İlk adımda müşteriye aktarılan ürün çeşidi ve miktarı

Müşteri	Ürün Çeşidi	Ürün Miktarı
1	1	44
	2	16
	3	6
	4	0

Sevkiyat kamyonlarındaki bütün ürünler dağılına ve müşterilerin tüm talepleri karşılanana kadar Adım-5 ten Adım-7 ye kadar işlemler tekrarlanır.

Sonuç olarak elde edilen sevkiyat kamyonu-müşteri eşleşmesi Tablo 2.13’te k gibidir.

Tablo 2.13. Sevkiyat kamyonları-müşteri eşleşmeleri ve taşınan ürün çeşidi ve miktarı

Sevkiyat Kamyonu	Müşteri	Ürün Çeşidi	Miktarı
1	1	3	6
1	1	2	16
1	1	1	44
1	2	3	6
1	2	2	2
2	5	2	22
2	2	2	8
2	2	1	26
2	1	1	4
2	3	3	6
2	4	3	4
2	4	2	4
3	5	4	30
3	1	1	10
3	1	4	16
3	3	4	8
3	4	2	10
4	2	4	14
4	3	4	14

Tüm ürün çeşitlerinin taşınmasından kaynaklanan maliyetler eşit olduğu için, oluşan son tablolardan ürün çeşidini kaldırarak maliyet hesaplamasına geçilebilir.

Adım-8) Kabul kamyonundan ürünlerin indirilmesinden oluşan ve kabul kamyonlarının çapraz sevkiyat merkezi kapısına giriş çıkışından kaynaklanan maliyetlerin hesaplaması yapılır.

D_{ij} = i kabul kamyonundan j sevkiyat kamyonuna taşınacak ürünlerin sevkiyat kamyonundan indirilmesinden oluşan maliyet,

G = Kabul sevkiyat kamyonu eşleşmesinde, kamyon değişikliğinden kaynaklanan gecikme maliyeti,

$$G=75,$$

$i'j'$ = ij den hemen sonra gelen kabul-sevkiyat kamyonu eşleşmesi.

$$D_{i'j'}=D_{ij}+ ij \text{ eşleşmesinde aktarılmış olan miktar, } (i=i' \text{ iken})$$

$$D_{ij'} = D_{ij} + ij \text{ eşleşmesinde aktarılmış olan miktar} + G, \quad (i \neq i' \text{ iken})$$

Örnekte oluşan kabul sevkiyat eşleşmelerine göre ;

$$D_{11} = 0;$$

$$D_{12} = 0 + 74 = 74;$$

$$D_{22} = 74 + 2 + 75 = 151$$

$$D_{23} = 223,$$

$$D_{33} = 208,$$

$$D_{34} = 372.$$

Adım-9) Sevkiyat kamyonuna ürünlerin yüklenmesinden oluşan ve sevkiyat kamyonlarının çapraz sevkiyat merkezinde sevkiyat kapısına giriş çıkışından kaynaklanan gecikme maliyeti hesaplanır.

B_{ij} = kabul sevkiyat sırası,

G = Kabul sevkiyat kamyonu eşleşmesinde, kamyon değişikliğinden kaynaklanan gecikme maliyeti,

$$G = 75,$$

$i'j'$ = ij den hemen sonra gelen kabul-sevkiyat kamyonu eşleşmesi.

$B_{ij'} = B_{ij} + i'j'$ eşleşmesinde aktarılmış olan miktar, $(i = i' \text{ iken})$

$B_{ij'} = B_{ij} + i'j'$ eşleşmesinde aktarılmış olan miktar + G , $(i \neq i' \text{ iken})$

Örnekte oluşan kabul sevkiyat eşleşmelerine göre:

$$B_{11} = 74;$$

$$B_{12} = 74 + 2 + 75 = 151;$$

$$B_{22} = 223$$

$$B_{23} = 308,$$

$$B_{33}=372$$

$$B_{34}=475.$$

Adım-10)

Sevkiyat kamyonlarına ürünler yüklendikten sonra müşteriye taşıma ve müşterilerde ürünleri indirme maliyeti hesaplanır.

Örnek problem için, sevkiyat kamyonlarının sırasıyla gittikleri müşteriler şöyledir:

1 nolu sevkiyat kamyonu: 1-2

2 nolu sevkiyat kamyonu: 5-2-1-3-4,

3 nolu sevkiyat kamyonu: 5-1-3-4,

4 nolu sevkiyat kamyonu: 2-3 nolu müşterilere gitmektedir.

Çapraz sevkiyat merkezinden müşterilere olan uzaklık matrisi Tablo 2.14'te ki gibidir:

Tablo 2.14. Çapraz sevkiyat merkezi-müşteri arası mesafeler

CM	Müşteri1	Müşteri2	Müşteri3	Müşteri4	Müşteri5
ÇSM	94	12	44	26	60

Müşteriler arası mesafe matrisi Tablo 2.15'te ki gibidir.

Tablo 2.15. Müşteriler arası uzaklık mesafeleri

MM	Müşteri1	Müşteri2	Müşteri3	Müşteri4	Müşteri5
Müşteri1	0	20	14	94	98
Müşteri2	20	0	42	68	16
Müşteri3	14	42	0	30	14
Müşteri4	94	68	30	0	52
Müşteri5	98	16	14	52	0

$$B_1=262,$$

$$B_2=437,$$

$$B_3=648,$$

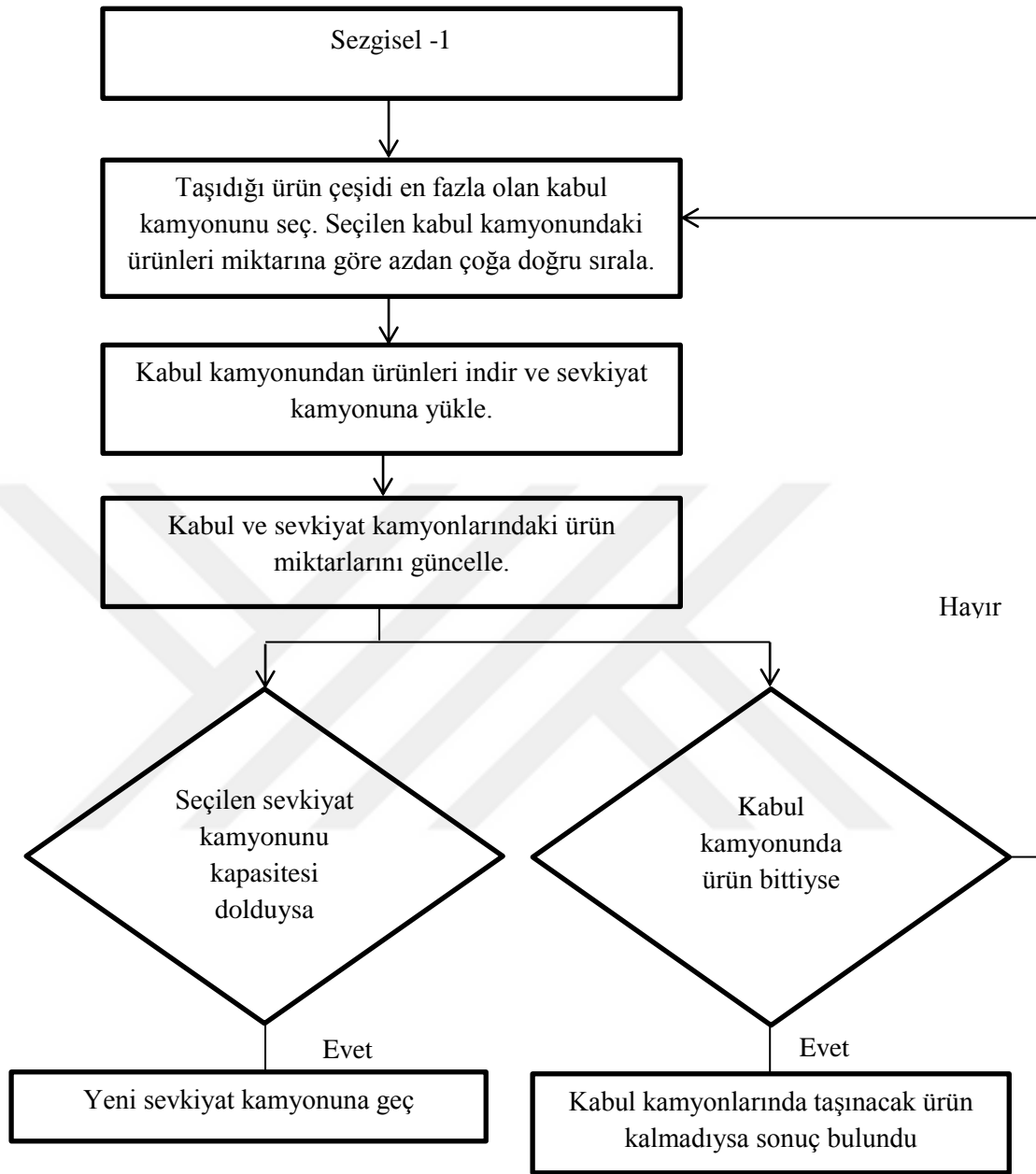
$B_4=557$ olarak hesaplanır.

Ortalama sevkiyat kamyonlarının iş tamamlama süresi ise ,

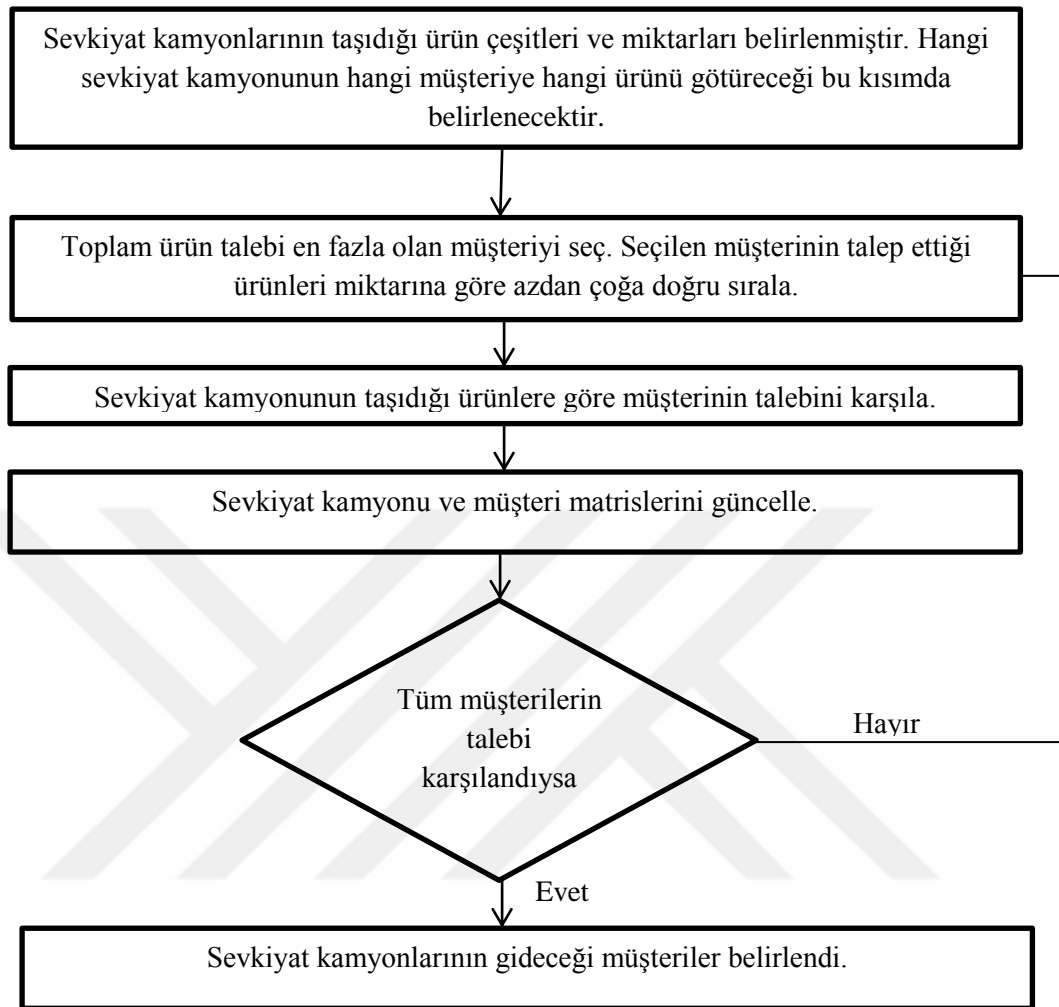
$$(B_1+B_2+B_3+B_4)/4 =476$$

Sezgisel Yöntem 1'ün işleyişi Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te de gösterilmiştir.





Şekil 2.2. Sezgisel-1 Kabul Kamyonu- Sevkiyat Kamyonu Eşleşmesi Karar Aşaması



Şekil 2.3. Sezgisel-1 Sevkiyat Kamyonu-Müşteri Eşleşmesi Karar Aşaması

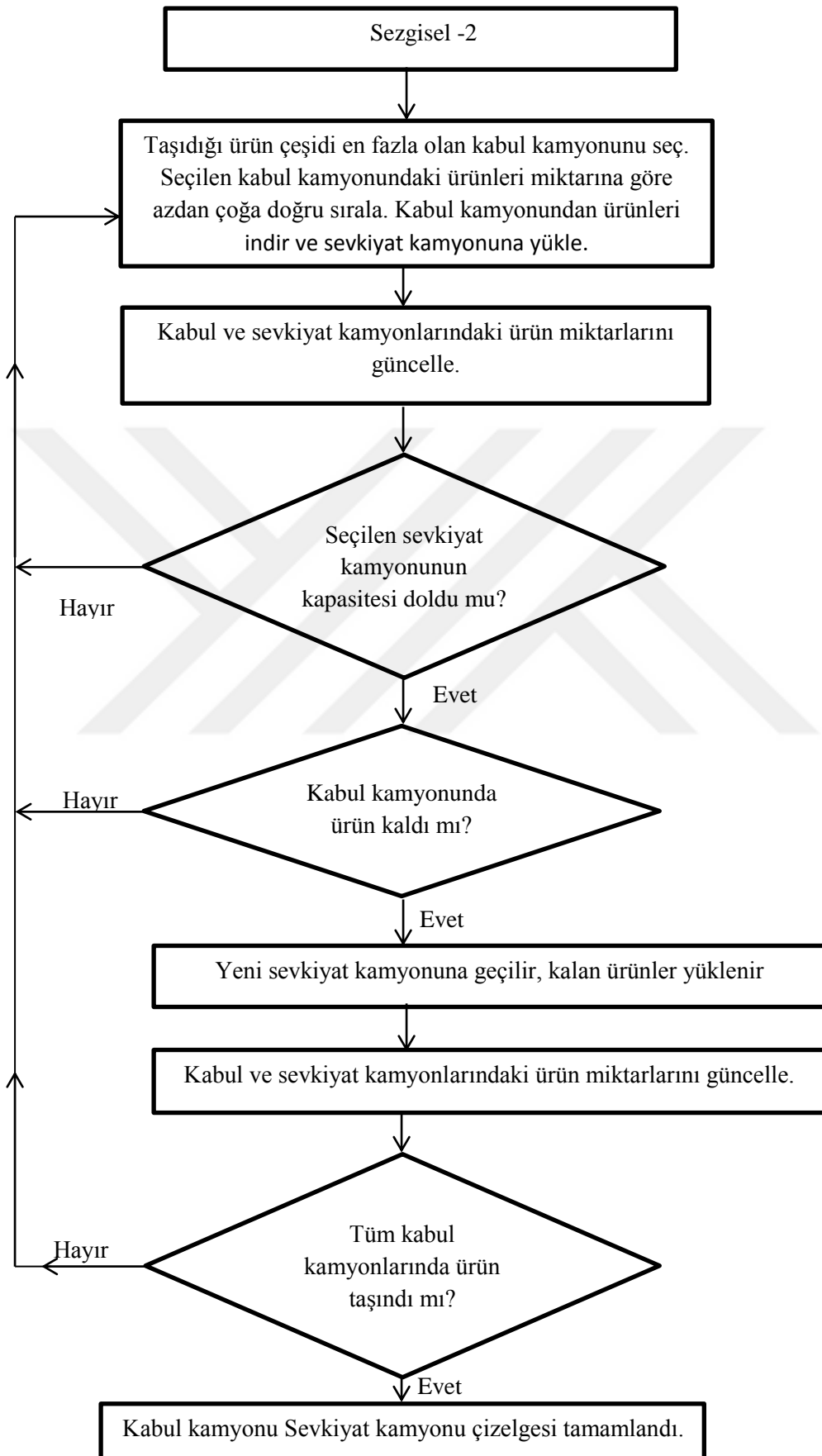
2.3.2. Sezgisel Yöntem 2

İki nolu sezgisel metot için, kabul kamyonlarındaki ürünlerin sevkiyat kamyonlarına aktarılması kısmında, taşıdığı ürün çeşidi sayısı en fazla olan kabul kamyonu seçilir. Seçilen kabul kamyonundaki ürünler miktar bakımından azdan çoğa doğru sıralanır ve bu sıraya göre ürünler, kabul kamyonundan sevkiyat kamyonuna yüklenir. Yükleme yapılan sevkiyat kamyonunun kapasitesi dolarsa, sevkiyat kamyonu sistemden çıkar ve bir sonraki sevkiyat kamyonu çapraz sevkiyat merkezine yaklaşır. Seçilmiş olan kabul kamyonundaki kalan ürünler yeni sevkiyat kamyonuna kapasitesi dahilinde yüklenmeye devam edilir. Eğer sevkiyat kamyonunun kapasitesi dolmaz, fakat seçilmiş olan kabul kamyonundaki tüm ürünler sevkiyat kamyonuna yüklenirse, işi biten kabul kamyonu çapraz sevkiyat kabul kapısından çıkar ve bu kapıya yeni yaklaşacak kabul kamyonu

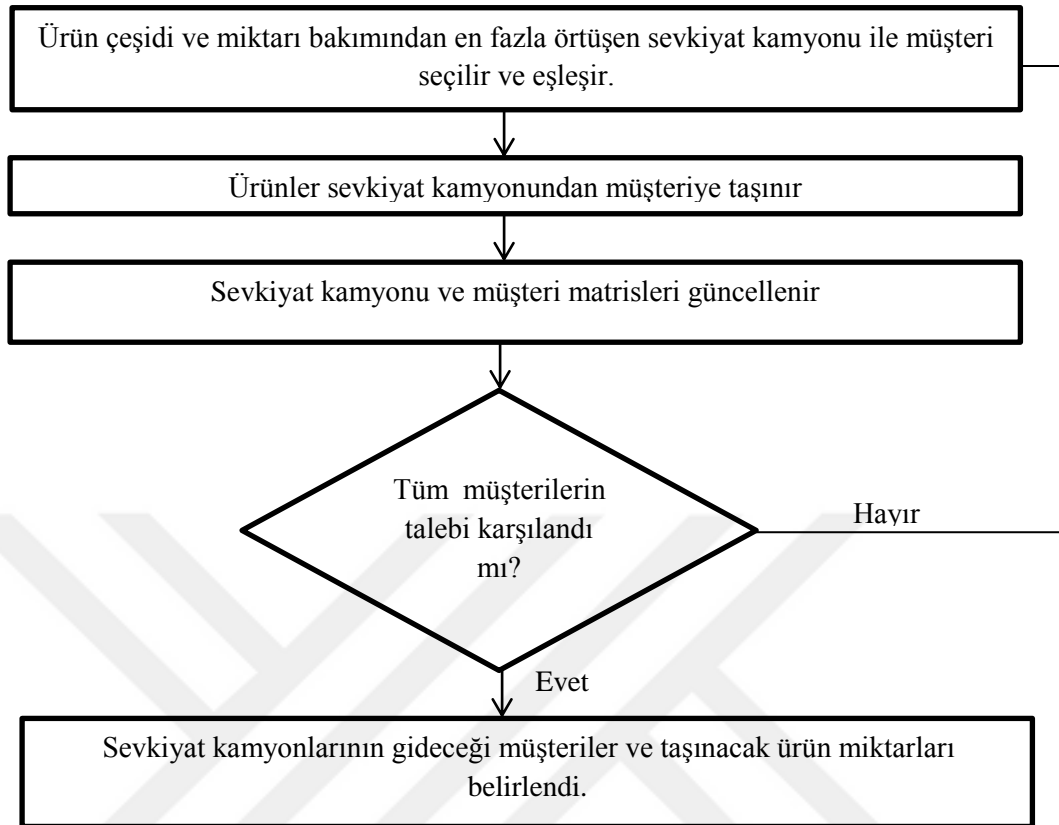
seçimi için en baştan işlem tekrar yapılır. Kabul kamyonundaki tüm ürünler sevkiyat kamyonuna aktarılanaya kadar bu işlemler tekrarlanır.

Sistemde işi biten yani ürün yüklenmiş olan sevkiyat kamyonu, ürünleri müşterilere taşımaya başlar. Ürün çeşidi ve miktarı bakımından en fazla örtüşen sevkiyat kamyonu ile müşteri seçilir. Yani, hangi sevkiyat kamyonundan hangi müşterinin talebi en fazla karşılanırsa o sevkiyat kamyonu ile müşteri eşleştirilir. Ürünler sırasıyla sevkiyat kamyonundan seçilen müşteriye taşınır. Tüm müşterilerin talebi karşılanana kadar bu işlem tekrar edilir. Böylece sevkiyat kamyonu-müşteri çizelgesi oluşturulmuş olur.

Sezgisel Yöntem 2'ün işleyişi Şekil 2.4 ve Şekil 2.5'te de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Sezgisel-2 Kabul Kamyonu- Sevkiyat Kamyonu Eşleşmesi Karar Aşaması



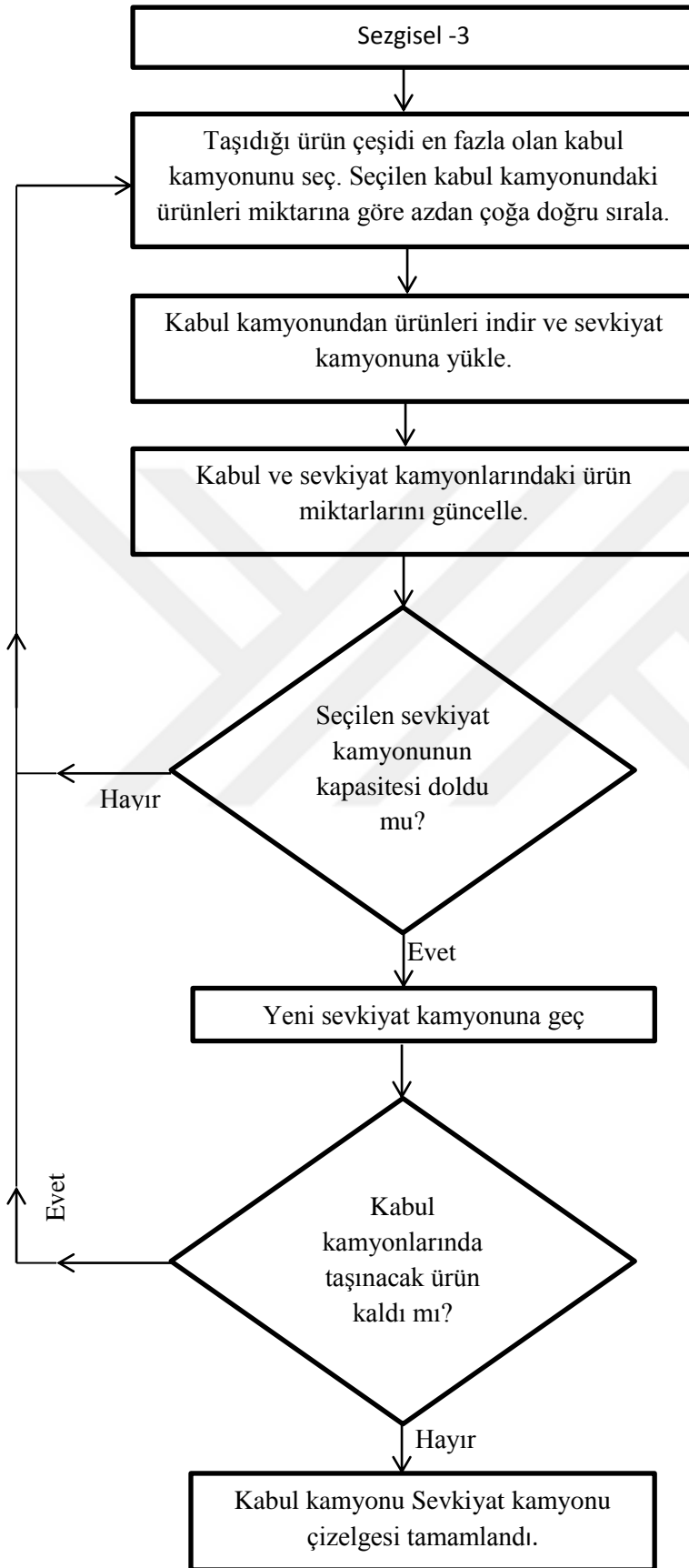
Şekil 2.5. Sezgisel-2 Sevkiyat Kamyonu-Müşteri Eşleşmesi Karar Aşaması

2.3.3. Sezgisel Yöntem 3

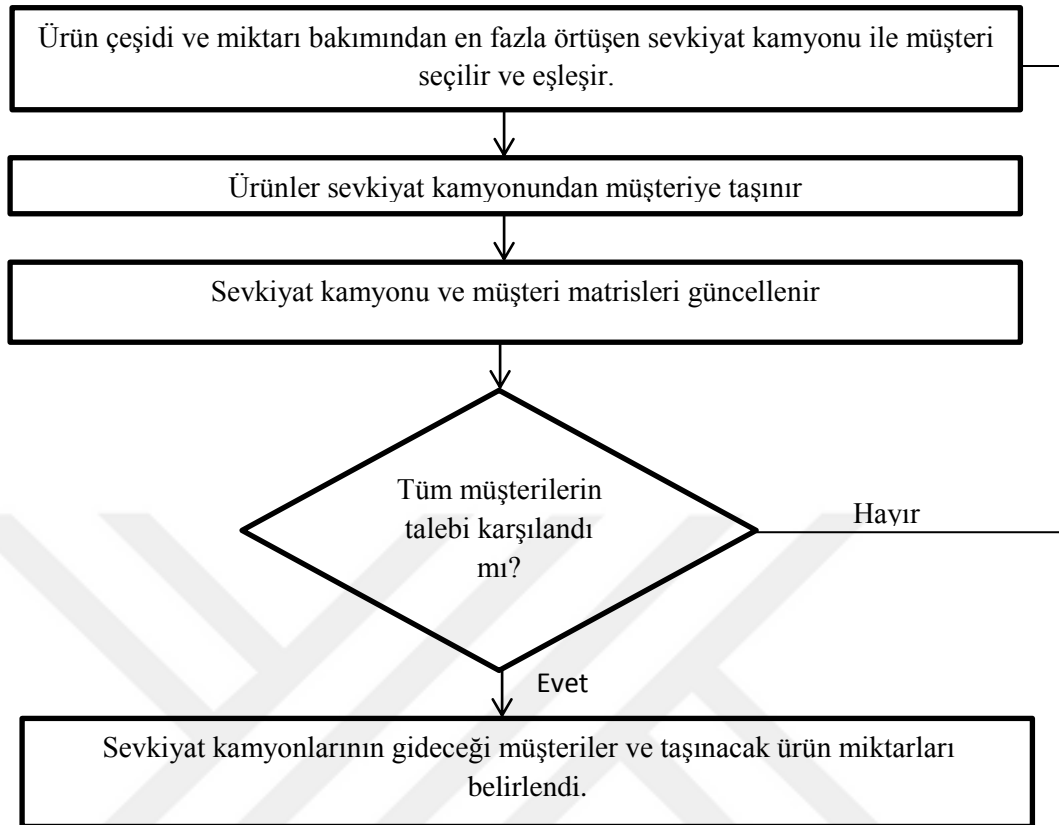
Üç nolu sezgisel metot için, kabul kamyonlarındaki ürünlerin sevkiyat kamyonlarına aktarılması kısmında, taşıdığı ürün çeşidi sayısı en fazla olan kabul kamyonu seçilir. Seçilen kabul kamyonundaki ürünler miktar bakımından azdan çoğa doğru sıralanır ve bu sıraya göre ürünler, kabul kamyonundan sevkiyat kamyonuna yüklenir. Yükleme yapılan sevkiyat kamyonunun kapasitesi dolarsa, sevkiyat kamyonu sistemden çıkar ve bir sonraki sevkiyat kamyonu çapraz sevkiyat merkezine yaklaşır. Yeni sevkiyat kamyonuna ürün aktarmak üzere yeni kabul kamyonu seçimi için baştan işlemler tekrar yapılır. Eğer sevkiyat kamyonunun kapasitesi dolmaz, fakat seçilmiş olan kabul kamyonundaki tüm ürünler sevkiyat kamyonuna yüklenirse, işi biten kabul kamyonu çapraz sevkiyat kabul kapısından çıkar ve bu kapıya yeni yaklaşacak kabul kamyonu seçimi için en baştan işlem tekrar yapılır. Kabul kamyonundaki tüm ürünler sevkiyat kamyonuna aktarılanaya kadar bu işlemler tekrarlanır.

Sistemde işi biten yani ürün yüklenmiş olan sevkiyat kamyonu, ürünleri müşterilere taşımaya başlar. Ürün çeşidi ve miktarı bakımından en fazla örtüşen sevkiyat kamyonu ile müşteri seçilir. Yani, hangi sevkiyat kamyonundan hangi müşterinin talebi en fazla karşılanırsa o sevkiyat kamyonu ile müşteri eşleştirilir. Ürünler sırasıyla sevkiyat kamyonundan seçilen müşteriye taşınır. Tüm müşterilerin talebi karşılanana kadar bu işlem tekrar edilir. Böylece sevkiyat kamyonu-müşteri çizelgesi oluşturulmuş olur.

Sezgisel Yöntem 3'ün işleyişi Şekil 2.6 ve Şekil 2.7'de de gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Sezgisel-3 Kabul Kamyonu-Sevkiyat Kamyonu Eşleşmesi Karar Aşaması



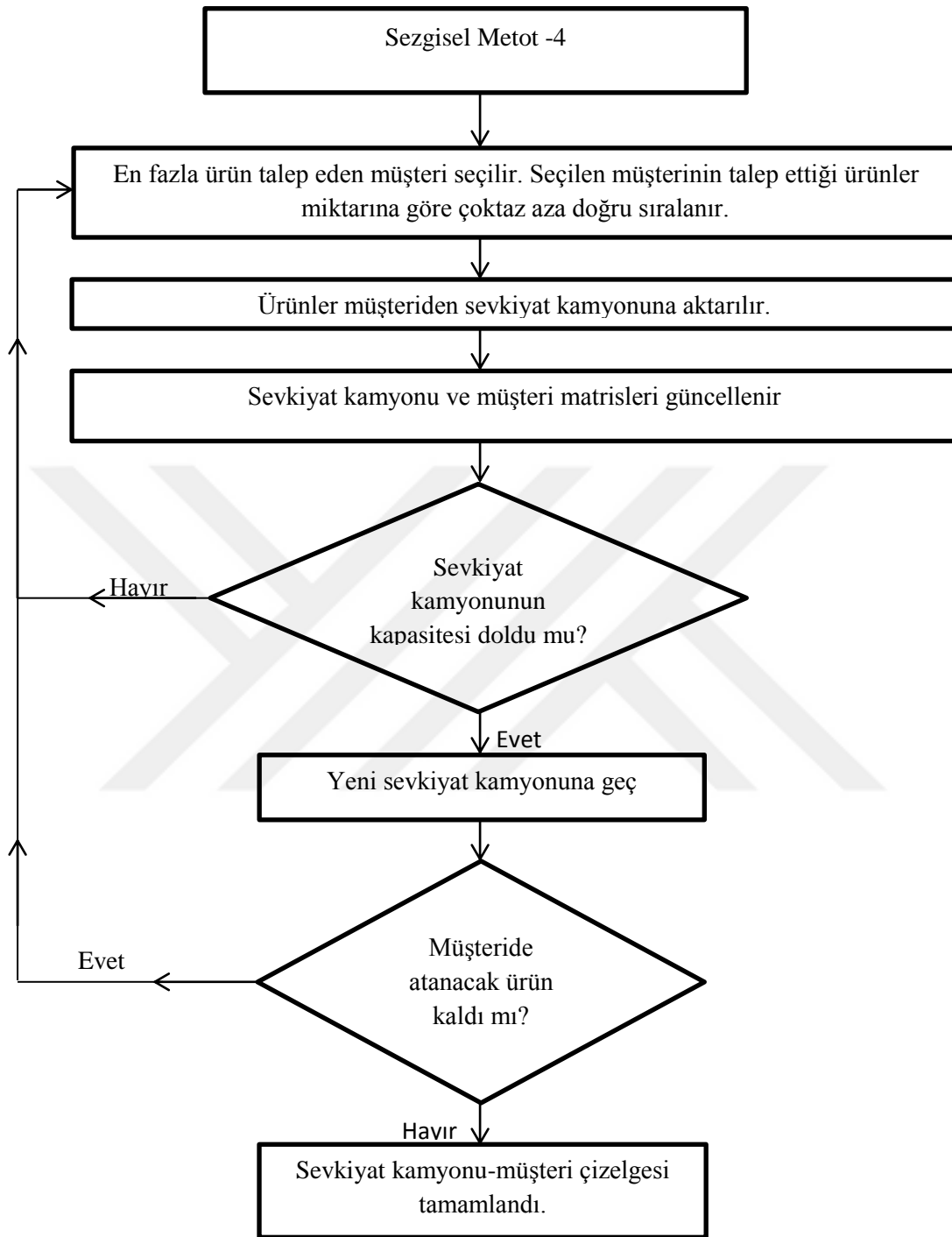
Şekil 2.7. Sezgisel-3 Sevkiyat Kamyonu-Müşteri Eşleşmesi Karar Aşaması

2.3.4. Sezgisel Yöntem 4

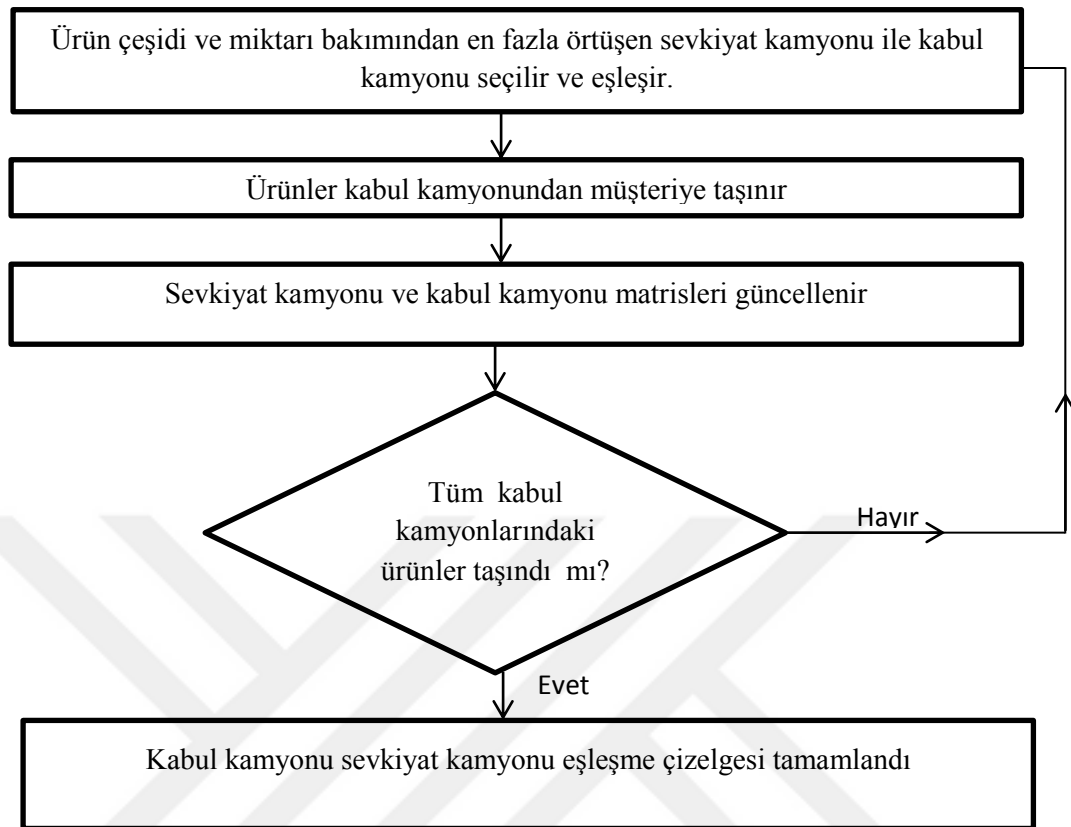
Dört nolu sezgisel metot için, en fazla ürün çeşidi talep eden müşteri seçilir. Seçilen müşterinin talep ettiği ürünler miktarına göre çoktan aza doğru sıralanır. Sevkiyat kamyonunun uygunluğuna göre ürünler sevkiyat kamyonuna atanır. Sevkiyat kamyonu-müşteri çizelgesi oluşmuş olur.

Tüm ürünler sevkiyat kamyonuna atandıktan sonra kabul kamyonu-sevkiyat kamyonu çizelgesini oluştururken öncelikle kabul kamyonları ile sevkiyat kamyonları taşıdıkları ürünler ve miktarları bakımından en fazla örtüşenler eşleşir. Yani hangi kabul kamyonundan hangi sevkiyat kamyonuna en fazla ürün eşleşecekse, seçilen iki kamyon eşleşir. Kabul kamyonlarındaki bütün ürünler sevkiyat kamyonlarına taşınmış olana kadar bu işlem tekrar edilir. Sonuçta, kabul kamyonu-sevkiyat kamyonu çizelgesi oluşturulmuş olur.

Sezgisel Yöntem 4'ün işleyişi Şekil 2.8 ve Şekil 2.9'da da gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Sezgisel-4 Kabul Kamyonu-Sevkiyat Kamyonu Eşleşmesi Karar Aşaması



Şekil 2.9. Sezgisel-4 Sevkiyat Kamyonu-Müşteri Eşleşmesi Karar Aşaması

2.3.5. Sezgisel Yöntem 5

En fazla miktarda ürün taşıyan kabul kamyonu seçilir. Seçilen kabul kamyonundaki ürünler, sevkiyat kamyonuna kapasitesi dahilinde yüklenir. Kabul kamyonu matrisi ve sevkiyat kamyonları matrisi güncellenir. Kabul kamyonundaki tüm ürünlerin taşınması veya işlenmekte olan sevkiyat kamyonunun kapasitesinin dolması durumunda, baştan aynı işlemler yapılarak tüm ürünler kabul kamyonundan sevkiyat kamyonuna taşınana kadar devam edilir.

Sevkiyat kamyonuna yüklenen ürünlerin müşterilere taşınması kısmında ise, en fazla ürün talebinde bulunan müşteri seçilir. İlk sevkiyat kamyonu seçilen müşterinin talebini karşılamak üzere müşteriye gider, eğer sevkiyat kamyonundaki ürün bitmezse en yakın müşteriye giderek ürün dağıtımına devam eder. Sevkiyat kamyonlarındaki tüm ürünler müşterilere dağıtılabildiği kadar işlemler baştan tekrar edilir.

2.3.6. Sezgisel Yöntem 6

Altı nolu sezgisel metot için, kabul kamyonlarındaki ürünlerin sevkiyat kamyonlarına aktarılması kısmında, taşıdığı ürün çeşidi sayısı en fazla olan kabul kamyonu seçilir. Seçilen kabul kamyonundaki ürünler miktar bakımından azdan çoğa doğru sıralanır ve bu sıraya göre ürünler, kabul kamyonundan sevkiyat kamyonuna yüklenir. Yükleme yapılan sevkiyat kamyonunun kapasitesi dolarsa, sevkiyat kamyonu sistemden çıkar ve bir sonraki sevkiyat kamyonu çapraz sevkiyat merkezine yaklaşır. Seçilmiş olan kabul kamyonundaki kalan ürünler yeni sevkiyat kamyonuna kapasitesi dahilinde yüklenmeye devam edilir. Eğer sevkiyat kamyonunun kapasitesi dolmaz, fakat seçilmiş olan kabul kamyonundaki tüm ürünler sevkiyat kamyonuna yüklenirse, işi biten kabul kamyonu çapraz sevkiyat kabul kapısından çıkar ve bu kapıya yeni yaklaşacak kabul kamyonu seçimi için en baştan işlem tekrar yapılır. Kabul kamyonundaki tüm ürünler sevkiyat kamyonuna aktarılanlara kadar bu işlemler tekrarlanır.

Sistemde işi biten yani ürün yüklenmiş olan sevkiyat kamyonu, ürünleri müşterilere taşımaya başlar. Sevkiyat kamyonu, toplam talep miktarı en fazla olan müşteriyi seçer. Seçilen müşterinin, talep ettiği ürünleri miktarına göre çoktan aza doğru sıralar ve müşterinin talep ettiği ürünler müşteriye dağıtılır. Eğer, işlem içerisinde olan sevkiyat kamyonundaki ürünler bitmediyse, aynı işlem yapılarak gideceği diğer müşteri seçilir. Tüm sevkiyat kamyonları, taşıdığı ürünlerin müşterilere dağıtımını bitirene kadar aynı işlemler tekrarlanır.

2.3.7. Sezgisel Yöntem 7

Yedi nolu sezgisel metot için, en fazla ürün çeşidi talep eden müşteri seçilir. Seçilen müşterinin talep ettiği ürünler miktarına göre azdan çoğa doğru sıralanır. Sevkiyat kamyonunun uygunluğuna göre ürünler sevkiyat kamyonuna atanır. Sevkiyat kamyonu-müşteri çizelgesi oluşmuş olur.

Kabul kamyonu-sevkiyat kamyonu çizelgesini oluşturmak için, en fazla miktarda ürün taşıyan kabul kamyonu seçilir. Aynı şekilde sevkiyat kamyonları içinde de en fazla miktarda ürün taşıyan seçilir ve eşleştirilir. Kabul kamyonları matrisi ve sevkiyat kamyonları matrisi güncellenir. Tüm kabul kamyonlarındaki bütün ürünlerin sevkiyat kamyonlarındaki tüm ürünlerle eşleştiği ana kadar aynı işlemler yapılarak devam edilir.

2.3.8. Sezgisel Yöntem 8

Bu sezgisel metot için, kabul kamyonlarındaki ürünlerin sevkiyat kamyonlarına aktarılması kısmında, taşıdığı ürün çeşidi sayısı en fazla olan kabul kamyonu seçilir. Seçilen kabul kamyonundaki ürünler miktar bakımından azdan çoğa doğru sıralanır ve bu sıraya göre ürünler, kabul kamyonundan sevkiyat kamyonuna yüklenir. Kabul kamyonları matrisi ve sevkiyat kamyonları matrisi güncellenir. Yükleme yapılan sevkiyat kamyonunun kapasitesi dolarsa, sevkiyat kamyonu sistemden çıkar ve bir sonraki sevkiyat kamyonu çapraz sevkiyat merkezine yaklaşır ve baştan en fazla ürün çeşidi taşıyan kabul kamyonu seçilir. Veya seçilmiş olan kabul kamyonundaki ürünlerin hepsi sevkiyat kamyonuna taşınır ve kabul kamyonunda taşınacak ürün kalmazsa, baştan en fazla ürün çeşidi taşıyan kabul kamyonu seçimi yapılır. Kabul kamyonundaki tüm ürünler sevkiyat kamyonuna aktarılan kadar bu işlemler tekrarlanır.

Sistemde işi biten yani ürün yüklenmiş olan sevkiyat kamyonu, ürünleri müşterilere taşımaya başlar. Sevkiyat kamyonu, toplam talep miktarı en fazla olan müşteriyi seçer. Seçilen müşterinin, talep ettiği ürünleri miktarına göre çoktan aza doğru sıralar ve müşterinin talep ettiği ürünler müşteriye dağıtılır. Eğer, işlem içerisinde olan sevkiyat kamyonundaki ürünler bitmediyse, aynı işlem yapılarak gideceği diğer müşteri seçilir. Tüm sevkiyat kamyonları, taşıdığı ürünlerin müşterilere dağıtımını bitirene kadar aynı işlemler tekrarlanır.

2.3.9. Sezgisel Yöntem 9

Dokuz nolu sezgisel metot için, kabul kamyonlarındaki ürünlerin sevkiyat kamyonlarına aktarılması kısmında, taşıdığı ürün çeşidi sayısı en fazla olan kabul kamyonu seçilir. Seçilen kabul kamyonundaki ürünler miktar bakımından azdan çoğa doğru sıralanır ve bu sıraya göre ürünler, kabul kamyonundan sevkiyat kamyonuna yüklenir. Kabul kamyonları matrisi ve sevkiyat kamyonları matrisi güncellenir. Yükleme yapılan sevkiyat kamyonunun kapasitesi dolarsa, sevkiyat kamyonu sistemden çıkar ve bir sonraki sevkiyat kamyonu çapraz sevkiyat merkezine yaklaşır ve baştan en fazla ürün çeşidi taşıyan kabul kamyonu seçilir. Veya seçilmiş olan kabul kamyonundaki ürünlerin hepsi sevkiyat kamyonuna taşınır ve kabul kamyonunda taşınacak ürün kalmazsa, baştan en fazla ürün çeşidi taşıyan kabul kamyonu seçimi yapılır. Kabul kamyonundaki tüm ürünler sevkiyat kamyonuna aktarılan kadar bu işlemler tekrarlanır.

Sistemde işi biten yani ürün yüklenmiş olan sevkiyat kamyonu, ürünleri müşterilere taşımaya başlar. Sevkiyat kamyonu, toplam talep miktarı en fazla olan müşteriyi seçer. Seçilen müşterinin, talep ettiği ürünleri miktarına göre azdan çoğa doğru sıralar ve müşterinin talep ettiği ürünler müşteriye dağıtılır. Eğer, işlem içerisinde olan sevkiyat kamyonundaki ürünler bitmediyse, aynı işlem yapılarak gideceği diğer müşteri seçilir. Tüm sevkiyat kamyonlar, taşıdığı ürünlerin müşterilere dağıtımını bitirene kadar aynı işlemler tekrarlanır.

2.3.10. Sezgisel Yöntem 10

On nolu sezgisel için, en fazla ürün talep eden müşteri seçilir, ürün çeşitleri talep miktarına göre çoktan aza doğru sıralanır. Sevkiyat kamyonunun uygunluğuna göre ürünler sevkiyat kamyonuna atanır. Sevkiyat kamyonları matrisi ve müşteri talep matrisi güncellenir. Tüm müşterilerin talep ettiği ürünler sevkiyat kamyonlarına atanana kadar aynı işlemler tekrarlanır. Böylece, sevkiyat kamyonu-müşteri çizelgesi oluşmuş olur.

Kabul kamyonları-sevkiyat kamyonları eşleşmesi kısmında ise en fazla miktarda taşınan ürünün taşındığı kabul kamyonu seçilir. Aynı şekilde en fazla miktarda taşınan ürünün taşınacağı sevkiyat kamyonu seçilir ve eşleştirilir. Seçilen kabul kamyonundan sevkiyat kamyonunun taşıyacağı ürünler bulunması durumunda, kabul kamyonları matrisi ve sevkiyat kamyonları matrisi güncellenir. Kabul kamyonlarındaki tüm ürünler, sevkiyat kamyonlarının taşıyacağı ürünlerle eşleşene kadar işlemler baştan tekrarlanır. Böylece kabul kamyonu-sevkiyat kamyonu ürün çizelgesi oluşmuş olur.

2.3.11. Sezgisel Yöntem 11

On bir nolu sezgisel metot için, kabul kamyonlarındaki ürünlerin sevkiyat kamyonlarına aktarılması kısmında, taşıdığı ürün çeşidi sayısı en fazla olan kabul kamyonu seçilir. Seçilen kabul kamyonundaki ürünler miktar bakımından azdan çoğa doğru sıralanır ve bu sıraya göre ürünler, kabul kamyonundan sevkiyat kamyonuna yüklenir. Kabul kamyonları matrisi ve sevkiyat kamyonları matrisi güncellenir. Yükleme yapılan sevkiyat kamyonunun kapasitesi dolarsa, sevkiyat kamyonu sistemden çıkar ve bir sonraki sevkiyat kamyonu çapraz sevkiyat merkezine yaklaşır ve seçilmiş olan kabul kamyonundaki ürünler bitmedi ise, kalan ürünler yeni sevkiyat kamyonuna yüklenir. Kabul kamyonundaki ürünler bitince en baştan işlemler yapılarak kabul kapısına

yaklaşacak yeni kabul kamyonu seçilir. Kabul kamyonundaki tüm ürünler sevkiyat kamyonuna aktarılan kadar bu işlemler tekrarlanır.

Sevkiyat kamyonu ile müşteri çizelgesini yaparken ise, birbiriyle en fazla örtüşen sevkiyat kamyonu ve müşteri seçilir. Sevkiyat kamyonunda, müşterinin talebi karşılanır. Sevkiyat kamyonları matrisi ve müşteri talep matrisi güncellenir. Tüm müşterilerin talebi karşılanana kadar aynı işlemler yapılarak devam edilir. Sonuç olarak, sevkiyat kamyonlarının hangi müşterilere ürün taşıyacağını gösteren çizelge oluşmuş olur.

Kabul kamyonu sevkiyat kamyonu eşleşmesi sırasında yapılan işlemler Tablo 2.16.'t-da gösterilmiştir.

Tablo 2.16. Kabul Kamyonu-Sevkiyat Kamyonu Eşleşmesi Adımları

	En fazla ürün çeşidi taşıyan K.K. seçilir	Tek çeşit türünden en fazla taşıyan K.K. seçilir	En fazla örtüşen K.K. Ve S.K. seçilir	Taşıdığı toplam ürün miktarı en fazla olan K.K. seçilir	Ürünler miktarlarına göre azdan çoğa doğru sıralanır	S.K.'nın kapasitesi dolarsa yeni S.K. için yeni K.K. u seçilir	S.K.'nın kapasitesi dolarsa yeni S.K.'ya önceki K.K.'dan yüklenmeye devam edilir	K.K.'daki ürün S.K. dolmadan biterse yeni K.K. seçilir	Önce K.K.-S.K. Eşleşmesi
S1	X				X		X	X	X
S2	X				X		X	X	X
S3	X				X	X		X	X
S4			X						
S5				X				X	X
S6	X				X		X		X
S7				X					
S8	X				X			X	X
S9	X				X			X	X
S10		X							
S11	X				X		X		X

Sevkiyat kamyonu-müşteri eşleşmesi sırasında yapılan işlemler Tablo 2.17.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.17. Sevkiyat Kamyonu-Müşteri Eşleşmesi Adımları

	Toplam talep miktarı en fazla olan müşteri seçilir	S.K. İle en fazla örtüşen müşteri seçilir.	Talep ettiği ürünler çoktan aza doğru sıralanır	Talep ettiği ürünler azdan çoğa doğru sıralanır	Önceki müşteriye en yakın mesafede olan müşteri seçilir	Toplam ürün talep miktarı en fazla olan diğer müşteri seçilir	S.K. İle en fazla örtüşen yeni müşteri seçilir.	Önce S.K.-Müşteri eşleşmesi
S1	X			X		X		
S2		X					X	
S3		X					X	
S4	X		X			X		X
S5	X				X			
S6	X		X			X		
S7	X			X		X		X
S8	X		X			X		
S9	X			X		X		
S10	X					X		X
S11		X					X	

S.K. : Sevkiyat Kamyonu

K.K. : Kabul Kamyonu

3. BÖLÜM

BULGULAR

Model, rassal olarak üretilmiş veri setleri için karma tamsayılı programlama yöntemiyle, YAK algoritması ile ve oluşturulan sezgisel yöntemlerle çözümler bulunmuştur. Problemden temel olarak, kabul kamyonları, çapraz sevkiyat merkezi, sevkiyat kamyonları, ürünler ve müşterilerin bulunduğu bir tedarik zinciri parçasından oluşmaktadır.

Kabul kamyonlarıyla çapraz sevkiyat merkezine gelen ürünler belirlidir. Hangi kabul kamyonunun hangi ürünü kaç tane getirdiği bilinmektedir. Aynı şekilde, müşterinin talep ettiği ürün çeşidi ve miktarları belirlidir. Fakat sevkiyat kamyonlarının taşıyacağı ürün çeşidi ve miktarları belirsizdir. Sevkiyat kamyonları için kapasite kısıtı vardır. Sevkiyat kamyonlarına kapasitesinin üzerinde ürün yüklemesi yapılamaz. Aynı zamanda, sevkiyat kamyonlarının ürünleri hangi müşterilere ve hangi sırayla taşıyacağı bilinmemektedir.

Kabul kamyonları ve sevkiyat kamyonları için çapraz sevkiyat merkezi kapısında bulunan kamyonun ayrılması ve yeni kamyonun kapıya yaklaşması için var olan bir kamyon değiştirme maliyeti söz konusudur. Örneğin, kabul kapısında bulunan x numaralı kabul kamyonu işi bitip kapıdan ayrılınca yerine sıradaki y numaralı kabul kamyonu kapıya yaklaşacaktır. Burada hem kabul kamyonu için kamyon değiştirmeden kaynaklı bir maliyet hesaba katılacaktır. Hem de, sevkiyat kamyonu için, kabul kapısındaki kamyonların değişmesini beklemesinden kaynaklı bir maliyet hesaba katılacaktır. Kabul kamyonları için oluşacak maliyeti kabul kapısında ürün boşaltma sırasında oluşan maliyeti hesaplarken kullanılmışken, sevkiyat kamyonları için ise kapıdan sevkiyat kamyonlarına ürün yükleme maliyeti hesaplanırken kullanılmıştır.

Dolayısıyla bu iki maliyet minimize etmek için, kabul kamyonu-sevkiyat kamyonu eşleşmeleri ve kabul kamyonu–sevkiyat kamyonu çizelgelemesi önem taşımaktadır.

Sevkiyat kamyonlarına çapraz sevkiyat merkezinde ürünler yüklendikten sonra, sevkiyat kamyonları bu ürünleri müşterilere dağıtmaya başlar. Her müşterinin, çapraz sevkiyat merkezine uzaklığı farklıdır. Bu uzaklıkları belirten bir matris te rassal olarak oluşturulmaktadır. Müşterilerin birbirine olan mesafeleri de farklıdır, aynı şekilde müşteriler arası mesafeler de rassal olarak üretilmektedir. Sevkiyat kamyonlarının müşterilere ürünleri taşıırken minimum taşıma maliyeti oluşması amaçlanmaktadır. Model, dengeli bir sisteme sahip problem içindir. Yani kabul kamyonlarının getirmiş olduğu ürünler toplamı, müşterilerin talepleri toplamına eşittir. Dolayısıyla sevkiyat kamyonları, kabul kamyonlarından aldıkları tüm ürünleri müşterilere taşıyacaktır. Hangi sevkiyat kamyonunun hangi müşterilere hangi sırayla gideceği kararı minimum taşıma maliyetine ulaşmak için temel gerekliliktir.

Amaç fonksiyonu, sevkiyat kamyonlarının sistemde geçirdikleri süre ortalamasının minimum olduğu değere ulaşmayı hedeflemektedir. Amaç fonksiyonunun minimum değere ulaşması için matematiksel modeller bölümündeki karar değişkenlerinin optimum değerlere sahip olması gerekmektedir.

Çalışmada, her bir problem için veri setleri oluştururken kabul kamyonu sayısı, sevkiyat kamyonu sayısı, ürün çeşidi sayısı, ürün miktarı, müşteri sayısı, müşterilerin çapraz sevkiyat merkezine uzaklıkları ve müşterilerin birbirlerine olan uzaklıkları belirlenmelidir. Bu parametreleri rassal olarak belirlerken ise Tablo 3.1'deki değer aralıkları göz önüne alınmaktadır.

Tablo 3.1. Veri seti parametreleri ve değer aralıkları

Parametre	Açıklama	Rassal Değer Üretmek için Kullanılan Aralıklar
R	Kabul Kamyonu Sayısı	[2, 5]
S	Sevkiyat Kamyonu Sayısı	[$R+1$, 7]
n	Urun Çeşidi Sayısı	[4, 8]
C	Müşteri Sayısı	[4, 8]
	Ürün Miktarı	[2, 50]
cdm ve mm	Çapraz Sevkiyat Merkezi- Müşteri ve Müşteriler Arası Uzaklık	[10, 200]

Çalışmada, kamyon değiştirmeden kaynaklanan gecikme maliyetlerine, ürün miktarlarına ve çapraz sevkiyat merkezinden müşterilere olan ve müşterilerin birbirlerine olan uzaklıklarına katsayılar verilerek sekiz farklı senaryo sekiz farklı örnek problem için değerlendirilmiştir.

Rassal olarak oluşturulan problem verileri ile çözüm yaparken, kamyon değiştirme maliyeti, ürün katsayısı, uzaklık katsayısı Tablo.3-2 deki gibi belirlenmiştir.

Tablo 3.2. Senaryo parametreleri ve değer aralıkları

Parametre	Açıklama	Kullanılan Değerler
G	Kamyon değiştirmeden kaynaklı maliyetler	[5 75]
UK	Ürün katsayısı, rassal olarak üretilen ürün miktarları için belirlenen katsayı değerleri	[0.5 2]
UZ	Uzaklık katsayısı	[0.5 2]

Tamsayı değişkenlere sahip bir model olması çözümün optimuma ulaşmasını zorlaştırmaktadır. Karma tamsayılı programlama modeli küçük boyutlu problemler için çözüm bulabilmektedir. Dolayısıyla, küçük boyutlu problemler için Lineer Programlama yönteminde, YAK algoritmasında ve oluşturulan sezgisellerle sonuçlar bulunarak karşılaştırılmıştır.

3.1. Farklı senaryolar için farklı veri setleri kullanılarak Karma Tamsayılı LP, YAK algoritması ve sezgisel yöntemlerle bulunan çözümlerin karşılaştırılması

Çalışmada, ilk olarak Tablo 3.2'deki parametreler için verilmiş olan değerlere göre sekiz farklı senaryo oluşturulmuştur. Oluşturulan her bir senaryo için de farklı veri setleri Tablo 3.1'de ki parametrelere ve değer aralıklarına göre üretilmiştir. Çalışmada kullanılan, her bir senaryo için üretilmiş olan veri setleri Tablo 3.3'de verilmiştir. LP ile sonuç elde edebilmek için küçük değerler üretilmiştir.

Tablo 3.3. Farklı senaryolar için üretilen parametre değerleri

	Kabul Kamyonu Sayısı	Sevkiyat Kamyonu Sayısı	Müşteri Sayısı	Ürün Çeşidi Sayısı
Senaryo-1	4	5	4	7
Senaryo-2	4	5	3	5
Senaryo-3	3	4	5	4
Senaryo-4	3	5	4	3
Senaryo-5	3	4	5	3
Senaryo-6	3	5	5	5
Senaryo-7	3	5	4	4
Senaryo-8	3	5	4	4

Tablo 3.3'deki temel parametreler dışında sevkiyat kamyonları için kapasite hesaplanmış olup, kabul kamyonları ürün matrisi ve müşteri ürün talep matrisi de rassal şekilde oluşturulmuştur. Tüm bu veriler dahilinde LP ve sezgisel yöntemlerle sonuçlar elde edilmiştir. Sezgisel yöntemlerle bulunan en iyi sonucun çözümü yapay arı kolonisi algoritmasına başlangıç çözüm adayı olarak eklenmiştir. Dolayısıyla, Yapay arı kolonisi algoritmasının bu çözüm adayı sayesinde daha kolay şekilde daha iyi sonuca ulaşması amaçlanmıştır. Bu çözüm yöntemi öncelikli YAK olarak adlandırılmıştır. Ayrıca, YAK algoritması, başlangıç çözüm adayı eklenmeden sadece kendi oluşturduğu başlangıç popülasyonu ile çalışıp sonuç elde etmesi de sağlanmıştır. Tüm bu farklı yöntemlerin, vermiş olduğu sonuçlar ve ortalama çalışma süreleri Tablo 3.4'te ki gibidir. Sezgisel yöntemler çok kısa sürede sonuca ulaşmaktadır. Diğer yöntemler binlerce saniyede çözüm bulurken sezgisellerle sadece 10 saniyede bulmaktadır.

Tablo 3.4. Farklı veri setleri için farklı senaryoların Karma Tamsayı LP, Öncelikli YAK, Yak ve tüm sezgisellerle vermiş olduğu sonuçlar

	LP	Öncelikli YAK	YAK	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Senaryo-1	272	288	413	294	292	304	464	404	295	1482	315	311	1541	311
Senaryo-2	319	375	507	497	491	456	581	611	497	856	460	462	954	460
Senaryo-3	314	327	333	336	331	369	402	351	336	654	348	348	560	510
Senaryo-4	464	482	547	590	500	525	568	509	590	1046	534	534	801	723
Senaryo-5	309	319	343	373	372	322	457	471	373	1501	322	322	1278	325
Senaryo-6	560	645	771	744	648	749	1063	793	744	2151	770	770	2566	645
Senaryo-7	399	405	457	418	411	420	835	547	418	1462	420	420	1565	422
Senaryo-8	566	616	636	714	637	665	836	641	714	2207	680	680	1055	627
Ortalama Program Çalışma Süresi(sn)	10000	7200	40000	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Tablo 3.4’de de görüldüğü gibi en iyi sonucu LP optimizasyon yöntemi bulmuştur. Başlangıç çözüm adayı eklemiş olduğumuz Öncelikli YAK yöntemiyle LP sonucuna en yakın sonuç bulunmuştur. Öncelikli YAK çözüm yönteminde, YAK algoritmasına sezgiseller içerisinde en iyi sonucu vermiş olan Sezgisel-2 (S2) sezgisel yönteminin çözümü, çözüm adayı olarak başlangıç popülasyonuna eklenmiştir. Öncelikli YAK algoritması, iyi çözüm adayı eklenmeden çalışan YAK algoritmasına göre çok daha kısa süre çalıştırılmıştır. Buna rağmen, daha iyi sonuca ulaşmıştır.

Uygulanan tüm yöntemlerin, en iyi çözümü bulan LP sonucuna ne kadar yaklaştığı Tablo 3.4’de gösterilmiştir. Buna göre, Tablo 3.5’te de görmüş olduğumuz gibi LP den sonra en iyi sonucu veren Öncelikli YAK algoritmasının %8 oranıyla LP çözümüne yaklaştığını görüyoruz.

Tablo 3.5. Öncelikli YAK, YAK algoritmasının ve tüm sezgisel yöntemlerin vermiş olduğu sonuçların Karma Tamsayı LP sonucuna yaklaşma yüzdeleri

	LP	Öncelikli YAK	YAK	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Senaryo-1	272	6%	52%	8%	8%	12%	71%	49%	9%	445%	16%	15%	467%	14%
Senaryo-2	319	18%	59%	56%	54%	43%	82%	92%	56%	168%	44%	45%	199%	44%
Senaryo-3	314	4%	6%	7%	5%	18%	28%	12%	7%	108%	11%	11%	78%	62%
Senaryo-4	464	4%	18%	27%	8%	13%	22%	10%	27%	125%	15%	15%	73%	56%
Senaryo-5	309	3%	11%	21%	20%	4%	48%	52%	21%	385%	4%	4%	313%	5%
Senaryo-6	560	15%	38%	33%	16%	34%	90%	41%	33%	284%	37%	37%	358%	15%
Senaryo-7	399	2%	15%	5%	3%	5%	109%	37%	5%	266%	5%	5%	292%	6%
Senaryo-8	566	9%	12%	26%	13%	17%	48%	13%	26%	290%	20%	20%	86%	11%
Ortalama Yaklaşma		8%	26%	23%	16%	18%	62%	38%	23%	259%	19%	19%	233%	27%

Sezgisel yöntemlerden Sezgisel-7 (S7), Sezgisel-10 (S10) ve LP yönteminden en uzak çözümleri bulmuş olan yöntemler olarak görülmektedir. Her iki sezgisel yöntemde de çizelgeleme işlemleri müşteriden kabul kamyonuna doğru gitmektedir. Bu şekilde

ilerleyen sezgisel yöntemler de sonuçlar kabul kamyonundan müşteriye doğru çizelgelenen yöntemlere göre daha kötü sonuçlar vermektedir.

Tablo 3.6. Farklı veri setleri için farklı senaryoların Karma Tamsayılı LP, Öncelikli YAK, Yak ve tüm sezgisellerle vermiş olduğu sonuçların t-test sonuçları

	LP	Ö. YAK	YAK	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
LP		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ö. YAK	0,016		1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
YAK	0,005	0,007		0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
S1	0,007	0,008	0,816		0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
S2	0,015	0,082	0,080	0,055		0	1	1	0	1	0	0	1	0
S3	0,010	0,008	0,170	0,170	0,360		1	0	0	1	0	0	1	0
S4	0,002	0,003	0,013	0,019	0,009	0,007		1	1	1	1	1	1	0
S5	0,003	0,005	0,099	0,173	0,006	0,050	0,041		0	1	0	0	1	0
S6	0,007	0,008	0,819	0,351	0,053	0,166	0,019	0,174		1	0	0	1	0
S7	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001		1	1	0	1
S8	0,013	0,012	0,233	0,256	0,292	0,315	0,007	0,068	0,250	0,001		0	1	0
S9	0,014	0,013	0,237	0,238	0,295	0,332	0,007	0,067	0,233	0,001	0,685		1	0
S10	0,004	0,004	0,005	0,006	0,005	0,005	0,007	0,006	0,006	0,454	0,005	0,005		1
S11	0,013	0,067	0,962	0,845	0,270	0,463	0,085	0,487	0,847	0,002	0,575	0,571	0,011	

Eşleşmiş t-test yönteminde $\alpha=0.05$ olarak kullanılmıştır. Küçük boyutlu bir problem olduğu için bazı yöntemlerin birbirinden farksız gibi bir sonuç çıkmıştır. Özellikle LP ve Öncelikli YAK yöntemlerinin, sezgisellerden ise Sezgisel-4, Sezgisel-7 ve Sezgisel-10 un istatistiksel olarak farklı olduğu görülmektedir.

3.2. Farklı senaryolar için aynı veri seti kullanılarak Karma Tamsayılı LP, YAK algoritması ve sezgisel yöntemlerle bulunan çözümlerin karşılaştırılması

Çalışmada, Tablo 3.2'deki değerler doğrultusunda sekiz farklı senaryoda çözümleri bulunmak üzere bir veri seti kullanılmıştır. Tüm senaryoların aynı veri setine vermiş oldukları sonuçlar değerlendirilmiştir. Oluşturulan problemde, 3 kabul kamyonu, 4 sevkiyat kamyonu, 4 ürün çeşidi ve 5 müşteri bulunmaktadır. LP yönteminin sonuç verebileceği boyutta bir problem oluşturulmuştur.

Tüm yöntemlerin vermiş olduğu sonuçlar ve ortalama çalışma süreleri Tablo 3.7'de yer almaktadır. Buna göre en iyi sonucu LP optimizasyon yöntemi vermiş olup ona en yakın sonucu Öncelikli YAK algoritması yöntemi vermiştir. Sezgisel yöntemlerin diğer yöntemlere göre en büyük farkı ise çok kısa sürede sonuca ulaşmasıdır.

Tablo 3.7. Aynı veri seti için farklı senaryoların Karma Tamsayılı LP, Öncelikli YAK, Yak ve tüm sezgisellerle vermiş olduğu sonuçlar

	LP	Ö. YAK	YAK	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Senaryo-1	202	217	222	307	231	348	251	261	251	621	242	231	762	241
Senaryo-2	295	349	374	490	419	502	442	483	442	723	464	419	1041	459
Senaryo-3	459	523	562	709	585	788	605	615	605	1295	596	585	1494	595
Senaryo-4	631	705	728	892	773	942	796	837	796	1397	818	773	1773	813
Senaryo-5	263	315	302	532	331	648	388	398	388	1346	342	331	1612	341
Senaryo-6	425	454	514	715	519	802	579	620	579	1448	564	519	1891	559
Senaryo-7	554	631	695	934	685	1088	742	752	742	2020	696	685	2344	695
Senaryo-8	743	812	924	1117	873	1242	933	974	933	2122	918	873	2623	913
Ortalama Çalışma Süresi(sn)	10000	7200	40000	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

En iyi çözüme en yakın sonucu veren sezgisel yöntem ise Sezgisel-2 (S2) dir. Tüm senaryolarda Sezgisel-2, sezgisel yöntemler arasında en iyi sonucu vermiştir. Sezgisel-2 de, en fazla ürün çeşidi taşıyan kabul kamyonu seçilip, seçilen kabul kamyonundaki ürünler miktarları bakımından azdan çoğa doğru sıralanır. Kabul kamyonundaki ürünler bu sıraya göre, sevkiyat kamyonuna kapasitesi dahilinde yüklenir. Eğer sevkiyat kamyonunun kapasitesi dolarsa, sevkiyat kapısındaki kamyon kapıdan ayrılır ve yeni sevkiyat kamyonu kapıya yaklaşır. Eğer seçilmiş olan kabul kamyonunda kalan ürün varsa, yeni sevkiyat kamyonuna yüklenmeye devam edilir. Eğer sevkiyat kamyonunun kapasitesi dolmadan, kabul kamyonundaki ürünler bitirse tekrar en fazla ürün çeşidini taşıyan kabul kamyonu seçilir ve yeni kamyon kabul kapısına yaklaşır. Sevkiyat kamyonu ürünleri aldıktan sonra müşterilere dağıtımına başlar. Ürün çeşidi ve miktarı bakımından sevkiyat kamyonu ile en fazla örtüşen müşteri seçilir. Sevkiyat kamyonundan ürünler müşteriye aktarılır ve tüm ürünler taşınana kadar aynı işlemler yapılır.

Tablo 3.8'de ise tüm yöntemlerle bulunan sonuçların en iyi sonucu veren LP yönteminin sonucuna yaklaşıma yüzdeleri görülebilmektedir. Her bir yöntemin tüm senaryolar için yaklaşıma ortalamalarına göre, %13 oranıyla en fazla Öncelikli YAK algoritmasının Karma Tamsayılı LP çözümüne yaklaştığını görüyoruz.

Tablo 3.8. Öncelikli YAK, YAK algoritmasının ve tüm sezgisel yöntemlerin vermiş olduğu sonuçların Karma Tamsayı LP sonucuna yaklaşma yüzdeleri

	LP	Ö. YAK	YAK	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Senaryo-1	202	7%	10%	52%	14%	72%	24%	29%	24%	207%	20%	14%	277%	19%
Senaryo-2	295	18%	27%	66%	42%	70%	50%	64%	50%	145%	57%	42%	253%	56%
Senaryo-3	459	14%	23%	55%	27%	72%	32%	34%	32%	182%	30%	27%	226%	30%
Senaryo-4	631	12%	15%	41%	23%	49%	26%	33%	26%	121%	30%	23%	181%	29%
Senaryo-5	263	20%	15%	102%	26%	146%	47%	51%	47%	411%	30%	26%	512%	29%
Senaryo-6	425	7%	21%	68%	22%	89%	36%	46%	36%	241%	33%	22%	345%	32%
Senaryo-7	554	14%	25%	69%	24%	96%	34%	36%	34%	265%	26%	24%	323%	25%
Senaryo-8	743	9%	24%	50%	17%	67%	26%	31%	26%	185%	24%	17%	253%	23%
Ortalama Yaklaşma		13%	20%	63%	24%	83%	34%	40%	34%	220%	31%	24%	296%	30%

Farklı veri setleri için en kötü sonuçları vermiş olan Sezgisel 7 ve Sezgisel 10 aynı veri setinin kullanılıp çözüm alındığı tüm senaryolarda da en kötü sonucu vermiştir. Sezgisel-2 yöntemi sezgisel yöntemler arasında LP çözüme en çok yaklaşan iken onu Sezgisel-8 ve Sezgisel-4 takip etmektedir.

Tablo 3.9. Aynı veri seti için farklı senaryoların Karma Tamsayı LP, Öncelikli YAK, Yak ve tüm sezgisellerle vermiş olduğu sonuçların t-test sonuçları

	LP	Ö. YAK	YAK	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
LP		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ö. YAK	<0,05		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
YAK	<0,05	<0,05		1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
S1	<0,05	<0,05	<0,05		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S2	<0,05	<0,05	0,327	<0,05		1	1	1	1	1	1	0	1	1
S3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		1	1	1	1	1	1	1	1
S4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		1	0	1	0	1	1	0
S5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		1	1	1	1	1	1
S6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		1	0	1	1	0
S7	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		1	1	1	1
S8	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,230	<0,05	0,230	<0,05		1	1	1
S9	<0,05	<0,05	0,327	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		1	1
S10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		1
S11	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,127	<0,05	0,127	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	

Eşleşmiş t-test istatistik yönteminde $\alpha=0.05$ olarak kullanılmıştır. Hemen hemen tüm yöntemlerin birbirinden farklı yöntemler olduğu Tablo 3.9'da da görülmektedir.

3.3. Sezgisel Yöntemlerin Değerlendirilmesi ve Karşılaştırılması

Çalışmada on bir farklı sezgisel yöntem geliştirilmiştir. Bazı sezgisel yöntemler oluşturulurken, çizelgeleme kabul kamyonundan müşteriye doğru ilerlerken, bazılarında ise müşteriden kabul kamyonuna doğru gitmektedir.

Bu kısımda, sezgisel yöntemlerin çok sayıda veri seti ile çalıştırılarak performansları karşılaştırılmıştır. Kabul kamyonu sayısı, sevkiyat kamyonu sayısı, müşteri sayısı, ürün sayısı ve ürün çeşidi sayısı ve çapraz sevkiyat merkezinin müşterilere olan uzaklığı ile müşterilerin birbirlerine olan uzaklıkları oluşturulurken Tablo 3.2'deki değer aralıkları göz önünde bulundurulmuştur. Senaryo sayısı ise bu kısımda daha fazladır. Senaryolar oluşturulurken Tablo 3.10'daki değerler kullanılmıştır.

Tablo 3.10. Senaryo parametreleri ve değer aralıkları

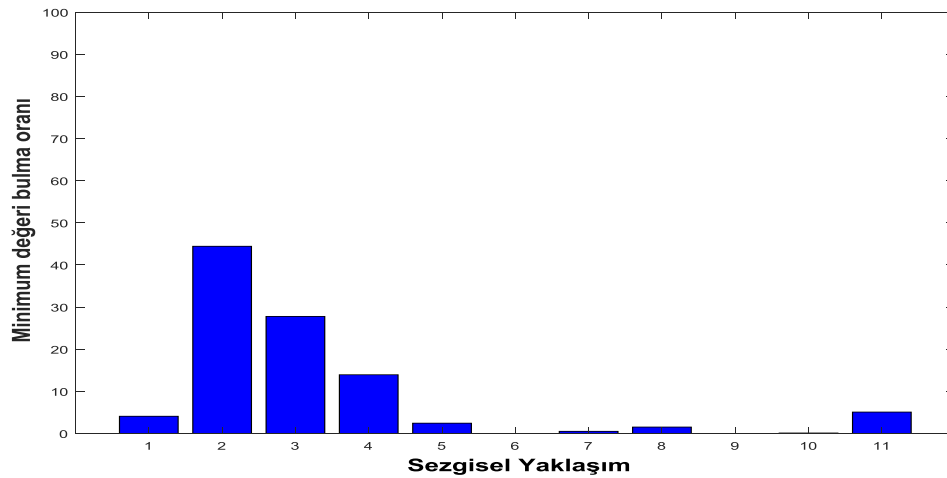
Parametre	Açıklama	Kullanılan Değerler
<i>G</i>	Kamyon Değiştirmeden Kaynaklı Maliyetler	{5,25,75,100,250}
<i>UK</i>	Ürün katsayısı, rassal olarak üretilen ürün miktarları için belirlenen katsayı değerleri	{0.1,0.5,1,2,10}
<i>UZ</i>	Uzaklık Katsayısı	{0.1,0.5,1,2,10}

Her bir parametre için 5 farklı değer verilmiştir. Dolayısıyla 125 farklı senaryo oluşmaktadır. Çalışmada 125 farklı senaryo 250 farklı veri seti için sezgisel yöntemler kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir. Her bir senaryo için 250 farklı veri setinin sonuçları ortalaması dikkate alınmıştır. 125 farklı senaryo 250 veri seti için çalışıldığında toplamda 31250 farklı durum için her bir sezgisel sonuç bulmuş olmaktadır. Tablo 3.11'de her bir sezgiselin tüm durumlar içinde en düşük maliyeti bulma sayıları ve oranları görülmektedir.

Tablo 3.11. Her bir sezgiselin en düşük maliyeti bulma sayıları ve oranları

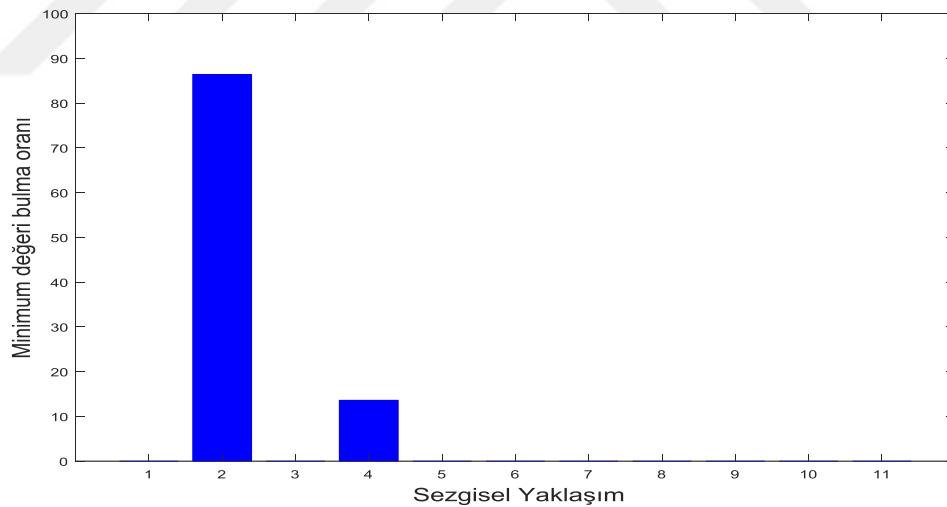
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Bulma Sayısı	1250	13750	8750	4375	626	0	313	626	0	0	1560
Bulma Yüzdesi	4	44	28	14	2	0	1	2	0	0	5

Tablo 3.11'de de görüldüğü gibi Sezgisel-6, Sezgisel-9 ve Sezgisel-10 hiçbir zaman en düşük maliyeti bulmamıştır. Bu durum iki sebepten kaynaklanabilmektedir. Birincisi, kendisinden önceki sezgiselde de aynı sonuç bulunmuş ise sayaç iyi maliyet verme sayısını önceki sezgisel vermiştir ve dolayısıyla bu sezgisel iyi sonuç vermemiş gibi görünmektedir. İkinci sebep ise, sezgisel yöntem diğerlerine göre her zaman kötü sonuç vermektedir.



Şekil 3.1. Her bir sezgiselin en düşük maliyeti bulma yüzdeleri

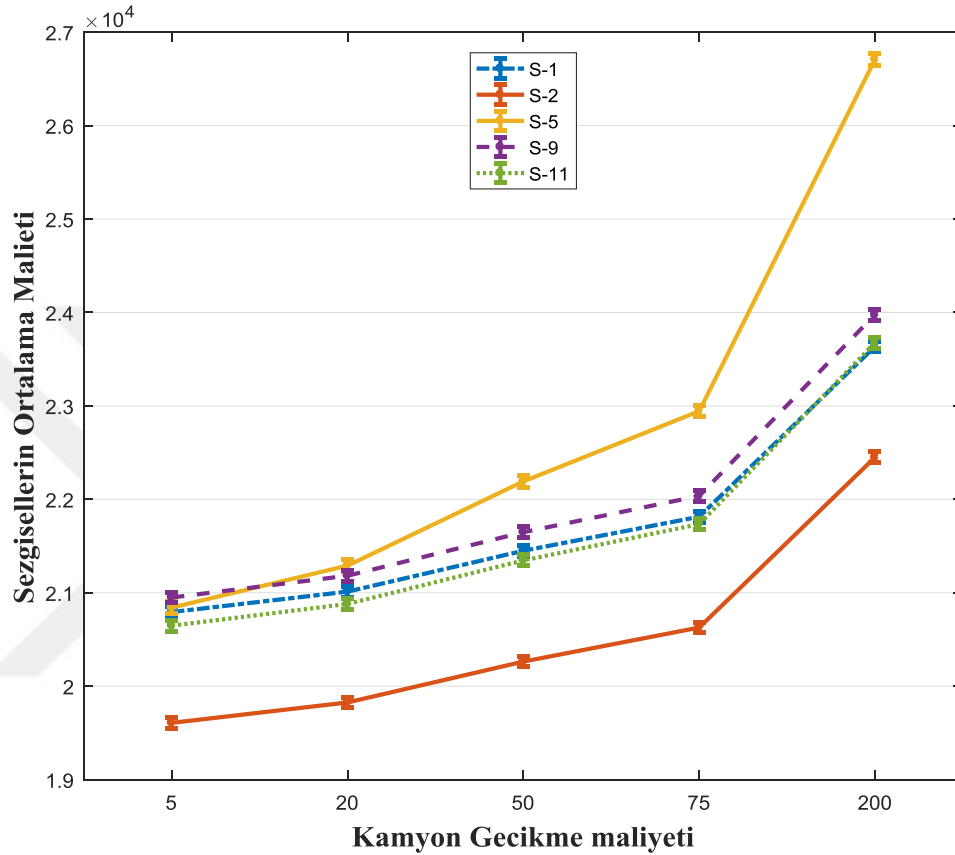
Şekil 3.1’de de 125x250 farklı durum için minimum maliyet verme yüzdeleri bar grafiği ile gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Her bir sezgiselin en düşük ortalama maliyeti bulma yüzdeleri

Tüm veri setlerini, yani 250 farklı veri setini ayrı ayrı değerlendirmeye aldığımızda sekiz sezgisel minimum değer bulabilirken, sadece senaryolar bazında düşünüldüğünde bu oranlar değişmektedir. Her bir senaryonun 250 veri setinde bulunduğu değerlerin ortalaması alınarak 125 senaryo durumu için minimum maliyeti bulma durumu karşılaştırılırsa Şekil 3.2’deki gibi bir sonuç elde edilmektedir. Sezgisel-2 ve Sezgisel-4 ortalama minimum maliyetlere ulaşan iki sezgiseldir.

Sezgisellerin bulmuş olduğu maliyetler üzerinde kamyon değiştirme maliyetinin, ürün katsayısının ve uzaklık katsayılarının etkisi de araştırılmıştır. Bu etkenler altında bazı sezgisel yöntemlerin ortalama maliyet sonuçları grafiklerle karşılaştırılmıştır.

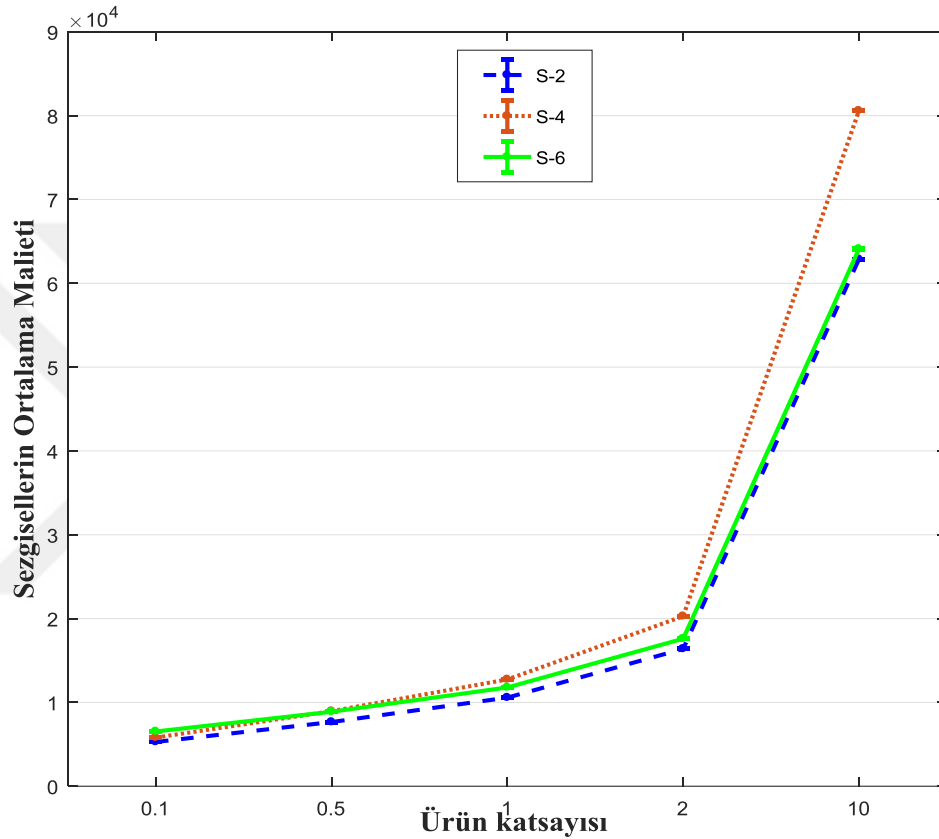


Şekil 3.3. Kamyon Gecikme Maliyetinin Ortalama Maliyet Üzerindeki Etkisi

Kamyon gecikme maliyetinin, beş farklı sezgisel yöntemin elde etmiş olduğu maliyet değerlerine etkisi Şekil 3.3'te görüldüğü gibidir. Sezgisel-1, Sezgisel-2, Sezgisel-5, Sezgisel-9 ve Sezgisel-11 kamyon gecikme maliyeti arttıkça daha yüksek ortalama maliyet elde etmiştir. Kamyon gecikme maliyeti değişiminden en fazla etkilenenin Sezgisel-5 olduğu görülmektedir. Kamyon gecikme maliyeti 5 iken Sezgisel-5'in bulunduğu ortalama maliyet değeri Sezgisel-9'dan daha düşük iken kamyon gecikme maliyeti arttıkça Sezgisel-5'in bulunduğu maliyet değeri çok fazla artmıştır ve Sezgisel-9'a göre çok daha yüksek bir maliyet bulmuştur. Kamyon gecikme maliyetinin her değerinde minimum maliyeti bulan değişmemiş olup Sezgisel-2'dir. Sezgisel-11, kamyon gecikme maliyeti 5 iken Sezgisel-1'den daha düşük ortalama maliyeti bulmuş

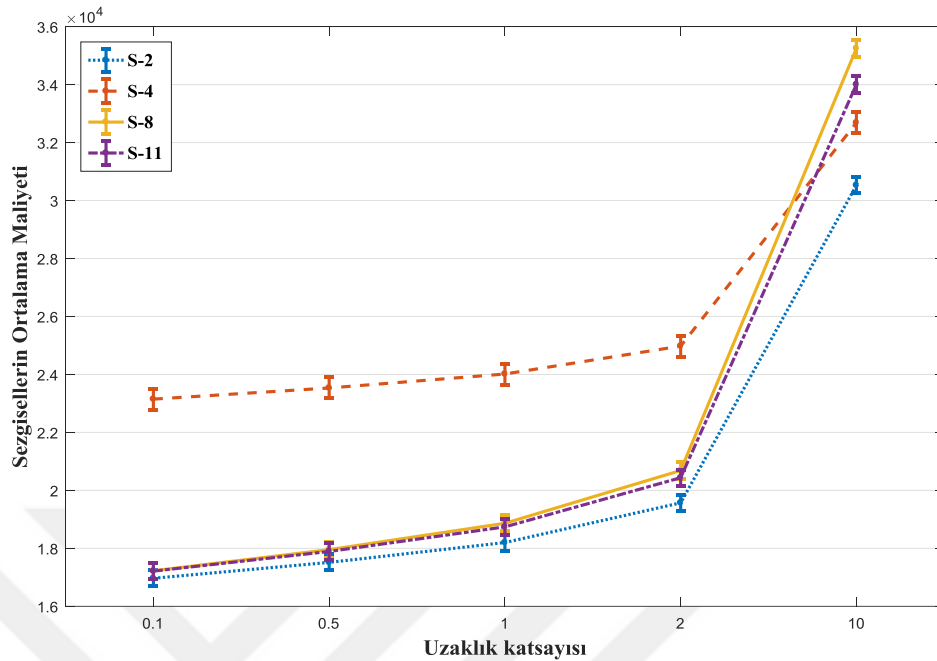
olsa da, kamyon gecikme maliyeti 200 olduğunda Sezgisel-1'den daha kötü sonuç elde etmiştir.

Bu durumda, Şekil 3.3'te de görüldüğü gibi kamyon gecikme maliyetinden en fazla etkilenen sezgisel yöntemlerin Sezgisel-5 ve Sezgisel-11 olduğu görülmektedir.



Şekil 3.4. Ürün Katsayısının Ortalama Maliyet Üzerindeki Etkisi

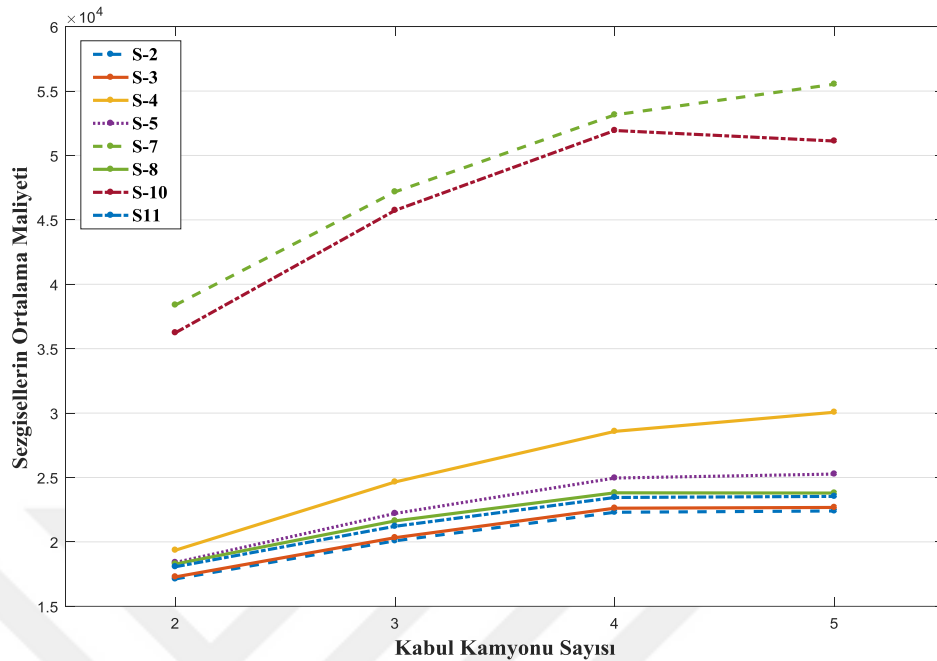
Ürün katsayısının ortalama maliyet üzerindeki etkisini birkaç sezgisel yöntemin sonuçlarına göre oluşturulan Şekil 3.4'te gösterilmiştir. Tüm sezgisel yöntemlerde ürün katsayısı arttıkça elde edilen ortalama maliyet değeri de artmaktadır. Fakat bazı sezgisel yöntemler bu değişimden daha fazla etkilenmektedir. Şekil 3.4'te de görüldüğü gibi en iyi sonucu veren Sezgisel-2 ürün katsayısı arttıkça elde ettiği ortalama maliyet değeri de artmıştır. Fakat her durumda minimum değeri bulmayı başarmıştır. Sezgisel-4 ürün katsayısı 0.1 iken Sezgisel-6'dan daha iyi sonuç verirken ürün katsayısı arttıkça daha kötü sonuçlar elde etmiştir.



Şekil 3.5. Uzaklık Katsayısının Ortalama Maliyet Üzerindeki Etkisi

Farklı uzaklık katsayılarının, bazı sezgisel yöntemler üzerindeki etkisi Tablo 3.5'te gösterilmektedir. Uzaklık katsayısı arttıkça, tüm sezgisel yöntemlerin bulmuş olduğu ortalama maliyet değerleri de artmaktadır. Bazı sezgisel yöntemler bundan az etkilenirken bazıları çok etkilenmektedir. Tablo 3.5'te da görüldüğü gibi en iyi sonucu veren Sezgisel-2 yöntemi, uzaklık katsayısı değeri artışından etkilenmiş olup, bulunduğu ortalama maliyet değeri artış gösterirken yine de en minimum değeri buluyor olması değişmemiştir. Küçük uzaklık katsayısı değerlerinde Sezgisel-8 ve Sezgisel-11, Sezgisel-4 ten çok daha iyi sonuçlar elde ederken, uzaklık katsayısı artışından çok fazla etkilenmiş olup buldukları ortalama maliyet değerleri Sezgisel-4 e göre çok artmıştır. Bu durumda, Sezgisel-8 ve Sezgisel-11'in uzaklık katsayısı artışından çok etkilendikleri söylenebilir.

Çalışmada maliyet hesabı yapılırken kabul kamyonu-sevkiyat kamyonu çizelgesi ve sevkiyat kamyonlarının müşterilere ürün dağıtımında kullanacağı rota kullanılmaktadır. Dolayısıyla, kabul kamyonu sayısı, sevkiyat kamyonu sayısı, ürün çeşidi sayısı ve müşteri sayısı değişiminin de ortalama maliyet hesabına etkisi incelenmiştir.



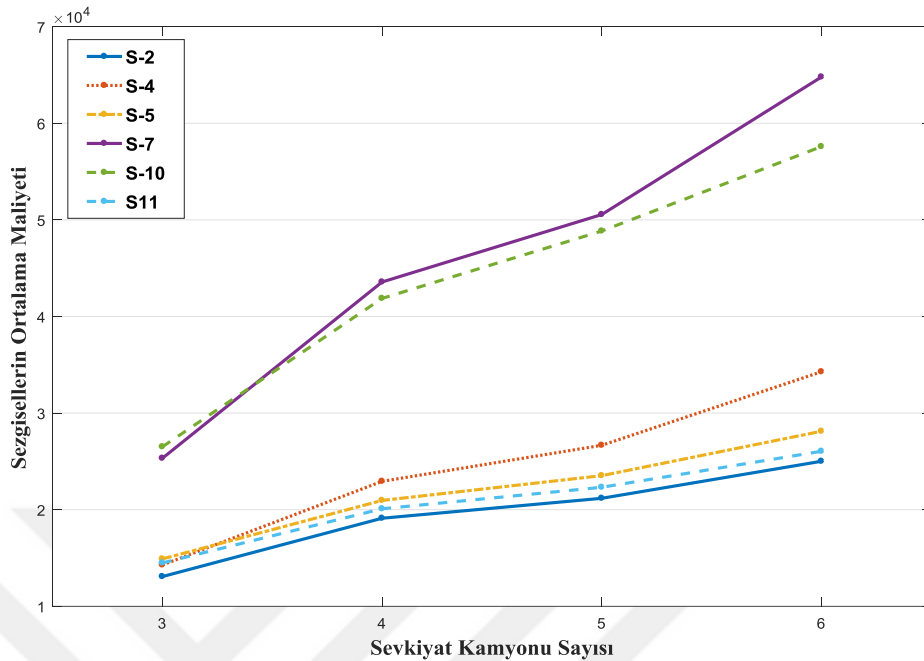
Şekil 3.6. Kabul Kamyonu Sayısının Ortalama Maliyet Üzerindeki Etkisi

Tüm sezgisel yöntemlerde, kabul kamyonu sayısı arttıkça elde edilen ortalama maliyet artmaktadır. Şekil 3.6’da da görüldüğü gibi Sezgisel-2, Sezgisel-3, Sezgisel-5, Sezgisel-8 ve Sezgisel-11 kabul kamyonu sayısı artışından daha az etkilenirken Sezgisel-4, Sezgisel-7 ve Sezgisel-10 daha fazla etkilenmiştir.

Kamyon sayısı artışı, kabul kamyonu-sevkiyat kamyonu eşleşmesi sayısını artırabileceğinden, sezgisel yöntemlerin bulmuş olduğu ortalama maliyet değerleri de artış göstermektedir.

Sevkiyat kamyonu sayısının artışının ortalama maliyet değerlerini nasıl etkilediği Şekil 3.7’de görülmektedir. Kabul kamyonu sayısının artışındaki aynı mantık sebebiyle, sevkiyat kamyonu sayısı arttıkça elde edilen ortalama maliyet değeri de artmıştır.

Sezgisel-4 ve Sezgisel-7 sevkiyat kamyonu sayısı artışından daha fazla etkilenmiş durumdadır. Küçük sevkiyat kamyonu sayısı Sezgisel-4, Sezgisel-5 ve Sezgisel-11 den daha iyi sonuç vermiş olmasına rağmen, sevkiyat kamyonu sayısı artışıyla Sezgisel-5 ve Sezgisel-11’in gerisinde kalmıştır. Sevkiyat kamyonu sayısı ne olursa olsun minimum ortalama maliyet değerini Sezgisel-2 vermiştir.

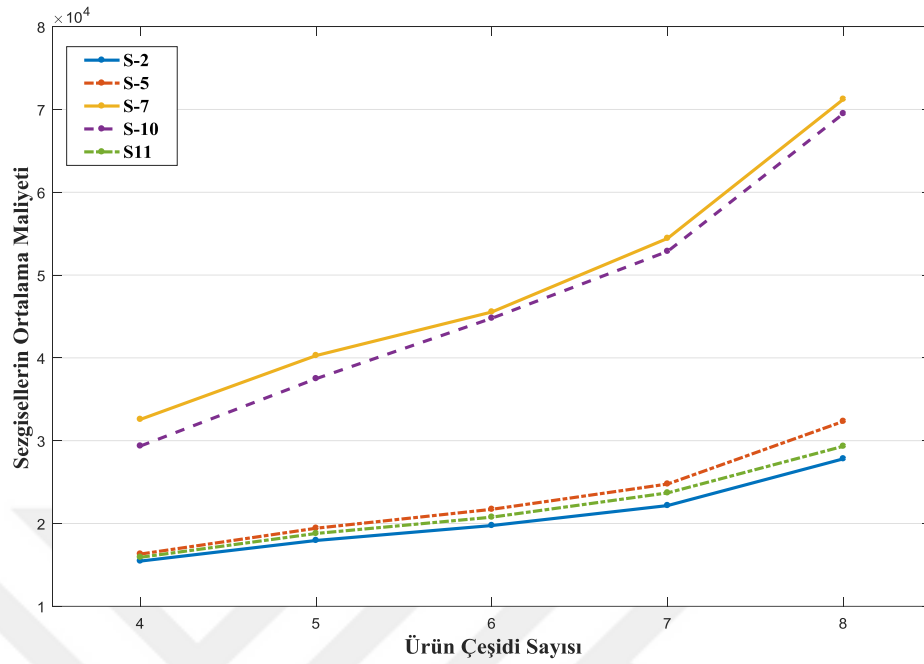


Şekil 3.7. Sevkiyat Kamyonu Sayısının Ortalama Maliyet Üzerindeki Etkisi

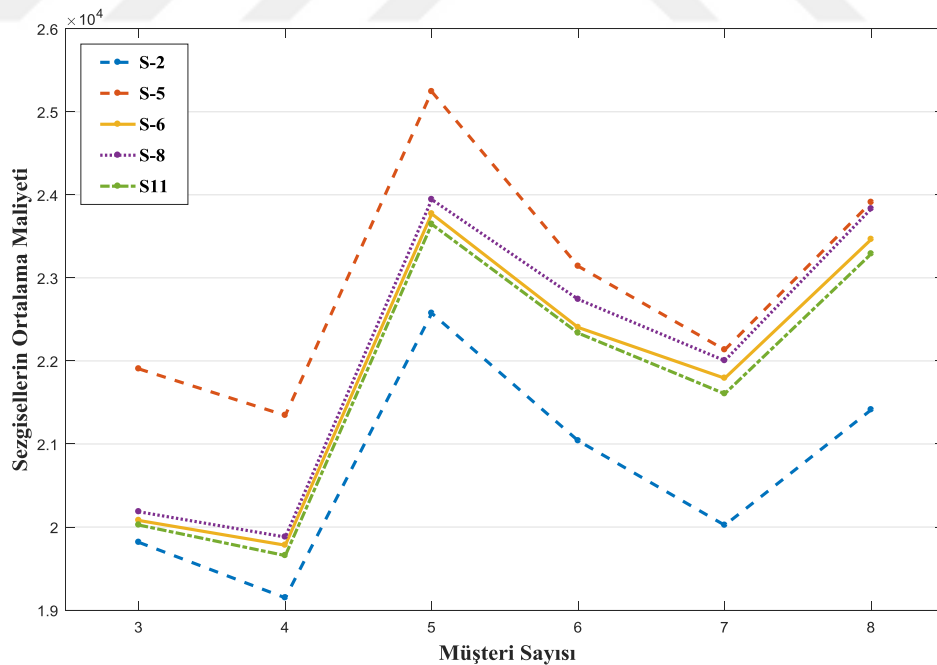
Ürün çeşidi miktarı da maliyet hesabında kullanılan bir diğer parametredir. Doğrudan etkisi olmasa da dolaylı olarak maliyeti ciddi şekilde etkilemektedir. Aslında, herhangi iki ürünün maliyet hesabında bir farkı yoktur, fakat kabul kamyonunun getirmiş olduğu ürün çeşidi ve sayıları ile müşterinin talep etmiş olduğu ürün çeşidi ve sayıları, sevkiyat kamyonunun hangi ürünü hangi kabul kamyonundan alıp hangi müşteriye taşıyacağı kararı maliyet hesabına etki etmektedir. Şekil 3.8’de ürün çeşidi sayısının ortalama maliyet üzerindeki etkisi gösterilmiştir.

Sezgisel yöntemlerin bulmuş olduğu ortalama maliyet değerleri, ürün çeşidi sayısı arttıkça artmaktadır. Minimum ortalama maliyet değerini veren Sezgisel-2, ürün çeşidi sayısı artsa da minimum maliyeti vermeye devam etmiştir. Sezgisel-7 ve Sezgisel-10 ürün çeşidi sayısı artışından en fazla etkilenen sezgisel yöntemler olmuşlardır.

Müşteri sayısının artışı, ortalama maliyet hesabını etkileyen bir diğer unsurdur. Müşteri sayısı artarsa, sevkiyat kamyonlarının daha fazla müşteriye ürün taşınması gerekecektir. Dolayısıyla, taşımadan kaynaklı olarak maliyet hesabında bir artış gözlemlenebilecektir. Şekil 3.9 müşteri sayısındaki değişimin ortalama maliyet değerlerine etkisini göstermektedir.



Şekil 3.8. Ürün Çeşidi Sayısının Ortalama Maliyet Üzerindeki Etkisi



Şekil 3.9. Müşteri Sayısının Ortalama Maliyet Üzerindeki Etkisi

Müşteri sayısındaki artış bazen ortalama maliyet değerlerini artırırken bazen de düşürmektedir. Müşteri sayısı 3 iken elde edilen ortalama maliyet değeri müşteri sayısı 4 iken ki maliyet değerinden daha düşüktür. Müşteri sayısı 8 iken ki tüm sezgisel

yöntemlerin bulmuş olduğu ortalama maliyet değeri, müşteri sayısı 5 iken bulmuş oldukları değerden daha küçüktür. Müşteri sayısındaki artışın, ortalama maliyet üzerinde ne tür bir etkisi olduğu net söylenememektedir.

Kabul kamyonu sayısı, Sevkiyat kamyonu sayısı, ürün çeşidi sayısı ve müşteri sayısı değişse de ortalama minimum değeri bulan sezgisel yöntem Sezgisel-2 olmuştur. Sevkiyat kamyonu-müşteri çizelgesi oluşturulurken kullanılan, en fazla örtüşeni eşleştirme yönteminin sevkiyat kamyonunun müşteriye ürünleri taşımamasından oluşan maliyeti düşürmüş olabilir. Bu sayede genellikle minimum ortalama maliyeti bulması sağlanmış olabilir.

3.4. YAK Algoritması İçin Matlab Uygulama Adımları

1. Başlangıç popülasyonu oluşturma

1.1. Başlangıç çözümü bulma

1.2. En iyi sonucu hafızada tutma

1.3. Tekrar

2. İşçi arıları besin kaynaklarına yerleştirme

2.1. Rastgele seçilen bir komşu ile noktasal değişiklik yapma ve çözüm adayını düzenleme

2.2. Yeni çözüm adayının sonucunu bulma

2.2.1. Eğer hafızada tutulan çözümden daha iyi bir çözüm ise en iyi çözüm olarak bu çözümü hafızada tutma

2.2.2. Aksi halde, eski çözüm adayını koruma

3. Gözcü arıları besin kaynaklarına yerleştirme

3.1. Rastgele seçilen bir komşu ile noktasal değişiklik yapma ve çözüm adayını düzenleme

3.2. yeni çözüm adayının sonucunu bulma

3.2.1. Eğer hafızada tutulan çözümden daha iyi bir çözüm ise en iyi çözüm olarak bu çözümü hafızada tutma

3.2.2. Aksi halde, eski çözüm adayını koruma

4. Limit değerinden fazla sayıda hafızadaki en iyi değerden daha iyi sonucu bulmadan kalan çözümler adaylarını bulma

4.1. Belirlenen oranını %10'dan az olmak kaydıyla kaşif arılar tarafından rassal olarak değiştirme

4.2. Yeni çözümler adayının sonucunu bulma

4.2.1. Eğer hafızada tutulan çözümden daha iyi bir çözümler ise en iyi çözümler olarak bu çözümler hafızada tutma

4.2.2 Çözümler adayını besin kaynağı olarak popülasyona ekleme

5. İterasyon sayısı kadar 2'den itibaren çalıştır ve hafızadaki en iyi sonucu problem sonucu olarak atama.



4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çapraz sevkiyat, tedarik zincirinde depolama maliyetlerini azaltan ve tedarik zincirinde ürün ve bilgi akışına hız kazandıran önemli bir stratejidir. Çalışmada, çapraz sevkiyat süreci araç çizelgeleme ve rotalama süreçleriyle bütünleşik bir şekilde ele alınmıştır. Bunun için matematiksel model geliştirilmiştir. Problem boyutu büyük olduğu için ve problemin karma tamsayılı bir problem olmasından dolayı problem çözümü sezgisel ve meta sezgisel yöntemler kullanılmıştır. Meta sezgisel yöntem olarak Yapay Arı Kolonisi Algoritması kullanılmıştır. Çalışmada, ele alınan algoritma Matlab yardımıyla çözülmüştür.

Büyük boyutlu problemlerde meta sezgisel yöntemin çözüm bulması çok uzun süre alır. Dolayısıyla çözüme sadece birkaç saniye içerisinde ulaşan sezgisel yöntemler geliştirilmiştir. Bu sezgisel yöntemlerin iyi sonuçları Yapay arı kolonisi algoritmasına başlangıç çözümü olarak eklenip daha kısa süre çalıştırılarak daha iyi sonuçlara ulaşılabilmektedir.

Kabul kamyonları, sevkiyat kamyonları ve müşterilerden oluşan tedarik zinciri parçası problemi için ortalama maliyetin minimize edilmesi amaçlanmıştır. Kamyon değiştirmeden kaynaklı gecikme maliyetinin, ürün sayısının, çapraz sevkiyat merkezinin müşterilere uzaklıklarının ve müşterilerin birbirlerine olan uzaklıklarının ortalama maliyet üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ayrıca, kabul kamyonu sayısının, sevkiyat kamyonu sayısının, ürün çeşidi sayısının ve müşteri sayısının ortalama maliyete etkisi incelenmiştir.

Kabul kamyonları sayısı, sevkiyat kamyonu sayısı ve ürün çeşidi sayısı arttıkça ortalama maliyet artarken, müşteri sayısındaki artışın ortalama maliyet üzerindeki

etkisinin aynı olmadığı görülmüştür. Müşteri sayısı arttıkça, ortalama maliyet artabildiği gibi bazen de azalmaktadır.

Bu çalışmada tüm ürünlerin özdeş olduğu varsayılmıştır. Yani ürünlerin kamyonlara indirme bindirme sürelerinin eşit olduğu ve boyutlarının eşit olduğu düşünülmüştür. Ürünler ağırlıklandırılarak, ürünlerin boyutlarının ve ürünlerle ilgili işlem sürelerinin farklı olduğu düşünülerek farklı çalışmalar yapılabilir.



KAYNAKLAR

1. Boysen,N.,2010. Truck scheduling at zero-inventory crossdocking terminals. **Computers & Operations Research**, **37**, 32-41.
2. Liao,C.,Lin,Y.,Shih,S.,2010. Vehicle routing with cross-docking in the supply chain. **Expert Systems with Applications** **37**, 6868–6873.
3. Agustina,D.,Lee,C.K.M.,Piplani,R.,2014. Vehicle scheduling and routing at a cross docking center for food supply chains. **Int. J. Production Economics** **152**, 29-41.
4. Soltani,R., Sadjadi,S.J.,2010. Scheduling trucks in cross-docking systems: A robust meta-heuristic approach. **Transportation Research Part E** **46**, 650–666.
5. Santos,F.A.,Mateus,G.R.,Cunha,A.S.,2013. Pickup and Delivery Problem with Cross-Docking. **Computers&Operations Research** **40**, 1085-1093.
6. Morais,V.,Mateus,G.,Noronha,T.,2014. Iterated local search heuristics for the Vehicle Routing Problem with Cross-Docking. **Expert Systems with Applications** **41**, 7495-7506.
7. Bellanger,A., HAnafi,S., Wilbaut,C.,2013. Three-stage hybrid-flowshop model for cross-docking. **Computers & Operations Research**, **40**, 1109-1121.
8. Lee,Y.H., Jung,J.W.,Lee,K.M.,2006. Vehicle routing scheduling for cross-docking in the supply chain. **Computers & Industrial Engineering** **51**, 247–256.
9. Larbi,R., Alpan,G., Baptiste,P., Penz,B.,2010. Scheduling cross docking operations under full, partial and no information on inbound arrivals. **Computers& Operations Research** **38**, 889-900.
10. Küçüköğlü,İ., Öztürk,N., 2013. Simulated annealing approach for transportation problem of cross-docking network design. **Procedia - Social and Behavioral Sciences** **109**, 1180 – 1184.
11. Hosseini,S.D.,Shirazi,M.A.,Karimi,B.,2014. Cross-docking and milk run logistics in a consolidation network:A hybrid of harmony search and simulated annealing approach. **Journal of Manufacturing Systems** **33**, 567-577.
12. Alpan,G., Larbi,R.,Penz,B.,2010. A bounded dynamic programming approach to schedule operations in a cross docking platform. **Computers & Industrial Engineering** **60**, 385–396.

13. Arabani,A.R.B., Ghomi,S.M.T.F., Zandieh M.,2011. Meta-heuristics implementation for scheduling of trucks in a cross-docking system with temporary storage. **Expert Systems with Applications 38**, 1964-1979.
14. Isfahani,M.M.,Moghaddam,R.T.,Naderi,B.,2014. Multiple cross-docks scheduling using two meta-heuristic algorithms. **Computers & Industrial Engineering 74**, 129-138.
15. Konur,D., Golias,M.M.,2013. Analysis of different approaches to cross-dock truck scheduling with truck arrival time uncertainty. **Computers & Industrial Engineering 65**, 663-672.
16. Kuo,Y.,2013. Optimizing truck sequencing and truck dock assignment in a cross docking system. **Expert Systems with Applications 40**, 5532-5541.
17. Mostashami,A., Tavana,M.,Arteaga,F.J.S.,Najafabadi,A.F.,2015. A novel multi-objective meta-heuristic model for solving cross-docking scheduling problems. **Applied Soft Computing, 31**, 40-47.
18. Apte,U.M.,Viswanathan,S.,2000. Effective Cross Docking for Improving Distribution Efficiencies. , International Journal of Logistics Research and Applications : **A Leading Journal of Supply Chain Management, 3(3)**, 291-302.
19. Waller,M.A.,Cassady,C.R.,Ozment,J.,2005. Impact of cross-docking on inventory in a decentralized retail suooly chain. **Transportation Research Part E 42**, 359–382.
20. Yan,H.,Tang,S.,2009. Pre-distribution and post-distribution cross-docking operations. **Transportation Research Part E 45**, 843–859.
21. Prot,D.,Rapine,C.,2013. Approximations fort he Two-Machine Cross-Docking Flow Shop Problem. **Discrete Applied Mathematics 161**, 2107-2119.
22. Yu,W.,Egbelu,P.J., 2008. Scheduling of inbound and outbound trucks in cross docking systems with temporary storage. **European Journal of Operational Research 184**, 377–396.
23. Santos,F.A., Mateus,G.R.,Cunha,A.S. 2011. A Branch-and-price algorithm for a Vehicle Routing Problem with Cross-ocking. **Electronic Notes in Discrete Mathematics 37**, 249-254.

24. Mousavi,S.M., Moghaddam,R.T.,2013. A hybrid simulated annealing algorithm for location and routing scheduling problems with cross-docking in the supply chain. **Journal of Manufacturing Systems 32**, 335-347.
25. Dondo,R.,Cerdeira,J.,2013. A sweep-heuristic based formulation for the vehicle routing problem with cross-docking. **Computers and Chemical Engineering 48**, 293-311.
26. Musa,R.,Arnaout,J.P.,Jung,H.,2010. Ant colony optimization algorithm to solve for the transportation problem of cross-docking network. **Computers&Industrial Engineering 59**, 85-92.
27. Miao,Z.,Cai,S., Xu,D.,2014. Applying an adaptive tabu search algorithm to optimize truck-dock assignment in the crossdock management system. **Expert Systems with Applications 41**, 16-22.
28. Chen,F.,Lee,C.Y.,2009. Minimizing the makespan in a two machine cross-docking flow shop problem. **European Journal of Operational Research 193**, 59–72.
29. Liao,T.W.,Egbelu,P.J.,Chang,P.C.,2012. Simultaneous dock assignment and sequencing of inbound trucks under a fixed outbound truck schedule in multi-door cross docking operations. **Int. J. Production Economics 141**, 212-229.
30. Vogt,J.J.,2010. The successful cross-dock based supply chain. **Journal of Business Logistics**, 31(1).
31. Alpan,G.,Ladier,A.L.,Larbi,R.,Penz,B.,2010. Heuristic solutions for transshipment problems in a multiple door cross docking warehouse. **Computers& Industrial Engineering 61**, 402-408.
32. Buijs,P.,Vis,I.F.A.,Carlo,H.J.,2014. Synchronization in cross-docking networks: A research classification and framework. **European Journal of Operational Research 239**, 593-608.
33. Belle,J.V.,Valckenaers,P.,Berghe,G.V.,Cattrysse,D.,2013. A tabu search approach to the truck scheduling problem with multiple docks and time Windows. **Computers & Industrial Engineering 66**, 818-826.
34. Assadi,M.,Bagheri, M.,2016. Differential evolution and Population-based simulated annealing for truck scheduling problem in multiple door cross-docking systems. **Computers & Industrial Engineering 96**, 149–161.

35. Arabani,A.B.,Zandieh,M.,Ghomi,S.M.T.F.,2011. Multi-objective genetic-based algorithms for a cross-docking scheduling problem. **Applied Soft Computing** **11**, 4954-4970.
36. Karaboğa,C. Baştürk,B.,2008. On the performance of artificial bee colony (ABC) algorithm. **Applied Soft Computing** **8**, 687-697.
37. Karaboğa,D.,Akay,B.,2009. A comparative study of artificial Bee Colony Algorithm. **Applied Mathematics and Computation** **214**, 108–132.
38. Karaboğa,D.,2009. Artificial bee colony Algorithm. http://scholarpedia.org/article/Artificial_bee_colony_algorithm. (Erişim Tarihi: Ekim,2017).
39. Eker,Ö.,2006. Lojistik yönetimi ve tedarik zinciri lojistiği performans artırılması. İstanbul teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul,114s.
40. Özdemir, A.İ., 2004. Tedarik zinciri yönetiminin gelişimi, süreçleri ve yararları. **Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı: 23**, 87-96.
41. Yıldız,S.K.B.,2008. Lojistik Yönetiminde Milkrun Planlaması ve Çapraz Sevkiyat Uygulaması. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,Kocaeli,79s.
42. Croxton,K.L.,Dastugue,S.J.G.,Lambert,D.M.,Rogers,D.S.,2001. The supply shain management processes. **The International Journal of Logistics Management**, Vol.12 Issue:2, pp.13-36.
43. Assadi,M.T.,Bagheri,M.,2017. Differential Evolution and Population-Based Simulated Annealing For Truck Scheduling Problem In Multiple Door Cross-Docking System, **Computers& Industrial Engineering** **96**, 149-161.
44. Khan,H.,Hussainy,S.K.,Khan,K.,Khan,E.,Sharif,M.,Tariq,S.,2017. The Implications of Cross-Docking in the Manufacturing Sector of Pakistan. **International Journal of Supply Chain Management**, 6, (3).
45. Zuluaga, J.P.S., Thiell, M., Perales, R.C., 2017. Reverse Cross-docking. **Omega** **66**, 48-57.
46. Roudbaneh,A.G.,Keshteli,M.H.,Paydar,M.M.,2017. Developing a lower bound andstrong heuristic for a truck scheduling problem in a cross-docking center. **Knowledge-Based Systems** **129**, 17-38.

47. Duan, Y., Yao, O., Zhang, X., Huo, J., 2016. The Good, The Bad and The Ugly: An Empirical Analysis of Crossdocking. <https://ssrn.com/abstract=2752083>.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Halime SOMTÜRK

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 15 Şubat 1988, Merkez/TOKAT

Medeni Durumu: Evli

Tel: +90 544 435 6061

E-mail: clkhalime@gmail.com

Yazışma Adresi: Gaziosmanpaşa Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
Endüstri mühendisliği Bölümü Taşlıçiftlik Kampüsü TOKAT

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Gaziantep Üniversitesi Endüstri Mühendisliği	2013
Lise	Tokat Cumhuriyet Lisesi TOKAT	2005

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2014-Halen	Gaziosmanpaşa Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi	Araştırma Görevlisi

YABANCI DİL

İngilizce