



**İSTANBUL MEDENİYET  
ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ PROGRAMI

**TESİS DÜZENLEME ALGORİTMALARININ  
PERFORMANS KARŞILAŞTIRILMASI:  
HAVA KARGO VAKA ÇALIŞMASI**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Dilek AKGEYİK

Eylül, 2018



**İSTANBUL MEDENİYET**

**ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ PROGRAMI

**TESİS DÜZENLEME ALGORİTMALARININ**

**PERFORMANS KARŞILAŞTIRILMASI:**

**HAVA KARGO VAKA ÇALIŞMASI**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Dilek AKGEYİK

Tez Danışmanı:

Dr. Öğretim Üyesi ELİF KARAKAYA

Eylül, 2018

## ONAY

İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans öğrencisi olan Dilek AKGEYİK'in hazırladığı ve jüri önünde savunduğu "Tesis Düzenleme Algoritmalarının Performans Karşılaştırılması: Hava Kargo Vaka Çalışması" başlıklı tez başarılı kabul edilmiştir.


### JÜRİ ÜYELERİ

#### **Tez Danışmanı:**

[Dr. Öğr. Ü. Elif KARAKAYA]

Kurumu: İstanbul Medeniyet Üniversitesi

### İMZA



#### **Üyeler:**

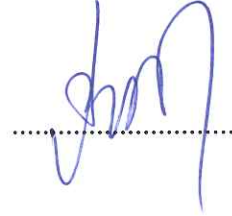
[Doç. Dr. Özlem ŞENVAR]

Kurumu: Marmara Üniversitesi



[Dr. Öğr. Ü. Ayşe Betül OKTAY]

Kurumu: İstanbul Medeniyet Üniversitesi



**Tez Savunma Tarihi:** 7 Eylül 2018

## ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

İstanbul Medeniyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü bünyesinde hazırladığım bu Doktora tezinin bizzat tarafımdan ve kendi sözcüklerimle yazılmış orijinal bir çalışma olduğunu ve bu tezde;

- 1- Çeşitli yazarların çalışmalarından faydalandığımda bu çalışmaların ilgili bölümlerini doğru ve net biçimde göstererek yazarlara açık biçimde atıfta bulunduğumu;
- 2- Yazdığım metinlerin tamamı ya da sadece bir kısmı, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmışsa bunu da açıkça ifade ederek gösterdiğimi;
- 3- Alıntılanan başkalarına ait tüm verileri (tablo, grafik, şekil vb. de dâhil olmak üzere) atıflarla belirttiğimi;
- 4- Başka yazarların kendi kelimeleriyle alıntıladığım metinlerini kaynak göstererek atıfta bulunduğum gibi, yine başka yazarlara ait olup fakat kendi sözcüklerimle ifade ettiğim hususları da istisnasız olarak kaynak göstererek belirttiğimi,

beyan ve bu etik ilkeleri ihlal etmiş olmam halinde bütün sonuçlarına katlanacağımı kabul ederim.

Dilek Akgeyik

[İmza]

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca değerli katkıları, yardımını ve özverisiyle bana yol gösteren değerli hocam Dr. Elif Karakaya'ya, hayatım boyunca aldığım tüm kararlarda bana güvenen, beni her anlamda destekleyen değerli aileme ve arkadaşlarıma göstermiş oldukları sabır ve sevgiden dolayı teşekkür ederim.

Eylül, 2018

Dilek AKGEYİK



# İÇİNDEKİLER

ONAY.....	i
ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI.....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
KISALTMALAR .....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ .....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT .....	x
1.GİRİŞ .....	1
2.HAVAYOLU KARGO TAŞIMACILIĞI.....	2
2.1.Havayolu Kargo Tanımı.....	2
2.2.Havayolu Kargo Taşımacılığı Tarihi .....	4
2.3.Havayolu Kargo Taşımacılığında Taşınan Ürünlerin Sınıflandırılması .....	5
2.3.1. Genel kargolar.....	5
2.3.2.Özel kargolar.....	5
2.3.2.1. Tehlikeli maddeler .....	5
2.3.2.2.Canlı hayvanlar .....	6
2.3.2.3. Değerli Kargolar.....	6
2.3.2.4. Cenaze .....	6
2.3.2.5. Ağır ve anormal ebatlı kargolar .....	6
2.3.2.6. Soğuk zincir ekipmanları .....	7
2.3.2.7. Bozulabilir kargo.....	7
2.3.2.8. Hassas Eşyalar.....	7
2.4.Havayolu Kargo Taşımacılığı Hizmet Süreci .....	7
2.5.Havayolu Kargo Taşımacılığı İle İlgili Yapılan Çalışmalar .....	9
3.TESİS YERLEŞİM PLANLAMASI .....	13
3.1.Literatür Taraması .....	14
3.2.Çalışmada Kullanılacak Metotlar.....	21
3.2.1 BLOCPLAN.....	21
3.2.2.MCRAFT (MICRO-CRAFT) .....	23
3.2.3. SFLA .....	26
3.2.4.Karınca Kolonisi Optimizasyonu (KKO) .....	29
4. HAVAYOLU KARGO DEPOSU VAKA ÇALIŞMASI.....	34
4.1. Veri Analizi .....	34
4.2. Metotların Uygulaması.....	35
4.2.1. Senaryo-I.....	35
4.2.1.1. BLOCPLAN.....	37
4.2.1.2. MCRAFT .....	40
4.2.1.3.SFLA .....	44
4.2.1.4. Karınca Kolonisi Algoritması .....	45
4.2.2.Senaryo-II.....	48
4.2.2.1.SFLA .....	49
4.2.2.2.Karınca Kolonisi Algoritması .....	50
5.SONUÇ.....	52

<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>54</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>58</b>



## KISALTMALAR

ICAO	International Civil Aviation Organization
IATA	The International Air Transport Association
VIC	Very Important Cargo
AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci
FLP	Facility Layout Problem
KAP	Karesel Atama Problemi
GRASP	Greedy Randomized Adaptive Search Procedure
SKTYP	Sınırsız Kapasiteli Tesis Yerleşim Problemi
TB	Tavlama Benzetimi
FBS	Flexible Bay Structure
SFLA	Spiral Facility Layout Planning
CRAFT	Computerized Relative Allocation of Facilities Technique
MCRAFT	Micro- CRAFT
SLPS	Standard Layout Performance Score
KKO	Karınca Kolonisi Optimizasyonu



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.2. Havayolu Kargo Taşımacılığının Hizmet Süreci.....	8
Şekil 3.1. MCRAFT Düzeni( 11 tesis ve bant genişliği 1).....	25
Şekil 3.2. SFLA- Sarmal Eğri .....	27
Şekil 3.3. 11 Departman Alanı İçin SFLA(Blok genişliği:2; Blok uzunluğu:3) .....	27
Şekil 3.4.Sarmal Eğri Numaralandırılması .....	28
Şekil 3.5.SFLA'nın Yerleşim Düzenlemesi(Bant Genişliği:2;Bant Uzunluğu:4).....	28
Şekil 3.6. Karıncaların En Kısa Yolu Bulma Davranışları (Lopes & Perretto, 2005)30	
Şekil 4.1.BlocPlan Başlangıç Yerleşim Düzeni( $Z=979.197.591$ ) .....	38
Şekil 4.2. BlocPlan 2.İterasyon Yerleşim Düzenlemesi ( $Z= 797.940.822$ ).....	39
Şekil 4.3. BlocPlan 3.İterasyon Yerleşim Düzenlemesi ( $Z= 819.169.282$ ).....	40
Şekil 4.4. MCRAFT Başlangıç Yerleşimi( $Z=1.094.814.720$ ).....	41
Şekil 4.5.MCRAFT Optimum Sonucu( $Z= 623.209.664$ ) .....	43
Şekil 4.6. SFLA Başlangıç Yerleşiminin Numaralarla Gösterilmesi .....	44
Şekil 4.7. SFLA Başlangıç Yerleşimi .....	44
Şekil 4.8. SFLA Optimum Yerleşim ( $Z=583.016.625$ ) .....	45
Şekil 4.9. KKO Optimum Yerleşim ( $Z= 524.238.902$ ) .....	46
Şekil 4.10. KKO Optimum Yerleşim-II ( $Z=349.346.052$ ) .....	47
Şekil 4.11. SFLA Başlangıç Yerleşiminin Numaralarla Gösterilmesi .....	49
Şekil 4.12.SFLA Başlangıç Yerleşimi( $Z=1.377.065.213$ ).....	49
Şekil 4.13.SFLA Optimum Yerleşim ( $Z= 642.915.514$ ) .....	50
Şekil 4.14. KKO Optimum Yerleşim ( $Z=516.318.155$ ) .....	51
Şekil 4.15. KKO Optimum Yerleşim ( $Z= 616.318.769$ ) .....	51

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 4.1.</b> Departmanlar Ve Alanları(18 Departman).....	35
<b>Tablo 4.2.</b> Departmanlar Arasındaki Kargo Akışı.....	36
<b>Tablo 4.3.</b> Departmantlar Arasındaki İlişki Belirteç Aralıkları.....	37
<b>Tablo 4.4.</b> Departmanlar Arasındaki İlişki Diyagramı.....	37
<b>Tablo 4.5.</b> BlocPlan Başlangıç Yerleşiminin Departman Koordinatları.....	39
<b>Tablo 4.6.</b> BlocPlan 2.İterasyon Yerleşiminin Departman Koordinatları.....	39
<b>Tablo 4.7.</b> BlocPlan 3.İterasyon Yerleşiminin Departman Koordinatları.....	40
<b>Tablo 4.8.</b> MCRAFT Departman Belirteçleri.....	40
<b>Tablo 4.9.</b> MCRAFT Çözümü.....	42
<b>Tablo 4.10.</b> SFLA İterasyon Çözümleri.....	45
<b>Tablo 4.11.</b> KKO Optimum Yerleşim Düzeni Koordinatları.....	47
<b>Tablo 4.12.</b> KKO Optimum Yerleşim-II Düzeni Koordinatları.....	47
<b>Tablo 4.13.</b> Sonuç Karşılaştırılması.....	48
<b>Tablo 4.14.</b> Departman Ve Alanları(40 Departman).....	48
<b>Tablo 4.15.</b> Departmanlar Arasındaki Kargo Akışı.....	49
<b>Tablo 4.16.</b> SFLA İterasyon Çözümleri.....	50
<b>Tablo 4.17.</b> Sonuç Karşılaştırılması.....	51

## ÖZET

Bu çalışmada, belirli bir ağda hava kargo hizmeti veren havayolu kargo deposu bir tesis olarak ele alınmıştır. Ve deponun harcadığı zamanı, çaba ve malzeme taşıma maliyetini azaltan etkili ve verimli bir yerleşim oluşturma amaçlanmıştır. Aralarındaki akış miktarının fazla olduğu departmanlar arasındaki mesafe azaltılarak taşıma maliyeti minimizasyonunu amaçlayan bir model geliştirilmiştir.

Çalışmada yer verilen tesis yerleşim planlaması için Karınca Koloni Optimizasyonu (ACO) algoritması ile entegre BlocPlan yerleşim yapısı ile dikkate alınmıştır. Oluşturulan model MATLAB’da yazılmıştır. Geliştirilen model iki farklı senaryo ile literatürdeki diğer yerleşim algoritmalarından MCRAFT, SFLA ve BLOCPLAN ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, geliştirilen modelin tesis yerleşiminde taşıma maliyeti azaltmada etkili olduğunu göstermiştir. Bunun yanı sıra geliştirilen model, hava kargo deposunun yerleşim işlevine uygun sonuçlar vermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tesis Yerleşim Planlaması, MCRAFT, SFLA, KKO

## ABSTRACT

In this study, air cargo warehouse providing air cargo service in a specific network has been considered as a facility. And it is aimed to create an efficient and efficient settlement that reduces the cost of the time, effort and material transportation of the warehouse. A model has been developed aiming at minimizing the transportation cost by reducing the distance between the departments where the amount of flow between them is large.

FLPs included in the study have been taken into the consideration with the BlocPlan layout construction that is integrated with the Ant Colony Optimization (ACO) algorithm. The generated model has been written in MATLAB. The developed model is compared with MCRAFT, SFLA and BLOCPLAN in two different scenarios from other algorithms in the literature. The results have shown that the developed model is effective in reducing the cost of transport in the facility layout. Besides, the developed model has given appropriate results to the functioning of the air cargo warehouse.

**Keywords:** Facility Layout Planning, MCRAFT, SFLA, KKO

# 1.GİRİŞ

Küreselleşmenin artması, havayolu kargo endüstrisinin dünya ticaretinin kilit bir kolaylaştırıcısı olarak hizmet vermesini sağlamaktadır. Son yıllarda dünya ticaret hacminin artmasıyla birlikte, havayolu kargo operasyonlarının önemi daha da artmıştır. Bu artış, havayolu kargo endüstrisinde yeni depo alanları oluşturulması, depoların yerleştirilmesi, düzenlenmesi, taşıma sistemlerinin geliştirilmesi, kapasite yönetimi, sistem maliyetini minimize etmek, toplam kargo maksimizasyonu, kargo rotalama, uçak yükleme gibi çeşitli problemleri beraberinde getirmiştir.

Havayolu kargo endüstrisinde yer alan bu problemlerden havayolu kargo depo düzenlemesi, sistem maliyeti, taşıma sistemleri, kapasite yönetimi gibi durumları etkilemesinden dolayı havayolu kargo taşımacılığı için büyük önem taşımaktadır. Buna rağmen kurulan depolarda yerleşim düzeni yapılmadığı, yerleşim düzeni algoritmalarının kullanılmadığı görülmektedir.

Bu sebeple, çalışmamızda havayolu kargo depo düzenlemesi, yerleşim problemi olarak ele alınarak, literatürdeki yerleşim algoritmalarını uygulamakla birlikte oluşturduğumuz modelde karınca kolonisi algoritması BlocPlan yerleşim düzenindeki sıralamayı geliştirilmek için kullanılacaktır. Uygulama kısmında, hava kargo şirketinden alınan gerçek veriler kullanılacak ve bu bölümdeki kargoların yerleştirilmesiyle, taşıma maliyeti minimizasyonunu gerçekleştirmek hedeflenmektedir.

## **2.HAVAYOLU KARGO TAŞIMACILIĞI**

### **2.1.Havayolu Kargo Tanımı**

Hava kargo, herhangi bir malın hava taşıtı aracılığıyla bir noktadan başka bir noktaya taşınmasıdır (O'Connor, 2000). Hava kargo, kapsamı içerisine hava taşıtındaki yolcu bagajı hariç, posta ya da yük anlamında ticari mallar, çekler, ekspres paketler ve aklımıza gelebilecek her bir malı almaktadır (Doğan, 2003).

Havayolu kargo taşımacılığı ise, Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu (ICAO) ve Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA) kurallarına bağlı olarak başta ülke ve taşıyıcı sınırlamaları dikkate alınarak kargonun, posta ve bagaj haricinde paketlenmesi, etiketlenmesi, evrakların uygun şekilde hazırlanması ve bir hava aracı ile götürülmesi olarak tanımlanmaktadır (Öztürk, 1993).

Hava kargo taşımacılığı incelendiğinde diğer taşıma modlarına göre üstün yönleri aşağıdaki gibidir (Derici, 2015):

- Gönderinin diğer taşıma modlarından çok daha hızlı bir şekilde varış noktasına ulaşması
- Havayolu taşımacılığında güvenlik ve emniyet prosedürlerinin çok daha etkin uygulanması
- Gönderilerin vibrasyon ve hava koşulları gibi dış etkilere en az şekilde etkilenmesi
- Hava taşıma mevzuatının gümrük mevzuatı ile tam uyumlu olması sebebiyle gümrük işlemlerinin daha kısa sürmesi
- Hava yolu ve havalimanı personelinin sürekli ve düzenli olarak eğitime tabi tutulması sebebiyle kargo taşımalarında yaşanan kaza ve aksaklıkların en aza indirgenmesi
- Savaş, doğal afet ve iç çatışma gibi nedenlerle diğer ulaşım modlarının kullanılamaması durumunda havayolu taşımacılığının etkin olarak kullanılması
- Havalimanlarının diğer ulaşım modları ile uyumlu olması

- Özel kargo taşımacılığı için uygun bir mod olması

Hava kargo taşımacılığının üstün yönlerinin yanında diğer ulaşım modlarına göre zayıf yönleri ise (Derici, 2015);

- Kötu hava şartlarından diğer modlara göre daha çabuk etkilenmesi
- Kilo başına taşıma maliyetlerinin çok yüksek olması
- Yakıt fiyatlarının taşıma maliyetlerini etkilemesi
- Küresel krizlerden en çabuk etkilenen sektör olması
- Hava taşıtlarının yapısal limitlerinin ( hacim ve kilo olarak) kısıtlı olması
- Charter yapılan seferlerde tek yönde kargo taşımacılığı yapılacaksa maliyetin gidiş-dönüş hesaplanmasından kaynaklanan maliyet artışı
- İnilecek havalimanının yapısal kısıtlamaları ( kargo terminalinin bulunmaması, pist yapısının uçak tipi için belirlenen limitlerin altında kalması, uygun handling donanımının bulunmaması vb. )
- Uygun hava taşıtının kargonun yükleneceği havalimanında olmaması durumundaki hava taşıtının havalimanına geliş maliyetleri

Wensveen, hava kargo taşımacılığının tercih edilme sebeplerini, ürüne, talebe ve dağıtım şekline göre üç başlık altında toplamıştır (Wensveen, 2007).

ÜRÜN	TALEP	DAĞITIM
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bozulabilir olduğunda</li> <li>• Çabuk eskime durumu olduğunda</li> <li>• Kısa zamanda ulaştırılması gerektiğinde</li> <li>• Ağırlık açısından yüksek değerli olduğunda</li> <li>• Depolanması ve elde tutulması pahalı olduğunda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahmin edilmez olduğunda</li> <li>• Mevsimsel olduğunda</li> <li>• Seyrek olduğunda</li> <li>• Yerel arzdan fazla olduğunda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ürünün çalınma, bozulma ve kırılma riski olduğunda</li> <li>• Uzun transit zamanlar için yüksek sigorta maliyetleri söz konusu olduğunda</li> <li>• Rutin bozulmaz trafik için gerekli olan ağır veya pahalı ambalajlama maliyeti ortaya çıktığında</li> <li>• Ürünlerin yüklenmesi için özel dikkat ve yükleme gerektiğinde</li> </ul>

**Şekil 2.1.** Wensveen'nin Oluşturduğu Havayolu Kargo Tercih Edilme Sebepleri

## 2.2.Havayolu Kargo Taşımacılığı Tarihi

Havayolu kargo taşımacılığının tarihsel başlangıcını, 28 Mayıs 1910 tarihinde yapılan New York - Albany posta uçuşu ile 10 Kasım 1910 yılında Wright şirketinin Dayton-Columbus'a yaptığı 5 ton ipek taşınan uçuşu oluşturmaktadır. Bu uçuşlar, belirtilen tarihin şartları altında oldukça kayda değer olmasına rağmen düzenli hava kargo taşıma hizmetinin başlangıcını değillerdir (Wensveen, 2007).

Hava kargo taşımacılığının tarihsel gelişimi John G. Wensveen'ye göre sırayla hava postası, hava kurye, gecelik hava kurye (Over Night Air Express), hava kargo ve jumbo jetlerin gelişi şeklindedir (Wensveen, 2007).

Hava Postası, ilk olarak ABD'de hizmet olarak sunulan ve Amerikan havayolu sisteminin temellerini oluşturan bir unsur olmuştur. İlk ticari uçaklar posta taşımacılığı için kullanılarak gelir elde edilmiştir. Sonrasında yolcu kapasiteli uçakların alınması ile gelir, yolcu taşımacılığından sağlanmaya başlamıştır (Wensveen, 2007).

Hava Kurye, Amerika Birleşik Devletlerinde ilk hava kurye taşımacılığı 1927 yılında United Airlines tarafından yapılmıştır. Gelişimi Railway Express Agency'nin iflas ettiğini bildirmesiyle her taşıyıcının kendine özgü hava kurye hizmetini sağlamasıyla olmuştur (Wensveen, 2007).

Gecelik Hava Kurye, 1973 yılında Frederick W. Smith tarafından Federal Express kurulmasıyla oluşmuştur. Fedex şirketinin amacı, kapıdan kapıya hizmet ve ertesi iş günü gönderinin teslimini gerçekleştirmektir. Fedex'in kurulmasına kadar olan dönemde hava kurye taşımacılığı, gündüz uçan uçaklarla yapılmakta, bir sonraki gün teslim edilmekte olan bir sistemdi. Fedex ise gün içinde topladığı kargoları gece kendi uçakları ile taşıyarak, ertesi iş günü paketlerin dağıtımını yapan bir sistem oluşturmuştur. Bu sistem ayrıca topla ve dağıt sisteminin temellerini oluşturmaktadır (Wensveen, 2007).

Hava Kargo, tarifesiz olarak, uçak dolduğunda kalkışın sağlandığı ve sadece kargoların taşındığı ilk uçuşlar, 1931 yılında New York ile Kansas City arasında yapılmıştır. İlk konşimento bu uçuşlar sırasında TWA (Transcontinental & Western Air) tarafından müşterilerine "ilk hava kargo hizmeti" adında hediye olarak



verilmiştir. İlk tarifeli hava kargo hizmeti, United Airlines tarafından 1940 yılında başlatılmıştır. Hava kargo taşımacılığının gelişmesinde Amerikan Sivil Havacılık İdaresi tarafından hava kargo organizatörlerinin 1948 yılında tanımının yapılması ve resmi olarak sisteme davet edilmesi ve üç adet hava kargo şirketine operasyon yapabilmesi yetkisinin verilmesi şeklindeki iki kuralı etkili olmuştur (Wensveen, 2007).

### **2.3.Havayolu Kargo Taşımacılığında Taşınan Ürünlerin Sınıflandırılması**

Havayolu ile taşınacak olan ürünler, taşıma işlemi öncesinde güvenlikleri ve gidecekleri yere düzenli ve zarar görmeden ulaşabilmeleri amacıyla bazı sınıflamalara ayrılmaktadır. Ürünlerin sınıflandırılması genel ve özel kargolar olarak sırasıyla rezervasyon, kabul, depolama, yükleme ve boşaltma işlemlerini içererek taşınmaktadır. Ayrıca bu işlemler ürünlerin sınıfına göre değişiklik gösterebilmektedir (Dinçeli, 2003).

#### **2.3.1. Genel kargolar**

Özel bir işlem yapılmasına ihtiyaç duyulmayan, tehlikeli madde, gıda veya hayvan sınıfına girmeyen kargolar, genel kargo sınıfına girmektedir. Genel kargoların, özel kargolardan farklı olarak rezervasyonları daha esnek olmaktadır (Erdal & Çancı, 2003).

#### **2.3.2.Özel kargolar**

Özel kargolar, taşınma ve depolanma sırasında farklı işlemlerin yapıldığı kargolardır. Bu kargoların taşınma ve depolama aşamalarında kabul, etiketleme, yükleme ve istif edilmelerinde bir takım kurallar uygulanmaktadır (Erdal & Çancı, 2003).

Özel kargolar da kendi içinde sınıflandırma oluşturmaktadır. Bunlar:

##### **2.3.2.1. Tehlikeli maddeler**

Fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı, taşıma ve depolama aşamalarındaki işlemler için birtakım kurallar içeren kargolardır. Tehlikeli maddelerin fiziksel

özellikleri, katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç; kimyasal özellikleri ise çürütücü, yanıcı, zehirleyici, polimeri, okside, patlayıcı ve ışın yayıcı olarak yedi başlık altında toplanmaktadır. Bu tür maddelerin havayolu kargo taşınması IATA tarafından belirtilen kurallar gözetiminde olmaktadır (THY Akademisi, 2018).

#### **2.3.2.2.Canlı hayvanlar**

Bu tür kargolar, VIC (Very Important Cargo) kapsamında olmaları sebebiyle taşınma aşamasında önceliklidirler. Canlı hayvanın bulunduğu kafesin üzerinde canlı hayvan, konumlandırma ve sıcaklık uyarı etiketi ve besleme talimatı bulundurulmaktadır. (Akbaş, Ericekli, & Pirinççi, 2002).

#### **2.3.2.3. Değerli Kargolar**

Değerli kargolar, kilogram başına 100 USD veya daha fazla beyan edilen kargolardır. Altın sikke, külçe, platin, platin metalleri ve alaşımları, granüle, kanunen yürürlükte olan kağıt paralar, bono, senet, hisse senetleri, pullar, elmaslar, pırlantalar dâhil, yakut, zümrüt, safir ve gerçek inciler değerli kargolar kapsamındadır (Batur, 2008).

#### **2.3.2.4. Cenaze**

Cenaze, lehimlenmiş metal, çinko veya kurşun tabuta; ya da sağlam bir tahta kutuya konularak, üzeri çuval veya kanvas ile örtülmektedir. Çıkış noktasından varış noktasına kadar rezervasyonu yapılmaktadır (Erdal & Çancı, 2003). Cenaze de canlı hayvanlar gibi VIC (Very Important Cargo) kapsamında olması sebebiyle taşınmada önceliklidir. Kargo üzerinde 'this way up' etiketi bulunmaktadır (Akbaş, Ericekli, & Pirinççi, 2002).

#### **2.3.2.5. Ağır ve anormal ebatlı kargolar**

150 kilo ve daha ağır parçalar bu tür kargolardır. Ağır ve anormal ebatlı kargolar sınıfına girenlerden, yüklenmesinde, indirilmesinde ve bağlanmasında, uçağa zarar verebilecek, uçağı geciktirebilecek türdeki olanların taşınması kabul edilmemektedir. Kabulü yapılanlar, kargo ambar zeminine yerleştirilip, ağırlığın uçak ambarı çekerliliğini ihlal edip etmediğı kontrol edilmektedir. Sabit bir halde kalması sağlandıktan sonra diğerkargo ve yolcu bagajları yerleştirilmektedir (Batur, 2008).

### **2.3.2.6. Soğuk zincir ekipmanları**

Sıcaklık hassasiyeti yüksek olan ve belirli bir sıcaklıkta ya da sıcaklık değerleri arasında taşınması gereken kargolardır. Bu tür kargolar konteynerler ile ya da ısılarını muhafaza etmek ve dış ortamdan korumak için kullanılan termal özelliği olan termal battaniyeler yardımı ile yapılmaktadır. Bu sınıflandırmaya örnek olarak ilaç taşımacılığı verilebilir (Turkish Cargo, 2018).

### **2.3.2.7. Bozulabilir kargo**

Yükseklik, ısı, nem, iklim veya diğer çevresel şartların değişikliği veya belirtilen zaman aralığının geçmesi nedeniyle niteliğini yitirecek maddeler bozulabilir kargo olarak adlandırılır. İnsanlar için yiyecek malzemeleri, çiçek, bitki ve bitki türleri bu tür kargo kapsamına girmektedir (Turkish Cargo, 2018).

### **2.3.2.8. Hassas Eşyalar**

Bu sınıflandırma kapsamında cep telefonu, av tüfeği ve her türlü silah, değerli tıbbi ürünler, elektronik ve optik araçlar, sanat eseri ve sergilenecek eserler yer almaktadır (Turkish Cargo, 2018).

## **2.4.Havayolu Kargo Taşımacılığı Hizmet Süreci**

Küresel hava kargo operasyon sistemi; havayolu işletmeleri, araçlar, yük işleri yöneticileri (handler), motor üreticileri, bütünleştiriciler, havaalanları, taşıma işleri organizatörleri (freight forwarder), müşteriler, tedarikçiler, üreticiler ve 3PL işletmeleri arasındaki ağ ilişkisine dayanmaktadır. Günümüz hava kargo çevresi, pazarda yer alan oyuncularla birlikte giderek daha da bütünleşmekte ve daha önceden olduğu gibi havaalanından havaalanına değil, doğrudan göndericiden müşteriye (kapıdan kapıya) şeklinde gerçekleşmektedir (Tatlılıoğlu, 2010).

Gönderici (Shipper), bu sürecin başlangıç aşamasıdır. Yerel ya da uluslararası gönderi aşamasını başlatmaktadır. Temel amaç, müşteri hoşnutluğunu sağlamak ve gönderilerin istenen zaman diliminde ulaşmasını sağlamaktır (Tatlılıoğlu, 2010).

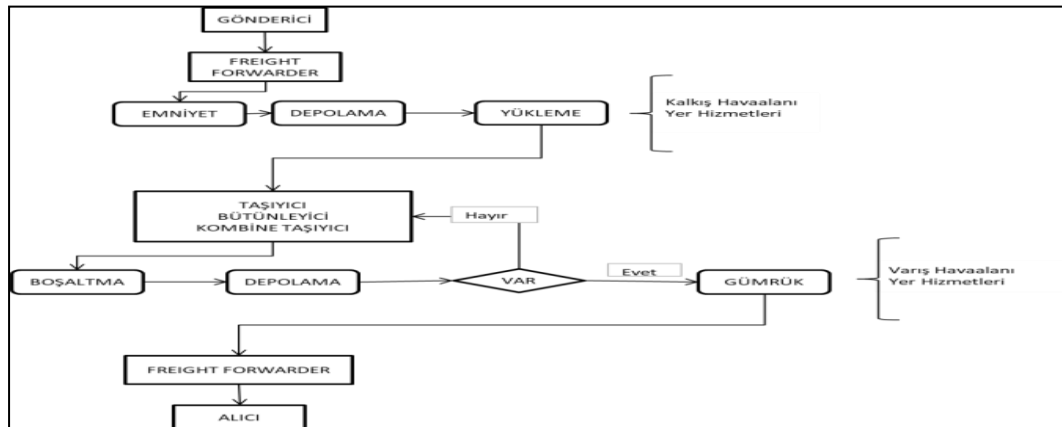
Taşıma işleri organizatörleri (Freight Forwarder), belirli miktardaki kargonun yerel veya uluslararası dolaşmasını sağlayan; gönderen adına kara, hava, deniz, demiryolu

ve kombine taşımaları (hava+deniz, deniz+kara, hava+kara) kullanarak lojistik hizmetlerle katma değer sağlayan yüklenici organizasyonlardır. (Gün, 2007).

Hava kargo pazarındaki kargo işletmeleri için önemli olan, en yüksek gelir getiren pazarda bulunarak, hizmetlerini kârlı bir şekilde yapmaktır. Aynı anda hem yolcu hem de kargo taşımacılığı yapan işletmeler için ise, etkin bir hava kargo fiyatlama yöntemiyle kargo bölümlerini doldurmaktır. Havayolu işletmeleri için önemli olan ise trafik hakları, çevresel etmenler, performans standartları ve gümrük işlemlerinin gereklilikleridir. (Tatlılıoğlu, 2010).

Bütünleştiriciler (Integrators), ısmarlama ve kapıdan-kapıya hizmet sunarak, taşıma işleri organizatörü ve havayolu işletmesinin fonksiyonlarını bu süreçte birleştirirler. Temel amaçları, ürünleri tam zamanında müşteriye ulaştırarak, toplam müşteri tatminini sağlamaktır. Bu grup için söz konusu olan anahtar öncelikler, güvenlik, çevresel etmenler, trafik hakları, performans standartları ve gümrük yordamları gibi, havayolu işletmeleri için olan önceliklerle benzerlik göstermektedir (Tatlılıoğlu, 2010).

Havaalanları, ekonomik gelişme sağlamak ve küresel pazarlarda yer almak için önemli bir etken olarak ilerleyen ve küresel ticaretin belirleyicisi durumunda yer alan unsurdur. Hava kargo pazarının hizmet ölçütleri ve hizmet sunum biçimleri, yolcu pazarından farklılık göstermektedir. Bu kapsamda havaalanları, çözüm yolu sunma açısından önemli bir rol üstlenmektedir. Havaalanlarının sundukları kargo hizmetleri, ekonomik gelişme için oldukça önemlidir (Gün, 2007).



Şekil 2.2. Havayolu Kargo Taşımacılığının Hizmet Süreci

## 2.5.Havayolu Kargo Taşımacılığı İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Erdoğan, Türkiye’de hava kargo taşımacılığında mevcut durum ve hizmet kalitesinin müşteri memnuniyeti yaratmadaki rolünü belirlemek amacıyla likert yöntemiyle yaptığı "Kişisel Bilgi Formu", "Lojistik Ulaştırma Faaliyetlerinde Müşteri Memnuniyeti Ölçeği", "Lojistik Ulaştırma Faaliyetlerindeki Hizmet Kalitesi Ölçeği" ve "Müşterin Lojistik Ulaştırma Faaliyetlerinde Hizmet Kalitesini Algılama Kriterleri Ölçeği" anketlerini yapmıştır. Sonuçlarını SPSS programında çeşitli tekniklerle analiz etmiştir. Analiz sonucunda hizmet kalitesinin müşteri memnuniyeti üzerinde etkisinin olduğu sonucuna varmıştır (Erdoğan, 2017).

İlgün, hava kargo taşımacılığında kullanılan uçakların sınırlı kapasitelerini etkin kullanarak karı arttırmak amacıyla pazar payının doğru tahmin edilmesi konusunda çalışma yapmıştır. Pazar payının doğru tahmin edilmesiyle yeni rotaların ya da ek uçuşların yapılabileceğini, uçuş frekanslarının revize edilebileceğini, pazar payında etkin rol alan parametrelerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Çalışmasında zaman serileri analizi ve yapay sinir ağlarını kullanarak pazar payı tahmini yapmıştır (İlgün, 2016).

Derici, lojistik yönetiminde özel nitelikli kargoların havayolu ile taşınmasında müşteri tercihlerinin belirlenmesi adlı yüksek lisans tez çalışmasında havayolu kargo taşımacılığının genel kuralları, özel nitelikli kargoların taşımacılığındaki süreçleri, bu taşımacılığın maliyet kalemleri, fiyatlandırma stratejileri ve bu iki etmenin müşteri memnuniyet ilişkisini incelemiştir. Bunun yanı sıra SPSS programında tüketicilerin tercih yapılarını ölçen konjoint analiz yöntemi ile hava kargo taşımacılığında müşterilerin tercih faktörlerini ve bu faktörlerin önemi araştırılıp, hava kargo pazarında yeni çıkacak ürünün sahip olması gereken özellikleri araştırmıştır (Derici, 2015).

Karaismailoğlu, Analitik Hiyerarşi Süreci yaklaşımına dayalı esnek ve kullanıcı dostu karar destek sistemi ile hava kargo deposu tasarımı yapmıştır. Çalışmada karar destek sistemi, deponun tasarım alternatiflerini oluşturmak, oluşturulan bu alternatiflerin performanslarını zaman ve maliyet ölçütüyle ölçmek ve belirlenen kriterlerle sınırlandırarak bu alternatifleri değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir. Avrupa’nın en büyük hava kargo taşıyıcılarından birine ait gerçek verilerle

geliştirilen yaklaşım test edilmiştir. Karar destek sisteminin bir hava kargo terminalinin alternatif tasarımlarını karşılaştırmak için etkili ve verimli bir ortam sağladığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda kullanıcıya interaktif ve kullanıcı dostu bir ara yüz kullanarak kendi manzarasını yaratma, simülasyon sonuçları alma, AHP kriterlerini ve ağırlıkları görme, her bir senaryo için her bir ölçütün puanlarını alma ve bu alternatifler arasında en iyi senaryoyu bulma olanağı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca bu sistemin, yüksek hata oranlarıyla alternatifleri ortadan kaldırarak tasarımın etkinliğini garanti edip, daha düşük kaynak tüketimi ile en iyi alternatifini bularak verimli bir çözüm sunduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak fayda ve verimliliği artırarak üretkenliğin gelişmesine yardımcı olmakta, kullanıcının depo tasarımının genel koşullarını değiştirmesini sağlamaktadır (Karaismailoğlu, 2013).

Bernal ve diğerleri, hava kargo tedarik zincirinin karakteristiklerini incelemiştir. Hava kargonun rotası boyunca operasyonların ve süreçlerin entegrasyonunu yaparak hava kargo tedarik zincirinin simülasyonunu yapmıştır. Bu çalışmada, kaynak olarak görülen araçların sayılarını azaltma, işgücü sayısını azaltma ve gümrük ve dokümantasyon olarak belirlenen darboğaz sayısını azaltma olarak üç farklı senaryo ile hava kargo tedarik zincirinin optimizasyonu sağlamak için WITNESS ile simülasyon yapılmıştır (Bernal, Blasco, Pellicer, & González, 2012).

Tezel, havayollarının diğer bir gelir kaynağı olan kargo taşımacılığı gelir yönetiminin iyi bir performans göstermesini amaçlayan çalışmada gelen rezervasyon taleplerini, yer ayırma limitlerine veya teklif fiyatlarına bağlı olarak kabul eden veya reddeden açık döngü politikaları üzerinde çalışmıştır. Uygun yer ayırma limitlerini ve teklif fiyatlarını hesaplayabilmek için, belirsiz hacim ve ağırlık gereksinimleri varlığında, kapasite üstü satım maliyetlerini göz önünde bulunduran eniyileme modelleri geliştirmiştir (Tezel, 2012).

Heragu ve diğerleri, depolama ve taşıma maliyetini minimize etmeyi amaçlayan, gerçek zamanlı veriler kullanarak işlevsel alan ve ürün yerleşimini tanımlayarak matematiksel ve sezgisel algoritma geliştirmiştir (Heragu, Huang, Mantel, & Schuur, 2005).

How, sınırlı hacme sahip, yüksek mekanize bir hava kargo ithalat terminalinde malzeme akış sistemi üzerine bir simülasyon çalışması yapmıştır. Çalışması,

terminaldeki faaliyetler ve depolama sistemleri arasındaki etkileşimleri incelemek için simülasyonu ilk kez kullanma girişimi özelliği taşımaktadır. Çalışmada ilk önce bir hava kargo terminalinin doğru bir şekilde simülasyonunun yapılması, etkili bir malzeme akış sisteminin oluşturulabilmesi için aralarında etkileşim olan aktiviteleri belirleyerek ana faaliyetler tanımlanmıştır. Sonrasında hava yükünün özelliklerinin doğru bir şekilde tanımlamak için sistematik bir prosedür önerilmiştir. Kargo hacminin en yüksek yüzdesine sahip olan genel kargo akışı dikkate alınarak, hava yükünün özelliklerini belirten mevcut ve önerilen prosedürler değerlendirilmiştir. Bir hava kargo ithalat terminalinin servis seviyesini değerlendirmek için AutoMOD kullanılarak bazı varsayımlarla bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Depolama sistemine odaklanmak yerine, model, alım faaliyetlerinden teslim faaliyetlerine, alıcılara veya nakliye şirketlerine kargo akış sürecini içeren tüm faaliyetleri simüle edilmiştir. Simülasyon sonuçlarından modelin, bir hava kargo terminalinin en yüksek aktivite süresinin tanımlanmasında, kullanılacak ekipmanın yeterliliğinin test edilmesinde, çalışma politikasının etkinliğinin gösterilmesinde ve mevcut terminalin kapasitesinin talep değişikliklerine karşı cevap verme hassasiyetinin gösterilmesinde yardımcı olabileceği çıkarılmıştır (Leong Chun How (B. Eng. (Hons), 2004).

Zhiyong, doğrusal ve tamsayı karışık doğrusal programla kullanarak depo tasarımını yapmıştır (Zhiyong, 2004).

Hassan, depoların yerleşim düzeni ve operasyonlarını oluşturan etmenleri açıkladığı bir çalışma yapmıştır. Bu etmenler; deponun tip ve hangi amaca yönelik olduğunun belirtilmesi, talep tahmin analizi, operasyonların tanımlanması, envanter seviyelerinin tespit edilmesi, işlevsel alan ve yerleşim düzeninin belirtilmesi, depolama ve taşıma için ekipman seçimi, koridorların tasarlanması, gerekli alan ihtiyacının kararı, faaliyete ayrılan bölüm bilgisi, deponun ayarlanması gibidir (Hassan, 2002).

Oudheusden ve Boey, Thai Havayolları Kargo Terminali'ni depolama sisteminin toplam maliyetini minimize etmeyi amaçlayan matematiksel bir model kullanarak deponun yerleşimini yapmıştır (Oudheusden & Boey, 1994).

Cormier ve Gunn, depo tasarımı ve operasyonlarını alan kullanımını maksimum düzeyde olmasını amaçlayan bir çalışma yapmıştır (Cormier & Gunn, 1992).

Gray ve diğeri, tipik sipariş konsolidasyon deposunun tasarımı ve işleyişi için entegre bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu çalışma, depo düzeni, ekipman ve teknoloji seçimi, depo öğeleri, yer, imar, seçici yönlendirme, üretim listesi seçme ve sipariş hazırlama yöntemlerini kapsamaktadır. Ekonomik ticari değişimlere cevap verebilmek ve alanı azaltmak için bir dizi koordineli matematiksel modelden yararlanan çok aşamalı bir hiyerarşik karar yaklaşımı geliştirilmiştir. Geliştirilen teknikle elde edilen tasarımın doğruluğunu yapmak için simülasyon tekniği kullanılmıştır. (Gray, Karmarkar ve Seidman 1992)

Ashayeri ve Gelders, depolama sisteminin tümünü simülasyon ve analitik metotların kombinasyonunu yaparak ele almıştır (Ashayeri & Gelders, 1985).





### 3.TESİS YERLEŞİM PLANLAMASI

Tesis yerleşim düzenlemesi problemi, bir üretim ya da hizmet organizasyonunun, en etkin şekilde işletilmesini sağlayacak ve verimliliği arttıracak şekilde, belirli bir amaç fonksiyonu ve kısıtlar eşliğinde departmanların, makinelerin, yardımcı hizmet ve tesislerin yerlerinin belirlenmesi ve düzenlemesini içermektedir.

İyi planlanan bir tesis yerleşiminin sistemin genel verimini artırması ve toplam imalat maliyetinin önemli bir kısmını oluşturan malzeme taşıma maliyetlerini azaltması tesis yerleşiminin önemini ortaya koymaktadır.

Tesis yerleşimin planlanması esnasında ürün veya hizmet üretiminin verimliliğini maksimuma çıkarmak ve kaynak kullanımında en yüksek etkinliğe ulaşmak amaçlanmalıdır.

Tesis yerleşimi problemlerinde genellikle iki amaç optimize edilmeye çalışılmaktadır. Bu amaçlardan birincisi, iki departman arasındaki personel veya malzeme tarafından kat edilen mesafeyi minimize edecek yerleşim planının yapılması, ikincisi ise önceden belirlenen yakınlık oranları ölçümlerini maksimize edecek yerleşim planının yapılmasıdır (Rosenblatt, 1986).

Tesis yerleşim problemlerinde genellikle amaç, ya malzeme taşıma miktarını minimize etmektir veya yakınlık oranları maksimize etmektir. Bu nedenle tesis yerleşimi problemleri güdülen bu iki temel amaca göre formülize edilir.

Tesis yerleşimi problemlerinde, malzeme taşıma miktarı minimize edilmesi amaçlanırsa problem,

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (f_{ij} c_{ij}) d_{ij}$$

**Denklem 3.1.**Malzeme Taşıma Miktarı Minimizasyonu

$f_{ij}$ = i departmanından j departmanına akış miktarı

$c_{ij}$ = i departmanından j departmanına bir birim uzaklığa bir birim malzemenin taşıma maliyeti

$d_{ij}$ = i departmanı ile j departmanı arasındaki uzaklık

şeklinde formülize edilir.

Departmanlar arası uzaklığın ölçülmesinde, giriş/çıkış noktalarının belirlenmesindeki zorluk sebebiyle ilk departmanın çıkış noktasıyla ikinci departmanın giriş noktası arasındaki mesafenin kullanılması yerine genellikle merkezden merkeze(Center to Center) kullanılır. Giriş/çıkış noktaları veya merkezler arasındaki mesafenin hesaplanmasında genel olarak öklit bağıntısı veya rektilineer uzaklık kullanılır.

Tesis yerleşimi probleminde amaç yakınlık derecelerinin maksimizasyonu ise problem,

$$Max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Y_{ij} m_{ij}$$

### **Denklem 3.2. Yakınlık Dereceleri Maksimizasyonu**

$y_{ij}$ : i departmanıyları j departmanı arasındaki yakınlık oranı,

$m_{ij}$ = i departmanı j departmanına yakınsa '1'; i departmanı j departmanına yakın değilse '0'

şeklinde formülize edilir.

### **3.1.Literatür Taraması**

Puspita ve arkadaşları tarafından BLOCPLAN 'ı kullanarak üretim sistemi için tesis yerleşim problemi ele alınmıştır. Üretim katındaki gerileme, ek makine ilavesi ihtiyacı ve efektif olmaması dolayısıyla üretim ve malzeme taşıma maliyetinin azaltılması amaçlanmaktadır. İki katlı mevcut yerleşim sistemi için her iki katta ayrı ayrı algoritmayı çalıştırarak alternatif çözümler oluşturulmuştur. Hareket momenti ve kar yararına dayandırılan analiz için alternatifler 1. Katın değiştirilmesi uygun görülerek her geçen yılda maliyetlerde azalma sağlanması amaçlanmaktadır (Puspita, Iqbal, Pratami, & Pratomo, 2015).

Yaşar, yaptığı çalışmada dağıtılmış maliyet fonksiyonunu kullanarak tesis planlama algoritmalarından MCRAFT ve SFLA karşılaştırması yapmıştır. Bu karşılaştırmayı dördünü literatürden aldığı sekiz veri kümesini kullanarak gerçekleştirmiştir. Çalışmada, toplam alan ihtiyacı, bölüm sayıları ve bölüm alanı gereksinimi her veri kümesi için aynı kalırken, tesis genişlik uzunluk oranına göre 4 farklı tesis şekli

oluşturulmaktadır. Tüm veri seti sonuçları etkileyen faktörleri bulup karşılaştırma yapmak için standartlaştırılmak üzere farklı veri setlerinin sonuçlarına ihtiyaç duyulduğundan, standartlaştırılmış yerleşim performans skoru (SLPS) olarak adlandırılan bir standardizasyon prosedürü geliştirilmiştir (Yaşar, 2013).

Adıgüzel'in yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, tesis planlamada kullanılan karesel atama probleminin çözümü için tabu arama algoritması tasarlanarak, literatürde KAP için en çok kullanılan problemlerden biri olan, her departman için uzaklık ve iş akış matrisleri içeren NUG test problemleri üzerinde denenmiştir. Algoritma Visual Basic dilinde kodlanıp Excel programında makro olarak çalıştırılmıştır. Maliyet sonuçları farklı tabu süreleriyle elde edilerek, literatürde bulunan NUG problemlerinin optimum sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca tabu süresi ve iterasyon sayılarının algoritmanın optimum çözümü bulma yeteneği üzerine etkisi incelenmiştir (Adıgüzel, 2012).

Kültürel-Konak ve Konak tarafından karınca koloni optimizasyonu kullanılarak eşit olmayan esnek alanlardan oluşan tesis yerleşimi önerilmiştir. Bu çalışma, tesis yerleşim problemini esnek alan yapısı (Flexible Bay Structure-FBS) ile çözmek için karınca kolonisi optimizasyonu yaklaşımı önermektedir. FBS, bölümlerin tesis alanı içinde nasıl düzenlenebileceğini tanımlayan bir yerleşim gösterimi şemasıdır. Bu şema, bölümlerin sadece değişen genişliklerdeki paralel alanlarda yer almasına izin vermektedir. Önerilen karınca kolonisi optimizasyon yaklaşımı, literatürden 62 departmana kadar olan 21 oldukça iyi bilinen eşit olmayan alan yerleşim düzeni problemleri üzerinde test edilmiş ve sonuçlar daha önce bilinen en iyi çözümlerle karşılaştırılmıştır. Çalışmada oluşturulan karınca kolonisi optimizasyon yaklaşımının, çok kısa sürede CPU sürelerinde daha önce bilinen en iyi çözümleri bulmada ve % 17.38'e varan iyileştirmeler yapmada çok etkili olduğu gösterilmiştir (Kültürel-Konak & Konak, 2011).

Şahin ve Türkbey'in bir diğer çalışmalarında hem karar vericinin zaman içinde seçimlerinin değişebileceğini hem de piyasa ve müşterilerin isteklerinin zaman içinde farklılık gösterebileceğini göz önünde bulundurmaları sebebiyle karar vericiye etkin yerleşim plan seçenekleri bulan melez sezgisel algoritma önerilmiştir. Çok amaçlı tesis yerleşimi problemi için önerdikleri melez algoritma tabu arama algoritması ile

tabu listesi eklenip tavlama benzetimine dayandırılmıştır. Çalışmanın amacı etkin yerleşim planları kümesi oluşturup, karar vericinin istekleri doğrultusunda bu yerleşim planları arasından seçim yapılmasıdır. Tabu listesinin kullanılmasıyla, yerel en iyilerden kaçınarak, algoritmanın daha önce uğradığı çözümlere uğramadan daha kısa sürede sonuca ulaşılması amaçlanmaktadır. Önerilen melez algoritma, başlangıç çözümü, komşu çözüm üretilmesi, tabu listesi, tabu listesinde olmasına rağmen en iyi çözüm olması durumunda seçilebilme olanağı tanıyan aspirasyon ölçütü, başlangıç sıcaklığının yüksek olduğu, soğutma işleminin geometrik fonksiyon olarak belirlendiği soğutma çizelgesi ve en büyük iterasyon sayısına ulaşıldığında durdurulması öğelerinden oluşmaktadır. Geliştirilen algoritma, Chen ve Sha tarafından verilen 8 bölüm ve 4 amaç değerine sahip problem için çözüm kullanılmıştır. 286 farklı ağırlık kombinasyonu için yerleşim planı araştırılmıştır. Çalışma sonrasında, önerilen algoritmanın karar vericiye tercihleri doğrultusunda en iyi yerleşim planı seçeneğini seçebilmesi için, kısa sürede iyi çözümler verebileceği gözlemlenmiştir. Böylece karar verici önerilen pareto çözümler kümesini kullanarak, değişen koşullara göre vereceği ağırlık değerleri ile uygun yerleşim planını bulabilme imkânına sahip olmaktadır (Şahin & Türkbey, 2010).

Şanlı, tesis yerleşim problemlerine Spiral Facility Layout Planning(SFLA) adında yeni bir algoritma ile alternatif bir yaklaşım geliştirmiştir. Bu algoritma, yeni bir yerleşim düzeni için kurulum ve iyileştirme yapmaktadır. Algoritma, yerleşim düzeninde var olacak departmanların konumlandırmasını, bir merkez noktasına departman koyup, diğer departmanları merkezden dışa doğru hologram şeklinde yerleştirmektedir. Algoritmanın amacı, ilgili tesisler arasındaki komşuluğu arttırarak malzeme taşıma maliyetini azaltmak ve en fazla akışa sahip kullanılan kaynakların kullanılabilirliğini arttırmaktır. Yapılan çalışmada MCRAFT ve SFLA algoritmalarını aynı başlangıç çözümüyle bir kısmı literatürden alınan ve bir kısmı rastgele olarak oluşturulan veri seti kullanılarak karşılaştırılmıştır. Başlangıç için gerekli veriler farklılaştırılarak dört farklı problem tanımlanmıştır. Sonuçlar bant genişliklerine göre hazırlanmış ve SFLA ve MCRAFT'ın performansları arasında belirgin bir fark tanımlanamamıştır. Bant genişliği ve tesisin boy/en oranının sonuçları etkileyen iki farklı faktör olduğu düşünülmektedir (Şanlı, 2010).

Şahin ve Türkbey tarafından yapılan çalışmada dinamik tesis planlama problemi için yakınsama özelliği ve yerel en iyilerden kaçınmak için kullanılan stratejisi sayesinde kolayca uygulanabilen tavlama benzetimi sezgiseli geliştirilmiştir. Karesel atama problemi olarak modellenen dinamik tesis planlaması problemi, planlama dönemi süresince, bölümler arasındaki malzeme taşıma maliyetleri ile bölümlerin yer değiştirme maliyetlerinin toplamını minimize etmek amacıyla kullanılmaktadır. Problemin çözümünde, satır değerleri dönemleri, sütun dönemleri ise alanları ifade eden iki boyutlu matris oluşturularak, mevcut çözümden komşu çözümler elde etme için ikili yer değiştirme yöntemi kullanılmıştır. İlk olarak rassal olarak bir dönem seçilir daha sonra seçilen bu dönemde yine rassal olarak iki tesisin yeri değiştirilerek iki aşamalı olarak çözüm elde edilmiştir. Geliştirilen algoritma, tavlama benzetimi algoritmasının test problemlerine uygulanarak karşılaştırılma yapılmıştır. Karşılaştırma sonucunda önerilen algoritmanın dinamik yerleşim problemlerinde etkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Şahin & Türkbey, 2009).

Chen ve Sha tarafından, çok amaçlı tesis yerleşimi probleminin çözümü için istenilen hedeflerin ağırlıklarının verilebildiği bir sezgisel yaklaşım geliştirilmiştir. Adını verdikleri “Multi-Pass Halving And Doubling” prosedürü ile yerleşim problemi ile ilgilenen kişi tarafından belirlenen hedeflerin performanslarını temel alan eşleştirilmiş bir karşılaştırma yöntemi geliştirilmiştir. Bu karşılaştırma yönteminde kullanılan matrisin tutarlılığını incelemek, tutarsız olması durumunda tutarlı şekle dönüştürüp uygulayıcının değerlendirmesine daha yakın sonuçlar elde etmek için öncelik testi (prior testi) önerilmiştir. Daha sonra sonuca ulaşabilmek ve belirlenen amaçların ağırlıklarını bulmak için geometrik ortalama kullanılmıştır. Çalışmada önerilen sezgisel yöntem, ilk temel çözümün üretilmesi, ‘multi-pass halving and doubling’ kullanarak karşılaştırma matrisinin oluşturulması, oluşturulan karşılaştırma matrisinin tutarlılığının ölçülmesi, tutarsız matrisin tutarlı hale dönüştürülmesi ve istenilen ağırlıkların oluşturularak tesis yerleşiminin çözümünün yapılması şeklinde beş aşamadan oluşmaktadır. Çalışmada iki departman arasındaki uzaklığı temel alan departmanlar arasındaki etkileşimin maliyetini yani mesafe tabanlı tesis yerleşim problemi ele alınmıştır. Önerilen yöntem, Waghodekar and Sahu (1986)’nin örneğine gerekli ilaveler yapılarak, malzeme taşıma maliyetini, bölümler arası toplam yakınlık skorlarının en küçüklenmesi, malzeme hareket zamanını ve tehlikeli

malzemenin hareket mesafesini en aza indirmek şeklinde belirlenen amaçlar üzerinde uygulanmıştır. Elde edilen düzene göre önerilen prosedürün düzen planlayıcısına amaç alternatiflerinden uygun olanı seçmede yarar sağlayacağı ve kaliteli çözümler elde etmede yardımcı olduğu düşünülmektedir (Chen & Sha, 2005).

Yiğit ve Türkbey'in çalışmasında temel fabrika yerleşim problemi olarak da bilinen Sınırsız Kapasiteli Tesis Yerleşim Problemlerine (SKTYP), Tepe-Tırmanma ve Tavlama Benzetimi (TB) metotlarıyla çözümlenmesi amaçlanmaktadır. Bu iki yöntem, literatürde yer alan problem boyutları(n tesis, m müşteri), optimum değerleri ve dosya büyüklükleri bulunan örnek problemler üzerinde denenmiştir. Örnek problem tepe tırmanma yöntemi ile 40 kez denenmiştir. Tepe tırmanma algoritmasının sonuçları 40 gözlemin ortalaması alınarak elde edilmiştir. Tepe tırmanma ile boyutu büyük olan problemler çözülememiştir. Tavlama benzetimi yöntemi ile aynı başlangıç sıcaklığı ile başlanılmasında rağmen farklı iterasyon sayısının olması nedeniyle her bir problem için iki farklı sonuç elde edilmiştir. İterasyon sayısının çözüm kalitesini değil çözüm zamanını etkilediği görülmüştür. Sonuçlara bakıldığında geliştirilen Tavlama Benzetimi (TB) Algoritmasının iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu çalışmada bu iki metodun incelenmesindeki amaç problemlerin sivrilmiş yerel optimumları varsa test edilmesi ve geliştirilen TB Algoritmasında bu noktalardan kurtulmaktır (Yiğit & Türkbey, 2003).

Wu ve Appleton'un çalışmasında bir imalat yerinde malzeme işleme yerinin ve koridorlarının tasarımının birlikte yapılması gerektiği düşüncesiyle imalat yeri düzeni ile koridor yapısının optimize edilmesi için benzetimli tavlama yöntemi ile metodu oluşturulmuştur. Yöntemdeki yerleşim tasarımı probleminde, yerleşim planı dilimlenerek gösterilmektedir ve yerleşim planındaki dilimlenmiş alanlar malzeme taşıma sistemi için koridor yapısı olarak kullanılmaktadır. Dilimlenen bir yer planı için yeni bir düzen, optimizasyonu gerçekleştirmek için benzetimli tavlama ile ele alınabilecek şekilde sağlanmıştır. Önerilen yöntemde, istasyonlar arasındaki koridor mesafeleriyle hesaplanan malzeme taşıma maliyetinin en aza indirilmesi ve aynı zamanda koridor yapısının tasarlanması amaçlanmaktadır. Dilimlenmiş yer planı, blok ağaç temsiliyle ifade edilmektedir. Önerilen metotta, malzeme akışı, dört katmanlı bir sistemle tanımlanmaktadır. Her katman metodun amaç fonksiyonuna farklı bir yarar sağlamaktadır. Blok ağaç temsili ile ifade edilen yerleşim planı için

benzetimli tavlama algoritması kullanılmıştır. Sonuç olarak yöntemin en uygun yerleşim yapısını verdiği gözlemlenmektedir (Wu & Appleton, 2002).

Türkbey ve Alabaş tarafından kareli atama olarak modellenen tesis düzenlemesi için bir bulanık-tabu arama yaklaşımı geliştirilmiştir. Geliştirilen tabu arama algoritmasındaki tabu sürelerinin belirlenmesi için bulanık küme kuramından yararlanılmıştır. Tabu arama algoritmasında bulunan kuvvetlendirme ve çeşitlendirme stratejileri iyi çözüm bölgelerine yoğunlaşma ve farklı çözüm bölgelerine ulaşma imkânı vermektedir. Bu iki olanak, "arama, iyi çözüm bölgelerine ne kadar yoğunlaşmalı ve ne zaman farklı çözüm bölgelerine yönelmeli?" sorularını beraberinde getirmektedir. Cevapları aramanın seyrine bağlı olan sorulara cevap verebilmek için önceden belirlenmiş bulanık küme üyeleri kullanılarak bulanık-tabu arama yaklaşımı geliştirilmiştir. Önerilen algoritma, sabit tabu süresini kullanan klasik tabu arama algoritması ve en temel sezgisel teknik olan rassal arama algoritması ile rassal olarak üretilen test problemleri üzerinde karşılaştırılma yapılmıştır. Karşılaştırma kriteri olarak, algoritmaların buldukları çözümler ve aradıkları çözüm sayıları kullanılmıştır. Ve geliştirilen algoritmanın daha iyi bir sonuca sahip olduğu görülmüştür (Türkbey & Alabaş, 2002).

Abdinnour - Helm ve Hadley tarafından çok katlı yerleşim düzenlenmesi için tabu arama sezgiseli geliştirilmiştir. Çalışmalarında iki aşamalı ve her ikisinde de aynı tabu aramasını kullanan iki farklı yöntem önerilmiştir. İlk olarak GRASP(Greedy Randomized Adaptive Search Procedure)/TS, ikinci olarak FAF/TS kullanılmıştır. İlk kullanılan yöntemde katlar arasındaki akışı minimize etmek için katlara bölüm tahsis etme problemini modellemek için grafik bölümlenme problemi kullanılmıştır. Ve bu problemle GRASP prosedürüne ilaveler yapılarak katlara departmanlar atanmış ve sonrasında tabu arama algoritması ile her kattaki departmanların yerleşimi yapılmıştır. İkinci kullanılan yöntemde ise yine katlar arasındaki akışı minimize etmek amacıyla FAF, literatürdeki haliyle karma tam sayılı doğrusal programlamanın kullanılması ile grafik bölümlenme problemine tam bir çözüm elde edilmiş ve elde edilen çözüm aynı tabu arama algoritması ile geliştirilmiştir. Çalışma sonucunda bu iki yöntem ile elde edilen toplam taşıma maliyetleri, diğer çok katlı yerleşim düzenlemesi için kullanılan yöntemlerle elde edilen toplam taşıma maliyet değerleri ile karşılaştırılmıştır. Diğer yaklaşımlara göre maliyetin azaltıldığı

gözlemlenmektedir. Yöntemde katlar arası taşıma maliyetlerini en aza indiren bir başlangıç planının faydası, tek aşamalı yaklaşımlar üzerinde iki aşamalı yaklaşımın faydalı olduğunu göstermektedir (Abdinnour Helm & Hadley, 2000).

Rajasekharan, Peters ve Yang tarafından yapılan çalışmada karşılaşılan belirsiz taleplere, kısa ürün yaşam döngüsüne ve ürün çeşitliliğindeki artan taleplere geçerli yanıt verebilen esnek imalat sistemlerinde genetik algoritmayı kullanarak tesis yerleşimi ele alınmıştır. Bu tür sistemlerde yerleşim problemi çözümü hücrelerdeki malzeme taşıma ekipmanlarının ve ürünlerin seçilmesi ve gruplanması, makinelerin hücrelerin imalat bölümü içerisindeki alanlara paylaşılması ve her bir hücre içerisinde makinelerin detaylı yerleştirilmesi şeklinde üç aşamalı olmaktadır. Belirtilen üç aşama eşliğinde bu çalışmada her bir hücrenin bileşiminin bilindiği varsayılarak tesis yerleşimi problemi (FLP) çözümlenmiştir. Bu tür sistemlerde tesis planlaması, geleneksel yerleşim problemlerinden farklılık göstermektedir. Esnek imalat sistemlerinde hücreler dikdörtgen şeklinde belirtilmekte ve toplama/bırakma noktaları hücre eksenlerinin birine yerleştirilmektedir. Çalışmada bu noktalar hücre eksenlerinden birinde olduğu varsayılarak, esnek imalat sistemde hücrelerin koordinatlarını, her bir hücrenin yatay ya da dikey pozisyonundaki düzenlenmesi ve toplama/bırakma noktalarının yerini belirtmeyi amaçlayan tesis planlaması yapılmıştır. Karar değişkenleri, hücre alanı içindeki hücre merkezlerinin koordinatları, her hücrenin ve her hücrenin teslim alma / bırakma noktasının konumu; amaç fonksiyonu malzeme taşıma maliyetinin minimize edilmesi olarak problem tanımlanarak FLP için genetik algoritma prosedürü oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan genetik algoritma prosedürü, CPLEX<sup>®</sup> (1994) optimizasyon paketinde C ile yazılmıştır. Sonuç, daha önce FLP için önerilen dört adımlı sezgiselle elde edilen sonuçla karşılaştırılmış, genetik algoritmayla optimum sonuca ulaşılmıştır (Rajasekharan, Peters, & Yang, 1998).

Islir, çok kriterli tesis yerleşim tasarımı için genetik algoritma yaklaşımı adlı çalışmasında sonlu elemanlardan oluşan departmanların yerleşimini gen yapısında modelleyerek gerçekleştirmiştir. Ulaştırma yükünü en aza indirmek, departmanların yoğunluğunu maksimize etmek, istenen ve mevcut alan arasındaki farkı azaltmak bu çalışmada dikkate alınan kriterleri oluşturmaktadır. Uzaklık matrisi, departmanların merkezleri arasındaki doğrusal uzaklıklar hesaplanarak, toplam taşıma yükü ise birim



yükün akış bilgisi kullanılarak hesaplanmıştır. Geliştirilen modelde taşıma yükünün en aza indirilmesi için gerekli olan akış kantitatif değil kalitatif yakınlık derecelendirme ile oluşturulmuştur. Geliştirilen algoritma, dikdörtgen alanları içeren büyük ve küçük boyutlu yerleşim problemleri için kullanılmış ve her iki türdeki problemlerin çözümü daha kısa sürede ve daha iyi sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir (Islier, 1998).

## **3.2.Çalışmada Kullanılacak Metotlar**

### **3.2.1 BLOCPLAN**

BlocPlan, Houston Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Donaghey ve Pire (1991) tarafından geliştirilen, tek katlı veya çok katlı bir düzen geliştirebilen etkileşimli bir programdır (Heragu, Facilities Design, 1997).

BlocPlan, ilk yerleşimi oluşturduğundan ve bu düzenler üzerinde iyileştirme sağladığından, hem yapım hem de iyileştirme algoritması olarak tanımlanabilmektedir. Bu anlamda BlocPlan bir hibrit algoritmadır (Heragu, Facilities Design, 1997) .

Yerleşim problemini çözmek için sezgisel algoritmalar sunan ve kalitatif verilerin yanı sıra kantitatif verilerle de çözüme ulaşabilen bir programdır. Programda yerleşim birimleri arasındaki akış verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu akış, kalitatif olarak hazırlanan ilişki diyagramı olarak, veriler bir akış matrisi şeklinde niceliksel olarak sağlanabilir veya kullanıcı, üretilecek parça sayısını ve her parça için yönlendirme bilgisini basitçe belirterek sağlanabilir. Daha sonra akış matrisi hesaplanmaktadır. İki seçenektten herhangi biri kullanıldığında, maksimum akış elemanını 6'ya bölerek akış matrisini denk bir ilişki şemasına dönüştürülmektedir. Akış istenilen oranda aralıklara bölünüp, aralıklara önem sırasına göre A, E, I, O, U ve X şeklinde ilişki belirteçleri verilmektedir. Yerleşim düzeninde var olan departmanlar arasındaki ilişki, aralarındaki akışın belirlenen aralık değerlerine denk gelen belirteçle ifade edilmektedir. Bu şekilde kurulan ilişki tablosu yerleşim düzenini geliştirmek için kullanılmaktadır (Heragu, Facilities Design, 1997).

BlocPlan, yerleşim düzenini departmanlar arasındaki uzaklığa ya da komşuluğa bağlı olarak yapabilmektedir. Program departmanları iki veya üç bantlı sürekli gösterim düzenine atamaktadır. Departmanlar sadece bir banda atandığından, bölüm şekilleri sadece dikdörtgen şekiller oluşturmaktadır. Bant sayısı BlocPlan'ın kendisi tarafından belirlenmektedir (Heragu, Facilities Design, 1997). Bununla birlikte bant genişliklerinin değiştirilmesine izin verilmektedir (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoho, 2010).

Algoritmaya öncelikle departmanlar, departman alanları tanımlanır. Program otomatik olarak ortalamayı, toplam alanı ve standart sapmayı hesaplamaktadır. Sonra akış ya da ilişki diyagramı tanımlanır. Tüm gerekli bilgiler tanımlandıktan sonra yerleşim düzenini değerlendirmek ve geliştirmek için, rastgele düzen, iyileştirme algoritması ve otomatik arama algoritması şeklinde üç farklı yöntem bulunmaktadır. Rastgele düzen seçeneği ile program akış verisini dikkate almadan rastgele olarak bir düzen oluşturmaktadır ve kullanıcı tarafından elle departmanlar değiştirilerek iyileştirme yapılır. İyileştirme algoritması, verilen başlangıç yerleşimi değişiklikler yaparak iyileştirme yapmaktadır. Otomatik arama algoritması ise rastgele olarak başlangıç düzeni oluşturur ve bunun üzerinde kayda değer iyileştirme bulunmayana kadar iyileştirme yapmaktadır (Heragu, Facilities Design, 1997).

BlocPlan yerleşim düzenini, komşuluk puanı, ilişki-uzaklık skoru ve ürün-hareket puanına göre değerlendirmektedir. Uzaklık-ilişki puanı, malzeme akış bilgisi olmadığına yararlıdır ve departmanlar arasındaki uzaklık kullanılarak hesaplanmaktadır. Ürün-hareket puanı uzaklığı temel alan amaç fonksiyonuna eşit olan sadece akış verisi olmadığına hesaplanan bir değerdir. Komşuluk, ilişki-uzaklık aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Heragu, Facilities Design, 1997):

$$TC_{Komşuluk} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n R_{ij} D_{ij}}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n R_{ij}}$$

**Denklem 3.3.** Komşuluk Skoru

$$TC_{ilişki-uzaklık} = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n d_{ij} R_{ij}$$

**Denklem 3.4.** İlişki-Uzaklık Skoru

$R_{ij}$ : i ve j departmanları arasındaki akış için verilen sayısal değer

$D_{ij}$ : i ve j departmanlarının komşu olması durumunda 1; olmaması durumunda 0 alan değer

$n$ : toplam departman sayısı

$d_{ij}$ : i ve j departmanları arasındaki dikdörtgen uzaklık

BlocPlan, departmanların yerleşimini bantlar içinde yapmasıyla MCRAFT ile benzerlik göstermektedir. BlocPlan' da her bir departman tümüyle yalnızca bir bant alanına yerleştirilmektedir ve tüm departmanlar dikdörtgen şeklindedir. MCRAFT'ın tersine dikdörtgen şekillerin boyutları sadece tam sayılarla ifade edilmemektedir (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoho, 2010).

BlocPlan, maksimum 18 adet departman yerleşimi yapabilmektedir. Ve Yerleşimdeki gelişmeler iki yönlü departman değişimi yapılarak elde edilmektedir. Program, girdi olarak hem ilişki diyagramını hem de akış diyagramını kabul etse de yerleşim değerlendirmesi yaparken bu iki diyagramı da yalnızca bir kez kullanılmaktadır. Bu, bir düzenin bu iki diyagramın bazı kombinasyonlarına göre değerlendirilmediği anlamına gelmektedir. İlk olarak her bir departman iki ya da üç banttandır. Belli bir banda tahsis edilen tüm bölümler göz önünde bulundurulduğunda, ilgili bant genişliğini, bu gruptaki bölümlerin toplam alanını bina uzunluğuna bölerek hesaplamaktadır. Tam düzen, her bir bant için uygun genişliğin hesaplanması ve her bir banttaki bölümlerin belirli bir diziye göre düzenlenmesi ile oluşturulmaktadır (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoho, 2010).

### **3.2.2.MCRAFT (MICRO-CRAFT)**

CRAFT(Computerized Relative Allocation of Facilities Technique), temel metodoloji olarak bilgisayar destekli tesislerin bölüştürülmesi tekniği algoritmasıdır. 1963 yılında, Armour, Buffa ve Vollman tarafından geliştirilen literatürdeki en eski yerleşim algoritmalarından biridir. CRAFT'ın amacı, departmanlar arasındaki toplam malzeme taşıma maliyetini en aza indirmektir. Bu algorithmada departmanların

şekilleri dikdörtgen olmak zorunda değildir fakat departmanların alanlarının tam sayılarla ifade edilmesi gerekmektedir (Heragu, Facilities Design, 1997).

CRAFT, genellikle mevcut bir tesisin gerçek düzeni ya da başka bir algoritma tarafından geliştirilen olası bir düzeni temsil eden bir başlangıç düzeni ile başlamaktadır. Başlangıç düzeni ile birlikte yerleşim düzenlemesi yapılacak yerin ve departmanların boyutlarına, departmanlar arası akış ve uzaklık verilerine, departman sayısı ve alanlarına ve yerleşimdeki yeri değişmeyecek olan departmanların bilgilerine ihtiyaç duymaktadır. CRAFT, ilk olarak başlangıç düzenindeki departmanların merkezlerini belirlemektedir. Daha sonra bu merkezlerden departmanlar arasındaki rektilineer mesafeyi hesaplayarak uzaklık matrisi oluşturmaktadır. Buna göre başlangıç düzeninin maliyeti, gezi diyagramı (ürünlerin akışı) ve departmanlar arasındaki uzaklık kullanılarak hesaplanmaktadır (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoho, 2010).

CRAFT, bu şekilde başlangıç düzeni ile başlayarak iki ve üç yönlü departman değişimleri ile bu düzeni geliştirmektedir. Bu değişimler sırasında departmanların bütünlüğü korunmakta, hiçbir bölünme olmamaktadır. Her değişiklikte bölümlerin merkez noktası uzaklıkları yeni düzene göre yeniden belirlenmekte, malzeme taşıma maliyetleri yeniden hesaplanmaktadır. Çift yönlü değişim kullanıldığından taşıma maliyetinde en büyük azalmayı sağlayan departman değişikliği uygulanmaktadır. Bir sonraki iterasyon yeni düzen ile başlamaktadır. Bu değişiklik daha fazla taşıma maliyetinde iyileştirme sağlanamayana kadar devam etmektedir (Heragu, Facilities Design, 1997).

CRAFT için değişim yapılabilmesi için departmanların aynı alana sahip ya da bitişik olması gerekmektedir. CRAFT, departmanların şekillerine göre esnek bir yapıdadır. Departmanlar bölünmediği sürece, departmanların şekilleri değişiklik gösterebilmektedir. Merkezden merkeze mesafe ölçüsü nedeniyle, optimum yerleşim konsantrik dikdörtgenlerden oluşmaktadır (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoho, 2010).

CRAFT ve MCRAFT Microsoft Excel'in eklentisi ile çalışmaktadır.

MCRAFT, Hosni, Whitehouse ve Atkins (1980) tarafından geliştirilmiştir. Her iki departmanın bitişik olup olmama durumuna bakmaksızın değişim yapan, CRAFT'ın

geliştirilmiş halidir. Algoritma, bu değişiklikleri, eşit olmayan veya bitişik olmayan departmanlar değiştirilirken diğer departmanları otomatik olarak değiştiren bir düzen oluşturma tekniği kullanarak yapmaktadır. MCRAFT, CRAFT 'ın departmanların eşit alana sahip olması ve bitişik olmaları sınırlamasını ortadan kaldırmaktadır (Heragu, Facilities Design, 1997).

MCRAFT kullanarak, tüm çiftler çift yönlü değişim algoritması ile denenebilir (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoho, 2010). MCRAFT' ın yerleşim şekli Şekil 3.1 'de gösterilmiştir.

	1	2	3	4	5	6
1	1	1	7	8	8	8
2	1	2	7	7	8	8
3	2	3	6	7	9	10
4	3	3	6	6	11	11
5	3	4	5	5	11	11
6	4	4	4	4	11	11

**Şekil 3.1.** MCRAFT Düzeni( 11 tesis ve bant genişliği 1)

MCRAFT, departman boyutlarının ve bant sayısının kullanıcı tarafından belirtilmesiyle başlar. Bu bilgiler belirtildikten sonra, MCRAFT, yerleşim düzenlenmesinde başlangıç çözümü olarak bölümlerin sıralanış dizisine gerek duymaktadır. Algoritma, bu diziye göre departmanları alanlara atamaktadır. Daha sonra tüm olası değişimi değerlendirerek maliyette en büyük düşüşü sağlayan değişimi seçmektedir. Bu değişimi gerçekleştirdiğinde diğer bölümleri de otomatik olarak değiştirmektedir. Sonuç olarak değişimle maliyette bir azalma elde edilmeyene kadar değişim yapılmaya devam edilmektedir (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoho, 2010).

MCRAFT, CRAFT ile yaklaşık olarak aynı özellikleri göstermektedir. Ancak, çift yönlü değişimle ilgili kısıtlama MCRAFT ile genişletilmiştir. CRAFT sadece bitişik veya aynı alana sahip bölümler arasında değişim yapabilirken, MCRAFT ise tüm olası değişimleri yapmaktadır.

### 3.2.3. SFLA

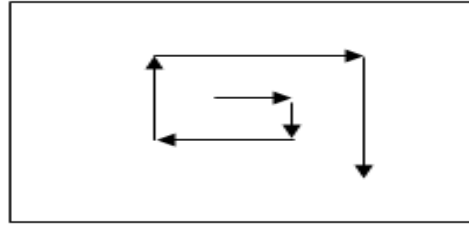
SFLA(Spiral Facility Layout Algorithm), MCRAFT metodundan esinlenerek oluşturulan bir algoritmadır. Algoritma, departmanların yerleşimini sarmal bir rotalama ile yapmaktadır. Sarmal rota kullanılmasıyla, departmanlar arasındaki mesafeyi azaltmak ve malzeme taşımada kolaylık sağlamak için akışı merkezileştirmek ve en ilgili bölümlerin merkezin çevresinde toplanması amaçlanmaktadır. Amaç fonksiyonu uzaklığa bağlı olarak hesaplanmaktadır. Algoritma, yerleşim düzenini yapmak için departmanlar arasındaki akışa, taşınan yükün birim taşıma maliyetine ve departmanların alanlarına ihtiyaç duymaktadır (Şanlı, 2010).

Algoritma, ilk aşamasında MCRAFT ile benzerlik göstermektedir ve tesisin ve yerleşim düzenindeki departman alanlarının boyutları bilgisine ihtiyaç duymaktadır. Ve kullanıcı tarafından departmanlar arasındaki akış ve taşıma maliyetleri tanımlanmaktadır (Şanlı, 2010).

İkinci aşamada ise MCRAFT'tan farklılık göstermektedir. Fark ikinci aşamada görünür hale gelmektedir. MCRAFT, tesis alanında rotasını oluşturmak için bir bant genişliğine ihtiyaç duyarken; SFLA algoritması tesis alanında sarmal rota oluşturmak için bant genişliğine ve bant uzunluğuna gereksinim duymaktadır. Bant genişliği ve bant uzunluğu kullanılarak bloklar oluşturulur. Bloklar, tesis alanının birimleri olarak düşünülebilir. Departmanlar, bloklara tahsis edilmektedir (Şanlı, 2010).

İlk düzen oluşturulduktan sonra ikili değişim algoritması uygulanarak departmanların bloklara atanması gerçekleştirilir.

SFLA'nın gösterim modeli, tesisin merkezinden başlayıp, tesisin sonuna kadar sarmal bir yol izleyen sarmal eğridir. Sarmalın genişliği, hesaplanan bant genişliğine ve sarmal eğrinin uzunluğuna göre ayarlanmaktadır. Sarmal eğrinin şekli Şekil 3.2' de görülebilir (Şanlı, 2010).



**Spiral Pattern**

**Şekil 3.2.** SFLA- Sarmal Eğri

SFLA’da blokların alanları, bant genişliğine ve bant uzunluğuna göre hesaplanmaktadır. Bu iki parametre doğrudan tesisin alanına bağlıdır. Blok genişliği için boyut doğrudan bölümlerin toplam alanı ve toplam alanın genişlik-uzunluk oranı ile ilişkilidir. Blok uzunluğunda ise boyut doğrudan bölümlerin toplam alanıyla ve toplam alanın uzunluk-genişlik oranıyla doğrudan ilişkilidir.

$$Blok\ genişliği = \sqrt{\frac{toplam\ alan}{(toplam\ departman)^2}} * \frac{alan\ genişliği}{alan\ uzunluğu}$$

**Denklem 3.5.** SFLA’ da Blok Genişliği

$$Blok\ uzunluğu = \sqrt{\frac{toplam\ alan}{(toplam\ departman)^2}} * \frac{alan\ uzunluğu}{alan\ genişliği}$$

**Denklem 3.6.** SFLA’ da Blok Uzunluğu

K	K	K	K	K	K
K	K	K	K	K	K
K	K	K	K	K	K
K	K	A	C	C	C
K	K	A	B	D	C
K	K	A	B	D	D
J	I	G	G	D	D
H	H	G	G	E	E
H	H	H	F	F	F

**Şekil 3.3.** 11 Departman Alanı İçin SFLA(Blok genişliği:2; Blok uzunluğu:3)

SFLA’da, nihai maliyet, algoritmanın başlamış olduğu ilk düzen ile kuvvetle ilişkilidir. Bu sebeple SFLA, kullanıcı tarafından tanımlanan başlangıç yerleşiminin yanı sıra, isteğe bağlı olarak rastgele ya da akış verilerine göre iki farklı şekilde oluşturulan başlangıç düzenlerini de kullanabilmektedir. Yerleşim düzeninde seçilen bölümlerin yerini belirlerken sarmal bir yol takip etmektedir. Bu bölümlerin şekli için boyut durumlarına göre L,U ya da kare şekil seçilir. Departmanların şekillerini net olarak belirlemek amacıyla düzen bloklara bölünmekte ve blok sayısı, yerleşimin boyutlarına ve blokların boyutlarına göre hesaplanmaktadır.

Excel VBA kodları kullanılarak modelin bir yazılım sürümü oluşturulmuştur. Öncelikle alan gereksinimleri ve tesisi alanının boyutları, akış ve maliyet matrisi girdi olarak verilmektedir. Sonrasında, bant genişliği ve uzunluğu sarmal rotanın oluşması ve istenmeyen departman şekillerini oluşmaması için tanımlanmaktadır. Algoritmaya gerekli bilgiler verildikten sonra, SFLA yerleşim için boşluk doldurma eğrisini tanımlayarak, sarmal eğri ve tesis alanını oluşturmaktadır. SFLA, boşluk doldurma eğrisini ilk önce numaralandırıp, sonrasında bu numaralara departmanları yerleştirmektedir.

55	56	57	64	65	72	73	74
54	53	58	63	66	71	76	75
51	52	59	62	67	70	77	78
50	49	60	61	68	69	80	79
47	48	1	8	9	10	81	82
46	45	2	7	12	11	84	83
43	44	3	6	13	14	85	86
42	41	4	5	16	15	88	87
39	40	29	28	17	18	89	90
38	37	30	27	20	19	92	91
35	36	31	26	21	22	93	94
34	33	32	25	24	23	96	95
125	124	117	116	109	108	97	98
126	123	118	115	110	107	100	99
127	122	119	114	111	106	101	102
128	121	120	113	112	105	104	103

Şekil 3.4.Sarmal Eğri Numaralandırılması

E	E	E	F	F	F	F	F
E	E	E	F	F	F	F	F
E	E	E	F	F	F	F	F
E	E	F	F	F	F	G	G
E	E	A	A	A	A	G	G
E	D	A	A	A	A	G	G
C	D	A	A	A	B	G	G
C	C	A	A	B	B	G	G
C	C	C	C	B	B	H	G
C	C	C	C	B	B	H	H
C	C	C	B	B	B	H	H
H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	H	H	H	H	H

Şekil 3.5.SFLA’nın Yerleşim Düzenlemesi(Bant Genişliği:2;Bant Uzunluğu:4)



İstenen başlangıç düzenine göre, bölümler tesis alanına tahsis edilmektedir. Bölümlerin merkezleri ve başlangıç düzeninin maliyeti hesaplanmaktadır. Düzen tasarım süreci, ikili değişim optimizasyonu ile devam ederek, başlangıç düzeni maliyetinde en fazla azalmayı sağlayan düzen ile son bulmaktadır (Şanlı, 2010).

#### **3.2.4.Karınca Kolonisi Optimizasyonu (KKO)**

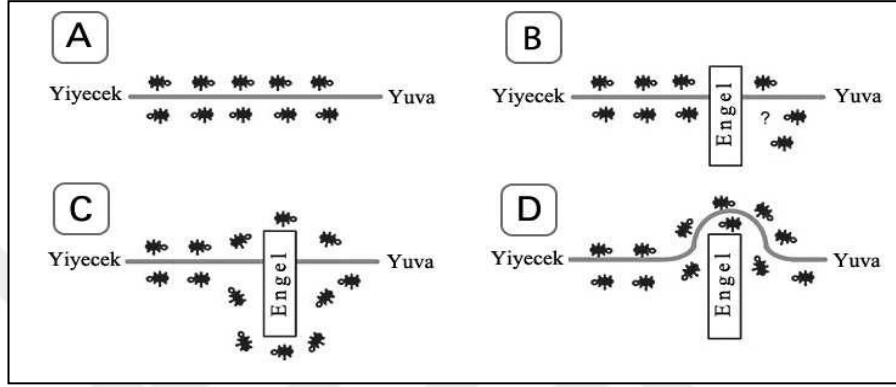
Karınca kolonisi optimizasyonu, doğadaki canlıların ortak davranışlarından esinlenen algoritmalarından bir sürü zekâsını temel alan algoritmalarından biridir. Sürü zekâsı, besin bulmak için çabalayan türlerin toplumsal davranışlarını ifade etmektedir. Bu tür algoritmaların temel özellikleri parçacıklarının basit ve karmaşık olmayan ajanlar olması, dolaylı bir iletişim aracı ile işbirliği içinde olmaları ve karar alanında hareket etmeleridir (Taner, 2018).

KKO, 1996 yılında Dorigo tarafından karıncaların yiyecek arama sırasında sergiledikleri davranışlardan esinlenerek sürekli ve süreksiz problemleri çözmek için geliştirilmiştir. Bu algoritma, normal şartlarda bireylerin topluluk içerisinde birbirleriyle iletişim halinde hareket ederek iyi sonuçlar elde edebileceğini göstermektedir (Karaboğa & Akay, 2009). Bu algoritmanın genel karakteristikleri; pozitif geri besleme, dağıtılmış hesaplama ve açgözlü çözüm kurucu sezgisel olmasıdır. Pozitif geri besleme, iyi çözümlerin erken bulunmasına yardımcı olmasını, dağıtılmış hesaplama erken olgunlaşmayı engellemesini ve “açgözlü” sezgisel olması ise arama sürecinin ilk aşamalarında kabul edilebilir çözümlerin oluşması anlamına gelmektedir (Çalışkan, 2008).

Bu algoritmanın gelişmesinde temel oluşturan karıncaların davranışlarına bakıldığında yuvalarına yiyecek taşımaları esnasında geliş ve gidiş olmak üzere iki alternatif yol belirleyerek en kısa yolu bulmaya çalıştıkları ve bunu yaparken birbirleriyle iletişim halinde, ortam koşullarına uyum sağlayarak yapabildikleri gözlenmektedir. Aralarındaki iletişimi, vücutlarından salgıladıkları kokulu ve uçucu bir madde olan feromonu (phremone) yol üzerine bırakarak sağlamaktadırlar. Feromon, bu yollardan birisinden geçen ilk karınca tarafından bırakılarak diğer karıncalara hedef noktayı göstermektedir ve yolları kullanan karıncalar tarafından sürekli olarak güncellenmektedir. Bir yolda feromon miktarının yoğun olması, o yolun kalitesini ifade eder ve seçilme olasılığını artırır. Çünkü bir karınca önüne

engel çıktığında, yol tercihini feromon miktarına ve rastgele olarak iki ölçüte göre yapmaktadır (Taner, 2018), (Keskintürk & Hasan, 2006).

KKO algoritmaları gerçek karıncaların davranışını taklit eden yapay karıncaları kullanmaktadır. Karıncaların besin ve yuva arasındaki davranışları Şekil 3.6'de gösterilmiştir.



**Şekil 3.6.** Karıncaların En Kısa Yolu Bulma Davranışları (Lopes & Perretto, 2005)

Şekil 3.6 incelendiğinde; A'da karıncaların yuvaları ile yiyecek arasında düz bir yol halinde hareket ettiği gözlenmektedir. Bu yolun oluşturulması ve korunması, karıncaların başlangıç yolunun-feromon izinin bırakılmasıyla ilişkilidir. B, gerçek karıncaların bu temel davranışları, karşılaştıkları bir engel tarafından ilk yol kesintiye uğradıktan sonra en kısa yolu bularak engellenen güzergâhı yeniden oluşturduklarını açıklamaktadır. Aslında engel ilk ortaya çıktığında engelin hemen önünde olan karıncalar feromon izini takip etmeye devam edemez ve bu yüzden sağa veya sola dönmek arasında bir seçim yapmak zorunda kalmaktadırlar. Bu durumda karıncaların yarı yarıya sağa ve sola dönmeyi seçtiği düşünülmektedir. C, engelin diğer tarafta olması durumudur. Engelin etrafındaki daha kısa yolu seçen karıncaların kesintiye uğramış olan feromon izlerini daha hızlı bir şekilde yeniden kurduğunu göstermektedir. Böylece daha kısa olan yol her zaman biriminde daha büyük miktarda feromon alacaktır ve karıncaların büyük kısmı sırayla daha kısa olan yolu seçeceklerdir. Son olarak D ise olumlu geribildirim süreci sayesinde tüm karıncalar hızla kısa yolu seçeceklerini ifade etmektedir. Tüm karıncalar yaklaşık olarak aynı hızda hareket etmesine ve yaklaşık olarak aynı oranda feromon izi bırakmasına

rağmen, engellerin hatlarını belirlemek uzun taraf için daha çok zaman almaktadır. Bu da feromon izlerinin kısa tarafta daha hızlı belirginleşmesi anlamına gelmektedir (Dorigo & Gambardella, 1996).

KKO algoritması, bir başlangıç feromon miktarı ile başlatılır. Algoritmada çözüm üretme ve feromonların güncelleştirilmesi adımları sürekli tekrar etmektedir. Karınca kolonisi algoritması şablonu şu şekildedir (Muti, 2018):

---

Feromon izlerini başlatın

Tekrar et

Her karınca için yap

Feromon izini kullanarak çözüm üretimi;

Feromon yollarını güncelleyin:

Buharlaştırma;

Güçlendirme;

Durdurma ölçütlerine kadar

Çıktı: En iyi çözüm ya da çözüm seti bulundu.

---

KKO, düğümler (vertices) kümesi  $V$  ve ayırtlar (edges) kümesi  $E$  ile ifade edilen  $G$  yapısal çizgesinde (construction graph)  $G=(V,E)$  ; kaynak ve hedef düğüm arasındaki en kısa yol bulma problemidir.

Başlangıçta bir grup karınca;  $k =1, \dots, n_k$  , rassal olarak kaynak düğümüne yerleştirilmektedir. Her iterasyonda her bir karınca hedef düğüme kadar aşamalı olarak bir yol oluşturmaktadır. Bu süreçte; her bir düğümde her bir karınca gideceği bir sonraki düğümü seçmeye çalışmaktadır. Eğer  $k$ . karıncanın bulunduğu düğüme  $i$  düğümü adı verilirse, karınca gideceği bir sonraki düğüm olan  $j \in N_i^k$  düğümünü (3.7)'de bulunan olasılık bağıntısına göre belirlenmektedir.

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha(t)}{\sum_{j \in N_i^k} \tau_{ij}^\alpha(t)} & j \in N_i^k ; j \notin N_i^k \\ p_{ij}^k(t) = 0 & \end{cases}$$

**Denklem 3.7.** KKO Olasılık Bağıntısı

$\tau_{ij}$ : arkındaki toplam feromon yoğunluğunu

$\tau_{ij}(0)$ : (i,j) arkındaki başlangıç feromon miktarı

$N_i^k$ : k. karıncanın ziyaret edebileceği i düğümüne bağlı mümkün düğümler kümesini

$\alpha$ : feromon miktarının önemini gösteren pozitif bir tam sayı

Tüm karıncalar turlarını tamamladıklarında, her karıncanın izlediği yola feromon bırakılır. (3.9) ve (3.10)'a göre k. karıncanın (t) anında izlediği turun (i,j) ayırtına (edge), yine aynı karıncanın oluşturduğu tur uzunluğuna  $L_k(t)$  bağlantılı olarak feromon bıraktığı görülmektedir.

$$\Delta\tau_{ij}^k(t) \propto 1/L^k(t)$$

**Denklem 3.8.** Karıncaların Bıraktığı Feromon ile turlarının arasındaki ilişki

$L^k$ : k. karıncanın tur uzunluğu

$$\tau_{ij}(t+1) = \tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^{n_k} \Delta\tau_{ij}^k(t)$$

**Denklem 3.9.** Feromonların Turlardaki Yoğunluğu

Algoritmanın her iterasyonunda; her bir ayırttaki feromon buharlaşarak, karıncaları çözüm uzayını daha fazla keşfetmeye teşvik etmekte ve çözümün erken yakınsamasını engellemektedir.

$$\tau_{ij} = (1 - p) \tau_{ij}(t)$$

**Denklem 3.10.** Feromon Yoğunluğu

$p$ : her bir ayırt (edge) için feromonun buharlaşma oranı  $p \in [0,1]$

Algoritmadaki feromon izleri, karıncalar tarafından yeni çözümlerin üretilmesinde, 'iyi' üretilmiş çözümlerin özelliklerini hafızada tutmaktadır. Algoritmadan en iyi

özümü elde edebilmek için feromonlar belirli aralıklarla güncellenmelidir. özümeye yaklaşırın feromonlar güçlendirilirken, çözümünden uzaklaşırın feromonlar belli bir oranda buharlaştırılarak azaltılmaktadır. Buharlaşma evresi, karıncaların önceki kararlarının unutmalarını sağlamaktadır (Muti, 2018).



## 4. HAVAYOLU KARGO DEPOSU VAKA ÇALIŞMASI

Bu tez çalışmasında, departmanlar arasındaki malzeme taşıma maliyetini minimize edecek tesis yerleşimi için karınca kolonisi algoritması geliştirilmiştir. Performans karşılaştırılması için BlocPlan, MCRAFT ve SFLA kullanılmıştır.

### 4.1. Veri Analizi

Tesis düzenlemesi problemi için hava kargo deposu tesis olarak ele alınmıştır. Uygulaması için gerekli olan veriler Turkish Cargo şirketinden alınmıştır.

Türk Hava Yolları, 1933 yılında 5 uçakla başladığı yolculuğuna bugün, 328 (yolcu ve kargo) uçaktan oluşan filosu ile varlığını sürdüren bir havayolu şirkettir. Türk Hava Yolları, Skytrax sonuçlarına göre art arda 3 kez olmak üzere “Avrupa’nın En İyi Havayolu Şirketi”, 9 kez ise “Güney Avrupa’nın En İyi Havayolu Şirketi” ilân edilmiştir.

1936 yılında ise ilk uluslararası kargosunu taşımıştır. 2010 yılında Türk Hava Yolları Kargo Bölümü, “Turkish Cargo” çatısı altında toplanmıştır. Yolcu uçakları ile, 51’i iç hatlarda olmak üzere, 296 şehre kargo taşınmakta, ayrıca kargo uçakları ile de tarifeli kargo seferleri düzenlenmektedir.

Uygulama, departmanların işlevlerine göre daha genel bir çatıda toplandığı ve departmanların bireyselle indirgendiği iki farklı kombinasyon üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Departmanlar arasındaki malzeme taşıma maliyetini minimize edecek tesis yerleşimi probleminin çözümü için gerekli olan bilgiler her bir senaryo başlığında yer verilmiştir.

## 4.2. Metotların Uygulaması

### 4.2.1. Senaryo-I

Uygulamanın bu bölümünde Turkish Cargo deposunda bulunan departmanlar incelenerek her bir departman işlevlerine göre aynı çatıda toplanmıştır. Bu şekilde 18 adet departman elde edilmiştir.

**Tablo 4.1.** Departmanlar Ve Alanları(18 Departman)

Depart.	Alanı	Depart.	Alanı
D1	262	D10	842
D2	422	D11	320
D3	378	D12	451
D4	174	D13	131
D5	44	D14	393
D6	247	D15	160
D7	58	D16	291
D8	204	D17	131
D9	247	D18	145

Turkish Cargo deposunun toplam alanı 80.000 m<sup>2</sup>'dir. Fakat uygulamada performans karşılaştırılması için kullanılması planlanan MCRAFT tekniğinde toplam alan 100x49 olacak şekilde sınırlandırılmıştır. Bu sebeple, her bir departmanın alanı için, bu sınırlandırılmaya uygun olacak şekilde gerçek ölçüleri oranlayarak tablodaki alanlar elde edilmiştir.

Tesis yerleşim problemlerinde malzeme taşıma maliyeti minimizasyonu için diğer gerekli olan akış bilgisi, hava kargo deposundaki kargoların departmanlar arasındaki hareketlerinden elde edilmiştir

**Tablo 4.2. Departmanlar Arasındaki Kargo Akışı**

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18
D1		184107								1637								
D2			21758	181328	2783264	36932	49494	163872	87140	367843	7357	348634	128836	1311310	80889	359969	30140	12463
D3		48265					171			3408		2178						
D4		176120	68					76					5985	88015	35587			
D5		93772				5511			100011	1486371		257925	873		3629		25108	
D6		929161		14454	1796		1111	52616	181180	34310	3923	197193	467	517300	1126552	117	1350	5692
D7		97463	10078	9323	367	23315		39829		469		2850		60325				
D8		407592			1822	1218				5310			26423	15592				230
D9		14365								45171		297284		377				
D10		323901			111007	122200	25	3229	108505		3804	693196	20043	480		1943	44833	
D11		266864			8313			268		2765		10721	23767	100				
D12		412444			31723	24415		350	155972	925002	288536		15222	867		1234	93077	
D13		548402	2914	33198	10834	5808	20289	64148		2548	6427	25162		448088	485	52210	3973	2681
D14		2485344	376	33818	40212	3267	6063	35494		577	69	2926	197035		218018	21444	824	107
D15		116917		18424	249959			1143	7458	25475		20620	359	51297				
D16		4746									8170			487833			26941	
D17		25880								6610		342171		789		1444		
D18		55689						2337					669	363				



#### 4.2.1.1. BLOCPLAN

BlocPlan için hava kargo deposunda, kargoların departmanlar arasındaki kargo akış miktarları bilgisinden departmanlar arasındaki ilişki diyagramı elde edilmiştir. Akış değerleri, miktarlarına göre 6 ayrı grup oluşturularak, her iki departman arasındaki akış değeri ait olduğu aralığın ilişki belirtecini alarak Tablo 4.3'te belirtilmiştir.

**Tablo 4.3.**Departmanlar Arasındaki İlişki Belirteç Aralıkları

Aralık (Kargo Akış Miktarı)	İlişki Belirteci
$0 \leq X \leq 120$	X
$121 \leq X \leq 1500$	U
$1501 \leq X \leq 10000$	O
$10001 \leq X \leq 50000$	I
$50001 \leq X \leq 500000$	E
$500001 \leq X$	A

**Tablo 4.4.** Departmanlar Arasındaki İlişki Diyagramı

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18
D1	-	E	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X
D2		-	I	E	A	I	I	E	E	E	O	E	E	A	E	E	I	I
D3			-	X	X	X	U	X	X	O	X	O	X	X	X	X	X	X
D4				-	X	X	X	X	X	X	X	X	O	E	I	X	X	X
D5					-	O	X	X	E	A	X	E	U	X	O	X	I	X
D6						-	U	E	E	I	O	E	U	A	A	X	U	O
D7							-	I	X	U	X	O	X	E	X	X	X	X
D8								-	X	O	X	X	I	I	X	X	X	U
D9									-	I	X	E	X	U	X	X	X	X
D10										-	O	A	I	U	X	O	I	X
D11											-	I	I	X	X	X	X	X
D12												-	I	U	X	U	E	X
D13													-	E	U	E	O	O
D14														-	E	I	U	X
D15															-	X	X	X
D16																-	I	X
D17																	-	X
D18																		-

Tabloya bakarak, D2 ve D5 departmanları arasındaki ‘A’ ilişki belirteci bu iki departmanın kesinlikle yan yana olması; D2 ve D4 departmanları arasındaki ‘E’ ilişki belirteci bu iki departmanın yan yana olması özellikle önemli; D2 ve D3 departmanları arasındaki ‘I’ ilişki belirteci bu iki departmanın yan yana olmasının önemli; D2 ve D11 departmanları arasındaki ‘O’ ilişki belirteci bu iki departmanın yan yana olmasının göreceli olarak önemli; D3 ve D7 departmanları arasındaki ‘U’ ilişki belirteci bu iki departmanın yan yana olmasının çok da önemli olmadığı bilgisine ulaşılmaktadır. D17 ve D18 departmanları arasındaki ‘X’ ilişki belirteci ise bu iki departmanın kesinlikle yan yana olmamasını ifade etmektedir.

BlocPlan’a departman ve alan bilgisi verildikten sonra ilişki diyagramı tanımlanmıştır. Ve elde edilen başlangıç yerleşim düzeni Şekil 4. 1.’de gösterilmiştir.

Layout 1										
LAYOUT SCORE	1	13	2	16	14	18				
-0.66										
? ü	4	6	12	15	7	3				
RET FOR NEXT	9	10		8	5	11	17			
A-ANALYSIS										
T-TERMINATE										
E-EXCHANGE										
1 1	2 2	3 3	4 4	5 5						
6 6	7 7	8 8	9 9	10 10						
11 11	12 12	13 13	14 14	15 15						
16 16	17 17	18 18								

Şekil 4.1.BlocPlan Başlangıç Yerleşim Düzeni(Z=979.197.591)

BlocPlan, yerleşim alanını 3 banda ayırarak departmanları ilişki diyagramına göre yerleştirmiştir. BlocPlan, elde ettiği yerleşim düzeninde her bir departmanın X ve Y koordinatlarını hesaplamaktadır. Departman koordinatlarından uzaklık matrisi oluşturup, her bir departman çifti için akış verileri ile çarpılarak başlangıç yerleşiminin malzeme taşıma maliyeti hesaplanmıştır.

**Tablo 4.5.** BlocPlan Başlangıç Yerleşiminin Departman Koordinatları

Depart.	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18
X	8	36,7	87,1	5,9	73,5	20,3	72,3	66,6	6,9	37,4	83,7	44	19,9	79,2	65	58,4	96,3	95,6
Y	40,8	40,8	25,2	25	8,9	25,2	25,2	8,9	8,9	8,9	8,9	25,2	40,8	40,8	25	40,8	8,9	40,8

BlocPlan'da başlangıç yerleşimini iyileştirmek için geliştirme algoritması kullanılmıştır. BlocPlan iterasyon iterasyon ilerlemekte ve toplam 150 iterasyon yapmaktadır. Fakat en iyi sonucu bulduğunda durması gibi bir koşul bulunmamaktadır. Bu sebeple 2. ve 3. iterasyon sonucunda elde edilen yerleşim düzeni gösterilmiştir.

```
Layout 2
LAYOUT SCORE
-0.49
? aü
RET FOR NEXT
A-ANALYSIS
T-TERMINATE
E-EXCHANGE

1 1      2 2      3 3      4 4      5 5
6 6      7 7      8 8      9 9      10 10
11 11     12 12     13 13     14 14     15 15
16 16     17 17     18 18
```

1	13	7	16	14	18
4	6	12	15	2	3
9	10	8	5	11	17

**Şekil 4.2.** BlocPlan 2.İterasyon Yerleşim Düzenlemesi ( $Z= 797.940.822$ )

**Tablo 4.6.** BlocPlan 2.İterasyon Yerleşiminin Departman Koordinatları

Depart.	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18
X	10,2	67,8	89,7	4,7	73,5	16,2	33	66,6	6,9	37,4	83,7	35,3	25,6	73,3	52	46,6	96,3	94,3
Y	42,6	27	27	27	8,9	27	42,6	8,9	8,9	8,9	8,9	27	42,6	42,6	27	42,6	8,9	42,6

Layout 3	1	13	15	16	14	18
LAYOUT SCORE -0.38	4	6	12	2	7	3
? ü	9	10	8	5	11	17
RET FOR NEXT						
A-ANALYSIS						
T-TERMINATE						
E-EXCHANGE						
1 1	2 2	3 3	4 4	5 5		
6 6	7 7	8 8	9 9	10 10		
11 11	12 12	13 13	14 14	15 15		
16 16	17 17	18 18				

**Şekil 4.3.** BlocPlan 3.İterasyon Yerleşim Düzenlemesi (Z= 819.169.282)

**Tablo 4.7.** BlocPlan 3.İterasyon Yerleşiminin Departman Koordinatları

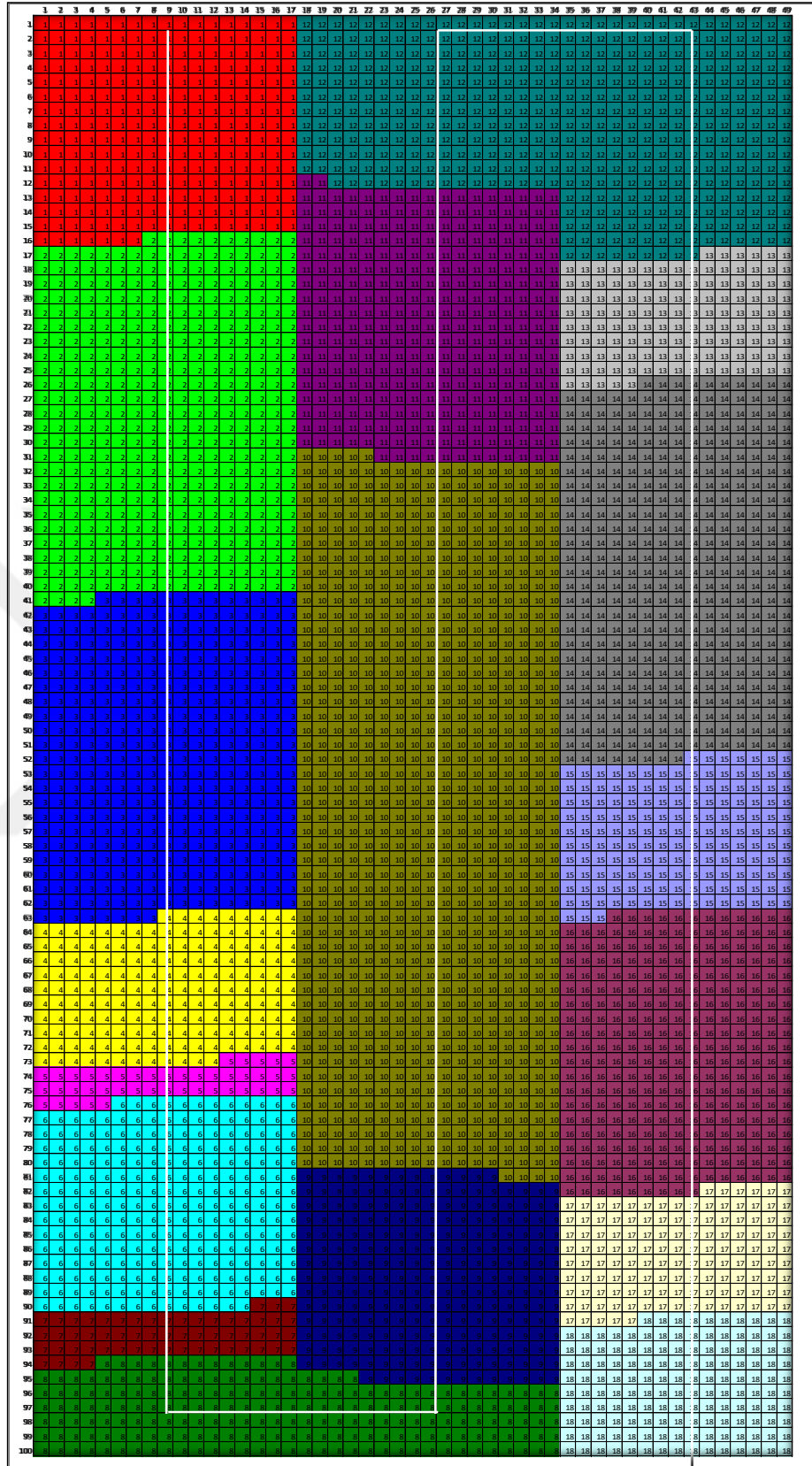
Depart.	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18
X	10,2	67,8	89,7	4,7	73,5	16,2	33	66,6	6,9	37,4	83,7	35,3	25,6	73,3	52	46,6	96,3	94,3
Y	42,6	27	27	27	8,9	27	42,6	8,9	8,9	8,9	8,9	27	42,6	42,6	27	42,6	8,9	42,6

#### 4.2.1.2. MCRAFT

İlk olarak programa departmanlar, alanları ve departmanlar arasındaki akış tanımlanmaktadır. Program, bu bilgiler dâhilinde başlangıç yerleşimi sunmakta ve bu yerleşimin malzeme taşıma maliyetini hesaplamaktadır.

**Tablo 4.8.** MCRAFT Departman Belirteçleri

D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D 10	D 11	D 12	D 13	D 14	D 15	D 16	D 17	D 18
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18



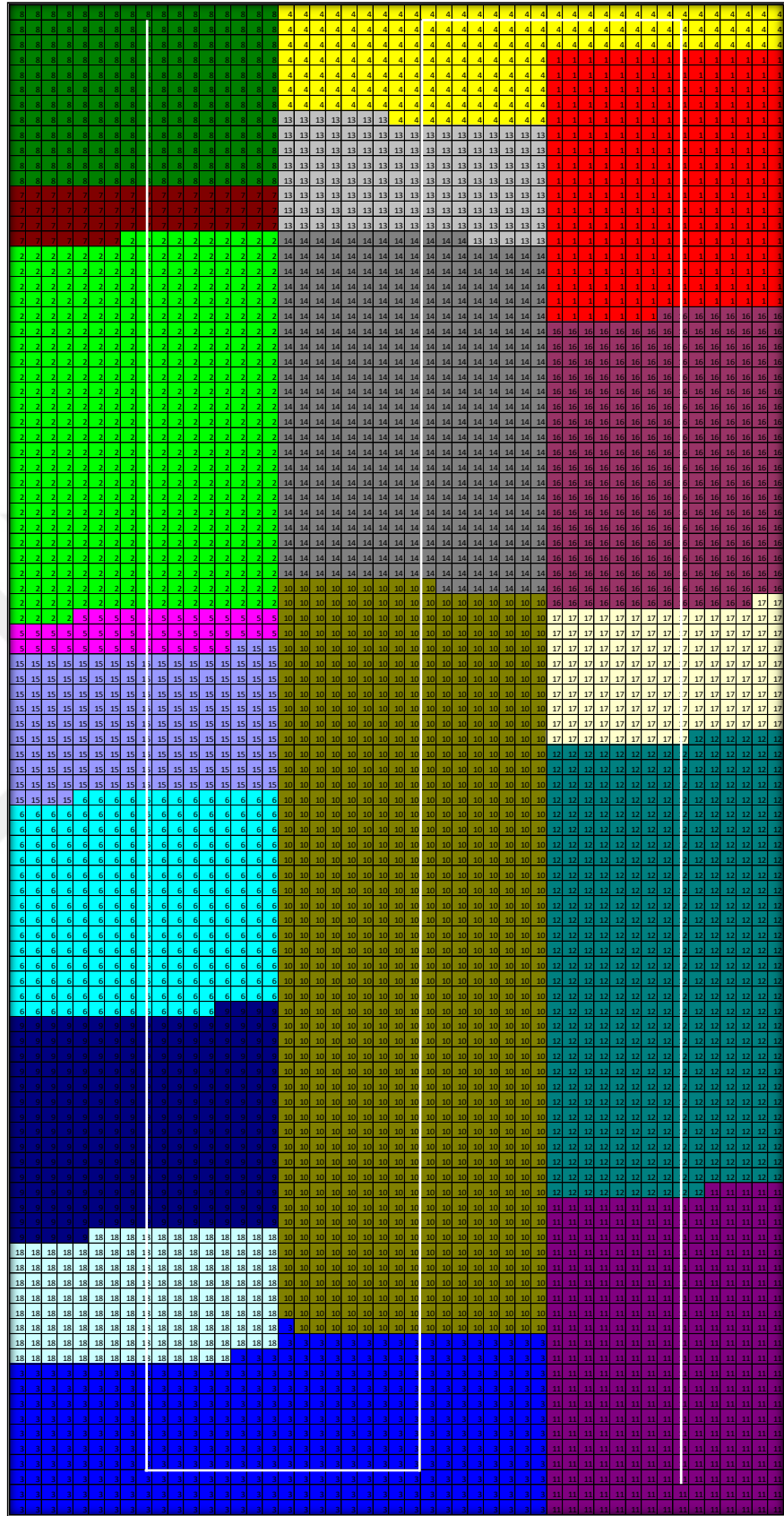
Şekil 4.4. MCRAFT Başlangıç Yerleşimi(Z=1.094.814.720)

Bu aşamadan sonra, program her bir iterasyonda ikili değişimler yaparak maliyette daha iyi iyileşme olmayana kadar değişime devam ederek optimum sonuca ulaşmaktadır.

MCRAFT, 15 iterasyonda 4. ve 1. departmanlarının yer değişimi ile optimum sonuca ulaşmıştır.

**Tablo 4.9.MCRAFT Çözümü**

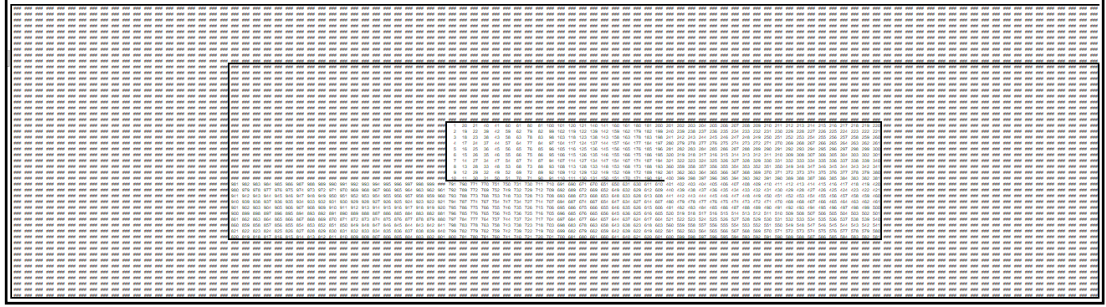
İterasyon	Departman	Maliyet	
1	Değişim	7 ve 3	936.748.800
2	Değişim	16 ve 12	826.557.376
3	Değişim	14 ve 11	788.148.608
4	Değişim	15 ve 4	740.825.664
5	Değişim	8 ve 1	703.168.192
6	Değişim	18 ve 11	686.255.744
7	Değişim	9 ve 3	675.913.152
8	Değişim	5 ve 15	665.641.216
9	Değişim	18 ve 13	658.426.304
10	Değişim	7 ve 2	653.438.784
11	Değişim	18 ve 1	641.725.632
12	Değişim	17 ve 12	629.056.832
13	Değişim	13 ve 16	624.989.696
14	Değişim	4 ve 16	623.536.128
15	Değişim	4 ve 1	623.209.664



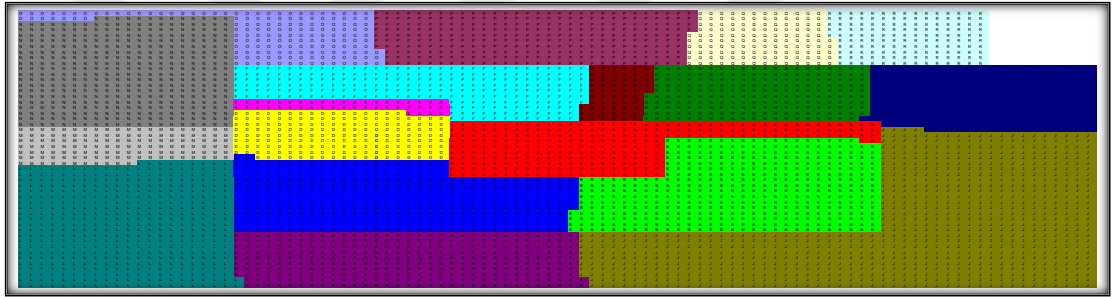
Şekil 4.5.MCRAFT Optimum Sonucu(Z= 623.209.664)

#### 4.2.1.3.SFLA

Diğer yöntemlerde olduğu gibi departmanlar ve alanları, aralarındaki kargoların hareketliliği bilgileri tanımlandıktan sonra, algoritma Şekil 4.6’da görüldüğü gibi departman alanlarını numaralarla belirtmektedir.



Şekil 4.6. SFLA Başlangıç Yerleşiminin Numaralarla Gösterilmesi



Şekil 4.7. SFLA Başlangıç Yerleşimi

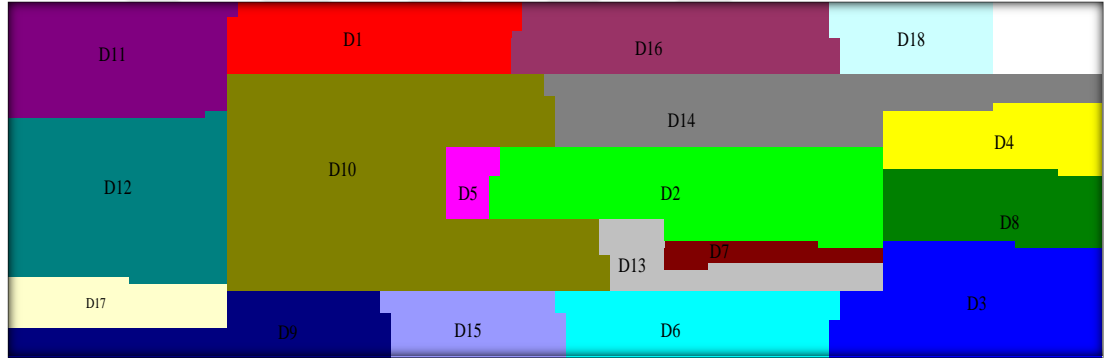
SFLA, başlangıç çözümünü, her bir iterasyonda iyileştirilmiş maliyet değerini göz önünde bulundurarak iki departmanın yer değiştirerek maliyet değerinde iyileşme elde edilmeyinceye kadar devam etmektedir.

SFLA, 11 iterasyon sonunda 7 ve 8 numaralı departmanlarının ikili değişimi ile optimum çözümü elde etmiştir. Tablo 4.10’da her bir iterasyonda ikili değişimi yapılan departmanlar ve maliyet değerleri belirtilmiştir. Elde edilen optimum çözüm Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



**Tablo 4.10.** SFLA İterasyon Çözümleri

İterasyon	Değişim	Departman	Maliyet
1	Değişim	2 ve 15	735.053.251
2	Değişim	2 ve 10	671.385.276
3	Değişim	1 ve 2	630.505.734
4	Değişim	3 ve 5	610.012.904
5	Değişim	13 ve 14	600.163.241
6	Değişim	3 ve 4	598.917.352
7	Değişim	8 ve 15	598.282.919
8	Değişim	7 ve 17	595.090.715
9	Değişim	9 ve 18	589.658.513
10	Değişim	8 ve 9	585.144.943
11	Değişim	7 ve 8	583.016.625



**Şekil 4.8.** SFLA Optimum Yerleşim (Z=583.016.625)

#### 4.2.1.4. Karınca Kolonisi Algoritması

Öncelikle Matlab’da oluşturulan algoritmanın Pseudo Kodu aşağıda verilmiştir.

**Adım 1:** Tesis tasarım parametrelerini tanımlamak; her departman için alan gereksinimleri, departman sayısı, uzunluğu ve genişliği,

**Adım 2:** BlocPlan için koridor sayısı belirle

**Adım 3:** Karınca Kolonisi Algoritması için parametreleri seç ( kullanılacak karınca sayısı, maksimum iterasyon, buharlaşma oranı ve feromon salım hızı )

**Adım 4:** Feromon matrisini başlat

For each iteration do

**Adım 5:** Her koridorda yer alacak bölümlerin sayısını belirle (rastgele veya önceden belirlenmiş)

**For each** karınca **do**:

Feromon matrisine göre departmanları sırala

Yerleşim alanına departmanları yerleştir

Maliyeti hesapla

**If the best solution** feromon matrisi öğeleri ise

En iyi çözümde daha fazla feromon bırakın

En iyi çözümde değilse feromon buharlaşır

En iyi çözüm kaydı

**end if**

**end** karınca **loop**

**end** iteration **loop** (Sonlandırma kriterleri: Maksimum iterasyona ulaşıldı veya bir süre için önemli bir iyileşme yok)

---

Performans karşılaştırılmasında kullanılan BlocPlan'da koridor sayısı 3 olarak sınırlandırılmıştır. Bu sebeple MCRAFT ve KKO, koridor sayısı 3 olarak çalıştırılmıştır. Matlab'da 3 koridor ve 18 departman için BlocPlan'ın KKO ile geliştirilen kod çalıştırıldığında Şekil 4.9 elde edilmiştir.

16	10										5	
8								1				
11	18	7	17	4	14	2	13	12	9	6	15	3

**Şekil 4.9.** KKO Optimum Yerleşim (Z= 524.238.902)

Karınca Kolonisi Algoritması, bir meta sezgisel algoritmadır ve lokalde en iyiyi bulmaya çalışır. Matlab'da elde edilen yerleşim düzeni koordinatları Tablo 4.11'de verilmiştir.

**Tablo 4.11.** KKO Optimum Yerleşim Düzeni Koordinatları

Depart.	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18
X	49,0	24,7	49,0	12,5	49,0	40,9	7,9	21,5	37,2	47,2	4,8	33,5	26,7	18,4	43,3	12,1	9,8	7,0
Y	76,0	66,5	66,5	66,5	100,0	66,5	66,5	76,0	66,5	100,0	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5	100,0	66,5	66,5

Kod, farklı karınca ve iterasyon sayısı ile çalıştırıldığında elde edilen yerleşim düzenlerinden biri Şekil 4.10'da, bu yerleşimin koordinatları ise Tablo 4.12'de gösterilmiştir.

Depart.	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18
X	16	9	7	12	6	14	8	18	13	2	5	10	11	1	15	3		
Y																		

**Şekil 4.10.** KKO Optimum Yerleşim-II (Z=349.346.052)

**Tablo 4.12.** KKO Optimum Yerleşim-II Düzeni Koordinatları

Depart.	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18
X	43,3	27,6	49,0	49,0	28,1	13,8	6,4	20,2	5,7	37,1	40,5	11,2	23,1	18,0	45,0	3,1	49,0	21,7
Y	96,4	96,4	96,4	100	96,4	96,4	96,4	96,4	96,4	96,4	96,4	96,4	96,4	96,4	96,4	96,4	2,7	96,4

KKO ile elde edilen yerleşim düzenin koordinatlarından uzaklık matrisi oluşturularak Denklem 3.1 hesaplanarak yerleşim düzeninin maliyeti elde edilmiştir.

Senaryo-I'de dört metodun karşılaştırılması yapılmıştır. Ve sonuçlar Tablo 4.13'de verilmiştir. Sonuçları incelediğimizde geliştirilen modelin, literatürde tanımlı metotlardan daha iyi bir sonuç verdiği görülmektedir.

**Tablo 4.13.**Sonuç Karşılaştırılması

Metot	Toplam Maliyet
MCRAFT	623.209.664
SFLA	583.016.625
BLOCPAN	797.940.822
ANTCOLONY	524.238.902

#### 4.2.2.Senaryo-II

Turkish Cargo yapısı incelendiğinde, 40 departmandan oluştuğu görülmektedir. Uygulamanın birinci bölümünde BlocPlan'ın 18 departman ile sınırlandırılması sebebiyle bu departmanlar işlevlerine göre 18 departman olacak şekilde birleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlardan, geliştirilen modelin etkili olduğu görülmektedir. Bu kısımda, geliştirilen modelin departman sayısı fazla olması durumundaki performansı incelenmiştir.

Tesis yerleşim problemlerinde malzeme taşıma maliyeti minimizasyonu için diğer gerekli olan akış bilgisi, hava kargo deposundaki kargoların departmanlar arasındaki hareketlerinden elde edilmiştir.

**Tablo 4.14.** Departman Ve Alanları(40 Departman)

Depart.	Alanı	Depart.	Alanı	Depart.	Alanı	Depart.	Alanı
D1	10	D11	20	D21	13	D31	70
D2	14	D12	467	D22	48	D32	207
D3	64	D13	10	D23	70	D33	132
D4	20	D14	10	D24	10	D34	10
D5	60	D15	40	D25	357	D35	95
D6	10	D16	33	D26	257	D36	32
D7	40	D17	37	D27	1524	D37	120
D8	264	D18	10	D28	49	D38	66
D9	22	D19	62	D29	19	D39	243
D10	40	D20	10	D30	43	D40	292

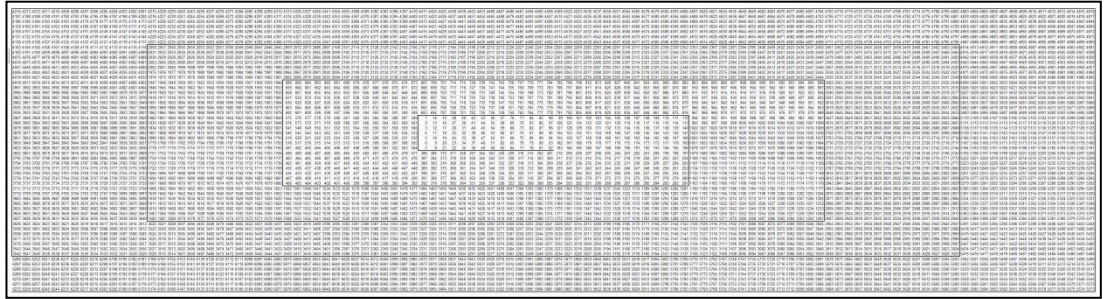
**Tablo 4.15.** Departmanlar Arasındaki Kargo Akışı

	D 1	D 2	D 3	.	.	.	D 37	D 38	D 39	D 40
D 1	0	-	999				-	-	437	-
D 2	-	0	-				-	-	-	-
D 3	33	-	0				-	-	-	517
.										
.										
.										
D 38	-	-	-				5.380	0	-	-
D 39	19.714	-	467				27.230	1.350	0	153.796
D 40	-	-	-				1.514	-	-	0

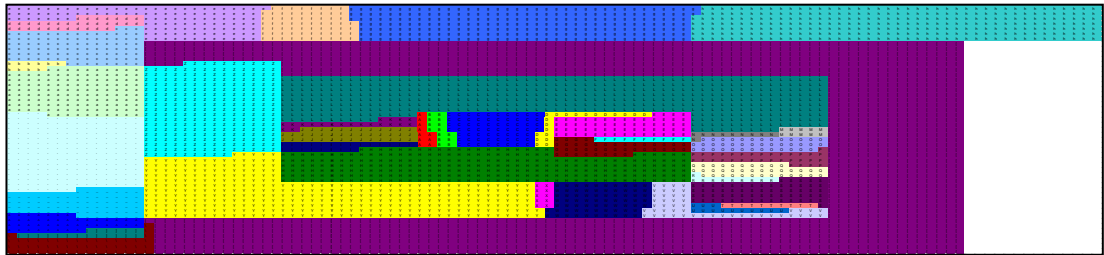
Senaryo-I’de kullanılan metotlardan MCRAFT için departman sayısının 40 olması durumunda başlangıç çözümü oluşturduğu fakat iyileştirme yapmadığı görülmesi sebebiyle bu bölümde SFLA ve KKO’ya yer verilmiştir.

#### 4.2.2.1.SFLA

SFLA’ya departmanlar ve alanları, aralarındaki kargoların hareketliliği bilgileri tanımlandıktan sonra, algoritma Şekil 4.11’de görüldüğü gibi departman alanlarını numaralarla belirtmektedir.

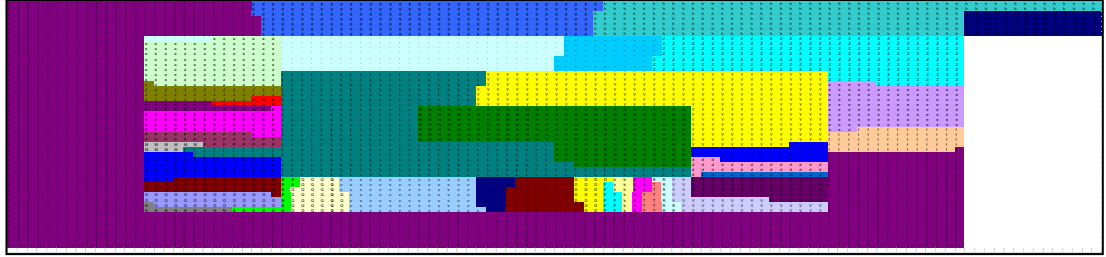


**Şekil 4.11.** SFLA Başlangıç Yerleşiminin Numaralarla Gösterilmesi



**Şekil 4.12.** SFLA Başlangıç Yerleşimi (Z=1.377.065.213)

SFLA, 26 iterasyon sonunda 21 ve 22 numaralı departmanlarının ikili değişimi ile optimum çözümlü elde etmiştir. Tablo 4.15’de her bir iterasyonda ikili değişimi yapılan departmanlar ve maliyet değerleri belirtilmiştir. Elde edilen optimum çözümlü Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.13.**SFLA Optimum Yerleşim (Z= 642.915.514)

**Tablo 4.16.** SFLA İterasyon Çözümleri

İterasyon	Departman	Maliyet	
1	Değişim	1 ve 37	911.805.581
2	Değişim	20 ve 39	806.383.476
3	Değişim	10 ve 40	769.226.525
.	...	...	...
.	...	...	....
.	...	....	....
24	Değişim	12 ve 25	643.146.087
25	Değişim	11 ve 14	642.961.882
26	Değişim	21 ve 22	642.915.514

#### 4.2.2.2.Karınca Kolonisi Algoritması

Karınca kolonisi algoritması ile 40 ve daha fazla departmanın yerleşimi yapılabilir. Ayrıca toplam alan ya da deponun yerleşiminde en ve boy kısıtı koymak gibi bir sınırlandırılması bulunmamaktadır. Geliştirilen modelin farklı parametrelerle elde ettiği yerleşim düzenleri sırayla Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’de gösterilmiştir.

5	36	17	25			2	340	
28								
27								

**Şekil 4.14.** KKO Optimum Yerleşim (Z=516.318.155)

37			2	21	1439			
25						30	38	
40	23	26	8	3175827		311082	2283583	12

**Şekil 4.15.** KKO Optimum Yerleşim (Z= 616.318.769)

Karıncı kolonisi algoritması ile geliştirilen modelin, departman sayısı fazla olması durumundaki malzeme taşıma maliyetleri, SFLA ile karşılaştırıldığında daha az maliyet değeri elde edildiği görülmektedir.

**Tablo 4.17.** Sonuç Karşılaştırılması

Metot	Toplam Maliyet
SFLA	642.915.514
ANT COLONY	516.318.155
ANT COLONY	616.318.769

## 5.SONUÇ

Bu tez çalışmasında hava kargo deposu yerleşimi, tesis planlama problem olarak ele alınmıştır. Hava kargo deposunda esnek koridor sistemini uygulayarak yerleşim düzenindeki malzeme taşıma maliyetini minimize etmek amaçlanmıştır. Esnek koridor sistemlerini karınca kolonisi algoritması kullanılarak önerilen metodun performansı literatürdeki diğer yerleşim algoritmaları ile karşılaştırılmıştır.

Tezin giriş bölümünde çalışmanın amacı ve içeriği anlatıldıktan sonra, Bölüm 2’de havayolu kargo taşımacılığına ve havayolu kargo taşımacılığı ile ilgili yapılan çalışmaların literatür araştırılmasına yer verilmiştir. Havayolu kargo taşımacılığı ile ilgili literatür çalışmasında havayolu kargo taşımacılığının tercih edilme sebeplerinin araştırılması, havayolu kargo deposu kapasite planlaması, havayolu kargonun tedarik zinciri ile ilgili, depo tasarımı, malzeme akış sistemleri ile ilgili çalışmalardan bahsedilmiştir.

Bölüm 3’de, önerilen metot ve performans karşılaştırılmasında kullanılacak olan metotlar anlatılmıştır.

Çalışmanın uygulama bölümünde havayolu kargo deposundan alınan verilerle önerilen metotun malzeme taşıma maliyetini azaltma etkisi incelenmiştir. Senaryo-I’de temelinde esnek koridor sistemini barındıran BlocPlan’ın maksimum 18 adet departmanı olan yerleşim düzeni oluşturabilmesi sebebiyle verilerin alındığı havayolu kargo deposunun departmanları incelenerek aynı işlevde olan departmanlar birleştirilip 18 departmandan oluşan veri seti ile BlocPlan, MCRAFT, SFLA ve önerilen metotların karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda önerilen metodun malzeme taşıma maliyetini azaltıcı etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır. Senaryo-II’de ise alınan verilerde herhangi bir birleştirme işlemi yapılmaksızın önerilen metodun departman sayısı artması durumunda etkinliğini koruyup korumadığı test edilmek amacıyla geliştirilen metot çalıştırılmıştır ve sonuçları SFLA ile karşılaştırılmıştır.

Senaryo-II’de herhangi bir departman sayısı kısıtı olmaksızın yerleşim düzeni oluşturabilen SFLA ve KKO’dan hava kargo için uygun olan yerleşimi KKO vermektedir. Çünkü hava kargo deposu için yerleşim düzeninde hava ve kara olmak



üzere iki adet önemli alan bulunmaktadır. SFLA, sarmal bir yapıda yerleşim düzeni yaparken buna dikkat edememektedir.

Elde edilen sonuçlara bakıldığında geliştirilen modelin yerleşim düzenini literatürdeki algoritmalara göre minimum düzeyde taşıma maliyeti ile oluşturduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Ve bu yönüyle literatürdeki FLP için katkı sağladığı görülmektedir.

Bundan sonraki çalışmalarda farklı büyüklük ve departman sayısı için yöntemin karşılaştırılacak bir metot olarak kullanılabilceği söylenebilir.



## KAYNAKÇA

- Abdinnour Helm, S., & Hadley, S. W. (2000). "Tabu search based heuristics for multi-floor facility layout." *International Journal of Production Research*.
- Adıgüzel, A. N. (2012, Nisan). "Tesis Yerleşimi Düzenlenmesi Problemi İçin Bir Tabu Arama Sezgisel Algoritması." İstanbul.
- Akbaş, S., Ericekli, S., & Pirinççi, H. (2002). "Havayolu Kargo Taşımacılığı." Ankara: THY A.O.Kargo Müdürlüğü.
- Ashayeri, J., & Gelders, L. (1985). "WareHouse Design Optimization." *European Journal Of Operational Research*, 825-839.
- Batur, B. (2008). "Hava Yolcu Ve Kargo Taşımacılığı; Dünyada Ve Türkiye’de Uygulamalar." İzmir.
- Bernal, M. P., Blasco, S. V., Pellicer, E. L., & González, R. S. (2012). "Optimization of the air cargo supply chain." *Journal of Airline and Airport Management*.
- Chen, C.-W., & Sha, D. (2005). "Heuristic approach for solving the multi-objective." *International Journal of Production Research*.
- Cormier, G., & Gunn, C. (1992). "A Review of Warehouse Models." *European Journal Of Operational Research*, 58, 3-13.
- Çalışkan, E. (2008, Haziran). "Kapasitesiz Tesis Yeri Problemi İçin Karınca Kolonisi En İyilemesi Algoritmasına Dayalı Sezgisel Bir Yaklaşım." Ankara.
- Derici, S. (2015, Ekim). "Lojistik Yönetiminde Özel Nitelikli Kargoların Havayolu İle Taşınmasında Müşteri Tercihlerinin Belirlenmesi." T.C.İstanbul Aydın Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı, İşletme Yönetimi Bilim Dalı.
- Dinçeli, L. (2003). "Havayolu Kargo Tasımacılığının Genel Kuralları." İstanbul.
- Doğan, A. (2003). "Hava Kargo Taşımacılığının Türkiye Ekonomisindeki Yeri."
- Dorigo, M., & Gambardella, L. M. (1996). "Ant Colonies For The Travelling Salesman Problem." *BioSystems*, 73-81.
- Erdal, M., & Çancı, M. (2003). "Uluslararası Tasımacılık Yönetimi." İstanbul: Utikad.
- Erdoğan, D. (2017). "Current status of air cargo transportation in Turkey and the role of service quality in creating customer satisfaction: Horoz bollere company application."

- Gün, D. (2007). "Hava Kargo Pazarının Lojistik Açından Değerlendirilmesi ve Türkiye İçin Durum Analizi."
- Hassan, M. (2002). "A Framework For The Design Of Warehouse Layout." *Facilities*, 432-440.
- Heragu, S. (1997). "Facilities Design." PWS Publishing Company.
- Heragu, S., Huang, J. C., Mantel, R. J., & Schuur, P. C. (2005). "An Efficient Model For Allocating Production And Designing A Warehouse." *International Journal Of Production Research*.
- İlgün, D. (2016). "Hava Kargoculuğunda Pazar Payı Tahmini."
- Karaboğa, D., & Akay, B. (2009). "A Comparative Study Of Artificial Bee Colony." *Applied Mathematics and Computation*, 108-132.
- Karaismailoğlu, A. (2013). "A Decision Support System For Air Cargo Warehouse Design."
- Keskintürk, T., & Hasan, S. (2006). "Global Karınca Kolonisi Optimizasyonu." *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 689-698.
- Kulturel-Konak, S., & Konak, A. (2011). "Unequal Area Flexible Bay Facility Layout Using Ant." *International Journal of Production Research*, 49:7.
- Leong Chun How (B. Eng. (Hons), U. (2004). "A Simulation Model Of An Air Cargo Import Terminal."
- Lopes, H. S., & Perretto, M. (2005). "Reconstruction Of Phylogenetic Trees Using The Ant Colony Optimization Paradigm." *Genetics and Molecular Research*, 581-589.
- Muti, B. Ş. (2018). "Toplu Taşıma Sefer Optimizasyonu." İstanbul.
- O'Connor, E. (2000). "Introduction To Airline Economic." ABD: Praeger Publishers.
- Oudheusden, D., & Boey, P. (1994). "Design Of An Automated Warehouse For Air Cargo: The Case Of The Thai Air Cargo." *Journal Of Business Logistics*, 15(261-285).
- Öztürk, A. (1993). "Türkiye'deki Hava Kargo Trafiği." 4(15). *Sivil Havacılık Bülteni*.
- Puspita, I. A., Iqbal, M., Pratami, D., & Pratomo, A. (2015). "Production Facility Layout Design Using BLOCPLAN Algorithm." *American Scientific Publishers*.

- Rajasekharan, M., Peters, B., & Yang, T. (1998). "A Genetic Algorithm For Facility Layout Design In Flexible Manufacturing Systems." *International Journal of Production Research*, 36:1,95-110.
- Rosenblatt, M. (1986). "The Dynamics Of Plant Layout." *Journal Management Science*, 76-86.
- Şahin, R., & Türkbey, O. (2009). "A new hybrid tabu-simulated annealing heuristic for the dynamic facility layout problem." *International Journal of Production Research*, 47:24.
- Şahin, R., & Türkbey, O. (2010). "Çok Amaçlı Tesis Yerleşim Problemi İçin Yeni Bir Melez Sezgisel Algoritma." *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 119-130.
- Şanlı, H. E. (2010, May). "An Alternative Approach To Facility Layout Planning: Spiral Facility Layout Planning".
- Taner, M. E. (2018). "Konteyner Terminalleri Operasyonlarının Meta-Yöntemlerle Analizi Ve Entegre Bir Karar Destek Sisteminin Oluşturulması." İstanbul.
- Tatlılıoğlu, F. (2010, Haziran). "Havacılık Tedarik Zincirinde İkram Hizmetlerinin İncelenmesi ve Bir Uygulama."
- Tezel, B. (2012). "Open Loop Policies For Single-Leg Air Cargo Revenue." THY Akademisi. (2018). "Özel Kargolar Kitabı." İstanbul.
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoho, J. (2010). "Facilities Planning." John Wiley&Sons,INC.
- Turkish Cargo. (2018). Turkish Cargo: <https://www.turkishcargo.com.tr/tr> adresinden alınmıştır
- Türkbey, O., & Alabaş, Ç. (2002). "Tesis Yerleşim Problemi İçin Bir Bulanık-Tabu Arama Yaklaşımı." *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 77-88.
- Wensveen, J. (2007). "Airtransportation A Management Perspective." 6th Edition. USA.
- Wu, Y., & Appleton, E. (2002). "Integrated design of the block layout and aisle structure by simulated annealing." *International Journal of Production Research*.
- Yaşar, A. (2013, Mayıs). "Comparison Of Facility Layout Algorithms MCRAFT And SFLA By Using Distributed."

- Yiğit, V., & Türkbey, O. (2003). "Tesis Yerleşim Problemlerine Sezgisel Metotlarla Yaklaşım." Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 45-56.
- Zhiyong, X. (2004). "The Workload Balancing Problem Under Uncertainty At An Air Cargo Terminal."



# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Dilek Akgeyik

Uyruğu: T.C.

Doğum Tarihi ve Yeri: 30 Mart 1990, İstanbul

## EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Lisans	İÜ, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü	2014
Lisans	İÜ, Mühendislik Fakültesi Kimya Bölümü	2013
Yüksek Lisans	İMÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Yönetimi Anabilim Dalı Mühendislik Yönetimi Bölümü	2018