

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LOJİSTİK MERKEZİ YER SEÇİMİ VE
YERLEŞTİRME PROBLEMİ**

DOKTORA TEZİ

Fulya ZARALI

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Harun Reşit YAZGAN

Haziran 2018

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LOJİSTİK MERKEZİ YER SEÇİMİ VE
YERLEŞTİRME PROBLEMİ

DOKTORA TEZİ

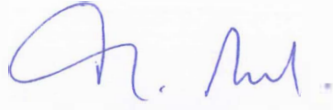
Fulya ZARALI

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

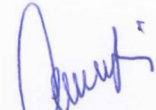
Bu tez 17/ 07 /2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



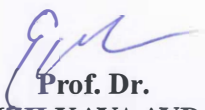
Prof. Dr.
Mehmet TANYAŞ
Jüri Başkanı



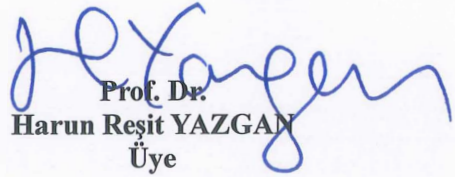
Prof. Dr.
Orhan TORKUL
Üye



Prof. Dr.
Cemil ÖZ
Üye



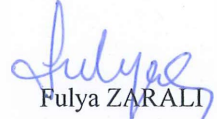
Prof. Dr.
Emel KIZILKAYA AYDOĞAN
Üye



Prof. Dr.
Harun Reşit YAZGAN
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.


Fulya ZARALI

17.07.2018

TEŞEKKÜR

Bu çalıőmam boyunca bana yardımcı olan ve emeğini esirgemeyen, tezin her aőamasında beni yönlendiren yardım ve katkı sağlayan, danıőmanım Sayın Prof. Dr. Harun Reşit YAZGAN'a teşekkür eder ve saygılarımı sunarım.

Tez İzleme Komitesi toplantılarındaki öneri ve yönlendirmeleri ile çalıőmama katkı sağlayan Sayın Prof. Dr. Orhan TORKUL ve Sayın Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ'a çok teşekkür ederim.

Çalıőmam boyunca beni sabırla dinleyip destekleyen değerli çalışma arkadaşlarıma ve her zaman yanımda olduklarını hissettiğim aileme çok teşekkür ederim.

Çalıőmam boyunca sabır ve desteğini benden esirgemeyen değerli eőime ve biricik oğullarıma ayrıca çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
1.1. Temel Kavramlar	2
1.1.1. Lojistik	2
1.1.2. Kümelenme ve lojistik	3
1.2. Çalışmanın Amacı	4
1.3. Tezin Organizasyonu	4
BÖLÜM 2.	
KENTSEL LOJİSTİK VE LOJİSTİK MERKEZLER	6
2.1. Kentsel Lojistiğin Gelişimi	6
2.2. Kentsel Lojistik Tanımı	7
2.3. Lojistik Merkezler	9
2.3.1. Türkiye’de lojistik köyler	10
2.3.1.1. TCDD lojistik merkezleri	11
2.3.1.2. Manisa organize sanayi lojistik merkezi.....	12
2.3.1.3. Ankara lojistik üssü	13

2.3.2. Dünya’da lojistik merkezler	13
2.3.2.1. Interporto Bologna İtalya	13
2.3.2.2. GVZ Bremen Almanya	14
2.3.2.3. Roissy SOGARIS Fransa	14
2.3.2.4. Alliance Global Lojistik Merkezi ABD	14
2.3.2.5. KCS Intermodal Center ABD	14
BÖLÜM 3.	
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	16
3.1. Lojistik Merkez Yer Seçimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar	16
3.2. Lojistik Merkez Yerleşimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar	19
3.3. Aksiyomatik Tasarım Yöntemi ile İlgili Yapılan Çalışmalar	21
3.4. Karma Tam Sayılı Programlama ile İlgili Çalışmalar	24
3.5. KKO ile İlgili Yapılan Çalışmalar	25
3.6. Tezin Amacı ve Kapsamı	27
BÖLÜM 4.	
METOT	29
4.1. Seçim Problemi	29
4.1.1. Aksiyomatik tasarım (AT)	29
4.1.1.1. Aksiyomatik tasarım yöntemi	30
4.1.2. Bağımsızlık aksiyomu	31
4.1.3. Bilgi aksiyomu	31
4.1.4. Bulanık aksiyomatik tasarım	32
4.1.5. Ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım	33
4.2. Yerleşim Problemi	34
4.2.1. Kesin çözüm yöntemi: Karma tam sayılı programlama (MILP)	34
4.2.2. Yerleşim problemleri için karma tam sayılı programlama	35
4.2.3. Metasezgisel yaklaşım: Karınca koloni optimizasyon (KKO) algoritması	36

BÖLÜM 5.	
LOJİSTİK MERKEZ YER SEÇİMİ	40
5.1. AT Yöntemi ile Lojistik Merkez Yer Seçimi	40
5.2. İncesu Mevkisi için Bilgi İçeriği Hesaplanması	42
5.3. Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım Yöntemi ile Lojistik Merkez Yer Seçimi	48
BÖLÜM 6.	
MATEMATİKSEL MODELLEME YÖNTEMİ İLE LOJİSTİK MERKEZ YERLEŞİMİ	54
6.1. Karma Tam Sayılı Doğrusal Programlama ile Merkez Tasarım Problemi	54
6.2. Modele Ait Sayısal Veriler	57
6.3. Bulgular ve Sonuçlar	59
BÖLÜM 7.	
KARINCA KOLONİSİ ALGORİTMASI TEMELLİ LOJİSTİK MERKEZ YERLEŞİMİ	61
7.1. Algoritma Yapısı	61
7.2. Uygulama	67
7.2.1. Parametrelerin belirlenmesi	67
7.2.2. Karınca çözüm yapısı	69
7.2.3. Buharlaştırma ve Feromon Güncelleme	70
7.3. Bulgular ve Tartışma	70
BÖLÜM 8.	
SONUÇ VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR	77
EKLER	84
ÖZGEÇMİŞ	103

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABAT	: Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım
AHP	: Analitik Hiyerarşi Proses
AT	: Aksiyomatik Tasarım
ELECTRE	: Elimination and Choice Translating Reality
Fİ	: Fonksiyonel İhtiyaçlar
FLP	: Facility Layout Planning
I	: Bilgi içeriği
KKO	: Karınca Kolonisi Optimizasyonu
LINGO	: Optimization Modeling Software for Linear, Nonlinear and Integer Programming
MILP	: Karışık Tam Sayılı Doğrusal Programlama (Mixed Integer Linear Programming)
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
UND	: Uluslararası Nakliyeciler Derneği
W_j	: j. kriterin ağırlık değeri
f_{ij}	: i,j tesisleri arasındaki akış değeri
d_{ij}	: i,j tesisleri arasındaki mesafe
m	: Kolonideki toplam karınca sayısı
$bi(t)$: t anındaki i şehrindeki bulunan karınca sayısı
$\tau_{ij}(t)$: t anındaki i ve j şehirleri arasında depolanan feromon miktarıdır.
$\Delta\tau_{ij}(t, t + 1)$: Birim zamanda karıncanın gezdiği (i,j) hattına bıraktığı feromon miktarı
$\Delta\tau_{ij}^k(t, t + 1)$: t ve t+1 zaman aralığında (i,j) hattına bırakılan feromon miktarını
$\tau_{ij}(t)$: i ve j şehirleri arasındaki t. tur içerisindeki feromon miktarıdır.

n_{ij}	: i ve j şehirleri arasındaki uzaklık ilişkisidir.
P_{ij}	: Seçilebilirlik bağıntısı
a_i	: Lojistik merkez i. tesisinin alanı
e_{ia}	: Lojistik merkez i. tesisinin en değeri için alt sınır
b_{ia}	: Lojistik merkez i. tesisinin boy değeri için alt sınır
$e_{iü}$: Lojistik merkez i. tesisinin en değeri için üst sınır
$b_{iü}$: Lojistik merkez i. tesisinin boy değeri için üst sınır
E	: Lojistik merkezin kurulacağı alanın eni
B	: Lojistik merkezin kurulacağı alanın boyu
f_{ij}	: Lojistik merkezdeki i ve j tesisleri arasındaki yük akışı,
m_{ix}	: Lojistik merkez i. tesisinin ağırlık merkezinin x değeri
m_{iy}	: Lojistik merkez i. tesisinin ağırlık merkezinin y değeri
d_{xij}, d_{yij}	: x ve y düzleminde i ve j tesisleri arasındaki uzaklık
b_{ij}	: Ağırlık önem derecesi
e_i	: Lojistik merkezin i. tesisin eni
b_i	: Lojistik merkezin i. tesisinin boyu
Z_{ij}^x, Z_{ij}^y	: 0-1 değişkenler
F_{ij}	: Feremon matrisi
α, β, θ	: Feremon matrisi önem derecesi indisleri
ρ	: Buharlaştırma katsayısı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Türkiye’de yapımı devam eden TCDD lojistik köyleri	12
Şekil 4.1. Sistem aralığı, tasarım aralığı, ortak aralık ve fonksiyonel ihtiyaçların sistem olasılık dağılımı fonksiyonu	32
Şekil 4.2. Sistem ve tasarım aralıklarının ortak alanı	33
Şekil 5.1. Kayseri’de belirlenen alternatif yerler	41
Şekil 5.2. İncesu mevki için alan kriteri bilgi içeriği hesabı	43
Şekil 5.3. İncesu mevki için genişleme alanı kriteri için bilgi içeriği hesabı	43
Şekil 5.4. İncesu yeri kente yakınlık kriteri için bilgi içeriği hesabı	44
Şekil 5.5. İncesu yeri en. ve ticaret merkezine yakınlık kriteri için bilgi içeriği hesabı	44
Şekil 5.6. İncesu yeri limana yakınlık kriteri için bilgi içeriği hesabı	44
Şekil 5.7. İncesu yeri arazi maliyetleri yakınlık kriteri için bilgi içeriği hesabı	45
Şekil 5.8. Dilsel değerler	45
Şekil 5.9. İncesu yeri alt yapı olanakları kriteri için bilgi içeriği hesabı	46
Şekil 5.10. İncesu yeri karayolu bağlantısı kriteri için bilgi içeriği hesabı	47
Şekil 5.11. İncesu yeri demiryolu bağlantısı kriteri için bilgi içeriği hesabı	47
Şekil 6.1. Lojistik merkez yerleşimi	59
Şekil 7.1. En iyi çözüm matrisi	70

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Lojistik merkez yerleşimi ve yer seçimi ile yapılan çalışmalar	21
Tablo 3.2. AT, karma tams ayılı programlama ve KKO ile yapılan çalışmalar	27
Tablo 4.1. KKO genel yapısı	38
Tablo 5.1. Lojistik merkezlerle ilgili kriterler	41
Tablo 5.2. Fonksiyonel ihtiyaçların tasarım aralıkları	42
Tablo 5.3. Alternatif yerler için sistem aralıkları	42
Tablo 5.4. Dilsel değişkenlerin sayısal ifadeleri	45
Tablo 5.5. Bilgi içerikleri gösterimi	48
Tablo 5.6. Önem değerleri	48
Tablo 5.7. Karşılaştırma matrisi	49
Tablo 5.8. Cij matrisi	50
Tablo 5.9. Ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım bilgi içerikleri	52
Tablo 6.1. Aj alan matrisi	57
Tablo 6.2. fij akış matrisi	58
Tablo 6.3. Aj alan matrisi	58
Tablo 6.4. fij akış matrisi	58
Tablo 6.5. Modelin çözüm değerleri	59
Tablo 6.6. Matematiksek model problem seti	60
Tablo 6.7. Literatürdeki sonuçlar	60
Tablo 7.1. Lojistik merkez yerleşimi için önerilen algoritma yapısı	62
Tablo 7.2. Lojistik merkez yerleşim prosedürü	62
Tablo 7.3. Yerleşim sıralama matrisi	63
Tablo 7.4. fij akış matrisi	68
Tablo 7.5. Aj alan matrisi	68
Tablo 7.6. Fij feremon matrisi	69
Tablo 7.7. Örnek karınca yerleşim sıralama matrisi	69

Tablo 7.8. Problem seti	71
Tablo 7.9. Kıyaslama sonuçları	71



ÖZET

Anahtar Kelimeler: Lojistik Merkez Seçimi, Lojistik Merkez Yerleşimi, Aksiyomatik Tasarım, Karma Tam Sayılı Programlama (MILP), Karınca Kolonisi Algoritması

Lojistik Merkez Yerleşimi, literatürde tesis yerleşim problemlerinin özel bir durumu olarak sınıflandırılmaktadır. Bir lojistik merkezin, nereye konumlandırılacağı birçok faktörü dikkate alarak karar verilmesi gereken karmaşık bir problemdir. Konumu doğru seçilmiş ve yük akışına göre optimal yerleşimi yapılmış bir lojistik merkez verimli ve bulunduğu çevre için kazançlı bir yatırım aracıdır.

Bu çalışmada; lojistik merkez yer seçimi ve yerleşim problemi üzerinde durulmuştur. Öncelikli olarak, Aksiyomatik Tasarım (AT) ve Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım (ABAT) yöntemleri ile Kayseri iline özel yapılması planlanan lojistik merkez için en uygun yerin belirlenmesi üzerinde çalışılmıştır. Sonrasında ise, lojistik merkez içerisinde olması gereken tesis sayıları ve onların alan değerleri dikkate alınarak oluşturulmuş karma tam sayılı doğrusal programlama problemi (MILP) ile yerleşim yapılmıştır. Lojistik merkez yerleşim problemi, NP-hard sınıfına ait olduğu için, belirli tesis sayısı büyüklüğünden sonra MILP modelinin sağlıklı sonuç verememe durumu dikkate alınarak, Meta sezgisel bir yaklaşım tercih edilerek karınca kolonisi algoritması ile çözülmüştür. Lojistik merkez yerleşimi için geliştirilen algoritma, literatürde bulunan kıyaslama problemleri ile test edilerek üstünlüğü ortaya konulmuştur. Çalışmada geliştirilen metod, lojistik merkezlerin yerleşimlerinde kullanılması açısından ilk olmakla birlikte, farklı tesis yerleşim problemlerinin çözümünde de kullanılabileceği aşikardır.

LOGISTIC CENTER SELECTION AND LAYOUT PROBLEMS

SUMMARY

Keywords: Logistic Center Selection, Logistic Center Design, Axiomatic Design, Mixed Integer Linear Programming (MILP), Ant Colony Algorithm

Logistics Center Location is classified as a special case of facility layout problems in the literature. The location of a logistics center is a complex problem that needs to be decided by considering many factors. A logistics center with the right location and an optimal location based on the load flow is efficient and a profitable investment tool for the environment.

In this study, logistics center location selection and design problem were studied. Firstly, Axiomatic Design and Weighted Fuzzy Axiomatic Design methods were used to determine the most suitable location for the logistics center planned to be built in Kayseri province. After that, it was placed with the mixed integer linear programming problem (MILP) which formed with taking into consideration the number of facilities and their field values which should be in the logistics center. Since the logistics center location design problem belongs to the NP-hard class, the proposed MILP model was unable to produce acceptable results after a certain number of facilities, hereby a meta-heuristic approach was preferred and the problem was solved by the ant colony algorithm. The developed algorithm was tested on the well-known benchmarking problems in the literature and its advantage was demonstrated. In addition, it can be claimed that the proposed algorithm in this study is the first attempt in terms of the designing of a logistics center. I believe that and it can be used to solve different location problems.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde işletmelerin ulusal ve uluslararası ölçekte sürdürülebilir rekabet edebilmesini sağlamak, bölgesel, uluslararası ticaret ve ekonominin gelişmesine katkıda bulunmak amacı ile ülke politikalarında lojistik sektörüne yönelik olarak yatırım planları hız kazanmıştır. Bu yatırımların içinde işletmelerin lojistik maliyetlerini minimize eden, ekonomik ve sosyo-ekonomik kalkınmayı destekleyen, kurulduğu bölgenin kalkınmasında önemli rol oynayan, dış ticaretin gelişmesine destek olan ve kentsel lojistik problemlerinin çözümünde kilit rol alan lojistik merkezler ön plana çıkmaktadır.

Kentsel Lojistik, daha verimli çevre dostu yük taşımacılığı sistemlerine katkıda bulunmaktadır. Kent içerisindeki lojistik faaliyetler, kentsel alanlarda trafik sıkışıklığı, hava kirliliği ve gürültü oluşturmaktadır. Daha temiz, daha sessiz ve daha güvenilir kent alanlarına ihtiyaç vardır. Birleşmiş Milletler istatistiklerine göre; 2010 yılında dünya nüfusunun yaklaşık yarısı kentsel alanlarda yoğunlaşmaktadır. 2030 yılında bu oranın % 60'lar oranında olacağı tahmin edilmektedir (Tanuguchi, 2014). Kentsel lojistik, artan nüfusun ve araçların kentsel alandaki etkilerinden kaynaklanan güçlükleri çözmeye çalışmaktadır. Bangkok, Londra, Tokyo gibi birçok şehir; trafik tıkanıklığı, çevre etkisi, düşük ulaşım verimliliğinden dolayı muzdariptir. Bu tür koşullar, kentsel alanlardaki yaşam kalitesini düşürmekte ve şehir gelişimini azaltmaktadır. Kentsel lojistik, kentsel alanlardaki yaşam kalitesini yükseltmek için yenilikçi çözümler sunmaktadır (Tseng, 2004). Bu yenilikçi çözümlerden birisi lojistik merkezlerdir.

Kentsel Lojistik planlamasında organize lojistik bölgelerin ya da lojistik merkezlerin kurulması çok önemlidir. İlk Lojistik Merkez 1960'lı yıllarda Fransa'da kurulmuştur, daha sonra İtalya, Almanya, Hollanda, Belçika ve İngiltere'de oluşturulmuştur.

Lojistik merkezler, Avrupa Birliği politikaları içinde çevreye duyarlı modellerin teşvik edilmesi için, intermodal taşımacılığa teşvik etmek ve küçük orta ölçekli taşıma sektöründeki kurumlara rekabetçi avantajlar önermek için araç olarak algılanmıştır (Ballis ve Mavrotas, 2007). Bu merkezlerin yapısı ve işlevleri ülkeden ülkeye farklılıklar göstermektedir. Lojistik Merkezin bulunduğu coğrafi yapı, paydaşların tercihleri bu merkezlerin yerleşiminde büyük etki oluşturmaktadır.

1.1. Temel Kavramlar

Bu bölümde lojistik ve kümelenme kavramları açıklanacaktır.

1.1.1. Lojistik

Lojistik geçmişte askeri bir faaliyet iken; bugün modern üretimin ayrılmaz sürecidir. İşletmelerin verimliliğini ve rekabet gücünü artırmak için üretim ve dağıtım süreçlerinin optimize edilmesine yardımcı olmaktadır (Tseng, 2004). Lojistik terimi ilk olarak; eski yunan kaynaklarına göre “logos” kelimesinden gelmektedir. Logos; oran, hesaplama, mantık, konuşma, nutuk anlamlarına gelmektedir. Eski Yunan, Roma ve Bizans imparatorluğunda finansal tedarik ve dağıtım işinden sorumlu Logistikas unvanlı askerler bulunmaktadır (Islam ve ark., 2012). Lojistik; tedarikçiden organizasyona, organizasyon içerisindeki operasyonlar boyunca son tüketiciye ulaşıncaya kadar malzeme akışı için gerekli bir fonksiyondur (Hugos, 2003).

Bugün lojistik tanımı şimdiki adı tedarik zinciri yönetimi konseyi olan lojistik yönetimi konseyinin yapmış olduğu tanım ile dünyada kabul görmektedir. Konseyin tanımına göre lojistik; “müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak için malzemelerin, hizmetlerin ve bilgi akışının etkin ve verimli bir şekilde ileri-geri yöne doğru akışı ve depolanmasını planlayan, uygulayan, kontrol eden tedarik zinciri sürecinin bir parçası” olarak tanımlanmıştır (Tseng, 2004).

1.1.2. Kümelenme ve lojistik

Kümelenme; aynı endüstride, birbiriyle rekabet eden ve işbirliği yapan şirketlerin coğrafi bir alanda yoğunluğu olarak tanımlanmaktadır (Rivera ve ark., 2016). Kümelenme, ortak konumdaki şirketler için verimliliği artırmak, inovasyon hızını artırmak ve yeni işletmelerin oluşumunu teşvik etmek gibi yararlar sunmaktadır (Sheffi, 2010).

Lojistik merkezler, lojistik kümelenme örneğidir. Lojistik merkezler, lojistik ile ilgili firma, kurum ve kuruluşların bir alanda toplanmasıdır. Higgins ve Ferguson (2011) lojistik kümelenmesini 3 seviyeye ayırmaktadır. İlk seviye, depolama ve dağıtım kümesidir. Bu küme bünyesinde depolar ve dağıtım merkezleri bulunmaktadır. İkinci seviye, taşıma ve dağıtım kümesidir. Bu küme bünyesinde lojistik köyler, kara limanları ve intermodal terminaller bulunmaktadır. Üçüncü seviye, ağ geçiş kümesidir. Bu küme, büyük uluslararası ana limanlarını kapsamaktadır. Bu limanlarda, denizyolu karayolu, demiryolu bağlantıları bulunmaktadır ve yüksek miktarda ticaret yapılan alanlardır.

Juozapaitis ve Palsaitis (2017) lojistik kümelenme sınıflarını 3'e ayırmışlardır.

- a. Taşıma Modlarına Göre lojistik kümelenme: Hava lojistik parkları, liman lojistik parkları, demiryolu lojistik parkları, kara lojistik parkları.
- b. Kapsamına göre lojistik kümelenme: Bölgesel lojistik parklar, kentsel lojistik parklar.
- c. Fonksiyonel yapısına göre lojistik kümelenme: Serbest ticaret bölgeleri, ihracat bölgeleri, genel lojistik parklar, özel lojistik parklar.

Lojistik kümelenme, bünyesinde bulunan işletmelere verimlilik, teknoloji kullanımı, bilgiye kolay erişim, üniversite, diğer kamu kurum ve kuruluşları ile ortak çalışmaya dayalı avantajlar ve yeni iş imkânları sunmaktadır (Rivera ve ark., 2016).

1.2. Çalışmanın Amacı

Türkiye, doğu ve batı arasında geçiş ülkesi olmasından dolayı dünya ticareti için önemli bir konumdadır. Bu avantajından dolayı gelecekte lojistik üs olabilmesi planlanmaktadır. Bu planlar için, lojistik merkezlere ihtiyacı vardır. Bu amaçla, ülkemizde 2008 yılında TCDD öncülüğünde lojistik merkezler kurulmaya başlamıştır. Fakat Avrupa'daki “lojistik merkez yapısı” ülkemizde hala oluşturulamamıştır. Bu amaçla; Lojistik Merkezlerin kurulmasına sistematik bir bakış açısı kazandırmak ve mühendislik açısından çözüm getirmek amacıyla bu tez kapsamında lojistik merkez yer seçimi ve yerleşimi yapılmıştır.

Bu amaca ulaşmak için bu çalışmada;

- a. Aksiyomatik Tasarım (AT) ve Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım (ABAT) yöntemleri ile lojistik merkez yer seçimi,
- b. MILP ve Karınca Koloni Optimizasyonu (KKO) ile lojistik merkezin yerleşimi,
- c. Geliştirilen model ve çözüm yaklaşımının Kayseri ili özelinde

uygulanması yapılmıştır. Çalışmanın, diğer kurulan ve kurulması planlanan lojistik merkezlerin yer seçimi ve yerleşimlerinin belirlenmesinde önemli bir katkıda bulunacağı beklenmektedir.

1.3. Tezin Organizasyonu

Bu çalışma 8 bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, lojistik, kümelenme ile ilgili temel kavramlar açıklanmıştır. Tezin amacı ve organizasyondan bahsedilmiştir.

İkinci bölümde, kentsel lojistik ve lojistik merkezler ayrıntılı olarak anlatılmış, dünyadan ve Türkiye ‘den örnekler sunulmuştur.

Üçüncü bölümde, lojistik merkez yer seçimi, lojistik merkez yerleşimi, AT, KKO ile ilgili literatür araştırması özetlenmiştir.

Dördüncü bölümde, tez kapsamında kullanılan metotlar hakkında temel bilgiler verilmiştir. Bu maksatla AT, Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım (ABAT), MILP ve KKO metotlarının temellerinden kısaca bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde AT ve ABAT ile lojistik merkez yer seçimi çözülmüştür.

Altıncı bölümde Lojistik Merkez yerleşim problemi için yeni bir önerilen MILP modelin Kayseri ili özelinde çözümü yapılmıştır.

Yedinci bölümde, Lojistik Merkez yerleşim problemi için geliştirilen KKO algoritması Kayseri ili özelinde çözümü yapılmıştır. Önerilen model literatürdeki tesis yerleşimi problemleri ile test edilerek sonuçları paylaşılmıştır.

Sekizinci bölümde, çalışma ile elde edilen sonuçlar paylaşılarak gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

BÖLÜM 2. KENTSEL LOJİSTİK VE LOJİSTİK MERKEZLER

Bu bölümde kentsel lojistiğin tanımı ve lojistik merkezlerin gelişimi anlatılacaktır. Dünyadaki ve Türkiye'deki Lojistik merkezlerden örnekler sunulacaktır.

2.1. Kentsel Lojistiğin Gelişimi

Kentler, iş faaliyetlerinin ve ticaretin ana konumunda oldukları için ekonomik kalkınmada önemli bir rol oynarlar. Fakat bu ticaret yoğunluğu birçok şehirde ciddi trafik sorunlarına, gürültü, hava kirliliği ve olumsuz çevre koşullarına sebep olmaktadır (Tseng, 2004). Ayrıca dünya nüfusunun % 50' inden fazlası kentlerde yaşamaktadır. 2050 yılında dünya nüfusunun en az % 70'inin kentlerde yaşayacağı öngörülmektedir (Nathanail ve ark., 2017). Kentlerde bu nüfus artışı kent içerisindeki mal ve hizmetler için talep çeşitliliğini de artırmaktadır. Bu talep, malların küçük ticari araçlarla teslim edilmesi anlayışını getirmiştir. Ticari araç seferlerinden dolayı kent içerisinde kirlilik, güven kaybı ve trafik sıkışıklığı artmaktadır. Ek olarak yeni lojistik gelişimler tam zamanında üretim, yalın üretim gibi uygulamalar kent içerisindeki mal hareketini ve kararlarını karmaşıklaştırmaktadır. Genel anlamda kent içerisinde malların taşınması kent yolları ağında yoğunlaşmaktadır (Anand ve ark., 2012). Bu olumsuz faktörler bir şehrin ekonomik rekabet gücünü azaltmakta ve kent sakinlerinin yaşam kalitesini düşürmektedir. Bu durumu çözmek kent içerisinde dengeyi sağlamak son yıllardaki zor problemlerden birisi olmuştur. Kentsel lojistik bu karmaşık problemi çözmeyi amaçlayan yenilikçi bir konsepttir (Tseng, 2004).

Kentsel lojistik, çevresel ve sosyal konular da, kentin ekonomik olarak büyümesinde önemli bir rol oynar çünkü kent lojistiği insanların sosyal ve kültürel aktiviteleri, şirketlerin de ekonomik aktiviteleri için temel yapıyı sağlar (Tanuguchi ve ark., 2014). Kentsel Lojistik, pazar ekonomisi çerçevesinde trafik ortamını, trafik

sıkışıklığını, emniyeti ve enerji tasarrufunu göz önüne alarak kentsel alanlarda gelişmiş bilgi sistemlerinin desteğiyle özel şirketler tarafından lojistik ve taşımacılık faaliyetlerini optimize eden bir süreçtir (Tseng, 2004).

Bugün dünyada 1 milyon ve üzerinde nüfusa sahip 800'den fazla şehir bulunmaktadır. Nüfusun tüketim yapısı, nüfusun yaş yapısı, kentin sahip olduğu iklim ve doğal çevre kentsel lojistiği etkilemektedir. Nüfusun tüketim yapısı, mobil teknolojiler ve internetin artması ile günün 24 saati sipariş verilebilmekte satın alma sıklığını artırmaktadır. İnternet üzerinden yapılan satın almalar birkaç gün içerisinde teslim edilmektedir. E-ticaretin gelişimi ile dağıtım süreçleri artmış bu artış kent içerisindeki trafik yoğunluğunun artmasını sağlamıştır. Nüfusun yaş yapısı, 80 yaş üzerindeki nüfusun 2030 yılında 4 katına çıkacağı öngörülmektedir (Kauf, 2016). Kentlerde yaşam kalitesinin artırılması, ulaşım ve alt yapının yaşlı nüfusun kullanabileceği şekilde yeniden ayarlanması ihtiyacı doğmaktadır. İklim ve doğal çevre, kentlerdeki nüfus artışı iklim ve çevre koruma gereksinimini artırmaktadır. Bugün Avrupa'daki kentlerde yük taşımacılığının 2030 yılına kadar %40, 2050 yılına kadar %80 üzerine çıkacağı, yolcu trafiğinin 2030 yılına kadar %34, 2050 yılına kadar %51 oranında artış göstereceği öngörülmektedir. Karayolu taşımacılığının diğer taşıma modlarına göre baskın olacağı tahmin edilmektedir (Witkowski ve Kiba, 2014). Avrupa Birliği ülkelerinde, kentlerde daha iyi yaşam koşullarının sağlanmasının gerekliliği ve doğal çevrenin korunması kentlerdeki yük taşımacılığında kaynaklanan olumsuzlukların, doğal çevreye en az etkileyecek şekilde tedbirler alınması tartışılmaktadır (Kauf, 2016). Bu amaçla Avrupa Birliği ülkelerinde çevreye zarar vermeyecek araçların dolaşımına öncelik verilmesi (elektrikli kamyonlar gibi), alternatif taşıma modlarının kullanılması (demiryolu, iç su yolu taşımacılığı) (Nathanail ve ark., 2017), gece sevkiyat yapılması, lojistik merkezlerin kullanılması teşvik edilmektedir (Kauf, 2016).

2.2. Kentsel Lojistik Tanımı

Kentsel lojistik enstitüsü, kentsel lojistiği; “trafik ortamı, piyasa ekonomisinin çerçevesinde trafik sıkışıklığı ve enerji tüketimini dikkate alarak tamamen kentsel alanlardaki lojistik ve taşımacılık faaliyetlerindeki süreci optimize etmek olarak”

tanımlamaktadır (Anand ve ark., 2012). Tanuguchi ve ark. (2014)'na göre kentsel lojistik; “pazar ekonomisi çerçevesinde trafik ortamını, sıklığı, emniyetini ve enerji tasarrufunu göz önüne alarak kentsel alanlarda gelişmiş bilgi sistemlerinin desteğiyle özel şirketler tarafından lojistik ve nakliye faaliyetlerini tamamen optimize eden bir süreç” olarak tanımlamıştır. Başka bir tanıma göre; kentsel lojistik ulaşım sistemlerinin verimliliğini artırmak, enerji tüketimini, araç emisyonlarını azaltacak verimli ve çevreye duyarlı kentsel ulaşım sistemi oluşturmaktır (Franceschetti ve ark., 2017).

Tanımlarda görüldüğü üzere kentsel lojistik; kent içi yük taşımacılığının verimliliğini arttırmaya, trafik sıklığı ve trafikten kaynaklı olumsuz çevresel etkileri azaltmaya odaklanmaktadır. Kentsel lojistik üç ana hedefi vardır. Bunlar;

- a. Kent içerisindeki yaşam kalitesini geliştirmek,
- b. İnsan ve yük akışını iyileştirmek,
- c. Çevreyi korumaktır (Hajduk, 2017).

Bu hedefleri gerçekleştirmek için kent içerisindeki paydaşların ortak hareket etmesi gerekmektedir (Hajduk, 2017). Kentsel yük taşımacılığına katılan dört önemli paydaş bulunmaktadır. Bunlar;

- a. Taşıtanlar (üreticiler, toptancılar, perakendeciler)
- b. Yük Taşıyanlar (nakliye ve depolama şirketleri)
- c. Tüketiciler (şehirde yaşayanlar)
- d. İdareciler (ulusal ve kent düzeyindeki yöneticiler) (Tanuguchi, 2014)

Başka bir çalışmada kentsel lojistik tarafları kamu ve özel sektör tarafları olarak 2'ye ayrılmaktadır.

- a. Kamu sektörü tarafları: Trafik otoriteleri ve tren yolu terminal otoriteleri gibi.
- b. Özel sektör tarafları: Üreticiler, nakliyeciler, sürücüler ve perakendeciler gibi.

Kent lojistiği akışı, tüm paydaşları ilgilendiren bir akıştır. Paydaşlar arasındaki etkileşimi sağlamak zor bir konudur. Yöneticiler kentin refahı ve kent alanlarının ekonomik gelişimi için eşit derecede sorumludur (Anand ve ark., 2012).

2.3. Lojistik Merkezler

Lojistik merkezler; doğrudan karayolu, demiryolu, denizyolu ya da havalimanına bağlı içerisinde çeşitli binaların bulunduğu ulusal ve uluslararası taşımacılık, dağıtım ve lojistik ile ilgili tüm faaliyetlerin gerçekleştirildiği alanlardır.

Intermodal taşımacılık, 3. Parti lojistik ve küreselleşmenin etkisiyle değişen taşımacılık koşulları ve lojistik süreçleri lojistik merkezleri zorunlu hale getirmektedir. Lojistik merkezler, bölgesel olarak artan nüfus ve taşımacılığın getirmiş olduğu zorluklara alternatif yeni bir akım olarak dünyada ortaya çıkmıştır. Bu merkezlerin amacı demiryolu taşımacılığı, su yolu taşımacılığı gibi dost taşıma modlarını teşvik ederek çevre dostu çözümler sunmaktır. Bu çözümler ile yerel, bölgesel, ulusal ve hatta küresel ekonominin büyümesine katkı sağlamaktadır. Bu yüzden lojistik merkezler sürdürülebilir taşımacılık ve lojistik sektörünün gelişmesinde umut verici bir kaynak olarak görölmektedir (Wu ve Haasis, 2013).

İlk Lojistik merkez, 1960'lı yıllarda Fransa'da ortaya çıkmış ve 1960'lı, 1970'li yıllarda Almanya'da, İtalya'da kurulmaya başlamıştır. 1990'lı ve 1980'li yıllara gelindiğinde lojistik merkezlerinin sayısının Fransa, Almanya ve İtalya'da arttığı Hollanda, İngiltere ve Belçika'da da yayıldığı görölmektedir (Higgins ve Ferguson, 2011). Avrupa'da 8 ülkede toplam 100'den fazla lojistik merkez bulunmaktadır. Almanya'da son 20 yılda 33 adet lojistik merkez kurulmuştur (Ballis ve Mavrotas, 2007). Avrupa Birliği ülkelerinde lojistik merkezler; karayolu taşımacılığının vermiş olduğu zararları hafifletmek, intermodal taşımacılığı teşvik etmek, küçük orta büyüklükteki taşıma şirketlerine avantajlar sağlamak ve bölgesel ekonomiyi iyileştirmek amacıyla oluşturulmuştur (Higgins ve Ferguson, 2011).

Lojistik merkezler; lojistik, taşımacılık ve depolama faaliyetleri açısından en iyi çözümleri sunan yerel sistemlerdir. Bir lojistik merkez yapısı bulunduğu bölgenin yapısına, taşıma kalitesine ve çok modlu taşıma gelişimine bağlıdır. Taşımacılık ve lojistikle ilgili faaliyetleri gerçekleştiren işletmeciler, bu alanlarda inşa edilmiş olan binaların sahibi ya da kiracıları olabilmektedir (antrepolar, dökme yük merkezleri, depolama alanları, bürolar, araç parkları vb.). Ayrıca serbest rekabet kuralları doğrultusunda bu merkez bünyesinde bulunan her firmanın tüm faaliyetlerden ortak faydalanması firmaların ihtiyacı olan tesislerin kamu tarafından inşa edilmesi öngörülmektedir. Merkezlerin kullanıcılarına personel ve ekipman hizmeti vermesi beklenmektedir (<https://www.unece.org/> Erişim Tarihi:13.02.2016).

Lojistik merkezler; ekonomik büyümeyi artırma da, gereksiz işletim maliyetlerini azaltılmasında, ekonomik verimliliğin artmasında, yatırım ortamının iyileştirilmesinde, işsizliğin azaltılmasında ve bulunduğu bölgenin kalkınmasında fayda sağlamaktadırlar (Tanuguchi ve ark., 2014).

2.3.1. Türkiye’de lojistik köyler

Türkiye’de 10 Kasım 2008 tarihinde Organize Sanayi bölgeleri kapsamında Lojistik İhtisas Organize Sanayi bölgelerinin kurulmasını içeren değişiklik yürürlüğe girmiştir. 5807 sayılı kanunla 4562 sayılı Organize Sanayi Bölgeleri kanununda değişiklik yapılarak Organize Sanayi bölgeleri tanımı, küçük imalat, tamirat, sağlık, eğitim, lojistik, çağrı merkezleri, sanayi işletmelerini kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Bu kanun değişikliği ile denizyolu, demiryolu, karayolu bağlantılarının tek bölgede olmasıyla intermodal lojistik faaliyetlerin kolaylıkla gerçekleşeceği sağlanacaktır.

Türkiye, ticaretinin büyük bir kısmını bölgesel olarak komşu olduğu Avrupa ülkelerine, Ortadoğu ve Kuzey Avrupa ülkelerine yapmaktadır. Türkiye doğu ve batı arasında geçiş ülkesi olmasından dolayı dünya ticareti için önem arz eden bir konumdadır. Bu avantajından dolayı gelecekte lojistik üs olması planlanmaktadır. Bu amaçla Türkiye’de farklı bakanlıklar bünyesinde 6 farklı lojistik merkez çalışmaları

başlatılmıştır. Bu merkezler; lojistik ihtisas organize sanayi bölgeleri, lojistik serbest bölgeleri, gümrük ve ticaret bakanlığı lojistik merkezleri, lojistik köyler ve TCDD lojistik merkezleri, karayolu lojistik merkezleri, eşya/kargo terminal işletmeleridir. (Tanyaş ve Arıkan, 2013).

2.3.1.1. TCDD lojistik merkezleri

TCDD, 2006 yılında lojistik merkezlerin kurulması çalışmalarını başlatmış ve 21 ilde kurulmasını planlamıştır ve bugüne geldiğimizde 7 TCDD lojistik merkez işletmeye açılmıştır, 6 tanesinin yapımı devam etmektedir, geriye kalan 8 merkezin kamulaştırma ve proje çalışmaları devam etmektedir. Lojistik Merkezlerde; demiryolu çekirdek ağı olarak değerlendirilen tren teşkil, manevra ve yükleme boşaltma alanlarının TCDD, depo, antrepo ve diğer lojistik alanların özel sektör tarafından yapılması/yaptırılması ve işletilmesi planlanmaktadır. TCDD Lojistik merkezlerinin kurulmasının ana amacı; ulaşırmada araç kullanımı, insan gücü organizasyonu, ambar kullanımı, lojistik zinciri optimizasyonu ile toplam ulaştırma ve personel maliyetlerinde azalma, ulaştırma operatörlerinin toplam iş hacminde artış sağlanarak yüksek kalite düzeyine ulaşmaktır. Bu merkezler faaliyete geçtiklerinde, yük taşımacılığı ile ilgili hizmetlerin en iyi şekilde verilmesi, müşterilerin idari, teknik ve sosyal tüm ihtiyaçlarının karşılanabilmesi, taşımaların ve taşıma kalitesinin artırılarak müşteri memnuniyetinin sağlanmasının yanı sıra buldukları bölgenin ticari potansiyeline ve ekonomik gelişimine katkı sağlayacaklardır (<http://www.tcddtasimacilik.gov.tr/lojistik-merkezler>, Erişim Tarihi:7.03.2018). Türkiye’de yapımı devam eden Lojistik Köyler Şekil 2.1.’de görülmektedir.



Şekil 2.1. Türkiye’de yapımı devam eden TCDD lojistik köyleri (<http://www.tcddtasimacilik.gov.tr/lojistik-merkezler>, Erişim Tarihi:4.03.2018)

2.3.1.2. Manisa organize sanayi lojistik merkezi

Manisa Organize Sanayi Lojistik Merkezi, Organize Sanayi İdaresi’nin kurduğu, Türkiye’nin ilk özel lojistik merkezidir.

Manisa Organize Sanayi içinde yer alan merkez, 10 km uzunluğunda iltisak hattı ile Muradiye İstasyonu’na bağlıdır. 307 bin m²’lik alana kurulu lojistik merkezi, taşıma, elleçleme, depolama, gümrük vb. tüm lojistik işlemleri gerçekleştirmektedir. Manisa Organize Sanayi Lojistik, terminal ile Aliğa ve Biçerova arasında düzenli konteynır trenleri çalıştırmaktadır.

Manisa Organize Sanayi Lojistik merkezinde; üç adet (870+820+741 metre) konteynır yükleme/boşaltma rampası, 260 metre konvansiyonel vagon yükleme/boşaltma rampası, 75.500 m² büyüklüğünde konteynır stok sahası, 20.660 m² konvansiyonel vagon yükleme/boşaltma alanı, 22.770 m² kapalı serbest depolama alanı, 1.200 m² kapalı geçici depolama alanı bulunmaktadır (Ek A.1) (<http://www.moslojistik.com/> Erişim Tarihi:12.2.2018).

2.3.1.3. Ankara lojistik üssü

Ankara Lojistik Üssü Ankara’da faaliyet gösteren 45 uluslararası taşımacılık yapan şirketler tarafından kurulmuş, Türkiye'nin ilk “Uluslararası Taşımacılık Üssü”dür. Yerleşim alanı, 700.000 m²’dir (Ek A.2), 400’den fazla kamu ve özel kuruluş ve 2500 çalışanı bulunmaktadır. Günlük, 1200 tır-kamyon giriş-çıkış yapmaktadır. Lojistik üste; depolar ve antrepolar, akaryakıt istasyonu, gümrük idare birimleri, tır gümrük müdürlüğü, muhafaza müdürlüğü, merkez laboratuvarı, ofisler, banka, sigorta, market, restoranlar, kafeteryalar, otel, araç yıkama ve tamir bakım üniteleri bulunmaktadır. Ankara Lojistik Üssü; Ankara'nın ithalat-ihracat, transit, iç lojistik ihtiyaçlarına yönelik çözüm getirmek ve coğrafi konumu nedeniyle Anadolu'nun merkez üssü olmasını sağlamaktır. Şehir içine dağınık olarak ve sağlıksız şartlarda konumlanmış olan Ankaralı nakliyecilerin, şehir dışında, çağdaş, modern ve şehir hayatını olumsuz etkilemeyecek bir lojistik üssünde bir arada sinerji yaratarak faaliyette bulunmalarını sağlamak için kurulmuştur. Ankara'nın, yoğun ağır vasıta trafiğinden görmüş olduğu zarar ve çevre kirliliğinin önemli ölçüde azaltmak, gümrük idaresi denetimi altındaki antrepo, depo ve diğer tesislerin yerinden hizmetleri sayesinde Ankara’ya yük getiren yerli ve yabancı plakalı ağır taşıtların şehir merkezine girmelerine gerek kalmaması amacıyla bu üs faaliyet göstermektedir (<http://www.ankaralojistikussu.com/> Erişim Tarihi:1.03.2018).

2.3.2. Dünya’da lojistik merkezler

2.3.2.1. Interporto Bologna İtalya

Interporto Bologna İtalya, intermodal taşımacılığı teşvik etmek, kent içerisindeki ağır kamyon trafiğini azaltmak, yük dağıtımını geliştirmek ve sürdürülebilir ekonomiye katkı sağlamak amacıyla 1971 yılında, Bologna ticaret odası, İtalyan Karayolu Taşıma Birliği ve hükümet ortak yapımı olarak kurulmuştur (Ek A.3). En eski lojistik merkezlerden birisidir. 1055 dönüm alanı bulunmaktadır. Taşıma modu karayolu ve demiryoludur. Bünyesinde 600 firma (100 tanesi lojistik firması) ve 1500 çalışanı bulunmaktadır (Higgins ve Ferguson, 2011).

2.3.2.2. GVZ Bremen Almanya

GVZ Bremen Almanya, 1985 yılında ağır kamyon trafiğini azaltmak, intermodal taşımacılığı geliştirmek için kurulmuştur. Avrupa Birliğinin en iyi lojistik merkezlerinde birisi olan GVZ Bremen’de (Ek A.4) uluslararası karayolu, demiryolu ve iç su yolu bağlantısı bulunmaktadır. Havaalanına 7 km mesafe, Bremen şehir merkezine 8 km uzaklıktadır. Kamu ve özel sektör ortaklığı ile kurulan bu merkezde 895 dönüm alanı bulunmaktadır. 150 lojistik firması ve 8000 çalışan ile hizmet vermektedir (Higgins ve Ferguson, 2011).

2.3.2.3. Roissy SOGARIS Fransa

Roissy SOGARIS Fransa, kamyon trafiğini azaltmak, intermodal taşımacılığı geliştirmek ve ekonomiye destek sağlamak için kamu ve özel sektör ortaklığı ile kurulmuştur (Ek A5). Uluslararası karayolu, demiryolu bağlantısı bulunmakta ve 133 dönüm alan üzerinde 2500 çalışan ile hizmet vermektedir (Higgins ve Ferguson, 2011).

2.3.2.4. Alliance Global Lojistik Merkezi ABD

Alliance Global Lojistik Merkezi, Texas kentinin bir lojistik şehri olması projesiyle oluşturulmuştur (Ek A.6). 26.000 dönüm bir alana kurulu olan merkezde karayolu, demiryolu, havayolu taşıma modları kullanılmaktadır. İki sınıf demiryolu hattı, havalimanı, serbest bölge bulunmaktadır. Bünyesinde 230 şirket ve 28.000 çalışan ile hizmet vermektedir. Dış ticaret bölgesi statüsü olduğu için vergi muafiyeti bulunmaktadır (<https://www.alliancetexas.com> Erişim Tarihi:12.03.2018).

2.3.2.5. KCS Intermodal Center ABD

KCS Intermodal Center ABD, dünya standartlarında kurulmuş intermodal bir terminaldir (Ek A.7) ve 1340 dönümlük bir askeri üsse kurulmuştur. Kansas şehrine 25 km uzaklıkta olan merkezde demiryolu ve karayolu taşıma modları

kullanılmaktadır. 1340 dönüm lojistik tesis, 370 dönüm intermodal bir tesis ve 940 dönüm endüstriyel parka sahiptir (Higgins ve Ferguson, 2011).



BÖLÜM 3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışmanın bu bölümünde literatür araştırması yapılmıştır. İlk olarak lojistik merkez yer seçimi ve lojistik merkez yerleşimi ile ilgili yapılan çalışmalara değinilmiş olup, sırasıyla AT, karma tam sayılı programlama ve KKO ile ilgili sınırlı literatür çalışmaları ele alınmıştır. Son olarak; literatür değerlendirilmesi yapılmıştır.

3.1. Lojistik Merkez Yer Seçimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Lojistik merkez yer seçimi problemi, tesis yerleşimi probleminin özel bir versiyonu olarak lojistik ve tedarik zinciri tasarımında zorunlu olarak ortaya çıkmıştır (Pham ve ark., 2017). Etkin bir lojistik merkez yapısı kentsel yük taşımacılığının verimliliğini artırmada kilit bir faktördür. Önemli bir kar ve yatırım aracıdır. Ayrıca bulunduğu bölgenin rekabet avantajına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Kayıkçı, 2010). Bu merkezlerin nereye konumlandırılacağı; politika, altyapı, çevre, rekabet, kalkınma stratejisi, lojistik maliyetler ve müşteri hizmetleri gibi birçok faktörün dikkate alınarak karar verilmesi gereken karmaşık bir yapıdır.

Literatürü incelediğimizde; lojistik merkez yerleşimi problemi için matematiksel modelleme, AHP, TOPSİS, ELECTRE gibi çok kriterli karar verme yöntemleri ve yapay sinir ağları, genetik algoritma gibi sezgisel yöntemler kullanıldığı görülmüştür. Lojistik merkez yerleşimi ile ilgili literatürde yapılan çalışmaların aşağıda özeti sunulmuştur.

Taniguchi ve ark. (1997), çalışmasında Japonya'da bulunan kamu lojistik terminalinin konumunu ve büyüklüğünü belirlemek için matematiksel model geliştirmiştir. Geliştirdiği modeli Kyoto ve Osaka bölgesinde bulunan 16 yerleşim için uygulamıştır.

Alberto ve ark. (2000), çalışmasında 3 tane alternatif yer için uzman görüşlerini alarak 7 kriter belirlemişlerdir. Çevresel faaliyetler, maliyet, yaşam kalitesi, yerel teşvik, müşteriler için zaman güvenilirliği, müşteri talebine cevap verebilme esnekliği ve müşteri ile bütünleşme kriterlerine göre AHP yöntemi uygulayarak lojistik merkez yer seçimi yapmışlardır.

Li ve Yan (2007), çalışmalarında lojistik merkez yer seçimi için ileri beslemeli yapay sinir ağları yöntemi ile model geliştirmiş, bu modeli 8 kriter, 20 alternatif için test etmişler ve sonuçlarını paylaşmışlardır. Belirledikleri 8 kriter ise; taşıma durumu, yükleme kapasitesi, arazi yüzölçümü, maliyet, yönetim durumu, iletişim durumu, jeolojik durum ve ekolojik durumdur.

Ghoseri ve Lessan (2008), çalışmalarında lojistik merkez yer seçimi için bulanık AHP ve ELECTRE yöntemlerini uygulayarak doğal kaynaklar, ekonomik fayda, taşımacılık, gelişim potansiyeli kriterlerine göre en uygun yer seçimi yapmışlardır.

Kayıkçı (2010), çalışmasında lojistik merkez yer seçimi için bulanık AHP ve yapay sinir ağlarından oluşan hibrit bir model önermiştir. Uygun yer seçimi için anket yardımıyla 5 temel değerlendirme kriteri belirlemiştir. Bu kriterler; çevre, uluslararası pazar konumu, intermodal işletme yapısı, yatırım yapısı ve ekonomikliktir. Bu kriterlere göre 3 tane alternatif yer için uygun yer seçimi yapmıştır.

Erkayman ve ark. (2011), Türkiye'nin doğu bölgesinde bulunan Erzurum, Diyarbakır ve Malatya için coğrafi yapı, fiziksel yapı, sosyo ekonomik ve maliyet kriterlerine göre bulanık TOPSİS yöntemi ile en uygun lojistik merkez yer seçimi yapmışlardır.

Hong ve Xiaohua (2011), çalışmalarında lojistik merkez yer seçimi için 5 alternatif yer arasından ekonomiklik, çevre, sosyal ve alt yapı kriterlerine göre AHP yöntemi kullanarak yer seçimi yapmışlardır.

Li ve ark. (2011), çalışmaların da aksiyomatik bulanık küme ve TOPSIS yönteminden oluşan melez bir model önermişlerdir. 5 alternatif yer için trafik, iletişim, alan değeri ve taşımacılık kriterlerine göre en uygun yer seçimi yapmışlardır.

Catalano ve Migliore (2014), çalışmalarında lojistik terminal yer seçimi için bir matematiksel model önermişlerdir. İtalya'nın güneyinde Sicilya'da 9 tane potansiyel bölgede kurulacak lojistik terminaller için optimum konum belirlemişlerdir.

Uysal ve Gülmez (2014), çalışmalarında Akdeniz Bölgesinde bulunan Adana, Osmaniye, Antalya, Burdur, Hatay, İçel, Kahramanmaraş illeri için en uygun lojistik merkez yer seçimi yapmışlardır. Teknik, ekonomik, çevre, sosyal ve lojistik potansiyel kriterlerine göre; Bulanık Serim Teorisi ve Matris yöntemi ile en uygun yer olarak Antalya ilini belirlemişlerdir.

Zak ve Weglinski (2014), çalışmalarında taşımacılık, altyapı durumu, ekonomik gelişme, yatırım maliyeti, taşımacılık seviyesi, lojistik rekabet gücü, yatırım avantajı, ulaştırma ve lojistik avantajı, çevreye duyarlılık ve güvenlik kriterlerine göre; belirlenen 10 yer için ELECTRE 3/4 yöntemi kullanılarak lojistik merkez için en uygun yer seçimi yapılmıştır.

Rao ve ark. (2015), çalışmalarında 13 kriter belirleyerek 4 tane alternatif yer arasından çift hibrit sıralı ağırlıklı ortalama yöntemi ile lojistik merkez yer seçimi yapmışlardır. Belirledikleri kriterler ise; arazi maliyetleri, teslimat esnekliği, ulaşım koşulları, hizmet kapasitesi, insan kaynakları koşulları, çevreye duyarlılık, ekolojik etki, doğal afetler, sosyal tesis koşulları, güvenlik, kente yakınlık ve trafik tıkanıklığı etkisi olarak belirlemişlerdir.

Hamzaçebi ve ark. (2016), Karadeniz bölgesinde bulunan 18 il arasından oran metodu ve referans nokta yaklaşımı MOORA yöntemi ile lojistik merkezin kurulacağı yer için seçim yapmışlardır. 18 şehir, nüfus, dış ticaret hacmi, iç ticaret hacmi, sanayi gücü, hava yolu, demiryolu, taşıma hacmi, araç sayısı, taşınan yük

miktarı, toplam mesafe kriterlerine göre; değerlendirilerek en uygun yer seçimi yapılmıştır. 18 il arasından ilk sırada Samsun ili, ikinci sırada Trabzon, üçüncü sırada Zonguldak ili seçilmiştir.

Pham ve ark. (2017), Vietnam'da kurulacak lojistik merkez için 6 uzmanın görüşlerini alarak 14 tane kriter belirlemişlerdir. Bu kriterler; pazara yakınlık, limana yakınlık, havalimanına yakınlık, demiryoluna yakınlık, iç su yollarına yakınlık, genişleme alanı, taşıma talebi, serbest bölgeye yakınlık, arazi maliyetleri, alt yapı maliyetleri, taşıma maliyetleri, inşaat faaliyetlerinin çevreye etkisi ve taşımacılık aktivitelerinin çevreye etkisidir. 3 tane alternatif yer arasından bu kriterler kullanılarak Bulanık Delphi ve Bulanık TOPSIS yöntemi ile en uygun lojistik merkez yer seçimi yapılmıştır.

Kaya ve Uludağ (2017), çalışmalarında erişilebilirlik, maliyet, arazi yapısı, sosyo-ekonomik faktörler ve çevresel faktörler kriterlerine göre yapay sinir ağı yaklaşımını içeren lojistik merkez yer seçimi model geliştirmişler ve Türkiye'de bulunan çeşitli lojistik merkezlerin konumlarının uygunluğu için test etmişlerdir.

3.2. Lojistik Merkez Yerleşimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Bir lojistik merkezin kurulması için büyük bir arazi ve sermaye gerekmektedir. Bu yüzden lojistik merkezin nereye kurulacağı ve yerleşiminin optimal olarak nasıl belirleneceği merkezin geleceği için çok önemlidir (Tang ve ark., 2013). Bir lojistik merkezin yerleşimi yük akışına göre; optimal performans gösterecek şekilde yapılmalıdır. Bu şekilde yerleşim yapılmadığında kazanç ve verimlilik kaybolacaktır (Higgins ve Ferguson, 2011). İyi bir tesis yerleşimi yapılmış lojistik merkez taşıma sistemi maliyetlerine ve tedarik zinciri etkinliğine katkıda bulunmaktadır (Pham ve ark., 2017). Lojistik merkezlerdeki tesisler, tesislerin işlevleri ülkeden ülkeye farklılıklar göstermektedir. Her bir lojistik merkezin bulunduğu coğrafi yapı, paydaşların tercihleri lojistik merkezinin tasarımında, tesislerin yerleşiminde büyük rol oynamaktadır. Bu bağlamda lojistik merkezlerin tasarımında tek bir strateji bulunmamaktadır (Higgins ve Ferguson, 2011).

Lojistik merkezin yerleşimi tanımlanırken; müşteri altyapıları, postane/banka/sigorta, ofisler, intermodal terminal, depolar ve diğer genel hizmetler tanımlanmalıdır. Depolama ve entegre hizmetler için altyapı oluşturulmalıdır. Depo, ofis, satış ve kiralama alanları bulunmalı, merkezin yönetimi için yönetim binası olmalıdır (<https://www.unece.org/> Erişim Tarihi:13.02.2016). Literatürü incelediğimizde; lojistik merkez yerleşimi ile ilgili yapılan çalışmalarda çok kriterli karar verme yöntemi ve sezgisel yöntemler kullanıldığı görülmektedir. Yerleşim ile ilgili yapılan çalışmaları özeti aşağıda sunulmuştur.

Ballis ve Mavrotas (2007), Yunanistan'da yapmış olduğu çalışmayı konu alan makalesinde; lojistik köy tasarımı için çok kriterli karar verme metodu PROMETHEE yöntemini kullanmıştır. Yapılan çalışmada Lojistik köy tesislerinin gelişimi için 45 hektarlık alan belirlenmiş ve önceden hazırlanmış 3 tasarım için 3 grup kriter tanımlanmıştır. Bu kriterlere göre alternatif tasarımlar değerlendirilmiştir.

Li ve Zhank (2009), çalışmalarında lojistik merkezinde kurulacak tesislerin yerleşim projesinin değerlendirmesini ele alarak belirledikleri kriterlere göre Bulanık Entropi Karşılaştırma Yöntemine göre değerlendirmişlerdir. Lojistik merkez tesis yerleşim projelerini; yatırım, proje getirisi, teknoloji, kullanım alanı insan, yük akışı ve çevre kriterlerine göre değerlendirmişlerdir.

Yue ve ark. (2011), çalışmalarında farklı 3 lojistik köy tasarımını belirlemiş oldukları dört indekse göre değerlendirmişlerdir. Lojistik köy tasarımlarında; palet depolama alanı, konteynır depolama alanı, paketleme bölgesi, depolama alanı, açık depolama alanı, gelen-giden yük alanı ve yük birleştirme alanları bulunmaktadır. Bu tasarımları, tesis düzeni değerlendirme indeksi, ekipman sistemlerin (depolama, malzeme taşıma, konveyör sistemi) kapasite indeksi, proje değerlendirme indeksi, operasyon maliyetleri indeksi belirlenerek değerlendirilmiştir.

Zhang ve ark. (2014), yapmış oldukları çalışmada demiryolu lojistik park için 8 tane fonksiyonel alan belirlemişlerdir. Sekiz fonksiyonel alanın birbiri ile ilişkileri dikkate alınarak genetik algoritma yöntemi yerleşim yapmışlardır.

Chen ve ark. (2015), çalışmasında 279 dönüm alan içerisine yapılacak lojistik merkez için 8 işlevsel alan belirlemiştir. Bu alanlar; çok modlu ulaşım alanı, depolama, dağıtım bölgesi, dağıtım bölgesi, entegre hizmet alanı, iş ofis alanı ve yeşil alandır. Dikdörtgen olmayan tesis yerleşimine uygun olarak bu alanların genetik algoritma yöntemi ile yerleşimini yapmışlardır.

Lojistik Merkez yerleşimi ve yer seçimi ile yapılan çalışmaların özeti Tablo 3.1.'de sunulmuştur.

Tablo 3.1. Lojistik merkez yerleşimi ve yer seçimi ile yapılan çalışmalar

Çalışma Alanı	Yazarlar
Lojistik Merkez Yer Seçimi	Tanuguchi (1997), Alberto ve ark. (2000), Li ve Yan (2007), Ghoseri ve Lessan (2008), Kayıkçı (2010), Erkayman ve ark. (2011), Hank ve Xiaohua (2011), Li ve ark. (2011), Catalano ve Migliore (2014), Uysal ve Gülmez (2014), Zak ve Weglinski (2014), Rao ve ark. (2015), Hamzaçebi ve ark. (2016), Pham ve ark. (2017), Kaya ve Uludağ (2017).
Lojistik Merkez Yerleşimi	Ballis ve Marotas (2007), Li ve Zhank (2009), Yue ve ark. (2011), Zhang ve ark. (2014), Chen ve ark. (2015).

3.3. Aksiyomatik Tasarım Yöntemi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

AT en yaygın tasarım metodolojilerden birisidir. AT yönteminin en güçlü yönü matematiksel bir temsil ile gösterilmesidir (Park, 2007). Literatürde her türlü tasarım problemlerinin çözümlerinde kullanılmıştır. Son yıllarda, çok kriterli karar verme problemlerini çözmeye yönelik yeni çalışmalar sunulmuştur. Bir dizi alternatif içerisinde en iyi alternatifin yanı sıra en uygun alternatifin seçilmesine izin verdiği için ve hem sayısal hem de bulanık değerler içeren kriterlere göre tasarım alternatiflerin değerlendirilme imkânı sunduğu için diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine göre daha avantajlıdır. Bu avantajlarından dolayı son yıllarda tercih edilirliliği artmaktadır (Kulak ve ark, 2010).

AT ile ilgili literatürdeki çalışmaları incelediğimizde;

Suh ve Do (2000), yapmış oldukları çalışmada imalatçı firmalar için yazılım geliştirme ilgili sorunlardan yola çıkarak yazılım tasarımı için ve büyük bir yazılım sistemi oluşturmak için AT ilkelerini kullanmışlardır.

Chen ve ark. (2001), yapmış olduğu çalışmada bağımsızlık aksiyom yöntemini kullanarak hücre performansını geliştirmek için bilgiye dayalı bir karar destek sistemi kurmuştur.

Jang ve ark. (2002), gemi tasarım karmaşık ve zor olduğu için pervane tasarımı, ana motor seçimi, mavna tasarımı, payanda optimizasyonu için AT yöntemlerini kullanmışlardır.

Gu ve ark. (2002), yapmış oldukları çalışmada ürün tasarımı için AT yaklaşımı ile sistematik tasarım yaklaşımını birleştirerek bir mobilya üretim sistemi için uygulamasını yapmışlardır.

Kulak ve Kahraman (2005), yapmış oldukları çalışmada etkin bir tedarik zinciri, çok kriterli taşıma şirketi seçimi için AHP ve AT yöntemini birlikte kullanmışlardır. şirket seçimi için kriterler (maliyet, zaman, hasar/kayıp, esneklik, dokümantasyon yeteneği gibi) belirlemiş ve en uygun seçimi yapmak için AT ve bulanık AT için yazılım geliştirilmiştir.

Kulak (2005), malzeme taşıma seçimi için, işçiliğin etkin kullanımı, sistem esnekliğini sağlamak, verimliliği artırmak, teslim sürelerini ve maliyetleri azaltmak gibi faktörleri dikkate alan bir karar destek sistemi (bulanık çok ölçütlü malzeme taşıma seçimi) geliştirmiştir. En son olarak, final kararı AT'nin bilgi aksiyomunun kullanılmasıyla alternatifleri arasında en uygun ekipmanın seçimini yapmışır.

Murat ve Kulak (2005), yaptıkları çalışmada seyahat süresi, tıkanma seviyesi, güvenlik ve çevre faktörlerini dikkate alarak sürücüler için en uygun rotanın değerlendirilmesi ve seçilmesi için bilgi aksiyomunu kullanan bir yaklaşım sunmuşlardır. Denizli kentinde uygulanan bu çalışmada; Kesin (crisp) ölçüt değerleri için klasik bilgi aksiyomu yaklaşımını ve bulanık (fuzzy) ölçüt değerleri için de bulanık bilgi aksiyomu yaklaşımını içeren yöntemi kullanmışlardır.

Özel ve Özyörük (2007), yapmış olduğu çalışmada tedarikçi seçimi problemi için bulanık AT ve ABAT yöntemini kullanmışlardır. Beyaz eşya üretici bir firma için uygulamasını yaparak iki yöntemin karşılaştırmalı sonuçlarını sunmuşlardır.

Durmuşoğlu ve Kulak (2008), yapmış oldukları çalışmada etkili bir ofis operasyonu tasarlamak için AT yöntemi kullanmıştır. Geliştirdiği modeli gerçek hayat probleminde uygulayarak sonuçları sunulmuştur.

Çelik (2009), yapmış olduğu çalışmada Türk konteyner limanlarının rekabet şartlarını tasarlamak için AT, TOPSIS yöntemini kullanmıştır. Veri girişi ve çıkan sonuçları değerlendirmek için SWOT analizi kullanılmıştır. Oluşturdukları melez sistemi Türk denizcilik sektörüne katkı sağlamak için İzmir, Haydarpaşa, Mersin, Ambarlı, Gempport limanları için uygulamıştır.

Kahraman ve Çebi (2009), yapmış oldukları çalışmada bulanık ortamda alternatifleri değerlendirmek için bulanık hiyerarşik AT yöntemini tanıtmışlar ve asistan seçimi için uygulamasını yaparak sonuçları sunmuşlardır.

Peck ve ark. (2010), yılında yapmış oldukları çalışmada sağlık sisteminin tasarım ve optimizasyonu için AT ilkelerini kullanmışlar ve uygulama yaparak sonuçları sunmuşlardır.

Kulak ve ark. (2010), yapmış oldukları çalışmada AT ile ilgili yapılan çalışmalardan derleme yapmışlardır. 63 makaleyi inceleyerek yapılan çalışmaları türü, uygulama alanı, yöntem ve değerlendirme biçimlerine göre sınıflandırmışlardır.

Çebi ve Kahraman (2010), yapmış oldukları çalışmada kişisel araçlar için gösterge paneli tasarımı için AT prensipleri kullanmışlar, 18 alternatif arasından bulanık AT yöntemini de kullanarak en uygun gösterge paneli tasarımını belirlemişlerdir.

Büyüközkan ve ark. (2012) yapmış olduğu çalışmada mobil lojistik araçları değerlendirmek için kriterler belirlenmiş ve bulanık AT yöntemi kullanılmıştır.

Taha ve ark. (2014), yapmış oldukları çalışmada AT ilkelerini kullanarak ergonomik tasarım ilkelerini araştırmışlardır. Müşteri istek ve önerileri sanal ortamda anketlerle alarak ve robot üretim sistemi tasarım ilkelerini geliştirmişlerdir.

Yazgan ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada çizelgeleme problemlerinin çözümünde karşılaşılan bulanık ifadeleri bulanık AT yöntemi ile probleme ekleyerek gıda sektöründe faaliyet gösteren bir firma için uygulamışlardır.

Kannan ve ark. (2015), yapmış oldukları çalışmada bir plastik şirketi için en iyi yeşil tedarikçi firması seçimi yapmak için bulanık AT yöntemi de kullanarak seçim yapmışlardır.

3.4. Karma Tam Sayılı Programlama ile İlgili Çalışmalar

Literatürde, karma tam sayılı programlama modeli ile tesis yerleşimi yapan çalışmaların aşağıda özeti sunulmuştur.

Tesis yerleşim problemi için karma tam sayılı programlama formülasyonu Montreuil tarafından 1990 yılında sunulmuştur. Montreuil'in sunduğu modelde; her bir departmana ait boyut değeri karar değişkenidir, tam sayılı değişkenler departmanların üst üste gelmesini önlemek için tanımlanmıştır ve amaç fonksiyonu, departmanlar arasındaki mesafeleri en küçükleyecek şekilde tanımlanmıştır. Bu model 5 tesis için en uygun çözüm sunmuştur (Meller ve Gau, 1996).

Meller ve Gau (1996), yapmış oldukları çalışmada tesis yerleşim problemlerini incelemişler ve yapılan çalışmaları gruplandırmışlardır.

Meller ve ark. (1998), yapmış oldukları çalışmada Montreuil'in geliştirmiş olduğu modeli yeni eşitsizlikler ekleyerek yeniden oluşturmuşlar ve 7 tesis için en uygun yerleşim çözümü sunmuşlardır.

Georgiadis ve ark. (1999), yapmış oldukları çalışmada karma tam sayılı programlama modelini, C++ dili ile yazılan ek algoritmalar ekleyerek geliştirmişler, fabrika yerleşimi için uygulamasını yapmışlardır.

Castillo ve Westerlund (2005) yapmış oldukları çalışmada Kusiak- Heragu, Meller-Gau tarafından geliştirilen karma tam sayılı programlama modelini geliştirerek, eşit olmayan alanların yerleşimi için yeni bir model sunmuşlardır.

Konak ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada blok yerleşim planlaması için esnek paralel bölümler kullanarak yeni karmaşık tam sayılı model yerleşim formülü geliştirmişlerdir.

Drira ve ark. (2007), yapmış oldukları çalışmada tesis yerleşimi problemlerini inceleyerek gruplandırma yapmışlardır.

Liu ve Meller (2007), yapmış oldukları çalışmada karma tam sayılı programlama modelini algoritma ile genişleterek yeni formülasyon geliştirmişlerdir. Bu formülasyona VLSI adı verilmiştir.

Wang ve Chen (2008), Heragu ve Kusiak tarafından 1991 yılında sunulan Karma tam sayılı programlama modelini revize edilerek 10 tesis için yerleşim oluşturmuşlardır.

3.5. KKO ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Literatürde KKO ile yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bu kısımda sadece tesis yerleşimi ile ilgili KKO çalışmalarının bir özeti sunulmuştur.

Solimanpur ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada esnek imalat sistemlerinde tek akışlı tesis yerleşim problemleri için karınca algoritması kullanmışlar ve makine yerleşimi yapmışlardır. Üçlü problem setleri ile çözüm yapılarak algoritma analiz edilmiş ve sonuçları sunulmuştur.

Demirel ve Toksarı (2006), yaptıkları çalışmada karesel atama problemlerinin çözümünde KKO algoritması oluşturmuşlar ve literatürde var olan karesel atama problemleri kullanılarak analiz etmişlerdir.

Mckendall ve Shang (2006), yaptıkları çalışmada dinamik tesis yerleşimi problemi için hibrit karınca sistemi geliştirmiş, literatürde var olan problemler için uygulamış ve sonuçlarını paylaşmıştır.

Baykasoglu ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada bütçe kısıtlarını dikkate alarak dinamik tesis yerleşim problemleri için KKO algoritması geliştirmişler; 6, 15 ve 30 departmanın yerleşimi için algoritmayı uygulayarak çözümleri paylaşmışlardır.

Hani ve ark. (2007), yaptıkları çalışmada tren bakım tesisinin yerleşimi için karınca kolonisi optimizasyonu algoritması geliştirmiş ve 6 departmanın yerleşimi bu algoritma ile yapılmıştır.

Ning ve ark. (2010), yaptıkları çalışmada şantiye yerleşim planlaması için KKO algoritmalarından biri olan max-min karınca sistemini kullanmıştır. Geliştirdikleri algoritma, bir inşaat projesinde inşaat aşamalarında kullanılan farklı tesislerin yerleşimi için kullanılmıştır. İnşaat maliyetlerinin en aza indirgenmesi planlanmış, geliştirilen algoritma literatürdeki diğer optimizasyon algoritmaları ile kıyaslanarak sonuçları sunulmuştur.

Komarudin ve Wong (2010), yaptıkları çalışmada eşit olmayan alanlı tesislerin yerleşiminde ilk defa KKO kullanmışlar, oluşturdukları algoritmayı literatürde bulunan problemler için uygulamışlar ve sonuçları paylaşmışlardır.

Chen (2013), yaptığı çalışmada dinamik tesis yerleşimi problemlerinin çözümünde KKO kullanmışlar ve 30 departmanın yerleşimi için çözüm geliştirmiştir.

Guan ve Lin (2016), yaptıkları çalışmada tek akışlı tesis yerleşimi problemi için KKO kullanmış, literatürde en iyi bilinen 60 problem için algoritma analiz edilmiş ve sonuçları paylaşmıştır.

AT, Karma Tam Sayılı Programlama ve KKO ile yapılan çalışmaların özeti Tablo 3.2.'de sunulmuştur.

Tablo 3.2. AT, karma tam sayılı programlama ve KKO ile yapılan çalışmalar

Çalışma alanı	Yazarlar
Aksiyomatik tasarım ile yapılan çalışmalar	Suh ve Do (2000), Chen ve ark. (2001), Jang ve ark. (2002), Gu ve ark. (2002), Kulak ve Kahraman (2005), Kulak (2005), Murat ve Kulak (2005), Özel ve Özyürek (2007), Durmuşoğlu ve Kulak (2008), Kahraman ve Çebi (2009), Çelik (2009), Peck ve ark. (2010), Kulak ve ark. (2010), Çebi ve Kahraman (2010), Büyükoğkan ve ark. (2012), Taha ve ark. (2014), Yazgan ve ark. (2014) Kannan ve ark. (2015).
Karma Tam sayılı Programlama ile yapılan çalışmalar	Meller ve Gau (1996), Meller ve ark. (1998), Georgiadis ve ark. (1999), Castillo ve Westerlund (2005), Konak ve ark. (2006), Drira ve ark., (2007), Liu ve Meller (2007), Wang ve Chen (2008).
Karınca Kolonisi Algoritması ile ilgili yapılan çalışmalar	Solimanpur ve ark. (2005), Demirel ve Toksarı (2006), Mckendall ve Shang (2006), Baykasoglu ve ark. (2006), Hani ve ark. (2007), Ning ve ark. (2010), Komarudin ve Wong (2010), Chen (2013), Guan ve Lin (2016).

3.6. Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu tez kapsamında yapılan çalışmada;

- a. Lojistik merkez yer seçimi, karar verme problemi olarak değerlendirilmiş ve AT yöntemi ile lojistik merkez yer seçimi yapılmıştır. Etkin bir lojistik merkez yer seçimi için uygun kriterlerin belirlenmesi ve belirlenen kriterlere uygun en iyi yerin seçilmesi gerekmektedir. AT yöntemi, belirlenen alternatifler arasından hem en iyi hem de en uygun alternatifin seçilmesine izin vermektedir. Aynı zamanda hem sayısal hem de bulanık değerler içeren kriterlere göre alternatiflerin değerlendirilebilme imkânı sunmaktadır. Bu avantajlarından dolayı tercih edilmiştir. Bu çalışma bu anlamda literatürde ilk olma özelliği taşımaktadır.

- b. Veriler: Yer seçim probleminde kullanılan karar kriterleri hem kesin hem de bulanık olarak ele alınmıştır. İnsanın düşünce ve yargıları belirsizlik içerdiği için gerçek hayatta karar verme süreci kesin olmayan bilgilere dayanmaktadır. Bu amaçla kesin karar kriterleri için AT, bulanık karar kriterleri için bulanık AT yöntemi kullanılmıştır.
- c. Bu tez kapsamında lojistik merkez yer seçimi ve yerleşimi için gerçek bir hayat problemi seçilmiştir. Lojistik merkez planı sistematik olarak oluşturulmadan kurulan merkezlerde; taşıma maliyetleri, tesis maliyetleri, enerji kaybı, kargaşa, yükün zamanında ulaştırılmaması, kontrol güçlüğü gibi olumsuzluklar kaçınılmazdır. Yapılan çalışma ile sistematik bir yerleşim planı çıkarılarak bu olumsuzlukların önüne geçilmiştir.
- d. Lojistik merkez yerleşimine özel bir matematiksel model geliştirilerek bu problem için ilk kez uygulaması yapılmıştır.
- e. Matematiksel model ile sınırlı çözüm bulanabildiği için lojistik merkez yerleşim problemi yapısı gereği bu tez kapsamında KKO temelli bir algoritma geliştirilmiştir. Algoritma lojistik merkez yerleşimi için literatürde ilk olma özelliği taşımaktadır. Önerilen algoritmada, bu probleme özel olarak geliştirilen lojistik yerleşim prosedürü kullanılmıştır. Literatürdeki geleneksel KKO algoritmasından farklı olarak, alternatif tesisler arasından yerleştirme sıralaması belirlenirken kullanılan olasılık değerlerinin hesaplanmasında; feromon matrisi ile birlikte tesis alan değerleri matrisi ve tesis akış değerleri matrisi kullanılmıştır. Ayrıca tesis atama işlemlerinde rulet tekerleği yaklaşımı uygulanmış ve en-boy oran kısıtlamasının kullanılmaması da algoritma etkinliğini arttırmıştır.

BÖLÜM 4. METOT

Bu bölümde, seçim ve yerleşim problemlerinin çözümünde kullandığımız metotlardan AT, MILP ve KKO ile ilgili temel bilgiler verilecektir.

4.1. Seçim Problemi

4.1.1. Aksiyomatik tasarım (AT)

Tasarım yapmak için kullanılan yöntemler, tasarım yapan kişiye, bir tasarım problemine daha fazla iyi çözüm sunmayı amaçlamaktadır. Tasarım yönteminin geliştiricisi, yöntemin ilkeleri veya ana stratejilerindeki iyi tasarımları tanımlamak için en iyi taktikler hakkındaki kendi inançlarını ifade etmektedir. AT, makine mühendisliği profesörü olan Nam Suh tarafından geliştirilmiştir. Suh'un amacı mühendislik tasarımı için bir dizi temel ilkeleri tanımlamak ve bunları titiz bir tasarım teorisinin temeli olarak kullanmaktır (Suh, 1998). Tasarım, “başarmak istediğimiz” ve “nasıl başardığımız” arasındaki etkileşimdir. Bir tasarımcının amacı da her iki taraf arasında uygun etkileşimi elde etmektir (Park, 2007). Bir tasarım teorisi, şu soruları yanıtlamalıdır: Bu iyi bir tasarım mı? Bu tasarım neden diğerlerinden daha iyi? Tasarımın kaç özelliği müşteri tarafından ifade edilen ihtiyaçları karşılamalı? Aday tasarım ne zaman tamamlanmalı? Belirli bir tasarımı geliştirmek için neler yapılmalı? Bir tasarım fikrini terk etmek ya da kavramı değiştirmek ne zaman uygun olmalı? (Suh, 1998).

Aksiyom, matematikte kendisinden sonra gelen sonuçları incelemek için kanıt olmadan doğru olduğu varsayılan bir önermedir. Bir aksiyom, dünyaya ait doğru bir gözlemdir, ancak kanıtlanabilir değildir. Bu nedenle aksiyomların aksi kanıtlanana kadar doğru kabul edilir (<http://highered.mheducation.com> ErişimTarihi:17.03.2018).

Şimdiye kadar, AT'a karşı çıkacak örnek bulunmamıştır. Bunun yerine, AT'a ait aksiyomlar birçok kullanışlı tasarım örneği ile doğrulanmıştır (Park, 2007).

4.1.1.1. Aksiyomatik tasarım yöntemi

Suh, iki kavramsal tasarım aksiyomu önermiştir.

- a. Aksiyom I: Bağımsızlık Aksiyomu
- b. Aksiyom II: Bilgi Aksiyomu

Bağımsızlık Aksiyomu: Optimal bir tasarım her zaman tasarımın fonksiyonel gereksinimlerinin bağımsızlığını korur.

Bilgi Aksiyomu: En iyi tasarım minimum bilgi içeriğine sahip işlevsel olarak birbirinden ayrılmaz bir tasarımdır (Suh,1998).

Aksiyomatik yaklaşımın tasarım dünyası dört alandan oluşur; müşteri alanı, işlevsel alan, fiziksel alan ve proses alanıdır. Müşteri alanı; müşteri ihtiyaçlarının gösterildiği, öznel özelliklerin belirlendiği alandır. İşlevsel alan, fonksiyonel gereksinimlerdir, mühendislik sözcükleri ile tanımlanmasıdır (Park, 2007). AT prosedürü; müşteri ihtiyaçlarını inceleyerek tasarıma ait öznel özellikleri belirleyerek bir dizi fonksiyonel gereksinimlere eşlemektedir (Suh, 1998). Fiziksel alan ise tasarımın parametrelerinin tanımlandığı veya seçildiği alandır. Proses alanı ise üretim değişkenlerinin tanımlandığı alandır (Park, 2007). AT süreci bu değişkenler arasındaki ilişkileri göstermektedir. Örneğin, üretim sistemleri için iç veya dış müşteriler tarafından istenen yeterlilikler, müşteri nitelikleridir, esneklik, kontrol edilebilirlik, etkililik ve benzersizlik işlevsel gerekliliklerdir, şemalar ve şekiller, tasarım parametreleridir ve takım tezgâhları, insanlar, araçlar, malzeme taşıma, süreç değişkenleridir (Suh ve Do, 2000).

4.1.2. Bağımsızlık aksiyomu

Uygun bir tasarımda, tasarımın bir parametresi diğer fonksiyonel ihtiyaçları etkilemeden ilgili fonksiyonel ihtiyacı sağlamak için düzenlenmelidir. Normalde mühendisler bir problemi alt problemlere ayırarak bağımsız çözmeye çalışırlar. İki ya da daha fazla fonksiyonel ihtiyaç olduğunda tasarım diğer fonksiyonel ihtiyacı etkilemeden her bir fonksiyonel ihtiyacı sağlamalıdır. Bu da ancak doğru parametre kümesinin seçimiyle olur. Suh (1998), bu ilişkileri göstermek için matematik kullanmıştır. İşlevsel gereklilikler FR ile tasarım parametreleri DP'nin ilişkisi bağımsız olarak tanımlanmıştır. İlişki bir tasarım matrisi ile ifade edilmiştir. İşlevsel gereklilikler FR ve tasarım parametreleri DP için vektör gösterimleri kullanılarak, tasarım denklemi (4.1)'de verilmiştir:

$$\{FR\} = [A] \times \{DP\} \quad (4.1)$$

$\{FR\}$ fonksiyon gereksinimleri vektörü, $[A]$ tasarım matrisi, $\{DP\}$ tasarım parametreleri vektörüdür.

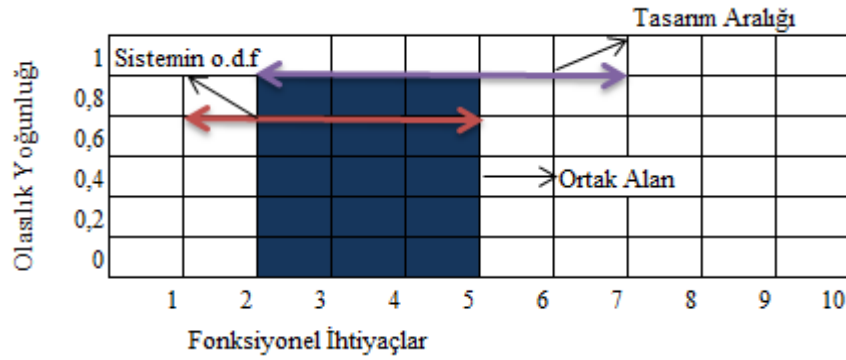
A Matrisi, bir tasarım matrisidir. A matrisinin özellikleri bağımsızlık aksiyomunun karşılanıp karşılanmadığını belirlemektedir. Üç tane işlevsel gereklilik ve tasarım parametreleri için eşitlik (4.2)'e göre A Matrisi aşağıdaki gibidir (Park, 2007):

$$\begin{bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

4.1.3. Bilgi aksiyomu

AT, Bağımsızlık Aksiyomunun tatminini gerektirmektedir. Bağımsızlık Aksiyomunu karşılayan çoklu tasarımlar türetilerek en iyi tasarım seçilmelidir. En iyi tasarım, minimum bilgiye sahip olan tasarımdır. Bu yüzden bilgi içeriğinin titiz bir tanımlamaya ihtiyacı vardır. Bilgi içeriği tasarımın özelliklerine göre farklı tanımlanmaktadır. Başarı olasılığı bilgi içeriğinin bir indeksi olarak kullanılmıştır

(Suh, 1998). n tane fonksiyonel ihtiyaç olduğunda toplam bilgi içeriği tüm bu olasılıkların toplamıdır. Eğer toplam 1' e eşitse bilgi içeriği 0 olur. Eğer olasılıklar toplamı 1' den büyükse gerekli bilgi sonsuzdur. Bilgi içeriği tasarımcı ile belirlenen toleranslar arasındaki etkileşimle belirlenir (Kulak ve ark. 2010).



Şekil 4.1. Sistem aralığı, tasarım aralığı, ortak aralık ve fonksiyonel ihtiyaçların sistem olasılık dağılımı fonksiyonu (Kulak ve Kahraman, 2005)

Bilgi içeriği, olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak hesaplanabilir. Şekil 4.1. bunun şematik bir görünümünü sunmaktadır. Tasarım aralığı tasarım hedefinin aralığıdır. Sistem aralığı, tasarlanan ürünün çalışma aralığıdır. Ortak aralık, sistem ve tasarım aralığı arasındaki ortak alandır. Tasarım aralığı alt ve üst sınırlarla tanımlanır ve sistem aralığı, sistem performansının bir dağıtım işlevi tarafından tanımlanır. Bilgi içeriği (4.3)'teki eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$I = \log_2 \left(\frac{\text{Ortak Aralık}}{\text{Sistem Aralığı}} \right) \quad (4.3)$$

Bu bağıntıda ortak alan sistemin sahip olduğu özelliklerin bekleneni ne kadar sağladığını gösterirken sistem alanı ise sadece sistemin özelliklerini bilmemizi sağlamaktadır (Kulak ve Kahraman, 2005).

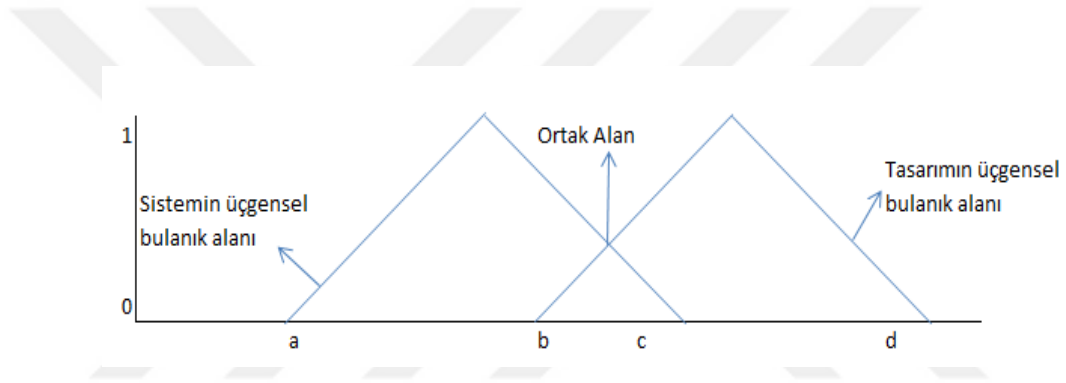
4.1.4. Bulanık aksiyomatik tasarım

Kesin olarak belirli olan veriler gerçek sayılarla ifade edilir. Fakat gerçek hayatta bazen veriler sayılarla değil dilsel değişkenlerle ifade edilebilir. Böyle verilerin

belirli kural tabanına bağlı kalarak sayısal forma dönüştürülmesi gerekir. Bunun için bulanık küme teorisi kullanılır.

Bulanık AT veriler nitel olduğunda da karar vermek için kullanılmaktadır. Veriler dilsel olarak verildiğinde olasılık yoğunluk fonksiyonunun belirli olduğu durumlarda üçgensel bulanık üyelik fonksiyonları kullanılır. Üçgensel bulanık sayıların kesiştiği bölge Şekil 4.2.'deki ortak alandır. Bilgi içeriği (4.4)'teki eşitliğe göre hesaplanmaktadır (Kulak ve ark. 2010).

$$I = \log_2 \frac{\text{Sistem Tasarımının üçgensel Bulanık Alanı}}{\text{Ortak Alan}} \quad (4.4)$$



Şekil 4.2. Sistem ve tasarım aralıklarının ortak alanı (Kulak ve ark. 2010).

4.1.5. Ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım

Ağırlıklı bulanık AT, kriterlerin eşit önemde olmayıp, önem derecelerinin birbirinden farklı olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Önceki bölümde bilgi içerikleri hesaplanırken her bir kriterin ağırlığı eşit olarak kabul edilmiştir. Ancak her bir kriter farklı bir ağırlık değerine (W_j) sahiptir. Bu durumda, bilgi içeriklerini hesaplamak için eşitlik (4.5) kullanılmaktadır ve bu yapı "Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım" yaklaşımı olarak ifade edilmektedir (Özel ve Özyürek, 2007).

$$\begin{aligned} \left[\log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{W_j} & 0 \leq I_{ij} \leq 1 \\ \left[\log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{W_j} & I_{ij} \geq 1 \\ W_j & I_{ij} = 1 \end{aligned} \quad (4.5)$$

4.2. Yerleşim Problemi

4.2.1. Kesin çözüm yöntemi: Karma tam sayılı programlama (MILP)

Karar değişkenin bir kısmının ya da tamamının tam sayılı değerler almaya zorlandığı doğrusal programlama problemlerine tam sayılı programlama problemi denir. Karar değişkenlerinin tanımlanmasına göre tam sayılı programlama problemleri;

- a. Tümü tam sayılı programlama
- b. Karma tam sayılı programlama
- c. 0-1 tam sayılı programlama

olmak üzere 3 grupta değerlendirilmektedir.

Tüm karar değişkenlerinin tamsayı olma zorunluluğu olan problemlere tam sayılı programlama problemi denir. Bu tip problemlerin modellenmesinde negatif olmama koşuluna ek olarak tüm değişkenlerin tamsayı olma koşulu ilave edilmelidir. Karar değişkenlerinden bazılarının tam sayı olma zorunluluğu olan problemlere ise karma tam sayılı programlama denir. Bu tip problemlerin modellenmesinde tamsayı olma zorunluluğu olan değişkenler için negatif olmama koşuluna ek olarak tamsayı olma koşulu ilave edilmektedir. Herhangi bir faaliyet için sadece iki karar alternatifinin bulunduğu ve bunlardan birisine karar verilmesi gerektiği durumlarda 0-1 tam sayılı programlama modeli kullanılır. Örneğin bir tezgâhın satın alınması ya da alınmaması gibi. 0-1 tam sayılı programlama modelinde karar değişkenleri 0 ya da 1 değerini almaktadır ve bu değişkenler, 0-1 değişken olarak adlandırılmaktadır. Örnek bir tümü tam sayılı programlama modeli (4.8)' de verilmiştir (Winston, 2004).

Tam sayılı programlama modelini çözmek için genel bir teknik bulunmamaktadır. Problemin yapısına göre çözüm yaklaşımları geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşımlar, dal-sınır algoritması, kesme düzlemi algoritmaları, sezgisel algoritmalar ve hibrid algoritmalarıdır.

Dal-sınır algoritması: Bütün olası uygun çözümleri analiz eden çok etkili bir metottur. Problem, bütün değişkenler için tam sayı olma koşulu göz ardı edilerek doğrusal programlama metotları ile çözülmektedir.

Kesme düzlemi algoritmaları: Ardışık iterasyonlarla uygun çözüm bölgesi daraltılarak optimal tam sayı çözümü bulunur. Kesme düzlemleri, bir önceki iterasyondaki formülasyona bir veya daha fazla özel kısıt eklenmesi yöntemini kullanmaktadır. Her iterasyonda, simpleks tabanlı algoritmalar kullanılarak doğrusal programlama gibi çözülmektedir.

Sezgisel Algoritmalar: Optimal çözümü garanti etmemesine rağmen kısa sürede iyi çözümler üreten algoritmalarıdır. Büyük boyutlu problemlerin çözümlerinde tercih edilmektedir.

Hibrit Algoritmalar: Sırt çantası, ulaştırma, yerleşim, gezgin satıcı ve küme kaplama gibi özel bir yapıya sahip problemler için geliştirilmiş algoritmalarıdır. Büyük boyutlu problemler için etkili çözümler sunmaktadır (Winston, 2004).

4.2.2. Yerleşim problemleri için karma tam sayılı programlama

Lojistik merkez yerleşim problemi, literatür de tesis yerleşim problemlerinin özel bir durumu olarak sınıflandırılmaktadır (Rao ve ark., 2015). Tesis yerleşimi, bir üretim sisteminin, hizmet sisteminin ve iletişim sisteminin fiziksel olarak organizasyonu olarak adlandırılmaktadır. Tesis yerleşim problemleri en eski mühendislik problemlerinden birisidir (Komarudin ve Wonk, 2010). Tesis yerleşim problemi, alan ölçüleri bilinen n tane dikdörtgen departmanın, dikdörtgen ($L^x \times L^y$) tesis içerisine üst üste gelmeyecek şekilde ve iki departman arasındaki akışı minimize edecek şekilde (Enk $Z = \sum_{ij} f_{ij} \times d_{ij}$) yerleştirmektir (Meller ve ark., 2007). Tesis yerleşim problemlerinin genel kısıtları;

- a. Bütün bölümler, belirlenen tesis içerisinde yer almalıdır.
- b. Bölümler birbiri ile üst üste gelmemelidir.

c. En, boy oranına göre yerleşim yapılmalıdır (Chen ve ark., 2015).

Tam sayılı programlama modelleri, tesis yerleşim problemlerine çözüm olarak sunulmuştur. İlk karma tam sayılı programlama modeli, 1990 yılında Montreuil tarafından geliştirilmiştir. Bu model, literatür de “FLP0” tesis yerleşim problemi olarak adlandırılmıştır. Bu modelde; $A_i = w_i x_{hi}$ şeklinde gösterilen alan kısıtı, departmanın en ve boy çarpımı olarak ifade edildiği için doğrusal olmayan kısıt olarak tanımlanmaktadır. Montreuil, doğrusal olmayan alan kısıdı yerine sınırlı bir çevre kısıdı modele ekleyerek alan kısıdını doğrusallaştırmıştır. Bu model ile ancak 6 tesis yerleşimi yapılmıştır (Meller ve ark., 2007).

Montreuil’in oluşturduğu karma tam sayılı model, 1999 yılında Meller ve ark. tarafından değiştirilerek “FLP 1” ismi ile tekrar sunulmuştur. Serali ve ark. (2003), Castillo ve Westerland (2005) 8-9 departman yerleştirecek çözümler sunan karma tam sayılı programlama modeli geliştirmişlerdir. Fakat tüm bu iyileştirmeler, gerçek hayat uygulamalarına sınırlı çözüm sunabilmiştir (Meller ve ark., 2007).

4.2.3. Metasezgisel yaklaşım: Karınca koloni optimizasyonu (KKO) algoritması

Gerçek hayat problemlerine çözümler getirmek için uzun süredir çalışmalar devam etmekte ve yeni optimizasyon teknikleri geliştirilmektedir. Karınca kolonisi optimizasyonu, karıncaların sürü olarak davranışlarından ilham alan meta sezgisel bir çözüm yöntemidir (Pedemonte ve ark., 2011). Koloni halinde yaşayan karıncaların kör olmalarına rağmen yuva ile besin kaynağı arasındaki en kısa yolu bulma becerileri Dorigo ve ark., (1996) için ilham kaynağı olmuştur. Dorigo ve arkadaşlarının 1996 yılında tanıttığı sistem “Karınca sistemi”, geliştirmiş olduğu algoritma ise “Karınca algoritması” olarak sunulmuştur. Karınca sistemi gerçek hayattaki karınca davranışlarını taklit eden yapay karıncalardan oluşmaktadır (Karaboğa, 2004). Dorigo ve arkadaşlarının geliştirdiği bu sistemde;

- a. Yapay karıncalar hafızaya sahiptirler,
- b. Tamamen kör değildirler,

c. Ayrık zamanlı bir çevrede yaşamaktadırlar (Dorigo ve Maniezzo 1996).

Karıncalar koloni halinde yaşayan sosyal böceklerdir, bireysel olarak hayatta kalmaktan ziyade koloninin hayatta kalması hedefli yönetilmektedirler (Blum, 2005). KKO algoritması, karıncaların kolektif davranışlarından esinlenerek geliştirilmiş algoritmalarıdır. Karıncalar, tek başına basit yeteneğe sahip olurken koloninin tamamı yüksek yetenekli bir yapı oluşturmaktadır. Karıncalar koloni halinde iken büyük cisimleri taşımak, köprü oluşturmak veya yuva ile yiyecek arasındaki en kısa yolu bulmak gibi karmaşık işlemler için zeki çözümler üretmektedirler. Bu zeki davranışlar, karıncalar arasındaki organizasyon ve dolaylı iletişim sonucunda ortaya çıkmaktadır (Nabiyev, 2012).

KKO'nun anlaşılması için karıncaların yiyecek ve yuva arasında en kısa yolu bulma özelliklerinin anlaşılması gerekmektedir (Blum, 2005). Her karınca yiyecek ararken geçtiği yerlere karın bölgesinde yer alan "Dufour" bezlerinden salgılanan feromon adlı özel bir sıvıyı değişik miktarda bırakır. Karıncalar, feromon kokularını takip ederek doğru yolu bulmaktadır (Nabiyev, 2012). Yol üzerindeki feromon maddesi yüksek ise karıncaların o yolu seçme olasılığı da yükselmektedir. Kısa bir süre sonra tüm karıncalar yuva ile besin kaynağı arasındaki en kısa yolu seçmektedir (Solipampur, 2015). Karıncalar yanlışlıkla daha büyük olan yolu seçtiklerinde hızlı bir şekilde rotalarını yeniden oluşturabilmektedir, ancak tek başına bir karınca yiyecek ve yuva arasındaki en kısa yolu bulma özelliğine sahip değildir.

Koloni davranışı, kolektif zeka sonucunda en iyi çözümü bulabilmektedir (Nabiyev, 2012).

KKO algoritmasının genel yapısı 4 adımdan oluşmaktadır. İlk adım, parametrelerin belirlenmesi, ikinci adım probleme ait veri girişlerinin yapılması, üçüncü adım karınca çözüm yapısının oluşturulması ve son adım ise feromon bilgisinin güncellenmesidir (Komarudin ve Wong, 2010). Tablo 4.1.'de genel karınca algoritma yapısı sunulmuştur.

Tablo 4.1. KKO Genel Yapısı (Solimanpur, 2005)

```

procedure ACO algoritması
  Parametreleri belirle, Feromon miktarı matrisini belirle
  while (durdurma kriteri sağlanana kadar) do
    Çözümleri elde et
    Yerel aramayı uygula (% olasılık ile)
    Feromon matrisini güncelle
  end
end ACO algoritması

```

KKO, ilk olarak Dorigo ve meslektaşları tarafından Gezgin Satıcı Problemi ile tanıtılmıştır (Dorigo ve ark., 1996). Bu problemde, bir satıcı kendi şehirden başlayarak satış yapacağı şehirlere mümkün olan en kısa yolu kullanarak gidecek ve tekrar kendi şehrine dönecektir. İki şehir arasındaki mesafe d_{ij} ile gösterilmektedir (Nabiyev, 2012). Kolonideki toplam karınca sayısı m ile i . şehirde bulunan karınca sayısı $b_i(t)$ ile gösterilmektedir. Toplam karınca sayısı ile “ t ” anındaki “ i ” şehrindeki bulunan karınca sayısı arasında ilişki (4.6)’daki gibidir.

$$m = \sum_{i=1}^n b_i(t) \quad (4.6)$$

Her bir karınca aşağıdaki özelliklere sahiptir;

- i şehirden j şehrine giderken gezdikleri yerde bir miktar feromon bıraksın,
- Gideceği şehri, mevcut feromon miktarı ile iki şehir arasındaki mesafenin fonksiyonu olan bir olasılıkla seçsin,
- Daha önce gidilmiş şehirlere tekrar gitmeyi engelleyerek turu tamamlasın (Karaboğa, 2004).

Başlangıçta m ile temsil edilen her karınca rastgele seçilen şehirlere aktarmalı geçiş kuralı uygulayarak bir tur gerçekleştirir. Karınca i şehirde iken geçiş yapılmamış, j . şehri τ_{ij} feromon miktarı ve sezgisel bilgiye bağlı olarak seçmektedir (Nabiyev, 2012). $\tau_{ij}(t)$ = t anındaki i ve j şehirleri arasında depolanan feromon miktarıdır. $t+1$ anındaki feromon miktarı (4.7)’deki denklem ile güncellenir.

$$\tau_{ij}(t+1) = \rho \times \tau_{ij} + \Delta\tau_{ij}(t, t+1) \quad (4.7)$$

Bu denklemdeki ρ buharlaşma katsayısıdır. Feremon maddesinin sınırsız olarak büyümesini önlemek için 1'den küçük pozitif bir değer almaktadır. $(1 - \rho)$ değeri, feremon maddesinin buharlaşma oranını belirlemektedir. Birim zamanda karıncanın gezdiği (i, j) hattına bıraktığı feremon maddesi miktarı;

$$\Delta\tau_{ij}(t, t + 1) = \sum_{k=1}^n \Delta\tau_{ij}^k(t, t + 1) \quad (4.8)$$

(4.8) denklemi ile hesaplanmaktadır. Bu denklemdeki, $\Delta\tau_{ij}^k(t, t + 1)$, t ve t+1 zaman aralığındaki k. karınca tarafından (i, j) hattına bırakılan feremon maddesinin birim uzunluk başına miktarını ifade etmektedir (Karaboğa, 2004).

Her bir karınca tabu listesi adı verilen küçük bir hafızaya sahiptir. Karıncalar bu hafızayı, gitmediği şehirleri bulmak ve en iyi sonuca ulaşmak için kullanmaktadır. Karıncalar bir tur tamamladıktan sonra serbest kalırlar tekrar nerden başlayacaklarını seçmek için geçiş olasılığı kullanırlar. Bir karıncanın en önemli özelliği bireysel ve önceden tahmin edilemeyen doğru yolu seçme hareketidir. Bu seçim olasılığı (4.9)'teki bağıntı ile tanımlanır (Nabiyev, 2012):

$$P_{ij} = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \times [n_{ij}]^\beta}{\sum [\tau_{ij}(t)]^\alpha \times [n_{ij}]^\beta} \quad (4.9)$$

$\tau_{ij}(t)$, i ve j şehirleri arasındaki t. tur içerisindeki feremon miktarıdır. n_{ij} , i ve j şehirleri arasındaki uzaklık ilişkisidir. $n_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$ şeklinde ifade edilir. α ve β parametreleri, alternatif şehirlerin arasındaki feremon maddesi ile mesafenin önem derecesini ortaya koymaktadır. Olasılık değeri hesaplanırken bu iki önemli bilgiden yararlanılmaktadır. Seçilebilirlik bağıntısı P_{ij} , yakın şehirlerin daha yüksek olasılıkla seçilmesini teşvik ederken, feremon maddesi miktarı hangi hatta daha fazla yoğunlukta ise o hattın daha çok tercih edilmesi gerektiğini belirtmektedir (Karaboğa, 2004).

BÖLÜM 5. LOJİSTİK MERKEZ YER SEÇİMİ

Bu bölümde lojistik merkezin yer seçimi için AT ve ABAT yaklaşımı kullanılarak bir model geliştirilmiştir. Kayseri’de kurulması planlanan lojistik merkez için uygulaması yapılarak sonuçları sunulmuştur.

5.1. AT Yöntemi ile Lojistik Merkez Yer Seçimi

Lojistik Merkez Yer seçimi için öncelikli olarak kurulabilecek alternatif arazilerin belirlenmesi, alternatif yerlerin seçilebilmesi için kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla; Kayseri’de uluslararası taşımacılık yapan ve bu merkezin kurulmasına öncülük eden 5 lojistik firma yöneticisi, Kayseri Büyükşehir Belediyesi İmar ve Planlama Bölümü, Melikgazi Belediyesi İmar ve Planlama Bölümü, UND Başkan Yardımcısı ile görüşülerek uzman kişilerin fikirleri dikkate alınarak lojistik merkezin kurulabileceği araziler belirlenmiştir. Belirlenen arazilerin Kayseri Büyükşehir Belediyesi İmar ve Planlama Bölümü ile birlikte mülkiyet şartları incelenmiştir. Özellikle hazine arazileri ya da imara açılmamış araziler dikkate alınarak Şekil 5.1.’de gösterilen 4 alternatif yer belirlenmiştir. Belirlenen araziler;

- a. İncesu Mevkii
- b. Anbar Mevkii
- c. Boğazköprü Mevkii
- d. Mimarsinan Mevkii’dir.



Şekil 5.1. Kayseri’de belirlenen alternatif yerler

Literatür araştırması yapılarak 4 alternatif yerin değerlendirilmesi için 9 kritere karar verilmiştir. Tablo 5.1.’de kriterler ve açıklamaları verilmiştir.

Tablo 5.1. Lojistik merkezlerle ilgili kriterler

Kriterler	Açıklaması
Alan	Bir lojistik merkezin kurulacağı alanı ifade etmektedir.
Genişleme Alanı	Kurulum alanları dışında büyüme imkânı oluşturan kısım
Alt yapı olanakları	Seçilen arazi için elektrik, su, internet gibi ihtiyaçların karşılanabilirliği
Kente yakınlık	Kurulacağı kente mesafe olarak yakınlığı
Endüstri ve ticaret merkezlerine yakınlık	Endüstri ve ticaret merkezlerine mesafe olarak yakınlığı
Limana yakınlık	Limana mesafe olarak yakınlığı
Karayolu bağlantısı	Ana yol ile bağlantısı
Demiryolu bağlantısı	Demir yolu ile bağlantısı
Arazi Maliyetleri	Kurulacağı arazilerin m ² fiyatları

AT’ın Bilgi Aksiyomunu uygulamak için öncelikle AT’ın Bağımsızlık aksiyomunun sağlanması gerekir. Bu çalışmada alternatifler için sağlanması gereken fonksiyonel ihtiyaçlar, yani belirlenen kriterler birbirinden bağımsızdır. Her bir alternatifin sahip olduğu bilgi içeriğinin hesaplanabilmesi için fonksiyonel ihtiyaçların (Fİ) tasarım aralıklarının belirlenmesi gerekir. Bu amaçla bir anket hazırlanmış, Kayseri deki Uluslararası Nakliyeciler derneğine bağlı 38 firma yöneticisiyle anket uygulaması yapılarak fonksiyonel ihtiyaçların tasarım aralıkları belirlenmiş, tasarım aralıkları Tablo 5.2.’de verilmiştir. Anket soruları Ek 2’de verilmiştir.

Alternatif yerlere ait ölçüt değerleri sistem özellikleri Tablo 5.2.’de verilmiştir. Sistem verileri sayısal ve dilsel olarak ifade edilmiştir. Sayısal sistem değerleri en az ve en fazla olarak belirlenmiştir. Kayseri Büyükşehir Belediyesi İmar ve Planlama

Bölümü, Melikgazi Belediyesi İmar ve Planlama Bölümünden alan bilgileri, arazi yapıları ve metrekaresi fiyatları alınmıştır. Diğer sistem özellikleri Kayseri Uluslararası Nakliyeciler derneğine kayıtlı 38 firma yöneticisine anket uygulaması yapılarak, anket sonuçlarına ilişkin tasarım aralıkları sonuçları aşağıda verilmiştir.

Tablo 5.2. Fonksiyonel ihtiyaçların tasarım aralıkları

Kriterler	Tasarım Aralığı
Alan (x1000)	1000-3000
Genişleme Alanı(%)	10-25
Alt Yapı Olanakları	Çok iyi
Kente Yakınlık	10-30
Endüstri ve Ticaret Merkezlerine Yakınlık	3-10
Limana Yakınlık	319-450
Karayolu Bağlantısı	Çok iyi
Demiryolu Bağlantısı	Çok iyi
Arazi Maliyetleri	50-100

Alternatif yerler için oluşturulan sistem aralıkları Tablo 5.3.'te verilmiştir.

Tablo 5.3. Alternatif yerler için sistem aralıkları

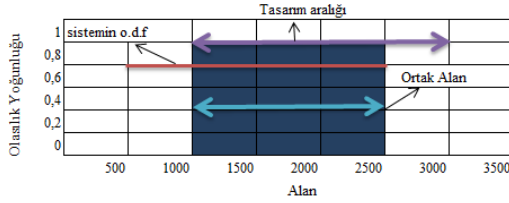
Kriterler	İncesu	Anbar	BoğazKöprü	Mimarsinan
Alan (x1000)	500-2500	700-2000	500-1500	2000-3500
Genişleme Alanı (%)	5-15	10-15	10-20	10-30
Alt Yapı Olanakları	Çok iyi	Çok iyi	İyi	İyi
Kente Yakınlık	25-35	10-15	10-20	15-30
Ticaret Merkezlerine Yakınlık	8-15	3-5	4-6	7-15
Limana Yakınlık	300-425	315-440	315-446	300-430
Karayolu Bağlantısı	Çok iyi	Çok iyi	İyi	İyi
Demiryolu Bağlantısı	İyi	İyi	Çok İyi	Vasat
Arazi Maliyetleri	80-120	50-70	60-100	80-150

Tablo 5.3.'de görüldüğü gibi sistem verileri kesin ve dilsel ifadeleri içermektedir. Kesin veriler için kesin bilgi aksiyomu yaklaşımı, dilsel veriler için de bulanık bilgi aksiyomatik yaklaşım yöntemi kullanılmıştır. Kesin veriler için bilgi içeriği (4.3) eşitliği kullanılarak dilsel veriler için bilgi içeriği hesabı (4.4) eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

5.2. İncesu Mevkisi için Bilgi İçeriği Hesaplanması

Bu bölümde İncesu mevkisi için bilgi içerik hesaplama yöntemi şekillerle gösterilerek aşağıda verilmiştir.

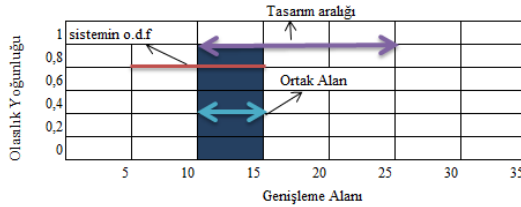
İncesu mevkiinin “Alan” kriteri için sistem olasılık dağılım fonksiyonu 500 ile 2500 değerleri arasındadır. Buradan tasarım aralığı ile sistem aralığı arasındaki kesişim bölgesi olan ortak alan, 1000 ile 2500 arasındaki aralığı kapsar (Şekil 5.2.). Alan kriteri için bilgi içeriği (4.3)’teki eşitlik kullanılarak $I_{IA} = 0,411$ olarak hesaplanmıştır.



$$I_{IA} = \log_2 \left(\frac{2500-500}{2500-1000} \right) = 0,411$$

Şekil 5.2. İncesu mevki için alan kriteri bilgi içeriği hesabı

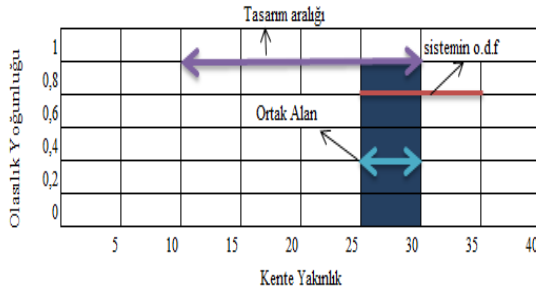
İncesu mevkiinin “Genişleme Alanı” kriteri için sistem olasılık dağılım fonksiyonu 5 ile 15 değerleri arasındadır. Buradan tasarım aralığı ile sistem aralığı arasındaki kesişim bölgesi olan ortak alan, 10 ile 15 arasındaki aralığı kapsar (Şekil 5.3.). Genişleme alanı kriteri için bilgi içeriği (4.3)’teki eşitlik kullanılarak $I_{IG} = 1$ olarak hesaplanmıştır. Genişleme alanı ile ilgili sistem aralığı tasarım aralığı içerisinde olduğu için sonuç 1 çıkmıştır.



$$I_{IG} = \log_2 \left(\frac{15-5}{15-10} \right) = 1$$

Şekil 5.3. İncesu mevki için genişleme alanı kriteri için bilgi içeriği hesabı

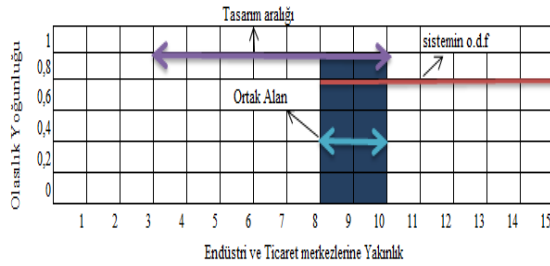
İncesu mevkiinin “Kente Yakınlık” kriteri için sistem olasılık dağılım fonksiyonu 25 ile 35 değerleri arasındadır. Buradan tasarım aralığı ile sistem aralığı arasındaki kesişim bölgesi olan ortak alan, 25 ile 30 arasındaki aralığı kapsar (Şekil 5.4.). Kente yakınlık kriteri için bilgi içeriği (4.3)’teki eşitlik kullanılarak $I_{IK} = 1$ olarak hesaplanmıştır. Kente yakınlık ile ilgili sistem aralığı tasarım aralığı içerisinde olduğu için sonuç 1 çıkmıştır.



$$I_{IK} = \log_2 \left(\frac{35 - 25}{30 - 25} \right) = 1$$

Şekil 5.4. İncesu yeri kente yakınlık kriteri için bilgi içeriği hesabı

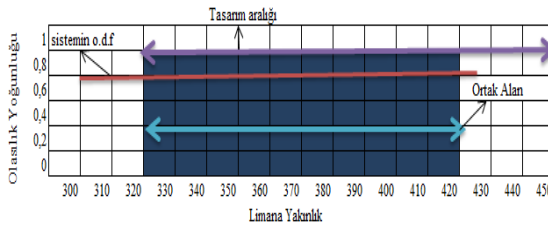
İncesu mevkiinin “Endüstri ve Ticaret Merkezlerine Yakınlık” kriteri için sistem olasılık dağılım fonksiyonu 8 ile 15 değerleri arasındadır. Buradan tasarım aralığı ile sistem aralığı arasındaki kesişim bölgesi olan ortak alan, 8 ile 10 arasındaki aralığı kapsar (Şekil 5.5.). Endüstri ve ticaret merkezlerine yakınlık kriteri için bilgi içeriği (4.3)’teki eşitlik kullanılarak $I_{IE} = 1,807$ olarak hesaplanmıştır.



$$I_{IE} = \log_2 \left(\frac{15 - 8}{10 - 8} \right) = 1,807$$

Şekil 5.5. İncesu yeri endüstri ve ticaret merkezine yakınlık kriteri için bilgi içeriği hesabı

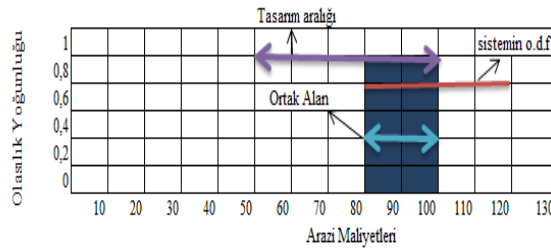
İncesu mevkiinin “Limana Yakınlık” kriteri için sistem olasılık dağılım fonksiyonu 300 ile 425 değerleri arasındadır. Buradan tasarım aralığı ile sistem aralığı arasındaki kesişim bölgesi olan ortak alan, 330 ile 420 arasındaki aralığı kapsar (Şekil 5.6.). Limana yakınlık kriteri için bilgi içeriği (4.3)’teki eşitlik kullanılarak $I_{IL} = 0,258$ olarak hesaplanmıştır.



$$I_{IL} = \log_2 \left(\frac{425 - 300}{420 - 319} \right) = 0,258$$

Şekil 5.6. İncesu yeri limana yakınlık kriteri için bilgi içeriği hesabı

İncesu mevkiinin ‘‘Arazi Maliyetleri’’ kriteri için sistem olasılık dağılım fonksiyonu 80 ile 120 değerleri arasındadır. Buradan tasarım aralığı ile sistem aralığı arasındaki kesişim bölgesi olan ortak alan 80 ile 100 arasındaki aralığı kapsar (Şekil 5.7.). Arazi maliyetleri kriteri için bilgi içeriği (4.3)’teki eşitlik kullanılarak $I_{iArM} = 1$ olarak hesaplanmıştır. Arazi Maliyetleri ile ilgili sistem aralığı tasarım aralığı içerisinde olduğu için sonuç 1 çıkmıştır.



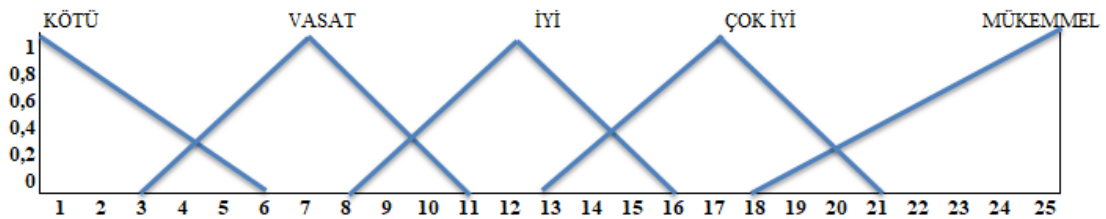
$$I_{iArM} = \log_2 \left(\frac{120 - 80}{100 - 80} \right) = 1$$

Şekil 5.7. İncesu yeri arazi maliyetleri yakınlık kriteri için bilgi içeriği hesabı

İncesu yeri için altyapı olanakları, karayolu bağlantısı ve demiryolu bağlantısı dilsel olarak ifade edilmiştir. Dilsel ifadeler bulanık veri olarak adlandırılmaktadır. Böyle verilerin öncelikle bulanık sayılara dönüştürülmesi gerekmektedir. Dönüşüm için kullanılan ifadeler Tablo 5.4.’te ve Şekil 5.8.’de verilmiştir.

Tablo 5.4. Dilsel değişkenlerin sayısal ifadeleri

0	0	6	Kötü
3	7	11	Vasat
8	12	16	İyi
13	17	21	Çok iyi
18	25	25	Mükemmel

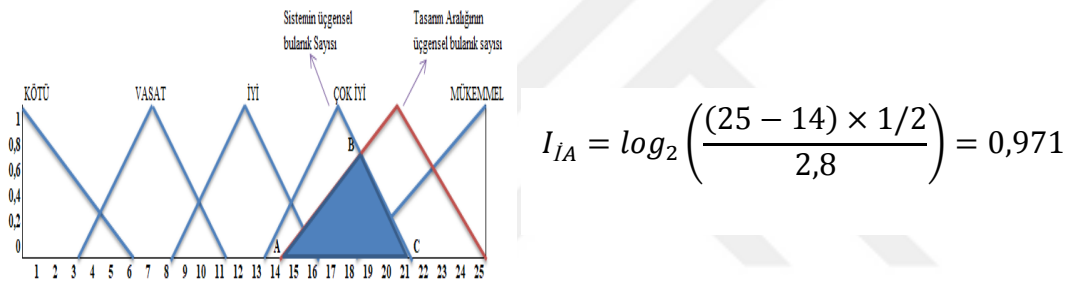


Şekil 5.8. Dilsel değerler

Anket sonuçlarının ortalamasına göre; İncesu için altyapı olanağı Tasarım aralığı (14, 20, 25) karayolu bağlantısı (13, 21, 24) ve demiryolu bağlantısı (8, 15, 22) üçgensel

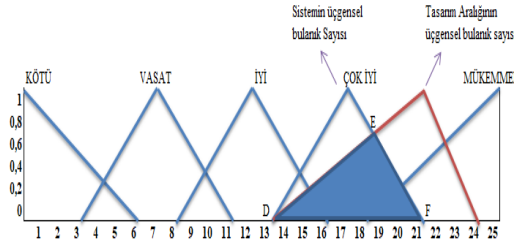
bulanık sayılar şeklinde belirlenmiştir. Sistem aralıkları da üçgensel bulanık sayılarla ifade edilerek belirsiz veriler için bilgi içeriği hesaplanmıştır. Tasarım ve sistem aralıklarının kesişimi olan ortak alan, fonksiyonel ihtiyacın karşılanma olasılığını verir.

İncesu Mevki “Alt Yapı” kriteri için sistem alanı “çok iyi” olarak ifade edildiği için aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13, 17, 21)’dir. Tasarım Aralığının üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (14, 20, 25) olarak belirlenmiştir. Üçgensel bulanık sayıların kesiştiği bölge Şekil 5.9.’daki ortak alandır. ABC üçgeninin alanı $A(ABC)=2,8$ ’ dir. Altyapı kriteri için bilgi içeriği (4.4)’teki eşitlik kullanılarak $I_{IA}=0,971$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.9. İncesu yeri alt yapı olanakları kriteri için bilgi içeriği hesabı

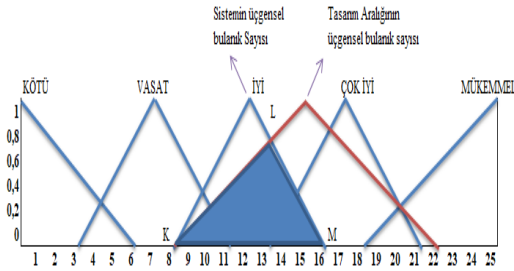
İncesu Mevki Karayolu Bağlantısı kriteri için sistem alanı “çok iyi” olarak ifade edildiği için aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13, 17, 21)’dir. Tasarım Aralığının üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13, 21, 24) olarak belirlenmiştir. Üçgensel bulanık sayıların kesiştiği bölge Şekil 5.10.’daki ortak alandır. DEF üçgeninin alanı $A(DEF)=3,05$ ’dir. Karayolu Bağlantısı kriteri için bilgi içeriği (4.4)’teki eşitlik kullanılarak $I_{IK}=0,85$ olarak hesaplanmıştır.



$$I_{IK} = \log_2 \left(\frac{(24 - 13) \times 1/2}{3,05} \right)$$

Şekil 5.10. İncesu yeri karayolu bağlantısı kriteri için bilgi içeriği hesabı

İncesu Mevki “Demiryolu Bağlantısı” kriteri için sistem alanı “iyi” olarak ifade edildiği için aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (8, 12, 16)’dir. Tasarım Aralığının üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (8, 15, 22) olarak belirlenmiştir. Üçgensel bulanık sayıların kesiştiği bölge Şekil 5.11.’deki ortak alandır. KLM üçgeninin alanı $A(KLM)=3,32$ ’dir. Demiryolu Bağlantısı kriteri için bilgi içeriği (4.4)’teki eşitlik kullanılarak $I_{ID}=1,075$ olarak hesaplanmıştır.



$$I_{ID} = \log_2 \left(\frac{(22 - 8) \times 1/2}{3,32} \right)$$

Şekil 5.11. İncesu yeri demiryolu bağlantısı kriteri için bilgi içeriği hesabı

İncesu yeri için bilgi içerik toplamı;

$$I_i = 0,41 + 1 + 0,971 + 1 + 1,807 + 0,238 + 0,85 + 1,075 + 1 = 8,352 \text{ elde edilmiştir.}$$

Anbar, Boğazköprü ve Mimarşinan mevkileri bilgi içerik değerleri için yukarıdaki hesaplamalar yapılarak aşağıdaki Tablo 5.5.’de verilen değerler elde edilmiştir.

Tablo 5.5. Bilgi içerikleri gösterimi

KRİTERLER	I _{İncesu}	I _{Anbar}	I _{Boğazköprü}	I _{Mimarsinan}
Alan	0,41	0,378	1	0,584
Genişleme Alanı(%)	1	0	0	0,422
Altyapı Olanakları	0,971	0,971	2,577	2,577
Kente Yakınlık	1	0	0,485	1,584
Endüstri ve ticaret Merkezine Yakınlık	1,807	0	0	1,42
Limana Yakınlık	0,238	0	0	0,226
Karayolu Bağlantısı	0,85	0,85	3,67	3,67
Demiryolu Bağlantısı	1,075	1,075	0,799	3,896
Arazi Maliyetleri	1	0	0	1,807
Toplam	8,352	3,274	8,531	16,18

Bilgi içerikleri açısından İncesu 8,352, Anbar 3,274, Boğazköprü 8,531 ve Mimarsinan ise 16,18 olarak hesaplanmıştır. AT prensibine göre; en az bilgi içeriğine sahip tasarım en iyi tasarımdır. Bu bağlamda en az bilgi içeriğine sahip alternatif yer Anbar mevkidir. Lojistik Merkez yer seçimi için belirlenen kriterlere en uygun yer olarak Anbar mevki seçilmiştir. Bilgi içeriği en fazla olan Mimarsinan yeri seçilmesi gereken en son yer olarak belirlenmiştir.

5.3. Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım Yöntemi ile Lojistik Merkez Yer Seçimi

Her bir kriter farklı bir ağırlık değerine (W_j) sahiptir ve kriterlerin eşit önemde olmayıp, önem derecelerinin birbirinden farklı olduğu durumlarda ABAT kullanılmaktadır. Bu yöntem ile lojistik merkez yer seçimi için her bir kriterin ağırlık değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplamaları yapmak için AHP yöntemi kullanılmıştır. İlk olarak ikili karşılaştırma matrisi düzenlenmiş, her bir kriter ikili olarak birbiri ile karşılaştırılarak hangi kriter diğerinden daha önemli ya da daha baskın olduğu belirlenmiştir. Bunun için Saaty'nin (2008) önermiş olduğu Tablo 5.6.'da tanımlanan önem değerleri kullanılmıştır.

Tablo 5.6. Önem değerleri

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	1. Faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumu
5	1. Faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumu
7	1. Faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. Faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler

Önem değerlerine göre; karşılaştırma matrisi oluşturulmuş, Lojistik merkez yer seçimi için UND bünyesindeki 3 yöneticinin görüşünden faydalanılarak 9 kriter birbirleriyle karşılaştırılıp, aşağıdaki Tablo 5.7. elde edilmiştir.

Tablo 5.7. Karşılaştırma matrisi

Kriterler	A	GA	AO	KY	TMY	LY	KB	DB	ArM
A	1/3	1/3	1/2	1/2	1/2	2	1/2	1/3	1
GA	2	1	3	2	2	5	3	5	3
AO	1/3	1/3	1	1/2	1/2	2	1	2	2
KY	1/2	1/2	2	1	1	2	2	2	2
TMY	1/2	1/2	2	1	1	3	3	2	2
LY	1/4	1/5	1/2	1/2	1/3	1	1/2	1/2	1/2
KB	1/3	1/3	1	1/2	1/3	2	1	2	2
DB	1/4	1/5	1/2	1/2	1/2	2	1/2	1	3
ArM	1	1/2	3	2	2	4	3	4	3

A: Alan, AO: Altyapı Olanakları, GA: Genişleme Alanı KY: Kente Yakınlık, TMY: Ticaret ve Endüstri Merkezine Yakınlık, LY: Limana Yakınlık, KB: Karayolu Bağlantısı, DB: Demiryolu Bağlantısı, ArM: Arazi Maliyetleri

Tablo 5.7. karşılaştırma matrisi kriterlerini birbirlerine göre önem seviyelerini belirli bir mantık içerisinde göstermektedir. Fakat bu kriterlerin yüzde önem dağılımı belirlemek için (4.6) eşitliği kullanılarak hesaplama yapılır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_1^n a_{ij}} \quad (4.6)$$

Alan kriteri için hesapladığımızda;

$$\sum_1^n a_{ij} = 0,33 + 2 + 0,33 + 0,5 + 05 + 0,25 + 0,33 + 0,25 + 1 = 5,49$$

$$\begin{aligned} b_{11} &= \frac{0,33}{5,49} = 0,06 & b_{12} &= \frac{2}{5,49} = 0,36 & b_{13} &= \frac{0,33}{5,49} = 0,06 \\ b_{14} &= \frac{0,5}{5,49} = 0,1 & b_{15} &= \frac{0,5}{5,49} = 0,1 & b_{16} &= \frac{0,25}{5,49} = 0,04 \\ b_{17} &= \frac{0,33}{5,49} = 0,06 & b_{18} &= \frac{0,25}{5,49} = 0,04 & b_{19} &= \frac{1}{5,49} = 0,18 \end{aligned}$$

Şeklinde tüm kriterler için sütun vektörleri hesaplanarak Tablo 5.8.'deki C_{ij} matrisi elde edilmiştir.

Tablo 5.8. C_{ij} matrisi

Kriterler	A	GA	AO	KY	TMY	LY	KB	DB	ArM
A	0,06	0,08	0,04	0,06	0,06	0,09	0,03	0,02	0,05
GA	0,36	0,27	0,22	0,23	0,25	0,21	0,21	0,26	0,16
AO	0,06	0,08	0,07	0,06	0,06	0,09	0,07	0,11	0,11
KY	0,1	0,13	0,15	0,12	0,12	0,09	0,14	0,11	0,11
TMY	0,1	0,13	0,15	0,12	0,12	0,13	0,21	0,11	0,11
LY	0,04	0,05	0,04	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
KB	0,06	0,08	0,07	0,06	0,04	0,09	0,07	0,11	0,11
DB	0,04	0,05	0,04	0,06	0,06	0,09	0,03	0,05	0,16
ArM	0,18	0,13	0,22	0,23	0,25	0,17	0,21	0,21	0,16

A: Alan, AO: Altyapı Olanakları, GA: Genişleme Alanı KY: Kente Yakınlık, TMY: Ticaret ve Endüstri Merkezine Yakınlık, LY: Limana Yakınlık, KB: Karayolu Bağlantısı, DB: Demiryolu Bağlantısı, ArM: Arazi Maliyetleri

C_{ij} matrisinden yararlanarak, her bir kriterin ağırlık değeri hesaplanır. Bunun için (4.7)' teki eşitlik kullanılarak C_{ij} matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınır, her bir kriterin ağırlık değeri hesaplanır.

$$W_j = \frac{\sum_{i=1}^n C_{ij}}{n} \quad (4.7)$$

$$W_A = \frac{0,06+0,08+0,04+0,06+0,06+0,09+0,03+0,02+0,05}{9} = 0,05$$

$$W_{GA} = \frac{0,36+0,27+0,22+0,23+0,25+0,21+0,21+0,26+0,16}{9} = 0,24$$

$$W_{AO} = \frac{0,06+0,08+0,07+0,06+0,06+0,09+0,07+0,11+0,11}{9} = 0,08$$

$$W_{KY} = \frac{0,1+0,13+0,15+0,12+0,12+0,13+0,21+0,11+0,11}{9} = 0,13$$

$$W_{TMY} = \frac{0,04+0,05+0,04+0,06+0,04+0,04+0,03+0,03+0,03}{9} = 0,04$$

$$W_{LY} = \frac{0,06+0,08+0,07+0,06+0,04+0,09+0,07+0,11+0,11}{9} = 0,07$$

$$W_{KB} = \frac{0,04+0,05+0,04+0,06+0,06+0,09+0,03+0,05+0,16}{9} = 0,06$$

$$W_{DB} = \frac{0,06+0,08+0,04+0,06+0,06+0,09+0,03+0,02+0,05}{9} = 0,05$$

$$W_{ArM} = \frac{0,18+0,13+0,22+0,23+0,25+0,17+0,21+0,21+0,16}{9} = 0,19$$

Her bir kriter için ağırlık değeri hesaplandıktan sonra Tablo 5.5.'deki bilgi içerikleri ve (4.5) eşitlikleri kullanılarak ağırlıklı bilgi içerikleri hesaplanmıştır. (4.5) eşitliğine göre bilgi içeriği 0 ve 1 arasında ise ağırlıklı kriterin çarpmaya göre tersi alınır.

$$\left[\log_2 \frac{1}{P_{ij}} \right]^{1/W_j} \quad 0 \leq I_{ij} \leq 1$$

(4.5) eşitliğine göre bilgi içeriği 1'den büyük ise bilgi içeriği değerinin ağırlık değeri kadar kuvveti alınır.

$$\left[\log_2 \frac{1}{P_{ij}} \right]^{W_j} \quad I_{ij} \geq 1$$

(4.5) eşitliğine göre bilgi içeriği 1 ise ağırlık değeri bilgi içeriği olarak kabul edilir.

$$W_j, \quad I_{ij} = 1$$

İncesu yeri için ağırlıklı bilgi içeriği sonuçları;

I_{iA}	$= 0,41 < 1$	<i>olduğu için</i>	$(0,41)^{\frac{1}{0,05}} \cong 0$
I_{iGA}	$= 1$	<i>olduğu için</i>	$I_{iGA} = W_{iGA} = 0,24$
I_{iAO}	$= 0,71 < 1$	<i>olduğu için</i>	$(0,71)^{\frac{1}{0,08}} = 0,014$
I_{iKY}	$= 1$	<i>olduğu için</i>	$I_{iKY} = W_{iKY} = 0,12$
$I_{iTM Y}$	$= 1,807 > 1$	<i>olduğu için</i>	$(1,807)^{0,13} = 1,08$
I_{iLY}	$= 0,238 < 1$	<i>olduğu için</i>	$(0,238)^{\frac{1}{0,04}} \cong 0$
I_{iKB}	$= 0,85 < 1$	<i>olduğu için</i>	$(0,85)^{\frac{1}{0,07}} = 0,098$
I_{iDB}	$= 1,075 > 1$	<i>olduğu için</i>	$(1,075)^{0,06} = 1,004$
I_{iArM}	$= 1$	<i>olduğu için</i>	$I_{iArM} = W_{iArM} = 0,19$

Anbar yeri için ağırlıklı bilgi içeriği sonuçları;

I_{AA}	$= 0,378 < 1$	<i>olduğu için</i>	$(0,378)^{\frac{1}{0,05}} \cong 0$
I_{AGA}	$= 0$	<i>olduğu için</i>	$I_{AGA} = 0$
I_{AAO}	$= 0,971 < 1$	<i>olduğu için</i>	$(0,971)^{\frac{1}{0,08}} = 0,69$
I_{AKY}	$= 0$	<i>olduğu için</i>	$I_{AKY} = 0$
I_{ATMY}	$= 0$	<i>olduğu için</i>	$I_{ATMY} = 0$
I_{ALY}	$= 0$	<i>olduğu için</i>	$I_{ALY} = 0$
I_{AKB}	$= 0,85 < 1$	<i>olduğu için</i>	$(0,85)^{\frac{1}{0,07}} = 0,098$
I_{ADB}	$= 1,075 > 1$	<i>olduğu için</i>	$(1,075)^{0,06} = 1,004$
I_{AArM}	$= 0$	<i>olduğu için</i>	$I_{AArM} = 0$

Boğazköprü için ağırlıklı bilgi içerikleri sonuçları;

I_{BA}	= 1	olduğu için	$I_{BA} = W_{BA} = 0,19$
I_{BGA}	= 0	olduğu için	$I_{BGA} = 0$
I_{BAO}	= 2,575 > 1	olduğu için	$(2,575)^{0,08} = 1,078$
I_{BKY}	= 0,4851 < 1	olduğu için	$(0,4851)^{\frac{1}{0,12}} = 0,002$
I_{BTMY}	= 0	olduğu için	$I_{BTMY}=0$
I_{BLY}	= 0	olduğu için	$I_{BLY}=0$
I_{BKB}	= 3,67 > 1	olduğu için	$(3,67)^{0,07} = 1,095$
I_{BDB}	= 0,799 < 1	olduğu için	$(0,799)^{\frac{1}{0,06}} = 0,023$
I_{BArM}	= 0	olduğu için	$I_{BArM} = 0$

Mimarsinan için ağırlıklı bilgi içerikleri sonuçları;

I_{MA}	= 0,584 < 1	olduğu için	$(0,584)^{\frac{1}{0,05}} \cong 0$
I_{MGA}	= 0,422 < 1	olduğu için	$(0,584)^{\frac{1}{0,24}} = 0,027$
I_{MAO}	= 2,577 > 1	olduğu için	$(2,577)^{0,08} = 1,079$
I_{MKY}	= 1,584 > 1	olduğu için	$(1,584)^{0,12} = 1,057$
I_{MTMY}	= 1,42 > 1	olduğu için	$(1,42)^{0,13} = 1,047$
I_{MLY}	= 0,226 < 1	olduğu için	$(0,226)^{\frac{1}{0,04}} \cong 0$
I_{MKY}	= 3,67 > 1	olduğu için	$(3,67)^{0,07} = 1,095$
I_{MDB}	= 3,896 > 1	olduğu için	$(3,896)^{0,06} = 1,085$
I_{DArM}	= 1,807 > 1	olduğu için	$(1,807)^{0,19} = 1,112$

Lojistik Merkez yer seçimi için ağırlıklı bulanık aksiyomatik bilgi içerikleri aşağıdaki Tablo 5.9.'da verilmiştir.

Tablo 5.9. Ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım bilgi içerikleri

Kriterler	$I_{İncesu}$	I_{Anbar}	$I_{Boğazköprü}$	$I_{Mimarsinan}$
Alan	0	0	0,19	0
Genişleme Alanı	0,24	0	0	0,027
Altyapı Olanakları	0,014	0,69	1,078	1,079
Kente Yakınlık	0,12	0	0,002	1,057
Ticaret Merkezine Yakınlık	1,08	0	0	1,047
Limana Yakınlık	0	0	0	0
Karayolu Bağlantısı	0,098	0,097	1,095	1,095
Demiryolu Bağlantısı	1,004	1,004	0,023	1,085
Arazi Maliyetleri	0,19	0	0	1,12
Toplam	2,746	1,791	2,388	6,51

Tablo 5.9.'da verilen ağırlıklı bilgi içeriği sonuçlarına göre; İncesu için 2,746, Anbar için 1,791, Boğazköprü için 2,388 ve Mimarsinan için 6,51 değerleri bulunmuştur.

Bu sonuçlara göre; 1,791 değeri ile en küçük bilgi içeriğine sahip Anbar yeri seçilmiştir, 6,51 olan Mimarsinan yeri ise en fazla bilgi içeriğine sahip yer olduğu için seçilmesi gereken en son yer olarak önerilmektedir.

AT yöntemi ile Lojistik merkez yer seçiminde, 4 alternatif yer için fonksiyonel ihtiyaçların önem derecelerinin eşit olduğu durumda elde edilen bilgi içerikleri karşılaştırıldığında minimum bilgi içeriğine sahip olduğu için en uygun yerin Anbar mevkisi olduğuna karar verilmiştir.

Lojistik merkez yer seçimi için belirlenen 9 kriterin önem dereceleri birbirinden farklı olduğu için ABAT yöntemi ile kriterlerin önem dereceleri incelenmiştir. Önem derecesi en büyük olan kriterlerin sırasıyla genişleme imkânı, arazi maliyeti, kente yakınlık, ticaret ve endüstri merkezlerine yakınlık olduğu görülmüştür. ABAT yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre, minimum bilgi içeriğine sahip olan Anbar mevkisine karar verilmiştir.

AT ve ABAT yöntemine göre lojistik merkez yer seçimi için birinci öncelikli olarak Anbar mevki, en son lojistik merkez yer seçimi için Mimarsinan mevkisi belirlenmiştir.

BÖLÜM 6. MATEMATİKSEL MODELLEME YÖNTEMİ İLE LOJİSTİK MERKEZ YERLEŞİMİ

Bir önceki bölümde lojistik merkez konumu için AT yöntemi ile Anbar mevkisi seçilmişti. Bu bölümde karma tam sayılı programlama modeli ile Lojistik merkez bünyesinde bulunması gereken tesisler için alan yerleşimi yapılacaktır.

6.1. Karma Tam Sayılı Doğrusal Programlama ile Merkez Tasarım Problemi

Lojistik Merkez yerleşimi için literatürde önerilen bir matematiksel model olmadığı için tesis yerleşimine problemleri için geliştirilen matematiksel model lojistik merkez yerleşimi problemine uyarlanmıştır. MILP için Westerlund ve Castillo' ya ait model ile Meller'e ait model (Ek 3) birleştirilerek bu problem için uygulanmıştır.

Lojistik Merkez Yerleşimi için geliştirilen matematiksel modelde amaç fonksiyonu; yük akışını en küçükleyecek şekilde oluşturulmuş ve kısıtlar aşağıdaki gibi modellenmiştir.

- a. Tesisler alan olarak blok yerleştirilmiştir.
- b. Lojistik merkez alanı ve tesislerin alanı dikdörtgen olarak kabul edilmiştir.
- c. Her tesise ait alan lojistik merkez içerisinde olmalıdır.
- d. Her tesisin alan gereksinimleri bilinmelidir.
- e. Tesisler üst üste gelmemelidir.
- f. En, boy oranı gereksinimleri için tesis alan genişliği ve uzunluk değerlerinin alt ve üst sınırlar belirtilmelidir.

Oluşturulan model de kısıtlar Castelli ve Westerland'ın modelinden uyarlanmıştır. Alan gereksinimi için oluşturulan kısıt doğrusal olmadığı için Meller'e ait (Ek 3)'deki denklemler ile doğrusallaştırma kısıtı eklenmiştir. Meller geliştirmiş olduğu

model de teğetsel destekler kullanarak departmanın eninin değerinin alt ve üst sınır değerlerini düzgünleştirmiş ve Δ destek sayısı kullanarak doğrusallaştırmıştır. Tesislerin üst üste gelmemesi için Z_{ij} 0-1 değişkenler kullanılmıştır. Tüm 0-1 değişkenler Z_{ij}^x, Z_{ij}^y olarak tanımlanmıştır.

Lojistik merkez yerleşimi için geliştirilen model;

Parametreler;

- a_i : Lojistik merkez i. tesisinin alanı
- e_{ia} : Lojistik merkez i. tesisinin en değeri için alt sınır
- b_{ia} : Lojistik merkez i. tesisinin boy değeri için alt sınır
- $e_{iü}$: Lojistik merkez i. tesisinin en değeri için üst sınır
- $b_{iü}$: Lojistik merkez i. tesisinin boy değeri için üst sınır
- E : Lojistik merkezin kurulacağı alanın eni
- B : Lojistik merkezin kurulacağı alanın boyu
- f_{ij} : Lojistik merkezdeki i ve j tesisleri arasındaki yük akışı,

Karar değişkenleri;

- m_{ix} : Lojistik merkez i. tesisinin ağırlık merkezinin x değeri
- m_{iy} : Lojistik merkez i. tesisinin ağırlık merkezinin y değeri
- d_{xij}, d_{yij} : x ve y düzleminde i ve j tesisleri arasındaki uzaklık
- e_i : Lojistik merkezin i. tesisin eni
- b_i : Lojistik merkezin i. tesisinin boyu
- Z_{ij}^x, Z_{ij}^y : 0-1 değişkenler

Amaç fonksiyonu;

$$Enkz = \sum_{i=1} \sum_{j=1} f_{ij}(d_{xij} + d_{yij}) \quad (6.1)$$

Kısıtlar;

$$e_i \times b_i = a_i \quad (6.2)$$

$$d_{xij} \geq m_{ix} - m_{jx} \quad (6.3)$$

$$d_{xij} \geq m_{jx} - m_{ix} \quad (6.4)$$

$$d_{yij} \geq m_{iy} - m_{jy} \quad (6.5)$$

$$d_{yij} \geq m_{jy} - m_{iy} \quad (6.6)$$

$$m_{ix} + 0,5e_i \leq E \quad (6.7)$$

$$m_{ix} - 0,5e_i \geq 0 \quad (6.8)$$

$$m_{iy} + 0,5b_i \leq B \quad (6.9)$$

$$m_{iy} - 0,5b_i \geq 0 \quad (6.10)$$

$$0,5(e_i + e_j) - (m_{ix} - m_{jx}) \leq E(Z_{ij}^x + Z_{ij}^y) \quad (6.11)$$

$$0,5(e_i + e_j) - (m_{jx} - m_{ix}) \leq E(1 + Z_{ij}^x - Z_{ij}^y) \quad (6.12)$$

$$0,5(b_i + b_j) - (m_{iy} - m_{jy}) \leq B(1 - Z_{ij}^x - Z_{ij}^y) \quad (6.13)$$

$$0,5(b_i + b_j) - (m_{jy} - m_{iy}) \leq B(2 - Z_{ij}^x - Z_{ij}^y) \quad (6.14)$$

$$e_{ia} \leq e_i \leq e_{iü} \quad (6.15)$$

$$b_{ia} \leq b_i \leq b_{iü} \quad (6.16)$$

$$a_i \times e_i + 4\bar{X}^2 \times b_i \geq 2a_i \times \bar{X} \quad (6.17)$$

$$\bar{X} = e_{ia} + \frac{\lambda}{\Delta - 1} \times (e_{iü} - e_{ia}) \quad (6.18)$$

$$e_{ia} \leq \bar{X} \leq e_{iü} \quad (6.19)$$

$$\Delta \geq 2 \text{ ve } 0 \leq \lambda \leq \Delta - 1 \quad (6.20)$$

$$Z_{ij}^x, Z_{ij}^y \in \{0,1\} \quad (6.21)$$

$$\text{Bütün değişkenler} \geq 0 \quad (6.22)$$

Amaç fonksiyonunu gösteren denklem 6.1 tesis alanları arasındaki yük akış maliyetini en aza indirmektedir. 6.2 alan kısıtını tanımlamaktadır. 6.3-6.6 kısıtları tesis alanları arasındaki mesafeyi belirlemektedir. 6.7-6.10 kısıtları tesis yerleşimi yapılacak alanların lojistik merkez alanı sınırları içerisinde kalmalarını sağlamaktadır. 6.11-6.14 kısıtları tesis alanlarının üst üste gelmelerini önlemektedir. 6.15 ile 6.16 kısıtı sırasıyla yerleştirilecek tesis alanına ait en değeri ile boy değerlerinin daha önceden belirlenmiş alt ve üst sınır değerleri arasında kalmalarını

sağlamaktadır. 6.19- 6.22 kısıtları Meller'e ait alan doğrusallaştırma denklemleridir. 6.21 kısıtı 0-1 tamsayı değeridir. 6.22 kısıtı bütün değişkenlerin değerlerinin sıfırdan büyük olmalarını sağlamaktadır.

6.2. Modele Ait Sayısal Veriler

Lojistik Merkez Alanı: Bir önceki bölümde merkezin kurulacağı yer olarak Anbar mevkiine karar verilmiştir. Anbar mevki alan değeri 1.300.000 m² olarak belirlenmiştir. Her bir tesise ait Alan değerleri: Kurulacak lojistik merkez için aktarma merkezi, konteynır alanı, açık depo alanı, genel yük depolama tesisi, silo alanı, tank depolama tesisi, gümrük tesisi, soğuk depolama tesisi, antrepo, tehlikeli madde depolama alanı, dağıtım merkezi, paketleme tesisi, genel kargo merkezi ve montaj tesisi yerleşimi planlanmaktadır. Bu tesislerin alan ihtiyaçları, Kayseri'de bulunan uluslararası taşımacılık yapan 38 firma yöneticisine bilgi formu uygulanılarak belirlenmiştir. Alan değerleri Tablo 6.1.'de sunulmuştur.

Tablo 6.1. A_j alan matrisi

Tesisler	Alan (*1000)
Aktarma Merkezi	300
Konteynır Alanı	200
Açık Depolama	60
Genel Yük Depolama	60
Silo alanı	20
Tank Depolama	10
Gümrük	20
Soğuk Depolama	30
Antrepo	50
Tehlikeli Madde Depolama Alanı	10
Dağıtım Merkezi	20
Paketleme Tesis Alanı	20
Genel Kargo Merkezi	50
Montaj Alanı	20

Yük akış Matrisi: 14 tesis arasındaki olabilecek yük akışı f_{ij} akış matrisi olarak Tablo 6.2.'de gösterilmiştir. Bu matristeki yük akışları, Kayseri'ye demiryolu taşımacılığı ile gelen yükler ve karayolu taşımacılığı ile gelen yüklerin toplamıdır. Demiryolu taşımacılığı ile gelen yüklerin tamamının, karayolu taşımacılığı ile gelen yüklerin %30'nun lojistik merkeze geleceği varsayılarak (Tanyaş ve ark., 2015) oluşturulmuştur.

Tablo 6.2. f_{ij} akış matrisi

f_{ij}	AkM	KA	AD	D	S	TD	G	SD	A	TM	DM	PT	GKM	M
AkM	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KA	0	0	5	45	5	5	0	5	20	3	5	0	0	0
AD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
D	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	10	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
SD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
TM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GKM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AKM: Aktarma Merkezi, KA: Konteynır Alanı, D:Genel yük Depo, AD: Açık Depolama, S: Silo alanı T:Tank Depolama, G:Gümrük, A: Antrepo TM: Tehlikeli Madde Depolama Alanı, DM: Dağıtım Merkezi, PT: Paketleme Tesis Alanı GKM: Genel Kargo Merkezi, M:Montaj Alanı

Oluşturulan model LINGO programında çalıştırılmış, problemin yapısı, tesis alan değerlerinin büyük olması ve yerleşecek tesis sayısının fazla olmasından dolayı 14 tesis için lojistik merkez yerleşimi yapılamamıştır Sadece 8 tesisin yerleşimi için uygun çözüm elde edilebilmiştir. Çözümü elde edilebilen bu 8 tesis için Tablo 6.3.'deki alan değeri ile Tablo 6.4.'deki akış matrisi kullanılmıştır.

Tablo 6.3. A_jalan matrisi

Tesisler	Alan (*1000)
Aktarma Merkezi	300
Konteynır Alanı	180
Açık Depolama	60
Genel yük Depo	60
Silo alanı	21
Tank Depolama	15
Gümrük	15
Antrepo	45

Tablo 6.4. f_{ij} akış matrisi

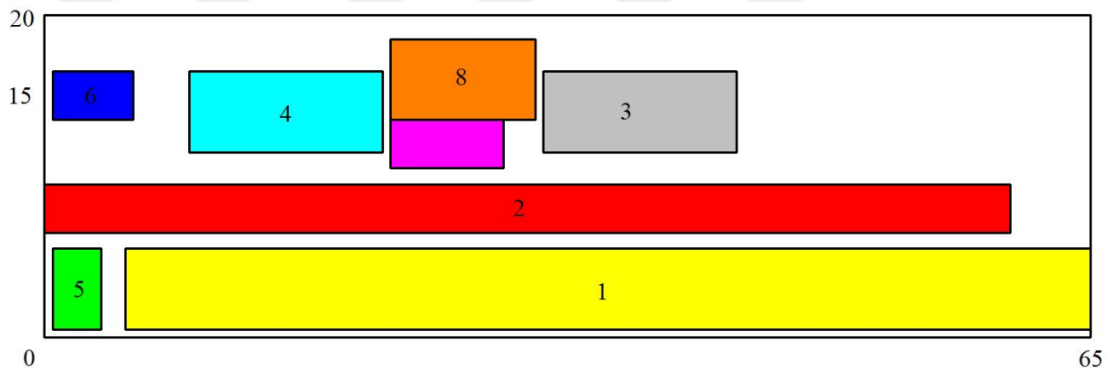
f_{ij}	AkM	KA	AD	D	S	TD	G	A
AkM	0	100	0	0	0	0	0	0
KA	0	0	5	45	5	5	0	20
AD	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	40	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0
TD	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	10
A	0	0	0	0	0	0	0	0

AkM: Aktarma Merkezi, KA: Konteynır Alanı, AD: Açık Depolama, D:Genel yük Depo, S: Silo alanı T:Tank Depolama, G:Gümrük, A:Antrepo

Model, LINGO programı ile 36 saat çalıştırılarak aşağıdaki Tablo 6.5.'deki değerler elde edilmiş, En küçük Z değeri 3604,45 olarak hesaplanmıştır. LINGO çıktılarına uygun olarak Lojistik Merkez Yerleşimi Şekil 6.1.'deki gibi elde edilmiştir.

Tablo 6.5. Modelin çözüm değerleri

	Tesislerin En Boy Değeri		Ağırlık Merkezi Değeri	
	e	b	x	y
Aktarma Merkezi	60	5	35	3
Konteynır Alanı	60	3	30	8
Açık Depolama	12	5	15	14
Genel yük Depo	12	5	37	14
Gümrük	3	5	2	3
Tank Depolama	5	3	3	15
Silo	7	3	25	12
Antrepo	9	5	26	16



Şekil 6.1. Lojistik merkez yerleşimi (1:aktarma merkezi, 2:konteynır alanı, 3:açık depolama, 4:genel yük depo, 5:gümrük, 6:tank depolama, 7:silo, 8:antrepo)

6.3. Bulgular ve Sonuçlar

Lojistik merkez yerleşimi için oluşturulan karma tam sayılı programlama modeli test edilmiştir. Lojistik merkez yerleşimi için literatür de örnek modeller bulunmadığı için tesis yerleşimi ile ilgili literatürde yaygın olarak kullanılan, Tablo 6.6'daki tesis yerleşim problem setleri kullanılarak test edilmiştir. Lojistik merkeze 8 tesis yerleşimi yapılabildiği için literatürdeki 8 veya daha az yerleşimi yapılan 3 tane problem seti oluşturulmuştur. Problem seti Ek 4 kısmında verilmiştir. Matematiksel modelin testi yapılırken tesislerin alan dışına çıkmadan yerleşim yapılabilmesi ve alanların çakışmamasına dikkat edilmiştir.

Tablo 6.6. Matematiksek model problem seti

Problem Seti	Referans	Departman Sayısı	En/Boy Oranı	Tesis Boyutları	
				En	Yükseklik
O7	Meller ve ark. (1998)	7	4	8	13
O7	Meller ve ark. (1998)	7	5	8	13
O8	Meller ve ark. (1998)	8	5	11	13

Tablo 6.6. problem setindeki alan değerleri tamsayı olarak değiştirilmiştir. Oluşturulan matematiksel model, problem setlerindeki verilere göre LINGO programında çalıştırılarak Tablo 6.7.'deki sonuç değerleri elde edilmiştir.

Tablo 6.7. Literatürdeki sonuçlar

Problem Seti	Castillo Wasterland 2003	Meller ve. Ark. (2007)	Oluşturulan Model	Fark
O7	130,64	120,97	186,443	%-54
O7	116,88	116,94	143,74	%-23
O8	242,77	242,88	266,551	%-9

En iyi sonuçlar koyu renk ile gösterilmiştir.

Örnek problem setlerinde, tesisin en ve boy değeri için ondalık sayıya izin verilmektedir. Önerilen modelde ondalık sayı kullanılmamıştır. Optimal sonuçları incelediğimizde O8 problemi için literatürdeki en iyi sonuç için -%9'luk bir fark bulunmaktadır. Nitekim yapılan literatür incelemelerinden yola çıkılarak bulduğumuz veri sonuçları bu modelin çalıştığına göstergesidir. Problem setleri ile yerleşim yapılırken öncelik olarak tesis alanlarının çakışmaması ve genel alan dışına çıkılmamasına önem verilmiştir. Bu önceliklere göre test edilen matematiksel modelin yerleşim şekilleri Ek 4'te verilmiştir.

Matematiksel model ancak 8 tesis için yerleşim çözümü sunabilmiştir. Test sonuçlarına göre yaptığı yerleşim en iyi sonuçları vermemektedir. Bu yüzden lojistik merkez içerisine optimum yerleşim yapabilecek ve tüm tesislerin yerleşimini sağlayacak meta sezgisel bir yöntem kullanılarak çalışmaya devam edilmiştir.

BÖLÜM 7. KARINCA KOLONİSİ ALGORİTMASI TEMELLİ LOJİSTİK MERKEZ YERLEŞİMİ

Bir önceki bölümde ortaya konan MILP ile lojistik merkez yerleşiminde en çok 8 adet tesisin yerleşiminin yapılabildiği belirtilmiştir. Bu bölümde meta sezgisel bir çözüm yöntemi geliştirilerek lojistik merkez yerleşimi için optimum bir yerleşim yapısı ortaya konulması amaçlanmıştır. Literatürdeki KKO çalışmaları incelendiğinde, tesis yerleşimi problemlerinde etkin sonuçlar ortaya koyduğu görülmüştür. KKO'nun en iyileme problemlerine hızlı çözüm bulması ve çözüme ulaşırken birden fazla farklı aday çözümü göz önüne alması bu çalışmada kullanılmasının temel esaslarını oluşturmaktadır.

7.1. Algoritma Yapısı

Bu tez kapsamında lojistik merkez yerleşimi problemi için iki aşamadan oluşan KKO temelli bir algoritma geliştirilmiştir. Birinci aşamada lojistik merkeze yerleştirilecek tesislerin alanları için etkin bir sıralama yapılmıştır. Bu sıralama işlemi için KKO algoritması kullanılmıştır. İkinci aşamada ise; bu probleme özel olarak geliştirilen lojistik yerleşim prosedürü kullanılarak alan yerleşimi yapılmıştır. Literatürdeki geleneksel KKO algoritmasından farklı olarak, alternatif tesisler arasından yerleştirme sıralaması belirlenirken kullanılan olasılık değerlerinin hesaplanmasında; feromon matrisi ile birlikte tesis alan değerleri matrisi ve tesis akış değerleri matrisi kullanılmıştır. Ayrıca tesis atama işleminde kullanılan rulet tekerleği yaklaşımı da oluşabilecek yakınsamayı mümkün olduğunca azaltmak için uygulanmaktadır. Önerilen algoritmada herhangi bir en-boy kısıtlamasının kullanılmaması da algoritma etkinliğini arttırmaktadır. Önerilen algoritma adımları Tablo 7.1. ve Tablo 7.2.'de sunulmuştur.

Tablo 7.1. Lojistik merkez yerleşimi için önerilen algoritma yapısı

Adım 1: Parametreleri tanımlama, Akış matrisi, Alan matrisi, Feremon matrisi ve α , β , θ .
Adım 2: Rastgele değerlerle yerleşim sıralama matrisi oluştur.
 Sonlandırma kriteri tatmin edici değilse
 Kolonideki her bir karınca için yap
 Adım 3. Lojistik Sıralama Matrisini kullanarak Lojistik Merkez Yerleşim Prosedürünü uygula
 Adım 4. Kontrol et ve o zamana kadar ki en iyi çözümleri sakla
 End For
Adım 5. Buharlaştırma prosesini uygula
Adım 6. Feremon güncelleme prosesini uygula
Adım 7. Güncelleme prosedürünü kullanarak Lojistik sıralama matrisini oluştur
 End While.

Tablo 7.2. Lojistik merkez yerleşim prosedürü

1. Tüm alanı küçük eşit parçalara böl
 Yerleşim sıralama matrisindeki her bir alan için yap
 While (Uygun yerleşim gerçekleşmedi ve tekrarlama sınırı geçilemedi) do
 2. Büyük alandan yerleşim yapılacak alan için başlangıç noktası seç
 3. Yerleşim için yön seç (kuzey, güney, doğu, batı)
 4. Yerleşim prosesini uygula
 End While
5. İlgili karıncaların (çözümlerin) amaç fonksiyonu değerini belirle
 End for

Önerilen algoritmanın adımları aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Adım 1. Parametrelerin tanımlanması;

Bu bölümde algoritma ile ilgili olan parametre değerleri ile akış matrisi (f_{ij}), yerleşim yapılacak her bir tesise ait alan bilgisini gösteren alan matrisi (A_i), feremon matrisi (F_{ij}) ve α , β , θ katsayıları tanımlanmıştır. Algoritma boyunca kullanılacak temel matrisler şu şekildedir:

- a. Akış Matrisi (f_{ij}): İki tesis arasındaki yük akışını gösteren matristir. Önerilen algoritmada bu matris amaç fonksiyonunun hesaplanmasında ve koloniye ait yerleşim sıralaması matrisinin yeniden elde edilmesinde kullanılmaktadır.
- b. Alan Matrisi (A_i): Yerleşimi yapılacak tesislerin önceden belirlenmiş alan değerlerini gösteren matristir. Önerilen algoritmada bu matris, koloniye ait yerleşim sıralaması matrisinin yeniden elde edilmesinde kullanılmaktadır.
- c. Feremon matrisi (F_{ij}): İki tesis arasında karıncaların bıraktığı feremon madde miktarını gösteren matristir. Önerilen algoritmada, başlangıçta feremon miktarı bütün tesisler arasında 1 olarak belirlenmiştir. Bu matris de alternatif

çözümler elde edilirken koloniye ait yerleşim sıralaması matrisinin yeniden elde edilmesinde kullanılmaktadır.

- d. α, β, θ değerleri: Önerilen algoritmada α, β ve θ parametreleri tesis alanlarının yerleştirilme sırasını gösteren Yerleşim Sıralama Matrisinin her bir adım sonunda koloni için yeniden belirlenirken; feromon miktarı, alan bilgisi ve akış bilgisinin nispi önemini belirlemek için kullanılmaktadır. Önerilen algoritmada bu parametrelere eşit ağırlık verebilmek amacıyla α, β ve θ değerleri 0,1 olarak tanımlanmıştır.

Adım 2. Yerleşim sıralaması matrisinin oluşturulması;

Bu çalışmada tesis alanlarının en etkin şekilde yerleştirilebilmesi için bir lojistik merkez yerleşim prosedürü geliştirilmiştir. Geliştirilen bu prosedür, KKO ile üretilen yerleşim sıralaması matrisini girdi olarak kullanılmaktadır. Yerleşim sıralaması matrisi, lojistik merkez içerisine tesislerin hangi sırayla yerleşeceğini gösteren matristir. İlk adımda rastgele değerler ile üretilen bu matrisin eleman sayısı, karınca sürüsündeki toplam karınca sayısı kadardır. Sıralama matrisi üzerindeki her bir değer tesis numarasını göstermektedir ve her bir tesis sadece bir kez yerleştirilme işlemine tabi tutulmaktadır. 9 tesis alanına ait olan ve sıralaması rastgele oluşturulmuş örnek bir yerleşim sıralaması matrisi yapısı Tablo 7.3.'de verilmiştir.

Tablo 7.3. Yerleşim sıralama matrisi

4	2	3	5	1	9	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tablo 7.3.'de de görüldüğü üzere algoritmada ilk olarak 4. Tesise ait alanı yerleştirmeye daha sonra ise sırasıyla diğer tesisleri yerleştirmeye çalışacaktır.

Adım 3 Lojistik Yerleşim Prosedürünün uygulanması;

Bu çalışmada tesis alanı yerleşiminde daha etkin sonuçlar elde edebilmek için Lojistik Merkez Yerleşim Prosedürü geliştirilmiştir. Geliştirilen prosedür, KKO ile elde edilen Yerleşim Sıralama Matrisini girdi olarak kullanılmaktadır. Lojistik merkez yerleşim prosedürü yerleşim sıralaması matrisinde yer alan sıralı tesisleri tek tek ele

olarak Lojistik merkezin kurulacağı ana alan içerisine yerleştirme işlemini gerçekleştirmektedir. Bu yerleştirme sürecinde, tesislere ait alan ölçüleri göz önünde bulundurulmaktadır. Çalışmamızda diğer tesis yerleştirme çalışmalarında olduğu gibi en-boy oranını belirleyen sabit bir oran (aspect ratio) kullanılmamıştır.

Lojistik yerleşim prosedürü adımları aşağıda ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

1. Yerleşim yapılacak lojistik merkeze ait ana alan birim alanlara ayrılır. Yerleşim sıralama matrisindeki her bir tesis matristeki sırasıyla ele alınır. Matris üzerindeki tesislere ait en-boy değerleri algoritma tarafından rastgele olarak belirlenir. Örneğin 100 birimlik bir tesis alanı için en - boy değerleri; 25-4, 4-25, 2-50, 50-2, 100-1, 1-100, 10-10 şeklinde rastgele üretilmiş olabilir.
2. En-boy değerleri rastgele şekilde üretildikten sonra yerleşimin yapılmaya başlanacağı başlangıç birim alanının belirlenmesi gerekmektedir. Önerilen algoritmada, başlangıç noktasının seçimi için 2 farklı yaklaşım kullanılmaktadır; birinci yaklaşım, sol üst köşeden başlayarak tarama yöntemi ile ilk boş birim alanın bulunması şeklindedir. İkinci yaklaşım ise yerleşim yapılacak başlangıç birim alanın rastgele bir biçimde seçilmesine dayanmaktadır. Bu iki yaklaşımdan hangisinin kullanılacağı algoritma tarafından rastgele olarak belirlenir.
3. Başlangıç birim kare belirlendikten sonra yerleştirmenin hangi yönde (kuzey-güney-doğu-batı) yapılacağı da rastgele olarak belirlenir. Kuzey-güney-doğu-batı şeklindeki yön seçimi, çözüm uzayını daha etkin tarama olanağı sunmakta, böylece daha iyi çözümlere ulaşılması olasılığını arttırmaktadır.
4. Başlangıç noktası ve yerleştirme yönü belirlendikten sonra en-boy bilgilerine bağlı olarak yerleştirme işlemi yürütülür. Yerleştirmenin her zaman uygun çözüm veremeyeceği de açıktır. Bu nedenle daha önceden belirlenmiş bir değer sayısınca yerleşim tekrarlarının yapılmasına izin verilmektedir. Yerleştirme işlemi birim alanlara tesis isimlerinin (tesis numaraları) kayıt edilmesi ile gerçekleştirilir. Herhangi bir birim alanda yer alan tesis ismi o birim alanın o tesis için rezerve edildiğini göstermektedir. Böylelikle isim kayıt edilmemiş alanların boş olduğu bilinmektedir. Yerleştirme işlemi başarısız olursa o yerleştirme işlemine ait tüm isim kayıtları geri alınır. Uygun bir yerleştirme gerçekleşmemiş ve izin verilen

tekrar sayısı da aşılmış ise Lojistik yerleşim prosedürü Adım 2'ye tekrar dönüp farklı bir başlangıç birim alanı seçilerek yerleştirme denemeleri tekrar edilir. Eğer izin verilen başlangıç noktası seçme sayısı aşılmış ise ilgili karıncanın amaç fonksiyon değeri sıfır (uygun olmayan çözüm) olarak atanır ve bir sonraki karıncaya geçilir. Uygun çözümlerin belirlenmesi sürecinde tesislerin üst üste gelmediğinin ve lojistik merkeze ait yerleştirme işleminin yapılacağı toplam alanın dışına çıkılmadığının kontrolü algoritma tarafından yapılmaktadır. Bu kontroller sonucunda alanları üst üste gelen ve/veya lojistik merkeze ait toplam alan dışına çıkan çözümler uygun çözüm olarak değerlendirilmez.

5. Lojistik merkez toplam alanı içerisine uygun bir şekilde alan yerleşimi yapılan tüm çözümler için amaç fonksiyonu değerleri hesaplanır. Tesisler arasındaki akışı en küçükleyecek şekilde yerleştirme yapılması amaçlandığı için,

$$\text{En küçük } Z = \sum_{i,j} f_{ij} \cdot \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (7.1)$$

hesaplama işlemi (7.1)'deki eşitlik kullanılarak yürütülür. Uygun yerleşimin yapıldığı çözümlerdeki her bir tesis için ağırlık merkezi koordinat değerleri belirlenerek tesisler arasındaki mesafeler hesaplanır. Akış matrisi ve mesafe değerleri kullanılarak amaç fonksiyon değerleri hesaplanır. Uygun olmayan çözümler için bu değer sıfır olarak belirlenir ve algoritma tarafından dikkate alınmaması sağlanır.

Amaç fonksiyonu değeri hesaplandıktan sonra lojistik yerleşim prosedürü son bulur ve ana algoritmaya dönülür.

Adım 4. Algoritmanın her bir adımında elde edilen çözüm, o ana kadar ki en iyi çözümlerle karşılaştırılarak en iyi çözüm yerleşimi ve çözüm değeri bilgisi güncellenir.

Adım 5. Buharlaştırma;

Tüm karınca çözümleri elde edildikten sonra buharlaştırma işlemi yapılır. $F_{ij}(t)$, t anında i ile j tesisi arasında depolanan feromon madde miktarını göstermektedir.

Önerilen algoritmada t+1 anındaki feromon miktarı (7.2)' deki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$F_{ij}(t + 1) = \rho \times F_{ij}(t) \quad (7.2)$$

(7.2)'deki ρ değeri buharlaşma katsayısıdır. Feromon maddesinin sınırsız bir şekilde büyümesini önlemek için kullanılır. Önerilen algoritmada, (7.3)'teki eşitlik kullanılarak buharlaştırma katsayısı hesaplanır.

$$\rho = \frac{1}{\text{iterasyon sayısı}} \quad (7.3)$$

Adım 6. Feromon güncelleme;

En iyi çözüme ait yerleşim sıralaması matrisine göre; ilgili alanların feromon bilgileri belirli oranda artırılır. Böylelikle daha iyi çözümlerin daha sonraki kolonilerde oluşacak çözümlere etki etmesi sağlanmaktadır.

Adım 7. Karınca yerleşim sıralaması matrisini güncelleme prosedürü;

Algoritmanın başlangıcında yerleşim sıralaması matrisinin rastgele oluşturulduğu belirtilmişti. Bu adımda, her bir karınca sürüsüne ait çözümler elde edildikten sonra, her bir yeni çözümde kullanılacak olan yerleşim sıralaması matrisi güncellenir. Güncelleme işleminde $P_i(t)$ değeri kullanılır. $P_i(t)$ değeri, t anındaki k. karıncanın i tesisine yerleştirilme olasılığıdır. Bu olasılık değeri α , β ve θ ağırlıklarının etkisiyle feromon matrisi, alan matrisi ve akış matrisi değerleri kullanarak (7.4) eşitliğine göre hesaplanmaktadır.

$$P_i(t) = \alpha \times F_{ij}(t) + \beta \times A_j(t) + \theta \times f_{ij}(t) \quad (7.4)$$

Her bir tesis için hesaplanan $P_i(t)$ değeri, yeni yerleşim sıralaması matrislerini oluşturmak için kullanılır. Bu aşamada, genetik algoritmanın stokastik arama özelliği olan rulet tekerleği yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem, yerleşim sıralama matrisi

oluşurken feromon, alan ve akış değeri daha iyi olan alanlara yüksek olasılıkla izin verirken, kötü $P_i(t)$ değerlerine sahip çözümlere de izin vermektedir. Böylelikle lokal minimum noktalara takılma olasılığı azaltılmaktadır.

7.2. Uygulama

Matematiksel modelleme ile Anbar mevkisi için 8 tesis alanı yerleştirilebilmişti. KKO ile 14 tesisin yerleşimi planlanmıştır. Yerleşimi yapılacak tesisler; gümrük sahası, tır-kamyon parkı, idari ve sosyal tesisler, akaryakıt istasyonu, bakım onarım alanı, kapalı depolama alanı, açık depolama alanı, konteynır alanı, silo alanı, tank depolama alanı, soğuk depolama alanı, antrepo alanı, tehlikeli madde depolama alanı, dağıtım merkez depoları, paketleme alanları, kargo merkezleri ve montajlama alanıdır. KKO temelli önerilen algoritma adımları lojistik merkez yerleşimi için aşağıda anlatılmıştır.

7.2.1. Parametrelerin belirlenmesi

Akış Matrisi (f_{ij}): 14 tesis arasındaki olabilecek tüm yük akışını göstermektedir. Bu yük değerleri, Kayseri'ye demiryolu taşımacılığı ile gelen yükler ile karayolu taşımacılığı ile gelen yükler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Demiryolu taşımacılığı ile gelen yüklerin tamamının, karayolu taşımacılığı ile gelen yüklerin %30'nun lojistik merkeze geleceği varsayılarak (Tanyaş ve ark., 2015) Tablo 7.4.'deki f_{ij} akış matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 7.4. f_{ij} akış matrisi

f_{ij}	AkM	KA	AD	D	S	TD	G	SD	A	TM	DM	PT	GKM	M
AkM	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KA	0	0	5	45	5	5	0	5	20	3	5	0	0	0
AD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
D	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	10	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
SD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
TM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GKM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AkM: Aktarma Merkezi, KA: Konteynır Alanı, AD: Açık Depolama, D:Genel yük Depo, S: Silo alanı T:Tank Depolama, G:Gümrük, A: Antrepo TM: Tehlikeli Madde Depolama Alanı, DM: Dağıtım Merkezi, PT: Paketleme Tesis Alanı GKM: Genel Kargo Merkezi, M:Montaj Alanı

Alan Matrisi (A_j): Lojistik merkez içerisinde bulunacak tesislerin alan ihtiyaçlarının belirlenmesi için Kayseri’de bulunan uluslararası taşımacılık yapan 38 firma yöneticisine bilgi formları gönderilmiş ve uygulanmıştır. Bilgi formu sonuçlarına göre lojistik merkez içerisindeki tesislerin alan ihtiyaçları Tablo 7.5.’te verilmiştir.

Tablo 7.5. A_j alan matrisi

Tesisler	Alan(*1000)
Aktarma Merkezi	300
Konteynır Alanı	200
Açık Depolama	60
Genel yük Depo	60
Silo alanı	20
Tank Depolama	10
Gümrük	20
Soğuk Depolama	30
Antrepo	50
Tehlikeli Madde Depolama Alanı	10
Dağıtım Merkezi	20
Paketleme Tesis Alanı	20
Genel Kargo Merkezi	50
Montaj Alanı	20

Feremon matrisi(F_{ij}): i ve j tesisleri arasındaki feremon miktarı 1 olarak belirlenmiştir. 14 tesis için oluşturulan feremon matrisi Tablo 7.6.’da verilmiştir.

Tablo 7.6. F_{ij} Feremon matrisi

F _{ij}	AkM	KA	AD	D	S	TD	G	SD	A	TM	DM	PT	GKM	M
AkM	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KA	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AD	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
D	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TD	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
G	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
SD	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
A	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
TM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
DM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
PT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
GKM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

AkM: Aktarma Merkezi, KA: Konteynır Alanı, AD: Açık Depolama, D: Genel Yük Depolama, S: Silo alanı T:Tank Depolama, G:Gümrük, A: Antrepo TM: Tehlikeli Madde Depolama Alanı, DM: Dağıtım Merkezi, PT: Paketleme Tesis Alanı GKM: Genel Kargo Merkezi, M:Montaj Alanı

α , β ve θ değerleri: 14 tesisin yerleşimi için α , β ve θ değerleri her bir faktöre eşit ağırlığın verilmesi için 0,1 olarak belirlenmiştir.

7.2.2. Karınca çözüm yapısı

Önerilen algoritma ile lojistik merkeze yerleşimi yapılacak 14 tesise ait yerleşim matrisleri rastgele elde edilmiş ve 100 karınca kullanılmıştır. Tablo 7.7.'de 100 karınca kullanılarak elde edilen yerleşim sıralama matrislerinden birisi verilmiştir.

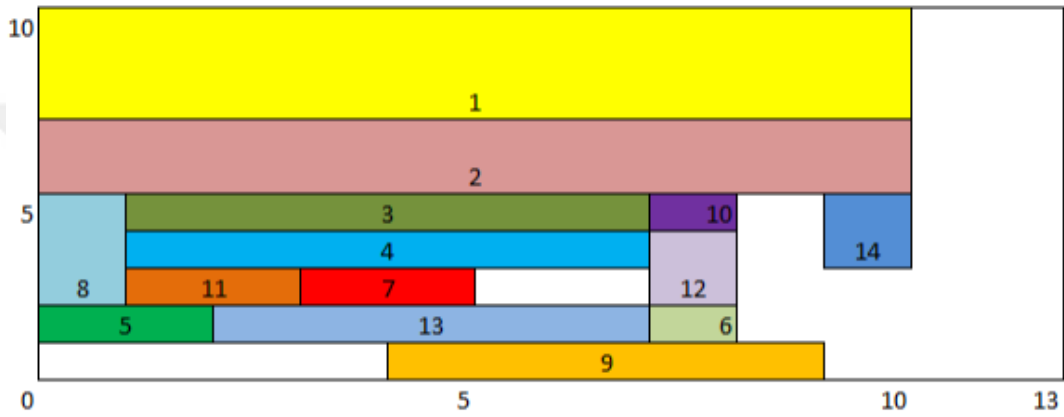
Tablo 7.7. Örnek karınca yerleşim sıralama matrisi

3	5	2	10	11	7	1	4	6	9	14	13	12	8
---	---	---	----	----	---	---	---	---	---	----	----	----	---

Sırasıyla her bir karınca çözümü için; yerleştirme işlemi yapılır ve bulunan en iyi çözümler hafızada tutulur. 100 karınca çözümü için lojistik merkez yerleşim prosedürü uygulanır. Lojistik merkez yerleşim prosedürü bittikten sonra amaç fonksiyonu değerleri hesaplanır ve hafızada saklanır. Bulunan değerler, en iyi çözüm ile kıyaslanır daha iyi bir çözüm elde edilmiş ise en iyi değer olarak güncellenir.

7.2.3. Buharlaştırma ve feremon güncelleme

100 adet karınca çözümü için; feremon matrisi kullanılarak buharlaştırma ve feremon güncellemesi yapılır. Lojistik merkez içerisine yerleşimi yapılacak 14 tesisin alan yerleşimi için 1000 iterasyon yapılmıştır. 100 karınca ve 1000 iterasyon sonucu, elde edilen sonuçlar arasından en iyi sonuç “Enk. Z:748,996” olarak bulunmuştur. Bu sonuca ait çözüm matrisi Şekil 7.1.’de verilmiştir.



Şekil 7.1. En iyi çözüm matrisi

1:Aktarma Merkezi, 2:Konteynır Alanı, 3: Açık Depolama alanı, 4:Genel Yük depolama alanı, 5:Silo alanı, 6: Tank depolama alanı, 7:Gümrük, 8: Soğuk Depolama Alanı, 9: Antrepo, 10: Tehlikeli Madde Depolama Alanı, 11: Dağıtım Merkezi, 12: Paketleme Alanı, 13: Genel Kargo Merkezi, 14: Montajlama Alanı

7.3. Bulgular ve Tartışma

Lojistik merkez yerleşimi için önerilen algoritmanın etkinliği test edilmiştir. Lojistik merkez yerleşimi için literatürde örnek problemler bulunmadığı için tesis yerleşim problemi için literatürde yaygın olarak kullanılan ve Tablo 7.8.’de listelenen tesis yerleşim problem setleri kullanılmıştır. Yapılan kıyaslama yerleşim işlemi ile önerilen algoritma test edilmiş ve sonuçları aşağıdaki tabloda paylaşılmıştır.

Tablo 7.8. Problem seti

Problem Seti	Referans	Tesis Sayıları	Tesis Büyüklüğü	
			En	Boy
O7	Meller ve ark.(2007)	7	8	13
O8	Meller ve ark.(2007)	8	11	13
Ba12	Van Camp(1992)	12	7	9
Ba14	Van Camp(1992)	14	6	10
SC30	Liu ve Meller(2007)	30	15	13
SC35	Liu ve Meller(2007)	35	17	15
Du62	Dunker ve ark.(2003)	62	100	137

Önerilen algoritma için kullanılan problem setinde (Tablo 7.8.), Meller ve arkadaşlarının oluşturduğu 7 ve 8 tesis yerleşim problemi, Van Camp ve arkadaşlarının oluşturduğu 12 ve 14 tesis yerleşim problemi, Liu ve Meller'in oluşturdukları 30 ve 35 tesis yerleşim problemi ile Dunker ve arkadaşlarının oluşturduğu 62 tesis yerleşim problemi bulunmaktadır. Bu problem setleri için 100 karınca ve 10.000 iterasyon adımı gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Tablo 7.9.'da sunulmuş, her bir yerleşime ait karınca çözümleri ise Ek 5 kısmında verilmiştir.

Tablo 7.9. Kıyaslama sonuçları

Problem Seti	Dunker Radons (2003) GA	Liu, Meller (2007) GA	Komarudin (2010) KKO	Bozer, Wang (2012) MILP	Gonçalves Resende (2015) GA	Önerilen Algoritmanın Sonuçları
O7		131,63	131,68	115,93		104,86
O8		245,41	243,12	239		206,24
Ba12		8702	8252,67	8552	8020,97	7715,03
Ba14		4852	4724,68		4628,79	4165,243
SC30		3707	3868,54	3601,2	3367,87	2985,283
SC35		3604	4132,37	3351,12	3316,77	3243,8828
Du62	4181054		3720521,13			3677981,47

En iyi değerler siyah ile gösterilmiştir

Önerilen algoritma, Delphi programlama dilinde kodlanmış ve tüm deneyler 2.4 GHz Intel i7 işlemci ve 8Gb RAM ile Windows PC'de yapılmıştır. Her bir problem seti için 100 karınca ve 10.000 iterasyon adımı gerçekleştirilmiştir. Her bir test problemi için algoritma 5'er kez çalıştırılmış ve elde edilen en iyi değerler saklanmış, sonuçlar ise Tablo 7.9.'da sunulmuştur. Lojistik merkez yerleşimi için önerilen algoritma literatürde daha önceden geliştirilmiş algoritmalar ile karşılaştırılmış ve önerilen algoritmanın etkin bir performans gösterdiği gözlenmiştir.

Tablo 7.9.'daki sonuçlar incelendiğinde, elde edilen sonuçların literatürde bilinen test problem sonuçlarından daha iyi olduğu ve her test problemi için en uygun çözümlerin elde edildiği görülmüştür. O7 problemi için, şu ana kadar elde edilmiş en iyi değerden yaklaşık %10 daha iyi bir sonuç elde edilmiştir. O8 problemi için, şu ana kadar elde edilmiş en iyi değerden yaklaşık %15 daha iyi bir sonuç elde edilmiştir. Ba12 problemi için, şu ana kadar elde edilmiş en iyi değerden yaklaşık %3 daha iyi bir sonuç elde edilmiştir. Ba14 problemi için, şu ana kadar elde edilmiş en iyi değerden yaklaşık %11 daha iyi bir sonuç elde edilmiştir. SC30 problemi için, şu ana kadar elde edilmiş en iyi değerden yaklaşık %12 daha iyi bir sonuç elde edilmiştir. SC35 problemi için, şu ana kadar elde edilmiş en iyi değerden yaklaşık %2 daha iyi bir sonuç elde edilmiştir. Son olarak DU62 problemi için, şu ana kadar elde edilmiş en iyi değerden yaklaşık %1 daha iyi bir sonuç elde edilmiştir.

BÖLÜM 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kent içerisindeki lojistik faaliyetler, kent alanlarında trafik sıkışıklığı, hava kirliliği ve gürültüye sebep olmaktadır. Kentlerde, daha iyi yaşam koşullarının sağlanması, doğal çevrenin korunması, kent içerisindeki yük taşımacılığında kaynaklanan olumsuz etkileri en aza indirmek için lojistik merkezler önerilmekte ve kurulması için teşvik edilmektedir. Lojistik merkezler, kentsel lojistik sisteminin önemli bir parçasıdır. Bu merkezler; doğrudan karayolu, demiryolu, denizyolu ya da havalimanına bağlı, içerisinde çeşitli binaların bulunduğu ulusal ve uluslararası taşımacılık, dağıtım ve lojistik ile ilgili tüm faaliyetlerin gerçekleştirildiği alanlardır. Etkin bir lojistik merkez yapısı kentsel yük taşımacılığının verimliliğini artırmada kilit bir faktördür. Önemli bir kar ve yatırım aracıdır. Ayrıca bulunduğu bölgenin rekabet avantajına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır.

Lojistik merkez yerleşimi, bulunduğu coğrafi yapı, paydaşların tercihine göre farklılıklar göstermektedir. Bu yüzden lojistik merkez yerleşiminde tek bir strateji bulunmamaktadır. Bu amaçla bu tez kapsamında lojistik merkez yer seçimi ve yerleşimi birlikte önerilmiştir. Kayseri ili için uygulaması yapılmıştır.

Lojistik merkez yer seçimi, karar verme problemi olarak değerlendirilmiş ve AT yöntemi ile lojistik merkez yer seçimi yapılmıştır. Etkin bir lojistik merkez yer seçimi için uygun kriterlerin belirlenmesi ve belirlenen kriterlere uygun en iyi yerin seçilmesi gerekmektedir. AT yöntemi, belirlenen alternatifler arasında hem en iyi hem de en uygun alternatifin seçilmesine izin vermektedir. Aynı zamanda hem sayısal hem de bulanık değerler içeren kriterlere göre alternatiflerin değerlendirilebilme imkânı sunmaktadır. Bu avantajlarından dolayı tercih edilmiştir. Bu çalışma bu anlamda literatürde ilk olma özelliği taşımaktadır.

Lojistik merkez yer seçimi için 4 alternatif yer ve 9 kriter belirlenmiştir. AT yönteminde, bilgi aksiyomunu kullanarak verilen tasarım alternatifleri arasında seçim yaparken fonksiyonel ihtiyaçlar lojistik merkez yer seçimi kriterleri olarak tanımlanmıştır. Lojistik merkez yer seçiminde sayısal olarak ifade edilemeyen kriterler için sistem ve tasarım aralıkları belirlenirken dilsel değişkenler kullanılmıştır. Bu değişkenleri sayısal forma dönüştürürken de üçgensel bulanık sayılardan yararlanılmıştır. 4 alternatif yer için fonksiyonel ihtiyaçların önem derecelerinin eşit olduğu durumda elde edilen bilgi içerikleri karşılaştırıldığında minimum bilgi içeriğine sahip olduğu için en uygun yerin Anbar mevkisi olduğuna karar verilmiştir. Lojistik Merkez yer seçimini etkileyen kriterlerin ağırlıkları uzman görüşleri dikkate alınarak AHP ile hesaplanmıştır. Kriterlerin ağırlık değerleri incelendiğinde; önem derecesi en büyük olan kriterlerin sırasıyla genişleme imkânı, arazi maliyeti, kente yakınlık, ticaret ve endüstri merkezlerine yakınlık olduğu görülmüştür. Ağırlıklı kriterler ile en uygun yer tespit etmek için ABAT yaklaşımı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, minimum bilgi içeriğine sahip olan Anbar mevkisine karar verilmiştir. AT ve ABAT yöntemine göre lojistik merkez yer seçimi için bilgi içeriği en düşük yer olarak Anbar mevki, bilgi içeriği en yüksek yer olarak Mimarsinan mevkisi olarak belirlenmiştir.

Belirlenen yer için lojistik merkez yerleşimi yapılmıştır. Lojistik merkez yerleşimi için karma tam sayılı programlama modeli kullanılmıştır. Castelli ve Westerland'ın tesis yerleşimi için oluşturduğu karma tam sayılı programlama modeli, Lojistik merkez yer seçimi problemine uyarlanmıştır. Oluşturulan model ile Anbar mevkisi için ancak 8 tane tesisin yerleşimi yapılabilmektedir. Problem yapısının zor olması ve yerleşim yapılacak tesislerin alan değerlerinin büyük olmasından dolayı ancak 8 tesis yerleştirilebilmiştir. Yerleşim yapılan lojistik merkez tesisleri arasında boşluklar bulunmaktadır. Lojistik merkez yerleşimi için oluşturulan model literatürdeki 7 ve 8'li tesis yerleşim problemleri ile test edilmiştir. Sonuç 8'li test problemine ait bilinen en iyi çözüm için fark -% 9'dur. Karma tam sayılı programlama modeli ile optimum bir yerleşim gerçekleştirilememiştir. Daha iyi optimum yerleşim sunmak ve lojistik merkez içerisine kurulabilecek tüm tesislerin alana yerleşimini sağlamak için meta sezgisel bir yöntemle geçiş yapılmıştır.

Bu tez kapsamında lojistik merkez yerleşimi problemi KKO temelli bir algoritma geliştirilmiştir. Algoritma lojistik merkez yerleşimi için literatürde ilk olma özelliği taşımaktadır. Literatürdeki geleneksel KKO algoritmasından farklı olarak, alternatif tesisler arasından yerleştirme sıralaması belirlenirken kullanılan olasılık değerlerinin hesaplanmasında; feromon matrisi ile birlikte tesis alan değerleri matrisi ve tesis akış değerleri matrisi kullanılmıştır. Önerilen algoritma iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama ile lojistik merkeze yerleştirilecek tesislerin alanları için etkin bir sıralama yapılmış, İkinci aşama ile bu probleme özel olarak geliştirilen lojistik yerleşim prosedürü kullanılarak alan yerleşimi yapılmıştır. Elde edilen algoritma ile Anbar mevkisi için lojistik merkezlerin bünyesinde olması gereken aktarma merkezi, konteynır alanı, açık-kapalı depolama alanı, genel yük depolama alanı, silo alanı, tank depolama alanı, gümrük, soğuk depolama alanı, antrepo, tehlikeli madde depolama alanı, dağıtım merkezi, paketleme tesis alanı, kargo merkezi ve montaj alanı içerecek şekilde toplam 14 tesisin alan yerleşimi yapılmıştır. Önerilen algoritmanın sahip olduğu güçlü yerleştirme yapısı ve KKO'nun optimum çözümlere hızlı bir şekilde ulaşan özelliği neticesinde tesis yerleşim problemlerinin çoğu için daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Bu sonuçlardan yola çıkılarak tez kapsamında oluşturulan AT yöntemli lojistik merkez yer seçimi ve KKO temelli lojistik merkez yerleşimi literatürde ilk olma özelliği taşımaktadır. Bu amaçla bu çalışmanın ulusal ve uluslararası alanda lojistik sektörüne/bilim alanına katkı sağlayacağı ve benzer çalışmalara kaynak oluşturacağı öngörülmektedir.

Tez kapsamında lojistik merkez yer seçimi ve yerleşimi için gerçek bir hayat problemi seçilmiştir. Yapılan çalışma ile sistematik bir yerleşim planı çıkarılarak Kayseri ili için uygulanmıştır. Yapılan çalışma farklı bölgelerde de benzer/eşdeğer nitelikte farklı çalışmaların yapılması için referans niteliği taşımaktadır.

Çalışmanın ilerleyen süreçlerde farklı algoritmalarla da yararlanılarak desteklenebileceğini ortaya koymuştur. Dolayısıyla gelecekteki çalışmalarda lojistik merkez yerleşimi için yapay arı kolonisi algoritması, parçacık sürü optimizasyon

algoritmaları kullanılarak her bir algoritmanın etkinliğinin de karşılaştırılması öngörülmektedir.



KAYNAKLAR

- Anand, N., Ouak, H., Duin R., Tavasszy, L. 2012. City Logistics Modeling Efforts: Trends and Gaps - A Review. *Procedia, Social and Behavioral Sciences*, 39: 101-115.
- Alan, R., Mckendall, J., Shang, J. 2006. Hybrid ant systems for the dynamic facility layout problem. *Computers and Operations Research*, 33(3): 790-803.
- Alberto, P. 2000. The Logistics of industrial location decisions: An application of the AHP methodology. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 3(3): 273-289.
- Ballis, A., Mavrotas, G. 2007. Freight village design using the multi criteria method PROMETHEE. *Operational Research*, 213-231.
- Baykasoglu, A., Dereli, T., Sabuncu, I. 2006. An ant colony algorithm for solving budget constrained and unconstrained dynamic facility layout problems. *Omega*, 34(4): 385- 396.
- Blum, C. 2005. Review Ant colony optimization: Introduction and recent trends. *Physics of Life Reviews*, 2(4): 353–373.
- Bozer, Y.A., Wang, C.T. 2012. A graph-pair representation and MIP-model-based heuristic for the unequal-area facility layout problem. *European Journal of Operational Research*, 218(2): 382–391.
- Büyüközkan, G., Arseynan, J., Ruan, D. 2012. Logistics tool selection with two-phase fuzzy multi criteria decision making: A case study for personal digital assistant selection. *Expert Systems with Applications*, 39(1): 142-153.
- Castillo, I., Westerlund, T. 2005. An ε -accurate model for optimal unequal-area block layout design. *Computers & Operations Research* 32(3): 429-447.
- Catalano, M., Migliore, M. 2014. A Stackelberg-game approach to support the design of logistics terminals. *Journal of Transport Geography*, 41: 63-73.
- Cebi, S., Kahraman, C. 2010. Indicator design for passenger car using fuzzy axiomatic design principles. *Expert Systems with Applications*, 37(9): 6470–6481.

- Celik, M. 2009. A hybrid design methodology for structuring integrated environmental management systems for shipping business. *Journal of Environmental Management*, 90(3): 1469-1475.
- Chen, S.J.G., Chen, L.C., Lin, L. 2001. Knowledge-based support for simulations analysis of manufacturing cells. *Computers in Industry*, 44(1): 33-49.
- Chen, Y., Jiang, Y., Wahab, M.I.M., Long, X. 2015. The facility layout problem in non-rectangular logistics parks with split lines. *Expert Systems with Applications*, 42(21): 7768-7780.
- Chen, G.Y.H. 2013. A new data structure of solution representation in hybrid ant colony optimization for large dynamic facility layout problems. *International Journal of Production Economics*, 142(2): 362–371.
- Demirel, N.Ç., Toksarı, M.D. 2006. Optimization of the quadratic assignment problem using an ant colony algorithm. *Applied Mathematics and Computation*, 183(1): 427–435.
- Dorigo, M., Maniezzo V., Colormi, A. 1996. Ant System: Optimization by a Colony of Cooperating Agents. *IEEE Transactions on Systems, Man and cybernetics, Part B*, 26(1): 29-41.
- Drira, A., Pierreval, H., Gabouj, S. 2007. Facility layout problems: A survey. *Annual Reviews in Control*, 31(2): 255-267.
- Dunker, T., Radons, G., Westkamper, E. 2003. A coevolutionary algorithm for a facility layout problem. *International Journal of Production Research*, 41(15): 3479–3500.
- Durmusoğlu, M.B., Kulak, O. 2008. A methodology for the design of office cells using axiomatic design principles. *Omega*, 36(4): 633-652.
- Erkayman, B., Gundoğar, E., Akkaya, G., Ipek, M. 2011. A fuzzy TOPSIS Approach for Logistic center location selection. *Journal of Business Case Studies*, 7(3): 49-54.
- Franceschetti, A., Honhon, D., Laporte, G., Fransoo, J. 2017. Strategic fleet planning for city logistics. *Transportation Research Part B: Methodological*, 95: 19-40.
- Georgiadis, M., Schiling, G., Rotstein, G., Macchietto, S. 1999. A general mathematical programming approach for process plant layout. *Computers and Chemical Engineering* 23(7): 823-840.
- Ghoseiri, K., Lessan, J. 2008. Location selection for logistics centers using a two-step fuzzy AHP and ELECTRE method. *Proceedings of 9th Asia Pacific Industrial Engineering Management systems Conference, Indonesia*, 434-440.

- Gonçalves, J.F., Resende, M.G.C. 2015. A biased random-key genetic algorithm for the unequal area facility layout problem. *European Journal of Operational Research*, 246(1): 86-107.
- Guan, J., Lin, G. 2016. Hybridizing variable neighborhood search with ant colony optimization for solving the single row facility layout problem. *European Journal of Operational Research*, 248(3): 899-909.
- Gu, P., Rao, H.A., Tseng, M.M. 2001. Systematic Design of Manufacturing Systems Based on Axiomatic Design Approach. *CIRP Annals*, 50(1): 299-304.
- Hajduk, S. 2017. Bibliometric Analysis of Publications on City Logistics in International Scientific Literature. *Procedia Engineering*, 182: 282-290.
- Hamzaçebi, C., İmamoğlu, G., Alçı, A. 2016. Selection of Logistics Center location with MOORA method for Black Sea Region of Turkey. *Journal of Economics Bibliography*, 3(15): 74-82.
- Hani, Y., Amodeo, L., Yalaoui, F., Chen, H. 2007. Ant colony optimization for solving industrial layout problem. *European Journal of Operational Research*, 183(2): 633-642.
- Higgins, C., Ferguson, M. 2011. An exploration of the Freight village concept and its applicability to Ontario. *McMaster Institute of Transportation and Logistics*, 22-93.
- Hong, L., Xiaohua, Z. 2011. Study on location selection of multi-objective emergency logistics center based on AHP. *Procedia Engineering*, 15: 2128-2132.
- Hugos, M. 2003. *Essential of Supply Chain Management*. John Wiley Sons Inc., 18-30.
- Islam, D. Meier, F., Aditjandra, P., Zunder, T., Pace, G. 2012. Logistics and supply chain management. *Research in transportation Economics*, 1-14.
- Jang, B.S., Yang, Y.S., Song, Y.S., Yeun, Y.S., Do, S.H. 2002. Axiomatic design approach for marine design problems. *Marine Structures*, 15(1): 35-56.
- Juozapaitis, M., Palsaitis, R. 2017. Feasibility Analysis of Establishing Logistics Clusters in Lithuania. *Procedia Engineering*, 178: 131-136.
- Kannan, D., Govindan, K., Rajendran, S. 2015. Fuzzy Axiomatic Design approach based green supplier selection: a case study from Singapore. *Journal of Cleaner Production*, 96(1): 194-208.
- Kauf, S. 2016. City logistics – A Strategic Element of Sustainable Urban Development. *Transportation Research Procedia*, 16: 158-164.
- Karaboğa, D. 2004. Yapay zeka optimizasyon algoritmaları. *Atlas Yayın Dağıtım*, 113-138.

- Kaya, B., Uludag, N. 2017. An artificial neural network approach for the logistic center location selection. *Journal of Management Marketing and Logistics*, 4(2): 107-115.
- Kayikci, Y. 2010. A conceptual model for intermodal freight logistics centre location decisions. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(3): 6297-6311.
- Komarudin, Wong, K. 2010. Applying Ant System for solving Unequal Area Facility Layout Problems. *European Journal of Operational Research*, 202(3): 730–746.
- Kahraman, C., Çebi, S. 2009. A new multi-attribute decision making method: Hierarchical fuzzy axiomatic design. *Expert Systems with Applications*, 36(3): 4848-4861.
- Konak, A., Kulturel-Konak, S., Norman, B.A., Smith, A. 2006. A new mixed integer programming formulation for facility layout design using flexible bays. *Operations Research Letters*, 34(6): 660-672.
- Kulak, O., Kahraman, C. 2005. Fuzzy multi-attribute selection among transportation companies using axiomatic design and analytic hierarchy process. *Information Science*, 170(2-4): 191-210.
- Kulak, O. 2005. A decision support systems for fuzzy multi-attribute selection of material handling equipment. *Expert systems with applications*, 29(2): 310-319.
- Kulak, O., Cebi, S., Kahraman, C. 2010. Applications of axiomatic design principles: A literature review. *Expert systems with applications*, 37(9): 6705-6717.
- Li, Q., Yan, C. 2007. An interactive integrated MCDM based on FANN and application in the selection of Logistic Center Location. *Management science and engineering conference*, Harbin, China.
- Li, J., Zhang, Y. 2009. Research on the Optimization Method for Logistics Center Facilities Layout Projects: Entropy weight fuzzy comprehensive evaluation method. *Management and Service Science*, MASS '09. International Conference, Wuhan, China.
- Liu, Q., Meller, R.D. 2007. A sequence-pair representation and MIP model based heuristic for the facility layout problem with rectangular departments. *IIE Transactions*, 39(4): 377–394.
- Li, Y., Liu, X., Chen, Y. 2011. Selection of logistics center location axiomatic fuzzy set and TOPSIS methodology in logistics management. *Expert systems with applications*, 38(6): 7901-7908.
- McKendall, A., Shang, J. 2006. Hybrid ant systems for the dynamic facility layout problem. *Computer Operation Research*, 33: 790–803.

- Meller, R.D., Chen, W., Sherali, H.D. 2007. Applying the sequence-pair representation to optimal facility layout designs. *Operations Research Letters*, 35(5): 651-659.
- Meller, R.D., Gau, K.Y. 1996, The Facility Layout Problem: Recent and Emerging trends and Perspectives. *Journal of Manufacturing Systems*, 15(5): 351-366.
- Meller, R.D., Narayanan, V., Vance, P. 1998. Optimal facility layout design. *Operations Research Letters*, 23(3-5): 117-127.
- Murat, Y.Ş., Kulak, O. 2005. Ulaşım Ağlarında Bilgi Aksiyomu kullanılarak Güzergah rota Seçimi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 11(3): 425-435.
- Nabiyev, V. 2012. *Yapay Zeka. Seçkin Yayınevi, Ankara*, 599-632.
- Nathanail, E., Adamos, G., Gogas, M. 2017. A novel approach for assessing sustainable city logistics. *Transportation Research Procedia*, 25: 1036–1045.
- Ning, X., Lam, K.C., Lam, M.C.K. 2010. Dynamic construction site layout planning using max-min ant system. *Automation in Construction*, 19(1): 55–65.
- Özel, B., Özyürek, B. 2007. Bulanık aksiyomatik Tasarım ile Tedarikçi Firma Seçimi. *Gazi Üniv.Müh.Mim.Fak.Der.*, 22(3): 415-423.
- Park, G.J. 2007. *Analytic Methods for Design Practice*. Springer, 17-30.
- Peck, J., Nightingale, D., Kim, S.G. 2010. Axiomatic approach for efficient healthcare system design and optimization. *CIRP Annals*, 59(1): 469–472.
- Pedemonte, M., Nesmachnow, S., Cancela, H. 2011. A survey on parallel ant colony optimization. *Applied Soft Computing*, 11(8): 5181–5197.
- Pham, T.Y., Ma, H.M., Yeo, G.T. 2017. Application of Fuzzy Delphi TOPSIS to Locate Logistics Centers in Vietnam: The Logisticians' Perspective. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 33(4): 211-219.
- Rao, C., Goh, M., Zhao, Y., Zheng, J. 2015. Location selection of city logistics centers under sustainability. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 36: 29-44.
- Rivera, L., Sheffi, Y., Knoppen, D. 2016. Logistics clusters: The impact of further agglomeration, training and firm size on collaboration and value added services. *International Journal of Production Economics*, 179: 285-294.
- Saaty, T. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1): 83-98.
- Sherali, H.D., Fraticelli, B.M.P., Meller, R.D. 2003. Enhanced model formulations for optimal facility layout. *Operations Research*, 51 (4):629-644.

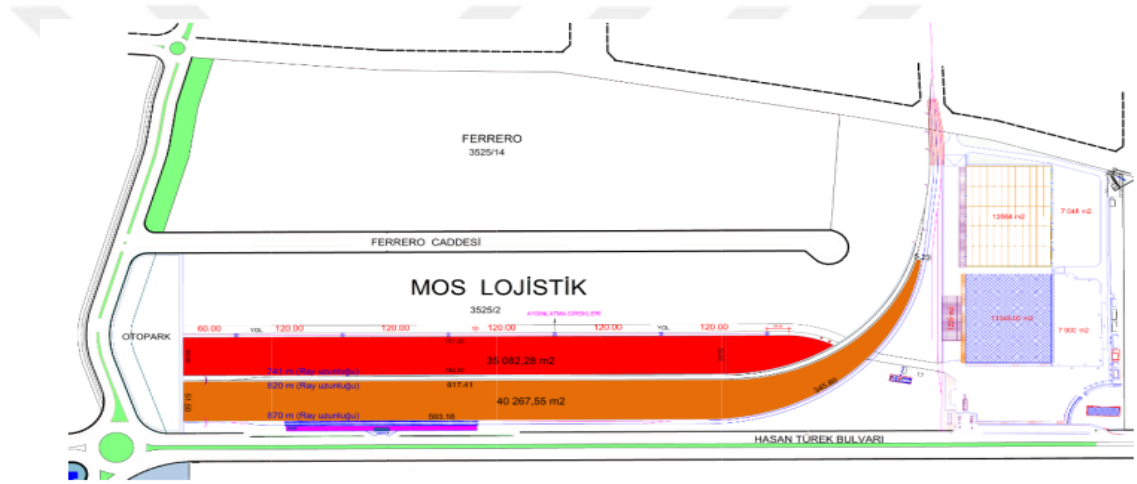
- Sheffi, Y. 2010. Logistics intensive clusters. *EPOCA*, 20: 11-17.
- Solimanpur, M., Vrat, P., Shankar, R. 2005. An ant algorithm for the single row layout problem in flexible manufacturing systems. *Computers and Operations Research*, 32(3): 583–598.
- Suh, N.P., Do, S.H. 2000. Axiomatic design of software systems. *CIRP Annals*, 49(1): 95-100.
- Suh, N.P. 1998. Axiomatic Design theory for systems. *Research in engineering Design*, 10(4): 189-209.
- Taha, Z., Soewardi, H., Dawal, S.Z.M. 2014. Axiomatic design principles in analyzing the ergonomics design parameter of a virtual environment. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44(3): 368-373.
- Tang, J., Tang, L., Wang, X. 2013. Solution method for location planning problem of Logistics Park with variable capacity. *Computers & Operations Research*, 40(1): 406-417.
- Taniguchi, E., Noritake, M., Yamada, T., Izumitani. 1997. Optimizing the size and location of logistics terminals. *IFAC Proceedings*, 30(8): 741-746.
- Taniguchi, E. 2014. Concepts of City Logistics for Sustainable and Liveable Cities. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 151:310-317.
- Taniguchi, E., Thompson, R.G., Yamada, T. 2014. Recent Trends and Innovations in Modeling City Logistics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 125: 4-14.
- Tanyaş, M., Arıkan, F. 2013. Bursa ili Lojistik Merkez Ön Fizibilite Raporu.
- Tanyaş, M., Aydoğan E., Zaralı, F., Özmen, M., Kızılkaya, O. 2015. Kayseri ili Lojistik Merkez ön fizibilite raporu, 120-186.
- Tseng, Y. 2004. The role of Transportation in Logistics. University of South Australia, School of Natural and Built Environments Transport Systems Centre, Master Thesis.
- Uysal, F., Gülmez, M. 2014. Türkiye’de Akdeniz Bölgesi’nde Lojistik merkez yeri seçimi için bulanık serim teori ve matris yaklaşımı uygulaması. *DergiPark, Verimlilik Dergisi*, 1: 89-104.
- Van Camp, D.J., Carter, M.W., Vannelli, A. 1992. A Nonlinear Optimization Approach for Solving Facility Layout Problems. *European Journal of Operational Research*, 57(2): 174-189.
- Wang, K.J., Chen, K.H. 2008. An integrated facility design model for the generator manufacturing industry. *Production Planning and Control*, 19(5): 475-485.

- Winston, W. 2004. Operations research applications and algorithms. Thomson learning, 475-545.
- Witkowski, J., Kiba, M. 2014. The Role of Local Governments in the Development of City Logistics. *Procedia, Social and Behavioral Sciences*, 125: 373-385.
- Wu, J., Haasis, H.D. 2013. Converting knowledge into sustainability performance of freight villages. *Logistic Research*, 6(2-3): 63-88.
- Yazgan, H.R., Kır, S., Özbakır, S., Sezik, E. 2014. Sıra Bağımlı Tek Makineli Çizelgeleme Probleminde Erkenlik ve Geçlik Katsayılarının Bulanık Aksiyomatik Tasarım Yöntemi İle Belirlenmesi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 25: 20-32.
- Yue, H., Yue, W., Long, X. 2011. Engineering Evaluation Systems of Logistics park capability. *Systems Engineering Procedia*, 2: 295-299.
- Zak, J., Weglinski, S. 2014. The selection of the logistics center location based on MCDM/A methodology. *Transportation Research Procedia*, 3: 555-564.
- Zhang, Q., Jiang, C., Zhang, J., Wei, Y. 2014. Application of Genetic Algorithm in Functional Area Layout of Railway Logistics Park. *Procedia, Social and Behavioral Sciences*, 138: 269-278.

EKLER

EK 1: Örnek Lojistik Merkezler

A1: Manisa Organize Sanayi Lojistik Merkezi (<http://www.moslojistik.com/> Erişim Tarihi: 1.04.2018)



A2: Ankara Lojistik Üssü (<http://www.ankaralojistikussu.com/> Erişim Tarihi:1.04.2018).



A.3 Interporto Bologna İtalya Lojistik Merkezi(<http://www.interporto.it> Erişim Tarihi:22.03.2018)



A.4 GVZ Bremen Almanya Lojistik Köyü (<https://www.wfb-bremen.de> Erişim Tarihi: 12.03.2018)



A.5 Roissy SOGARIS Fransa Lojistik Merkezi (<http://www.sogaris.fr>, Erişim Tarihi:12.03.2018)



A.6 Alliance Global Lojistik Merkezi ABD (<https://www.alliancetexas.com> Erişim Tarihi:12.03.2018)



A.7 KCS Intermodal Center ABD ABD (<http://www.grandview.org>, Erişim Tarihi:12.03.2018)



EK 2: Lojistik merkez/köy yer seçimi çalışması için Anket formu

Bu anket çalışması Kayseri’de kurulması planlanan Lojistik köy/merkezin, merkezi kullanacak olan lojistik firma sahipleri tarafından en uygun yer seçimini modellemek amacıyla yapılmaktadır. Zaman ayırdığınız için teşekkür ederiz.

Alternatif Yerler

- a. İncesu Mevkii (İncesu OSB yakını)
- b. Anbar Mevkii (OSBve Serbest Bölge arası)
- c. Boğazköprü Mevkii
- d. Mimarsinan Mevkii (Mimarsinan OSB yakını)

Firma Adı ve Adresi:

Soru 1: Yukarıdaki Alternatif yerlerden hangisinde Lojistik merkez/köy kurulmasını tercih edersiniz?

Soru 2: Lojistik merkez/köy kaç m² alanda olmalıdır?

Soru 3: Lojistik merkez/köy kurulduktan sonra genişleme alanı ne kadar olmalıdır (% olarak)

Soru 4: Lojistik merkez/köy altyapı olanakları kötü, orta, iyi, çok iyi, mükemmel olarak değerlendirir misiniz?

Soru 5: Bir lojistik merkezin kente yakınlığı kaç km olmalıdır?

Soru 6: Bir lojistik merkezin endüstri ve ticaret merkezlerine yakınlığı kaç km olmalıdır?

Soru 7: Bir lojistik merkezin limana yakınlığı kaç km olmalıdır?

Soru 8: Bir lojistik merkezin karayolu bağlantısı olanaklarını kötü, orta, iyi, çok iyi mükemmel olarak değerlendirir misiniz?

Soru 9: Bir lojistik merkezin demiryolu bağlantısı olanaklarını kötü, orta, iyi, çok iyi mükemmel olarak değerlendirir misiniz?

Soru 10: Bir lojistik merkezin arsa arazi maliyetleri ne olmalıdır.

EK 3: Mellere ait MIP-FLP Modeli

Parametreler

- S : x,y yön indeksi
 L^x, L^y : Tesisin x ve y yönlerinde kenar uzunluğu
 N : Toplam departman sayısı
 i, j : departman indeksi
 a_i : i. departmanın alan gereksinimi
 α_i : i. departman için max. açı oranı
 ub_i, lb_i : i. Departmanın kenar uzunluğunun alt ve üst limiti
 f_{ij} : i ve j departmanı arasındaki malzeme akışı
 \bar{X} : Alan kısıdı iyileştirici değer

Karar Değişkenleri

- d_{ij} : i ve j departmanları arasındaki mesafe
 C_i^x, C_i^y : i departmanları ağırlık merkezinin x ve y koordinatları
 l_i^x, l_i^y : i departmanının x ve y yönündeki kenar uzunluğunun yarısı
 Z_{ij}^x, Z_{ij}^y : 0-1 karar değişkeni

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min } \sum \sum_{j>i} f_{ij} (d_{ij}^x + d_{ij}^y)$$

Kısıtlar

$$\begin{aligned}
 d_{ij}^x &= |C_i^x - C_j^x| \\
 d_{ij}^y &= |C_i^y - C_j^y| \\
 l_i^x &\leq C_i^x \leq L^x - l_i^x \\
 l_i^y &\leq C_i^y \leq L^y - l_i^y \\
 lb_i &\leq 2l_i^x \leq ub_i \\
 lb_i &\leq 2l_i^y \leq ub_i \\
 Z_{ij}^x + Z_{ji}^y + Z_{ij}^y + Z_{ji}^x &= 1 \quad i < j \\
 C_i^x + l_i^x &\leq C_j^x - l_j^x + L^x (1 - Z_{ij}^x) \\
 C_i^y + l_i^y &\leq C_j^y - l_j^y + L^y (1 - Z_{ij}^y) \\
 a_i \times l_i^x + 4\bar{X}^2 \times l_i^y &\geq 2a_i \times \bar{X} \\
 \bar{X} &= lb_i^x + \frac{\lambda}{\Delta - 1} \times (ub_i^x - lb_i^x) \quad lb_i^x \leq \bar{X} \leq ub_i^x \\
 \Delta &\geq 2 \text{ ve } 0 \leq \lambda \leq \Delta - 1 \\
 Z_{ij} &\in [0,1]
 \end{aligned}$$

Westerlund ve Castillo ait model;

Parametreler

- N : Departman sayısı
 a_i : i. Departmanın alanı
 w_i^{low} : i. Departmanın eninin alt sınırı
 h_i^{low} : i. Departmanın boyunun alt sınırı
 w_i^{up} : i. Departmanın eninin üst sınırı
 h_i^{up} : i. Departmanın boyunun üst sınırı
 w_j : binanın eni
 h_j : binanın boyu
 f_{ij} : i ve j departmanı arasındaki akış

Karar değişkenleri

- x_i : i departmanının ağırlık merkezinin x değeri
 y_i : i departmanının ağırlık merkezinin y değeri
 d_{xij}, d_{yij} : x ve y düzleminde i ve j departmanları arasındaki uzaklık
 w_i : i departmanının eni
 h_i : i departmanının boyu
 X_{ij}, Y_{ij} : 0-1 değişkenler

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min } \sum_{i=1} \sum_{j=1, j>i} f_{ij} (d_{xij} + d_{yij})$$

Kısıtlar

$$\begin{aligned}
 w_i x h_i &= a_i \\
 d_{xij} &\geq x_i - x_j \\
 d_{xij} &\geq x_j - x_i \\
 d_{yij} &\geq y_i - y_j \\
 d_{yij} &\geq y_j - y_i \\
 x_i + 0,5w_i &\leq w_j \\
 x_i + 0,5w_i &\geq 0 \\
 y_i + 0,5h_i &\leq h_j \\
 y_i + 0,5y_i &\geq 0 \\
 0,5(w_i + w_j) - (x_i - x_j) &\leq w_j(X_{ij} + Y_{ij}) \\
 0,5(w_i + w_j) - (x_i - x_j) &\leq w_j(1 + X_{ij} - Y_{ij}) \\
 0,5(h_i + h_j) - (y_i - y_j) &\leq h_j(1 - X_{ij} - Y_{ij}) \\
 0,5(h_i + h_j) - (y_i - y_j) &\leq h_j(2 - X_{ij} - Y_{ij}) \\
 w_i^{low} &\leq w_i \leq w_i^{up} \\
 h_i^{low} &\leq h_i \leq h_i^{up} \\
 X_{ij}, Y_{ij} &\in \{0,1\} \\
 \text{All other variables} &\geq 0
 \end{aligned}$$

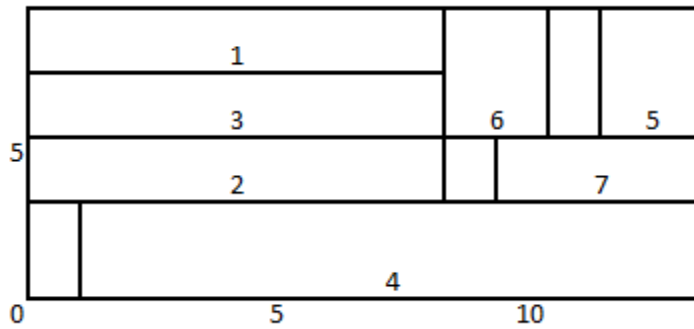
EK 4 Matematiksel Modelleme Problem Set ve Yerleşimleri

O7 problemi için problem set ve çözümü

Alan Matrisi	
Departman	Alan
1	16
2	16
3	16
4	36
5	9
6	9
7	9

Akış Matrisi							
f_{ij}	1	2	3	4	5	6	7
1	–	0	0	5	0	0	1
2	0	–	0	3	0	0	1
3	0	0	–	2	0	0	1
4	0	0		–	4	4	0
5	0	0	0	0	–	0	2
6	0	0	0	0	0	–	1
7	0	0	0	0	0	0	–

En iyi çözüm yerleşimi

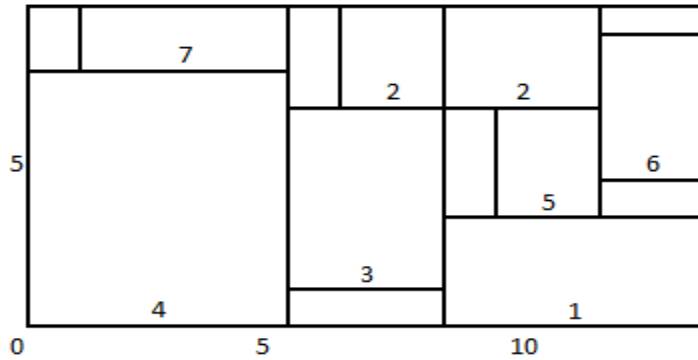


O7 (en/boy oranı 5) problemi için problem set ve çözümü

Alan Matrisi	
Departman	Alan
1	16
2	16
3	16
4	36
5	9
6	9
7	9

Akış Matrisi							
f_{ij}	1	2	3	4	5	6	7
1	–	0	0	5	0	0	1
2	0	–	0	3	0	0	1
3	0	0	–	2	0	0	1
4	0	0		–	4	4	0
5	0	0	0	0	–	0	2
6	0	0	0	0	0	–	1
7	0	0	0	0	0	0	–

O7 En iyi çözüm yerleşimi

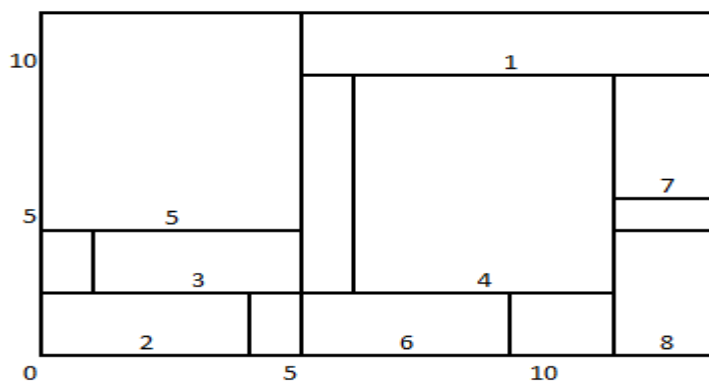


O8 problemi için problem set ve çözümü

Alan Matrisi	
Departman	Alan
1	16
2	16
3	16
4	36
5	36
6	9
7	9
8	9

Akış Matrisi								
f_{ij}	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	0	0	5	5	0	0	1
2	0	-	0	3	3	0	0	1
3	0	0	-	2	2	0	0	1
4	0	0		-	0	4	4	0
5	0	0	0		-	3	0	4
6	0	0	0	0	0	-	0	2
7	0	0	0	0	0	0	-	1
8	0	0	0	0	0	0	0	-

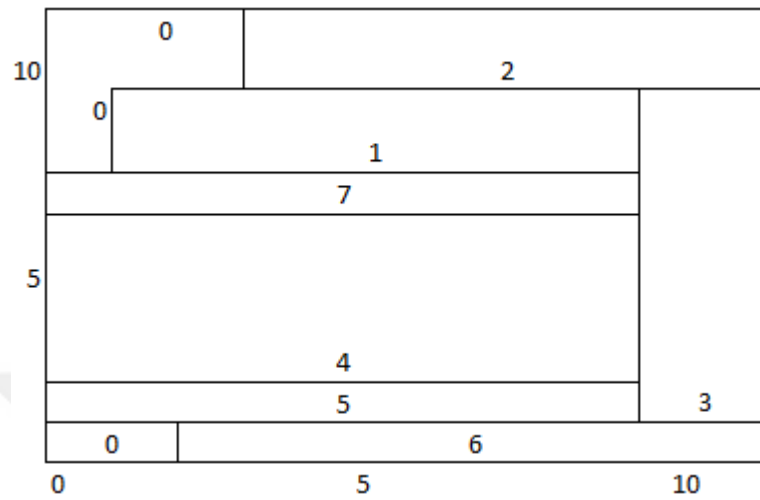
O8 En iyi çözüm yerleşimi



EK 5 Karınca Kolonisi Algoritması Problem set ve Çözümleri

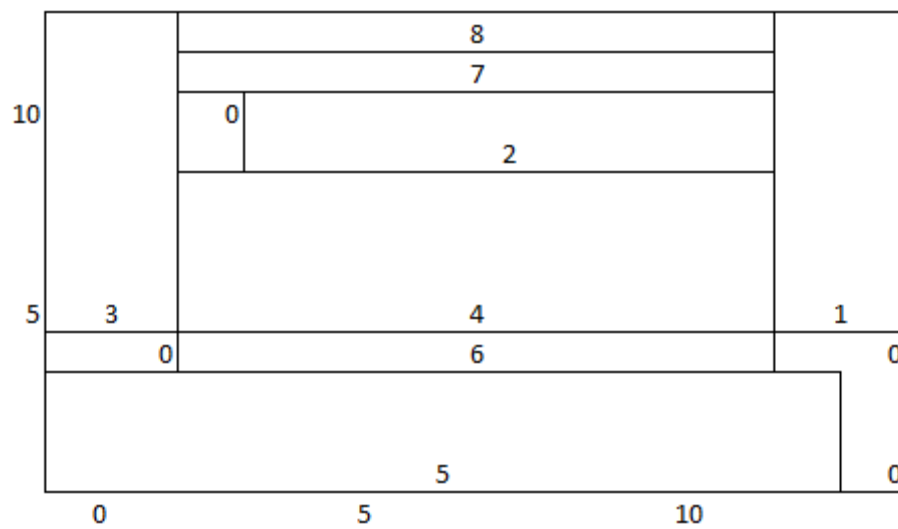
O7 problemi için problem set ve çözümü

O7 En iyi çözüm Yerleşimi



O8 problemi için problem set ve çözümü

O8 En iyi çözüm yerleşimi



Ba12 problemi için problem set ve çözümü

Alan Matrisi		Akış Matrisi												
Departma	Alan	f_{ij}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	9	1	–	288	180	54	72	180	27	72	36	0	0	9
2	8	2	0	–	240	54	72	24	48	160	16	64	8	16
3	10	3	0	0	–	120	80	0	60	120	60	0	0	30
4	6	4	0	0	0	–	72	18	18	48	24	48	12	0
5	4	5	0	0	0	0	–	12	12	64	16	16	4	8
6	3	6	0	0	0	0	0	–	18	24	12	12	3	3
7	3	7	0	0	0	0	0	0	–	0	6	6	3	6
8	4	8	0	0	0	0	0	0	0	–	16	16	16	4
9	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	–	4	4	2
10	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–	2	2
11	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–	2
12	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–

Ba12 En iyi çözüm yerleşimi

7	0	3			7	
5	9	5			4	0
	12	0	8			
	2					
	1					
	0	6		10	11	0
	0	5			9	

Ba14 problemi için problem set ve çözümü

Alan Matrisi		Akış Matrisi														
Departman	Alan	f_{ij}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	9	1	-	72	162	90	108	27	0	0	18	27	18	0	0	0
2	8	2	0	-	72	80	0	48	0	48	32	0	16	8	0	0
3	9	3	0	0	-	45	54	27	27	27	0	27	0	9	18	0
4	10	4	0	0	0	-	30	0	30	30	20	0	20	10	10	0
5	6	5	0	0	0	0	-	18	0	18	12	18	24	0	0	0
6	3	6	0	0	0	0	0	-	9	9	0	0	6	6	6	0
7	3	7	0	0	0	0	0	0	-	9	12	9	6	3	0	0
8	3	8	0	0	0	0	0	0	0	-	6	9	0	3	0	0
9	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	6	4	6	2	0
10	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	6	3	6	0
11	2	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	2	0	0
12	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	4	0
13	1	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
14	1	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

Ba14 En iyi çözüm yerleşimi

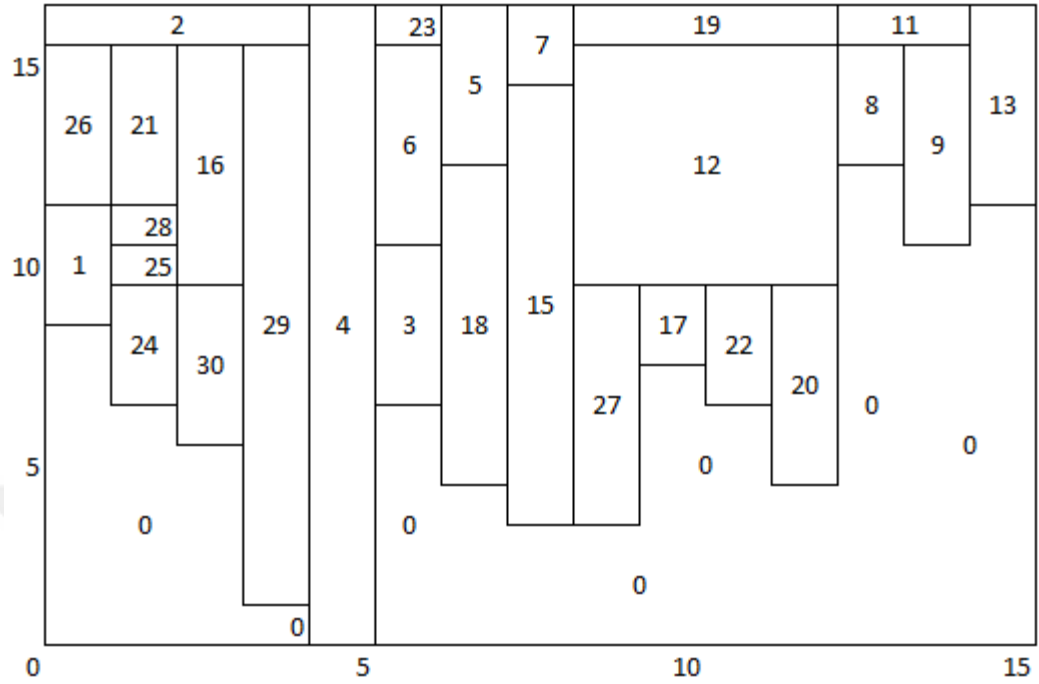
6	6	10	14	11	0
	7	5			0
	1				
	3				
	4				
	2				0
0	13	8	12	0	9
0	5			10	

SC30 problemi için problem set ve çözümü

SC30 Alan Matrisi

Dept.	Alan	Dept.	Alan
1	3	16	6
2	4	17	2
3	4	18	8
4	16	19	4
5	4	20	5
6	5	21	4
7	2	22	3
8	3	23	1
9	5	24	3
10	6	25	1
11	2	26	4
12	24	27	6
13	5	28	1
14	3	29	14
15	11	30	4

SC30 En iyi çözüm yerleşimi

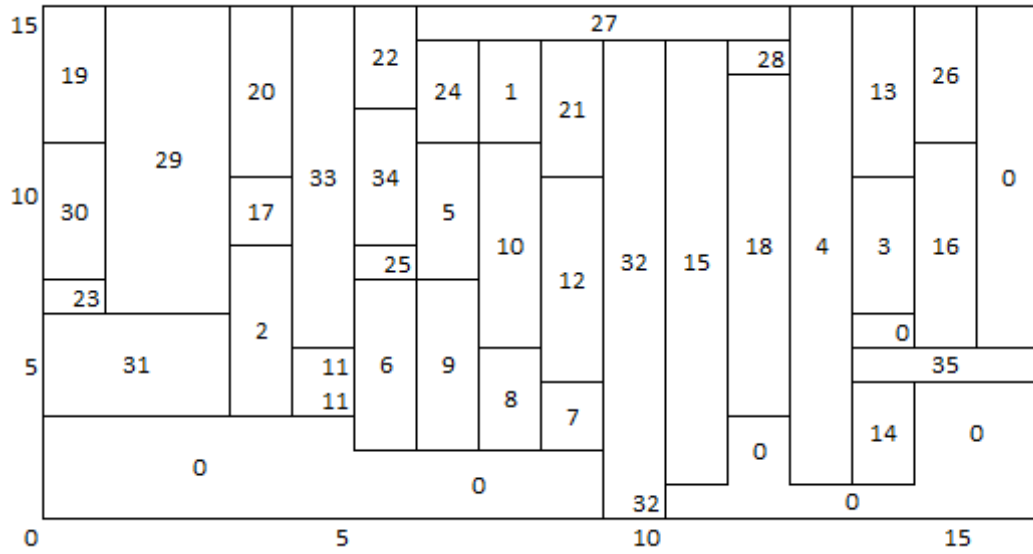


SC35 problemi için problem set ve çözümü

SC35 Alan Matrisi

Dept.	Alan	Dept.	Alan	Dept.	Alan
1	30	16	60	31	90
2	50	17	20	32	140
3	40	18	100	33	100
4	140	19	40	34	40
5	40	20	50	35	30
6	50	21	40		
7	20	22	30		
8	30	23	10		
9	50	24	30		
10	60	25	10		
11	20	26	40		
12	60	27	60		
13	50	28	10		
14	30	29	180		
15	130	30	40		

SC35 En iyi çözüm yerleşimi

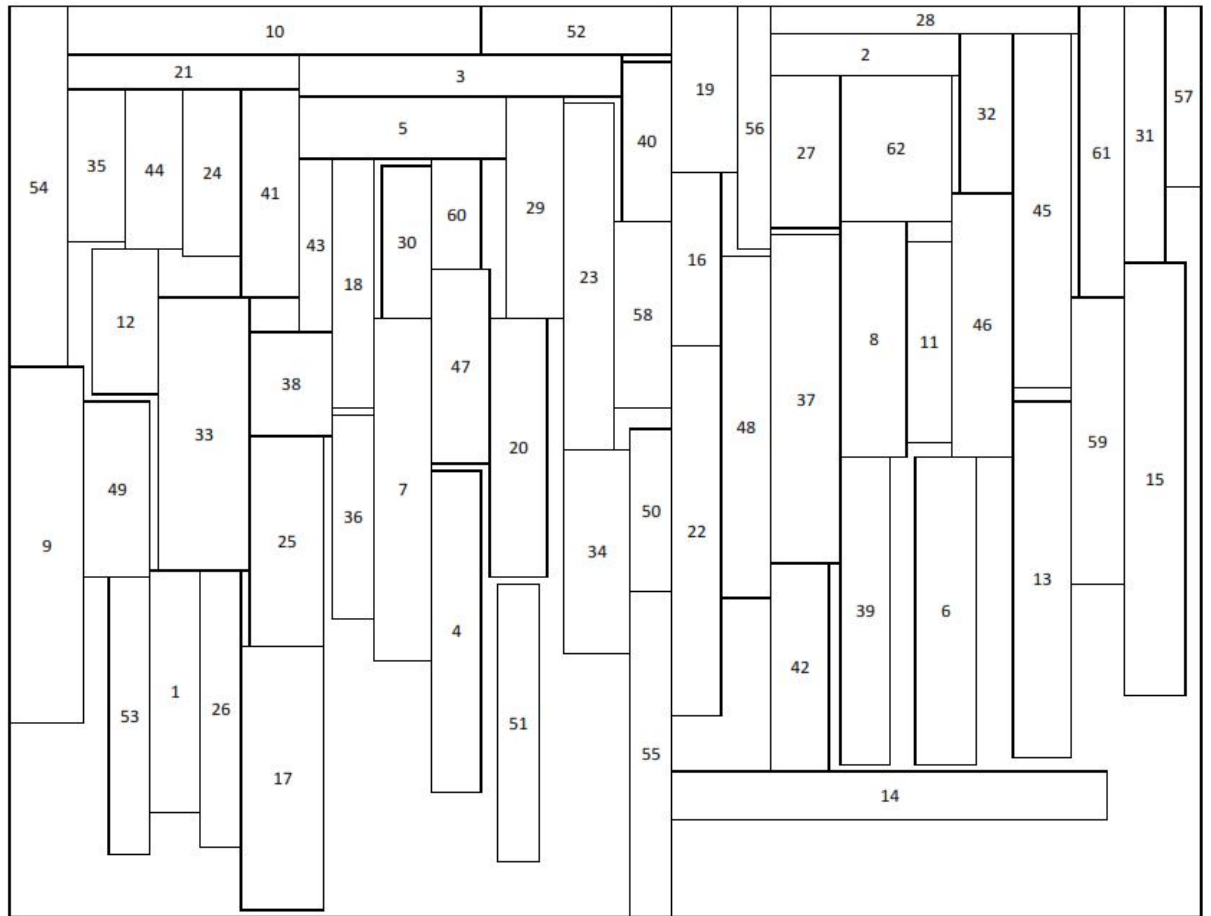


Du62 problemi için problem set ve çözümü

Du 62 Alan Matrisi

Dept.	Alan	Dept.	Alan	Dept.	Alan	Dept.	Alan
1	210	21	140	41	204	61	210
2	130	22	304	42	204	62	272
3	224	23	300	43	99		
4	260	24	162	44	160		
5	208	25	252	45	357		
6	294	26	196	46	260		
7	323	27	176	47	190		
8	266	28	144	48	280		
9	441	29	221	49	180		
10	340	30	130	50	104		
11	143	31	182	51	198		
12	168	32	136	52	160		
13	342	33	399	53	200		
14	357	34	210	54	361		
15	420	35	150	55	231		
16	147	36	108	56	140		
17	380	37	357	57	77		
18	144	38	144	58	187		
19	187	39	252	59	231		
20	240	40	135	60	91		

Du 62 En iyi çözüm yerleşimi



ÖZGEÇMİŞ

Fulya Zaralı, 16.07.1978'de Kayseri'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kayseri'de tamamladı. 1996 yılında Melikgazi Lisesi'nden mezun oldu. 1997 yılında başladığı Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü 2002 yılında bitirdi. 2002 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2005 yılında Erciyes Üniversitesi'nde öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen Erciyes Üniversitesi Develi Hüseyin Şahin MYO Lojistik Programı'nda öğretim görevlisi olarak görev yapmaktadır.